

A GERAÇÃO DE MICROCLIMAS A PARTIR DA RELAÇÃO ENTRE AMBIÊNCIA URBANA E VEGETAÇÃO

ANA ELISA MORAES SOUTO

VANESSA DE CONTO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM

A GERAÇÃO DE MICROCLIMAS A PARTIR DA RELAÇÃO ENTRE AMBIÊNCIA URBANA E VEGETAÇÃO

1. Introdução

A importância da vegetação no espaço urbano tem sido enfatizada de várias maneiras, tanto do ponto de vista estético, ambiental quanto social (RIVELINI & GOMES, 2017). O desempenho termo luminoso da vegetação, seu comportamento em relação ao vento (barreiras, canais etc.), aos usuários, os problemas de convivência com a infraestrutura urbana são os temas que o trabalho apresenta, enfocando os diversos aspectos relacionados com a vegetação urbana. Os dados apresentados referem-se a cidade de Porto Alegre, localizada no estado do Rio Grande do Sul, mas é possível elaborar conclusões gerais sobre o uso da vegetação urbana na região subtropical úmida.

Além disso, tal pesquisa se alinha aos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) previstos na agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), uma vez que o correto planejamento do paisagismo urbano faz com que as cidades sejam energeticamente mais eficientes e sustentáveis (ONU, 2016).

Deste modo, destaca-se que transformar significativamente a construção e a gestão de espaços urbanos é essencial para que o desenvolvimento sustentável seja alcançado. Dentre as metas que fazem parte desses objetivos, pode-se destacar a que visa aumentar a urbanização inclusiva e sustentável e a capacidade para o planejamento e a gestão participativa dos assentamentos humanos. Assim sendo, tal pesquisa está alinhada ao ODS 11 pois o planejamento da arborização nos recintos urbanos, quando aplicado de forma correta, tende a trazer os benefícios ambientais, sociais e econômicos, os quais estão diretamente relacionados aos pilares da sustentabilidade. Nesse contexto, esse estudo objetiva analisar o desempenho ambiental de espécies arbóreas de dois recintos urbanos da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

2. Desempenho ambiental da arborização urbana

A árvore é a forma vegetal mais característica da paisagem urbana, à qual incorpora-se uma estreita relação com a arquitetura ao longo da história. Considerada hoje mais na sua condição de ser vivo do que objeto de uma composição paisagística, contribui para obter uma ambiência urbana agradável. No entanto, em recintos urbanos altos e estreitos perdem-se as funções ambientais da arborização urbana. Nesse cenário, a vegetação urbana, árvores de grande e médio porte, são capazes de fornecer sombra e conforto térmico a população, protegendo-os da insolação indesejada do verão e criando um efeito de filtragem dinâmica de particular valor estético. Talvez seja esta a principal função da arborização urbana nos climas tropicais e no verão dos subtropicais, sendo o efeito mais procurado pelas pessoas ao utilizar esses espaços (MASCARÓ, 2009; SOUTO, 2002).

A exemplo de sua importância, a sombra de uma árvore de grande porte combinada adequadamente com cercas vivas e gramados pode reduzir a temperatura superficial de uma fachada orientada para o oeste em até 13°C ao barrar a radiação solar direta e em até 3,5°C quando a radiação é difusa (BARBIRATO *et al*, 2011).

Segundo Mascaró (2010, p. 23):

[...] as árvores são importantes para mitigar as emissões de dióxido de carbono, a contaminação do ar e da água assim como os efeitos negativos das precipitações; reduzem custos de energia, taxas de criminalidade e contas médicas e fortalecem a biodiversidade ao melhorar as condições de vida de todos os seres vivos.

Entretanto, nem sempre a sombra proporcionada pela vegetação é uma estratégia adequada para resolver problemas de insolação no interior de uma edificação. Desse modo, alguns cuidados devem ser tomados tanto na escolha das espécies como na sua localização relativa em relação ao objeto edificado, as redes de infraestrutura, equipamentos urbano e posicionamento quanto a iluminação pública (MASCARÓ, 2010).

