

**Área:** Sustentabilidade | **Tema:** Cidades Sustentáveis e Inteligentes

**ARBORIZAÇÃO URBANA: ASPECTOS AMBIENTAIS, ENERGÉTICOS E RELACIONADOS COM A  
MORFOLOGIA URBANA**

**URBAN VEGETATION: ENVIRONMENTAL, ENERGETICS ASPECTS AND RELATED WITH THE  
URBAN MORPHOLOGY**

Ana Elisa Moraes Souto

**RESUMO**

O trabalho pretende apresentar os resultados da pesquisa desenvolvida para a dissertação de mestrado intitulada: O Elemento Vegetal como Qualificador dos Recintos Urbanos em Porto Alegre, cidade situada numa região subtropical úmida, sobre aspectos da vegetação urbana pouco estudados até então: seu desempenho energético-ambiental. A dissertação tinha como objetivo investigar o desempenho das principais espécies arbóreas presentes na cidade, relacionar com a morfologia dos recintos urbanos bem como sua relação na geração de microclimas mais amenos. O trabalho busca relacionar a utilização da arborização viária como um elemento de composição da paisagem urbana, harmonia com a infraestrutura urbana e fundamental para a qualificação do meio ambiente urbano.

**Palavras-Chave:** arborização urbana, microclimas, desempenho energético, meio ambiente

**ABSTRACT**

The work intends to present the results of the research developed for the master's degree dissertation entitled: The Vegetable Element as Qualifier of the Urban Enclosures in Porto Alegre, located city in a humid subtropical area, on aspects of the urban vegetation little studied: energy-environmental acting even. The dissertation had as objective investigates the acting of the main present arboreal species in the city, to relate with the morphology of the urban enclosures and your relationship in the generation of microclimas. The work search to relate the use of the urban vegetation as an element of composition of the urban landscape, harmony with the urban infrastructure and fundamental for the qualification of the urban environment. Key Words: urban vegetation, microclimate, energetic performance, environment.

**Keywords:** urban vegetation, microclimate, energetic performance, environment

# ARBORIZAÇÃO URBANA: ASPECTOS AMBIENTAIS, ENERGÉTICOS E RELACIONADOS COM A MORFOLOGIA URBANA

## 1 INTRODUÇÃO

As condições climáticas encontradas nos espaços urbanos apresentam características distintas das definidoras do entorno natural mais imediato, ou seja, o clima regional, de condições razoavelmente previsíveis. As características básicas do ambiente climático urbano são estabelecidas por intensas oscilações de radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, ventos e precipitação, quando comparadas à realidade de partes naturais próximas às imediações do sítio da cidade. Por esta razão, define-se aqui o microclima urbano, como o clima que resulta localmente.

O microclima urbano é geralmente marcado por elevações de temperatura, em comparação ao clima natural, e quando em áreas com edifícios altos, por ventos bastante desacelerados. Edifícios, espaços abertos, vegetação e água influenciam o clima porque afetam os níveis da radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos. Portanto estes são também potenciais recursos de exploração para desenhos urbanos na busca de melhores condições de conforto urbano e edifícios mais energeticamente eficientes.

Nas nossas cidades atualmente os edifícios foram reduzidos a tipologias padronizadas, o que é confirmado pela reprodução em massa das caixas de vidro simbolizando o controle do homem sobre a climatização total e artificial dos ambientes internos. Com isso, foi estipulada e aceita essa solução arquitetônica como ideal para todas as cidades contemporâneas, desconsiderando-se com isso as variáveis de climas e contextos urbanos. O maior efeito desta arquitetura da caixa de vidro é o efeito estufa. Este efeito gera alterações significativas locais gerando microclimas diferenciados na mesma cidade. Um dos prejuízos desta arquitetura do vidro é que internamente a climatização é artificial, mas externamente é o ambiente que sofre com as elevações de temperatura, aquecimento dos ventos e redução da umidade relativa.

O adensamento e a implantação pouco criteriosos de aglomerados urbanos compostos por extensas áreas de habitação, ruas, avenidas, praças, grandes edifícios têm ocasionado mudanças drásticas no clima das grandes cidades. A configuração do microclima urbano resulta então das interações múltiplas das forças naturais agindo sobre o volume e a massa edificada do espaço urbano.

Os moderadores naturais do clima, são as extensas massas vegetais e as porções de água que se tornaram raros com o crescimento das cidades desequilibrando sensivelmente tanto o microclima urbano como o ecossistema natural. Medições realizadas em Karlsruhe, na Alemanha, em épocas quentes do ano, registraram 7°C de diferença entre o centro e a periferia diferença que em muitos países pode ser comparada às variações de temperatura entre estações climáticas. (OKE, 1987)

A importância da vegetação no espaço urbano tem sido enfatizada de várias maneiras, principalmente do ponto de vista estético. Entretanto os aspectos ambientais da vegetação são pouco desenvolvidos e estudados. Com base nestes dados a dissertação de mestrado intitulada: O elemento vegetal como qualificador dos recintos urbanos, tinha como objetivo investigar o desempenho das principais espécies arbóreas presentes na cidade de Porto Alegre, relacionando com a morfologia dos recintos urbanos bem como sua relação na geração de microclimas mais amenos. O trabalho buscava relacionar a utilização da arborização viária como um elemento de composição da paisagem urbana e fundamental para a qualificação do meio ambiente.

