UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

CARLA ROSANA AZAMBUJA HERRMANN

A QUALIDADE DO SOMBREAMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS E SUA INFLUÊNCIA NO MICROCLIMA DO ENTORNO IMEDIATO EM AMBIENTES URBANOS

GOIÂNIA
2008

CARLA ROSANA AZAMBUJA HERRMANN

A QUALIDADE DO SOMBREAMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS E SUA INFLUÊNCIA NO MICROCLIMA DO ENTORNO IMEDIATO EM AMBIENTES URBANOS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente.
Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
Orientador: Prof. Dr. Regis de Castro Ferreira

Goiânia
2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

(GPT/BC/UFG)

Herrmann, Carla Rosana Azambuja.
H568q A qualidade do sombreamento de espécies arbóreas e sua influência no microclima do entorno imediato em ambientes urbanos
[manuscrito] / Carla Rosana Azambuja Herrmann. – 2008.
xxiv, 158 f. : il., color., qds., figs., tabs., fotos.

Orientador: Prof. Dr Regis de Castro Ferreira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2008..

Bibliografia: f.156-158.
Inclui listas de figuras, tabelas, quadros e fotos.

1. Planejamento urbano - Arborização. 2. Arborização das cidades 3. Conforto térmico 4. Microclimas 5. Engenharia do meio ambiente I. Ferreira, Regis de Castro. II. Universidade Federal de Goiás, **Escola de Engenharia Civil** III. Título.

CDU: 711.4:625.77

CARLA ROSANA AZAMBUJA HERRMANN

A QUALIDADE DO SOMBREAMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS E SUA INFLUÊNCIA NO MICROCLIMA DO ENTORNO IMEDIATO EM AMBIENTES URBANOS

Dissertação defendida no curso de Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, para a obtenção do grau de Mestre, aprovada em 13 de agosto de 2008, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

_____

Dr. Regis de Castro Ferreira – UFG
Presidente da Banca

_____

Dra. Lucila Chebel Labaki – UNICAMP

_____

Dr. Jácomo Divino Borges – UFG

_____

Dr. Rogério de Araújo Almeida – UFG/PPGEMA

Aos meus pais, exemplos de perseverança, ao meu marido, companheiro das horas difíceis e à minha pequena Maria que, mesmo sem compreender, abdicou de minha presença e atenção.

AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador, Regis de Castro Ferreira por compartilhar seu conhecimento, pela confiança e dedicação ao trabalho ora apresentado.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – CEFET-GO pelo afastamento concedido para fins de aperfeiçoamento docente.

Ao Prof. Jácomo Divino Borges por compartilhar seus conhecimentos sobre as árvores estudadas.

Aos estudantes Alex e Paulo pelo auxílio na realização da coleta de dados.

Aos amigos e familiares que contribuíram com seu carinho e compreensão no decorrer do trabalho.

À Deus pela força.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi o de avaliar a qualidade e a influência do sombreamento proporcionado por quatro indivíduos arbóreos de espécies selecionadas (*Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro, *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna, *Sapindus saponaria* – saboneteira e *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão) na atenuação das variáveis ambientais Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Carga Térmica Radiante (CTR) e no incremento da Umidade Relativa do Ar (UR) nas condições climáticas do município de Goiânia-GO, Brasil, além de comparar os valores obtidos para TBS e UR com critério de conforto térmico para climas quentes indicado pela Carta Bioclimática de Olgyay (1998) adaptada por Koenigsberger. Na a condução da pesquisa foram coletados dados referentes às variáveis descritas, por meio de quatro conjuntos de termômetros posicionados: o primeiro à sombra da árvore (1 m), o segundo a 5 metros, o terceiro a 10 metros e o quarto a 15 metros do tronco (pleno sol), no período de setembro a novembro de 2007, durante três dias para cada indivíduo arbóreo, de hora em hora, das 10h às 14h. A quantificação da contribuição do sombreamento na atenuação e no incremento das variáveis ambientais foi realizada por meio do cálculo percentual da Variação Relativa dos valores encontrados à sombra, a 5 m e a 10 m em relação aos valores obtidos a 15 m (pleno sol). A análise dos resultados obtidos foi realizada mediante a verificação das seguintes hipóteses: i) a atenuação da TBS à sombra > atenuação da TBS a 5 m > atenuação da TBS a 10 m; ii) a atenuação da CTR à sombra > atenuação da CTR a 5 m > a atenuação da CTR a 10m e; iii) o incremento da UR à sombra > incremento da UR a 5 m > o incremento da UR a 10 m. Os resultados demonstraram os efeitos positivos na atenuação da TBS e da CTR e no incremento da UR. As espécies que se destacaram foram a sibipiruna e o barbatimão que apresentaram médias gerais de atenuações de TBS entre 5% e 10%, a saboneteira e a sibipiruna na variável UR proporcionando incrementos superiores a 30% e a Sibipiruna na posição sombra para a CTR com atenuações na ordem de 15%. A comparação dos resultados, obtidos em campo com o critério de conforto adotado, demonstrou a influência das espécies arbóreas estudadas na melhoria do microclima do seu entorno imediato.

Palavras-chave: Arborização Urbana, Microclimas, Planejamento Urbano, Conforto Ambiental.

ABSTRACT

This research aimed at assessing quality and influence of shadow offered by four selected individual arboreous species (*Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro, *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna, *Sapindus saponaria* – saboneteira e *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão) in attenuating environmental variables Dry Bulb Temperature (DBT) and Radiant Thermal Load (RTL) and increasing Air Relative Humidity (ARH) under weather conditions in the municipality of Goiânia-GO, Brazil, in addition to comparing DBT and ARH values with criterion of thermal comfort for hot climates indicated by Olgyay Bioclimatic Letter (1998) and adapted by Koenigsberger. In the course of this research, data concerning the aforementioned variables were collected through four temperature measuring device placed firstly under the tree shadow (1m), secondly, 5 meters far, thirdly, 10 meters far, finally, 15 meters far from the trunk (full sun), from September to November 2007, hourly from 10 o'clock in the morning to 2 o'clock in the afternoou5yn over three days for each species. Quantifying contribution of shadow in attenuating and increasing environmental variables was carried out through calculation of percentage of Relative Variation of values found in shadow, 5m far and 10m far regarding the values obtained 5m far (full sunlight). Outcomes analysis was carried out regarding the following hypotheses: i) attenuating DBT in shadow > attenuating DBT at 5m > attenuating DBT at 10m; ii) attenuating RTL in shadow > attenuating RTL at 5m > attenuating RTL at 10m and; iii) increasing ARH in shadow > increasing ARH at 5m > increasing ARH at 10m. The outcomes showed positive effects in attenuating DBT and RTL and increasing ARH. The species with better results were Sibipiruna and Barbatimão with better overall scores in attenuating DBT between 5% and 10%, Saboneteira and Sibipiruna in the ARH variable providing increasing higher than 30%, and Sibipiruna in shadow in RTL with attenuation around 15%. The field outcomes compared with comfort criteria demonstrated the influence of the arboreous species studied on microclimate improvement in its surrounding areas.

Key words: Urban Arborization, Microclimate, Urban Planning, Environmental Comfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Paisagem urbana organizada pela vegetação.....	30
Figura 3.2	A) Rua sem vegetação; sensação de aridez; os muros estreitam psicologicamente seu espaço. B) A vegetação protege o muro e amplia psicologicamente os espaços urbanos, melhorando sua ambiência.....	30
Figura 3.3	Temperaturas de diferentes superfícies urbanas.....	31
Figura 3.4	Planejamento da arborização urbana considerando a orientação solar.....	32
Figura 3.5	Média das Temperaturas do Ar registradas às 8 h, 14 h e 20 h, nas estações seca e chuvosa, em diferentes pontos da cidade de Cuiabá, MT.	34
Figura 3.6	Taxa de ocupação bruta, coeficiente de aproveitamento bruto, porcentagem de superfícies d´água e arborização da cidade de Cuiabá, MT.....	34
Figura 3.7	Distribuição percentual da radiação solar incidente na atmosfera.....	38
Figura 3.8	Redução da temperatura proporcionada pelo sombreamento.....	39
Figura 3.9	Relação entre temperatura do ar e tipologia de ocupação do espaço natural.....	40
Figura 3.10	Temperatura do ar em Goiânia, GO entre 1961 e 1990.....	43
Figura 3.11	Amplitude térmica média em Goiânia, GO entre 1961 e 1990.....	43
Figura 3.12	Umidade relativa do ar em Goiânia, GO entre 1961 e 1990.....	44
Figura 3.13	Variação da precipitação pluviométrica em Goiânia, GO entre 1961 e 1990.....	44
Figura 3.14	Nebulosidade média em Goiânia, GO entre 1961 e 1990.....	46
Figura 3.15	Comparação das temperaturas médias compensadas em três estações de Goiânia.....	46
Figura 3.16	Índice esquemático do bioclima.....	48
Figura 4.1	Árvore adulta de *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.....	55
Figura 4.2	Detalhe da copa e floração de *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro....	55
Figura 4.3	Árvore adulta de *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.....	56
Figura 4.4	Detalhe da copa e floração de *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna...	57
Figura 4.5	Árvore adulta de *Sapindus saponaria* – saboneteira.....	58

Figura 4.6 Detalhe da copa e floração de *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 58
Figura 4.7 Árvore adulta de *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão. 59
Figura 4.8 Detalhe da copa e floração de *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 60
Figura 4.9 Localização dos indivíduos arbóreos analisados no município de Goiânia-GO..... 61
Figura 4.10 Representação esquemática da disposição dos equipamentos em relação aos indivíduos arbóreos analisados (distâncias em metros)..... 65
Figura 4.11 Carta Bioclimática de Olgyay adaptada por Koeningsberger para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 "clo". 72
Figura 5.1 Localização do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro na área urbana de Goiânia-GO..... 75
Figura 5.2 Representação esquemática do entorno do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 76
Figura 5.3 Temperaturas máxima, média e mínima para os dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007..... 79
Figura 5.4 Umidade Relativa do Ar para os dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007.... 80
Figura 5.5 Médias das Temperaturas de Bulbo Seco medidas considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 81
Figura 5.6 Médias das Umidades Relativas do Ar considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 82
Figura 5.7 Médias das Cargas Térmicas Radiantes (CTR) considerando os raios de influência determinados a partir do tronco a sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 83
Figura 5.8 Valor médio das Variações Relativas à atenuação da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à sombra, à 5 m e à 10 m com a TBS ao sol (15 m do tronco) do

indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro 86

Figura 5.9 Valor médio das Variações Relativas ao incremento da Umidade Relativa do Ar (UR) a partir da comparação das Umidades Relativas do Ar à sombra, à 5 m e à 10 m com a UR ao sol (15 m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 86

Figura 5.10 Valor médio das Variações Relativas à atenuação da Carga Térmica Radiante (CTR). A partir da comparação das Cargas Térmicas Radiantes à sombra, à 5 m e à 10 m com a CTR ao sol (15 m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 87

Figura 5.11 Localização do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* - sibipiruna na malha urbana de Goiânia-GO..... 89

Figura 5.12 Representação esquemática do entorno do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna analisado..... 89

Figura 5.13 Temperaturas máxima, média e mínima para os dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007..... 92

Figura 5.14 Umidade Relativa do Ar para os dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007..... 92

Figura 5.15 Médias das Temperaturas de Bulbo Seco medidas considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna 93

Figura 5.16 Médias das Umidades Relativas do Ar medidas considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna 94

Figura 5.17 Médias das Cargas Térmicas Radiantes (CTR) considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna 95

Figura 5.18 Variações Relativas (VR) da atenuação da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à

sombra, a 5 m e a 10 m com a TBS ao sol (15 m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna. 97

Figura 5.19 Variações Relativas (VR) do incremento da Umidade Relativa do Ar (UR) a partir da comparação das Umidades Relativas do Ar à sombra, à 5m e à 10m com a UR ao sol (15m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna..... 99

Figura 5.20 Variações Relativas (VR) da atenuação da Carga Térmica Radiante (CTR) a partir da comparação das Cargas Térmicas Radiantes à sombra, a 5 m e a 10 m com a UR ao sol (15m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna..... 100

Figura 5.21 Localização do indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira, na malha urbana de Goiânia-GO..... 101

Figura 5.22 Representação esquemática do entorno do indivíduo arbóreo, da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira, analisado..... 107

Figura 5.23 Temperaturas máxima, média e mínima para os dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007..... 105

Figura 5.24 Umidade Relativa do Ar para os dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007..... 105

Figura 5.25 Médias das Temperaturas de Bulbo Seco medidas considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 106

Figura 5.26 Médias das Umidades Relativas do Ar considerando os raios de influência determinados a partir do tronco a 1m (sombra), 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 108

Figura 5.27 Médias das Cargas Térmicas Radiantes (CTR) considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 108

Figura 5.28 Variações Relativas (VR) da atenuação da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à sombra, à 5 m e à 10 m com a TBS ao sol (15m do tronco) indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 111

Figura 5.29 Variações Relativas (VR) do incremento da Umidade Relativa do Ar (UR) a partir da comparação das Umidades Relativas do Ar à sombra, a 5 m e a 10 m com a UR ao sol (15 m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 112

Figura 5.30 Variações Relativas (VR) da atenuação da Carga Térmica Radiante (CTR) a partir da comparação das Cargas Térmicas Radiantes à sombra, à 5m e à 10m com a UR ao sol (15m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 113

Figura 5.31 Localização do indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão na malha urbana de Goiânia-GO..... 114

Figura 5.32 Representação esquemática do entorno do indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão analisado..... 115

Figura 5.33 Temperaturas máxima, média e mínima para os dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007..... 117

Figura 5.34 Umidade Relativa do Ar para os dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007.. 118

Figura 5.35 Médias das Temperaturas de Bulbo Seco medidas considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 119

Figura 5.36 Médias das Umidades Relativas do Ar considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 120

Figura 5.37 Médias aritiméticas das Cargas Térmicas Radiantes (CTR) considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 120

Figura 5.38 Valor médio das Variações Relativas à atenuação da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à sombra, à 5m e à 10m com a TBS ao sol (15m do tronco) indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 123

Figura 5.39 Valor médio das Variações Relativas ao incremento da Umidade Relativa do Ar (UR) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à sombra, a 5 m e a 10 m com a TBS ao sol (15 m do tronco) indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 124

Figura 5.40 Valor médio das Variações Relativas à atenuação da Carga Térmica Radiante (CTR) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à sombra, à 5 m e à 10 m com a TBS ao sol (15 m do tronco) indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 125

Figura 5.41 Variações Relativas da TBS considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 10h..... 126

Figura 5.42 Variações Relativas da TBS considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 11h..... 127

Figura 5.43 Variações Relativas da TBS considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 12h..... 128

Figura 5.44 Variações Relativas da TBS considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 13h..... 129

Figura 5.45 Variações Relativas da TBS considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 14h..... 129

Figura 5.46 Variações Relativas da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição sombra..... 130

Figura 5.47 Variações Relativas da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 5 m..... 130

Figura 5.48 Variações Relativas da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários

determinados, na posição 10 m..... 131
Figura 5.49 Variações Relativas de UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 10h..... 132
Figura 5.50 Variações Relativas de UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco : sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 11h..... 133
Figura 5.51 Variações Relativas de UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: à sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 12h..... 134
Figura 5.52 Variações Relativas de UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 13h..... 134
Figura 5.53 Variações Relativas de UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 14h..... 135
Figura 5.54 Variações Relativas da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição sombra..... 136
Figura 5.55 Variações Relativas da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 5 m..... 136
Figura 5.56 Variações Relativas da Umidade Relativa do Ar (UR) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 10 m..... 137
Figura 5.57 Variações Relativas da CTR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 10h..... 138
Figura 5.58 Variações Relativas da CTR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 11h..... 139
Figura 5.59 Variações Relativas da CTR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos

arbóreos das espécies estudadas, às 12h..... 139
Figura 5.60 Variações Relativas da UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 13h..... 140
Figura 5.61 Variações Relativas da UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 14h..... 141
Figura 5.62 Variações Relativas da Carga Térmica Radiante (CTR) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição sombra..... 141
Figura 5.63 Variações Relativas da Umidade Relativa do Ar (UR) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 5 m..... 142
Figura 5.64 Variações Relativas da Umidade Relativa do Ar (UR) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 10 m..... 142
Figura 5.65 Carta Bioclimática de Olgyay adaptada por Koeningsberger para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 “clo” (0,155 m^2 $°C^{-1}$ W^{-1}), com a plotagem dos valores para o indivíduo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 144
Figura 5.66 Carta Bioclimática de Olgyay adaptada por Koeningsberger para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 “clo” (0,155 m^2 $°C^{-1}$ W^{-1}), com a plotagem dos valores para o indivíduo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna..... 147
Figura 5.67 Carta Bioclimática de Olgyay adaptada por Koeningsberger para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 “clo” (0,155 m^2 $°C^{-1}$ W^{-1}), com a plotagem dos valores para o indivíduo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 149
Figura 5.68 Carta Bioclimática de Olgyay adaptada por Koeningsberger para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 “clo” (0,155 m^2 $°C^{-1}$ W^{-1}), com a plotagem dos valores para o indivíduo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 151

LISTA DE FOTOS

Foto 4.1	Psicrômetro de ventilação natural.....	62
Foto 4.2	À esquerda termômetro de bulbo seco inserido no globo negro. À direita detalhe do termômetro de bulbo seco.....	62
Foto 4.3	Conjunto de termômetros composto do psicrômetro de ventilação natural e do termômetro de bulbo seco inserido no de globo. Detalhe da altura do equipamento a 1,30 m.....	63
Foto 4.4	Anemômetro digital portátil.....	64
Foto 5.1	Indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro analisada e seu entorno imediato.....	77
Foto 5.2	Vista da localização do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro analisada.....	77
Foto 5.3	Posicionamento dos equipamentos de medição em relação ao indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro analisada.....	78
Foto 5.4	Indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna analisada e seu entorno imediato.....	90
Foto 5.5	Indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna analisada e seu entorno imediato, com destaque para a configuração da ocupação por edifícios ao fundo.....	90
Foto 5.6	Condições de entorno da árvore da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.....	103
Foto 5.7	*Sapindus saponaria* – saboneteira analisada. Posicionamento dos equipamentos 1, 2 e 3.....	103
Foto 5.8	Detalhe do Equipamento 4 em primeiro plano, posicionado fora do canteiro central. Ao fundo posicionamento dos equipamentos 1, 2 e 3 em relação ao indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira analisado e ao equipamento 4.....	104
Foto 5.9	Indivíduo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão analisado.....	115
Foto 5.10	Detalhe do posicionamento dos equipamentos em relação ao barbatimão analisado.....	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 Condição horária do tempo nos dias analisados para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 79

Quadro 5.2 Condição horária do tempo dos dias analisados para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna..... 91

Quadro 5.3 Condição Horária do tempo nos dias analisados para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 105

Quadro 5.4 Condição Horária do tempo nos dias analisados para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 117

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Normais Climatológicas (1961-1990) do município de Goiânia..... 42

Tabela 3.2 Indicadores médios da disponibilidade energética na atmosfera regional..... 45

Tabela 4.1 Espécies vegetais arbóreas encontradas na arborização de vias urbanas de Goiânia, GO pelo levantamento realizado Convênio firmado entre SEMMA, COMURG, CELG, SANEAGO, UFG, UCG e Ministério Público. 1997..... 51

Tabela 4.2 Proporção entre espécies nativas (do Cerrado e do Brasil) e exóticas presentes na arborização das vias urbanas de Goiânia, GO..... 52

Tabela 5.1 Valores Médios de Temperatura de Bulbo Seco obtidos nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 80

Tabela 5.2 Valores Médios de Umidade Relativa do Ar obtidos nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 82

Tabela 5.3 Valores Médios de Velocidade dos Ventos (m s^{-1}) Temperatura de Globo Negro (°C), Temperatura Radiante Média (°C) e Carga Térmica Radiante (W m^{-2}) nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro ... 84

Tabela 5.4 Médias das Variações Relativas (VR) de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidas nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 85

Tabela 5.5 Médias das Variações Relativas (VR) de Umidade Relativa do Ar (UR) obtidas nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 86

Tabela 5.6 Médias das Variações Relativas (VR) de Carga Térmica Radiante (CTR) obtidas nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro 87

Tabela 5.7 Valores Médios de Temperatura de Bulbo Seco obtidos nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna..... 93

Tabela 5.8 Valores Médios de Umidade Relativa do Ar obtidos nos dias 03, 04 e 05 de outubro para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna..... 94

Tabela 5.9 Valores Médios de Temperatura de Globo (°C), Temperatura Radiante Média (°C) e Carga Térmica Radiante (W m^{-2}) obtidos nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna..... 96

Tabela 5.10 Médias das Variações Relativas (VR) de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidas nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna..... 97

Tabela 5.11 Médias das Variações Relativas (VR) de Umidade Relativa do Ar (UR) obtidas nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna..... 98

Tabela 5.12 Médias das Variações Relativas (VR) de Carga Térmica Radiante (CTR) obtidas nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna..... 99

Tabela 5.13 Valores Médios de Temperatura de Bulbo Seco obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 106

Tabela 5.14 Valores Médios de Umidade Relativa do Ar obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 107

Tabela 5.15 Valores Médios de Temperatura de Globo Negro (°C), Temperatura Radiante Média (°C) e Carga Térmica Radiante (W m^{-2}) obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 109

Tabela 5.16 Médias das Variações Relativas (VR) de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 110

Tabela 5.17 Médias das Variações Relativas (VR) de Umidade Relativa do Ar (UR) obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 111

Tabela 5.18 Médias das Variações Relativas (VR) de Carga Térmica Radiante

(CTR) obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 112

Tabela 5.19 Valores Médios de Temperatura de Bulbo Seco obtidos nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 118

Tabela 5.20 Valores Médios de Umidade Relativa do Ar obtidos nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 119

Tabela 5.21 Valores Médios de Temperatura de Globo Negro (°C), Temperatura Radiante Média (°C) e Carga Térmica Radiante (W m^{-2}) obtidos nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 121

Tabela 5.22 Médias das Variações Relativas (VR) de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidas nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 122

Tabela 5.23 Médias das Variações Relativas (VR) de Umidade Relativa do Ar (UR) obtidas nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 123

Tabela 5.24 Médias das Variações Relativas (VR) de Carga Térmica Radiante (CTR) obtidas nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão..... 124

Tabela 5.25 Médias das Variações Relativas (VR) da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 10h..... 126

Tabela 5.26 Médias das Variações Relativas (VR) da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 11h..... 127

Tabela 5.27 Médias das Variações Relativas (VR) da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 12h..... 128

Tabela 5.28 Médias das Variações Relativas (VR) da Temperatura de Bulbo Seco

(TBS) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 13h..... 128
Tabela 5.29 Médias das Variações Relativas (VR) da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 14h..... 129
Tabela 5.30 Médias das Variações Relativas (VR) da Umidade Relativa do Ar (UR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 10h..... 132
Tabela 5.31 Médias das Variações Relativas (VR) da Umidade Relativa do Ar (UR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 11h..... 133
Tabela 5.32 Médias das Variações Relativas (VR) da Umidade Relativa do Ar (UR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 12h..... 133
Tabela 5.33 Médias das Variações Relativas (VR) da Umidade Relativa do Ar (UR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 13h..... 134
Tabela 5.34 Médias das Variações Relativas (VR) da Umidade Relativa do Ar (UR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 14h..... 135
Tabela 5.35 Médias das Variações Relativas (VR) da Carga Térmica Radiante (CTR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 10h..... 137
Tabela 5.36 Médias das Variações Relativas (VR) da Carga Térmica Radiante (CTR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 11h..... 138
Tabela 5.37 Médias das Variações Relativas (VR) da Carga Térmica Radiante (CTR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 12h..... 139
Tabela 5.38 Médias das Variações Relativas (VR) da Carga Térmica Radiante (CTR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 13h..... 140
Tabela 5.39 Médias das Variações Relativas (VR) da Carga Térmica Radiante

(CTR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 14h..... 140

Tabela 5.40 Valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Umidade Relativa do Ar do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro para comparação com os critérios de conforto térmico de Olgyay..... 143

Tabela 5.41 Valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Umidade Relativa do Ar do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpina peltophoroides* – sibipiruna para comparação com os critérios de conforto térmico de Olgyay..... 145

Tabela 5.42 Valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Umidade Relativa do Ar do indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – Saboneteira para comparação com os critérios de conforto térmico de Olgyay..... 148

Tabela 5.43 Valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Umidade Relativa do Ar do indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – Barbatimão para comparação com os critérios de conforto térmico de Olgyay..... 150

SUMÁRIO

RESUMO v
ABSTRACT vi
LISTA DE FIGURAS vii
LISTA DE FOTOS xv
LISTA DE QUADROS xvi
LISTA DE TABELAS xvii

1 INTRODUÇÃO 25
1.1 Aspectos gerais 25
1.2 Justificativa 26

2 OBJETIVOS 28
2.1 Objetivo geral 28
2.2 Objetivos específicos 28

3 REVISÃO DA LITERATURA 29
3.1 Vegetação urbana e conforto térmico 29
3.2 O clima urbano 36
3.3 O clima de Goiânia 41
3.4 Fatores e elementos climáticos, critérios e índices de conforto térmico 47

4 METODOLOGIA 50
4.1 Levantamento e seleção das espécies 50
4.1.1 Identificação preliminar das espécies 50
4.1.2 Seleção das espécies 53
4.2 Caracterização geral das espécies selecionadas 54
4.2.1 *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro 54
4.2.2 *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna 56
4.2.3 *Sapindus saponaria* – saboneteira 57
4.2.4 *Stryphnodendron adstringens* – Barbatimão 59
4.3 Seleção dos locais de medição 60
4.4 Equipamentos 61

4.5 Coleta de dados..... 64
4.6 Métodos de tratamento e de análise dos resultados..... 66
4.6.1 Temperaturas de Bulbo Seco – TBS..... 66
4.6.2 Umidade Relativa do Ar – UR 67
4.6.3 Carga Térmica Radiante – CTR 69
4.6.4 Influência dos indivíduos arbóreos no microclima de seu entorno imediato..... 71
4.6.5 Planejamento Experimental..... 74

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 75
5.1 *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro 75
5.1.1 O entorno imediato 75
5.1.2 O indivíduo arbóreo analisado 78
5.1.3 Análise dos resultados 78
5.2 *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna 88
5.2.1 O entorno imediato 88
5.2.2 O indivíduo arbóreo analisado 91
5.2.3 Análise dos resultados..... 91
5.3 *Sapindus* – Saboneteira 101
5.3.1 O entorno imediato 101
5.3.2 O indivíduo arbóreo analisado 104
5.3.3 Análise dos resultados 104
5.4 *Stryphnodendron adstringens* – Barbatimão 113
5.4.1 O entorno imediato 113
5.4.2 O indivíduo arbóreo analisado 116
5.4.3 Análise dos resultados 116
5.5 O desempenho das espécies estudadas 125
5.5.1 Temperatura de Bulbo Seco (TBS)..... 125
5.5.2 Umidade Relativa do Ar (UR)..... 131
5.5.3 Carga Térmica Radiante (CTR)..... 137
5.6 As variáveis ambientais obtidas e o conforto térmico para climas quentes 143
5.6.1 *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro..... 143
5.6.2 *Caesalpinia peltophoroides* Benth. – sibipiruna..... 145

5.6.3 *Sapindus saponaria* – saboneteira..... 148
5.6.4 *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão 150
5.7 Considerações finais sobre os resultados e metodologia 152

6 CONCLUSÕES 154

REFERÊNCIAS 156

1 INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos gerais

Os constantes avanços tecnológicos têm feito com que a humanidade se sinta soberana em relação a todos os tipos de modificações às quais submete a natureza. A urbanização é, dentre elas, uma das mais perversas ao meio ambiente e cujas respostas são conhecidas: inundações, estiagens, desabamentos em função de má utilização dos sítios, aumento da temperatura devido ao efeito estufa causado pelos processos de poluição do ar, poluição dos cursos de água.

Observa-se, ao longo da história, que os processos de urbanização trazem consigo conseqüências, tais como as bruscas alterações climáticas observadas, que muitas vezes são irreversíveis e que afetam a qualidade dos ambientes das cidades, acarretando sérios danos à saúde física e mental da população.

Assim, o clima urbano tem-se mostrado cada vez mais adverso às necessidades humanas relativas ao conforto, o que tem sido ocasionado, sobretudo, pelos processos equivocados de ocupação onde se prioriza o maior aproveitamento do solo em detrimento da presença de elementos como vegetação e superfícies d'água, os quais são, comprovadamente, fundamentais para o equilíbrio térmico nas novas condições ambientais impostas pelo homem. O excesso de pavimentação e a densificação das construções provocam o aumento da capacidade térmica ao mesmo tempo em que alteram as condições de movimentação do ar (BUENO, 1998).

Para Olgyay (1998, p.2), o conceito do conforto ambiental está relacionado às necessidades de natureza biológica e psicológica, demonstrando uma ligação direta entre o tipo de clima e o comportamento humano, tendo afirmado que "[...] o homem, o qual aparentemente é capaz de viver em qualquer lugar onde possa obter alimento, somente pode alcançar o melhor aproveitamento de sua energia física, incluindo seu caráter moral, sob condições climáticas estritamente limitadas."

Neste contexto, onde se faz necessária a adequação dos espaços, para que sejam alcançados melhores níveis de conforto e qualidade ambiental, a fim de proporcionar ao homem bem estar físico, biológico e psicológico e ainda garantir que haja redução no consumo de energia, um dos grandes problemas ambientais da atualidade, insere-se a vegetação urbana na forma de arborização dos espaços, sejam eles públicos ou privados.

1.2 Justificativa

O conforto ambiental está relacionado ao bem-estar e à qualidade de vida das pessoas. Com o desenvolvimento da consciência ambiental, a preocupação com essa qualidade tem se manifestado fortemente nos últimos anos e deve ser compreendido em seus vários aspectos: térmico (temperatura, umidade relativa, radiação solar, ventos), acústico, visual (iluminação), da qualidade do ar (gases e partículas suspensas) e da funcionalidade, levando-se sempre em consideração que as sensações variam de pessoa para pessoa. Assim, as condições ambientais de conforto são aquelas que propiciam bem-estar ao maior número possível de pessoas.