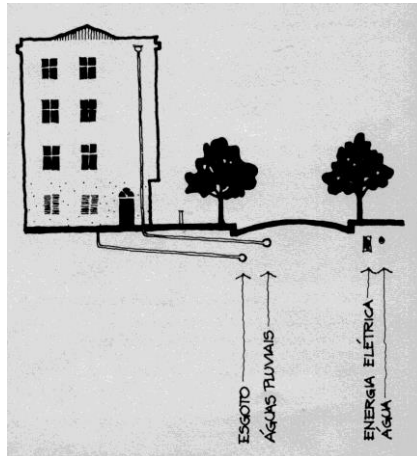
Além do conforto térmico e minimização de ruídos urbanos, a escolha de espécies adequadas ao lugar contribui para a redução da erosão, aumento da diversidade do solo e a organização de espaços. Cada espécie arbórea tem seu desempenho ambiental e transmitância luminosa próprios que, quando escolhidas de forma adequada, contribuem para o conforto da oscilação térmica entre as estações. No inverno, por exemplo, as sombras projetadas pelos galhos e troncos podem obstruir a chegada de parcelas significativas de iluminação natural para o interior da edificação, fazendo-se necessário o uso de iluminação artificial. Temperatura e umidade relativa do ar do recinto urbano também são modificados pela presença da vegetação, assim como sua ventilação.

2.1 Arborização e infraestrutura urbana

Do ponto de vista energético, espécies arbóreas e gramados são utilizadas e escolhidas de formas distintas. Apesar da evidência de um melhor desempenho térmico, o paisagismo ambiental que propõe o uso racional da energia adota o critério de minimizar as áreas gramadas. Um dos problemas ao se utilizar gramados é sua manutenção e os custos com energia elétrica e combustível fóssil nas máquinas de corte e a água para irrigação. Entretanto, árvores e arbustos podem consumir mais combustíveis fóssil por metro quadrado que o gramado devido às necessidades de uso de pesticidas e fertilizantes, quando cuidados com técnicas tradicionais, exceto quando são usadas espécies nativas de árvores que não requerem manutenção especial. Outro problema dos gramados, do ponto de vista energético, está relacionado a insolação, considerando que esse tipo de vegetação não oferece proteção quanto a insolação dos usuários dos espaços públicos, nem seus carros e nem as fachadas dos edifícios. Já os problemas de manutenção e regadio são de caráter climático-econômico. Cidades modernistas com amplos espaços gramados são as que apresentam este tipo de problema quando seus climas são secos ou têm estação seca, como é o caso de Brasília. O uso de caminhões pipa é frequente nestes casos, caracterizando o tipo de problema enfrentado não só na manutenção dos gramados, mas também na arborização urbana, como exemplo pode-se citar a cidade de Campo Grande no Mato Grosso do Sul (TOLEDO & SANTOS, 2008).

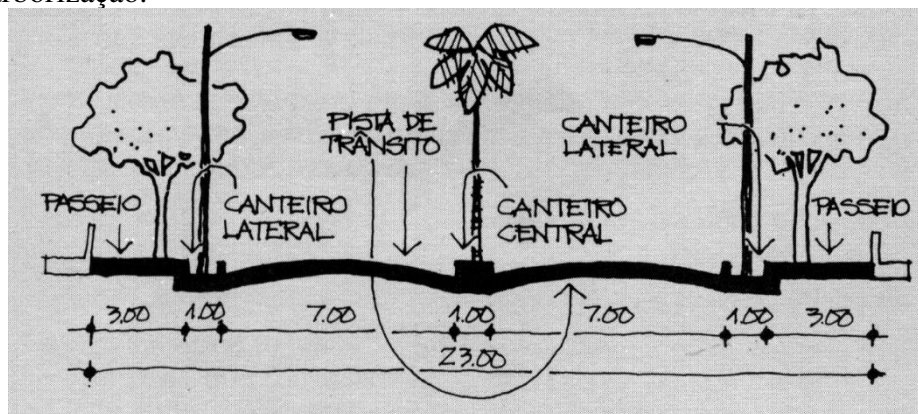
Uma relação satisfatória entre vegetação urbana e a infraestrutura das cidades consiste na escolha adequada das espécies para que não interfiram na rede aérea e subterrânea (elétrica, de esgoto, de água e rede pluvial). A escolhas dessas espécies baseia-se no formato da copa, sendo aconselhável que seu porte não interfira no gabarito dos postes da rede elétrica. Desse modo, as espécies arbóreas podem se posicionar acima para melhor iluminação de automóveis, ou abaixo, proporcionando conforto e eficiência lumínica aos pedestres. O tipo de raiz das espécies escolhidas também possui relevância, pois ao desenvolver-se, não devem ficar próximas às canalizações de infraestrutura, evitando danos, principalmente as raízes que crescem em busca de água (MASCARÓ, 2010). As Figuras 01 e 02 apresentadas a seguir expõem o perfil da rua e como esses fatores podem interferir.

