

## **EFEITOS DA VEGETAÇÃO VIÁRIA NO CONFORTO TÉRMICO URBANO**

**Alba Valéria S. Mascarello (1); Luiza Barbosa (2) Eleonora Sad Assis (3)**

- (1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, [valeria.ecoarq@gmail.com](mailto:valeria.ecoarq@gmail.com)  
(2) Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais, [luizabmarques@gmail.com](mailto:luizabmarques@gmail.com)  
(3) PhD, Professor UFMG/Escola de Arquitetura. Dep. Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo [elsad@ufmg.br](mailto:elsad@ufmg.br)

### **RESUMO**

O estudo da arborização urbana em geral e da arborização viária, em particular, visa avaliar a possibilidade de melhoria da qualidade de vida nos ambientes urbanos. O planejamento urbano tem se voltado para formas de conduzir o espaço e integrá-lo com os elementos naturais novos e já existentes. Entretanto ainda são poucas as informações que conduzem a esse planejamento de uma forma coerente e factível com situações específicas, considerando para isso particularidades e exigências. O atual trabalho tem como propósito avaliar variáveis climáticas, como temperatura e umidade do ar relacionando-as ao posicionamento de indivíduos arbóreos, assim como sua espécie e porte na cidade de Pará de Minas, Minas Gerais. Foram coletadas as variáveis de temperatura ambiente e umidade relativa do ar, sendo calculado posteriormente a umidade absoluta, além da mensuração do ISA (Índice de Sombreamento Arbóreo) e do IAF (Índice de Área Foliar) obtidos respectivamente através da projeção das copas e análise de fotos hemisféricas. Os resultados obtidos apontam para a relação da presença arbórea, assim como o porte, condição da copa e posicionamento, agrupados ou não, na positiva contribuição microclimática do local avaliado. Os dados encontrados ressaltam a importância da arborização urbana viária nas condições microclimáticas dos centros urbanos, o que contribui diretamente para a melhoria do conforto térmico urbano.

Palavras-chave: arborização urbana, desempenho térmico, planejamento urbano.

### **ABSTRACT**

The study of urban afforestation in general and of the road tree, in particular, aims to evaluate the possibility of improving the quality of life in urban environments. The urban planning has turned to ways of guiding space and integrating it with new and existing natural elements. Meanwhile, there is still little information that leads to this planning in a coherent and feasible way with specific situations, considering for this particularities and requirements. This present work aims to evaluate climatic variables, such as temperature and humidity of the air relating them to the positioning of arboreal individuals, as well as their species and size in the city of Pará de Minas, Minas Gerais. The variables of ambient temperature and relative humidity were collected, being subsequently calculate the absolute humidity, as well as the measurement of the ISA (Arboreal Shading Index) and the IAF (Foliar Area Index), respectively, obtained through the projection of the treetop and analysis of hemispheric photos. The obtained results point to the relation of the tree presence, as well as the size, canopy condition and positioning, grouped or not, in the positive microclimatic contribution of the evaluated site. The data found highlight the importance of urban tree planting in the microclimatic conditions of urban centers, which contributes directly to the improvement of urban thermal comfort.

Keywords: Urban tree arborization, Thermal performance, urban planning.

## 1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do aumento da população mundial, o ambiente construído nos meios urbanos vem impondo transformações severas no ambiente natural com consequências diretas na qualidade de vida. A rapidez com que se deu o crescimento das cidades dificultou a execução de um planejamento urbano adequado quanto ao uso do solo, tornando-as mais áridas e quentes. Nos anos de 2014 e 2015, grande parte da população brasileira, urbana e rural, sofreu os efeitos de uma estiagem sem precedentes e de altas temperaturas que causaram grandes desconfortos à população e prejuízos generalizados, com perdas significativas no campo – agricultura e pecuária- e na cidade - indústria e comércio. Neste cenário, a vegetação nas áreas urbanas têm decrescido cada vez mais.

Sabe-se que as árvores oferecem grandes benefícios ambientais: produzem a sombra e a evapotranspiração necessárias à regulação de temperatura e umidade na melhoria das condições microclimáticas, retém a água da chuva por tempo suficiente para permitir um escoamento gradual evitando o runoff e realimentando os mananciais hídricos subterrâneos; oferecem grande potencial estético, imprescindíveis ao bem estar mental e psicológico das pessoas além de propiciarem a polinização. Em lugares onde o conforto ambiental se torna crítico, a arquitetura de paisagem, pensando ecologicamente, propõe como medida fundamental o enriquecimento das áreas verdes remanescentes e a criação das mesmas onde não existem. ADAM (2001), afirma que “Os espaços urbanos, onde há maior reflexão solar e as temperaturas são mais elevadas, têm nas áreas verdes (praças, bosques e parques além de passeios públicos), em função da arborização, cobertura vegetal e permeabilidade do solo, condicionadores térmicos em potencial”.