A radiação solar influencia direta ou indiretamente os outros parâmetros ambientais responsáveis pelo conforto ou desconforto térmico. Para a redução dos efeitos indesejáveis da radiação solar, a arborização pode ser considerada o método mais natural, porém, pouco explorado tecnicamente. O planejamento da arborização urbana leva em conta diferentes critérios, como forma e disposição das raízes (afim de que calçamentos, fundações e redes de água e esgoto não sejam prejudicados com seu desenvolvimento), altura da árvore adulta (para que a rede elétrica seja preservada), estética e outros (MILANO, 1987). Contudo, praticamente não se tem considerado o conforto térmico urbano como parte dessa análise. Ademais, conforme salientam Akbary et al. (1997), o uso de vegetação no entorno das edificações pode proporcionar também uma significativa redução no consumo energético para resfriamento dos ambientes construídos.

É oportuno destacar que poucas informações vêm sendo produzidas pelos pesquisadores brasileiros em relação ao impacto da vegetação sobre o conforto ambiental dos espaços urbanos e ambientes construídos. Sabe-se que a vegetação promove efeitos positivos, porém, essas informações são freqüentemente resultado de empirismos, carecendo, portanto, de metodologias aplicáveis sob condições diversas. Dentre os poucos trabalhos podem ser citados o de Sattler (1991) e, mais recentemente, a metodologia proposta por Bueno (1998) e o trabalho de Bartolomei (2003), que avaliaram, respectivamente, a atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas e a quantificação da melhoria do conforto térmico no ambiente construído com uso de vegetação no entorno das edificações. Cabe ressaltar que tais trabalhos foram conduzidos nas condições bioclimáticas das regiões sul e sudeste do Brasil, com espécies arbóreas desses locais, permanecendo uma grande lacuna em relação às pesquisas sob condições bioclimáticas e com espécies arbóreas do Brasil Central, mais precisamente do ecossistema Cerrado.

Diante deste contexto, o presente trabalho torna-se de grande importância para a geração de informações que levem à correta escolha de espécies arbóreas nativas do Brasil e do ecossistema cerrado para fins de utilização na arborização urbana, constituindo-se em uma solução prática e de baixo custo que conduza ao conforto térmico e ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral estudar a contribuição do sombreamento por espécies arbóreas nativas do Brasil, incluindo espécies nativas do Cerrado, na modificação das variáveis ambientais relacionadas ao conforto térmico – temperatura, umidade relativa do ar e carga térmica radiante – e sua influência no microclima de seu entorno imediato, nas condições climáticas do Município de Goiânia, Estado de Goiás.

2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos têm-se:

- Quantificar a atenuação da temperatura ambiental e o incremento da umidade relativa do ar proporcionados por indivíduos arbóreos das diferentes espécies estudadas, de acordo com raios de influência pré-determinados;
- Quantificar os valores de atenuação da carga térmica radiante proporcionada por indivíduos arbóreos das diferentes espécies estudadas;
- Confrontar os valores encontrados das variáveis ambientais relacionadas aos indivíduos arbóreos estudados com aqueles da zona de conforto térmico para climas quentes;
- Propor e avaliar uma metodologia para a determinação da influência que uma única árvore pode exercer em relação às alterações microclimáticas de seu entorno imediato.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Vegetação urbana e conforto térmico

Segundo Mascaro, L. e Mascaro, J. (2002) a vegetação urbana pode ser definida como aquela que permite a integração do espaço construído com o jardim e o parque, possibilitando que a cidade coexista com o meio natural. Ressaltam a importância da utilização da vegetação, principalmente da arborização, como uma das estratégias recomendadas pelo projeto ambiental para a diminuição dos efeitos da ilha de calor e da poluição. Através do sombreamento é possível reduzir a temperatura nos ambientes urbanos, bem como proteger os edifícios da insolação indesejada.

No conjunto da vegetação urbana, a árvore é a forma vegetal mais característica nos recintos e desempenha funções paisagísticas, ambientais, de percepção e ecológicas. Estrategicamente posicionadas podem servir de referencial urbano contribuindo para a conservação da memória de um lugar (MASCARÓ, L ; MASCARÓ, J., 2002).

Muitas são as possibilidades de uso da arborização para qualificar a paisagem e proporcionar uma melhoria da ambiência nos espaços das cidades. Podem criar planos que organizam os espaços, gerar caminhos sombreados sob suas copas (Figura 3.1), minimizar o aspecto edificado da paisagem, ampliar psicologicamente os espaços e diminuir sua aridez (Figura 3.2). No entanto, a função mais importante da arborização é o sombreamento, cuja principal finalidade é a amenização do desconforto térmico causado pela insolação direta, pois diminui as temperaturas superficiais dos pavimentos e fachadas das edificações (Figura 3.3) (MASCARÓ, L ; MASCARÓ, J., 2002).

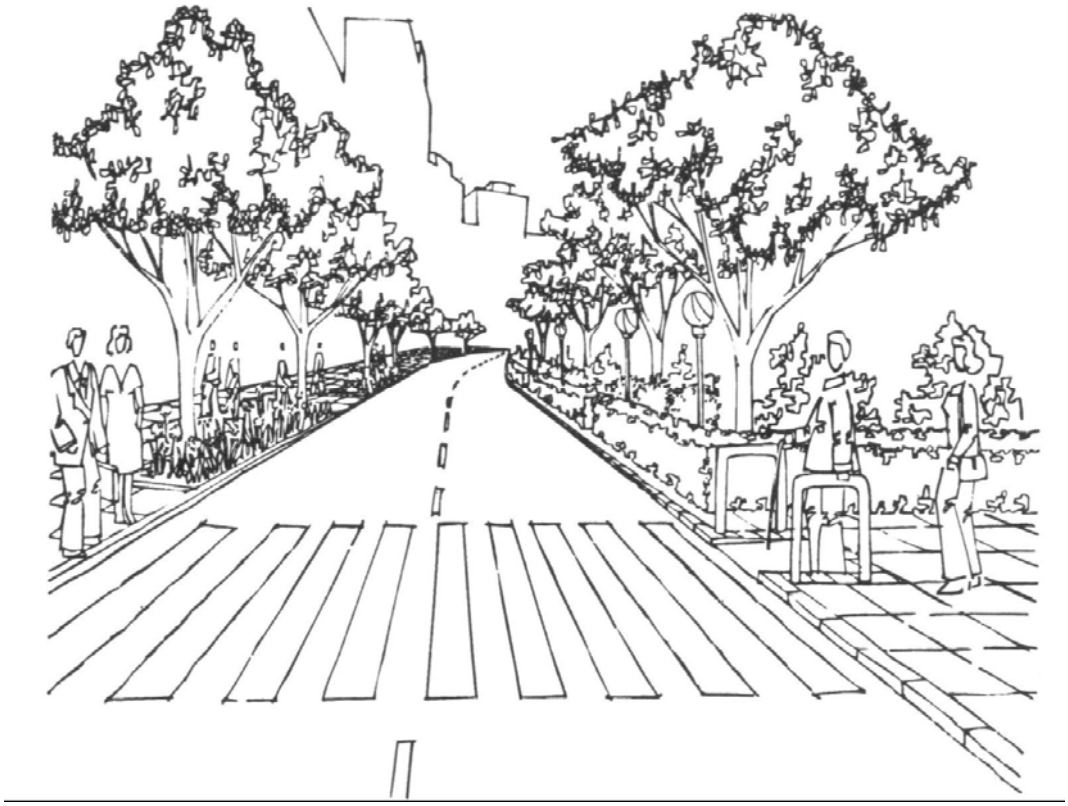
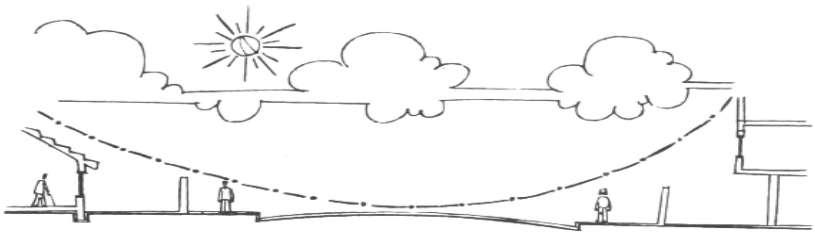
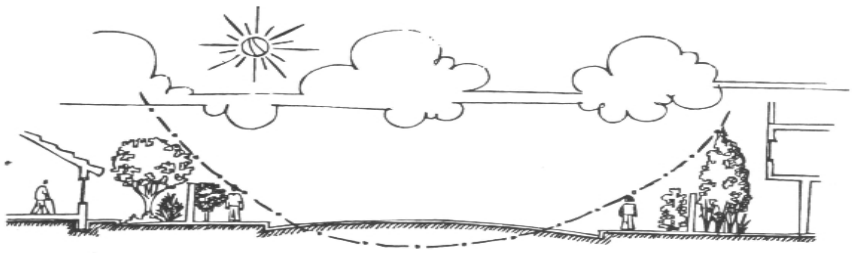


Figura 3.1: Paisagem urbana organizada pela vegetação.
Fonte: Mascaró, L. e Mascaró, J. (2002).



A



B

Figura 3.2: A) Rua sem vegetação; sensação de aridez; os muros estreitam psicologicamente seu espaço. B) A vegetação protege o muro e amplia psicologicamente os espaços urbanos, melhorando sua ambiência.
Fonte: Mascaró, L. e Mascaró, J. (2002).

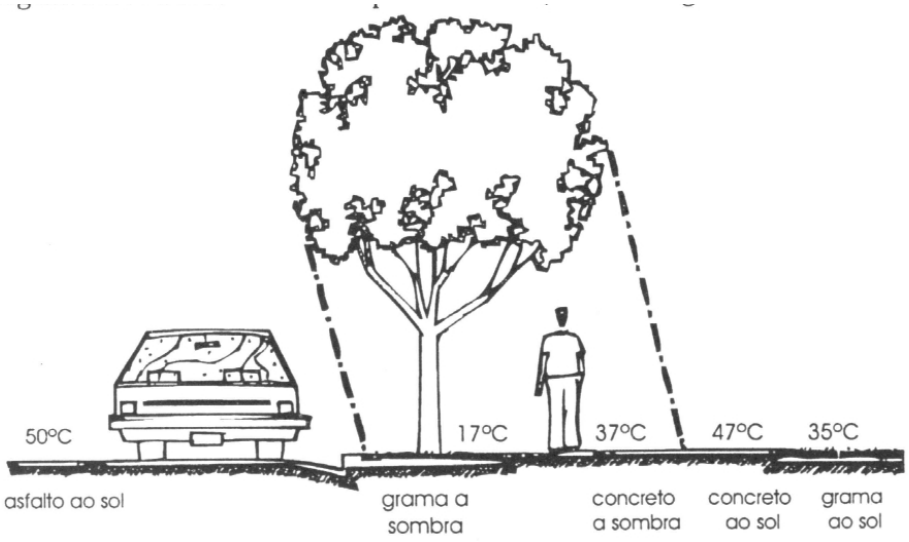


Figura 3.3: Temperaturas de diferentes superfícies urbanas.
Fonte: Laurie (1978 apud MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J., 2002).

A importância da vegetação na otimização do desempenho ambiental das cidades nos aspectos relacionados à diminuição da contaminação do ar, devido à capacidade de filtragem da vegetação[1] e à contribuição para amenizar a poluição sonora[2] é destacada por Romero (2001). Nas questões relativas ao desempenho térmico, reitera que a vegetação tem menor capacidade calorífera e condutividade térmica que os materiais dos edifícios e grande capacidade de absorção da radiação solar pelas folhas, resultando em menos reflexão (albedo baixo). Além destes fatores físico-biológicos, ressalta qualidades da vegetação que se relacionam aos aspectos sensíveis da percepção e da imaginação.

Gouvêa (2002) contribui com um conjunto de sugestões na esfera do desenho ambiental urbano para o Planalto Central, estruturadas em um modelo de sustentabilidade, com base nos fatos sociais produzidos pela sociedade, no clima e na vegetação. Em relação a esta última, enumera ações a fim de garantir a presença de vegetação na cidade: preservação das matas ciliares e da vegetação nativa em geral como elementos purificadores do ar; conservação da vegetação nativa procedendo a sua retirada somente no momento da construção de edifícios ou vias, no caso de novos parcelamentos; afastar o parcelamento urbano das matas de forma a garantir a penetração das brisas no tecido urbano.

[1] A contaminação do ar poderá ser reduzida por meio de cinturões verdes conseguidos com árvores plantadas ao longo de uma avenida, por exemplo.
[2] Devido à absorção e dispersão proporcionadas pelas árvores, o que diminui a intensidade do som.

Gouvêa (2002, p.83) recomenda que:

> [...] em regiões de clima tropical de planalto de ventos secos [...] a vegetação densa e o sombreamento favorecem o aumento da umidade relativa dos espaços próximos. Assim sugere-se manter a vegetação arbórea nativa, desenvolvendo o levantamento dos espaços a serem preservados, buscando inclusive reproduzir esta situação nas proximidades do edifício [..]

Ainda Gouvêa (2002) ressalta a importância da vegetação na organização das ruas e vias. Em sua pesquisa sobre microclimas urbanos, verificou uma diferença de 10°C a 1,20m do solo e de até 23°C sobre o piso de grama, comparando este quando exposto à insolação direta e na sombra, sob as árvores, na estação seca. Perante esta situação o autor sugere a organização de caminhos sombreados com vegetação arbórea para os pedestres, de copa perene e compatível com os sistemas viário e de infra-estrutura. Recomenda que a arborização seja planejada considerando a orientação solar das vias e o sombreamento nas faixas de rolamento de maneira a reduzir sua temperatura (Figura 3.4).

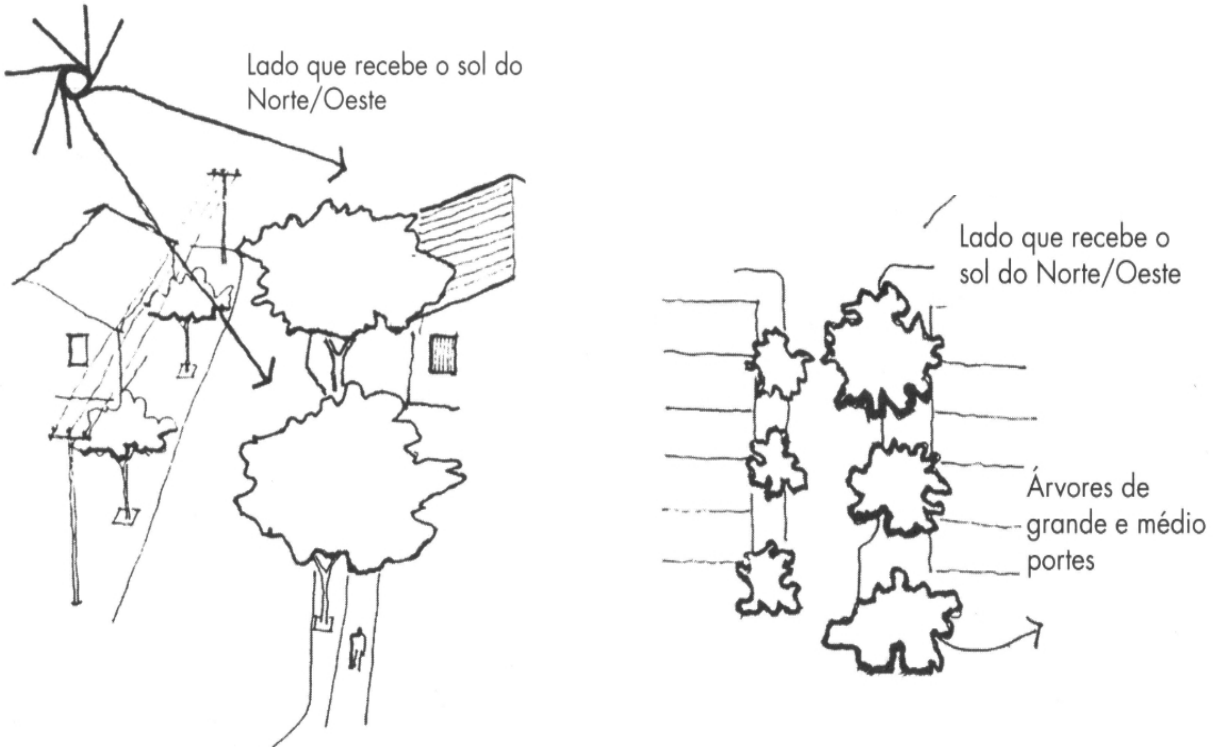


Figura 3.4: Planejamento da arborização urbana considerando a orientação solar.
Fonte: Gouvêa (2002).

Finalmente, Gouvêa (2002) corrobora as considerações de Bustos Romero (2001) sobre a importância da vegetação como elemento visual significativo e como fator psicológico estimulador do encontro social na cidade.

Destaca-se que o desempenho térmico de um ambiente urbano não se refere somente à quantidade ou à qualidade da vegetação existente, mas sim a um conjunto de fatores, tais como taxas de ocupação e índices de aproveitamento, geometria do recinto, fator de céu visível, níveis de ventilação, umidade relativa do ar, orientação solar, propriedades termofisicas dos materiais dos edifícios, dentre outros. Pesquisas recentes quantificaram as relações existentes entre estes fatores e confirmaram que é possível estimar as trocas térmicas entre os edifícios e o entorno imediato e adequar a arborização para a otimização do conforto térmico dos recintos, contribuindo ainda, de forma contundente, com o desempenho térmico e energético dos edifícios (DUARTE; SERRA, 2003; MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L.; AGUIAR, 2001).

A partir do estudo que realizaram na cidade de Cuiabá, MT, Duarte e Serra (2003) propuseram um indicador que relaciona densidade construída (taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento), arborização e superfícies d'água em áreas urbanizadas, com o objetivo de orientar medidas necessárias para a atenuação do rigor climático nas cidades que se encontram na região de clima tropical continental.

A temperatura do ar foi o parâmetro considerado para a comparação das condições de conforto térmico. Assim sendo, foram realizadas medições, com abrigo meteorológico simplificado[3], nos períodos característicos do clima regional, ou seja, na estação seca (agosto) e na estação chuvosa (janeiro/fevereiro), durante seis dias consecutivos em cada estação, sendo um dia com leituras a cada uma hora e, nos outros cinco dias, leituras às 8h e às 20h, em cinco sítios escolhidos: três destes na área central – Morro da Luz, Av. do CPA e Araés – , um em bairro periférico, Pascoal Ramos a, aproximadamente, 15 km do centro e no Horto Florestal, a 5 km da área central, o qual foi considerado como representativo das condições climáticas regionais. Além destas, foram consideradas as medições das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e da Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT (DUARTE; SERRA, 2003).

Além da medição da temperatura, para cada uma das localidades, foram determinados os padrões de ocupação do solo a partir da taxa de ocupação e do coeficiente de

[3] Com psicrômetro estático para registrar temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, sendo possível, assim, extrair os valores de umidade relativa do ar.

aproveitamento, a arborização e a superfície de água existente. Os dados coletados são ilustrados nas Figuras 3.5 e 3.6, segundo Duarte e Serra (2003).

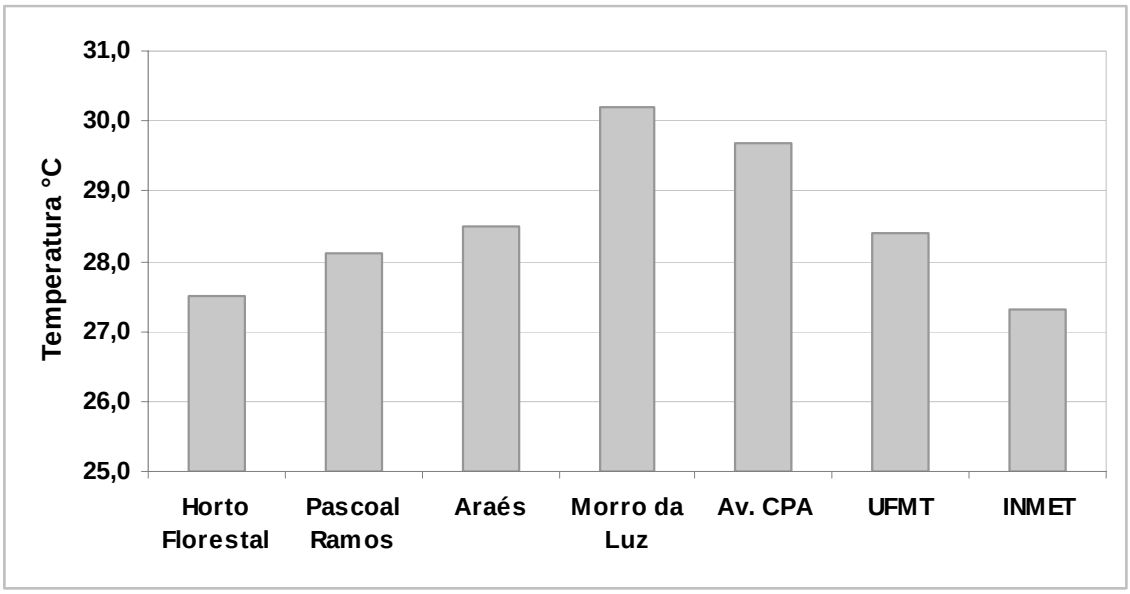


Figura 3.5: Médias das temperaturas do ar registradas às 8 h, 14 h e 20 h, nas estações seca e chuvosa, em diferentes pontos da cidade de Cuiabá, MT.
Fonte: Adaptado de Duarte e Serra (2003).

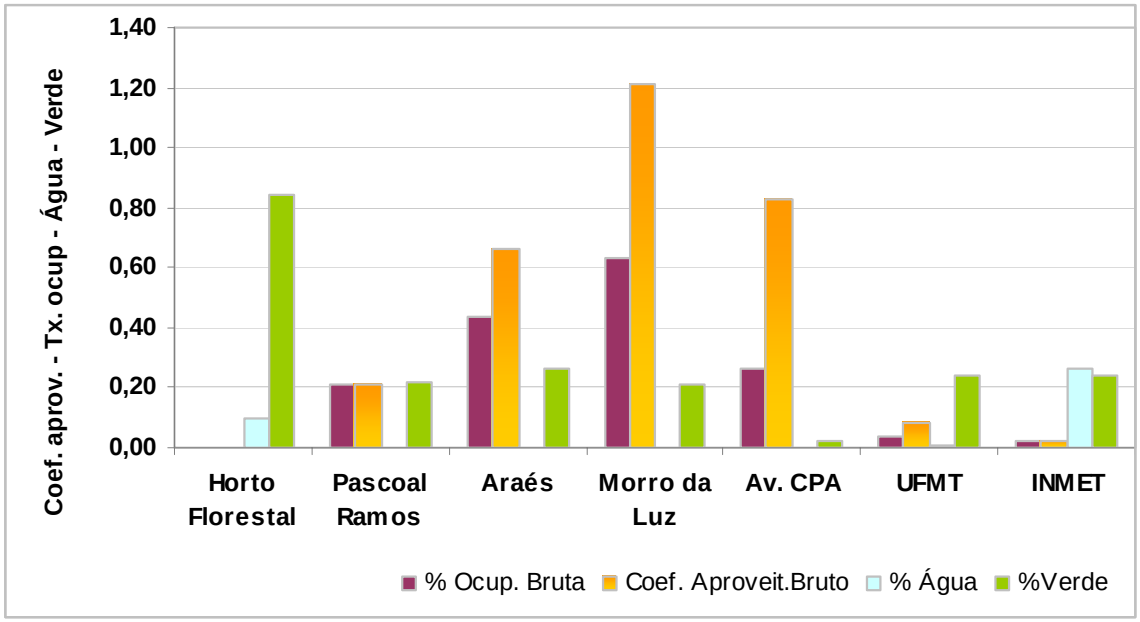


Figura 3.6: Taxa de ocupação bruta, coeficiente de aproveitamento bruto, porcentagem de superfícies d´água e arborização em diferentes pontos da cidade de Cuiabá, MT.
Fonte: Adaptado de Duarte e Serra (2003).

Após a observação dos dados encontrados, Duarte e Serra (2003) concluíram que o padrão de ocupação do Araés apresenta-se como o mais adequado (Figuras 3.5 e 3.6). Apesar de o bairro se encontrar quase totalmente ocupado – ocupação horizontal, com apenas alguns edifícios altos – possui vegetação em abundância. Acreditam, contudo, na possibilidade de outros padrões termicamente confortáveis, mesmo com ocupação eminentemente vertical, desde que com menor taxa de ocupação e maior presença de elementos naturais.

Conforme Mascaró, J.; Mascaró, L.; Aguiar (2001), a arborização urbana é indicada como uma prática que pode contribuir de maneira significativa para a amenização climática e também para a redução da crise energética imposta pelo incremento do consumo de energia, causada principalmente pelo elevado crescimento da população, pela densificação urbana incontrolável e pelo grande consumo de produtos eletroeletrônicos. Citam o programa de Arborização Urbana desenvolvido em Tucson, Arizona, Estados Unidos, cuja proposta foi o plantio de 500.000 árvores adaptadas às condições desérticas da região (uma árvore por habitante) o que, além de resultar em economia de recursos para refrigeração[4], representa a melhoria da qualidade de vida da comunidade, pelos benefícios psicológicos, físicos e biológicos que a presença das árvores pode proporcionar.

Em cidades com mais de 100.000 habitantes, o pico da demanda utilitária de energia aumenta de 1,5% a 2% para cada 0,6°C de aumento de temperatura. Nos Estados Unidos, as temperaturas urbanas têm aumentado entre 1,1°C e 2,2°C nos últimos 40 anos, o que gera um aumento considerável na demanda de energia para que seja possível manter níveis de conforto térmico nos edifícios. Exemplificam esta situação com o caso da cidade de Washington, onde um ar condicionado é utilizado por cerca de 1.300 horas por ano, o que gera custos de cerca de US$ 40,00 por hora, totalizando US$ 52 mil por ano (MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L.; AGUIAR, 2001). Em contraponto a esta situação, estes autores demonstram possibilidades na redução do consumo de energia e consideram que o uso correto de árvores proporcionam uma economia de 20% a 25% dos custos energéticos residenciais. Apresentam, ainda, indicativos pesquisados na Flórida, EUA, nos quais a redução de custos com o condicionamento artificial pode chegar a 40% e na Pensilvânia dados indicam que o sombreamento proporcionado pela arborização pode reduzir gastos com refrigeração de edifícios em até 75%.

[4] Na medida em que a vegetação tem menor capacidade calorífera e condutividade térmica que os materiais dos edifícios e grande capacidade de absorção da radiação solar pelas folhas, resultando em menos reflexão (albedo baixo) (BUSTOS ROMERO, 2001).

Todos estes dados apresentados corroboram os indicativos de Akbary et al. (1997) resultantes de uma pesquisa realizada em Sacramento, Califórnia, EUA, onde foram monitorados os picos no uso de energia e a economia resultante após o sombreamento de duas casas a partir de um protocolo de experimento desenvolvido que previu o posicionamento de árvores, de diferentes espécies e porte, plantadas em recipientes móveis, para o sombreamento direto de fachadas e janelas. Neste estudo foram considerados e medidos os parâmetros: temperaturas interna e externa, direção e velocidade do vento (um metro acima do telhado), temperaturas do teto e do telhado, temperaturas interna e externa das paredes, insolação horizontal e energia usada para a refrigeração dos edifícios.

Ficou confirmado, com o experimento, a substancial economia de energia nas duas casas monitoradas devido ao sombreamento proporcionado pelas árvores. Concluiram que houve uma redução de consumo energético na ordem de 47% em uma das casas e de 26% na outra, o que confirma melhores níveis de conforto térmico no interior dos edifícios com a presença de arborização no espaço exterior (AKBARY et al, 1997).

Os estudos enumerados demonstram a importância da presença de árvores nos recintos urbanos e sua contribuição efetiva na melhoria da qualidade ambiental e eficiência energética do ambiente construído, desde que implantadas de forma planejada e com vistas ao melhor aproveitamento de suas propriedades para a modificação do clima urbano, em geral, e dos microclimas específicos de cada recinto da cidade.

3.2 O clima urbano

Segundo Romero (2000) o clima de uma determinada região origina-se, fundamentalmente, pela interação entre cinco fatores climáticos globais: a radiação solar, a latitude, a longitude, a altitude os ventos e as massas de água e terra sendo, portanto, distinto para cada localidade. Em seguida a autora classifica a topografia, a vegetação e a superfície do solo (natural ou construído) como fatores climáticos locais dos quais originam os microclimas registrados em pontos distintos (cidade, bairro, rua). Por fim, define os elementos do clima: temperatura, umidade do ar, precipitações e movimento do ar, os quais representam os valores relativos a cada tipo de clima.

A radiação solar é dentre os fatores globais o que mais contribui para alterações climáticas e configura-se como a quantidade de energia solar que incide em uma superfície unitária por unidade de tempo (ROMERO, 2000).

A quantidade de radiação que chega ao solo é menor, pois sofre uma considerável perda ao ter que atravessar a atmosfera terrestre. Parte da radiação é refletida pelas nuvens, parte absorvida pelos componentes atmosféricos. Ao incidir sobre o solo uma parte da radiação é refletida pela superfície terrestre, no entanto a maior parte é absorvida, se transformando em calor que eleva a temperatura do ar, do solo e dos objetos que compõem a paisagem (OLGYAY, 1998).

Considerando que a quantidade de energia solar incidente no sistema Terra-atmosfera seja 100 unidades, observa-se que 24 unidades são absorvidas na atmosfera, dentre estas 3 unidades pelas nuvens. O solo absorve 45 unidades: 24 relativas à radiação direta e 21 à radiação difusa, espalhada pelas nuvens e pelas moléculas da atmosfera (Figura 3.7). Este processo refere-se à energia proveniente da radiação de ondas curtas. As 45 unidades absorvidas pela superfície da Terra são compensadas pela emissão de radiação de ondas longas e pelos fluxos de calor sensível e latente (VIANELLO; ALVES, 2000).