Figura 1 – Croqui esquemático do perfil da rua e infraestrutura onde as raízes arbóreas podem interferir



Fonte: Desenho elaborado pelas autoras.

Figura 2 – Croqui esquemático do perfil da rua, com gabarito de cotas e infraestrutura aérea em relação à arborização.



Fonte: Desenho elaborado pelas autoras.

Em avenidas ou ruas com canteiro central, conforme ilustrado na figura 02, o uso da arborização poderá ser mais amplo, árvores de maior porte serão compatíveis nessas situações, além de proporcionarem grandes espaços sombreados. O cuidado com o tipo de raiz é indispensável, independentemente do local em que serão plantadas as espécies, dentro do recinto urbano. Considerando estes aspectos o uso da árvore em passeios públicos ou canteiros centrais será perfeitamente viável e indicado, tanto para melhorar a ambiência do recinto como para embelezá-lo.

3. METODOLOGIA

A escolha dos passos a seguir, foram antecedidos por estudos preliminares, proporcionando a verificação da teoria existente e análise de material relacionado ao tema escolhido (LAKATOS; MARCONI, 2010). Esse processo contribuiu para a escolha do método a ser utilizado, estudo de caso, com coleta de dados baseada na pesquisa bibliográfica, em fontes primária e secundária. Em consonância com esse posicionamento, Miguel (2010), argumenta que o estudo de caso é uma forma empírica de investigação de fenômenos atuais no contexto da vida real, considerando seu histórico. Essa metodologia é recomendada em pesquisas nas quais múltiplas fontes de evidências são usadas.

A pesquisa foi aplicada em dois recintos da cidade de Porto Alegre durante os anos de 2018 e 2019. A rua Duque de Caxias, caracterizada por apresentar gabarito de vias estreitas, densamente ocupada por prédios altos e Praça Júlio de Aragão Bozano, região que abriga