Quanto ao conforto térmico, nota-se que a temperatura dos ambientes construídos, pela natureza dos materiais com que são edificados, pode ser extremamente quente em algumas épocas do ano, pois concentram o calor emitido por ondas térmicas que são absorvidas por esses materiais nos ambientes internos causando desconforto ao usuário. Essa situação acaba por provocar uma maior demanda energética no funcionamento de aparatos de redução de calor, como ventiladores, climatizadores e condicionadores de ar. Outro fator negativo relativo à supressão sistemática da vegetação nas cidades é a formação das Ilhas de Calor Urbanas - diferença de temperatura entre regiões urbanas e seu entorno rural, onde a vegetação se mantém. Essa variabilidade pode ser melhor percebida nos meses mais quentes, quando se intensifica essa diferença. Parques e áreas vegetadas, que tipicamente apresentam temperaturas de superfície mais frias, contribuem para resfriar a temperatura do ar nas cidades (WONG, 2008, tradução da autora). Tal hipótese é corroborada por Silva Filho (2005) quando afirma que algumas tecnologias, como a aerofotogrametria - método de obtenção de dados topográficos por meio de fotografias aéreas digitais de alta resolução, geralmente, com o fim de mapeamento - podem ser utilizadas para evidenciar os espaços impermeabilizados e onde há possibilidades para novos plantios de árvores, objetivando a diminuição da poluição e tratamento de ilhas de calor nas cidades. O autor aponta que outra boa ferramenta é a videografia, que pode mensurar a cobertura arbórea das cidades dentro do tecido urbano, que é composto também de pelo sistema viário, edificações, pavimentações e demais tipos de coberturas urbanas.

Dobbert et al. (2015) buscaram verificar a influência da cobertura arbórea na temperatura do ar e analisar as variações microclimáticas à sombra e a pleno sol, por meio de simulações computacionais através do modelo micrometeorológico ENVI-met©. Os autores estabeleceram um modelo de simulação variando diversos parâmetros em ambientes urbanos, como tipos de pavimentação, diferentes tipologias urbanas e cobertura arbórea e seus efeitos (evapotranspiração e atenuação da radiação solar). Após simulações com diferentes porcentagens de cobertura arbórea (3% e 20%) demonstrou-se queda na temperatura do ar no sítio com maior presença de vegetação, confirmando a influência positiva da arborização urbana nas condições microclimáticas do seu entorno imediato.

Shinzato et al.(2015) afirma que a presença da vegetação como meio de redução da temperatura nas cidades dependem do sombreamento e do processo de evapotranspiração, além de influenciar na direção dos ventos e na filtragem da poluição, calcula o Índice de Área Foliar – IAF pelo método de fotos hemisféricas. As autoras consideram o método fundamental para complementar o banco de dados de vegetação existentes e contribuir para construção de modelagens mais próximas às condições das cidades tropicais. Explicam que o processo da evapotranspiração relaciona-se diretamente com a resistência estomática que relaciona a quantidade dos estômatos nas folhas com uma adequada condição no solo (disponibilidade de água) e na atmosfera (disponibilidade de luz). Assim quando maior a área de exposição das folhas, maior o efeito.

Segundo Oliveira (2011), a temperatura do ar é amenizada pela vegetação através do controle da radiação e pela umidade liberada através das folhas. Por meio das análises do Índice de Sombreamento Arbóreo – ISA - percentual de área sombreada em relação à área total indicando o potencial de sombra resultante da soma das áreas de copa no conjunto arbóreo, observou-se que regiões mais arborizadas e com sombra densa, apresentaram menores valores de temperatura superficial, quando comparados com aquelas não arborizadas.

Abreu e Labaki (2010) complementam que um indivíduo arbóreo isolado plantado em área gramada é capaz de proporcionar bem-estar ao usuário, ao longo do ano, em diferentes distâncias em relação ao tronco da árvore concluindo que a sensação de conforto, independentemente dos índices utilizados na análise, varia principalmente em função da densidade da copa da árvore. Gomes e Amorim (2003), avaliando as diferenças térmicas e higrométricas entre uma praça densamente arborizada e outra desprovida de cobertura vegetal concluíram que, quanto às condições térmicas, a vegetação é importante como agente regulador do campo térmico do entorno, pois a praça mais arborizada apresentou melhores índices de conforto em relação aos demais pontos observados, onde resultados de temperatura efetiva foram mais elevados, agravando as sensações térmicas de estresse ao calor percebido pelo organismo humano.

A literatura acima citada traz aspectos relativos à arborização urbana em geral, mas percebeu-se que pouco se comenta sobre a arborização urbana viária. Este estudo visa, em alguma medida, preencher essa lacuna, uma vez que as autoras consideram essa modalidade de arborização urbana a mais democrática e acessível à população em geral.