É importante observar que um dos fatores que alteram a intensidade da radiação incidente é a altitude, ou seja, quanto maior a altitude de uma região maior é a quantidade de radiação incidente, pois a menor espessura da atmosfera proporciona uma menor absorção de energia (OLGYAY, 1998).

As variações diárias e anuais da temperatura do ar dependem da quantidade de energia solar incidente em uma região, que variam conforme a época do ano e a latitude, pois para cada época do ano há um ângulo de incidência dos raios do sol em função da latitude, o que define a maior ou menor quantidade de calor recebido em cada região.

É imprescindível considerar que qualquer modificação imposta pelo homem no ambiente natural pode alterar as condições climáticas de um lugar. Em se tratando dos processos de urbanização, em que as modificações para adequação do ambiente natural às atividades humanas são drásticas, surge uma nova categoria de clima, o qual é designado como clima urbano.

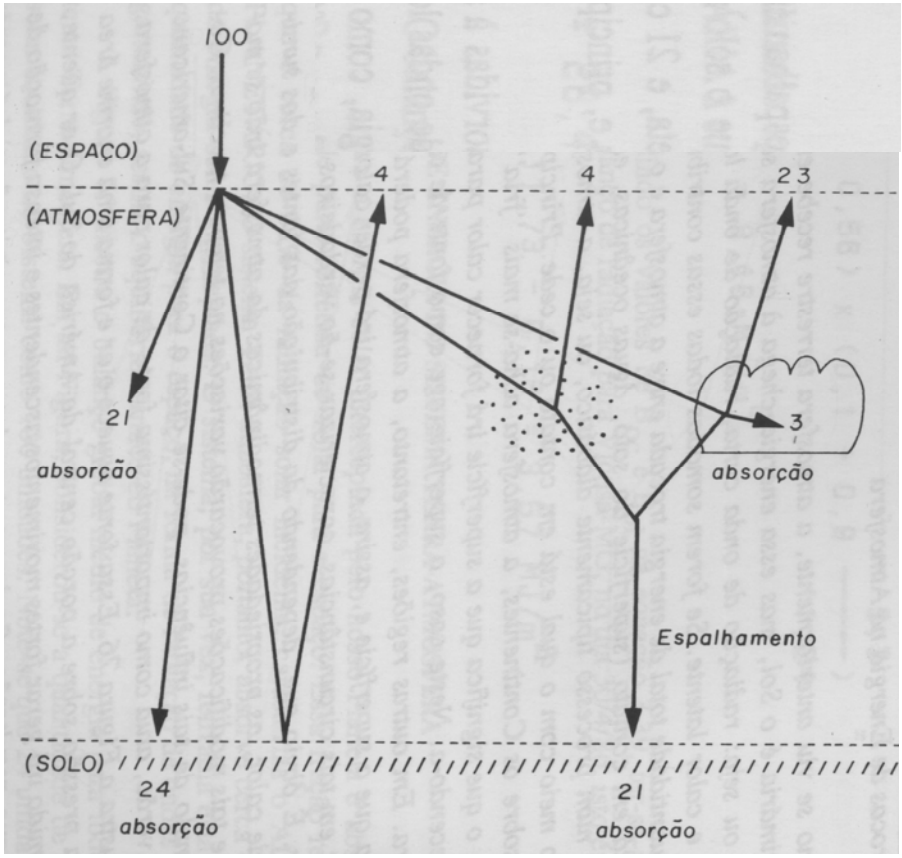


Figura 3.7: Distribuição percentual da radiação solar incidente na atmosfera.
Fonte: Adaptado de Iribane; Chou (1980 apud VIANELLO; ALVES, 2000)

Romero (2001) analisa o clima urbano a partir de escalas relacionadas com os processos de modificação do ambiente, partindo da macro escala regional, onde atuam os fatores climáticos globais, passando por uma meso escala, sendo esta a escala da cidade até a micro escala do ambiente construído, nestas últimas inserem-se os fatores climáticos locais e são observadas alterações climáticas significativas.

> [...] todos os elementos meteorológicos sofrem modificações na área construída. Os efeitos das complexas superfícies geométricas, a sombra e a orientação solar dos edifícios individuais, as propriedades térmicas e higrotérmicas dos edifícios, vias e outros elementos construídos, o calor do metabolismo e dos vários processos de combustão da cidade bem como os poluentes cedidos nas trocas do ar criam um clima diferente daquele das áreas não urbanas ou não construídas (ROMERO, 2001, p.46).

Para a prática do planejamento e do desenho urbano a atenção deve centrar-se no micro clima a ser "produzido" nos ambientes quando da concepção dos espaços da cidade, pois os elementos de composição do espaço, sendo a arborização um dos mais relevantes neste processo, podem contribuir de maneira significativa para o desempenho térmico dos

ambientes. Como exemplo, a radiação solar direta provoca o aquecimento do ar e do solo. No entanto se existirem elementos, tais como árvores adequadamente posicionadas, que bloqueiem a radiação direta em um ambiente, pode-se obter distinções de temperatura significativas entre espaços muito próximos (SERRA, 1999), conforme demonstra a Figura 3.8.

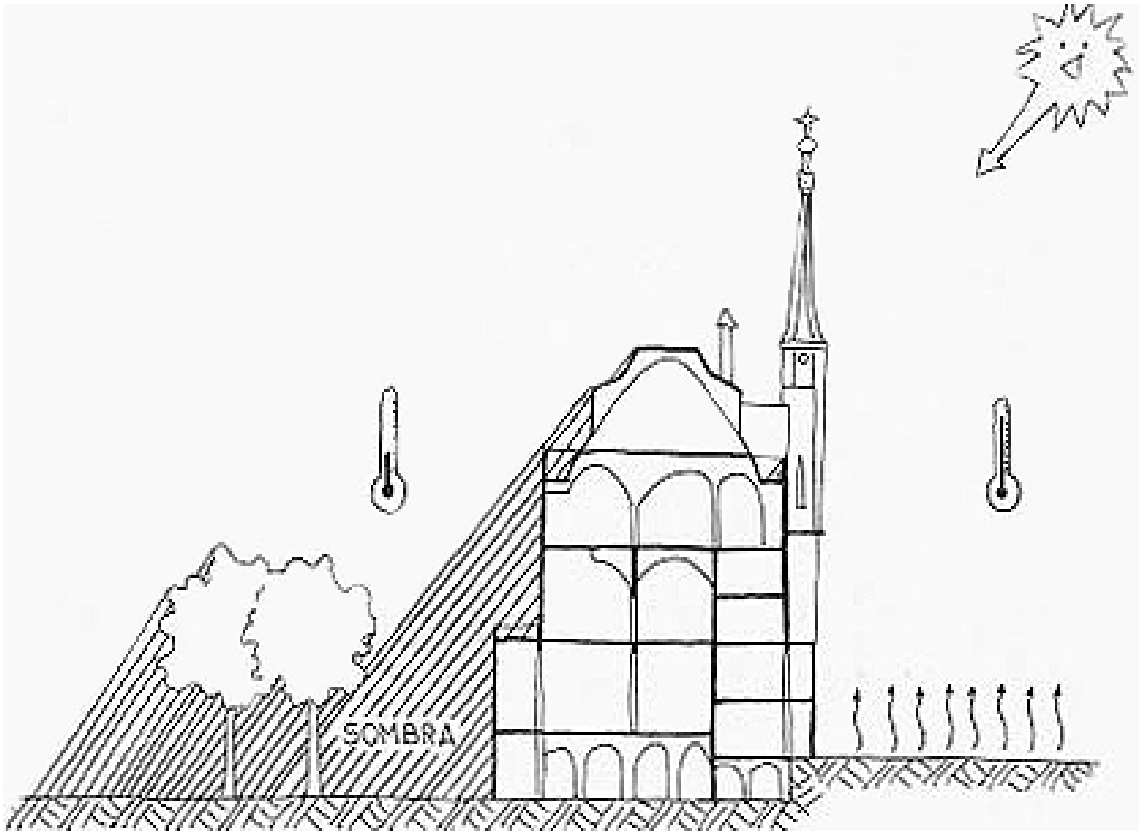


Figura 3.8: Redução da temperatura proporcionada pelo sombreamento.
Fonte: Serra (1999).

Existem muitas outras questões a serem observadas em relação aos efeitos térmicos proporcionados pela inserção de elementos de composição dos ambientes urbanos, sendo a principal delas a temperatura urbana que, considerando sua média, é mais alta que dos arredores rurais, o que resulta em um fenômeno denominado “ilha de calor” (Figura 3.9).

Romero (2001) apresenta cinco fatores diferentes e independentes que contribuem para o desenvolvimento da ilha de calor:

a) diferenças na média da radiação entre a área urbana e as imediações, em particular, a baixa taxa de esfriamento radiante durante as noites;

b) a estocagem de energia solar na massa dos edifícios da cidade durante o dia cedido à atmosfera durante a noite;
c) a concentração de geração de calor pelas atividades que têm lugar na área urbana;
d) a baixa evaporação desde o solo e reduzida presença de vegetação na área urbana construída, quando comparada com a área rural aberta;
e) as fontes de calor estacionais: calefação no inverno e ar condicionado no verão; tudo é cedido ao ar urbano.

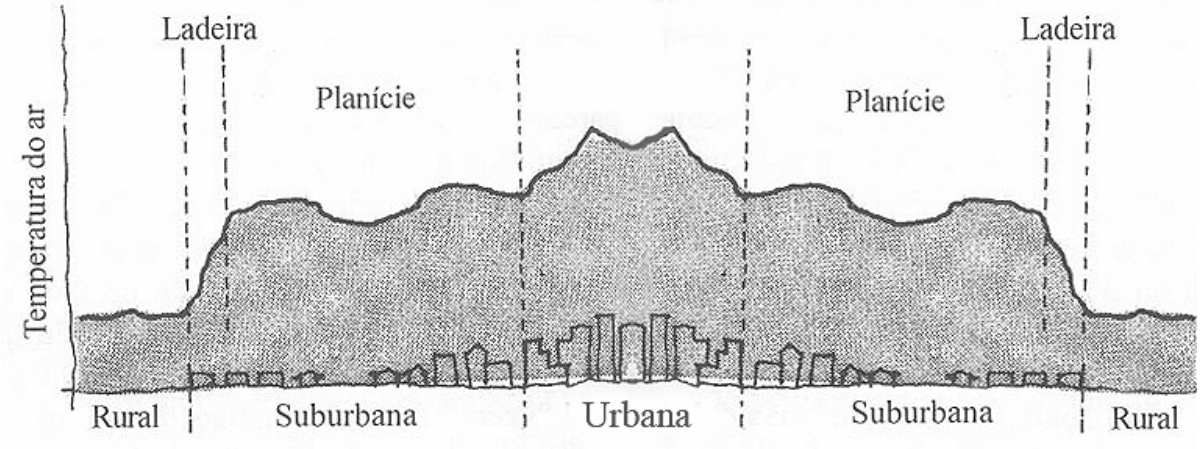


Figura 3.9: Relação entre temperatura do ar e tipologia de ocupação do espaço natural.
Fonte: Adaptado de Romero (2001).

Assim pode-se considerar que o clima urbano é um sistema que combina a energia da radiação solar e sua penetração nos volumes construídos os quais determinam efeitos de reflexão, absorção e de armazenamento térmico e atrito na ventilação. A grande questão imposta por este sistema relaciona-se à maneira como a quantidade de energia é absorvida e sua forma de transmissão. Este aspecto está diretamente relacionado, no espaço urbano, aos aspectos de uso e ocupação do solo, a forma da cidade, aos materiais utilizados nos pavimentos e na presença ou não de elementos naturais como a vegetação, nas suas diversas formas, e a água (DUARTE; SERRA, 2003).

Neste contexto, a obtenção de níveis adequados do conforto térmico urbano impõe o "controle" das variáveis climáticas ou sua melhor utilização em favor de soluções arquitetônicas adequadas para cada tipo de clima, amenizando ou potencializando a interação dos fatores climáticos globais e locais para o melhor desempenho térmico dos ambientes urbanos.

3.3 O clima de Goiânia

Goiânia, GO situa-se, geograficamente na latitude 16°41' sul e longitude de 49°17' oeste, o que caracteriza a sua posição no interior do Brasil, e 740 m de altitude média.

Em estudo minucioso sobre o clima de Goiânia para o desenvolvimento do Projeto Macambira Anicuns[5], o clima do município foi classificado como tipo "Aw" segundo Köppen (1948)[6], como Tropical segundo Straler (1975)[7] ou Úmido Megatérmico por Thorntwaite e Matter (1955)[8] apud DBO (2004).

No entanto, Fernandes (2006) afirma sobre a dificuldade do enquadramento entre as divisões clássicas de climas quentes, e neste contexto classifica o clima de Goiânia, assim como de vasta região ao seu redor, como clima composto de duas estações determinantes. Sua posição no interior do continente assim como a regularidade dos processos cíclicos dos deslocamentos das massas de ar determina um regime pluviométrico bastante definido: uma estação chuvosa tendo cinco meses nos quais o índice pluviométrico alcança a casa dos 200 mm mensais, e outra seca de três meses com, praticamente, a ausência completa de chuvas e outros quatro meses de pouca chuva.

A caracterização do macro-clima da região de Goiânia, GO, para o presente estudo e posterior análise dos critérios de conforto térmico, deu-se por meio das Normais Climatológicas[9] (BRASIL, 1992) para os anos de 1961 a 1990, apresentados na Tabela 3.1.

A importância das Normais Climatológicas é ressaltada por Roriz e Barbugli (2003) na aplicação de métodos de análise climática, com o objetivo de auxiliar projetistas a escolherem tipologias arquitetônicas e construtivas que elevem níveis de conforto térmico e a eficiência energética das edificações. No entanto demonstram cautela na generalização destes valores, pois, em princípio, são considerados válidos para quaisquer pontos da região que abrangem ao passo que inúmeras pesquisas apontam acentuada diversidade climática entre diferentes pontos de uma mesma cidade.

---

[5] Projeto do parque linear ao longo dos córregos Macambira e Anicuns em Goiânia, GO.

[6] KOEPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. Traducido del alemán. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 478 p.

[7] STRAHLER, A. Geografia Física. 2. ed. Barcelona: Ediciones Omega S/A, 1975.

[8] THORNTHWAITE, C.W.; MATTER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology, 8, Centerton, New Jersey, 1955.

[9] Médias climáticas obtidas ao longo de 30 anos de observação em alguma estação climatológica local.

Tabela 3.1: Normais Climatológicas (1961-1990) do município de Goiânia.

	T. Média Máxima (°C)	T.Média Média (°C)	T. Média Mínima (°C)	Amplitude Média (°C)	UR (%)	Precip. Pluvial (mm)	Nebul. Média (h)	Insol. Diária Média (h)	Vel. dos Ventos ($m\ s^{-1}$)
JAN	29,2	24,5	19,7	9,5	75	270,3	7,1	5,7	3,0
FEV	29,4	24,6	19,7	9,7	76	213,3	7,1	5,4	3,0
MAR	30,1	24,8	19,5	10,6	74	209,6	6,6	6,6	3,0
ABR	30,0	24,3	18,5	11,5	71	120,6	5,3	7,7	3,0
MAI	29,1	22,6	16,0	13,1	65	36,4	4,4	8,2	3,0
JUN	28,7	21,2	13,7	15,0	60	9,5	3,4	9,0	3,5
JUL	28,9	21,1	13,2	15,7	53	6,2	3,1	9,1	3,0
AGO	31,2	23,1	15,0	16,2	47	12,7	3,0	8,7	3,0
SET	31,9	25,0	18,1	13,8	53	47,6	4,1	7,2	3,5
OUT	31,0	25,3	19,5	11,5	65	170,9	6,3	5,9	3,0
NOV	29,7	24,6	19,6	10,1	73	220,0	7,0	5,8	2,5
DEZ	28,9	24,3	19,7	9,2	76	258,8	7,6	5,5	2,5
ANO	29,8	24,8	17,9	11,9	66	1.575,9	5,4	7,1	-

Fonte: Brasil (1992).

Tomando-se como base os valores de temperatura do ar (mínima, média, máxima), precipitação pluvial, umidade relativa, insolação, nebulosidade e velocidade dos ventos (Tabela 3.1), foram construídos gráficos (Figuras 3.10 a 3.14) para facilitar a compreensão destas informações.

As características das temperaturas locais demonstram que as maiores temperaturas anuais ocorrem na época do ano astronomicamente classificada como primavera e não no verão como seria usual (FERNANDES, 2006).

A amplitude térmica diária, ou seja, a diferença entre a média das máximas e a média das mínimas, é outro fator importante na caracterização do clima da região de Goiânia, pois nos meses de maior amplitude, de junho a setembro os valores são semelhantes aos de climas desérticos (FERNANDES, 2006), o que pode ser também observado nas Figuras 3.10 e 3.11.

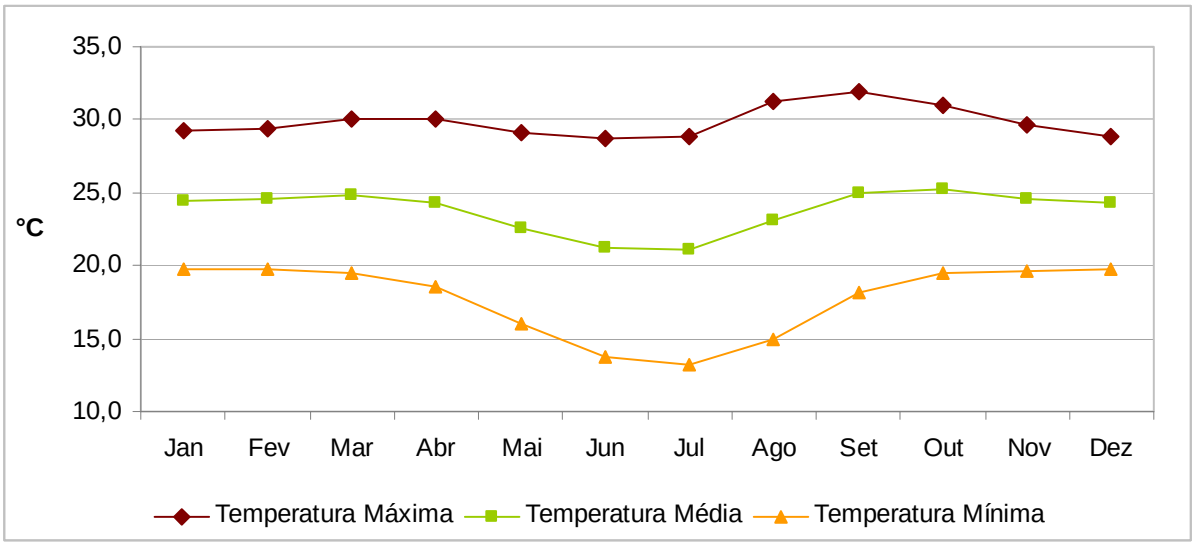


Figura 3.10: Temperatura do ar em Goiânia, GO entre 1961 e 1990.
Fonte: Brasil (1992).

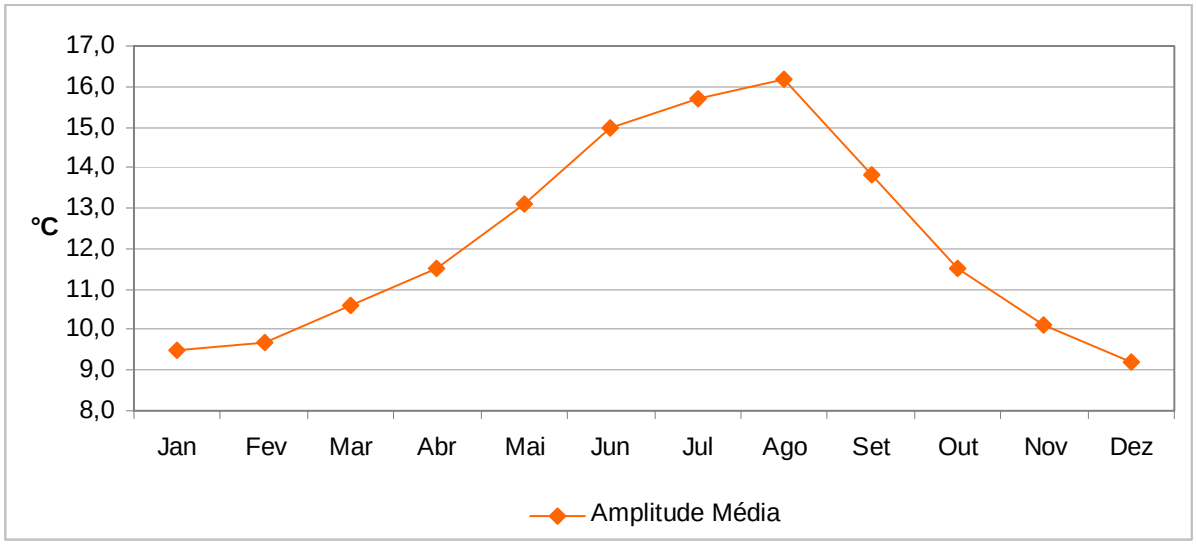


Figura 3.11: Amplitude térmica média em Goiânia, GO entre 1961 e 1990.
Fonte: Brasil (1992).

Em relação à umidade relativa do ar pode-se afirmar que, ao longo do ano, há significativas mudanças. Este elemento do clima está diretamente relacionado ao regime pluviométrico regional que, para a região de Goiânia, apresenta cinco meses de chuva com valores que superam os 200mm mensais, de novembro a março, e um mês de transição, abril, do período das águas para a seca. Dos cinco meses do período seco, maio e setembro

apresentam muito pouca chuva e junho, julho e agosto absolutamente secos (FERNANDES, 2006), conforme demonstram as Figuras 3.12 e 3.13.

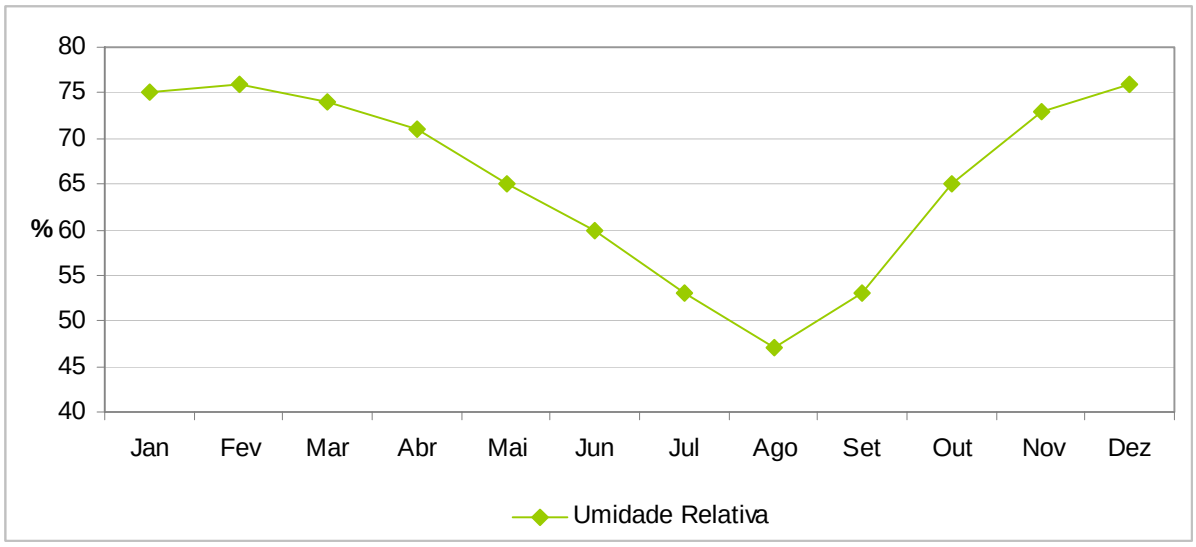


Figura 3.12: Umidade relativa do ar em Goiânia, GO entre 1961 e 1990.
Fonte: Brasil (1992).

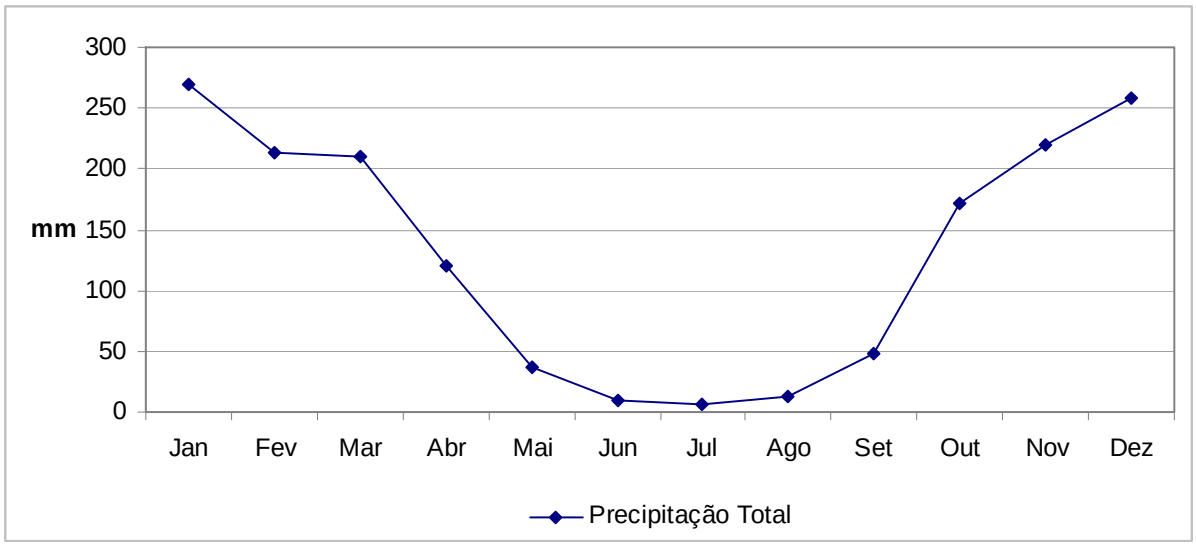


Figura 3.13: Variação da precipitação pluviométrica em Goiânia, GO entre 1961 e 1990.
Fonte: Brasil (1992).

A estação das chuvas ocorre durante os meses de setembro a abril e a estação seca ocorre entre maio e agosto, esta situação identifica, claramente a peculiaridade do clima regional.

A radiação solar, a nebulosidade e a insolação[10] são variáveis interelacionadas que oferecem possibilidades de conclusões importantes a respeito do clima de uma região e suas peculiaridades. Na região em estudo há uma elevada disponibilidade de energia radiante, o que pode ser observado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Indicadores médios da disponibilidade energética na atmosfera regional.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fototperíodo médio em horas	13,10	12,70	12,20	11,70	11,30	11,10	11,10	11,50	12,00	12,50	13,00	13,20
Radiação extraterrestre (MW m^{-2} dia^{-1})	40,35	38,85	35,43	30,97	26,55	24,59	25,84	29,26	33,93	37,64	39,84	40,60
Insolação média diária em horas (*)	5,68	5,58	6,57	7,69	8,19	9,01	9,13	8,68	7,16	5,95	5,78	5,55
Radiação global de onda curta (MW m^{-2} dia^{-1})	20,42	20,26	19,38	18,59	16,92	16,55	17,76	19,92	19,34	20,92	20,55	19,51
Radiação líquida (MW m^{-2} dia^{-1})	11,75	11,59	11,00	7,54	6,75	6,38	6,79	7,63	8,04	11,71	11,80	11,38

Nota: Insolação média com base nas normais climatológicas de Goiânia
Fonte: Adaptado de DBO (2004)

Depreende-se ainda dos dados da Tabela 3.2 que o número de horas que o sol permanece acima da linha do horizonte (fotoperíodo médio), em média é de 12 horas, sendo o máximo em dezembro, com 13,2 horas e o mínimo em junho e julho com 11,1 horas (DBO, 2004). No entanto, uma análise superficial levaria a acreditar que no verão, em dezembro, se teria maior tempo de insolação e no inverno menor, mas, neste caso aliando-se os dados de nebulosidade à interpretação pode-se constatar que no período chuvoso, setembro a março, mesmo com os dias maiores a insolação é menor devido à nebulosidade, já no período seco, embora os dias sejam menores, a ausência de nuvens (Figura 3.14) proporciona um maior aporte de radiação solar (FERNANDES, 2006).

Tomando-se dados de diferentes estações meteorológicas em Goiânia[11], pode-se observar a existência de microclimas específicos pela variação da temperatura média verificada devido às diferentes localizações e principalmente devido à situação imediata no entorno delas quanto à densidade de uso e ocupação, tendo em vista que as diferenças altimétricas entre elas não são significativas (DBO, 2004). Na Figura 3.15 observa-se a

[10] Radiação solar medida em MW m^{-2} dia^{-1}; nebulosidade em percentagem (%) da área do céu ocupada por nuvens; insolação é a quantidade de horas em que há radiação solar direta, medida em horas por mês (h $mês^{-1}$).

[11] A localização das estações meteorológicas representa diferentes situações de entorno. A localizada no Aeroporto Santa Genoveva e a do 10° Distrito Meteorológico (DISME) se encontram em regiões urbanizadas e a da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG localiza-se na área urbana de Goiânia em região com baixa densidade de ocupação e com presença significativa de áreas verdes.

diferença entre as temperaturas médias na ordem de 4° C ao longo do ano, o que indica a existência de microclimas diferenciados na cidade.