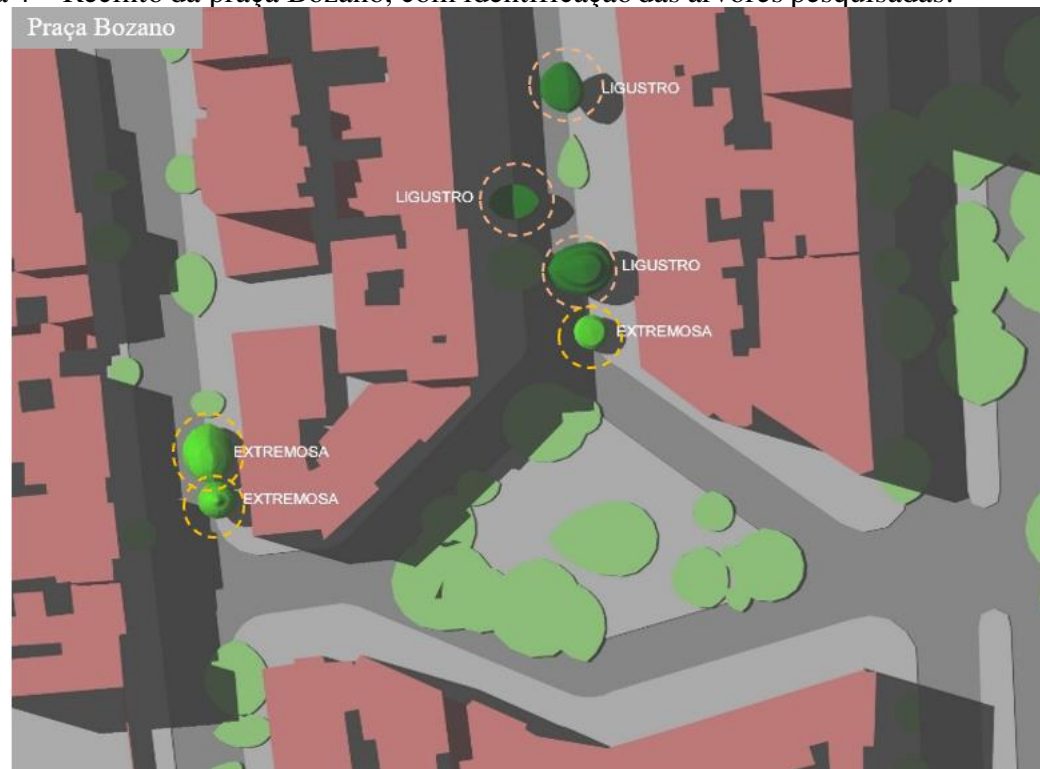
prédios que variam de três a quatro pavimentos. Para melhor entendimento do efeito da vegetação, seu porte e gabarito das edificações utilizou-se o *software* de modelagem tridimensional *sketchup*. Desse modo foi possível a simulação do ambiente urbano e as respectivas análises. Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os recintos estudados bem como as espécies de árvores pesquisadas.

Figura 3 – Modelagem tridimensional da rua Duque de Caxias em Porto Alegre



Fonte: Elaborado pelas autoras.

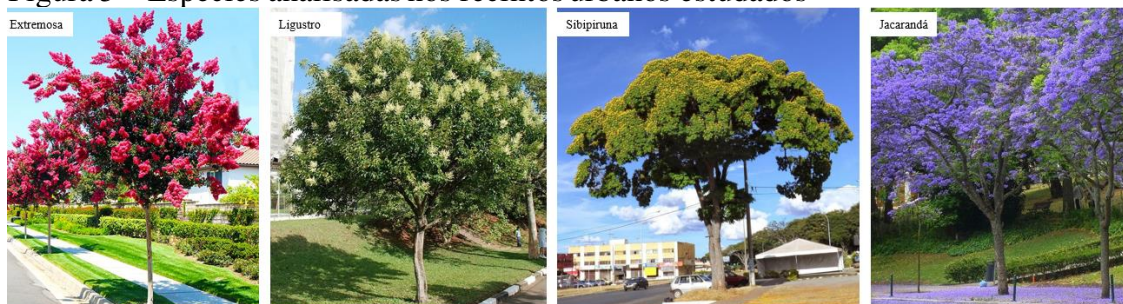
Figura 4 – Recinto da praça Bozano, com identificação das árvores pesquisadas.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Conforme apresentado nas figuras 4 e 5, as espécies analisadas e identificadas consistem em: (a) Extremosa (*Lagerstroemia indica*); (b) Ligustro (*Ligustrum japonicum*); (c) Sibipurina (*Caesalpinia peltophoroide*) e (d) Jacarandá (*Jacaranda mimosaeifolia*). A Figura 5 apresenta exemplos dessas espécies.

Figura 5 – Espécies analisadas nos recintos urbanos estudados



Fonte: Google imagens.