## 2. OBJETIVO

Esse artigo tem como objetivo caracterizar a influência do agrupamento arbóreo e das características geométricas da copa das espécies Sibipiruna e Oti na contribuição de condições microclimáticas favoráveis ao meio urbano, particularmente em ruas e calçadas. Foram levantados dados em áreas com presença e ausência de arborização urbana viária.

## 3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em duas etapas principais:

1. Caracterização da área de estudo.
2. Descrição dos indicadores / procedimentos bem como dos equipamentos utilizados na avaliação do potencial arbóreo.

### 3.1. Caracterização da área de estudo.

A pesquisa aqui apresentada se desenvolveu em Pará de Minas, cidade localizada no estado de Minas Gerais, a 90 km da capital Belo Horizonte, considerando que a cidade representa o perfil da maioria dos municípios brasileiros, sendo que, do total de 5.570 municípios, 94,61% se encontram na faixa de população de até 100 mil habitantes (IBGE, 2016a). Isso indica que aquilo que pode ser avaliado e recomendado na questão da arborização urbana nesta cidade pode ser replicado para os demais municípios desse contingente populacional.

Os critérios de escolha da área de estudo foram: oferecer, no mínimo, duas áreas distintas, próximas o suficiente para que fosse possível a tomada de dados de temperatura, umidade e direção do vento dentro de um período máximo de uma hora; que elas estivessem em sentidos diferentes (Norte-Sul, Leste-Oeste); que apresentasse trechos arborizados em ambos os lados da rua e também trechos próximos sem arborização - para que fosse possível observar o contraste nos dados coletados- e que tivessem edificações homogêneas. Assim, o local escolhido foi um trecho das ruas Vicente Porfírio de Oliveira (sentido Leste Nordeste – Oeste Sudoeste) e Engenheiro José Guimarães (sentido Sudeste-Nordeste), ambas no mesmo quarteirão, localizadas no bairro Vila Maria em Pará de Minas. (Figuras 1, 2 e 3)

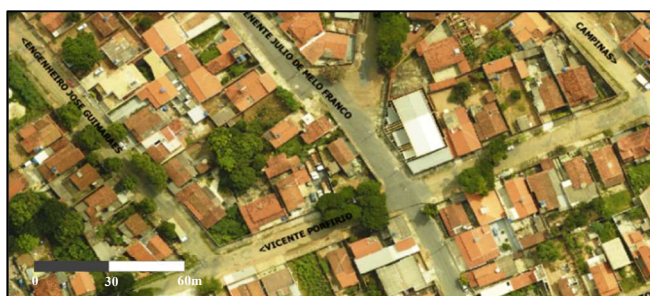


Figura 1 - Área de estudo – imagem aérea.  
Fonte: PARÁ DE MINAS, 2016.



Figura 2 - Área de estudo – desenho.  
Fonte: Desenho da autora, 2016.



Figura 3 - Área de estudo. Rua Engenheiro José Guimarães e Rua Vicente Porfirio de Oliveira  
Fonte: PARÁ DE MINAS, 2016.

### 3.2. Descrição dos procedimentos / indicadores e equipamentos utilizados na avaliação do potencial arbóreo.

Foram demarcados, na área de estudo, 36 pontos, em quatro regiões distintas: duas em áreas arborizadas e duas em áreas não arborizadas (Figura 4). As espécies presentes são a Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) e Oiti (*Licania tomentosa*).



Figura 4 - Área de estudo, pontos de medição e descrição das espécies.

Fonte: Desenho da autora, 2016.

#### 3.2.1. Temperatura ambiente, umidade relativa e umidade absoluta

As medições foram realizadas em dois horários do dia: das 06:00 h às 06:40 h (o mais fresco e úmido) e das 14:00 h às 14:40 h (o mais quente e seco), no dia 12 de maio de 2016. Os dados foram coletados considerando as informações referentes aos *Dados Médios Horários Estação Florestal*, fornecidos pelo INMET.

O equipamento utilizado foi o Termo-Higrômetro Portátil modelo HT-260, da marca Instrutherm que opera medição de temperatura e umidade através do sensor termistor nas seguintes escalas: Temperatura: -20 a 60°C, Precisão: ± 2,5°C; Resolução: 0,1°C, com temperatura de operação: 0 a 50°C; Umidade: 0 a 100% RH, precisão: ± 3,5% RH, resolução: 0,1% RH, com umidade de operação máxima de 80% RH.

Os dados foram anotados manualmente e depois transferidos para uma planilha eletrônica do Excel®. A partir daí foram importados para o programa Surfer®, onde se processou a modelagem das informações levantadas cujas análises serão relatadas no item 4 a seguir.