Um dos objetivos do trabalho era divulgar dados pouco conhecidos e tão necessários para a ambiência urbana das cidades subtropicais úmidas, conscientizando os projetistas do ambiente construído da necessidade de tratar a vegetação como algo mais do que um elemento paisagístico. O desempenho termo luminoso da vegetação, seu comportamento em relação aos

ventos (barreiras, canais), os problemas de convivência com a infraestrutura são temas que o trabalho apresenta enfocando de maneira pouco tradicional diversos aspectos relacionados à vegetação urbana.

## **2 ASPECTOS GERAIS DA ARBORIZAÇÃO URBANA**

A árvore é a forma vegetal mais característica da paisagem urbana, à qual se tem incorporado em estreita relação com a arquitetura ao longo da história. Considerada mais na condição de ser vivo do que objeto de uma composição arquitetônica contribui para obter uma ambiência urbana agradável. A vegetação proporciona noção de espaço, condição de sombra, frescor, mas também ornamento perante as estruturas permanentes dos edifícios.

A árvore fornece sombra aos usuários e ao recinto urbano, protegendo-os da insolação indesejada do verão e criando um efeito de filtragem dinâmica. Talvez seja esta a principal função da arborização urbana nos climas tropicais e no verão subtropical, sendo o efeito mais procurado pelas pessoas nas ruas e espaços públicos como praças e parques.

A vegetação, portanto, se torna um recurso eficiente contra o calor nas cidades tropicais úmidas, a qual além de fornecer sombreamento, permite a passagem da brisa local e absorve de maneira eficaz a radiação térmica de onda longa sobre as folhas refrescadas pela evaporação. A arborização substitui com vantagens qualquer sistema de sombreamento, inclusive nos climas úmidos apesar de aumentar a umidade do recinto e a necessidade de ventilar os ambientes.

A sombra de uma árvore de grande porte combinada adequadamente com cercas vivas e gramados chega a reduzir a temperatura superficial de uma fachada orientada para oeste até 13°C ao barrar a radiação solar direta e 3,5°C quando a radiação é difusa. (SOUTO,2002)

A vegetação auxilia no controle da erosão, aumento da diversidade do solo e a organizar espaços, além de exercer uma rica variedade de funções e favores ao ser humano, através do seu porte, forma, cor, textura e tipo de folhagem. A vegetação atua diretamente nos microclimas urbanos contribuindo para o controle da radiação solar, a temperatura e a umidade do ar, a ação dos ventos, da chuva e da poluição do ar. Estas formas de uso variam com o tipo de vegetação, seu porte, idade, períodos do ano, formas de associação dos vegetais e também com relação às edificações e seus recintos urbanos. De acordo com ROBINETTE (1972) pode ser dada a ênfase ao controle de um determinado elemento, mas a vegetação atua sobre um conjunto de elementos climáticos.

As folhas se caracterizam como importante elemento na transformação da radiação solar. A planta poderá obstruir ou filtrar a radiação incidente ou refletida. A obstrução se caracteriza pelo bloqueio da radiação, sendo proporcional a sua absorvância (ROBINETTE,1972). A filtragem caracteriza-se pela interceptação parcial da radiação. A interação destes efeitos relacionados às características de cada espécie determina a influência da vegetação nas características climáticas do ambiente construído.

Assim de acordo com OKE (1978) a absorvância da radiação solar depende principalmente da pigmentação das folhas que absorvem em média 50% da radiação de onda curta e 95% da onda longa. Neste último tipo de radiação a emissividade das folhas é elevada (entre 0,94 a 0,99) devido à pequena capacidade das folhas de armazenar calor. Este é um dado importante para avaliar o desempenho ambiental da vegetação na região subtropical úmida e quente.

A influência da vegetação na temperatura do ar está relacionada com o controle da radiação solar, do vento e da umidade do ar. Estudos realizados por ROBINETTE (1972) mostram que em baixo dos grupos de árvores a temperatura do ar é de 3°C a 4°C menor que nas áreas expostas à radiação solar.

A diferença se acentua com a redução do deslocamento do ar entre as áreas em sol e em sombra e com aumento do porte da vegetação. Esta diferença de temperatura já influi na sensação de conforto térmico dos indivíduos. As cidades subtropicais úmidas precisam deste sombreamento para diminuir a carga térmica recebida pelos edifícios, veículos e pedestres e reduzir os consumos de energia e a emissão de gases nocivos para a atmosfera, além do conforto ambiental e do tratamento da paisagem urbana que a arborização proporciona.

Quando se trata de iluminância natural algumas observações devem ser feitas. A transmitância da luz natural diminui com o aumento da densidade foliar: é mínima da ordem de 9% junto às superfícies opacas do tronco e dos ramos e máxima de 100%, sob os vazios da cobertura foliar e próximo à borda das copas. A variação sazonal é de 40% no inverno (árvores caducifólias), 10% na primavera e 5% no verão. Enquanto a maior ramificação da copa favorece a formação de uma cobertura foliar mais homogênea no verão, aspecto considerado satisfatório devido ao sombreamento. Mas em alguns casos, desfavorável para a iluminância natural dos locais, essa mesma ramificação pode reduzir de forma indesejável, por não ser totalmente permeável a sua passagem, a incidência de radiação solar no inverno quando a transmitância de luz natural medida seja inferior a 50%.

Alguns cuidados devem ser tomados tanto na escolha das espécies como na sua localização relativa aos edifícios, redes de infraestrutura aérea e subterrânea, equipamentos e mobiliários urbanos merecendo destaque em relação à iluminação pública noturna.