É válido salientar que o estudo da vegetação natural em recintos urbanos requer uma investigação da relação entre a vegetação e a morfologia do lugar, sua contribuição para o microclima local e sua relação com a infraestrutura aérea e subterrânea. Desse modo, a metodologia do presente estudo baseou-se em medições *in loco* e na interpretação dos resultados obtidos que permitiram fazer uma avaliação comparativa da performance de diferentes tipos arbóreos com referência ao sombreamento das calçadas e fachadas, como minimizadores, filtros ou barreiras, da incidência da luz natural, a influência no aumento da umidade relativa do ar, a influência na atenuação das variações térmicas ocorridas no passeio público, a influência sobre a ventilação urbana, a influência nas alterações térmicas ocorridas nas fachadas e no interior das edificações e possível relevância de sua existência como elemento de composição arquitetônica na paisagem urbana.

Deste modo, foram realizadas medições de iluminância, transmitância da luz natural, temperatura e umidade relativa do ar do recinto urbano em pontos no sol e na sombra das árvores e ventilação antes e depois de cada espécie arbórea medida. Também foram realizadas medições de temperatura superficial e iluminância vertical na fachada próxima da árvore, em pontos no sol, na sombra da edificação e na projeção da sombra das árvores.

Para realizar o procedimento de medições foram utilizados os seguintes equipamentos: luxímetro (para a medição da iluminância), anemômetro (para a medição da ventilação), termo-higrômetro (para a medição de temperatura e umidade relativa do ar), termopar (para a medição de temperatura superficial), câmera fotográfica e filmadora (para registro visual da mediação).

É válido salientar que o estudo da vegetação natural em recintos urbanos requer uma investigação da relação entre a vegetação e a morfologia urbana, sua contribuição para o microclima local e a convivência dela com a infraestrutura aérea e subterrânea. Assim sendo, a metodologia do presente estudo baseou-se em medições *in loco* e na interpretação dos resultados obtidos que permitiram fazer uma avaliação comparativa da performance de diferentes tipos arbóreos com referência ao sombreamento sobre o calçamento e na fachada, como minimizadores, filtros ou barreiras, da incidência da luz natural, a influência no aumento da umidade relativa do ar, na atenuação das variações térmicas ocorridas no passeio público, na ventilação urbana, nas alterações térmicas ocorridas na fachada (e no interior do edifício) e se apresenta relevância como elemento de composição arquitetônica na paisagem urbana.

Para a coleta dos dados posicionou-se os termo-higrômetros um à sombra da copa da árvore e outro ao sol. Após o período de estabilização de dois minutos os aparelhos foram resetados e ficaram imóveis por um período de oito minutos. Desse modo, foram coletados os dados quanto

a temperatura e a umidade relativa do ar máxima e mínima do período. A velocidade do vento foi medida antes e depois das espécies das árvores em estudo.

Dentre os dados selecionou-se as rajadas máximas, os períodos de calmaria, rajadas mínimas e a velocidade mais característica - média. A temperatura da fachada foi medida em três pontos distintos revestidos com o mesmo material: ao sol, à sombra e ao sol filtrado pelas folhas da árvore. Registrou-se, ao nível do solo, a iluminância natural em 10 pontos e à altura do observador verticalmente na fachada nos mesmos pontos onde foram medidos a temperatura superficial. A foto *balloon* ocorreu antes ou após as medições para o fator de céu visível do recinto urbano no ponto em questão. Paralelamente foram feitos estudos relativos à harmonia da vegetação com a infraestrutura urbana e foram consideradas as relações da vegetação com o pedestre.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a aplicação da metodologias para os períodos de verão e de inverno, os dados foram compilados e concluídos. Desta forma, são apresentados a seguir os resultados obtidos para as espécies analisadas.

