

## Use of morphometry in the arborization of Paragominas city, Pará, Brazil, with *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae)

*Morfometria de Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) na arborização da cidade de Paragominas, Pará, Brasil

Victor Pereira de Oliveira<sup>1</sup>, Michael Douglas Roque Lima<sup>2</sup>, Walmer Bruno Rocha Martins<sup>3\*</sup>

**Abstract:** The study of the morphometry of individual trees, especially those planted in urban spaces has become important for the effective planning of available space use. The objective of this study was to describe the morphometric variables for individuals of the species *Handroanthus impetiginosus* Mattos (pink trumpet tree, pink ipe) used for urban tree-planting in the municipality of Paragominas, Pará State, northern Brazil. The study evaluated 15 continuously distributed individual trees per street, one street per neighborhood. For each sampled tree, the dendrometric data were collected, which were later converted to morphometric variables. Mean values for Total Height (TH), Canopy Width (CW), Diameter at Breast Height (DBH) and Canopy Diameter (CD) were 6.48, 3.98, 0.19 and 4.95, respectively. Canopy Ratio (CR), Slenderness Factor (SF) and Saliency Index (SI) values of 61.95, 35.16 and 26.44 were calculated. Mean Coverage Index (CI) was 0.78, and Canopy Form (CF) was considered to be more elongated, both vertically and horizontally and, with a mean value of 1.35, could be used as a criterion to determine the need for silvicultural intervention. Coefficient of Variation (CV) values lay between 20 and 43%, showing high variation due to the lack of experimental control and the action a wide-variety of growth-influencing variables. There was a moderate positive correlation for the SG and SI (0.522) and for CI and HR (0.631). The morphometric variables obtained from *H. impetiginosus* individuals reveal growth form data that should be considered when planning new urban areas for implantation.

**Key words:** Degree of slenderness. Saliency Index. Pink Trumpet Tree. Canopy ratio. Urban silviculture.

**Resumo:** O estudo da morfometria de árvores individuais, principalmente das inseridas em espaços urbanos, tem se tornado importante para o planejamento adequando do espaço disponível. Objetivou-se com este estudo descrever as variáveis morfométricas para indivíduos da espécie *Handroanthus impetiginosus* Mattos (ipê rosa) utilizados na arborização das ruas do município de Paragominas, Pará. O critério de seleção adotado foi de 15 indivíduos por rua avaliada, distribuídas de forma contínua, sendo uma rua por bairro. Para cada árvore amostrada, foram coletados os dados dendrométricos, que posteriormente contribuíram para obtenção das variáveis morfométricas. Os valores médios encontrados para Altura Total (AT), Comprimento de Copa (CC), Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e Diâmetro de Copa (DC) foram 6,48, 3,98, 0,19 e 4,95, respectivamente. Foi encontrado, posteriormente, a Proporção de Copa (PC), Grau de Esbeltez (GE) e Índice de Saliência (IS) de 61,95, 35,16 e 26,44, respectivamente. Para o Índice de Abrangência (IA), a média foi de 0,78, enquanto o Formal de Copa (FC) foi considerado mais alongado, tanto na vertical quanto horizontal, podendo ser utilizado como critério indicativo para determinar a necessidade de intervenções, sendo a média de 1,35. Foram verificados valores de CV% entre 20 e 43%, demonstrando alta variação devido ao não controle experimental e por ação de unidades de tratamento distintas. Houve correlação do tipo moderada positiva para o GE e IS (0,522) e para IA e FC (0,631). As variáveis morfométricas de indivíduos isolados de *Handroanthus impetiginosus* mostraram resultados satisfatórios, devendo ser consideradas no planejamento de novas áreas urbanas para implantação.

**Palavras-chave:** Grau de esbeltez. Índice de saliência. Ipê rosa. Proporção de Copa. Silvicultua urbana.

\*Corresponding author

Submitted for publication on 28/04/2018 and approved 07/09/2018

<sup>1</sup>Discente do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus Paragominas, PA, Brasil, olivervp09@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências florestais, UFRA, Belém, PA, Brasil, lima\_florestal@outlook.com

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências florestais, UFRA, CEP: 66077-830, Belém, PA, Brasil, walmerbruno@gmail.com

## INTRODUCTION

In an ecosystem the tree canopy is one of the important components of primary productivity regulation, due to its chemical constitution of its components that will later support nutrient cycling, and the active natural process of plant photosynthesis. The crown of each tree also has an important role in maintaining edaphic properties, and biologically-appropriate levels of temperature, humidity, wind dynamics and insolation. In the urban environment, the benefits of trees include aesthetics, thermal comfort, control of airborne pollution and of windspeed (BOBROWSKI, 2015). These benefits link well with policy objectives and scientific discussions focused on urban afforestation, mainly due to the inconveniences caused by inadequate maintenance (KENNEY *et al.*, 2011).

City tree-planting programs require the kind of planning that takes into account not only the landscape values of the species to be planted, but also the ecological considerations involved in species choice. Species used should, ideally, be native and adapted to the edaphic and climatic conditions of the region (KRAMER; KRUPKEK, 2012). According to Hasenauer (1997), appropriate growth rates of individual trees are only possible when they are free from the negative impacts produced by competition or by other forms of disturbance during their lives.