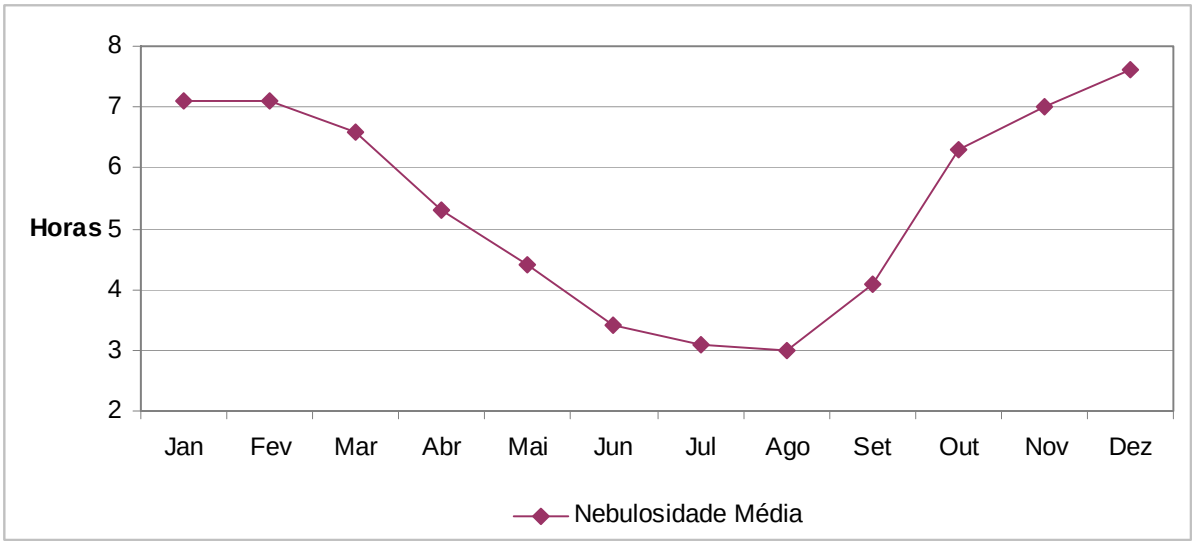


Figura 3.14: Nebulosidade média em Goiânia, GO entre 1961 e 1990.
Fonte: Brasil (1992).

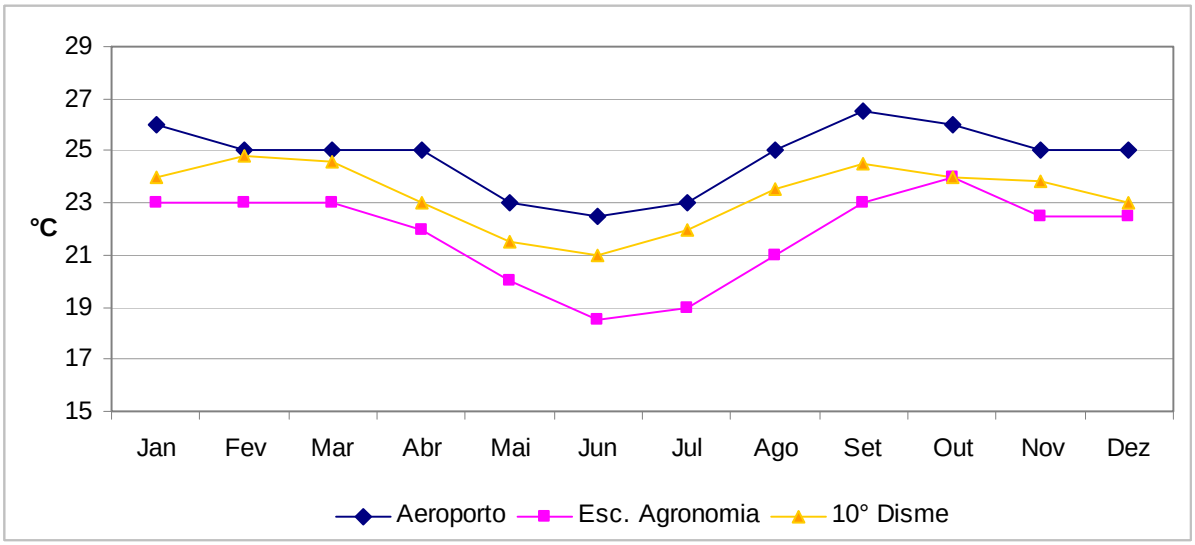


Figura 3.15: Comparação das temperaturas médias compensadas em três estações de Goiânia.
Fonte: Adaptado de DBO (2004).

Diante dos dados apresentados depreende-se que os meses críticos relativos às questões de conforto térmico são os de agosto a outubro, devido às altas temperaturas diurnas

e a baixa umidade do ar, quando há, mais do que em outros períodos do ano, a necessidade de se lançar mão de dispositivos de controle da radiação solar intensa e de controle dos microclimas gerados no espaço urbano (FERNANDES, 2006).

3.4 Fatores e elementos climáticos, critérios e índices de conforto térmico

A relação homem-ambiente constitui-se pela interação do homem com todos os fatores (físicos, químicos, sociais e climáticos) presentes em seu meio (MARTINS, 2001). Especificamente relacionados às condições de conforto térmico humano, são importantes a radiação solar, temperatura, umidade do ar, e movimentos do ar (ventos), os quais foram considerados e mensurados no estudo proposto.

A radiação solar é a energia transmitida pelo sol, sob a forma de ondas eletromagnéticas de onda curta, que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera cujas quantidades variam em função da época do ano e da latitude (FROTA; SCHIFFER, 1995) e interfere diretamente na temperatura do ar (OLGYAY, 1998).

A interação do homem com todos estes fatores resulta em condições de conforto ou desconforto térmico, pois são estes elementos que irão estabelecer as trocas térmicas entre o corpo e o meio ambiente através da termoregulação (meio natural de controle de perda ou ganho de calor) a fim de que seja garantida a manutenção da temperatura interna do organismo humano constante[12] (SANTOS NETO, 1995). Frota e Schiffer (1995) salientam que o organismo humano experimenta sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo de sua atividade sem que haja a necessidade de lançar mão a mecanismos de termorregulação.

Vários estudos procuraram determinar as condições de conforto térmico e os vários graus de conforto ou desconforto por frio ou calor por meio de índices (FROTA; SCHIFFER, 1995). No entanto há de se salientar que existem limitações no uso destes ao tentar descrever ou modelar as interações do organismo humano com o meio ambiente (VILLAS BOAS, 1983[13] apud ROMERO, 2000), principalmente por não serem consideradas

[12] No homem, a temperatura do sangue é de 37°C a qual diminui em direção à superfície e que apresenta uma temperatura de 34°C na cabeça e 27°C nos pés. O sangue não deve ultrapassar os 42°C nem ser menor de 32°C, pois isso acarretaria conseqüências fatais. Estes limites tão estreitos fazem o organismo ser suficientemente sensível para alertar quando as condições do meio são termicamente desfavoráveis (SANTOS NETO, 1995).

[13] VILLAS BOAS, M. Controle do ambiente em arquitetura, curso de especialização por tutoria à distância, módulos 02 e 04, 1983.

as condições específicas de aclimatação do indivíduo. Por exemplo, índices de conforto desenvolvidos para os Estados Unidos e Europa fixam limites para as taxas de suor que não seriam aplicadas na região tropical brasileira, pois, para muitos indivíduos desta região o suor não se configura como uma situação de incômodo (VILLAS BOAS, 1985).

Dentre os estudos dos índices de conforto térmico, um dos mais significativos é o de Olgyay desenvolvido desde 1952 a partir de estudos acerca de efeitos do clima sobre o homem, quer ele esteja abrigado, ou não, de zonas de conforto e de relações entre os elementos do clima e conforto (OLGYAY, 1998) (Figura 3.16).

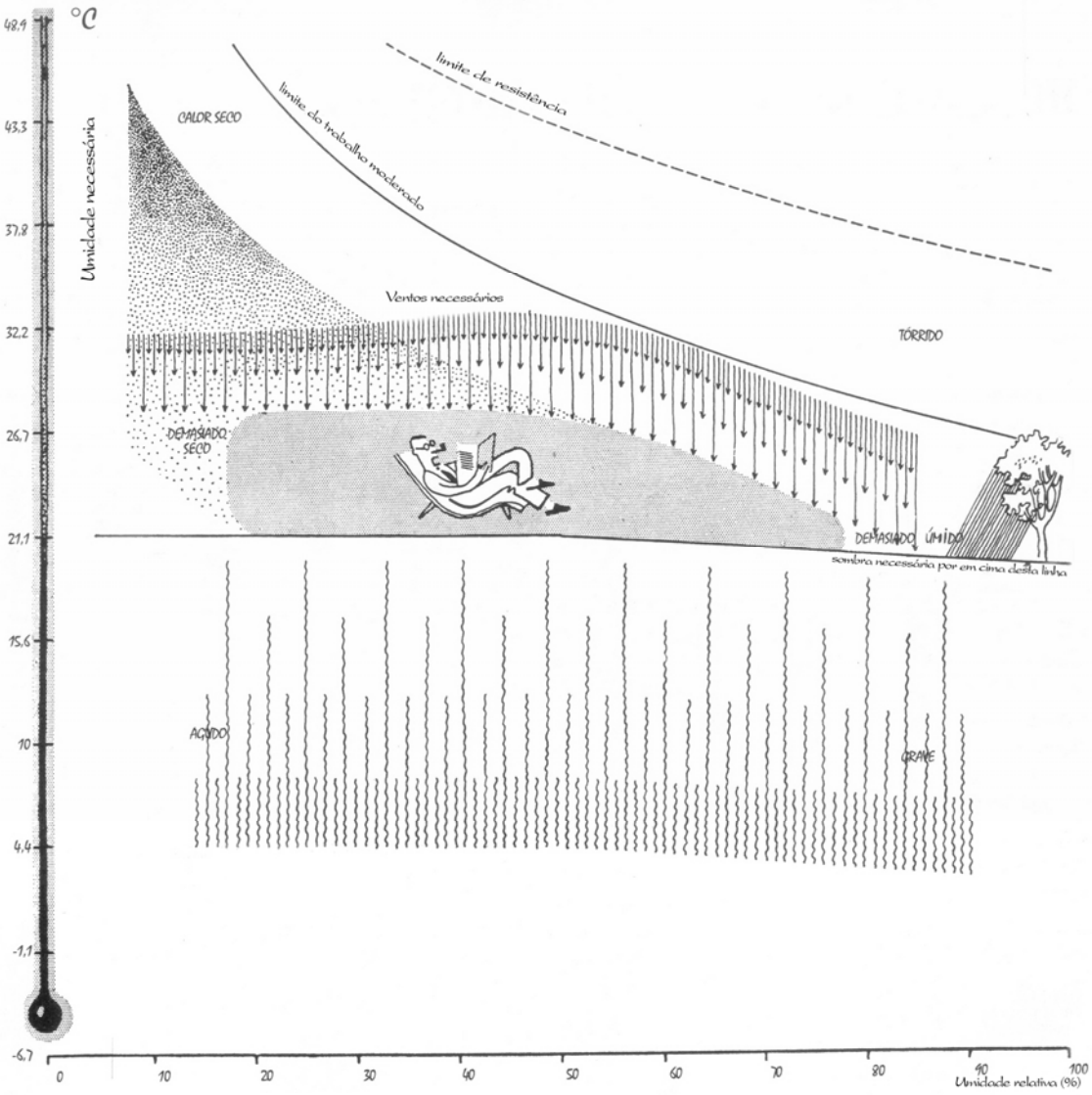


Figura 3.16: Índice esquemático do bioclima.
Fonte: Olgyay (1998).

O gráfico (Figura 3.16) foi construído tendo como ordenada a temperatura de bulbo seco e como abscissa a umidade relativa do ar, sendo que na região central da Carta está delimitada a zona de conforto. Caso o ponto determinado pelas condições de temperatura de bulbo seco e de umidade relativa se localize fora da zona de conforto, há a necessidade de serem tomadas medidas corretivas. Acima da zona de conforto significa a necessidade de se lançar mão do movimento do ar, no entanto para altas temperaturas com baixa umidade do ar a ventilação pouco contribuirá. Abaixo da zona de conforto as linhas indicam a quantidade de radiação solar necessária para atingi-la. O perímetro inferior da zona de conforto coincide com uma linha a qual define a necessidade de sombreamento (linha de sombra) para os pontos situados acima dela (OLGYAY, 1998).

Villas Boas (1985) afirma sobre a necessidade da avaliação das condições ambientais locais para a adoção de técnicas construtivas apropriadas para que não ocorra a dependência de informações e metodologias exógenas e a adoção de soluções exóticas e inadequadas ao meio onde se intervém. Além disto, defende a importância do estabelecimento de condições de conforto e princípios de desenho que contemplem, além dos edifícios, os espaços urbanos e propõe o estabelecimento de critérios de conforto térmico específicos, baseados nos estudos bioclimáticos de Ogyay[14] (1968 apud VILLAS BOAS, 1985) para o qual o nível de conforto térmico para regiões de climas quentes segue a temperatura média do verão e corresponde aproximadamente ao nível ótimo de conforto para os indivíduos aclimatados (VILLAS BOAS, 1985).

[14] OLGYAY, V. **Clima y Arquitectura en Colômbia.** Universidade del Valle, Cali, Colômbia, 1968.

4 METODOLOGIA

Para o alcance dos objetivos foram cumpridas as seguintes etapas:

i) Seleção das espécies arbóreas;

ii) Seleção dos locais de medição;

iii) Medições em campo;

iv) Análise dos resultados obtidos.

A coleta dos dados foi realizada na área urbana do município de Goiânia-GO, em locais nos quais foram encontradas as características de entorno dos indivíduos arbóreos especificadas no item 4.3.

Para a quantificação do efeito do sombreamento e da influência das árvores a distâncias determinadas (1m, 5 m, 10 m e 15 m) na modificação das variáveis ambientais por meio de dados coletados relativos à Temperatura Ambiente (TBS), Umidade Relativa do Ar e Carga Térmica Radiante foi realizada uma adaptação da metodologia proposta por Bueno (1998)[15] e Abreu e Labaki (2007)[16].

A análise da influência das espécies arbóreas na melhoria do microclima do entorno imediato foi realizada por meio da comparação dos dados obtidos *in loco* com a Carta Bioclimática de Olgyay (1998) adaptada por Koenigsberger (apud FROTA; SHIFFER, 1995; SANTOS NETO, 1995) para climas quentes.

4.1. Levantamento e seleção das espécies

4.1.1 Identificação preliminar das espécies

A seleção das espécies estudadas foi iniciada a partir de levantamentos junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Goiânia (SEMMA) e a Superintendência de Parques e Jardins da Companhia de Urbanização de Goiânia (COMURG). Este diagnóstico teve como objetivo verificar o método de trabalho das duas divisões quanto aos aspectos do

[15] Bueno (1998) propôs o cálculo percentual da Variação Relativa da Temperatura Ambiente e da Temperatura de Globo adotando como parâmetro de normalização a temperatura ao sol com o objetivo de quantificar o efeito da sombra de indivíduos arbóreos. Para o presente estudo adotou-se a metodologia também para o cálculo da Variação Relativa da Carga Térmica Radiante.

[16] Abreu e Labaki (2007) propuseram, para a quantificação de indivíduos arbóreos necessários para garantir condições ideais de conforto térmico urbano, a adoção de pontos de medição a diferentes distâncias de uma árvore.

planejamento e execução de projetos relativos à arborização urbana, bem como os processos de escolha das espécies a serem plantadas na arborização de vias. Nas visitas realizadas nos diferentes órgãos, verificou-se que a SEMMA trabalha no âmbito das políticas e do planejamento, e a Divisão de Parques e Jardins produz as mudas e executa o plantio de árvores e demais espécies vegetais no ambiente urbano. Há de se salientar que, atualmente, existe uma dissonância no que diz respeito ao planejamento e escolha de espécies e à execução do plantio dos indivíduos arbóreos na cidade.

Na visita a SEMMA foi possível verificar a existência de um mapeamento[17], iniciado no ano de 1997, das espécies existentes na arborização de vias urbanas da cidade contendo a localização dos indivíduos arbóreos, espécies, características de porte, condições fitossanitárias e necessidade de remoção. Este estudo constituiu-se em um importante instrumento para o planejamento da arborização urbana a partir de então. O levantamento possibilitou a obtenção de informações acerca das espécies encontradas e sua proporção de ocorrência, além do indicativo das espécies nativas, do Brasil e do Cerrado, e das espécies exóticas (Tabelas 4.1 e 4.2):

Tabela 4.1: Espécies vegetais arbóreas encontradas na arborização de vias urbanas de Goiânia, GO pelo levantamento realizado Convênio firmado entre SEMMA, COMURG, CELG, SANEAGO, UFG, UCG e Ministério Público. 1997.

Nome popular	Nome Científico	Quantidade	Percentual
Monguba	*Pachira aquatica* Aubl.	22.608	19,15
Sibipiruna	*Caesalpinia peltophoroides* Benth.	20.129	17,05
Guariroba	*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.	9.256	7,84
Fícus-benjamina	*Ficus benjamina* L.	7.520	6,37
Sete-copas	*Terminalia catappa* L.	5.738	4,86
Ipê-de-jardim	*Tecoma stans* Griseb.	3.601	3,05
Quaresmeira-roxa	*Tibouchina granulosa* Cogn.	3.530	2,99
Palmeira-imperial	*Roystonea borinqueana* (N.J.Jacquin) O.F. Cook	3.058	2,59
Bauhínia-lilás	*Bauhinia variegata* L.	2.031	1,72
Mangueira	*Mangifera* sp.	2.019	1,71
Oiti	*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch.	1.783	1,51
Flamboyant	*Delonix regia* Rafin	1.759	1,49
Areca-bambu	*Dypsis lutescens* H. Wendl.	1.606	1,36
Bauhínia-rosa	*Bauhinia blakeana* Dunn.	1.263	1,07
Jambo-do-Pará	*Eugenia malaccensis* L.	1.145	0,97
Sub-total		87.043	73,73
Outras 389 espécies		31.013	26,27

Fonte: Sassine (2008)

[17] Mapeamento realizado por meio de convênio firmado entre Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMA), Companhia de Urbanização de Goiânia (COMURG), Centrais Elétricas de Goiás (CELG), Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Católica de Goiás (UCG) e Ministério Público do Estado de Goiás. O trabalho não abarcou todos os bairros de Goiânia.

Tabela 4.2: Proporção entre espécies nativas (do Cerrado e do Brasil) e exóticas presentes na arborização das vias urbanas de Goiânia, GO.

Origem	Percentual*		Ocorrência
Nativa	53,7	39,1	Cerrado
		60,9	Brasil
Exótica	46,3		Várias

*Nota: Percentual relativo a 404 espécies encontradas no levantamento realizado pela SEMMA e entidades conveniadas (1997).
Fonte: Adaptado de Sassine (2008).

Os levantamentos demonstraram a predominância de espécies exóticas e de outras regiões do Brasil em detrimento às espécies do cerrado na arborização das vias da cidade. Este fato evidencia a situação desfavorável para os indivíduos arbóreos, enquanto existência de condições favoráveis para o seu pleno desenvolvimento, e a falta de qualidade da arborização urbana no sentido do melhor aproveitamento de espécies e sem a ocorrência de pragas e doenças ou, ainda, da incorporação do regionalismo[18] aos projetos urbanos.

Na SEMMA, ainda foi possível verificar o desejo de se ampliar os estudos de caracterização da vegetação de Goiânia com o objetivo de elaborar um Plano Diretor de Arborização Urbana para a cidade. Existe a participação de técnicos no avanço dos trabalhos, o que pode ser observado com a concretização do Viveiro de Produção de Mudas Nativas que funciona em parceria, por meio de convênio firmado com a Universidade Federal de Goiás – UFG, localizado no Campus Samambaia, em área de domínio da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos. Neste viveiro já se iniciou o processo de produção de mudas, tanto para a arborização de vias quanto para a recomposição da vegetação de parques e áreas degradadas em fundos de vale.

Na Superintendência de Parques e Jardins a situação é um pouco diferente. Nesta que responde pela execução do plantio das mudas das espécies arbóreas, não foi verificado o cumprimento do planejamento elaborado pela SEMMA, tampouco a existência de um método técnico-científico estabelecido para a escolha das espécies a serem plantadas. É realizado um plantio empírico, onde as espécies, a princípio, são escolhidas: i) pela situação do entorno do local onde serão dispostas, pois há um vistoria prévia do local que irá receber a muda; ii) por disponibilidade de mudas e; iii) por "modismos" impostos pelas qualidades paisagísticas da espécie, principalmente no que se refere à qualidade de sua floração.

[18] O regionalismo diz respeito à possibilidade de inserção, em termos referenciais, de qualidades projetuais que remetam à valorização dos elementos locais ao imaginário do usuário dos espaços.

No levantamento realizado na Superintendência de Parques e Jardins foram identificadas as seguintes espécies, exóticas do cerrado, atualmente usadas para o plantio em vias urbanas são: *Licania tomentosa* (Benth.) Fritch (oiti), *Tibouchina granulosa* Cogn. (Quaresmeira) e *Bauhinia* (Pata de Vaca). Desta última podem ser encontradas diferentes espécies, *Bauhinia fortificata* Link., *Bauhinia variegata* L., *Bauhinia balakeana* Dunn., *Bauhinia longifólia* (Bong.) Steud.**,** devendo-se observar que dentre as espécies de *Bauhinia* enumeradas, somente sobre última encontrou-se referência de ocorrência nos cerradões.

É importante ressaltar que esta situação prevalece, pois esta Superintendência, conforme já mencionado, realiza o plantio de árvores no ambiente urbano. Todo este contexto leva à conclusão de que existem inúmeros problemas no que se refere à arborização urbana de Goiânia, fazendo crer que a produção de informações técnicas é fundamental para a reversão da realidade atual.

A realidade encontrada na ocasião das visitas para a identificação das espécies dentre aquelas que vêm sendo usadas na arborização de Goiânia-GO demonstrou que: i) não existe um processo definido acerca da escolha e seleção de espécies; ii) há ações em andamento no sentido de se requalificar a arborização de Goiânia-GO, mas ainda sem diretrizes definidas no sentido de se apontar uma lista de espécies adequadas à arborização urbana desta cidade.

4.1.2 Seleção das espécies

Perante os objetivos propostos, e a realidade verificada[19] nas visitas aos órgãos de planejamento e execução do plantio da arborização urbana da cidade de Goiânia-GO, as espécies estudadas foram selecionadas considerando-se, a sua origem, isto é, nativas do Brasil, aliada às características de porte, existência de folhas na copa nos meses de agosto a outubro, possibilidade de adequação das espécies aos ambientes urbanos e suas qualidades ornamentais.

Outro fator determinante para a seleção referiu-se à disponibilidade de indivíduos arbóreos cujas condições de entorno propiciassem a realização da coleta de dados. Considerou-se, ainda, que os indivíduos arbóreos deveriam estar em estágio adulto e com características físicas representativas da espécie.

[19] Ou seja, não há indicativos de espécies a serem utilizadas na arborização de vias urbanas.

Assim sendo, foram selecionadas as seguintes espécies:

- *Lophantera lactescens* Ducke – chuva-de-ouro;
- *Caesalpinia peltophoroides* Benth. – sibipiruna;
- *Sapindus saponaria* L. – saboneteira;
- *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville – barbatimão.

A seguir, ressaltam-se as características relevantes de cada uma das espécies selecionadas, relativas à delimitação do estudo proposto, isto é, a análise de espécies nativas do Brasil com potencial uso para a arborização de vias urbanas, de acordo com as indicações de Lorenzi (1998, 2000).

4.2 Caracterização geral das espécies selecionadas

4.2.1 *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro

A ocorrência natural da espécie *Lophantera lactescens,* pertencente à família Mapighiaceae, é na região amazônica, na mata de várzea alta (LORENZI, 2000).

Suas características morfológicas demonstram que a altura dos indivíduos arbóreos desta espécie varia de 10 m a 20 m, o que a classifica como espécie de grande porte (MASCARÓ; MASCARÓ, 2002), e o tronco apresenta diâmetro entre 30 e 40 cm. As folhas são simples com 16 cm a 22 cm de comprimento por 8 cm a 11 cm de largura.

Floresce nos meses de fevereiro a maio com a maturação dos frutos em setembro e outubro. Devido à sua floração exuberante (Figuras 4.1 e 4.2), é recomendada para o paisagismo sendo uma espécie difundida no sudeste do país onde á empregada na arborização urbana. Pode, ainda, ser usada na recomposição de áreas degradadas (LORENZI, 2000).

Figura 4.1: Árvore adulta de *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.
Fonte: Lorenzi (2000).

Figura 4.2: Detalhe da copa e floração de *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.
Fonte: Lorenzi (2000).

4.2.2 *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna

Quanto à origem desta espécie, pertencente à família Leguminosae-Caesalpinoidae, há controvérsias. Lorenzi (1998) especifica sua ocorrência na Mata Atlântica do Rio de Janeiro, havendo, no entanto, informações deste mesmo autor sobre sua ocorrência no Pantanal Mato-grossense.

No que se refere às características morfológicas, a espécie apresenta altura entre 8 m e 16 m, caracterizando-se como uma espécie de médio a grande porte de acordo com Mascaró, L. e Mascaró, J. (2002). O tronco pode apresentar-se com diâmetro de 30 cm a 40 cm. As mudas, com desenvolvimento moderado, podem alcançar 3 m de altura aos dois anos. Floresce no final do mês de agosto até meados de novembro. Os frutos amadurecem do final de julho a meados de setembro (LORENZI, 1998).

Largamente utilizada no paisagismo, devido às suas características ornamentais, representa uma das espécies mais utilizadas na arborização de ruas na região centro-sul do país (LORENZI, 1998). Informação esta que se confirma em Goiânia, onde esta espécie foi a segunda mais encontrada na arborização das vias urbanas, conforme Plano Diretor de Arborização Urbana de Goiânia (apud SASSINE, 2008) representando 17% dos indivíduos encontrados.

Figura 4.3: Árvore adulta de *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.
Fonte: Lorenzi (1998).

Figura 4.4: Detalhe da copa e floração de *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.
Fonte: Lorenzi (1998).

4.2.3 *Sapindus saponaria* – saboneteira

Esta espécie, pertencente à família Sapindaceae, ocorre na região amazônica até Goiás e Mato Grosso, nas florestas pluvial e semidecídua, segundo Lorenzi (2000)

Suas características morfológicas, de acordo com este autor, demonstram que sua altura varia de 5 m a 9 m, com o tronco apresentando-se com diâmetro de 30 cm a 40 cm. O desenvolvimento das mudas em local definitivo é considerado moderado podendo atingir 2,5 m aos dois anos. Floresce de abril a junho com a maturação dos frutos ocorrendo de setembro a outubro.

Seu porte, de pequeno a médio (MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J., 2002), e sua característica de copa globosa e perenifólia cuja densidade proporciona um sombreamento adequado para vias de pedestres, faz com que seja uma das espécies mais cultivadas para a arborização urbana no país. Recomendada ainda para o paisagismo em geral, pode ser implantada no reflorestamento de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 2000).

Figura 4.5: Árvore adulta de *Sapindus saponaria* – saboneteira.
Fonte: Lorenzi (2000).

Figura 4.6: Detalhe da copa e floração de *Sapindus saponaria* – saboneteira.
Fonte: Lorenzi (2000).

4.2.4 *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão

Segundo Lorenzi (2000) e Silva Junior (2005), o Barbatimão ocorre desde o Para até São Paulo e Mato Grosso do Sul, no cerrado sentido restrito e no cerradão. Pertence à família Leguminosae-Mimosoideae.

Suas características morfológicas, de acordo com Lorenzi (2000), demonstram que sua altura varia de 4 m a 5 m, sendo classificada como de pequeno porte, segundo Mascaró, L. e Mascaró, J. (2002) com o tronco apresentando-se com diâmetro de 20 cm a 30 cm. O desenvolvimento das mudas é lento, de 10 a 11 meses até que possam ser plantadas em local definitivo, onde alcança, no máximo, 2,5 m aos dois anos.

Floresce de meados de setembro até o final de novembro e os frutos amadurecem de julho a setembro (LORENZI, 2000).

Devido ao seu pequeno porte, sua característica de copa globosa cuja densidade proporciona um sombreamento adequado para vias de pedestres, é recomendada para a arborização de vias estreitas e também para o paisagismo em geral. Recomendada para plantios mistos em áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 2000; SILVA JUNIOR, 2005).

Figura 4.7: Árvore adulta de *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.
Fonte: Lorenzi, 2000.

Figura 4.8: Detalhe da copa e floração de *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.
Fonte: Lorenzi (2000).

4.3 Seleção dos locais de medição

Considerando o foco do trabalho, ou seja, estudo de espécies arbóreas passíveis de uso em arborização de vias com vistas à otimização do conforto térmico nos ambientes urbanos, procedeu-se à tomada de dados (medições) em ambientes urbanos do Município de Goiânia, GO.

Os locais para a realização das medições obedeceram as seguintes condições:

a) situar-se em ilha central de avenida ou em espaço aberto de área urbanizada;
b) existir pavimentação artificial, edifícios em seu entorno e elementos que caracterizem condições de urbanização;
c) inexistir sombreamento do indivíduo estudado por qualquer tipo de elemento físico construído ou por outro indivíduo arbóreo.

Assim, de acordo com as condições previstas e com as espécies selecionadas, chegou-se à localização dos indivíduos arbóreos em duas condições distintas:

a) em canteiro central de avenida, nos casos da sibipiruna e da saboneteira;
b) em espaço aberto de áreas urbanizadas nos casos da chuva-de-ouro e do barbatimão.

A localização dos indivíduos no Município de Goiânia – GO está representada na Figura 4.9 e relacionada à posição da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, cujos dados foram considerados na análise dos resultados.