4.1 *Extremosa - Lagerstroemia indica*

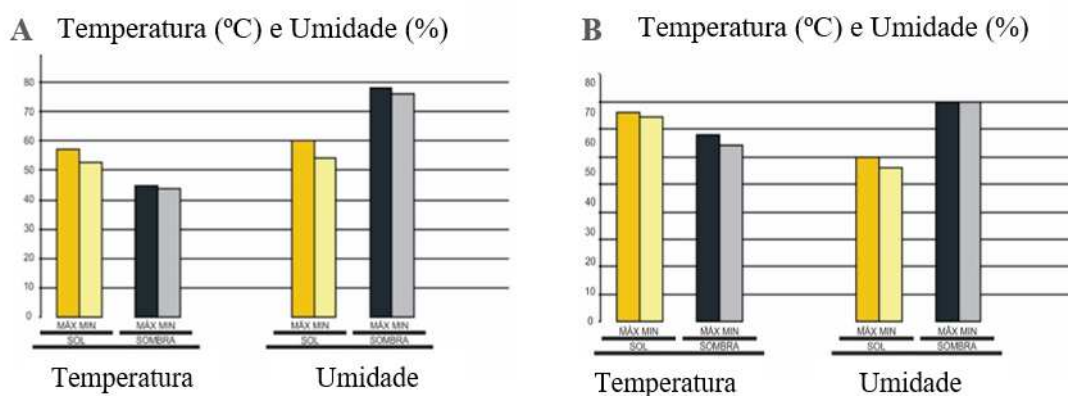
Esta espécie arbórea, de pequeno porte com folhas pequenas e homogênea de cor verde clara, textura leve lisa e com formato elíptico, atua no controle ambiental através do sombreamento de passeios públicos e edificações, e na percepção do usuário através do embelezamento de recintos urbanos, pois apresenta folhagem semidecídua, perdendo suas folhas no inverno e apresentando copa cheia e floração no período de outubro a março com flores brancas, lilás e rosas. Com relação a infraestrutura urbana, sua raiz pivotante não influencia o passeio público, pois não apresenta 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. Já 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 de uma árvore *Extremosa* não é significativa, ficando em torno de 1°C. Já no verão a diferença de temperatura observada na sombra e no sol foi em torno de 4,5°C, devido também as rajadas de vento (1,7 m/s). Essa característica diminui o uso de aparelhos artificiais como ventiladores e ar-condicionado, implicando na redução dos com os gastos de energia elétrica.

Desse modo, em ambas as estações as árvores *Extremosas* contribuem para o 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. Tais constatações são apresentadas nos gráficos da Figura 5.

Figura 6 – Medições temperatura e umidade no sol e na sombra da *Extremosa*. (A) período de inverno; (B) período de verão.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

4.2 Ligustro – *Ligustrum japonicum*

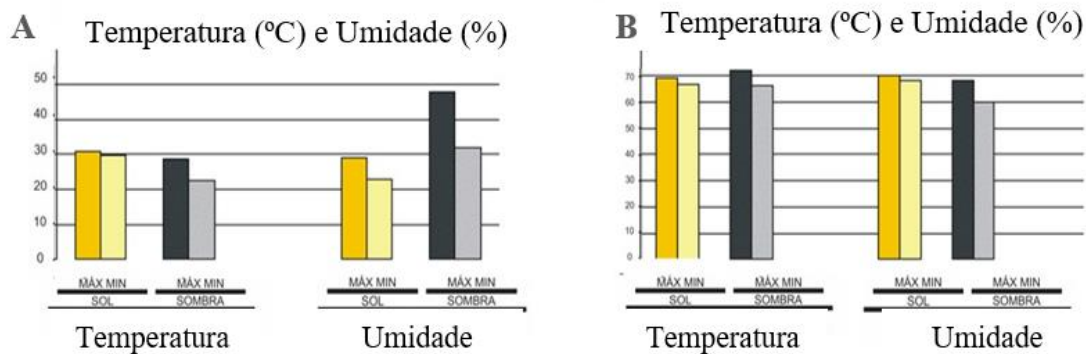
Esta espécie arbórea, de médio porte e de copa arredondada bastante densa e homogênea com folhagem perene, de cor verde-escuro, formato oval, lisas e opacas, não é recomendada para efeito de sombra e de redução de temperatura do ar. Sua floração ocorre de outubro a dezembro, com flores brancas. Em relação 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 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 e de iluminação, 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 no local estiverem a uma velocidade maior 1,5 m/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 termo lumínico 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. No verão ocorre o mesmo aumento, mas contribui para o conforto térmico do usuário. As constatações são apresentadas na Figura 6.