The family Bignoniaceae is commonly used in urban tree-planting programs, and contains some 120 genera and over 800 species. The genus *Handroanthus* is one of the commonest in the family, and includes species commonly called trumpet trees or ipes (*ipês* in Spanish and Portuguese) (SOUZA; LORENZI, 2008). The species *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, commonly called *ipê rosa* or *ipê roxo* in Portuguese and pink ipe or pink trumpet tree in English, is frequently used for urban tree-planting throughout Brazil, including roadsides, and in parks and squares. The species is deciduous, can reach 15 m in height and 30 cm in DBH. The leaves are compound, comprising of 4 to 7 coriaceous leaflettes (FLORA DO BRASIL, 2018). The species flowers between leaf-drop and flush, in-between May and August, with exact flowering times depend on the biome and ecosystem in which individuals are growing (BACKES *et al.*, 2011; ROMANI *et al.*, 2012; CARDOSO-LEITE *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2015). Oliveira *et al.* (2017) conducted a study on environmental perception of trees in a housing complex in the municipality of Paragominas, and found that the population preferred ipes for local afforestation for aesthetic reasons, especially the beauty of the flowers.

## INTRODUÇÃO

A copa das árvores é um dos fatores importantes na regulação da produtividade primária de um ecossistema devido a sua constituição química que subsidiará a ciclagem de nutrientes e o processo natural de fotossíntese das plantas. A copa, também, apresenta papel relevante na manutenção das propriedades edáficas, temperatura, umidade, dinâmica dos ventos e luminosidade. No perímetro urbano, seus benefícios estão relacionados à estética e ao conforto térmico (BOBROWSKI, 2015). Esses benefícios corroboram com os objetos de políticas públicas e discussões científicas voltadas à arborização urbana, principalmente pelos transtornos ocasionados por uma manutenção inadequada (KENNEY *et al.*, 2011).

É necessário criar nas cidades programas de estudos que visem a elaboração de um plano de arborização que leve em consideração os aspectos paisagísticos e ecológicos na escolha das espécies, priorizando a utilização de plantas nativas, isto é, já adaptadas às condições edafoclimáticas da região (KRAMER; KRUPKEK, 2012). De acordo com Hasenauer (1997), o adequado crescimento dos indivíduos arbóreos só é possibilitado quando estão livres dos efeitos negativos promovidos pela competição ou por qualquer tipo de distúrbio ao longo de suas vidas.

A família Bignoniaceae é frequentemente utilizada nos programas de arborização urbana, possuindo cerca de 120 gêneros e 80 espécies. O gênero *Handroanthus* é o mais comum dentro dessa família, engloba as espécies vulgarmente conhecidas como ipês (SOUZA; LORENZI, 2008). A espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos é conhecida comumente como ipê rosa e ipê roxo, sendo muito utilizada na arborização urbana em todo Brasil, seja em vias públicas, praças ou parques. Essa espécie apresenta característica caducifolia, com porte que pode atingir até 15 m de altura e 0,30 m de diâmetro à altura do peito (DAP). Suas folhas são compostas, possuindo, em ambas as faces, compreendendo de 4 a 7 folíolos coriáceos (FLORA DO BRASIL, 2018). Floresce entre os meses de maio a agosto, com a floração variando em função do bioma e do ecossistema em que esteja inserida e, principalmente, das condições ambientais, sendo que as árvores ficam totalmente despida de folhagem (BACKES *et al.*, 2011; ROMANI *et al.*, 2012; CARDOSO-LEITE *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2015). Oliveira *et al.* (2017) realizaram um estudo sobre a percepção ambiental em um conjunto habitacional no município de Paragominas e constataram que a população tem preferência por ipês para a arborização local pela estética e, principalmente, pela beleza das flores.

Studies of morphometric relationships and growth dynamics of arboreal species provides the basic data for estimating canopy biomass and individual silvicultural quality. Such information is often highly relevant in silvicultural interventions (ROMAN *et al.*, 2009). Variables, such as total height, canopy height and canopy diameter can be correlated with diameter at breast height (DBH) (ORELLANA; KOEHLER, 2008). Durlo and Denardi (1998) were the pioneers in the use of tree morphometric variables in Brazil, describing correlations between DBH and a variety of variables, including: crown ratio, salience index, coverage index, crown shape and degree of slenderness. Such variables currently have little applicability for urban silviculture, but may contribute to improved tree planting planning.

Knowledge of the morphometric aspects of a species can contribute to the planning of species management in urban forestry. Accordingly, the current study aimed to describe the morphometry of individuals of the species *Handroanthus impetiginosus*, used in municipal tree-planting programs streets in the city of Paragominas, Pará State, northern Brazil.

## MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in the municipality of Paragominas, southeastern Pará (02° 58' 54.48" S, 47° 20' 17.8" W), 320 km from the capital, Belém, Pará state, Brazil (Figure 1). Mean altitude was 72 m. The municipality has a hot and humid climate (Aw, according to the Köppen classification: ALVARES *et al.*, 2013), with an annual average temperature of 26.3°C, and a relative humidity of 81%. Average annual rainfall is 1,800 millimeters, with a wetter period between December and May, and a drier period between June and November. Dystrophic Yellow Latosols with strong weathering are the predominant soils in the region (PINTO *et al.*, 2009).

For this study, pink ipe trees were selected that were in-place due to urban tree-planting programs in Paragominas municipality. Sampling occurred in five neighborhoods, with one street per neighborhood being selected. The criterion for the selection of the street was the presence of 15 pink ipe trees, distributed continuously, side by side, and with no power grid cables immediately adjacent, as these could potentially have an impact on tree growth form. Data were collected from September to October 2017, with a total of 75 individual trees being evaluated.