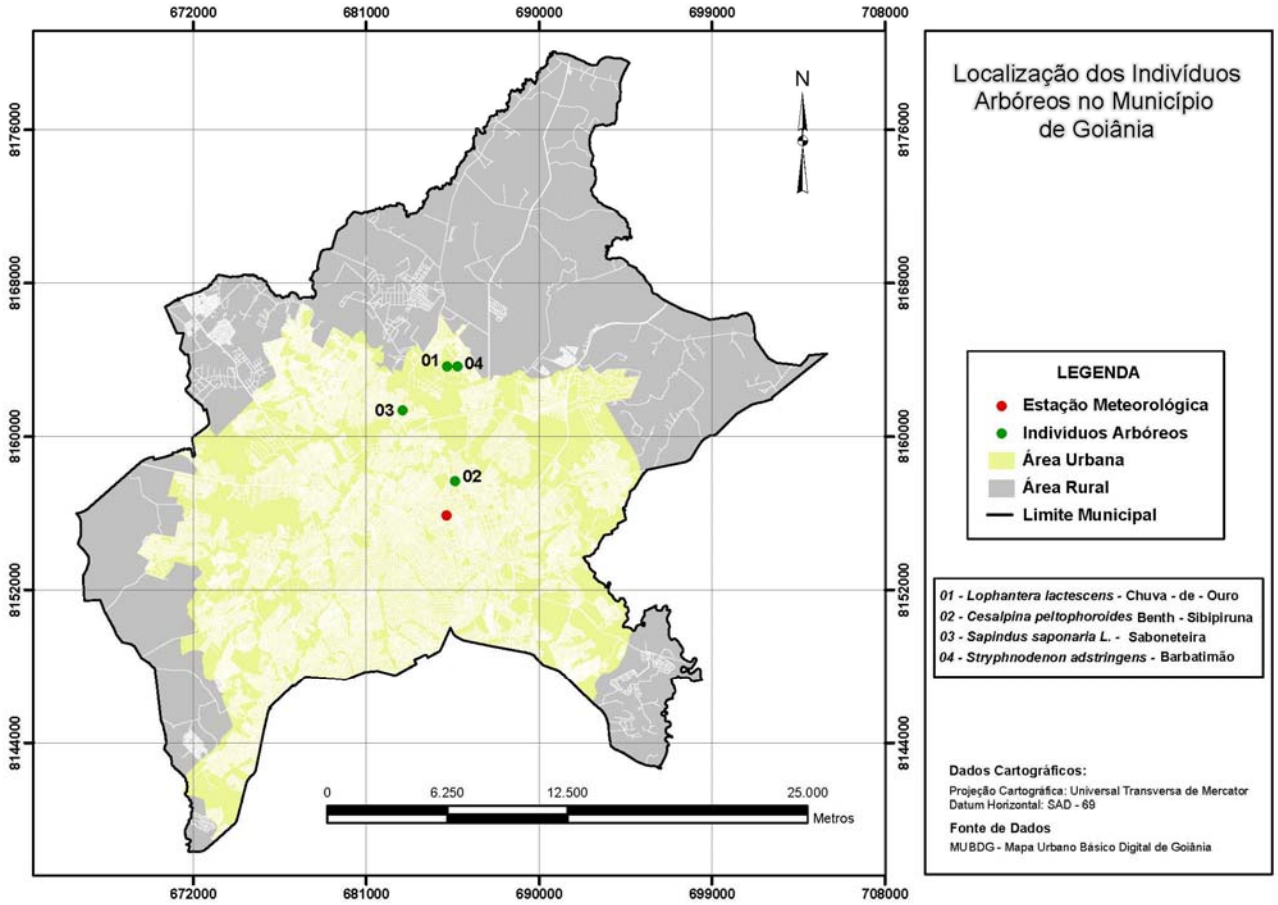


Figura 4.9: Localização dos indivíduos arbóreos analisados no município de Goiânia-GO.

4.4 Equipamentos

A realização das medições deu-se por meio de quatro conjuntos de termômetros, cada um composto por um termômetro de globo negro e um psicrômetro de ventilação natural para a obtenção dos valores de temperatura de globo negro e umidade relativa do ar, respectivamente. Para as medições de temperatura ambiente foram utilizados os termômetros de bulbo seco (escala de -10 °C a 50 °C) existentes nos psicrômetros de ventilação natural (Foto 4.1). Para as medições da temperatura de globo negro foram utilizados termômetros de bulbo seco (escala -10 °C a 110 °C) inseridos em globos negros (Foto 4.2).

Foto 4.1: Psicrômetro de ventilação natural.

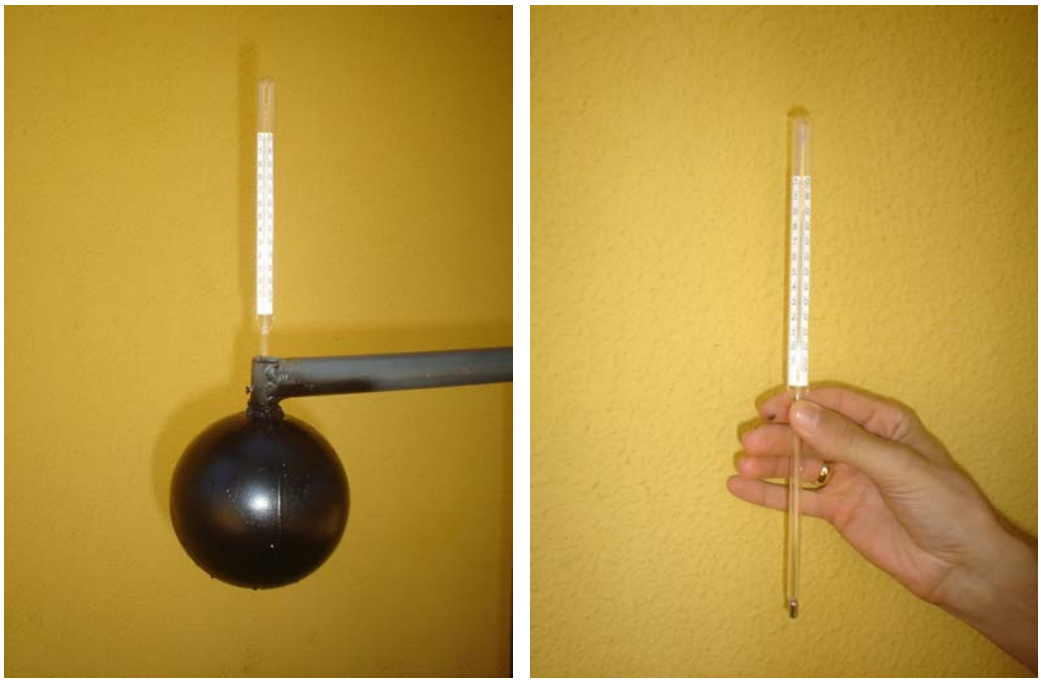


Foto 4.2: À esquerda termômetro de bulbo seco inserido no globo negro. À direita detalhe do termômetro de bulbo seco.

Cada conjunto de termômetros foi fixado a um suporte com altura de 1,30 m (altura média do tórax de uma pessoa adulta) conforme demonstrado na Foto 4.3.

Foto 4.3: Conjunto de termômetros composto do psicrômetro de ventilação natural e do termômetro de bulbo seco inserido no de globo negro. Detalhe da altura do equipamento a 1,30 m.

Para a determinação da velocidade média do vento foi utilizado um anemômetro digital portátil da marca Windmesser (Foto 4.4).

Foto 4.4: Anemômetro digital portátil.

4.5 Coleta de dados

A coleta dos dados foi realizada nos meses de setembro, outubro e início de novembro do ano de 2007, dando-se, portanto, preferência aos períodos críticos do ano (período quente e seco) em relação ao desconforto térmico. Ressalta-se que, para a adequação ambiental e o conforto térmico, o dia típico de projeto para o município de Goiânia corresponde ao dia 15 de setembro (FERNANDES, 2002).

Foi adotado um número de três dias de coleta de dados para cada espécie arbórea. Em cada dia, os dados foram coletados, de hora em hora, no período das 10h às 14h. A determinação do período-horário deu-se pela especificidade do trabalho, cujo objetivo foi quantificar a influência do indivíduo no microclima de seu entorno imediato. Desta forma interessaram os períodos do dia em que a sombra, de cada indivíduo analisado, se encontrasse, efetivamente, sob a sua copa e no entorno de seu tronco. O que não ocorre nos horários que antecedem e sucedem o período determinado.

Os equipamentos foram dispostos, linearmente[20], conforme Figura 4.10, permanecendo nas posições durante todo o experimento:

a) o primeiro confortímetro (EQ. 1) à sombra, a 1 m do tronco da árvore;
b) o segundo (EQ. 2) a 5 m do tronco da árvore;
c) o terceiro (EQ. 3) a 10 m do tronco da árvore;
d) o quarto (EQ. 4) a 15 m do tronco da árvore.

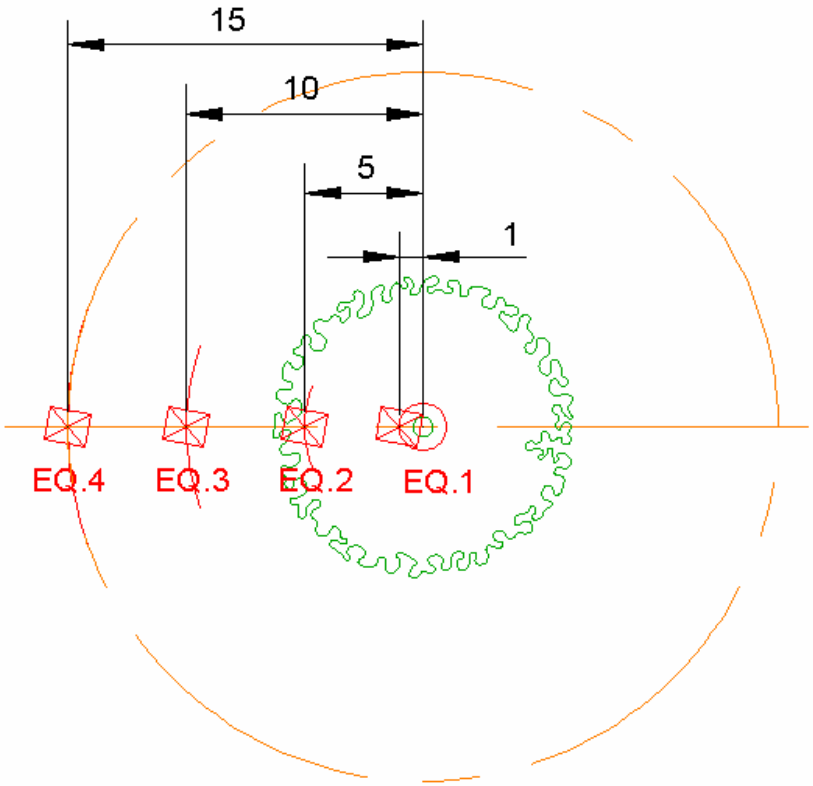


Figura 4.10: Representação esquemática da disposição dos equipamentos em relação aos indivíduos arbóreos analisados (distâncias em metros).

O raio de estudo proposto foi de 15 m a partir do tronco de cada árvore analisada. Esta dimensão baseou-se primeiramente em uma estimativa considerando o diâmetro da copa dos indivíduos arbóreos das espécies analisadas[21] e na necessidade de que o equipamento posicionado a esta distância permanecesse ao sol durante o período horário analisado, ou seja, das 10h às 14h.

[20] Com exceção do indivíduo da espécie saboneteira onde as condições de entorno não propiciaram esta disposição (Figura 5.22 – Capítulo 5).
[21] O diâmetro das copas dos indivíduos arbóreos analisados variou de 3 m a 10 m.

Além destas considerações, a proposta considerou os estudos e resultados preliminares de Abreu e Labaki (2007) que propuseram distâncias de 10 m, 25 m e 50 m em relação ao tronco da árvore. Neste contexto, o presente estudo propõe, para a verificação da existência de possíveis raios de influência de indivíduos arbóreos, distâncias intermediárias e menores àquelas propostas pelas pesquisadoras referenciadas, ou seja, raio máximo de influência a 15 m do tronco da árvore, e os demais equipamentos posicionados da seguinte forma: 1 m do tronco (sombra), a 5 m do tronco, a 10 m do tronco e no limite da distância, ou seja, 15m.

4.6 Métodos de tratamento e de análise dos resultados

4.6.1 Temperatura de Bulbo Seco – TBS

A interpretação e análise das temperaturas dos termômetros de bulbo seco (temperatura ambiente), dos quatro equipamentos, para cada indivíduo arbóreo, baseou-se em tabelas e gráficos, tendo como hipótese para a confirmação da existência dos raios de influência que: TBS 1 m (sombra) < TBS 5 m < TBS 10 m < TBS 15 m (sol).

A avaliação do efeito proporcionado pelos indivíduos arbóreos sobre a Temperatura de Bulbo Seco em seu entorno imediato foi realizada mediante o cálculo das Variações Relativas (VR's) da TBS, cujo objetivo foi demonstrar a influência da árvore na atenuação dos valores desta variável ambiental a distâncias previamente determinadas (raios de influência) tendo como hipótese a ser confirmada: VR 1 m (sombra) > VR 5 m > VR 10.

Como parâmetros fixos para a determinação percentual das VR's de TBS foram adotados os valores referentes aos equipamentos posicionados a 15 m do tronco de cada indivíduo arbóreo, considerado, em todos os casos a pleno sol.

Os valores percentuais das VR's foram obtidos por meio das relações sombra / sol, 5 m / sol e 10 m / sol, considerando-se que a componente sol (valores do equipamento posicionado a 15 m) foi o parâmetro de padronização para a quantificação percentual da influência da árvore sobre seu entorno, conforme as equações 4.1, 4.2 e 4.3 (BUENO, 1998):

$$\boldsymbol{VR_{TA}} = \frac{T_{Asol} - T_{Asombra}}{T_{Asol}} \times 100 \qquad \text{(Equação 4.1)}$$

Em que:

VR_{TA} = Variação Relativa da Temperatura Ambiente (%);

$T_{A\ sol}$ = Temperatura Ambiente ao sol (°C) – equipamento posicionado a 15 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado;

$T_{A\ sombra}$ = Temperatura Ambiente a sombra (°C) – equipamento posicionado a 1 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado.

$$\boldsymbol{VR_{TA}} = \frac{T_{Asol} - T_{A5\ m}}{T_{Asol}} \times 100 \qquad \text{(Equação 4.2)}$$

Em que:

VR_{TA} = Variação Relativa da Temperatura Ambiente (%);

$T_{A\ sol}$ = Temperatura Ambiente ao sol (°C) – equipamento posicionado a 15 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado;

$T_{A\ 5\ m}$ = temperatura ambiente a 5 m (°C) – equipamento posicionado a 5 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado.

$$\boldsymbol{VR_{TA}} = \frac{T_{Asol} - T_{A10\ m}}{T_{Asol}} \times 100 \qquad \text{(Equação 4.3)}$$

Em que:

VR_{TA} = Variação Relativa da Temperatura Ambiente (%);

$T_{A\ sol}$ = Temperatura Ambiente ao sol (°C) – equipamento posicionado a 15 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado;

$T_{A\ 10\ m}$ = Temperatura Ambiente a 10 m (°C) – equipamento posicionado a 10 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado.

4.6.2 Umidade Relativa do Ar – UR

Os valores de Umidade Relativa do Ar (UR) foram determinados por meio do *software* PLUS – *Psychrometric Look-up Substitute,* desenvolvido por Albright (1990).

Os dados informados na utilização do referido *software* foram: a altitude média do Município de Goiânia, cujo valor considerado foi de 740 m, e as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido dos psicrômetros de ventilação natural.

A interpretação e análise dos resultados de UR, para cada indivíduo arbóreo, basearam-se em tabelas e gráficos tendo como hipótese a ser confirmada que: UR 1 m (sombra) > UR 5 m > UR 10 m > UR 15 m (sol).

A avaliação do efeito proporcionado pelos indivíduos arbóreos na Umidade Relativa do Ar em seu entorno imediato foi realizada mediante o cálculo das Variações Relativas da UR cujo objetivo foi demonstrar a influência da árvore no incremento dos valores desta variável ambiental a distâncias previamente determinadas (raios de influência), tendo como hipótese a ser confirmada: VR 1 m (sombra) > VR 5 m > VR 10 m.

Como parâmetros fixos para a determinação percentual das VR's foram adotados os valores referentes ao equipamento posicionado a 15 m do tronco de cada indivíduo arbóreo, considerado a pleno sol.

O valores percentuais das VR's foram obtidos por meio das relações sombra / sol, 5 m / sol e 10 m / sol, considerando-se que a componente sol (equipamento posicionado a 15 m) foi o parâmetro de padronização para a quantificação percentual da influência da árvore sobre seu entorno, conforme as Equações 4.4, 4.5 e 4.6 (BUENO, 1998):

$$\boldsymbol{VR_{UR}} = \frac{UR_{sombra} - UR_{sol}}{UR_{sol}} \times 100 \qquad \text{(Equação 4.4)}$$

Em que:

VR_{UR} = Variação Relativa da Umidade Relativa do Ar (%);

UR_{sombra} = Umidade Relativa do Ar à sombra (%) – equipamento posicionado a 1 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado;

UR_{sol} = Umidade Relativa do Ar ao sol (%) – equipamento posicionado a 15 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado;

$$\boldsymbol{VR_{UR}} = \frac{UR_{5m} - UR_{sol}}{UR_{sol}} \times 100 \qquad \text{(Equação 4.5)}$$

Em que:

VR_{UR} = Variação Relativa da Umidade Relativa do Ar (%);

UR_{5m}= Umidade Relativa do Ar à 5 m (%) – equipamento posicionado a 5 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado.;

UR_{sol} = Umidade Relativa do Ar ao sol (%) – equipamento posicionado a 15 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado.

$$\boldsymbol{VR_{UR}} = \frac{UR_{10m} - UR_{sol}}{UR_{sol}} \times 100 \qquad \text{(Equação 4.6)}$$

Em que:

VR_{UR} = Variação Relativa da Umidade Relativa do Ar (%);

UR_{10m} = Umidade Relativa do Ar a 10 m (%) – equipamento posicionado a 10 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado;

UR_{sol} = Umidade Relativa do Ar ao sol (%) – equipamento posicionado a 15 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado.

4.6.3 Carga Térmica Radiante – CTR

Como parâmetro matemático de análise dos efeitos da radiação solar sob a influência dos indivíduos arbóreos analisados, houve a necessidade do uso de um fator que contemplasse o uso e a combinação dos dados obtidos em campo. Dentre os já estudados e consagrados pelo uso tem-se o Índice de Carga Térmica Radiante (CTR), proposto por Esmay (1979) que considera para sua determinação a Tempertura Radiante Média a qual se refere a temperatura média do conjunto de todas as superfícies reais e virtuais ao redor de um indivíduo. Este troca com as superfícies uma quantidade de energia denominada carga térmica radiante, definida como a quantidade total de energia térmica trocada por um indivíduo através da radiação com o meio ambiente (SILVA, I; SILVA, K; NÄÄS, 1998).

$$\mathbf{CTR = \varepsilon\ (TRM)^4} \qquad \text{(Equação 4.7)}$$

Em que:

CTR = Carga Térmica Radiante em W / m²

ε = Constante de Stefan-Boltzmann (5,67 x 10^{-8} K^4W/m^2)

TRM = Temperatura Radiante Média (°C), conforme equação 2 (SILVA et al., 1998)

$$\mathbf{TRM = tg + 0{,}24v^{1/2}\ (tg - ts)} \qquad \text{(Equação 4.8)}$$

Em que:

TRM = temperatura radiante média (°C)

tg = temperatura de globo negro (°C)

ts = temperatura de bulbo seco (°C)

v = velocidade do vento (m/s).

Da análise das equações depreende-se que este índice representa a combinação das variáveis físicas que interferem nas condições de conforto percebidas pelo homem e as quais são objetos do presente estudo.

A interpretação e análise dos resultados basearam-se em tabelas e gráficos tendo como hipótese a ser confirmada que: CTR 1 m (sombra) < CTR 5 m < CTR 10 m < CTR 15 m (sol).

A avaliação do efeito proporcionado pelos indivíduos arbóreos sobre a CTR em seu entorno imediato foi realizada mediante o cálculo das Variações Relativas (VR) da CTR cujo objetivo foi demonstrar a influência da árvore na atenuação dos valores desta variável ambiental a distâncias previamente determinadas (raios de influência) tendo como hipótese a ser confirmada: VR 1 m (sombra) > VR 5 m > VR 10 m.

Como parâmetros fixos para a determinação percentual das VR's de CTR foram adotados os valores referentes ao equipamento posicionado a 15 m do tronco de cada indivíduo arbóreo, considerado, em todos os casos a pleno sol.

O valores percentuais das VR's foram obtidos por meio das relações sombra / sol, 5 m / sol e 10 m / sol, considerando-se que a componente sol (valores do equipamento posicionado a 15 m) foi o parâmetro de padronização para a quantificação percentual da influência da árvore sobre seu entorno, conforme as equações 4.7, 4.8 e 4.9 (BUENO, 1998):

$$\boldsymbol{VR_{CTR}} = \frac{CTR_{sol} - CTR_{sombra}}{CTR_{sol}} \times 100 \qquad \text{(Equação 4.9)}$$

Em que:

VR_{CTR} = Variação Relativa da Carga Térmica Radiante (%);

CRT_{sol} = Carga Térmica Radiante ao sol (W m^{-2});

CTR_{sombra} = Carga Térmica Radiante a sombra (W m^{-2}); – equipamento posicionado a 1 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado.

$$\boldsymbol{VR_{CTR\ 5\ m}} = \frac{CTR_{sol} - CTR_{5m}}{CTR_{sol}} \times 100 \qquad \text{(Equação 4.10)}$$

Em que:

VR_{CTR} = Variação Relativa da Carga Térmica Radiante (%);

CRT_{sol} = Carga Térmica Radiante ao sol (W m^{-2});

CTR_{5m} = Carga Térmica Radiante a 5 m (W m^{-2}) – equipamento posicionado a 5 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado.

$$\boldsymbol{VR_{CTR}}_{10\,m} = \frac{CTR_{sol} - CTR_{10m}}{CTR_{sol}} \times 100 \qquad \text{(Equação 4.11)}$$

Em que:

VR_{CTR} = Variação Relativa da Carga Térmica Radiante (%);

CRT_{sol} = Carga Térmica Radiante ao sol (W m^{-2});

CTR_{10m} = Carga Térmica Radiante a 10 m (W m^{-2}); – equipamento posicionado a 10 m do tronco do indivíduo arbóreo analisado.

4.6.4 Influência dos indivíduos arbóreos no microclima de seu entorno imediato

A avaliação da influência exercida por cada indivíduo arbóreo no microclima de seu entorno imediato com vistas à verificação do efeito da árvore sobre o conforto térmico foi realizada considerando as variáveis ambientais temperaturas de bulbo seco, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

Para esta análise foram aplicados os critérios de conforto para climas quentes conforme a Carta Bioclimática de Olgyay (1998) adaptada por Koenigsberger et al. (apud FROTA; SHIFFER, 1995; SANTOS NETO, 1995) para habitantes de regiões de climas quentes (Figura 4.11) e observando-se que, segundo Ogyay[22] (1968 apud VILLAS BOAS, 1985), o nível de conforto térmico para regiões de climas quentes segue a temperatura média do verão e corresponde aproximadamente ao nível ótimo de conforto para os indivíduos aclimatados.

[22] OLGYAY, V. **Clima y Arquitectura en Colômbia.** Universidade del Valle, Cali, Colômbia, 1968.

Com base neste critério, a zona de conforto para Goiânia situar-se-ia entre 21,5°C a 27,6°C, conforme as Normais Climatológicas do período 1961-1990 (BRASIL, 1992) (Tabela 3.1).

Considerando as temperaturas médias máximas e as médias mínimas, conforme as Normais Climatológicas de 1961-1990 (Tabela 3.1), em todos os meses do ano as temperaturas médias máximas situam-se fora do limite superior e as médias mínimas[23] abaixo do limite inferior da zona de conforto o que, devido às pequenas diferenças entre os limites definidos e as temperaturas médias das máximas e médias das mínimas, indicadas pelas Normais, não representam grandes distorções em relação à ao nível de conforto térmico para a região de Goiânia, GO, sendo possível atingi-la por meio de dispositivos de controle, como, por exemplo, a arborização urbana.

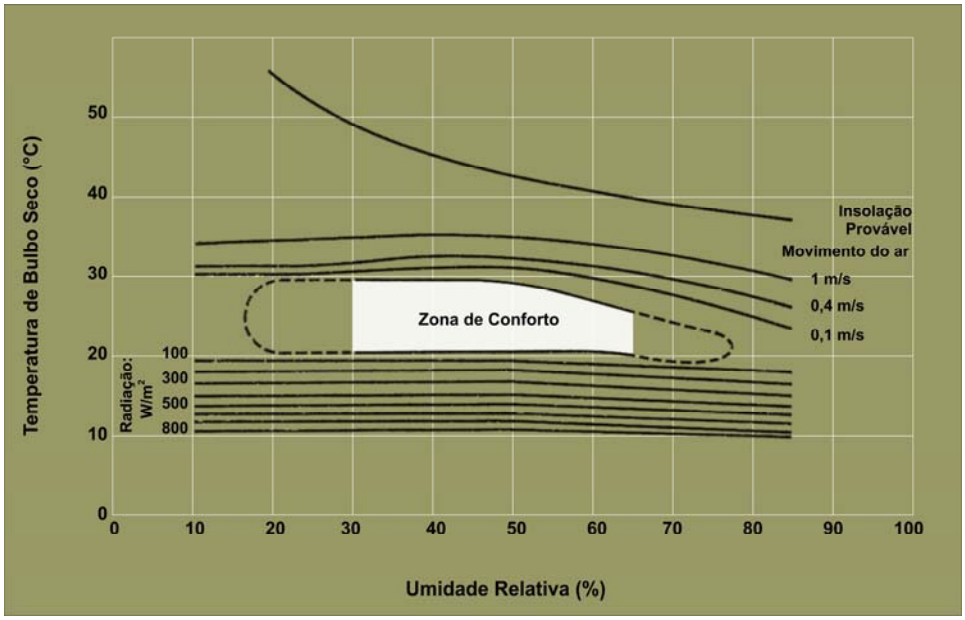


Figura 4.11: Carta Bioclimática de Olgyay adaptada por Koeningsberger et al. para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 "clo".
Fonte: Adaptado de Frota e Shiffer (1995).

A partir dos pressupostos elencados acerca do critério de conforto térmico para regiões de climas quentes realizou-se a plotagem dos pontos cujas ordenadas referiram-se à

[23] Há de se considerar, na análise das Normais Climatológicas, que a temperatura média máxima e a média mínima representam a tendência média das temperaturas vespertinas, por volta das 15h, e das temperaturas do final da madrugada, antes do sol raiar, respectivamente (VIANELLO; ALVES, 2000; FERNANDES, 2006), o que a vivência na região de estudo pode confirmar.

Temperatura de Bulbo Seco e as abscissas à Umidade Relativa do Ar. Os valores considerados para a análise foram:

a) os valores das Normais Climatológicas do período 1961-1990 (BRASIL, 1992) para os meses relativos às medições em campo, ou seja, setembro, outubro e novembro;
b) média aritmética das Temperaturas Diárias Máximas do Ar[24], conforme INMET (2008a; 2008b; 2008c; 2008d), dos três dias considerados para cada indivíduo arbóreo;
c) média aritmética das Temperaturas de Bulbo Seco, às 10h e às 14h obtidas em campo, à pleno sol (equipamento posicionado a 15m do tronco) e à sombra da árvore, dos três dias de coleta dos dados;
d) média aritmética das Umidades Relativas do Ar, conforme INMET (2008a; 2008b; 2008c; 2008d), dos três dias considerados para cada indivíduo arbóreo;
e) média aritmética das Umidades Relativas do Ar, às 10h e às 14h verificadas em campo, à pleno sol (equipamento posicionado a 15m do tronco) e à sombra da árvore, dos três dias de coleta de dados.

O critério para a definição dos valores a utilizados nesta análise pautou-se pelas seguintes considerações:

a) os valores apresentados pelas Normais Climatológicas (BRASIL, 1992) representam as tendências do macro clima para a região de Goiânia nos meses que os experimentos abrangeram;
b) os valores do INMET (2008a; 2008b; 2008c; 2008d) representam àqueles relacionados à meso escala climática do município de Goiânia-GO, mais especificamente à zona urbana, para os dias nos quais foram realizados os experimentos, pois os valores apresentados referem-se à Estação Meteorológica do INMET situada na malha urbana, conforme demonstra Figura 4.11 (Capítulo 4).
c) os valores de Temperaturas de Bulbo Seco (TBS) e Umidades Relativas do Ar (UR), obtidos em campo para o presente estudo, às 10h e às 14h, correspondem à micro escala climática e representam duas situações extremas. O primeiro horário refere-se à hipótese de que ainda seria possível verificarem-se condições de conforto térmico por situar-se no período da manhã, no qual as trocas térmicas e efeitos proporcionados pela incidência da radiação solar estariam apenas iniciando. O segundo horário considerado refere-se à hipótese de que já se configura um horário crítico para as

[24] As Temperaturas Diárias Máximas correspondem àquelas verificadas em campo, às 14h.

questões que afetam o conforto térmico para o clima da região e o período do ano considerado, ou seja, ocorre o aumento significativo da temperatura do ar, representada pela TBS e a redução da Umidade Relativa do Ar (UR);

d) considerou-se os valores relativos ao equipamento a pleno sol (15m do tronco da árvore) e à sombra também por representarem as duas situações extremas no que se refere ao conforto térmico. A pleno sol a hipótese é a de desconforto e à sombra a possibilidade da adequação ambiental para dentro dos limites de conforto considerados;

Com base nestes valores procedeu-se a análise das situações encontradas a partir dos pressupostos de Olgyay (1998) e Villas Boas (1985) acerca do conforto térmico.

4.6.5 Planejamento experimental

O trabalho foi conduzido inteiramente casualizado, com três repetições correspondendo aos dias de coleta das variáveis microclimáticas.

Para analisar a influência de cada espécie isoladamente, em relação ao seu entorno imediato, foi realizada uma análise de variância para a verificação da influência dos tratamentos sobre as variáveis resposta. Os tratamentos corresponderam às três posições dos equipamentos, ou seja, equipamento à sombra, a 5 m e a 10 m do tronco de cada árvore.

As variáveis resposta analisadas corresponderam aos valores médios da Variação Relativa para Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Umidade Relativa do Ar (UR) e Carga Térmica Radiante (CTR).

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os cálculos estatísticos foram realizados com a utilização do software ESTAT – Sistema de Análises Estatísticas desenvolvido pelo Polo Computacional do Departamento de Ciências Exatas da UNESP – Campus de Jaboticabal.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro

5.1.1 O entorno imediato

O indivíduo analisado localiza-se no limite da área urbana do município de Goiânia, no Campus Samambaia da Universidade Federal de Goiás (Figura 5.1).