Figura 7 – Medições temperatura e umidade no sol e na sombra do Ligustro. (A) período de inverno; (B) período de verão.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Apesar de não contribuir para o conforto do usuário, esta espécie pode contribuir como barreira ou, quando agrupada a outras, como canal de ventilação.

4.3 Sibipurina – *Caesalpinea peltophoroide*

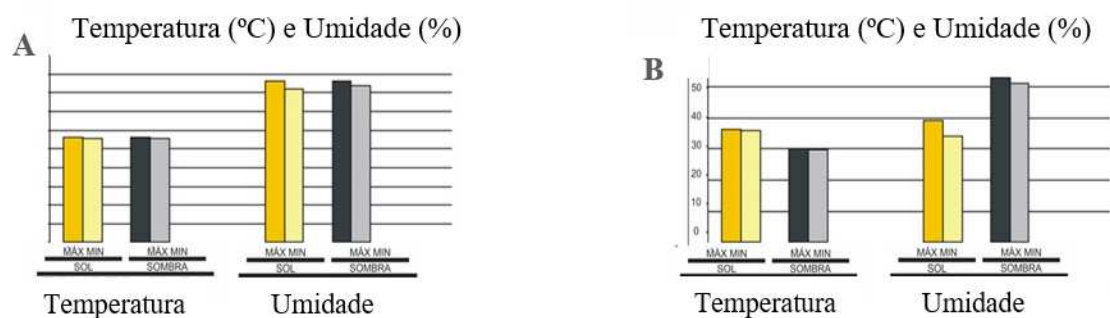
Esta espécie arbórea, de grande porte possui uma copa larga e arredondada que interfere na rede aérea. Possui folhagem caducifólia. Sua floração de setembro a outubro, decora o recinto com flores amarelas. Sua raiz é pivotante, o que não prejudica a calçada, pois seu crescimento é para dentro da terra 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 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 em fachadas notou-se que a árvore reduziu em 7,4°C a quantidade de calor incidente turno da manhã. O que não ocorreu no turno da tarde, pois a redução foi de apenas 2,2°C. Assim conclui-se que essa redução ajuda no conforto térmico do usuário, ao menos no período da manhã, pois refresca o ambiente e reduzindo o uso de aparelhos artificiais de ventilação, como o ar condicionado, minimizando o consumo de energia elétrica. 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 o período. Tais constatações são apresentadas na Figura 7.

Figura 8 – Medições temperatura e umidade no sol e na sombra da Sibipurina. (A) período de inverno; (B) período de verão.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

4.4 Jacarandá – *Jacaranda mimosaeifolia*

Esta espécie arbórea de grande porte, possui copa larga e arredondada que está bastante alterada devido às podas frequentes, pois este tipo de espécie arbórea não é recomendado 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 durante este.

Sua copa composta de folhas pequenas de cor verde-escuro, textura leve, não rugosa, permite uma transmitância entre 11,7% e 16,85%. Como a cobertura foliar não é homogênea 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 caducifolia e com a perda das folhas, a qualidade termo luminosa dos ambientes não fica comprometida.

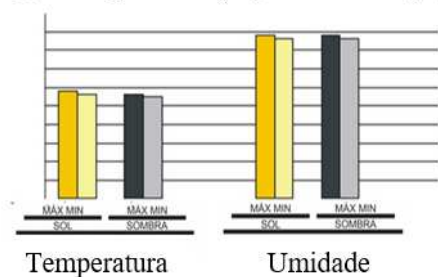
Analisando a iluminância vertical, medida na fachada próxima à árvore, observou-se um bloqueio entre 75,36% e 78,4% dos raios solares até atingirem a fachada. Esta situação é favorável no verão pois ajuda a evitar o ofuscamento do usuário ao se deslocar entre ambientes externos e internos, criando zonas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

Sobre a temperatura superficial medida na fachada, as árvores de Jacarandá reduziram em 4°C a temperatura das edificações, 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 no conforto térmico do usuário, podendo minimizar o uso de condicionadores de ar, reduzindo, mesmo que não ao máximo, o consumo energético das edificações.