O estudo das relações morfométricas e da dinâmica de uma espécie arbórea fornece os subsídios básicos para a estimativa de biomassa da copa e da qualidade dos indivíduos, tornando-se relevantes para as intervenções silviculturais (ROMAN *et al.*, 2009). As variáveis, como altura total, altura de copa e o diâmetro de copa, podem ser correlacionadas ao diâmetro à altura do peito (ORELLANA; KOEHLER, 2008). Durlo e Denardi (1998) foram pioneiros no uso das variáveis morfométricas no Brasil, descrevendo correlações entre diferentes variáveis em função do diâmetro à altura do peito, como: proporção de copa, índice de saliência, índice de abrangência, formal de copa e grau de esbeltez. Essas variáveis atualmente possuem pouca aplicabilidade na silvicultura urbana, mas podem contribuir para melhorar o planejamento na arborização.

O conhecimento dos aspectos morfométricos de uma espécie pode contribuir para o planejamento de manejo de espécies na silvicultura urbana. Desse modo, objetivou-se com este estudo descrever a morfometria da espécie *Handroanthus impetiginosus*, utilizada na arborização de ruas do município de Paragominas, Pará.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Paragominas, nas coordenadas geográficas 02° 58' 54,48" de latitude Sul e 47° 20' 17,8" longitude Oeste (Figura 1), a 72 m de altitude, na mesorregião sudeste do Pará, a 320 quilômetros da capital, Belém. O município possui clima do tipo quente e úmido (Aw), de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), com temperatura média anual de 26,3 °C e umidade relativa do ar média de 81%. A pluviosidade média anual é de 1.800 milímetros, com um período mais chuvoso entre os meses de dezembro e maio, e outro mais seco entre junho e novembro. Os solos predominantes na região pertencem à classe Latossolo amarelo distrófico com forte intemperismo (PINTO *et al.*, 2009).

Para este estudo foram selecionadas árvores de ipê rosa utilizadas na arborização urbana do município de Paragominas. A amostragem ocorreu em cinco bairros, sendo selecionada uma rua por bairro. O critério para a seleção da rua foi a presença de 15 árvores de ipê rosa, distribuídas continuamente, uma ao lado da outra e sem rede de distribuição de energia, para não ocorrer interferência externa ao crescimento. A coleta dos dados foi realizada no período de setembro a outubro de 2017, sendo avaliados um total de 75 indivíduos.

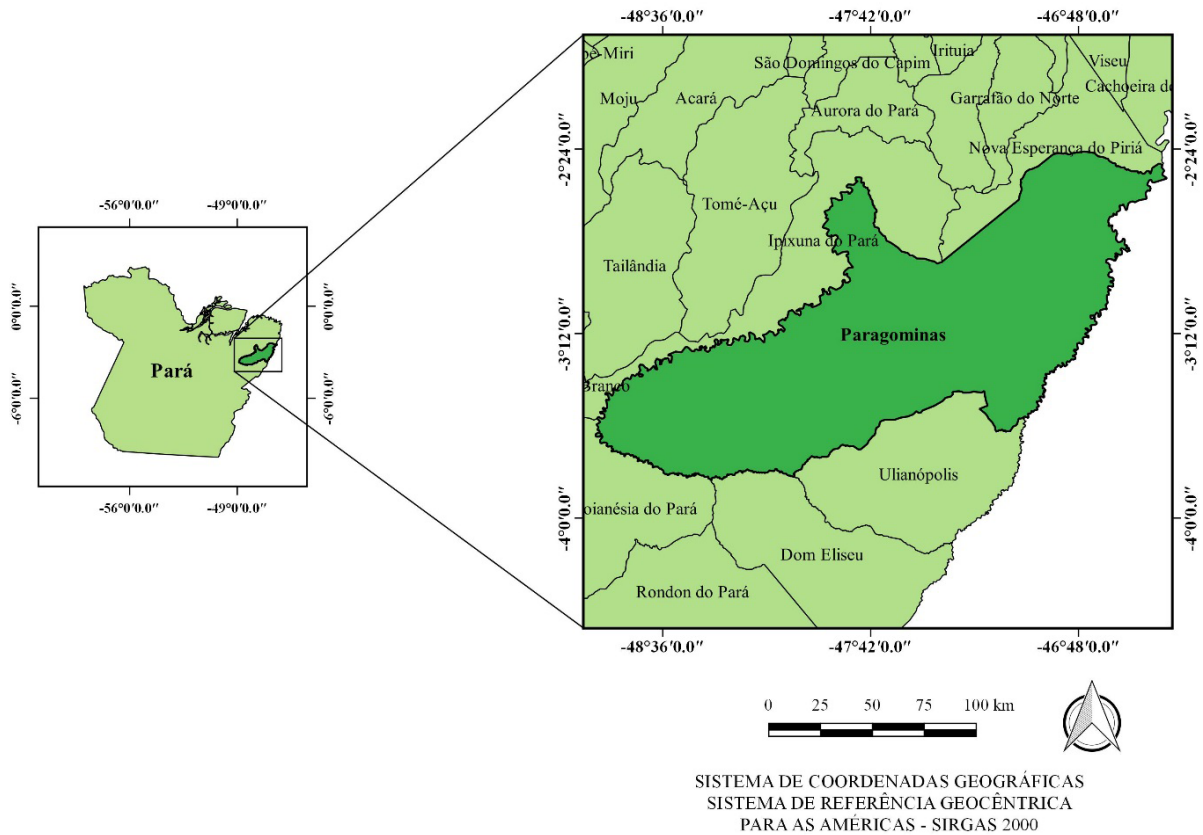


Figure 1 – Map showing the location of Paragominas Municipality within Pará.