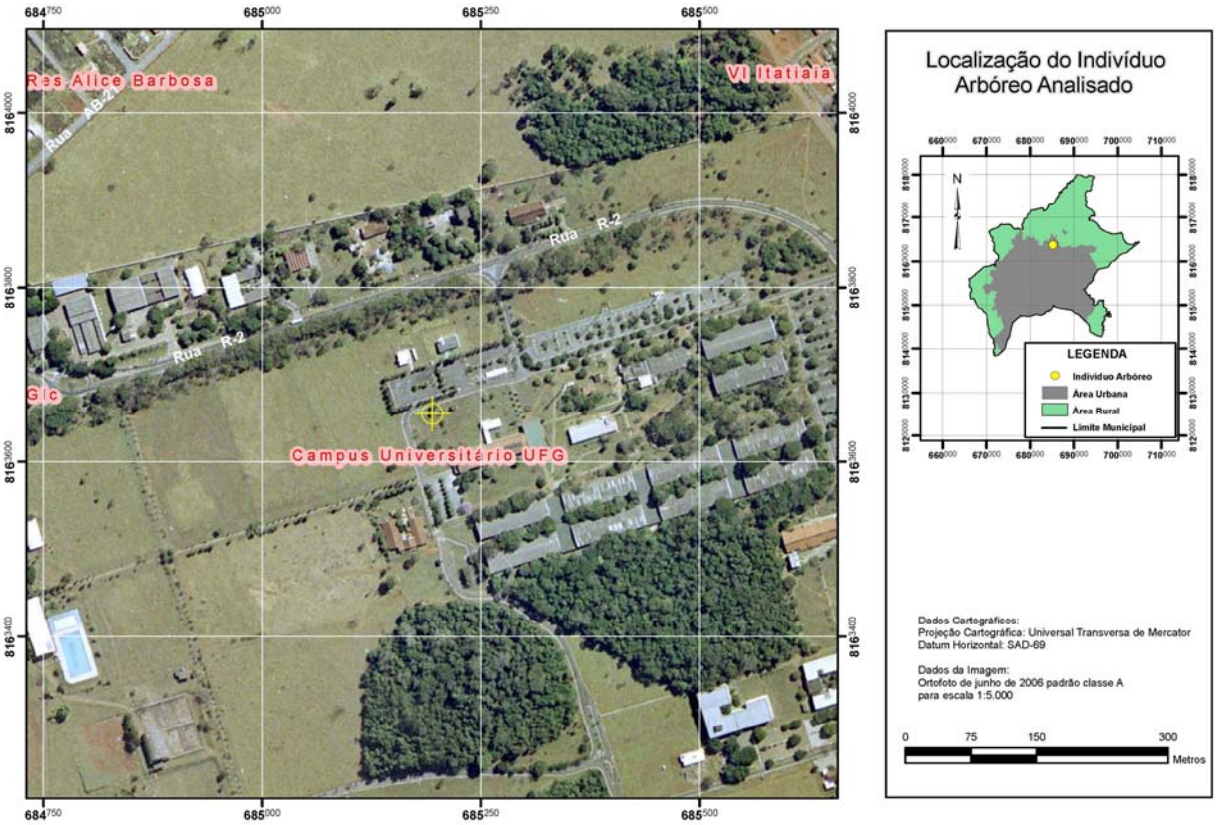


Figura 5.1: Localização do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro na área urbana de Goiânia-GO.
Fonte: Modificado de Goiânia (2006).

Seu entorno imediato caracteriza-se pela presença de gramado revestindo o solo, pavimentação asfáltica na pista de rolamento localizada a aproximadamente 10 m do tronco. Há a presença de edifícios e de pátio de estacionamento pavimentado, os quais, no entanto, encontram-se fora do raio de influência considerado para o estudo.

O posicionamento dos equipamentos ocorreu segundo a direção leste-oeste, inclinado aproximadamente 15° em relação a esta.

O esquema apresentado na Figura 5.2 e as Fotos 5.1, 5.2 e 5.3 demonstram as condições locais e a disposição dos equipamentos em relação ao indivíduo arbóreo analisado.

A Figura 5.2 mostra a representação esquemática do entorno do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro. Verifica-se a presença de gramado revestindo o solo e a proximidade da pista de rolamento para veículos automotores com pavimentação asfáltica.

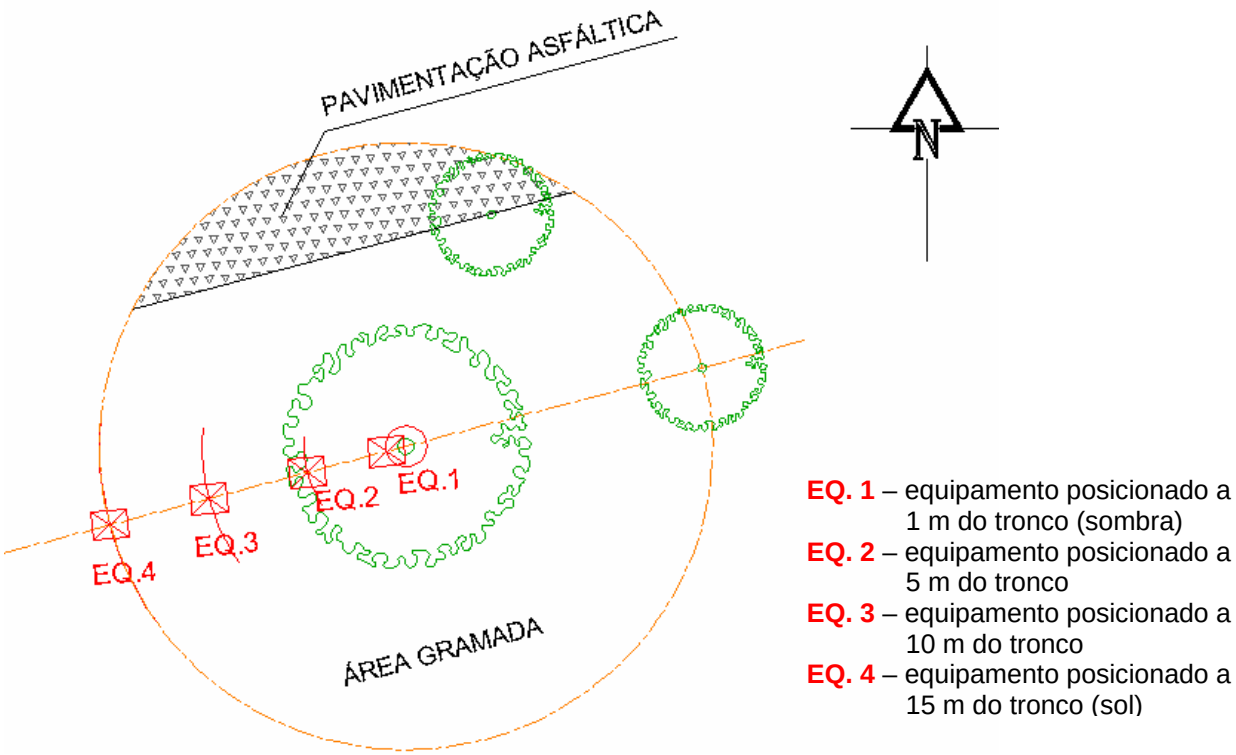


Figura 5.2: Representação esquemática do entorno do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

A Foto 5.1 ilustra as condições de entorno imediato da espécie chuva-de-ouro. Verifica-se a presença de gramado ressecado, devido à época seca, revestindo o solo.

A Foto 5.2 mostra as características do entorno do indivíduo estudado, destacando a proximidade com a pista de rolamento para veículos automotores e edificações ao fundo.

Foto 5.1: Indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro analisada e seu entorno imediato.

Foto 5.2: Vista da localização do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro analisada.

A Foto 5.3 demonstra o posicionamento dos equipamentos de medição das variáveis ambientais do entorno imediato do indivíduo arbóreo espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

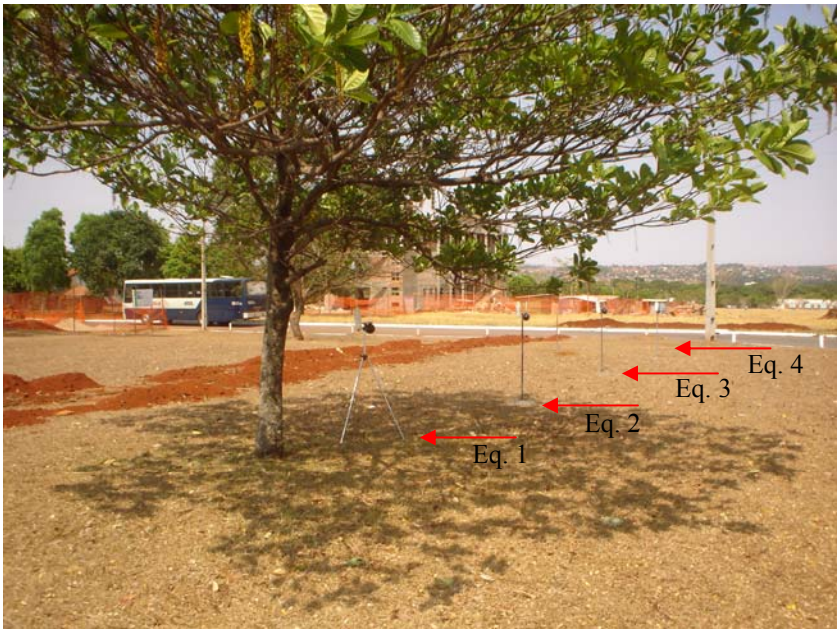


Foto 5.3: Posicionamento dos equipamentos de medição em relação ao indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro analisada.

5.1.2 O indivíduo arbóreo analisado

O indivíduo analisado da espécie *Lophantera lactescens*, popularmente conhecida como lofantera-da-amazônia e chuva-de-ouro (LORENZI, 2000), encontra-se em idade adulta, com altura aproximada de 8 m e diâmetro da copa de 6 m. O indivíduo possui copa larga na parte inferior e em formação na parte superior. Sua folhagem, em formação, apresenta folhas simples (LORENZI, 2000) sendo permeável ao vento e à radiação sol.

5.1.3 Análise dos resultados

Os dados, para este indivíduo, foram coletados nos dias 27, 28 e 29 do mês de setembro de 2007 os quais, em geral, caracterizaram-se por céu aberto e ventos de fracos a moderados (Quadro 5.1).

HORÁRIO	DIAS ANALISADOS		
	27/09/2007	28/09/2007	29/09/2007
10h	Céu aberto, vento moderado.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento moderado.
11h	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.
12h	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento moderado.
13h	Céu aberto, vento moderado.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.
14h	Céu aberto, vento forte.	Céu aberto, vento forte.	Céu aberto, vento fraco.

Quadro 5.1: Condição horária do tempo nos dias analisados para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

Os dados do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (Figura 5.3) para o mês de setembro demonstram que, para os dias analisados, as temperaturas diárias máximas variaram entre 35 °C a 37 °C, as mínimas de 21 °C a 23 °C, permanecendo as médias entre 28 °C e 29 °C. A umidade relativa do ar apresentou-se na ordem dos 35% (Figura 5.4).

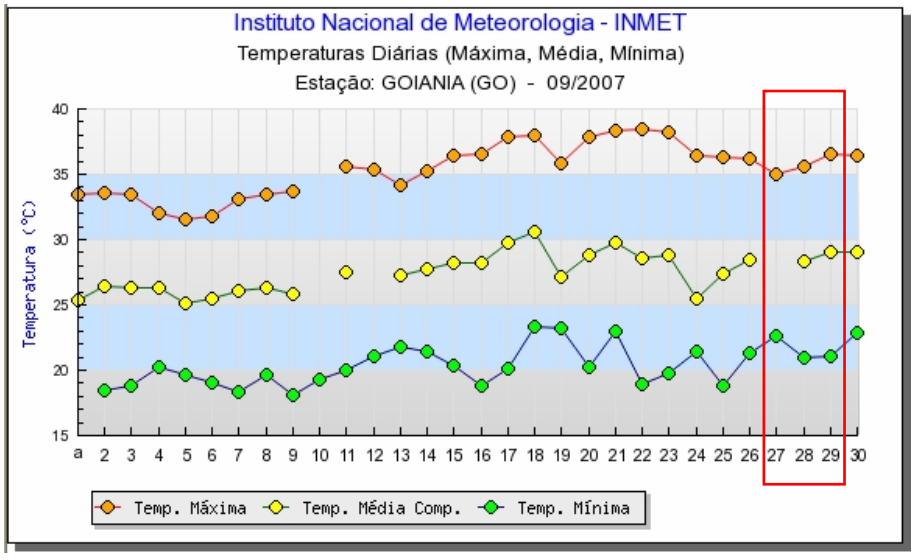


Figura 5.3: Temperaturas máxima, média e mínima para os dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007.
Fonte: Modificado de INMET (2008a).

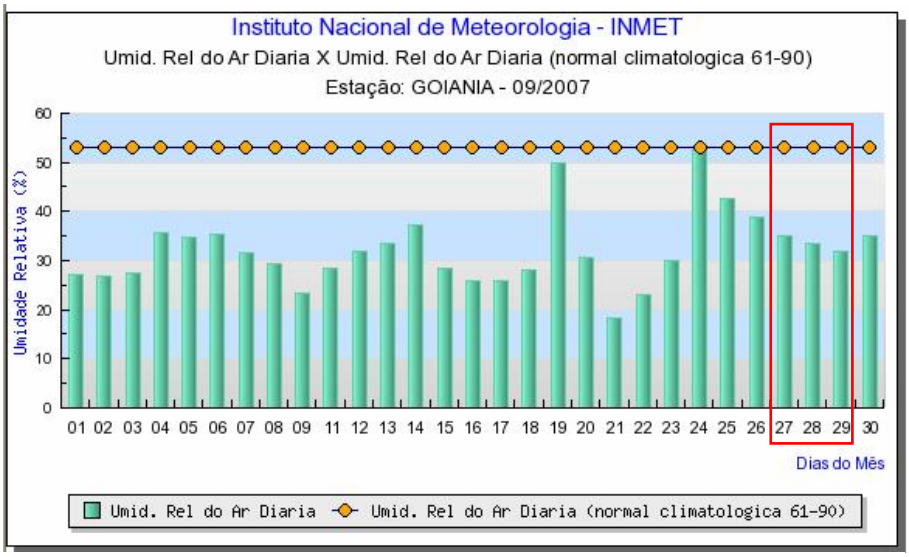


Figura 5.4: Umidade Relativa do Ar para os dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007.
Fonte: Modificado de INMET (2008a).

São apresentadas a seguir as médias aritméticas dos valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Umidade Relativa do Ar (UR) e da Carga Térmica Radiante (CTR), obtidos em campo referentes aos três dias analisados para cada horário, na forma de tabelas e gráficos.

Tabela 5.1: Valores Médios de Temperatura de Bulbo Seco obtidos nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

DISTÂNCIAS	TEMPERATURA DE BULBO SECO (°C)				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	29,5	31,0	32,3	33,3	34,2
5 m	33,8	36,0	38,0	37,7	38,0
10 m	35,5	36,0	36,8	37,5	37,5
15 m	36,5	36,5	39,3	38,3	39,2

Comparando-se os dados de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidos em campo (Tabela 5.1) com aqueles apresentados pelo INMET (Figura 5.3), percebe-se que a partir das 12h a TBS medida pelo equipamento a pleno sol (15 m) chega a 39° C, ou bem próximo deste

valor, ao passo que a máxima para os dias considerados situa-se na casa dos 37° C[25]. Combinando este valor ao de Umidade Relativa do Ar (UR), variando de 20% a 30% (Tabela 5.2) para o equipamento a pleno sol, nota-se uma diferença significativa, de oito pontos percentuais, o que indica a formação de um microclima local, mesmo este indivíduo arbóreo localizando-se no limite da área urbana do município, afastado da "ilha de calor" característica do ambiente urbano.

O gráfico da TBS (Figura 5.5) indica que as temperaturas à sombra estiveram sempre menores do que às das demais situações – 5 m, 10 m e 15 m. O conjunto dos valores apresentados pelos equipamentos demonstram a hipótese do raio de influência do indivíduo arbóreo sobre o seu entorno imediato, mesmo apresentando valores próximos, nas distâncias 5 m, 10 m e 15 m, com alternância entre os valores de 5 m e 10 m a partir das 11h.

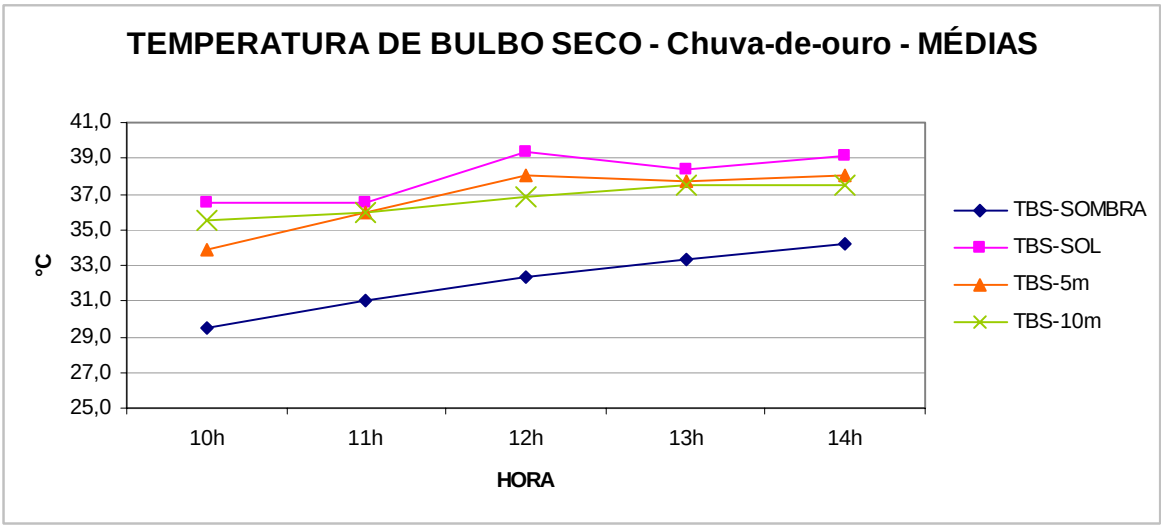


Figura 5.5: Médias das Temperaturas de Bulbo Seco medidas considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

Relacionando-se os dados do INMET (2008a), temperatura máxima na ordem de 37°C, com os valores encontrados pelo equipamento à sombra entre 29,5 °C e 34,2 °C, observa-se que em todos os horários houve a atenuação da TBS em relação aos valores máximos verificados para os dias analisados.

[25] A temperatura média das máximas representa a tendência média das temperaturas vespertinas por volta das 15h (VIANELLO; ALVES, 2000; FERNANDES, 2006).

A UR à sombra até às 13h, variou entre 44,1% e 35,9% (Tabela 5.2) apresentando-se acima dos valores diários do INMET (2008a), isto é 35% (Figura 5.4) e às 14h um pouco abaixo. Comparando esta situação com a verificada a 15 m nota-se que a UR, a esta distância, encontrou-se sempre abaixo daquela apresentada pelo INMET. Relacionado estas duas situações verifica-se a influência do indivíduo arbóreo e do sombreamento proporcionado pela árvore sobre esta variável ambiental.

Tabela 5.2: Valores Médios de Umidade Relativa do Ar obtidos nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

DISTÂNCIAS	UMIDADE RELATIVA DO AR (%)				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	44,1	40,0	37,8	35,9	33,2
5 m	38,5	33,8	30,9	31,7	29,6
10 m	27,2	25,8	25,5	26,2	24,5
15 m	33,1	31,8	27,6	31,3	27,3

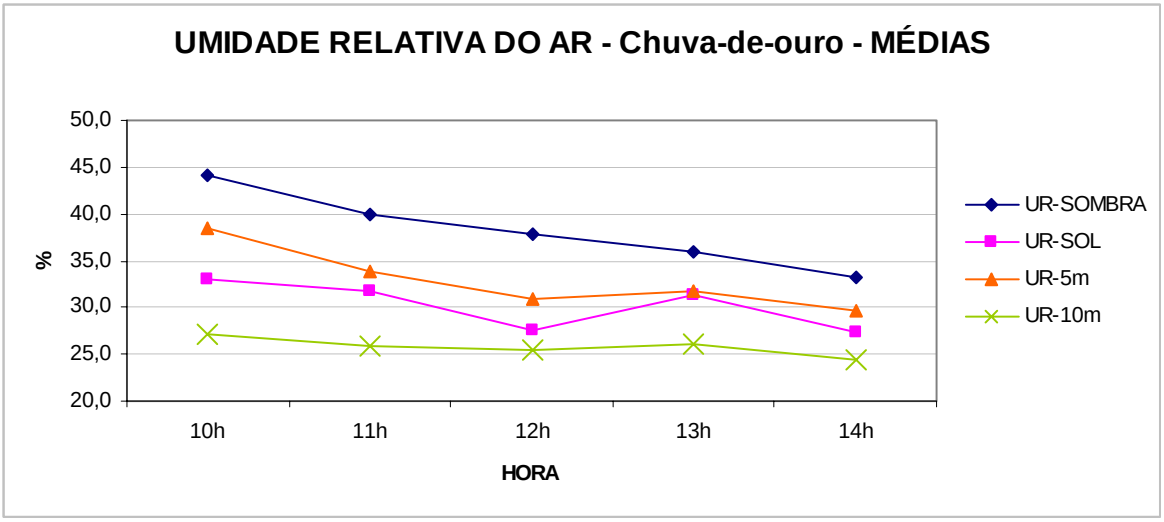


Figura 5.6: Médias das Umidades Relativas do Ar considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

A partir valores de Umidade Relativa do Ar (UR) obtidos – mesmo havendo inversão entre os resultados a 10 m e ao sol (15 m), em que este último demonstra um incremento maior do que à 10 m, o que refutaria em uma primeira análise a hipótese do raio de influência – há a possibilidade de se verificar a ação da árvore, e do sombreamento

proporcionado, sobre seu entorno imediato, ao considerarmos as linhas de UR à sombra, a 5 m e ao sol (Tabela 5.2 e Figura 5.6).

Da mesma forma que a UR, a Carga Térmica Radiante (CTR) demonstrou-se maior a 10 m do que a 15 m (sol), o que também refutaria, em parte, a hipótese inicial[26] (Tabela 5.3).

Mesmo perante este fato, há a possibilidade de se verificar um raio de influência determinado pela árvore, pois a CTR à sombra apresenta-se menor que a CTR a 5 m e ao sol (15 m). Salienta-se a coincidência dos valores da sombra e a 5 m às 10h, porque neste momento o equipamento a 5 m encontrava-se parcialmente sombreado. Ao longo do período analisado, o distanciamento entre estes valores comprova o efeito do sombreamento sobre a CTR (Figura 5.7).

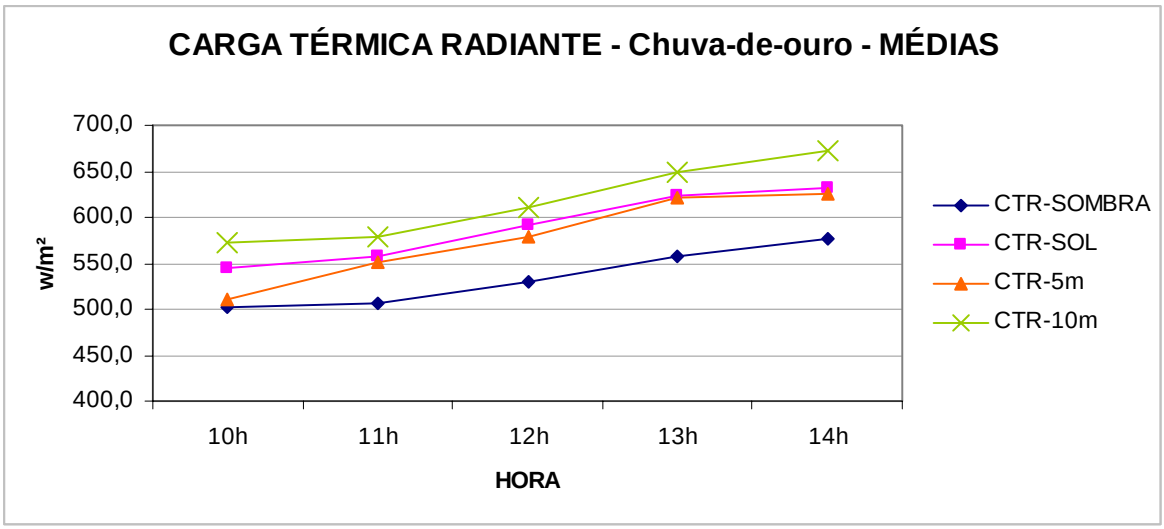


Figura 5.7: Médias das Cargas Térmicas Radiantes (CTR) considerando os raios de influência determinados a partir do tronco a sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

A verificação da atenuação da radiação solar incidente proporcionada pelo sombreamento do indivíduo arbóreo da espécie chuva-de-ouro estudado, deu-se por meio da análise dos gráficos resultantes do cálculo da Variação Relativa para as variáveis ambientais Temperatura de Bulbo Seco (Equações 4.1, 4.2 e 4.3), Umidade Relativa do Ar (Equações 4.4, 4.5 e 4.6) e Carga Térmica Radiante (Equações 4.9, 4.10 e 4.11), considerando como parâmetros fixos os valores obtidos no equipamento posicionado à 15 m do tronco do indivíduo arbóreo o qual, em todos os momentos, encontrou-se a pleno sol, conforme a metodologia proposta.

[26] A hipótese inicial acerca do raio de influência previu que CTR sombra < CTR 5 m < CTR 10 m < CTR 15 m.

Tabela 5.3: Valores Médios de Velocidade dos Ventos (m s^{-1}) Temperatura de Globo Negro (°C), Temperatura Radiante Média (°C) e Carga Térmica Radiante (W m^{-2}) nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

VARIÁVEIS	10h			11h			12h			13h			14h		
	Vel. Vento = 5,0 m s^{-1}			Vel. Vento = 3,9 m s^{-1}			Vel. Vento = 4,0 m s^{-1}			Vel. Vento = 4,0 m s^{-1}			Vel. Vento = 8,9 m s^{-1}		
	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})
SOMBRA	32,3	33,9	503,0	33,3	34,5	506,7	36,0	37,8	528,9	39,0	41,8	557,0	40,3	44,6	577,3
5 m	34,7	35,1	511,0	39,3	40,9	550,6	42,7	44,9	578,8	46,3	50,6	621,9	45,7	51,0	625,4
10 m	41,0	43,9	571,9	42,0	44,9	578,8	45,0	49,1	610,8	48,7	54,1	649,1	48,8	56,9	671,5
15 m	38,8	40,0	544,8	40,2	41,9	557,6	44,3	46,7	592,5	46,8	50,9	624,0	46,8	52,0	632,8

Os valores referentes às atenuações promovidas pelo indivíduo arbóreo, no caso da temperatura de bulbo seco e da carga térmica radiante, e o incremento da umidade relativa do ar, estão representados nas Tabelas 5.4 a 5.6 e Figuras 5.8 a 5.10.

Tabela 5.4: Médias das Variações Relativas (VR) de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidas nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS TBS (%) - Atenuações				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	19,2 a	15,1 a	17,8 a	13,0 a	12,8 a
5 m	7,3 b	1,4 b	3,4 b	1,7 b	3,0 b
10 m	2,7 b	1,4 b	6,4 b	2,2 b	4,3 b

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

As Variações Relativas corroboram os resultados de TBS (Figura 5.5), demonstrando um percentual significativo na posição sombra, na ordem de 20%, às 10h e às 12h e entre 10% e 15% às 11h, 13h e 14h (Tabela 5.4 e Figura 5.8). A análise das posições 5 m e 10 m demonstra, estatisticamente, a menor atenuação da TBS em relação à sombra.

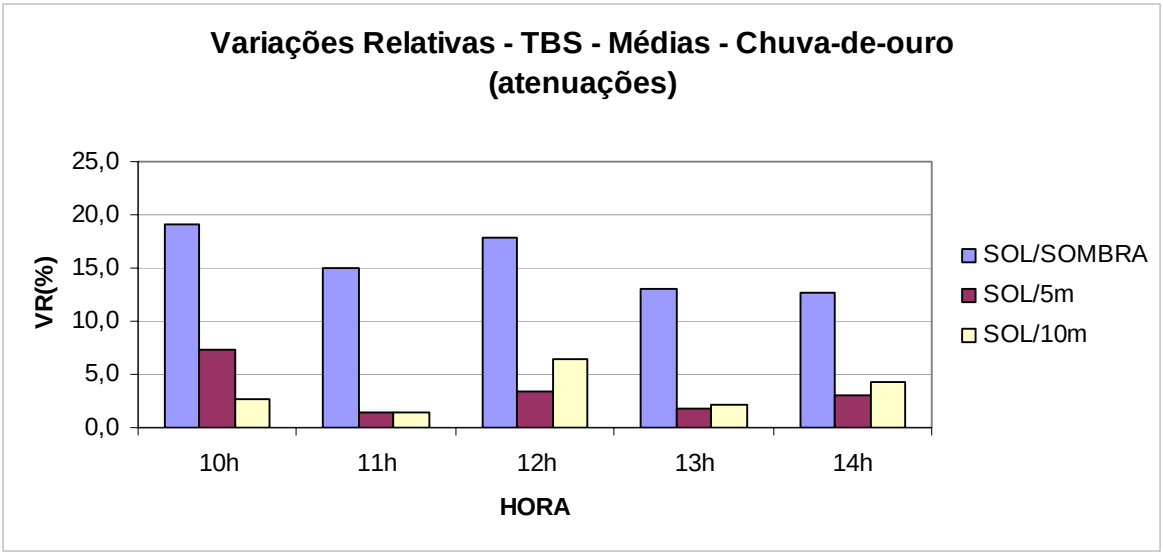


Figura 5.8: Valor médio das Variações Relativas à atenuação da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco a sombra, a 5 m e a 10 m com a TBS ao sol (15 m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

Assim sendo, pode-se verificar que este indivíduo arbóreo contribui na atenuação da TBS como conseqüência da atenuação da incidência da radiação solar pelo sombreamento.