Posteriormente os dados encontrados foram inseridos na equação 1, apresentada por Costa (1982), para se obter a umidade absoluta, sendo está a razão entre a massa de vapor de água e o volume de ar presente:

$$UA = \left[ \frac{\frac{UR}{100} \times (622 \times Psat)}{Patm - Psa} \right]$$

Equação 1

Onde:

UA é a umidade absoluta [g/Kg];

UR é a umidade relativa [%];  
P<sub>sat</sub> é a pressão de saturação [mmHg];  
P<sub>atm</sub> é a pressão atmosférica [mmHg].

### 3.2.2. ISA – Índice de Sombreamento Arbóreo

Segundo Oliveira (2011), o ISA representa o potencial de sombra a partir da soma das áreas das copas dos espécimes ou massas arbóreas estudadas e pode ser encontrado a partir da equação 2:

$$ISA = \left[ \frac{\text{área sombreada (m}^2\text{)}}{\text{área total (m}^2\text{)}} \right] \times 100$$

Equação 2

Onde:

ISA é o índice de sombreamento arbóreo [%];  
Área sombreada é a área de projeção da copa arbórea [m<sup>2</sup>];  
Área total é a área correspondente ao espaço em estudo [m<sup>2</sup>].

Entre os dias 27 e 28 de janeiro de 2017 foram medidas as projeções das copas arbóreas. As medições ocorrem no horário de 13:00h as 13:50h, com sol a pino, considerando para isso o horário de verão brasileiro, utilizando-se equipamento convencional - trena de fita de 30m, prancheta e imagens impressas ampliadas de cada grupo arbóreo para anotações.

As projeções foram determinadas a partir do posicionamento dos espécimes. Considerou-se um eixo central ao tronco a partir do qual tomou-se a medida com trena em diferentes angulações, a 90° e 45° em relação ao tronco. Considerou-se a sombra projetada no solo conforme a Figura 5. Os dados levantados foram transferidos ao programa AutoCad 2017®, para detalhamento de cada espécime estudado.



Figura 5: Esquema de medição usado para a projeção da sombra da copa (à esquerda). Pontos em vermelho demarcando os espécimes estudados (à direita)

Neste mesmo período foram tomadas as alturas dos indivíduos arbóreos comparando-as com a altura de uma pessoa posicionada em frente ao espécime estudado. Como pode ser visto na Figura 6 a pessoa, de altura correspondente à 1.60m, foi usada como referência e, através do programa Adobe Photoshop®, sua silhueta foi multiplicada para que atingisse o tamanho relativo do espécime na fotografia, encontrando assim a sua altura.

A partir de então, foi possível calcular o ISA, considerando-se tanto as massas arbóreas formadas pelo indivíduo e pelo conjunto arbóreo. A área total considerada no cálculo foi a do trecho da via no quarteirão de estudo, sendo levantados os dados nos espécimes 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11 e 12, como visto na Figura 7.

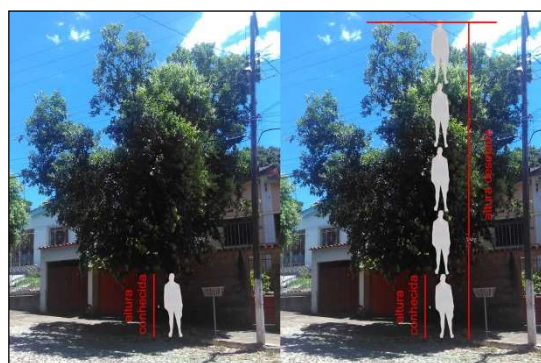


Figura 6: Método comparativo para obtenção da altura dos indivíduos.  
Fonte: Elaborado pelas autoras.



Figura 7: Áreas consideradas para cálculo ISA  
Fonte: Elaborado pelas autoras

### 3.2.3. IAF - Índice de Área Foliar

O IAF (Índice de área foliar) representa a relação da área foliar total pela área de superfície de terreno. Um dos métodos indiretos para obter o IAF, segundo Shinzato (2014) é através das fotografias hemisféricas, que se utilizam do Gap Fraction, a possibilidade do raio luminoso (solar), de não receber nenhuma interferência da copa arbórea.