*Figura 1 – Mapa de localização de Paragominas, PA.*

For each tree, the following variables were collected: total height (TH), obtained with Haglof clinometer, crown width (CW), diameter at breast height (DBH), obtained with a centimetric tape, with cut-off circumference  $\geq 40$  cm, for canopy diameter (CD), the methodology of Durlo and Denardi (1998) was used, which recommends crown measurement using directions based on the four cardinal compass points: North ( $R0^\circ$ ), East ( $R90^\circ$ ), South ( $R180^\circ$ ) and West ( $R270^\circ$ ), determined with the aid of a compass and measured with a tape-measure, taking care that the point of origin was the center of the trunk and that measurements were made to the furthest point of canopy projection.

Em cada árvore, foram coletadas as seguintes variáveis: altura total (HT), obtida com clinômetro Haglof, comprimento de copa (CC), a circunferência à altura do peito, obtida com auxílio de uma fita centimétrica, com circunferência de inclusão  $\geq 40$  cm e convertido em diâmetro à altura do peito (DAP), para o diâmetro de copa (DC), foi utilizada a metodologia de Durlo e Denardi (1998), a qual recomenda a mensuração dos quatro raios da copa nas direções fixas Norte ( $R0^\circ$ ), Leste ( $R90^\circ$ ), Sul ( $R180^\circ$ ) e Oeste ( $R270^\circ$ ), determinados com auxílio de uma bússola e medidos com trena, sendo levado em consideração como ponto de origem o centro do tronco e distanciando-se até o ponto extremo de projeção de copa no zênite.

Morphometric variables obtained from the dendrometric measurements were: Crown Ratio, the ratio between crown width and height, multiplied by 100 ( $CR = (CW/TH) \cdot 100$ ); Slenderness Factor, calculated from the relationship between total tree height and DBH ( $SF = TH/DBH$ ); Saliency Index, the relationship between canopy diameter and DBH ( $SI = CD/DBH$ ), reflecting the number of times the crown diameter exceeds the DBH, as well as defining the space an individual tree requires to grow without competition; Coverage Index, the ratio between canopy diameter and total tree height ( $CI = CD/TH$ ); Canopy Form (CF), the relationship between canopy diameter and height (DURLO and DENARDI, 1998). Based on the calculated ratio, CF was divided into five classes: Class 1 ( $CF < 0.25$ ), Class 2 ( $FC 0.25 \pm 0.9$ ), Class 3 ( $FC 0.9 \pm 1.1$ ), Class 4 ( $FC 1.1 \pm 4.0$ ) and Class 5 ( $CF > 4.0$ ), these classes reflecting the following physical forms: vertical columnar, vertical elliptic, rounded, horizontal elliptic and horizontal columnar, respectively (BOBROWSKI; BIONDI, 2017).

Data analysis used descriptive statistics to determine relationships between the morphometric variables, and Pearson correlation coefficient. Analyses were performed using R<sup>®</sup> statistical software version 3.4.3 (R Core Development Team, 2017).

## RESULTS AND DISCUSSION

Mean total height (TH) of pink ipe trees used in the afforestation of the evaluated streets in Paragominas was 6.48 m, with coefficient of variation (CV%) of 17.98%. Crown width (CW) ranged from 1.05 m to 6.00 m (CV%, 27.13%). DBH ranged from 0.12 to 0.30 m (CV% 24.50%), while value for mean canopy diameter (CD) was 4.95 m (CV%, 24.53%) (Table 1). The high values for the coefficients of variation can be explained by the extensive variation in environmental conditions, such as physical and chemical attributes of the soil and available water resources experienced by the analysed trees, as well as the season when planting originally occurred (LIMA NETO, 2014).

Canopy proportion (CP) ranged from 26.86 to 106.67 (mean, 61.95) (Table 2). In this respect, higher CPs for trees on a street can be an important environmental factor, improving the ambient microclimate, since the canopies form a foliar barrier that attenuates solar radiation penetration, which reduces solar-heating of soil and the sensation of heat stress (ALI-TOUDERT; MAYER, 2007; BOBROWSKI; BIONDI, 2017).

A partir das variáveis dendrométricas, foram obtidas as variáveis morfométricas, sendo: proporção de copa, a razão entre comprimento de copa e altura, multiplicado por 100 ( $PC = (CC/HT) \cdot 100$ ); grau de esbeltez, calculado pela relação entre altura total da árvore e DAP ( $GE = HT/DAP$ ); índice de saliência, relação entre diâmetro da copa e DAP ( $IS = DC/DAP$ ), indicando, assim, quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP, além de caracterizar o espaço vital para que a árvore cresça sem concorrência; razão entre diâmetro de copa e altura total da árvore, conhecida como índice de abrangência ( $IA = DC/HT$ ); formal de copa, relação entre diâmetro e altura de copa ( $FC = DC/CC$ ) (DURLO; DENARDI, 1998), em que foram utilizadas classes que representaram os principais tipos de conformação e seguiram critérios estabelecidos por classes, sendo: Classe 1 ( $FC < 0,25$ ), Classe 2 ( $FC 0,25 \pm 0,9$ ), Classe 3 ( $FC 0,9 \pm 1,1$ ), Classe 4 ( $FC 1,1 \pm 4,0$ ) e Classe 5 ( $FC > 4,0$ ), em que as cinco classes foram organizadas em colunar vertical, elíptica vertical, arredondada, elíptica horizontal e colunar horizontal, respectivamente (BOBROWSKI; BIONDI, 2017).