Tabela 5.5: Médias das Variações Relativas (VR) de Umidade Relativa do Ar (UR) obtidas nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS UR (%) - Incrementos				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	33,4 a	25,5 a	36,9 a	14,6 a	21,4 a
5 m	16,5 a	6,1 b	12,2 b	2,1 ab	8,2 ab
10 m	-18,4 b	-19,1 c	-7,2 b	-15,2 b	-10,5 b

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

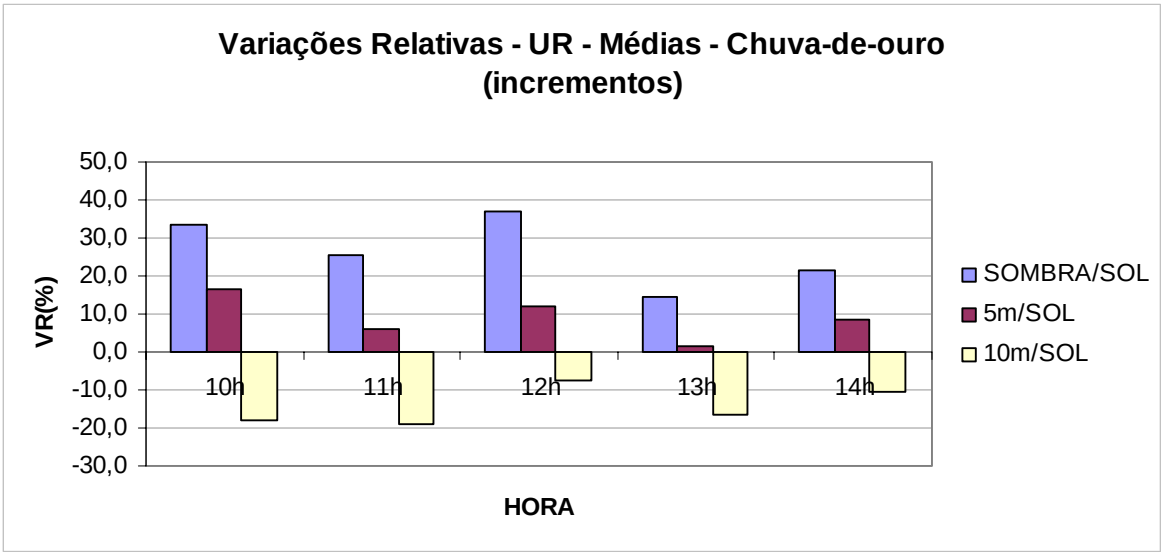


Figura 5.9: Valor médio das Variações Relativas ao incremento da Umidade Relativa do Ar (UR) a partir da comparação das Umidades Relativas do Ar à sombra, a 5 m e a 10 m com a UR ao sol (15 m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

O incremento da Umidade Relativa do Ar é claramente percebido pela análise da posição sombra, cujo maior incremento ocorreu às 12h chegando à casa dos 36 pontos percentuais, ou seja, a árvore estudada contribuiu sobremaneira para a melhoria desta variável ambiental. Nos demais horários o incremento variou entre 15% e 25% para esta relação (Tabela 5.5).

A posição 5 m apresenta um incremento menor da UR, no entanto ainda assim demonstra a influência do indivíduo arbóreo a esta distância (Figura 5.9).

Ao considerar-se a posição 10 m nota-se o fato anteriormente percebido na análise da Figura 5.6, na qual a UR à 10 m apresenta-se menor do que ao sol (15 m). Portanto, para esta relação não houve incremento da UR a 10 m, mas uma redução, o que contraria a hipótese de que à distância de 10 m esta componente ambiental deveria apresentar-se maior do que a 15 m.

Tabela 5.6: Médias das Variações Relativas (VR) de Carga Térmica Radiante (CTR) obtidas nos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS CTR (%) - Atenuações				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	7,7 a	9,1 a	10,7 a	10,7 a	8,8 a
5 m	6,2 a	1,3 b	2,3 ab	0,3 ab	1,2 ab
10 m	-5,0 b	-3,8 b	-3,1 b	-4,0 b	-6,1 b

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

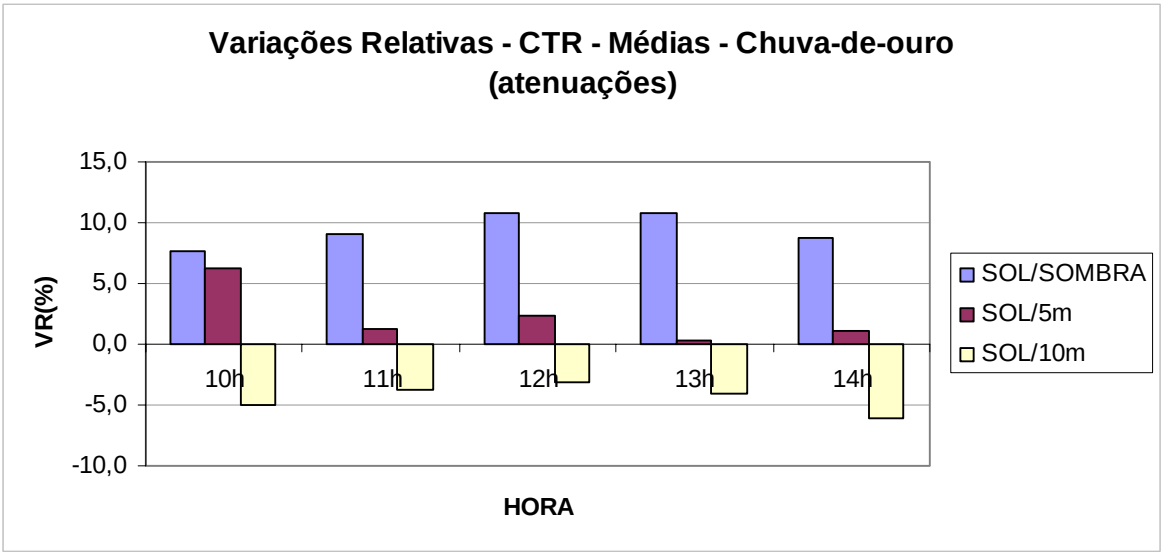


Figura 5.10: Valor médio das Variações Relativas à atenuação da Carga Térmica Radiante (CTR). A partir da comparação das Cargas Térmicas Radiantes à sombra, a 5 m e a 10 m com a CTR ao sol (15 m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

A atenuação da Carga Térmica Radiante (CTR) é claramente percebida na posição sombra, demonstrando-se maior, justamente nos horários em que foi registrado o aumento da TBS, ou seja, a partir das 11h, o que confirma a influência do sombreamento na atenuação da radiação solar incidente (Tabela 5.6).

A posição 5 m também demonstra a influência da árvore, em menor quantidade, da árvore, na medida em que são registradas atenuações percentuais, no entanto pouco significativas (Figura 5.10).

Para a posição 10 m (Figura 5.10) conclui-se que não houve a atenuação da CTR e sim um incremento da CTR para esta distância, fato este que corrobora as análises anteriores, isto é, os valores encontrados à distância de 10 m da árvore refutam, em um primeiro momento, a hipótese dos raios de influência a distâncias determinadas a partir do seu tronco. No entanto, se forem desconsiderados os valores encontrados a esta distância (10 m), fica evidente a influência do indivíduo arbóreo sobre as variáveis microclimáticas a considerando o raio determinado.

5.2 *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna

5.2.1 O entorno imediato

O indivíduo analisado encontra-se na área urbana do município de Goiânia, em canteiro central de uma avenida de grande circulação de veículos nas proximidades da Estação Rodoviária (Figura 5.11).

Seu entorno caracteriza-se pela presença de edifícios de baixo e médio gabarito, pavimentação asfáltica nas pistas de rolamento e concreto nas calçadas. O canteiro central possui cobertura de grama, a qual à época da tomada de dados encontrava-se ressecada em função da estação seca.

O esquema apresentado na Figura 5.12 e as Fotos 5.4 e 5.5 demonstram as condições locais do indivíduo arbóreo analisado.

A Figura 5.12 representa esquematicamente o entorno do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna analisado, observando-se no raio de abrangência proposto de 15 m a presença de edifício, pavimentação asfáltica nas pistas para veículos e concreto nas calçadas.

O posicionamento dos equipamentos ocorreu segundo a direção leste-oeste, inclinado aproximadamente 10° em relação a esta.

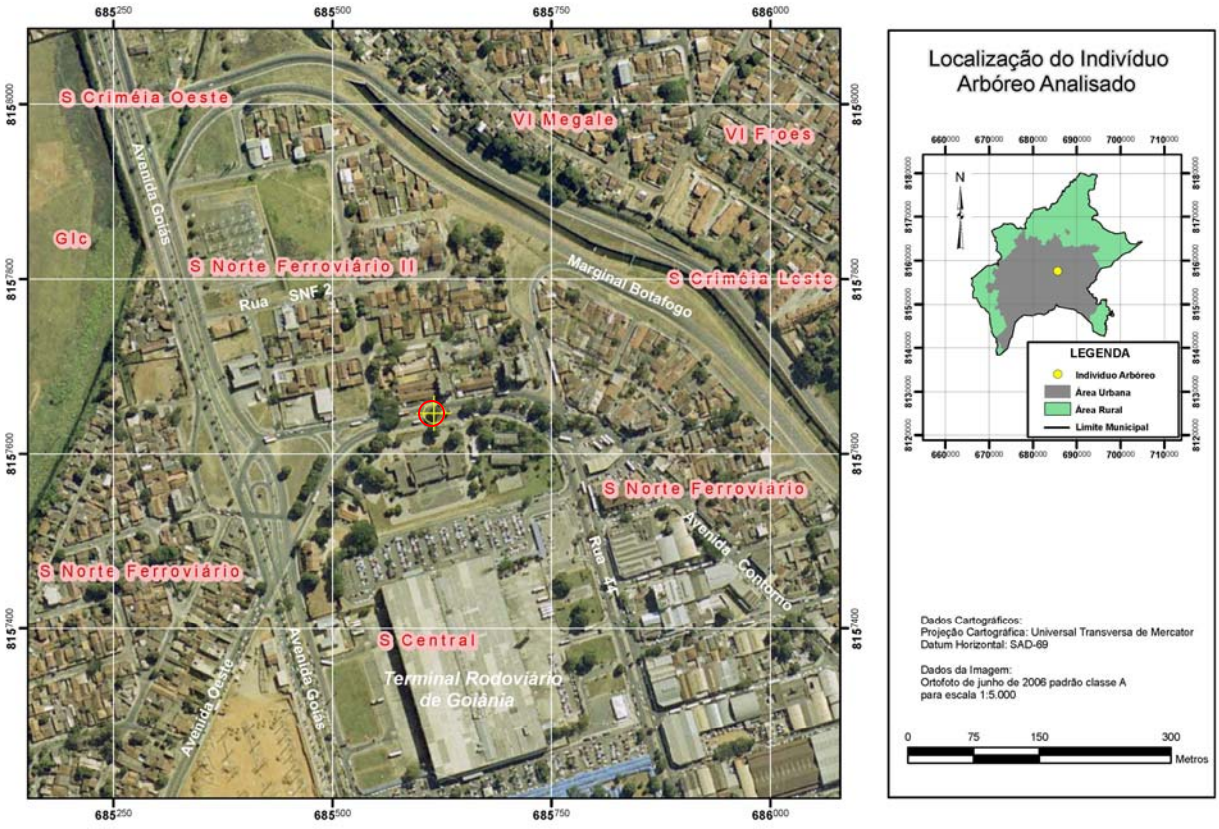
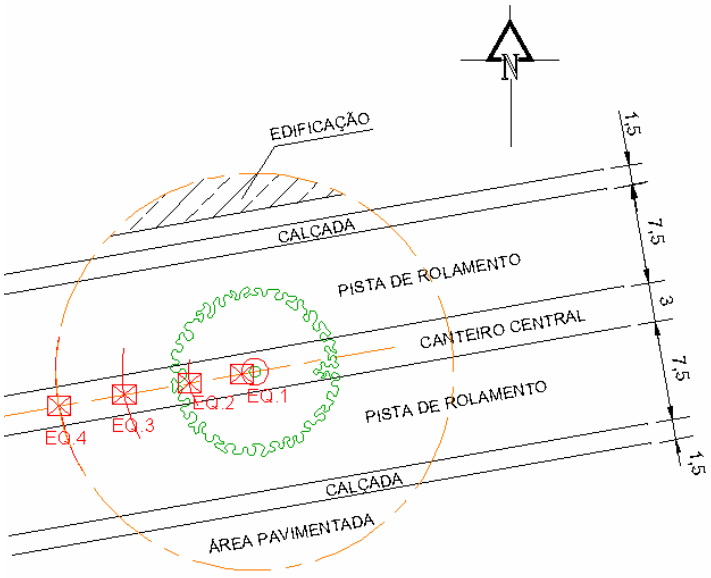


Figura 5.11: Localização do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* - sibipiruna na malha urbana de Goiânia-GO.
Fonte: Modificado de Goiânia (2006).



EQ. 1 – equipamento posicionado à 1 m do tronco (sombra)
EQ. 2 – equipamento posicionado a 5 m do tronco
EQ. 3 – equipamento posicionado a 10 m do tronco
EQ. 4 – equipamento posicionado a 15 m do tronco (sol)

Figura 5.12: Representação esquemática do entorno do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna analisado.

Foto 5.4: Indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna analisada e seu entorno imediato.

Foto 5.5: Indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna analisada e seu entorno imediato, com destaque para a configuração da ocupação por edifícios ao fundo.

5.2.2 O indivíduo arbóreo analisado

O indivíduo analisado da espécie *Caesalpinia peltophoroides*, popularmente conhecida como sibipiruna, encontra-se em idade adulta, com altura aproximada de 14,5 m e diâmetro da copa de 6 m. Como as árvores desta espécie, o indivíduo possui copa larga e arredondada com densidade média, pois sua folhagem apresenta folhas pequenas o que lhe confere a característica de maior permeabilidade ao vento e à radiação solar (MASCARÓ, L ; MASCARÓ, J., 2002).

5.2.3 Análise dos resultados

Os dados relativos a *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna foram coletados nos dias 03, 04 e 05 do mês de outubro de 2007 os quais, em geral, caracterizaram-se por apresentarem céu aberto e ventos de fracos a moderados (Quadro 5.2).

HORÁRIO	DIAS ANALISADOS		
	03/10/2007	04/10/2007	05/10/2007
10h	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.
11h	Céu aberto, vento fraco.	Céu alternando entre sol e nuvens, vento médio.	Céu aberto, vento fraco.
12h	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.
13h	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu parcialmente nublado, sem vento.
14h	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu parcialmente nublado, vento fraco.

Quadro 5.2: Condição horária do tempo dos dias analisados para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

Os dados do INMET para o mês de outubro revelam que, para os dias analisados, as temperaturas diárias máximas encontraram-se na casa dos 37 °C, as mínimas variaram de 19 °C a 24 °C, permanecendo as médias entre 26 °C e 30 °C (Figura 5.13) e a umidade relativa do ar apresentou-se na casa dos 30% (Figura 5.14).

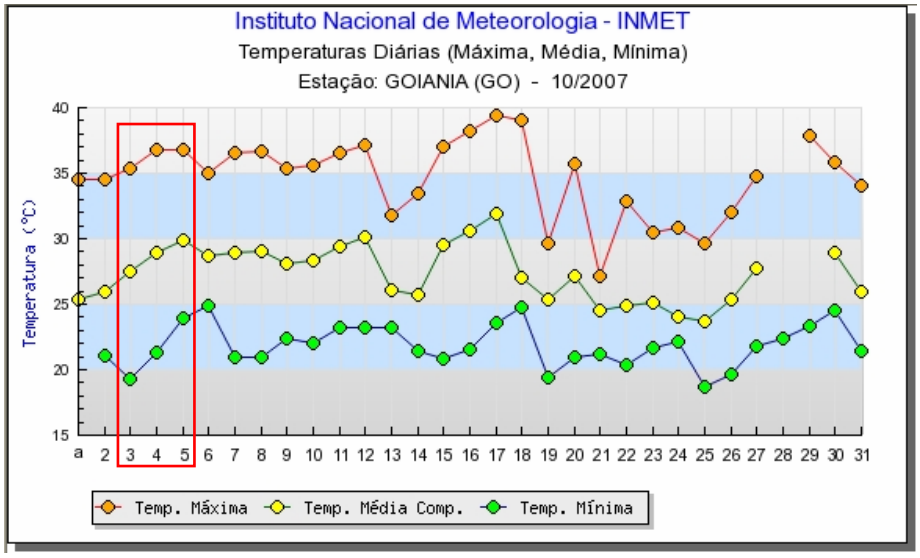


Figura 5.13: Temperaturas máxima, média e mínima para os dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007.
Fonte: Modificado de INMET (2008b).

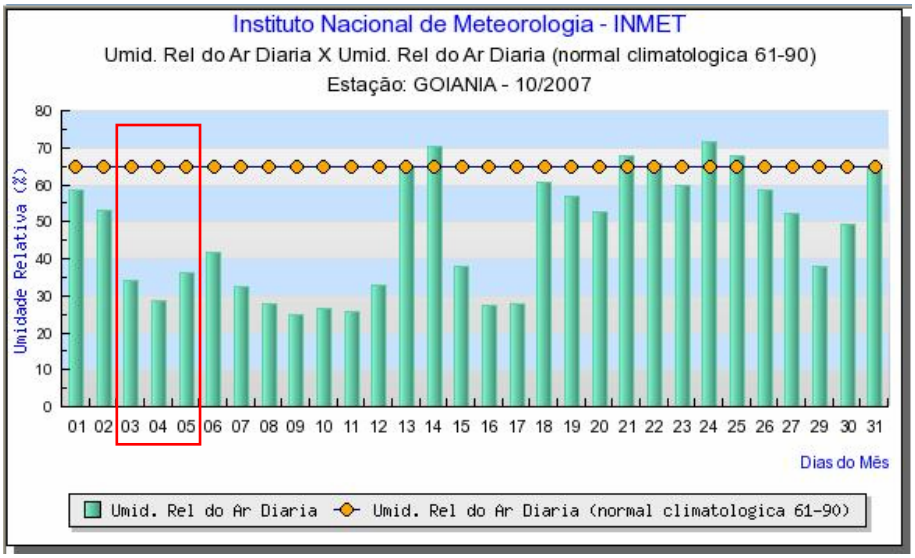


Figura 5.14: Umidade Relativa do Ar para os dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007.
Fonte: Modificado de INMET (2008c).

Dos dados obtidos em campo, são apresentadas a seguir as médias aritméticas dos valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Umidade Relativa do Ar (UR) e da Carga Térmica Radiante (CTR) dos três dias analisados para cada horário (Tabelas 5.7 a 5.9 e Figuras 5.15 a 5.17).

Tabela 5.7: Valores Médios de Temperatura de Bulbo Seco obtidos nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

DISTÂNCIAS	TEMPERATURA DE BULBO SECO (°C)				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	30,8	32,7	34,0	34,5	35,5
5 m	30,8	32,7	34,3	34,7	36,7
10 m	31,8	35,8	36,2	35,8	37,2
15 m	35,7	37,3	37,2	37,2	38,5

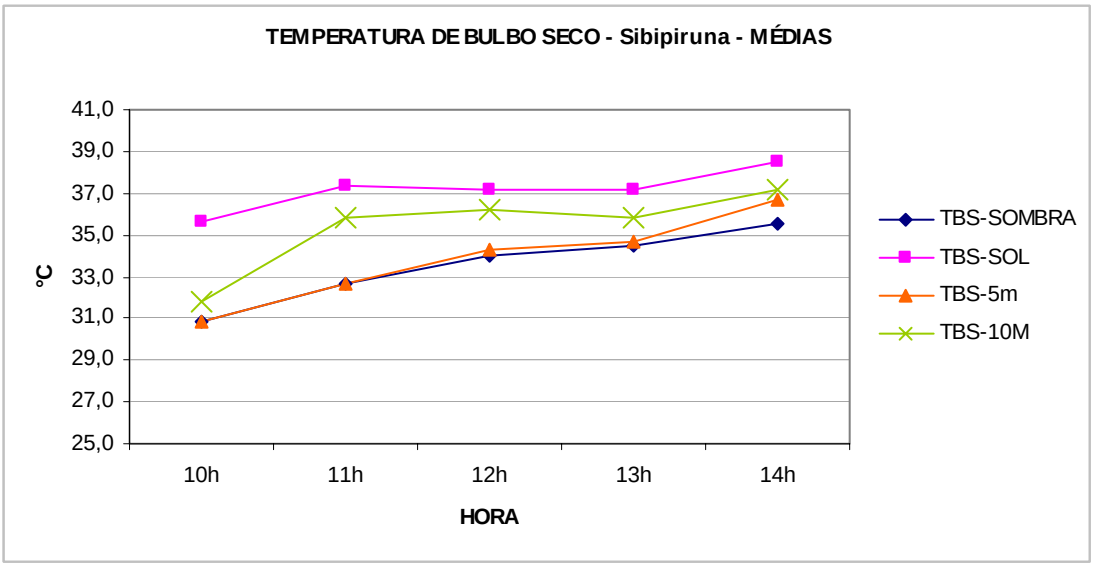


Figura 5.15: Médias das Temperaturas de Bulbo Seco medidas considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

Em relação à TBS, inicialmente vale salientar a verificação de um microclima urbano característico do local onde se encontra o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna em questão. Comparando-se os dados obtidos em campo com aqueles apresentados pelo INMET percebe-se que às 14h a TBS demonstrada pelo equipamento a pleno sol (15 m) chega próxima aos 39 °C (Tabela 5.7) ao passo que a média das máximas para os dias considerados situou-se na casa dos 37°C [27].

[27] A temperatura média das máximas representa a tendência média das temperaturas vespertinas por volta das 15h (VIANELLO; ALVES, 2000; FERNANDES, 2006).

Da análise da sibipiruna, verificou-se que, dentre as espécies estudadas, a foi a que demonstrou, claramente, a hipótese do raio de influência do indivíduo e do sombreamento proporcionado sobre as variáveis ambientais de seu entorno, conforme os gráficos da TBS e UR (Figuras 5.15 e 5.16). Percebe-se a proximidade das linhas referentes ao equipamento na sombra e a 5 m do tronco até às 12h, conforme Figuras 5.15 e 5.16, pois até este horário, devido à dimensão da copa, o equipamento de 5 m encontrava-se à sombra (10h e 11h) ou muito próxima a esta (12h).

Tabela 5.8: Valores Médios de Umidade Relativa do Ar obtidos nos dias 03, 04 e 05 de outubro para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

DISTÂNCIAS	UMIDADE RELATIVA DO AR (%)				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	37,9	33,7	29,0	29,5	26,3
5 m	37,7	34,3	30,0	28,4	24,2
10 m	34,8	29,7	27,1	26,1	23,0
15 m	26,7	23,8	20,8	19,8	18,7

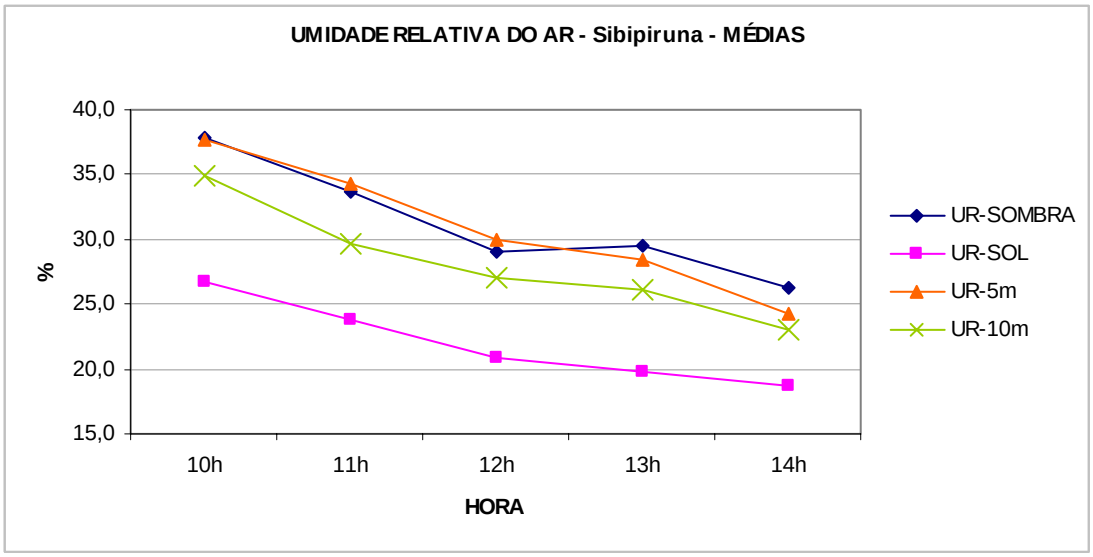


Figura 5.16: Médias das Umidades Relativas do Ar medidas considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

Na análise da Carga Térmica Radiante percebe-se nitidamente a influência da radiação solar incidente a partir das seguintes observações:

a) às 10h devido à dimensão da copa e ao posicionamento dos equipamentos em relação à árvore e ao movimento aparente do sol, os equipamentos 1 (sombra) e 2 (5 m) encontravam-se à sombra e o equipamento 3 (10 m) bem próximo dela, o que justifica a proximidade entre os valores de CTR neste horário (Figura 5.17);
b) às 11h os equipamentos 1 (sombra) e 2 (5 m) ainda encontravam-se na sombra e o equipamento 3 (10 m) posicionado completamente ao sol, o que resulta em um pico no gráfico de CTR (Figura 5.17), aproximando-se dos valores relativos aos equipamento a pleno sol;
c) às 13h o equipamento 1 continuava à sombra e o equipamento 2 já encontrava-se completamente ao sol, o que resulta em um pico no gráfico de CTR (Figura 5.17) neste horário, demonstrando, finalmente, a influência da radiação solar direta sobre a CTR[28].

A partir da análise do comportamento da Carga Térmica Radiante há a possibilidade de concluir-se que o sombreamento proporciona alterações significativas no entorno do indivíduo arbóreo por meio da atenuação da radiação solar incidente. Este fato é corroborado ainda pelos resultados obtidos para as componentes Temperatura de Bulbo Seco e Umidade Relativa do Ar (Figuras 5.15 e 5.16).

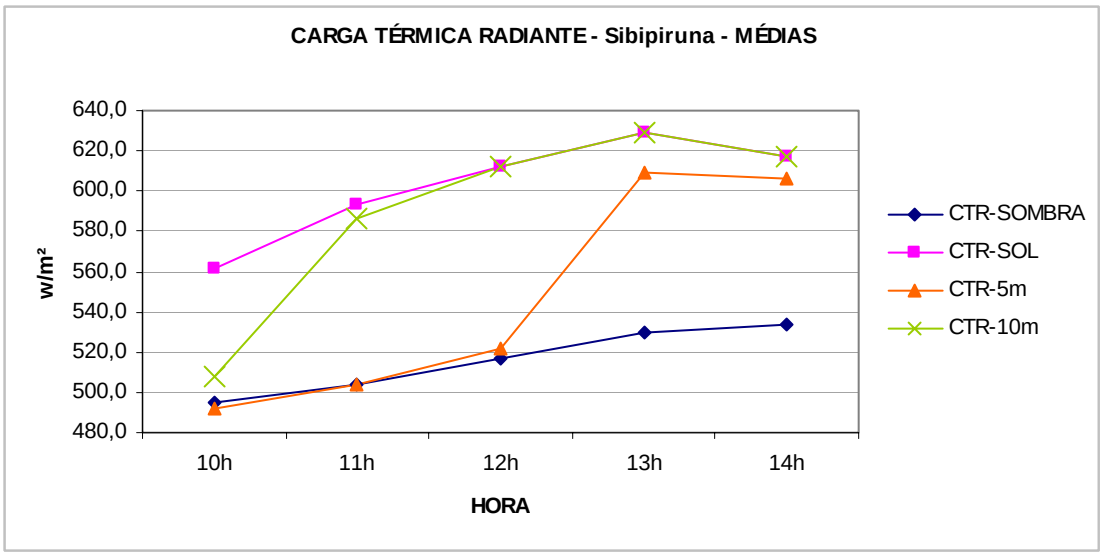


Figura 5.17: Médias das Cargas Térmicas Radiantes (CTR) considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

[28] Considera-se, para sua determinação, a Temperatura Radiante Média (ESMAY, 1979) a qual se refere à temperatura média do conjunto de todas as superfícies reais e virtuais ao redor de um indivíduo, a qual, em sua composição entram a Temperatura de Globo Negro (TG), Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Velocidade do Vento (VV).

Tabela 5.9: Valores Médios de Temperatura de Globo Negro (°C), Temperatura Radiante Média (°C) e Carga Térmica Radiante (W m^{-2}) obtidos nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

VARIÁVEIS	10h			11h			12h			13h			14h		
	Vel. Vento = 0,7 m s^{-1}			Vel. Vento = 2, m s^{-1}			Vel. Vento = 0,5 m s^{-1}			Vel. Vento = 1,9 m s^{-1}			Vel. Vento = 2,6 m s^{-1}		
	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})
SOMBRA	32,3	32,6	494,6	33,7	34,0	503,7	35,7	36,0	516,7	37,0	37,8	529,4	37,7	38,5	533,8
5m	32,0	32,2	491,9	33,7	34,0	503,7	36,3	36,7	521,4	45,7	48,9	608,7	45,0	48,4	605,9
10m	34,2	34,6	507,6	43,3	45,9	586,3	47,5	49,3	612,2	48,0	51,5	628,7	46,3	49,9	617,5
15m	41,3	42,5	561,6	44,5	46,8	593,4	47,7	49,3	612,2	48,2	51,5	628,8	46,7	49,9	617,2

A verificação da atenuação da radiação solar incidente proporcionada pelo sombreamento do indivíduo arbóreo da espécie sibipiruna estudado, deu-se por meio da análise dos gráficos resultantes do cálculo da Variação Relativa para as variáveis ambientais Temperatura de Bulbo Seco (Equações 4.1, 4.2 e 4.3), Umidade Relativa do Ar (Equações 4.4, 4.5 e 4.6) e Carga Térmica Radiante (Equações 4.7, 4.8 e 4.9), considerando como parâmetros fixos os valores obtidos no equipamento posicionado a 15 m do tronco do indivíduo arbóreo o qual, em todos os momentos, encontrou-se a pleno sol, conforme a metodologia proposta.