As fotografias foram obtidas no dia 28 de janeiro de 2017, entre 18:30 e 19:00 h, período próximo ao pôr do sol, quando, segundo Galvani e Lima (2014), seria mais apropriado para fotografar a copa das árvores para efeitos de análise do IAF. Para o procedimento foi usado uma câmera digital Nikon Coolpix 5400 com a lente olho de peixe Nikon FC-E9 direcionada para o norte, com auxílio de uma bússola. As fotografias foram feitas a 1,20m do solo com a ajuda de um tripé nivelado. As imagens geradas nesse procedimento foram analisadas pelo software Gap Light Analyzer 2.0® (GLA), após serem transformadas para o formato Bitmap através Adobe Photoshop®. Uma vez inseridas no GLA e identificadas duas pontos de referência, um ao norte e outro a sul na própria imagem foi identificado o norte magnético, inserido os dados de correção magnética e o tipo de distorção da projeção da lente. Em seguida foram acrescentados os dados referentes a localização geográfica (latitude, longitude e elevação) além de dados referentes à radiação solar incidente. As variáveis referentes à radiação foram: Índice de Nebulosidade ( $kt$ ) igual a 0,46, Fração espectral igual a 0,44, Fração de Feixe igual a 0,44. Tais variáveis foram previamente calculadas a partir dos dados fornecidos pelo Software Radiasol2.0® para Irradiação global, Irradiação direta, Irradiação difusa e Irradiação total diária para a cidade de Pará de Minas. Em seguida foi selecionado o canal azul para a imagem de análise e através da ferramenta “Treshold” foi possível criar uma figura binária, nas cores preto e branco, diferenciando assim os pixels referentes a elementos arbóreos e os referentes ao céu. Por último foram calculadas a variável LAI 4 que representa o Índice de Área Foliar associado ao ângulo zenital de 0-60° (GALVANI; LIMA, 2014).

Foi analisado o IAF da massa arbórea do conjunto (espécimes 1, 2 e 3 na Rua Vicente Porfírio de Oliveira e 7 e 9 na Rua Engenheiro José Guimarães, além do o IAF dos espécimes isolados 4 e 8.

### 3.2.5. PET / PMV – Índice de Temperatura Fisiológica Equivalente

O Índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) foi desenvolvido para espaços abertos e fechados. É um índice representativo de uma temperatura fictícia que segundo Assis et al. (2016,p. 03) “ (...) possibilita avaliar o componente térmico do clima a partir da experiência pessoal dos indivíduos através de uma escala de sensações térmicas (PMV – voto médio estimado) ”.

Foi considerado para o presente trabalho a calibração deste índice para a cidade de Belo Horizonte realizado por Simone Hirashima (2010). Belo Horizonte possui clima de classificação Cwa, segundo a classificação de Koppen, como também a cidade de Pará de Minas que apresenta clima meio quente e úmido com chuvas de verão e presença de verões quentes e invernos brandos (PARÁ DE MINAS, 2006). Para efeito de comparação foram encontrados o índice PET, através do software RayMan®, para a data de tomada de variáveis, considerando para isso a média das variáveis para as áreas com presença e ausência arbórea. Os dados de entrada referentes a pessoa foram os dados médios encontrados por Hirashima(2010) em um grupo de 994 entrevistados, no qual a média foi sexo masculino, 32 anos 1,70m de altura e 69kg. Os dados referentes à vestimenta, assim como à atividade desempenhada foram igualmente adotadas tendo como base os dados fornecidos por Hirashima(2010), 0,5clo e 132.7W respectivamente.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Temperatura ambiente, umidade relativa

Os dados coletados foram modelados no programa Surfer® gerando as imagens referentes às figuras 8 a 11.

No horário de 6:00h a 6:40h, mais fresco e úmido (Figuras 9 e 10) percebe-se que os índices de temperatura são ligeiramente maiores e os de umidade ligeiramente menores nos locais onde surgem os primeiros raios do sol. As faixas de temperatura e umidade se apresentam de forma gradativa e contínua, onde a presença dos elementos arbóreos agrupados não parece exercer influência significativa. Nesse momento a temperatura apresenta uma diferença de 2.4°C, variando de 17.4°C a 19.8°C, enquanto que a umidade relativa apresenta uma diferença de 10%, variando de 75.5% a 85.5%.

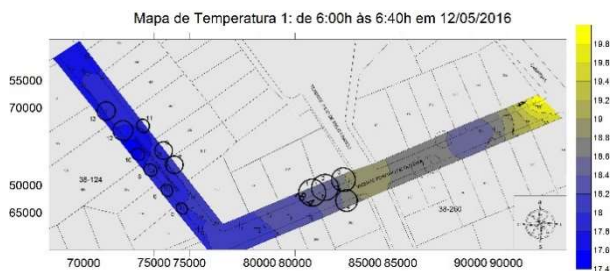


Figura 8: Modelagem - temperatura, de 6:00 h às 6:40 h.  
Fonte: Elaborado pelas autoras. 2016.

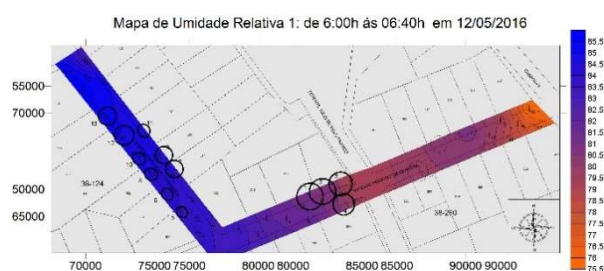


Figura 9: Modelagem - umidade relativa, de 6:00 h às 6:40 h  
Fonte: Elaborado pelas autoras. 2016.