A análise dos dados consistiu na estatística descritiva e, com a finalidade de determinar as relações existentes entre as variáveis morfométricas, foi empregado o coeficiente de correlação de Pearson. As análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico R<sup>®</sup> versão 3.4.3 (R Core Team Development, 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média da altura total (AT) dos indivíduos arbóreos de ipê rosa empregados na arborização das ruas avaliadas em Paragominas foi de 6,48 m, com coeficiente de variação (CV%) de 17,98%. O comprimento de copa (CC) variou de 1,05 m a 6,00 m, sendo o CV% verificado para essa variável de 27,13%. O DAP variou de 0,12 m a 0,30 m e teve um coeficiente de variação de 24,50%, enquanto o diâmetro médio de copa (DC) foi de 4,95 m e 24,53% de coeficiente de variação (Tabela 1). Os altos valores de coeficiente de variação podem ser explicados pela variação nas condições ambientais, como atributos físicos e químicos do solo e recurso hídrico disponível, bem como pelas épocas de plantio nas ruas (LIMA NETO, 2014).

A proporção de copa (PC) variou de 26,86 a 106,67, sendo o valor médio de 61,95 (Tabela 2). Nesse aspecto, maiores PC para as árvores de uma rua podem ser um fator importante do ponto de vista ambiental, atuando para melhoria do microclima do ambiente, visto que a barreira foliar atenua a penetração da radiação solar, o que resulta na redução do aquecimento do solo e da sensação de estresse por calor (ALI-TOUDERT; MAYER, 2007; BOBROWSKI; BIONDI, 2017).

**Table 1** – Total Height (TH), Canopy Width (CW), Diameter at Breast Height (DBH) and Canopy Diameter (CD) of *Handroanthus impetiginosus* used in urban tree-planting in Paragominas, Pará State**Tabela 1** – Altura Total (AT), Comprimento de Copa (CC), Diâmetro a Altura do Peito (DAP) e Diâmetro de Copa (DC) de *Handroanthus impetiginosus* empregadas na arborização urbana da cidade de Paragominas, estado do Pará

Variables	Minimum	Mean	Maximum	CV (%)
TH (m)	3.30	6.48	8.75	17.98
CW (m)	1.05	3.98	6.00	27.13
DBH (m)	0.12	0.19	0.30	24.50
CD (m)	2.99	4.95	7.37	24.53

Total number of trees evaluated (N°) = 75; Coefficient of Variation (CV%).

Número total de árvores avaliadas (N°) = 75; Coeficiente de variação (CV%).

The slenderness factor (SF) ranged from 21.10 (low) to 58.20 (medium) (Table 2). This variable defines the physical stability of trees, and the higher it is the more mechanically unstable is the individual concerned (DURLO; DENARDI, 1998). Values obtained for this index did not indicate that any analysed individuals were unstable and in need of removal. The low values obtained show that trees were growing more in diameter than in height, a positive factor for their stability and resilience to wind action (DIONISIO *et al.*, 2018). Roman *et al.* (2009), studying the morphometric variables and interdimensional relationships of *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud, in the municipality of Santa Maria, Rio Grande do Sul, southern Brazil, found an average SF value of 84.30, indicating good stability for the individuals evaluated in this study.

O grau de esbeltez (GE) variou de 21,10 (baixo) a 58,20 (médio) (Tabela 2). Essa variável caracteriza a estabilidade das árvores e quanto mais alto for, mais instável é o indivíduo (DURLO; DENARDI, 1998). Os valores obtidos para esse índice não indicaram situação de instabilidade e necessidade de remoção dos indivíduos. Valores baixos evidenciam que as árvores estão crescendo mais em diâmetro do que em altura, sendo um fator positivo para sua estabilidade contra a ação do vento (DIONISIO *et al.*, 2018). Roman *et al.* (2009), estudando as variáveis morfométricas e as relações interdimensionais de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, encontraram um valor médio de 84,30 para a variável supracitada, indicando uma boa estabilidade dos indivíduos avaliados nesse estudo.

**Table 2** – Canopy Proportion (PC), Slenderness Factor (SF), Saliency Index (SI), Coverage Index (CI) and Canopy Form (CF) of *Handroanthus impetiginosus* trees used in urban tree-planting, Paragominas, Pará State**Tabela 2** – Proporção de Copa (PC), Grau de Esbeltez (GE), Índice de Saliência (IS), Índice de Abrangência (IA) e Formas de Copa (FC) de árvores de *Handroanthus impetiginosus* utilizadas na arborização urbana da cidade de Paragominas, estado do Pará

Variables	Minimum	Mean	Maximum	CV (%)
CR	26.86	61.95	106.67	23.32
SF	21.10	35.16	58.20	25.88
SI	16.40	26.44	45.28	23.45
CI	0.48	0.78	1.20	22.34
CF	0.67	1.35	3.36	42.91

Total number of trees evaluated (N°) = 75; Coefficient of Variation (CV%).

Número total de árvores avaliadas (N°) = 75; Coeficiente de variação (CV%).

According to Boschetti *et al.* (2015), individuals with very tall trunks and small diameters are more unstable, mainly due to the action of the wind, which can cause irreversible damages to the structure of such trees. Bobrowski and Biondi (2017), studying the morphometry of tree species planted on Curitiba, Paraná State sidewalks, evaluated two ipe species, *Handroanthus albus* and *Handroanthus chrysothichus*, and found average slenderness factor values of 30.92 and 53.59, respectively, corroborating the results found in this research.

SI values ranged from 16.40 to 45.28, with a mean of 26.44 (Table 2), indicating that, for the analysed *H. impetiginosus* individuals, mean crown diameter was 26 times greater than DBH. In this context, these values relate to pink ipe canopy structure and size, as the species has a canopy that projects little in relation to its DBH, and is relatively dense, while occupying relatively little space on the sidewalk.