Cada espécie arbórea tem um desempenho ambiental que a caracteriza. A transmitância luminosa, por exemplo, não só é diferente de espécie para espécie mais, fundamentalmente do inverno para o verão, pelas sombras projetadas pelos galhos e tronco durante o inverno que chegam a obstruir a chegada de parcelas significativas de iluminação natural para o interior da edificação, fazendo necessário o uso da iluminação artificial. A temperatura e umidade relativa do ar do recinto urbano também são modificadas pela presença da vegetação, assim como sua ventilação.

O trabalho mostra a análise realizada sobre o desempenho ambiental de duas espécies arbóreas estudadas em Porto Alegre, cidade de clima subtropical úmido. As medições foram realizadas em dois recintos urbanos com morfologias distintas. O primeiro a Praça Júlio Aragão Bozano, uma praça intra-quarteirão, com entorno de prédios que variam de três a quatro pavimentos. O segundo recinto um trecho da Rua Duque de Caxias em Porto Alegre, com rua estreita densamente ocupada por prédios altos configurando um cânion urbano com escassa vegetação.

O trabalho visa evidenciar a importância da realização de intervenções urbanas através de um projeto urbano integrado que leve em conta a morfologia dos recintos da cidade, a característica dos prédios, o clima local e as características da arborização presente ou a ser implantada. A pesquisa mostra que quando o recinto é um cânion urbano, com edifícios altos e rua estreita, perdem-se as funções ambientais da arborização presente e todo seu potencial para gerar uma ambiência agradável.

## 2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS CLIMA DE PORTO ALEGRE

O município de Porto Alegre está localizado na porção leste da Depressão Periférica, na área central do estado, sofrendo a influência do Oceano Atlântico sobre a atmosfera local, pois distam aproximadamente 100 km do litoral. Da mesma forma o clima da cidade é influenciado pelo lago Guaíba, grande massa líquida que estabelece o limite oeste do município. As características do sítio geográfico representado por morros baixos intercalados por planícies aluviais, também geram interferências significativas nos parâmetros climáticos do município.

O município de Porto Alegre pertence ao tipo climático subtropical úmido. Esta variedade caracteriza-se por apresentar temperatura média para o mês mais frio entre -3°C e

18°C e superior a 22°C no mês mais quente. A precipitação é uniforme durante o ano todo com totais superiores a 1200mm.

A temperatura média anual é de 19,5°C com extremos absolutos de 40,7°C no mês de janeiro e -2,0°C em junho. Em termos térmicos a amplitude térmica anual é de 10,3°C com valores de temperatura mensais mais altos no verão e mais baixos no inverno. Altas amplitudes térmicas diárias são comuns principalmente nos meses de inverno por ocasião da massa de ar Polar Marítima.

A umidade relativa é alta o ano todo, consequência da predominância das massas de ar úmidas sobre o estado. A presença do Lago Guaíba também colabora para manter a umidade da atmosfera sempre elevada. Os valores médios mais altos da umidade relativa ocorreram no inverno e os mais baixos no verão. Os valores variam entre 69% em dezembro e 82% em junho.

O vento predominante durante o ano é de sudeste, exceto no mês de junho. O vento sudeste é oriundo da borda oriental do anticiclone semipermanente do Atlântico Sul, que atinge o estado durante a maior parte do ano. No inverno com o deslocamento do anticiclone mais para o norte, neste período é maior a incidência de anticiclones migratórios polares que alteram a direção do vento predominante, que então passa a ser noroeste. A velocidade do vento na cidade é baixa, variando entre 1,35m/s em junho até 2,8m/s em outubro e novembro.

## 2.2 AS ESPÉCIES ARBÓREAS PRESENTES CIDADE

Porto Alegre conhecida como cidade das árvores, com mais de um milhão de espécies arbóreas presentes na cidade, tem 546 praças, 411 verdes complementares, sete parques urbanizados e dois higienizados, totalizando 20.186.011 metros quadrados de área verde. A arborização viária de Porto Alegre tem características marcantes: espécies arbóreas identificam bairros, formam túneis, presença marcante da palmeira da Califórnia avenidas, plantio recente de espécies nativas. A relação entre espécies é de exóticas (54,27%) e nativas (45,73%).

A arborização é parte constitutiva da identidade de Porto Alegre e representa um dos mais importantes patrimônios ambientais e culturais da cidade. A arborização da cidade impressiona pela quantidade e diversidade. São mais de 170 espécies, proporcionando um cenário rico e muito diferenciado de estação para estação durante o ano.

Ligustro, jacarandá, cinamomo, tipuana, perna de moça e plátano são as seis espécies de árvores predominantes nos bairros mais antigos da cidade. Em alguns bairros predomina uma única espécie arbórea, como o *ligustrum japonicum* (ligustro) no Centro da cidade e na cidade baixa, o *Jacarandá mimosifolia* (jacarandá) no bairro Bom Fim, Floresta e Rio Branco. A *Melia azedarach* (cinamomo) em Petrópolis, Mont-Serrat e Higienópolis. Estas espécies foram preponderantes nos plantios de uma determinada época, o que as torna características de cada bairro da cidade.

O plantio do Ligustro foi expressivo na época da década de 40, originário da Ásia. Por ser uma árvore arbustiva e com boa capacidade de regeneração após as podas e também porque a concepção paisagística previa a manutenção da copa baixa para dar forma à mesma, a espécie teve grande aceitação na época. Já o jacarandá foi moda na arborização viária da década de 30 e prevalece nas ruas dos bairros Rio Branco, Bom Fim, Moinhos Vento, Auxiliadora, Floresta, IAPI. Plantados nos dois lados das vias formam túneis, devido à característica de fototropismo, devido ao encontro das copas.