Nas modelagens dos dados levantados no horário mais quente, das 14:00 às 14:40h (Figuras 11 e 12) evidencia-se a influência das árvores na diminuição das temperaturas e no aumento da umidade relativa nas suas imediações, fato percebido com mais intensidade no conjunto arbóreo mais agrupado, da espécie Sibipiruna (todas de grande porte), na rua Vicente Porfírio de Oliveira, do que no conjunto de elementos mais espaçados, da espécie oiti (de pequeno, médio e grande portes), na rua Engenheiro José Guimarães (ver descrição na Figura 2). Nesse momento a temperatura apresenta uma diferença de 4.5°C, variando de 27.5°C a 32°C, enquanto que a umidade relativa apresenta uma diferença de 8.5%, variando de 40.5% a 49%.

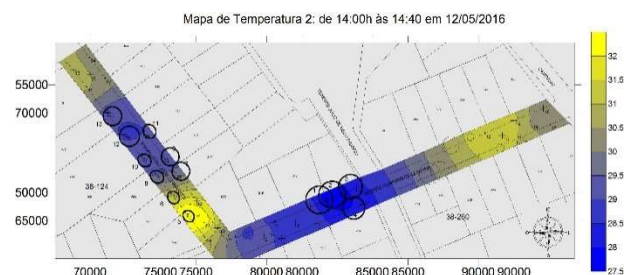


Figura 10: Modelagem - temperatura, de 14:00 h às 14:40 h.  
Fonte: Elaborado pelas autoras. 2016.

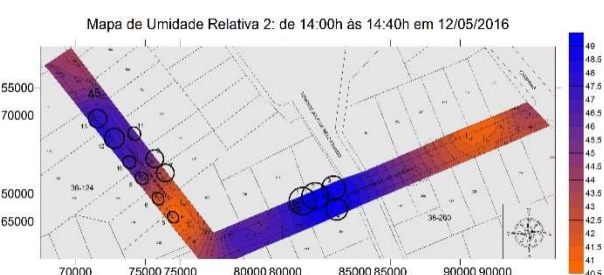


Figura 11: Modelagem - umidade relativa, de 14:00 h às 14:40 h.  
Fonte: Elaborado pelas autoras. 2016.

Ao calcular a umidade absoluta percebe-se que a presença ou ausência arbórea não expressa significativa diferença entre os valores encontrados. Como visto na Figura 12 a diferença entre os menores dados de umidade absoluta coletados para o período de 06:00h as 06:40 equivale a 0.04g/Kg, sendo a diferença entre os maiores dados em áreas com presença arbórea e ausência equivale a 0.03g/Kg, onde a maior umidade absoluta, 12.14g/Kg, é relativa a um ponto de ausência arbórea. Já no período da tarde de 14:00h às 14:40h observa-se que ao contrário da umidade relativa esse dado aumentou em relação ao período da manhã. A maior umidade absoluta encontrada, 14.7g/Kg, está relacionada a um ponto de ausência arbórea, já a maior umidade absoluta de um ponto com presença arbórea equivale a 14.42g/Kg, 0.28 g/kg abaixo do maior valor encontrado para a área e data em estudo, como visto na Figura 13.

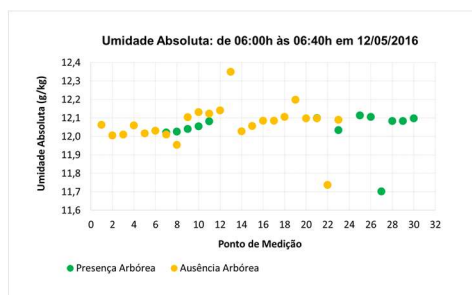


Figura 12: Umidade absoluta período da manhã  
Fonte: Elaborado pelas autoras. 2016.

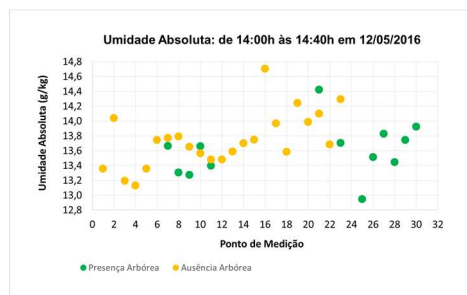


Figura 13: Umidade absoluta período da tarde  
Fonte: Elaborado pelas autoras. 2016.