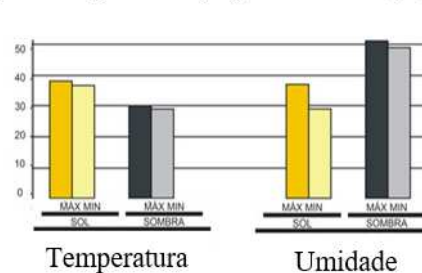
Esta espécie apresentou uma redução da temperatura do ar no passeio público de apenas 0,7°C, no turno da manhã, e de 7,85°C, no turno da tarde. A umidade relativa não apresentou nenhuma alteração sob a arborização, no turno da manhã. Já no turno da tarde, a umidade relativa ficou 17% maior com a presença da árvore Jacarandá. Esse aumento é significativo para o verão, ficando a umidade sob a arborização próxima aos 55% considerados satisfatórios para esta época, como apresentado na Figura 8.

Figura 9 – Medições temperatura e umidade no sol e na sombra do Jacarandá. (A) período de inverno; (B) período de verão.

A Temperatura (°C) e Umidade (%)



B Temperatura (°C) e Umidade (%)



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Com um tipo de folha mais escura, a luz que chega até o jacarandá aquece a sua superfície e acelera o processo de evaporação. A pequena superfície foliar diminui a extensão evaporante, contribuindo para o aumento do vapor de água no ar, na medida que a temperatura se eleva.

5. CONCLUSÃO

As medições de inverno possibilitaram uma comparação entre o comportamento ambiental da vegetação de folhagem densa e perene e da vegetação de folhagem caducifólia e menos densa. 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 a quantidade de luz de dia disponível na abóbada celeste desobstruída, foi considerada favorável na situação de inverno para a latitude de Porto Alegre. 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.

Já as árvores de folhagem pouco densa, em que 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 apresentaram o espaçamento correto, estando muito próximas, competindo entre si em busca do sol e nutrientes do solo, fato que será analisado em pesquisas futuras.

As 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 da Praça Bozano. Desse modo, uma área arborizada deve ter uma certa diversidade afim de manter o equilíbrio da avifauna local, fato que não ocorre no recinto da praça Bozano nem na rua Duque de Caxias.

Conforme apresentado ao longo do trabalho, 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.

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 sobretudo para contribuir na amenização do clima em grandes cidades do país, alinhando-se aos objetivos da Agenda 2030.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIRATO, G.M.; TORRES, S. C.; SOUZA, L.C. S. **Procel Edifica. Clima Urbano e Eficiência Energética nas Edificações**. Rio de Janeiro: Procel, 2011.

MASCARÓ, L. E. A. R; MARCARÓ, J. L. **Vegetação urbana**. Porto Alegre: UFRS, 2010.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre, 2009.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 320 p. 2010.

MIGUEL, P.A.C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 226 p. 2010.

ONUBR. Organização das Nações Unidas no Brasil. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2016. Disponível <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>> Acesso: 11 out. 2020.

RIVELINI, P. M; GOMES, M. F. Análise da arborização viária e sua relação com a infraestrutura urbana na rua Luiz Pereira Barreto, Araçatuba-SP. **Revista Contemporânea: Revista Uniletoledo: Arquitetura, Comunicação, Design e Educação**, v. 02, n. 01, p. 88-103, out/dez. 2017.

SOUTO, A. E. M. **O elemento vegetal como qualificador dos recintos urbanos**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Arquitetura – UFRGS. Porto Alegre, 2002.

TOLEDO, F. S; SANTOS, D.G. Espaços Livres de Construção. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba - SP, v3, n1, p. 73-91, mar. 2008.