Nos últimos anos é visível a presença da *Lagerstroemia indica* (extremosa) espécie exótica da Índia, de pequeno porte e muito utilizada por ser aconselhada para implantação em baixo da rede aérea.

## 3.0 METODOLOGIA UTILIZADA NA PESQUISA

Foram utilizados dois recintos urbanos com características morfológicas diferenciadas. O primeiro a Praça Júlio Aragão Bozano, uma praça intra-quarteirão, com entorno de prédios baixos até quatro pavimentos. As ruas que conformam a praça são estreitas com caixa de rolamento de 7 metros de largura com passeio público medindo 2 metros. A área possui um caráter residencial quase que reservada ao trânsito local. A praça é delimitada pelas ruas e pela vegetação presente. Com relação ao tipo de parcelamento, este se aproxima do loteamento inglês do tipo cul-de-sac com edifício ao redor do espaço público.

Neste recinto foram realizadas medições de verão e inverno utilizando as espécies: Extremosa e Ligustro presentes no recinto, espécies muito frequentes na arborização da cidade. O estudo da vegetação relacionou a arborização presente utilizando as espécies mais frequente na área verificando sua contribuição para o microclima local e a relação com o recinto e sua morfologia.

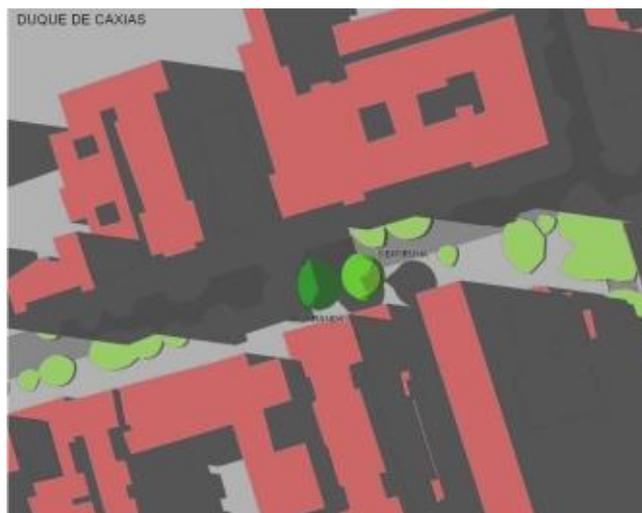
Figura 1-Recinto Praça Bozano, com as árvores pesquisadas ligustro e extremosa



Fonte: SOUTO, Ana Elisa. 2002.Dissertação Mestrado

O outro recinto, um trecho da Rua Duque de Caxias localizada no bairro centro da cidade. Esta região tem como característica prédios altos acima de oito pavimentos, sem recuo lateral entre edificações e uma alta densificação. Esta é uma das regiões mais altas e antigas da cidade. A rua apresenta faixa de rolamento que varia de 2,15m a 4,50m e passeios com média de 2,5m de largura. A rua configura um Canyon urbano com orientação Leste-Oeste, são 300 metros lineares com 42 espécies presentes no recinto, espécies de médio a grande porte. A frequência do Ligustro é elevada com 64,28%, o jacarandá contribui com 23,08%, o cinamomo, paineira, sibipiruna e chuva de ouro com 2,38% e a sibipiruna com 4,76%.

Figura 2-Recinto Rua Duque de Caxias, com as árvores pesquisadas, sibipiruna e jacarandá



Fonte: SOUTO, Ana Elisa. 2002. Dissertação Mestrado

O estudo baseou-se em medições “in loco” nas diferentes estações do ano e na interpretação dos resultados obtidos que permitiram fazer uma avaliação comparativa do desempenho de diferentes tipos arbóreos com referência: ao sombreamento sobre o passeio público, sombreamento nas fachadas; a influência no aumento da umidade local, influência na atenuação das variações térmicas ocorridas no passeio público, à ação sobre a ventilação, a alteração térmica ocorridas nas fachadas levando em consideração também sua importância como um elemento de composição arquitetônica na paisagem urbana local.

#### 4.0 MEDIÇÕES DAS ESPÉCIES NA PRAÇA BOZANO

Todas as espécies arbóreas presentes nos recintos foram medidas no verão, inverno e primavera, mas foram escolhidas duas espécies para serem apresentadas em função de sua frequência elevada no recinto e na cidade.