## 4.2 ISA – Índice de Sombreamento Arbóreo

A partir das projeções (Figura 7 acima) percebe-se que a área de sombreamento arbóreo é expressiva em relação ao trecho em estudo. Para o trecho relativo à Rua Vicente Porfirio de Oliveira obteve-se um ISA correspondente a 34,58%, podendo ser observado pela Tabela 1, que o mesmo se encontra abaixo do índice recomendado para áreas predominantemente residenciais, cujo índice equivale a 50%, segundo Simões et al. (2001 apud Oliveira, 2011, p105). Assim como o ISA encontrado no trecho correspondente a Rua Engenheiro José Guimarães equivalendo a 26,60%, 23,40% abaixo do desejado. Tais resultados demonstram o quanto a vegetação urbana viária ainda está aquém do ideal.

A partir da altura de cada espécime nota-se uma considerável relação entre o porte arbóreo e o seu potencial de sombreamento, em que o ISA se apresenta com um valor mais elevado no trecho com espécimes cuja média de altura equivalente a 10,25m. Já no trecho em que a altura média foi equivalente a 8,5m o ISA apresenta um valor inferior.

Tabela 1: Relação ISA na área de estudo

Nº	Altura dos espécimes	DAP	Espécie	ISA da massa arbórea	Podada pela Cemig
1	11m	1,7m	Sibipiruna	34,58%	Sim
2	11m	1,3m	Sibipiruna		Sim
3	8m	2,3m*	Sibipiruna		Sim
4	11m	1,4m	Sibipiruna		Não
7	9m	1,5m	Oiti	26,60%	Não
8	6,4m	1,3m	Oiti		Não
9	11m	1,9m	Oiti		Não
10	8m	1,3m	Oiti		Sim
11	9,6m	1,15m	Oiti		Sim
12	7m	2,1m*	Oiti		Sim

\*troncos bifurcados

Fonte: Elaborado pelas autoras. 2016.

## 4.3 IAF - Índice de Área Foliar

Pelo processamento de imagens através do software Gap Light Analyzer 2.0 foi possível determinar o IAF referente aos espécimes 4 e 8, citados acima, e o IAF referente à massa arbórea dos espécimes 1, 2 e 3 e dos espécimes 7 e 9.

Pelas fotos hemisféricas nota-se que a copa arbórea ocupa grande parte da fotografia. Na Figura 14 a árvore em estudo é a árvore 8 da espécie Oiti que apresenta copa densa com poda discreta, o que garante o maior IAF avaliado entre os espécimes estudados, 3,34. Já a massa arbórea composta pelos indivíduos 7 e 9, sendo o primeiro com presença de poda, obteve-se um IAF aproximadamente 10% inferior ao da árvore 8 de mesma espécie. Já na massa arbórea composta por exemplares da espécie Sibipiruna, Figura 15, o IAF avaliado equivale a 3,05, como visto na Tabela 2. Apesar de todos os espécimes desta massa apresentarem poda drástica, o índice aqui analisado está a aproximadamente 17% acima do índice referente a um único espécime da mesma



área em estudo, no caso a árvore 4. O que indica que mesmo podadas quando agrupados os espécimes arbóreos podem oferecer significativa área foliar.

Tabela 2: Relação IAF e área de estudo

Árvore	Espécie	IAF [m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> ]
1	Sibipiruna	3,05
2	Sibipiruna	
3	Sibipiruna	
4	Sibipiruna	2,54
7	Oiti	3,03
9	Oiti	
8	Oiti	3,34

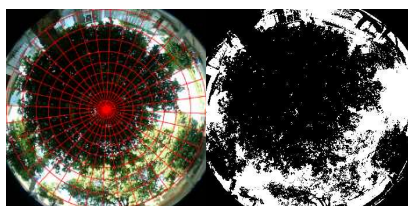


Figura 14: Análise do IAF da árvore 8 na Rua Engenheiro José Guimarães

Fonte: Acervo das autoras

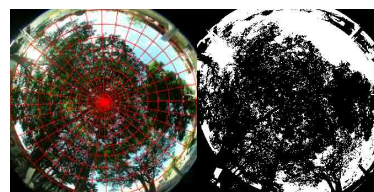


Figura 15: análise do IAF da massa arbórea na Rua Vicente Porfírio de Oliveira

Fonte: Acervo das autoras

Elementos como galhos, troncos e edificações não são diferenciados pelo GLA e são também considerados no valor encontrado de IAF. Os resultados apontam para uma relação entre a altura das árvores e o índice de área foliar, assim como a presença ou não de poda em seu resultado final. Árvores de porte igual a 11m apresentaram IAF inferior a de árvores de menor porte.

#### 4.4 ISA – Índice PET

Hirashima (2010) calibra o índice PET considerando a faixa de temperatura entre 20 a 41°C para espaços abertos na capital mineira (Tabela 3).