In addition, Dionisio *et al.* (2017) pointed out that this index can be used as an indicator of the extent of thinning, and the need (or not) to increase the space available to a target individual so that it can grow without competition.

According to Bobrowski and Biondi (2017), trees with  $CI > 1.5$  have canopy projection that exceeds total height, leading to canopy imbalance and impairment of load distribution, and hence individual stability. In the current study, the average HT value was 0.78 (Table 2), with coefficient of variation of 22.34%. Such values demonstrate that the studied trees are well-proportioned and stable.

Variation in CF values from 0.67 to 3.36 was observed, with an average of 1.35, and a coefficient of variation of 42.91% (Table 2). CF values for *H. impetiginosus* varied from vertical elliptical (class 2) to horizontal elliptical (class 4), with the latter being commonest for the species. Bobrowski and Biondi (2017) reported CF values ranging from 1 to 3.03 for *Handroanthus albus*, which has a canopy shape that ranges from rounded to horizontal elliptical, and from 0.85 to 4.05 for *Handroanthus chrysothichus*, where the canopy ranges from vertical elliptical to horizontal columnar. Using crown morphometry to evaluate the living space of four native Amazonian tree species, Tonini and Arco-Verde (2005) reported CF values of 0.73 for *Handroanthus heptaphyllus*, which is within the range found in the current study of an urban congeneric population.

De acordo com Boschetti *et al.* (2015), indivíduos com fuste muito alto e diâmetro pequeno apresentam maior instabilidade, principalmente pela ação do vento, que causa danos irreversíveis na estrutura da árvore. Bobrowski e Biondi (2017), estudando a morfometria de espécies florestais plantadas nas calçadas de Curitiba, avaliaram duas espécies de ipê, *Handroanthus albus* e *Handroanthus chrysothichus*, e encontraram valores médios de grau de esbeltez de 30,92 e 53,59, respectivamente, corroborando os resultados encontrados nessa pesquisa.

O IS variou de 16,40 a 45,28, com média de 26,44 (Tabela 2), indicando que para o *Handroanthus impetiginosus* o diâmetro de copa é 26 vezes maior que o DAP. Nesse sentido, esses valores podem ser relacionados à estrutura de copa do ipê rosa, associado ao porte, com pequena projeção de copa, pouco densa e que ocupa relativamente pouco espaço no calçamento, assim, a espécie pode projetar a sua copa muito mais vezes em relação ao seu DAP. Nesse aspecto, Dionisio *et al.* (2017) destacaram que esse índice pode ser utilizado como indicador de desbastes, aumentando o espaço disponível para o indivíduo de modo que esse cresça sem concorrência.

Nesse trabalho, foi observado que o IA apresentou valor médio de 0,78 (Tabela 2), com coeficiente de variação de 22,34%. De acordo com Bobrowski e Biondi (2017), árvores com  $IA > 1,5$  apresentam projeção da copa muito maior que a altura total, ocasionando desequilíbrio na copa e comprometimento da estabilidade e distribuição de carga do indivíduo. Esses resultados demonstram que as árvores se encontram bem conduzidas e estáveis.

Para o FC, observou-se variação de 0,67 a 3,36, com média de 1,35 e coeficiente de variação de 42,91% (Tabela 2). O FC para *Handroanthus impetiginosus* variou da conformação elíptica vertical (classe 2) e elíptica horizontal (classe 4), sendo a última predominante para a espécie. Bobrowski e Biondi (2017) verificaram em sua pesquisa valores de FC oscilando de 1 a 3,03 para a espécie *Handroanthus albus*, o que configura um formato de copa variando de arredondada a elíptica horizontal, e de 0,85 a 4,05 para *Handroanthus chrysothichus*, demonstrando uma conformação de copa variando de elíptica vertical a colunar horizontal. Tonini e Arco-Verde (2005), estudando a morfometria da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia, reportaram FC de 0,73 para a espécie *Handroanthus heptaphyllus*, o que está dentro do intervalo encontrado nessa pesquisa.

While lateral development of the canopy may be a characteristic of the species itself, the growth-form may also be related to adopted management practices, such as pruning without due technical follow-up. However, to guarantee and promote human thermal comfort, key tree growth-form characteristics should be considered. These include: canopy architecture, regularity of planting composition, spacing between individuals, tree age, total height, crown density and diameter, foliage type, and if they are deciduous or perennial (the latter feature especially important for seasonal maintenance) (MARTINI *et al.*, 2013).

Analise via Pearson Correlation Coefficients (Table 3) showed significant negative correlations between CR and CF (-0.714) and SF and CI (-0.543), and positive correlations between SF and SI (0.522), CI and CF (0.631) and SI and CI (0.401).

A possibilidade que a espécie tem para desenvolver a copa lateralmente, em relação à altura total ou altura de copa, além de ser uma característica da própria espécie, também pode estar relacionado às práticas de manejo adotadas, como podas sem o devido acompanhamento técnico. Contudo, para a garantia e promoção do conforto térmico, algumas características devem ser consideradas, como a arquitetura da copa, a regularidade da composição do plantio, espaçamento entre indivíduos, idade das árvores, altura total, densidade e diâmetro de copa e o tipo de folhagem das plantas, levando em consideração sua manutenção durante as estações (decídua ou perene) (MARTINI *et al.*, 2013).

A análise do coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 3) revelou que houve correlações significativas do tipo negativa entre PC e FC (-0,714) e GE e IA (-0,543), e positivas entre GE e IS (0,522), IA e FC (0,631) e IS e IA (0,401).