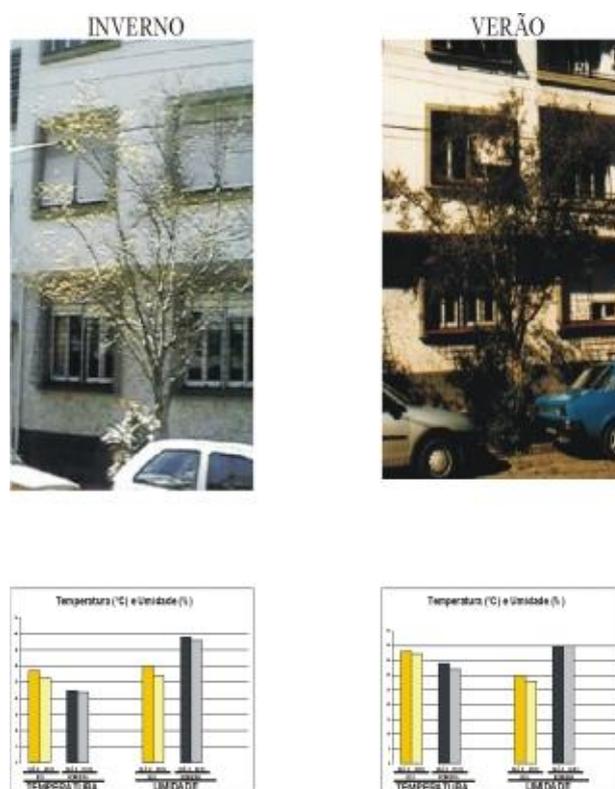
A primeira delas a Extremosa (*Lagerstroemia indica*) uma espécie arbórea, de pequeno porte com folhas pequenas e homogêneas de cor verde clara, textura leve lisa e com formato elíptico, atua no controle ambiental através do sombreamento de passeios públicos e edificações, e na percepção do usuário através do embelezamento de recintos urbanos, pois por apresentar uma folhagem semi-decídua, que perde suas folhas no inverno, sombreia no verão e apresenta floração de outubro a março com flores brancas, lilás e rosas. Com relação à infraestrutura urbana, sua raiz pivotante não prejudica a calçada, pois não tem grandes dimensões e a sua copa arredondada, pequena e transparente não interfere na rede aérea.

Esta árvore permite uma passagem significativa de luz para a fachada e a calçada no inverno. No verão, mesmo com uma folhagem pouco densa, produz uma sombra capaz de reduzir consideravelmente a iluminância e a transmitância, criando zonas de transição através de áreas com diferentes sombreamentos evitando assim o ofuscamento do usuário ao deslocar-se entre ambientes internos e externos.

No inverno, a redução de temperatura na sombra da árvore não é significativa, pois fica em torno de 1°C. Já no verão a diferença de temperatura observada na sombra da árvore e no sol foi em torno de 4,5°C, devido também às rajadas de vento (1,7 m/s), isto diminui o uso de aparelhos (ventiladores e ar-condicionado) que implicam no gasto de energia elétrica. Em ambas as estações esta espécie contribui para o conforto térmico do pedestre.

Na situação de inverno, a árvore pouco altera a umidade do local, aumenta em 3% do sol para a sombra. Já na situação de verão, esta aumenta em 10%, isso porque a água retida nas folhas evapora facilmente principalmente devido à ação do vento.

Figura 3- Fotos de inverno e verão da extremosa e respectivos gráficos de temperatura e umidade



Fonte: SOUTO, Ana Elisa. 2002.Dissertação Mestrado

A segunda espécie apresentada, o Ligustro (*Ligustrum japonicum*) de médio porte e de copa arredondada bastante densa e homogeneia com folhagem perene, de cor verde-escuro, formato oval, lisas e opacas, não é recomendada para efeito de sombra e de redução de temperatura do ar. Sua floração ocorre de outubro a dezembro, com flores brancas. Em relação à infraestrutura urbana, sua raiz superficial, prejudica o calçamento do passeio público e o formato de sua copa interfere na rede aérea, sofrendo vários tipos de podas corretivas.

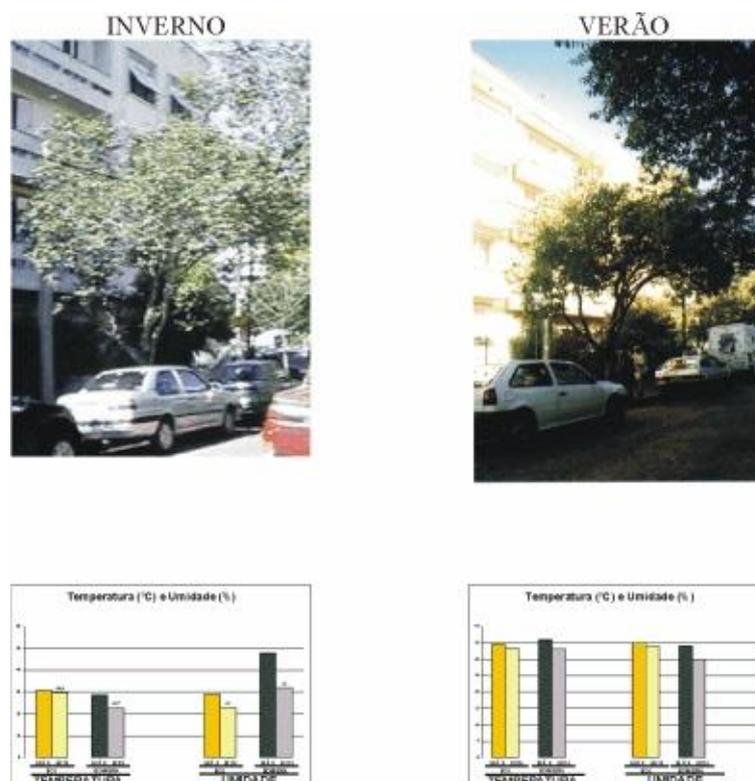
A transmitância é maior no verão que no inverno, isto é, esta árvore permite uma passagem significativa de luz para a fachada entre sua folhagem na estação mais quente, aquecendo o passeio público. Em função da copa e, principalmente, da inclinação dos raios solares, esta árvore não produz sombra na fachada durante o verão, apenas no inverno, onde ocorre uma redução de iluminância muito elevada, superior aos 20% desejados, e assim diminui a quantidade de luz que chega ao interior da edificação e a temperatura do ar do ambiente, havendo a necessidade do uso de equipamentos para aquecimento (estufas) e de luz elétrica, que acarretam o gasto de energia. Já no verão essa redução é pouco perceptível no interior do edifício e não chega a influenciar no conforto térmico do usuário.