Tabela 3: Comparação entre Índice PET calibrado para a cidade de Belo Horizonte e o encontrado para Pará de Minas

Intervalos do índice térmico PET para diferentes graus de percepção térmica encontrados para Belo Horizonte e Pará de Minas			
PET (°C) calibrado para Belo Horizonte por HIRASHIMA, 2010	Percepção térmica	PET (°C) encontrado para o dia 12/05/2016	Áreas e horários
-	-	13.8	Presença arbórea (06:00 às 06:40)
		14.0	Ausência arbórea (06:00 às 06:40)
Até 30,5	Confortável	-	-
30,5 -35	Calor		
Acima de 35	Muito Calor	37.8	Presença arbórea (14:00 às 14:40)
		38.2	Ausência arbórea (14:00 às 14:40)

Pela análise dos dados medidos em 12/05/2016, no período de 14:00-14:40 h tem-se que tanto nos pontos com presença quanto nos pontos com ausência arbórea o índice PET encontrado através do software RayMan são elevados além de estarem dentro da faixa designada como “Muito Calor” por Hirashima (2010). Considerando o índice PET como o conjunto de variáveis presentes no ambiente em estudo e que contribuem diretamente para o conforto térmico do usuário, como temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e radiação global, afere-se que apesar da diferença do índice entre os pontos com presença ou não de árvores as condições do ambiente como um todo não proporcionam o devido conforto para os usuários, análise esta que depende de outros fatores além da arborização.

## 5. CONCLUSÕES

Através deste estudo pode-se observar a influência positiva da arborização urbana viária no conforto térmico urbano. Nas áreas em que ocorre a presença de árvores de grande porte as temperaturas do ar, assim como a umidade relativa do ar são maiores, favorecendo o conforto térmico. O agrupamento de espécimes intensifica o potencial termo regulador arbóreo. A poda assim como o corte dos exemplares demonstrou interferência no índice de sombreamento, uma vez que nas áreas em que ocorreram menos podas o índice é superior a áreas em que ocorreram mais podas. Porém a umidade absoluta encontrada para área com presença e ausência arbórea não apresentou grandes diferenças, o que pode apontar para uma situação em que o espécime através de um mecanismo de defesa, que em um momento de estresse térmico e em um ambiente urbano com escassez de outros indivíduos, tenta preservar seu equilíbrio contribuindo com uma pequena parcela para a umidade local. Como prosseguimento deste trabalho, novos dados referentes à temperatura do ar, umidade relativa, umidade absoluta e velocidade do ar serão aferidos, tanto na área em estudo como em outras adicionais, a fim de proporcionar melhores comparações e análises futuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L. V. de., LABAKI, C. **Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto**. 2010. Scielo. Ambiente construído, vol.10, n.4, pp.103-117. ISSN 1678-8621. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000400008>>.
- ADAM, R. S.. **Princípios do ecoedifício: interação entre ecologia, consciência e edifício**. São Paulo: Aquariana, 2001.
- COSTA, Ennio C. **Arquitetura Ecológica**. São Paulo, Ed. E. Blücher, 1982
- DOBBERT, L. Y. et al. **Avaliação da interferência da cobertura arbórea no desempenho térmico por meio de simulação computacional**. Anais ENCAC 2015
- E. S. ASSIS, A. M. FIGUEIREDO, M. GARCIA, A. V. S. MASCARELLO **Análise da Percepção de variáveis climáticas urbanas por residentes da cidade de Belo Horizonte**, Brasil. In: Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 7, Maceió, 2016. Anais. Universidade Federal de Alagoas, 2016, s.d.
- GALVANI, Emerson; LIMA, Nádia Gilma Beserra de. **Fotografias Hemisféricas em Estudos Microclimáticos: Referencial teórico-conceitual e aplicações**. Ciência e Natura, [s.l.], v. 36, n. 3, p.215-221, 31 out. 2014. Universidad Federal de Santa Maria. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/viewFile/13216/pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. de C. T. **Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP)**. 2003. Artigo. Caminhos de Geografia – Revista On Line. Disponível em: [www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15319/8618](http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15319/8618). Acessado em: 13 jun. 2016.
- HIRASHIMA, Simone Queiroz da Silveira. **Calibração do Índice de Conforto Térmico Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte**. 2010. 227 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população dos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2014**. c2016a. Nota técnica. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf>>. Acesso em 07 jul. 2016.
- OLIVEIRA, Ângela Santana de. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas**. 2011. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.
- SHINZATO, Paula. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos em função das interações solo-vegetação-atmosfera**. 2014. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- SHINZATO, P.; YOSHIDA, Daniel F. O.; DUARTE, Denise H. S. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos: estimativa do índice de área foliar - IAF pelo método de fotos hemisféricas**. Anais ENCAC 2015.
- SILVA FILHO, D. F. da, et al. **Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução**. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br>. Acesso em 15/10/2015.
- WONG, E. et al. **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics**. 2008 EPA - United States Environmental Protection Agency. Disponível em: <<http://www.epa.gov/heatisland/resources/pdf/BasicsCompendium.pdf>>. Acesso em 24 jun. 2013.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio à mestranda e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio à graduanda através de bolsas de estudo.