**Table 3** – Pearson correlation coefficients between the morphometric variables for *Handroanthus impetiginosus* in Paragominas, Pará

**Tabela 3** – Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis morfométricas para *Handroanthus impetiginosus* em Paragominas, Pará

Variables	CR	SF	SI	CI	CF
CR	1				
SF	-0.011 <sup>ns</sup>	1			
SI	-0.059 <sup>ns</sup>	0.522 <sup>***</sup>	1		
CI	-0.044 <sup>ns</sup>	-0.543 <sup>***</sup>	0.401 <sup>**</sup>	1	
CF	-0.717 <sup>***</sup>	-0.375 <sup>*</sup>	0.195 <sup>ns</sup>	0.631 <sup>***</sup>	1

Where: CP (Canopy Proportions); SF (Slenderness Factor); SI (Saliency Index); CI (Coverage Index) and CF (Canopy Form). \*Significant ( $p \leq 0.05$ ); \*\* Very significant ( $p \leq 0.01$ ); \*\*\* Highly significant ( $p \leq 0.001$ ) and <sup>ns</sup> Not significant ( $p > 0.05$ ).

Em que: PC (Proporção de Copa); GE (Grau de Esbeltez); IS (Índice de Saliência); IA (Índice de Abrangência) e FC (Formal de Copa). \*Significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\* Muito significativo ( $p \leq 0,01$ ); \*\*\* Extremamente significativo ( $p \leq 0,001$ ) e <sup>ns</sup> Não significativo ( $p > 0,05$ ).

Based on the Pearson's correlation coefficients, a strong negative relationship was observed between CD and the CF index, that is, an inversely proportional relationship between the variables. CR is related to the proportion, as a percentage, of the tree that is comprised by the canopy, whereas CF indicates how flattened the tree canopy is (SILVA *et al.*, 2017). In theory, the higher the proportion represented by the canopy, the lower the degree of flattening, indicating a more slender tree with a greater proportion of crown, and greater vitality, and productivity.

Com base no coeficiente de correlação de Pearson, foi verificada para os índices PC e FC uma forte relação negativa, ou seja, uma relação inversamente proporcional entre as variáveis. A PC está relacionada à fração, em porcentagem, que a copa abrange da árvore, já o FC indica o grau de achatamento da copa da árvore (SILVA *et al.*, 2017). Em tese, quanto maior a proporção de copa, menor o grau de achatamento, indicando árvore com maior proporção de copa, vitalidade, produtividade e mais esbeltas.



The positive relation between SF and SI reveals a proportionality in the behavior of the two indices. The smaller the SF and SI, the thinner the trees and the larger the canopy surface areas and, consequently, the more efficient the use of space (STERBA, 1992). Tree species increase their canopy diameter as their trunk diameter (DBH) and total height (TH) increase, and increment in the present study is explained by low planting density and, hence, greater availability of solar radiation and other resources (NUTTO, 2001). With regard to DBH, an important variable with a strong influence on the SF and SI indices, Selle and Vuaden (2010) note that, generally, the degree of slenderness decreases as DBH increases, which allows an increase in the living space for each tree.

There was a positive correlation between CI and CF, indicating that both indices increased proportionally. The indices IA and FC were both influenced by HT and CD growth dynamics. Similarly, Mattos (2007) found higher values for CI and CF in plants of *Cordia trichotoma* reflected in greater increase in basal area.

## CONCLUSIONS

The morphometric variables obtained from individual *Handroanthus impetiginosus* showed useful results and should be considered in the planning of new urban areas for tree-planting, especially when determining the spacing that can be considered appropriate for individuals of each tree species;

The canopy of *Handroanthus impetiginosus* (pink ipê) was both vertically and horizontally elongated. Consequently, departures from these configuration could be used as criterion to indicate the need for urban silvicultural interventions;

Pearson correlation coefficient analysis indicated that the morphometric variables measured in individuals of *H. impetiginosus* used in urban tree-planting are related, in this way, they can be of assistance in future studies using mathematical models.

A relação positiva entre GE e IS revela um comportamento proporcional entre os dois índices. Quanto menor o GE e IS, mais esbeltas serão as árvores e maiores serão suas áreas de superfície de copa, portanto, mais eficiente na utilização do espaço (STERBA, 1992). Os indivíduos arbóreos aumentam sua copa (DC) conforme crescem em diâmetro (DAP) e em altura (HT), sendo esse crescimento na presente pesquisa justificado pelo menor adensamento do plantio e maior disponibilidade de radiação solar e outros recursos (NUTTO, 2001). Com relação ao DAP, importante variável que influencia bastante os índices GE e IS, Selle e Vuaden (2010) afirmam que, geralmente, o grau de esbeltez diminui quando se aumenta o DAP, que é possibilitado ao aumentar o espaço vital das árvores.

Houve correlação do tipo positiva entre IA e FC, evidenciando que ambos os índices aumentam proporcionalmente. O mesmo comportamento se repete caso um desses índices decresça. Os índices IA e FC são influenciados pela dinâmica de crescimento da HT e DC. Mattos (2007) verificaram que maiores valores para IA e FC em plantas de *Cordia trichotoma* refletiram em maior incremento em área basal.

## CONCLUSÕES

As variáveis morfométricas de indivíduos isolados de *Handroanthus impetiginosus* mostraram resultados satisfatórios, devendo ser consideradas no planejamento de novas áreas urbanas para implantação, principalmente para correta dimensão do espaço considerado adequado para o desenvolvimento da espécie;

O formato de copa mostrou copas de *Handroanthus impetiginosus* (ipê rosa) mais alongadas, tanto na vertical quanto horizontal, podendo, nessa configuração, ser utilizado como critério indicativo para determinar a necessidade de intervenções de silvicultura urbana;

O coeficiente de correlação de Pearson mostrou que as variáveis morfométricas mensuradas em indivíduos de *H. impetiginosus* empregados na arborização estão relacionadas, dessa forma, podem servir de auxílio em futuros trabalhos com modelagens matemáticas.

## CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ALI-TOUDERT, F.; MAYER, H. Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. **Solar Energy**, v. 81, n. 6, p. 742-754, 2007.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.; Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BACKES, F. A. A. L.; GIRARDI, L. B.; NEUHAUS, M., BELLÉ, R. A.; SCHWAB, N. T.; PEITER, M. Caracterização das espécies utilizadas na arborização urbana em Silveira Martins, RS. **Ornamental Horticulture**, v. 17, n. 2, p. 167-174, 2011.
- BOBROWSKI, R. A floresta urbana e a arborização de ruas. In: BIONDI, D. **Floresta urbana**. Curitiba: O Autor, p-81-107, 2015.
- BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Morfometria de espécies florestais plantadas nas calçadas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 12, n. 1, p. 01-16, 2017.
- BOSCHETTI, W. T. N.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; LEITE, F. P. Parâmetros dendrométricos e excentricidade da medula em árvores inclinadas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p. 781-789, 2015.
- CARDOSO-LEITE, E.; FARIA, L. C.; CAPELO, F. F. M.; TONELLO, K. C.; CASTELLO, A. C. D. Composição florística da arborização urbana de Sorocaba/SP, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 1, p. 133-150, 2014.
- DIONISIO, L. F. S.; ARAÚJO, H. X.; CORREIA, R. G.; MARTINS, W. B. R.; COSTA, J. S.; MACIEL, F. C. S. Influência do primeiro desbaste na morfometria de *Tectona grandis* L.f. em Roraima. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, p. 1-8, 2018.
- DIONISIO, L. F. S.; CONDÉ, T. M.; GOMES, J. P.; MARTINS, W. B. R.; SILVA, M. W.; SILVA, M. T. Caracterização morfométrica de árvores solitárias de *Bertholletia excelsa* H.B.K. no sudeste de Roraima. **Revista Agro@ambiente**, v. 11, n. 2, p. 163-173, 2017.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjarana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.
- Flora do Brasil 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB114086>>. Acesso em: 18 set. 2018.
- HASENAUER, H. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. **Forest Ecology and Management**, v. 96, n. 3, p. 197-206, 1997.
- KENNEY, W. A.; VAN WASSENAER, P. J. E.; SATEL, A. L. Criteria and indicators for strategic urban forest planning and management. **Arboriculture & Urban Forestry**, v. 17, n. 3, p. 108-117, 2011.
- KRAMER, J. A.; KRUPPEK, R. A. Caracterização florística e ecológica da arborização de praças públicas do município de Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 647-658, 2012.
- LIMA NETO, E. M. **Índices e métricas para a gestão das árvores de rua de Boa Vista – RR a partir de cadastro espacial**. 2014. 169 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; ZAMPONI, K. A periodicidade diária do índice de conforto térmico na arborização de ruas de Curitiba-PR. **Scientia Plena**, v. 9, n. 5, p. 1-9, 2013.
- MATTOS, R. B. **Produtividade e incremento de *Cabralea canjarana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., em floresta nativa no Rio Grande do Sul**. 2007. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- NUTTO, L.; TONINI, H.; BORSOI, G. A.; MOSCOVICH, F. A.; SPATHELF, P. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 42, p. 110-122, 2001.
- OLIVEIRA, V. P.; DIAS, J. G. S.; RIBEIRO, A. T.; OLIVEIRA, L. B. S.; OLIVEIRA, M. M.; PINTO, D. S. A percepção da população sobre arborização em um conjunto habitacional no município de Paragominas-PA. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 12, n. 3, p. 27-36, 2017.
- ORELLANA, E.; KOEHLER, A. B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 229-237, 2008.

- PINTO, A.; AMARAL, P.; JÚNIOR, C. S.; VERÍSSIMO, A.; SALOMÃO, R. GOMES, G.; BALIEIRO, C. **Diagnóstico Socioeconômico e Florestal do Município de Paragominas**. Relatório Técnico. Belém/PA: IMAZON. Belém 2009.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2017). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. <<http://www.R-project.org/>> (Acesso em 12 ago 2017).
- ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; ANTÃO DURLO, M. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, 2009.
- ROMANI, G. N.; SILVA, M. T.; PIVETTA, K. F. L.; BATISTA, G. S. Análise quali-quantitativa da arborização na praça XV de novembro em Ribeirão Preto - SP, Brasil. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 479-487, 2012.
- SANTOS, C. Z. A.; FERREIRA, R. A.; SANTOS, L. R.; SANTOS, L. I.; GOMES, S. H.; GRAÇA, D. A. S. Análise qualitativa da arborização urbana de 25 vias públicas da cidade de Aracaju-SE. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 751-763, 2015.
- SELLE, G. L.; VUADEN, E. Crescimento de seis espécies nativas na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Ambiência**, v. 06, n. 01, p. 169-192. 2010.
- SILVA, F. A.; FORTES, F. O.; RIVA, D.; SCHORR, L. P. B. Caracterização de índices morfométricos para *Araucaria angustifolia* plantada na região Norte do Rio Grande do Sul. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 3, p. 143-146, 2017.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 704 p.
- STERBA, H. **Forstliche Ertragslehre**. Universität für Bodenkultur: Wien, 1992. 160p.
- TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfometria da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.