Com uma folhagem escura, a luz que chega até ela é absorvida, aquecendo a sua superfície e acelerando o processo de evaporação, assim como a ação do vento (1,6m/s), que, além disso, altera também a temperatura do ar do passeio público. A diferença de temperatura no sol e na sombra chegou a 3.1°C, o que pode gerar um desconforto ao usuário do passeio, no inverno, se os ventos nos local estiverem a uma velocidade maior 1,5m/s. No verão a diferença de temperatura entre o sol e a sombra chegou a 6°C, devido principalmente ao adensamento da

copa. Isso torna favorável à sua utilização no verão, pois contribui para o conforto termolumínico do pedestre.

A sombra da árvore aumentou a umidade relativa do ar do local em 17%, valor que mesmo assim continua dentro da faixa estipulada como condição favorável para situação de inverno, mas não é a melhor situação. No verão ocorre o mesmo aumento, mas contribui para o conforto térmico do usuário. Apesar de não contribuir para o conforto do usuário, esta espécie pode contribuir como barreira ou, quando agrupada a outras, como canal de ventilação.

Figura 4- Fotos de inverno e verão do ligustro e respectivos gráficos de temperatura e umidade



Fonte: SOUTO, Ana Elisa. 2002. Dissertação Mestrado

#### 4.1 MEDIÇÕES REALIZADAS NA RUA DUQUE DE CAXIAS

A Sibipiruna (*Caesalpineia peltophoroide*) uma espécie arbórea, de grande porte possui uma copa larga e arredondada que interfere na rede aérea. Possui folhagem caducifólia. Sua floração de setembro a outubro decora o recinto com flores amarelas. Sua raiz é pivotante, o que não prejudica a calçada, pois seu crescimento é para dentro da terra e não se espalha em torno do tronco.

Sua copa permite uma transmitância pequena, entre 12,71% e 16,4%. Isso porque suas folhas pequenas com múltiplos folíolos, de cor verde escura e de textura lisa refletem mais a luz e associadas à grande copa, impedem uma passagem maior de luz.

Analisando a iluminância vertical, medida na fachada próxima à árvore, observou-se um bloqueio de 6,6% dos raios solares até atingirem a fachada, no turno da manhã, esta situação não é satisfatória no verão pois a quantidade de luz que chega até o usuário do edifício é muito intensa. Já no turno da tarde, o bloqueio foi muito mais alto, 91,6%, situação satisfatória nesta mesma estação, pois evita o ofuscamento do usuário ao se deslocar entre ambientes externos e

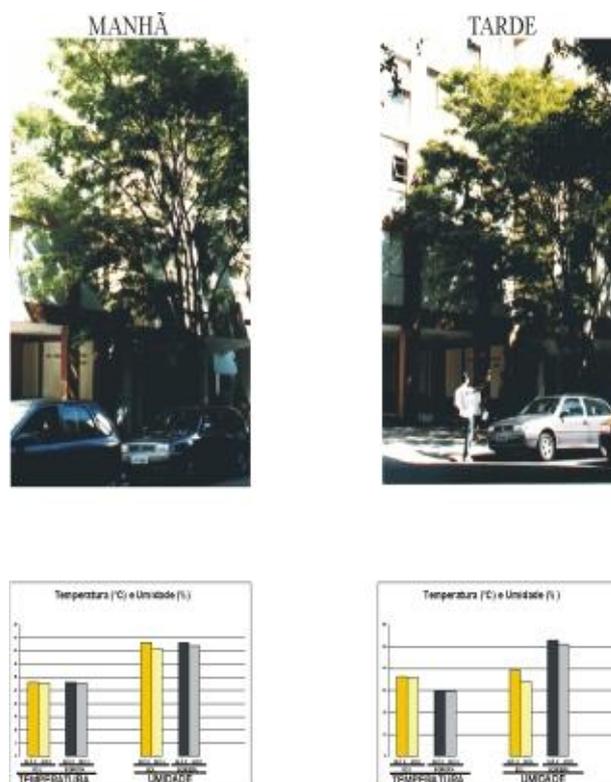
internos, criando zonas com diferentes sombreamentos e melhorando a acomodação visual em relação às iluminâncias dos ambientes. No inverno a situação torna-se favorável tendo presente que esta planta apresenta folhagem caducifólia e com a perda das folhas, a qualidade termo luminosa dos ambientes não fica comprometida.

Sobre a temperatura superficial medida na fachada notou-se que a árvore reduziu em 7,4°C a quantidade de calor que atinge a fachada, no turno da manhã. O que não ocorreu no turno da tarde, pois a redução foi de apenas 2,2°C. Assim podemos concluir que essa redução ajuda no conforto térmico do usuário, ao menos no período da manhã, pois refresca o ambiente e permite que se evite usar condicionadores de ar, minimizando o consumo de energia do prédio.

Esta espécie não alterou a temperatura do ar do ambiente em ambos os turnos. Mas em relação à umidade relativa do ar, no turno da tarde, aumentou em 15,5% na sombra da árvore. Esse aumento é significativo para o verão, pois a umidade sob a arborização ficou próxima aos 55% considerados satisfatórios para esta época.

Esta espécie não alterou a temperatura do ar do ambiente em ambos os turnos. Mas em relação à umidade relativa do ar, no turno da tarde, aumentou em 15,5% na sombra da árvore. Esse aumento é significativo para o verão, pois a umidade sob a arborização ficou próxima aos 55% considerados satisfatórios para esta época.

Figura 5- Fotos de inverno e verão da sibipiruna e respectivos gráficos de temperatura e umidade



Fonte: SOUTO, Ana Elisa. 2002. Dissertação Mestrado

A segunda espécie presente o Jacarandá (*Jacarandá mimosaeifolia*) espécie arbórea de grande porte, possui copa larga e arredondada que está bastante alterada devido às podas frequentes, ocorridas porque este tipo de árvore não é recomendada para recintos urbanos, pelas suas grandes dimensões que interferem na rede aérea e pela sua raiz aflorada que prejudica o

calçamento do passeio público. Sua floração ocorre de setembro a dezembro, assim suas flores de cor roxa embelezam a cidade nesta época do ano.

Sua copa composta de folhas pequenas de cor verde-escura, textura leve, não rugosa, permite uma transmitância entre 11,7% e 16,85%. Como a cobertura foliar não é homogênia o valor da iluminância no local aumenta. No sol este valor foi alto (102000 lux) e quando comparado com o valor na sombra da árvore verifica-se uma redução da iluminância entre 83,15% e 88,3%. Isso se deve também à movimentação dos galhos (o vento chegou a alcançar 3,2m/s), que permitem maiores espaços para passagem de luz. No inverno a situação torna-se favorável tendo presente que esta planta apresenta folhagem caducifólia e com a perda das folhas, a qualidade termo luminosa dos ambientes não fica comprometida.

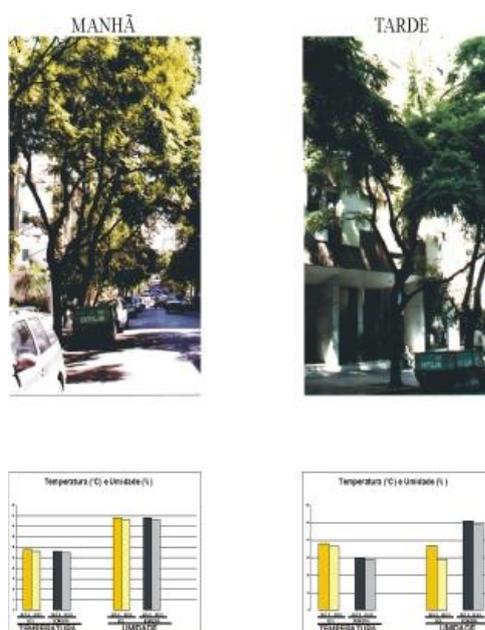
Analisando a iluminância vertical, medida na fachada próxima à árvore, observou-se um bloqueio entre 75,36% e 78,4% dos raios solares até atingirem a fachada. Esta situação é favorável no verão, pois ajuda a evitar o ofuscamento do usuário ao se deslocar entre ambientes externos e internos, criando zonas de transição com sombreamentos diferentes.

Sobre a temperatura superficial medida na fachada notou-se que a árvore reduziu em 4°C a temperatura do edifício, no turno da manhã e 2,3°C, no turno da tarde. Assim é possível concluir que a redução ocorrida no turno da manhã ajuda um pouco no conforto térmico do usuário, podendo minimizar o uso de condicionadores de ar, diminuindo ao menos um pouco o consumo energético do prédio.

Esta espécie apresentou uma redução da temperatura do ar no passeio público de apenas 0,7°C, no turno da manhã, e de 7,85°C, no turno da tarde. A umidade relativa não apresentou nenhuma alteração sob a arborização, no turno da manhã. Já no turno da tarde, a umidade relativa ficou 17% maior com a presença da árvore. Esse aumento é significativo para o verão, ficando a umidade sob a arborização próxima aos 55% considerados satisfatórios para esta época.

Com um tipo de folha mais escura, a luz que chega até ela é absorvida, aquecendo a sua superfície e acelerando o processo de evaporação. A pequena superfície foliar diminui a extensão evaporante e irá contribuir com o aumento do vapor de água no ar, na medida em que a temperatura se elevar.

Figura 06- Fotos de inverno e verão do jacarandá e respectivos gráficos de temperatura e umidade



## 5.0 CONCLUSÃO

Um recurso eficiente contra o calor nas cidades tropicais e subtropicais úmidas é o uso de vegetação, a qual, além de fornecer sombreamento, permite a passagem da brisa local e absorve de maneira eficaz a radiação térmica de onda longa sobre suas folhas refrescadas pela evaporação. A arborização substitui com vantagem qualquer sistema de sombreamento, inclusive nos climas úmidos apesar de aumentar a temperatura úmida do recinto urbano e a necessidade de ventilar os ambientes.

As medições de inverno possibilitaram uma comparação entre o comportamento ambiental da vegetação de folhagem densa e perene (Duque de Caxias) e da vegetação de folhagem caducifólia e menos densa (Praça Bozano). A localização e o tipo de vegetação (caducifólia ou perene) interferem na iluminância dos ambientes construídos.

A utilização de folhagens pouco densas, que proporcionam um bloqueio da quantidade de luz natural de até 20% em relação à quantidade de luz de dia disponível na abóbada celeste desobstruída, foi considerada favorável na situação de inverno para a latitude de Porto Alegre (30°S). O emprego deste tipo de vegetação pode reduzir o ofuscamento do usuário ao se deslocar entre ambientes internos e externos, ou vice-versa, criando zonas de transição com diferentes intensidades de sombra.

Por outro lado, a utilização de folhagem perene durante os períodos de frio pode comprometer a qualidade termo luminosa dos ambientes internos e o conforto térmico de seus usuários, causando um aumento no consumo de energia com o uso de sistemas de iluminação e climatização artificial.

A influência da vegetação na temperatura do ar está relacionada ao controle da radiação solar. Assim, folhagens densas ocasionam diferenças entre a temperatura ao sol e a temperatura sob a arborização superiores a 5°C, o que é desfavorável na situação de inverno. A evapotranspiração das plantas e o sombreamento dos edifícios influenciam a umidade relativa do ar nos recintos.

Árvores de folhagem pouco densa, onde a transmitância luminosa foi superior a 80% localizadas em espaços onde há pouca obstrução do entorno e o percentual de céu aberto ficou inferior a 30% a umidade atingiu níveis satisfatórios para a situação de inverno, em torno dos 55%.

A incidência do vento sob a arborização reduz as diferenças de temperatura e umidade relativa do ar entre as áreas sombreadas e ensolaradas. Esta redução é observada quando a velocidade do vento é superior a 1,5 m/s, sendo mais pronunciada acima de 5 m/s.

A respeito do calçamento urbano, o tamanho do canteiro da árvore deve ser adequado ao seu porte. Algumas árvores não apresentam o espaçamento correto, estão muito próximas, e irão competir entre elas em busca do sol e nutrientes do solo, também será estudado. Espécies arbóreas de médio e grande porte podem ser utilizadas quando em harmonia com a rede aérea local, para que o vegetal não tenha sua copa completamente alterada pelas podas, como ocorre no recinto Praça Bozano.

Uma área arborizada deve ter certa diversidade a fim de manter o equilíbrio da avi-fauna local, isto não ocorre no recinto da Praça Bozano nem na Duque de Caxias, pois a frequências das mesmas espécies são elevadas.

No trecho estudado na Rua Duque de Caxias, no inverno a presença da vegetação não modificou a umidade relativa local de forma significativa, o vento sofreu uma redução de velocidade em função da trama urbana, e a redução da temperatura provocada pela arborização não contribui para o desconforto do usuário do recinto. No verão a presença da arborização é

indispensável, pois a atmosfera local é quente e abafada. A vegetação se torna fundamental em função da necessidade de sombreamento e as diferenças de temperatura entre o sol e a sombra da árvore são bastante significativas e chegam a atingir 6°C contribuindo para alterar a sensação térmica do usuário.

Os aspectos energéticos, econômicos, culturais e ambientais devem formar parte dos critérios de escolha da vegetação urbana. Isto impõe um trabalho interdisciplinar imediato, que não está sendo programado. O ordenamento do espaço público – aéreo e subterrâneo – é imprescindível não só para se obter um bom desempenho ambiental da vegetação, mas e, sobretudo para contribuir na resolução do caos que atualmente caracteriza as cidades de países em desenvolvimento. Pois as árvores são frequentemente podadas o que reduz seu potencial de agir como elemento de sombreamento local.

O elemento vegetal qualifica os recintos urbanos quer seja de forma ambiental, paisagística, social ou cultural em Porto Alegre. Todos os benefícios proporcionados pela arborização não são aproveitados quando as espécies são locadas em um recinto que não possibilite a realização do seu metabolismo e sua exigência de insolação, quer seja pela falta de espaço para seu desenvolvimento, ou pelo espaço inadequado entre espécies gerando competitividade e entrelaçamento das copas. O pior são as podas sucessivas como tentativa de compatibilização com a infraestrutura urbana local.

Em tempos de crise energética, poluição e uma redução natural da qualidade de vida nas grandes cidades a arborização é um meio natural de controle ambiental, do equilíbrio ecológico e psicossocial do homem.

## REFERENCIAS

- GONÇALVES, Joana. O microclima urbano e suas implicações ambientais. In: Sinopses, São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo nº31, 1999, pg29-48
- MASCARÓ, Lucia. *Ambiência Urbana*. Edição Bilíngue. Sagra-Luzzatto, 1996, 199p
- Michelson, W. An Empirical analysis of urban environmental references. Philadelphia: J. Am. Inst. Planners 32 pg 355-360, 1966.
- Mascaro, Juan Luis. Mascaro, Lucia Elvira Alicia Raffo de. Souto, Ana Elisa Moraes. et alli. Sub projeto 3 : paisagismo ambiental. In: Seminário Programa de Preservação do Meio Ambiente pelo Uso Racional de Energia ( 2001 : Curitiba, PR). [Trabalhos apresentados], Curitiba : [s.n.], 2001 p. 1-2
- ROBINETTE, G.O. *Plants, people and environmental preferences*. Washington: U.D.S. Interior Nat. Park Service, 1972
- Souto, Ana Elisa Moraes. O elemento vegetal como qualificador dos recintos urbanos. 2002. 331 p. : il. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Arquitetura, Porto Alegre, BR-RS, 2002. Ori.: Mascaro, Lucia Elvira Alicia Raffo de.
- OKE, T.R. *Boundary layer climate*. 2ed. Londres: Methuen & Co. Ltd. 1987.