Tabela 5.10: Médias das Variações Relativas (VR) de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidas nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS TBS (%) - Atenuações				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	13,6 a	12,5 a	8,5 a	7,2a	7,8 a
5 m	13,6 a	12,5 a	7,6 ab	6,7a	4,8 ab
10 m	10,7 a	4,0 b	2,7 b	3,6a	3,5 b

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

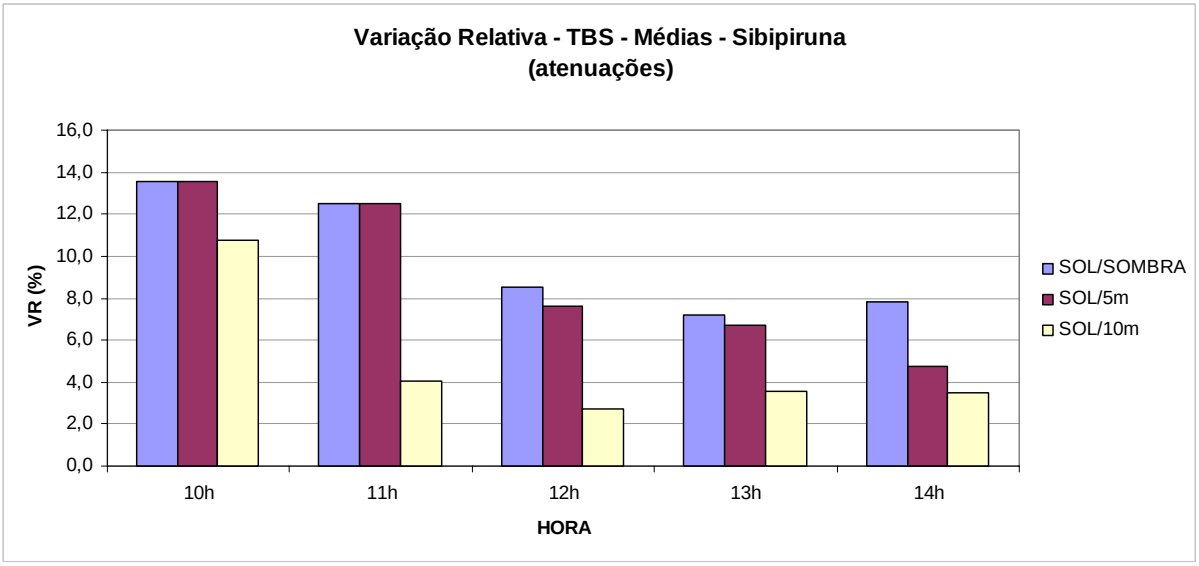


Figura 5.18: Variações Relativas (VR) da atenuação da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à sombra, a 5 m e a 10 m com a TBS ao sol (15 m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

Nota-se, a partir da análise da Figura 5.18 que durante todo o período houve a atenuação dos valores da TBS encontrados a pleno sol quando relacionados às demais distâncias consideradas.

Destaca-se ainda o comportamento das posições sombra, 5 m e 10 m entre si, que embora as variações verificadas às 10h e 13h não terem apresentado diferenças estatísticas significativas, dá indícios da hipótese do raio de influência do indivíduo e do sombreamento proporcionado por este na componente TBS. Ao longo do período analisado (das 10h às 14h) os valores absolutos das atenuações apresentaram uma seqüência em que: atenuação sombra ≥ atenuação 5 m > atenuação 10 m.

Esta relação demonstra:

a) a capacidade do indivíduo arbóreo atuar sobre a variável ambiental Temperatura de Bulbo Seco em seu entorno imediato, considerando-se, neste caso, um raio de influência de 15 m;
b) que o sombreamento proporciona a atenuação da radiação solar ao analisar-se a posição 5 m a partir das 12h, momento em que o equipamento 2 não se encontra mais à sombra e, portanto, a atenuação proporcionada à esta distância diminui ao longo do período.

Percebe-se a influência do indivíduo arbóreo desta espécie na componente Umidade Relativa do Ar, a distâncias pré determinadas (raios de influência) ao analisar o seu incremento, em valores absolutos às 10h, 11h e 12h (Tabela 5.11 e Figura 5.19), pois estatisticamente não houve variações significativas entre as posições em cada horário.

Tabela 5.11: Médias das Variações Relativas (VR) de Umidade Relativa do Ar (UR) obtidas nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS UR (%) - Incrementos				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	40,8 a	41,5 a	39,6 a	50,1 a	40,5 a
5m	41,5 a	44,3 a	44,5 a	44,2 a	29,1 a
10m	32,5 a	26,6 a	30,6 a	32,7 a	23,3 a

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

No entanto a análise estatística dos valores de UR demonstra a uniformidade entre os valores, o que remete à interpretação de que à sombra e a 10 m a influência da árvore é uniforme e que, portanto há a contribuição do indivíduo arbóreo a 10 m tal como à sua sombra (Tabela 5.11).

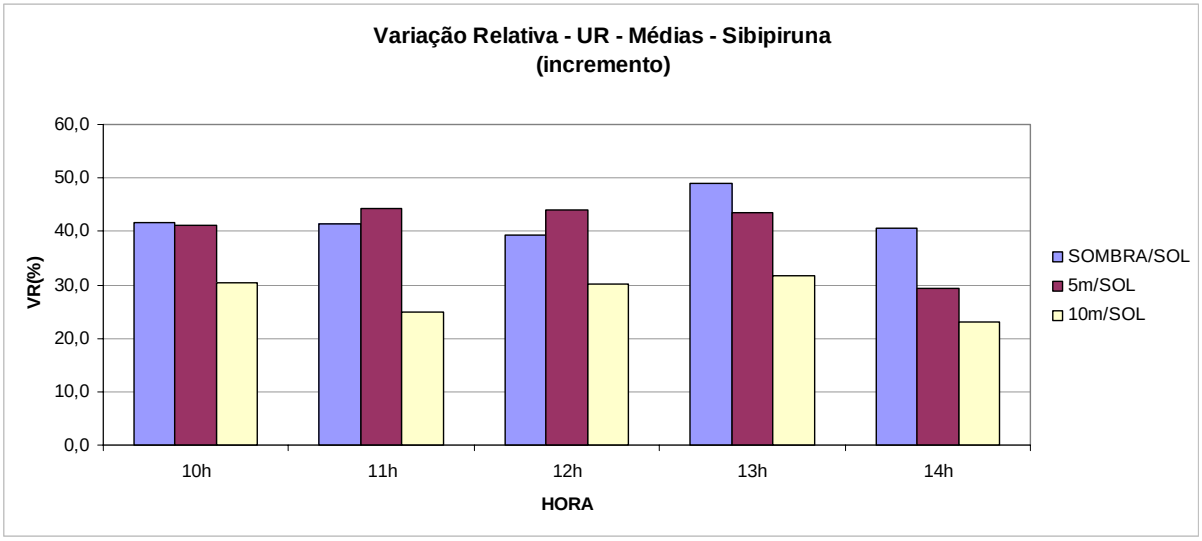


Figura 5.19: Variações Relativas (VR) do incremento da Umidade Relativa do Ar (UR) a partir da comparação das Umidades Relativas do Ar à sombra, à 5m e à 10m com a UR ao sol (15m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

A componente Carga Térmica Radiante (CTR) demonstra, em valores absolutos, assim como as demais variáveis ambientais analisadas, a influência do indivíduo arbóreo sobre o seu entorno imediato, principalmente no que se refere ao sombreamento e conseqüentemente à atenuação da radiação solar proporcionados por este (Figura 5.19).

Tabela 5.12: Médias das Variações Relativas (VR) de Carga Térmica Radiante (CTR) obtidas nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS CTR (%) - Atenuações				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	11,9 a	15,1 a	15,6 a	15,8 a	13,3 a
5m	12,4 a	15,1 a	14,8 a	3,2 b	1,9 b
10m	9,6 a	1,2 b	0,0 b	0,0 b	-0,1 b

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

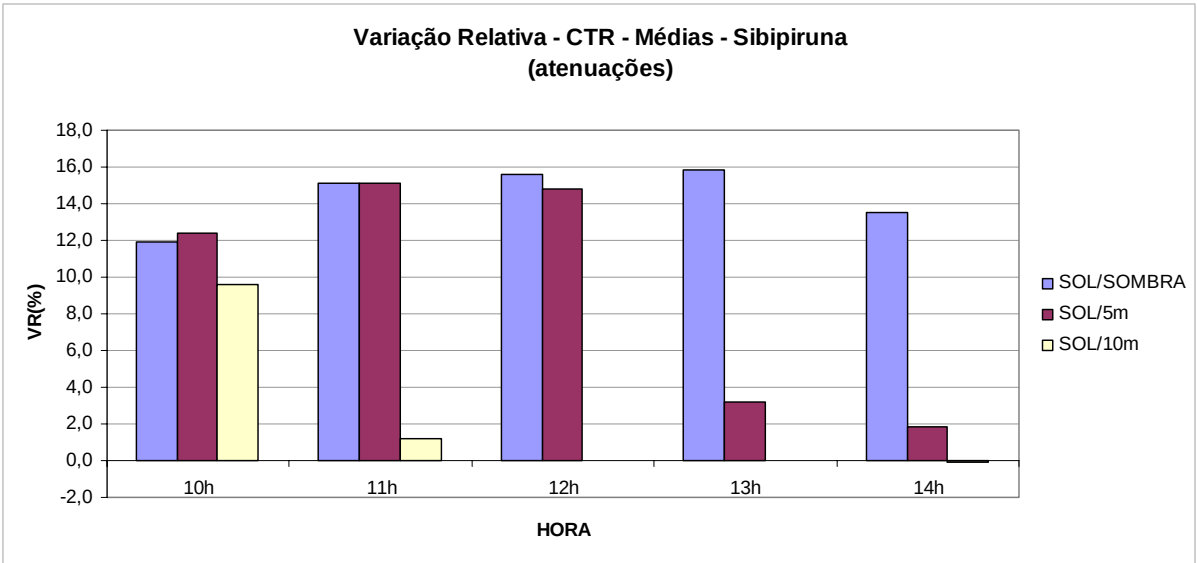


Figura 5.20: Variações Relativas (VR) da atenuação da Carga Térmica Radiante (CTR) a partir da comparação das Cargas Térmicas Radiantes à sombra, a 5 m e a 10 m com a UR ao sol (15m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

Da Figura 5.20 depreende-se a influência exercida pela árvore, principalmente nos aspectos relativos ao sombreamento, na atenuação da CTR.

Às 10h, devido ao posicionamento dos equipamentos em relação à árvore e ao movimento aparente do sol, os equipamentos posicionados à sombra e a 5 m encontravam-se totalmente sombreados e o equipamento a 10 m parcialmente sombreado, confirmando, portanto, a influência na atenuação da radiação solar incidente sobre esta variável. Para as três situações, neste horário, houve atenuação da CTR, ou seja, 11,9%, 12,4% e 9,6%, respectivamente (Tabela 5.12), mesmo não apresentando variações significativas estatisticamente.

Às 11h, o equipamento posicionado a 10 m encontrou-se totalmente ao sol, o que reduziu, significativamente a atenuação da CTR para esta distância. Por fim, a partir das 12h a atenuação da CTR, verificada pelos valores relativos ao equipamento posicionado à sombra mantêm-se constante, ao passo que nas demais posições a atenuação diminui significativamente. Desta forma, confirma-se a importância do sombreamento para a atenuação da Carga Térmica Radiante nos ambientes urbanos.

Considerando-se os parâmetros de Variação Relativa – atenuações para a TBS e CTR e incremento para UR – para as posições sombra e 5 m, os resultados apresentados pela *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna analisada demonstram que o sombreamento propicia melhorias na atenuação da radiação solar e, conseqüentemente, das variáveis ambientais envolvidas neste estudo.

5.3 *Sapindus saponaria* – saboneteira

5.3.1 O entorno imediato

O indivíduo analisado encontra-se na área urbana do município de Goiânia, em canteiro central de uma avenida de grande circulação de veículos (Figura 5.21).

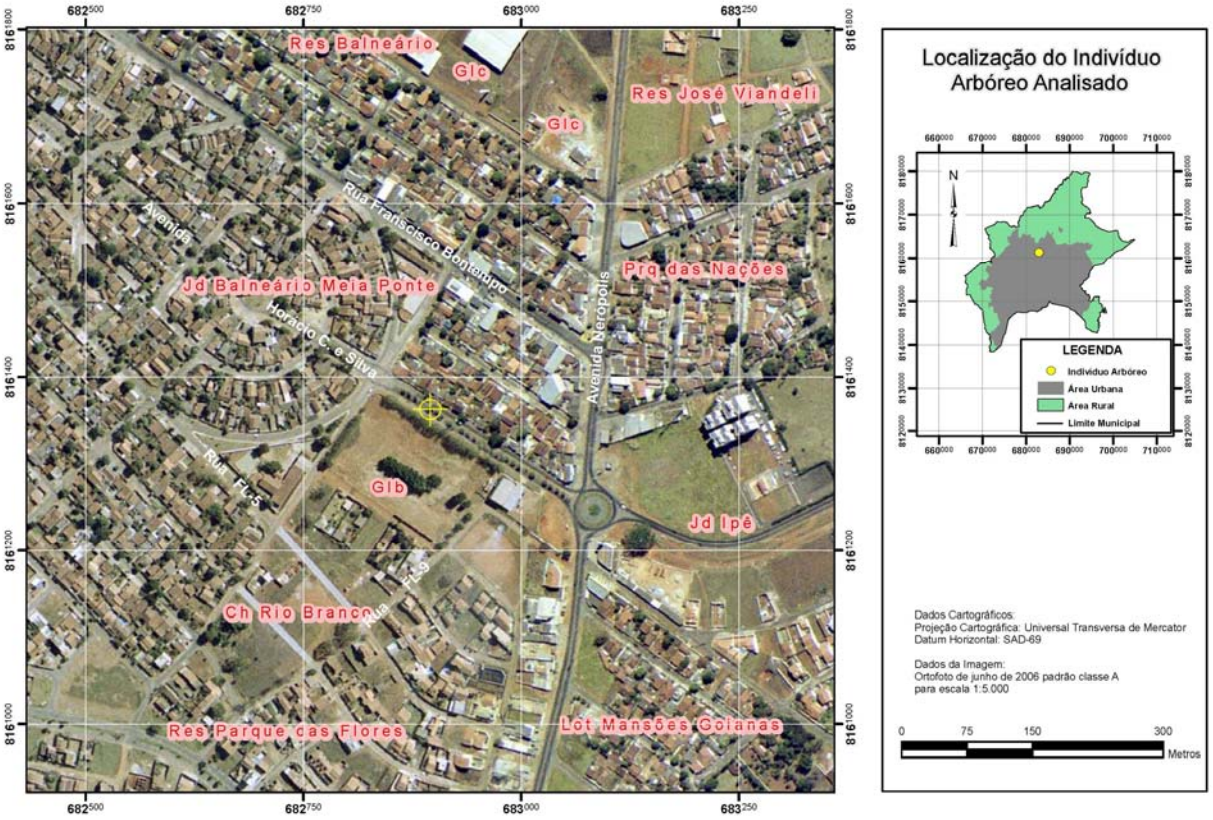


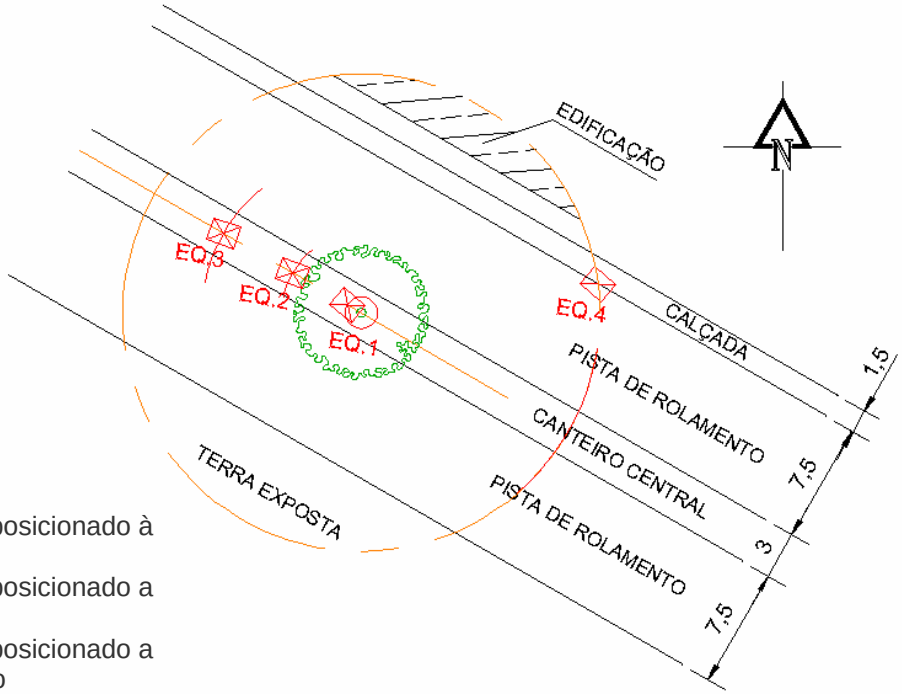
Figura 5.21: Localização do indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira, na malha urbana de Goiânia-GO.
Fonte: Modificado de Goiânia (2006).

Seu entorno caracteriza-se pela presença de edifícios de baixo gabarito, pavimentação asfáltica nas pistas de rolamento e concreto nas calçadas ao norte. À sudoeste há uma grande área não ocupada. O canteiro central possui cobertura de grama, o qual à época da tomada de dados encontrava-se ressecada em função da estação seca.

O eixo da avenida possui direção noroeste-sudeste, inclinado aproximadamente 60° em relação ao eixo norte-sul.

A Figura 5.22 e as Fotos 5.6, 5.7 e 5.8 apresentam as condições locais e a disposição dos equipamentos em relação ao indivíduo arbóreo analisado.

A Figura 5.22 representa, esquematicamente, as condições do entorno da árvore avaliada onde há a presença de edifícios e pavimentação asfáltica nas pistas de rolamento e concreto nas calçadas. Salienta-se, na situação deste indivíduo arbóreo, a impossibilidade do posicionamento do EQ. 4 no mesmo alinhamento dos demais equipamentos, o que caracterizou uma condição diferenciada das demais árvores analisadas.



EQ. 1 – equipamento posicionado à sombra
EQ. 2 – equipamento posicionado a 5 m do tronco
EQ. 3 – equipamento posicionado a 10 m do tronco
EQ. 4 – equipamento posicionado a 15 m do tronco

Figura **5.22**: Representação esquemática do entorno do indivíduo arbóreo, da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira, analisado.

A Foto 5.6 ilustra as condições de entorno da árvore, com a presença de outros indivíduos, sem folhas na copa, alinhados com esta e as condições do gramado ressecado revestindo o canteiro central. Ao fundo a presença de vegetação, também ressecada e o grande espaço não ocupado. Pistas de rolamento para veículos automotores com pavimentação asfáltica.

A Foto 5.7 ilustra o posicionamento dos equipamentos em relação à árvore, ressaltando-se que se encontram alinhados os Equipamentos 1, 2 e 3. O Equipamento 4, que representa a condição à pleno sol, isto é, 15 m do tronco do indivíduo arbóreo foi posicionado na calçada, conforme mostra a Foto 5.8.

Foto 5.6: Condições de entorno da árvore da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

Foto 5.7: *Sapindus saponaria* – saboneteira analisada. Posicionamento dos equipamentos 1, 2 e 3.

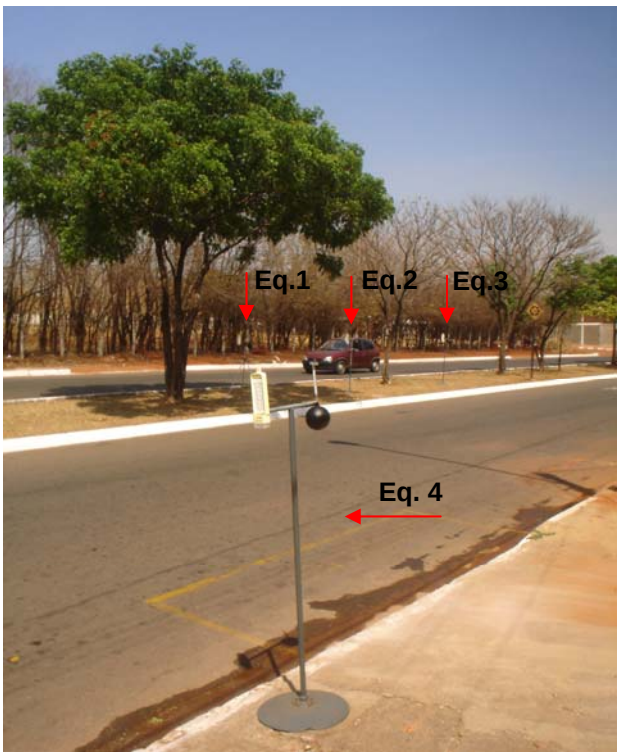


Foto 5.8: Detalhe do Equipamento 4 em primeiro plano, posicionado fora do canteiro central. Ao fundo posicionamento dos equipamentos 1, 2 e 3 em relação ao indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira analisado e ao equipamento 4.

5.3.2 O indivíduo arbóreo analisado

O indivíduo analisado da espécie *Sapindus saponaria*, popularmente conhecida como saboneteira, encontra-se em idade adulta, com altura aproximada de 5 m e diâmetro aproximado da copa de 4 m. O indivíduo possui copa arredondada com densidade média e relativa permeabilidade aos raios solares.

5.3.3 Análise dos resultados

Os dados foram coletados nos dias 08, 10 e 11 do mês de outubro de 2007 os quais, em geral, caracterizaram-se por céu aberto e ventos fracos (Quadro 5.3).

Os dados do INMET (Figuras 5.23 e 5.24) para o mês de outubro demonstram que, para os dias analisados, as temperaturas diárias máximas encontraram-se em torno dos 37 °C, as mínimas variaram de 21 °C a 23 °C, permanecendo as médias na casa dos 29 °C. A umidade relativa do ar apresentou-se na ordem dos 27%.

HORÁRIO	DIAS ANALISADOS		
	08/10/2007	10/10/2007	11/10/2007
10h	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.
11h	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.
12h	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.
13h	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.
14h	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.

Quadro 5.3: Condição Horária do tempo nos dias analisados para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

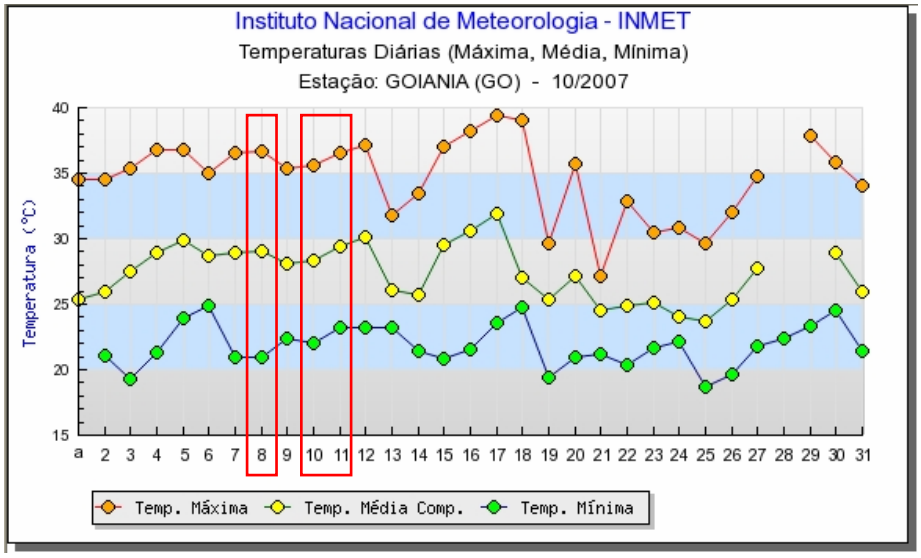


Figura 5.23: Temperaturas máxima, média e mínima para os dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007.
Fonte: Adaptado de INMET (2008b).

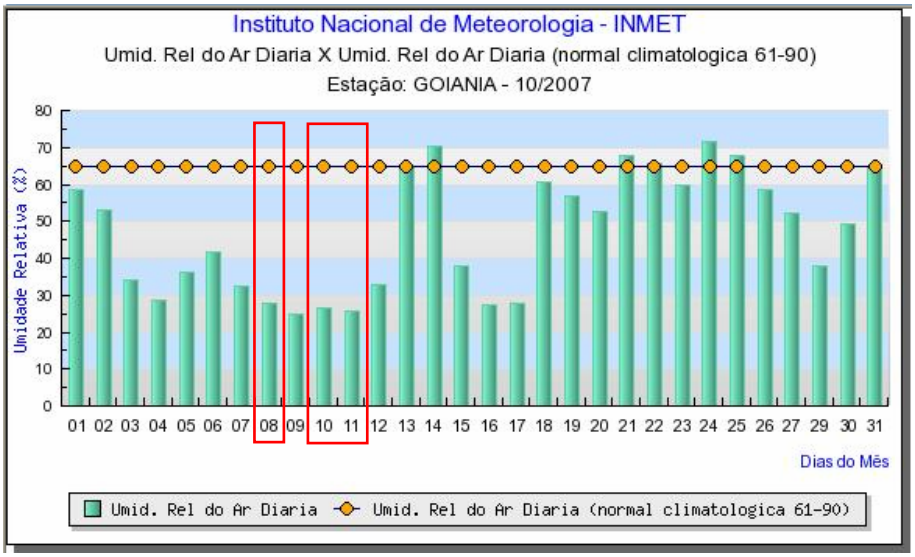


Figura 5.24: Umidade Relativa do Ar para os dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007.
Fonte: Adaptado de INMET (2008b).

Dos dados obtidos em campo, são apresentadas a seguir as médias aritméticas dos valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Umidade Relativa do Ar (UR) e da Carga Térmica Radiante (CTR) dos três dias analisados para cada horário (Tabelas 5.13 a 5.15 e Figuras 5.25 a 5.27).

Tabela 5.13: Valores Médios de Temperatura de Bulbo Seco obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

DISTÂNCIAS	TEMPERATURA DE BULBO SECO (°C)				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	32,2	33,0	34,2	35,5	35,7
5 m	33,3	34,7	34,8	36,5	37,0
10 m	34,5	34,8	35,7	36,8	37,3
15 m	36,2	35,2	36,3	38,3	37,5

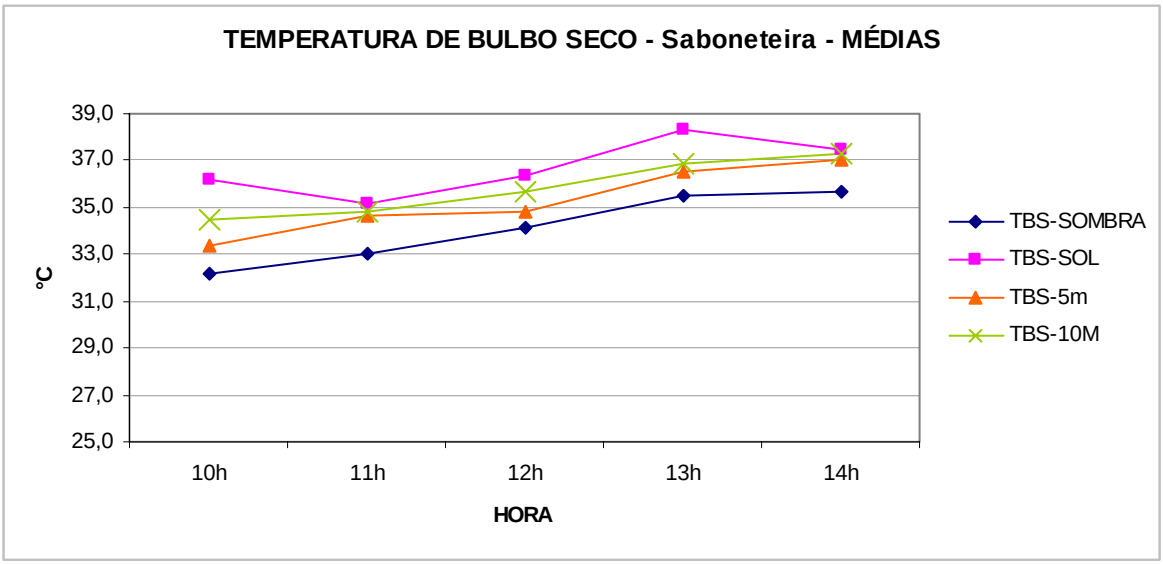


Figura 5.25: Médias das Temperaturas de Bulbo Seco medidas considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

Comparando-se os dados de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidos em campo às 14h ao sol (Tabela 5.13), com aqueles apresentados pelo INMET (2008b), percebe-se uma proximidade entre os valores, ou seja, na casa dos 37 °C[29] (Figura 5.23). Assim é possível

[29] A temperatura média das máximas representa a tendência média das temperaturas vespertinas por volta das 15h (VIANELLO; ALVES, 2000; FERNANDES, 2006).

perceber o efeito proporcionado pelo sombreamento, ou seja, uma atenuação de 3 °C, em média, durante o período das 10h às 14h.

A Figura 5.25, gráfico da TBS, montra as temperaturas à sombra sempre menores do que as das demais situações – 5 m, 10 m e 15 m, com uma diferença, em média, de 2°C, com exceção das 10h, onde esta é de 4 °C e, portanto, mais significativa. O conjunto dos valores apresentados pelos equipamentos demonstra a hipótese do raio de influência do indivíduo arbóreo sobre o seu entorno imediato, pois TBS sombra < TBS 5 m < TBS 10 m < TBS sol.

A Umidade Relativa do Ar (UR) à sombra, até às 12h, apresentou-se acima dos valores diários do INMET (2008b), que indicam 27% de UR, às 13h e coincidiu com estes e às 14h ficou um pouco abaixo, o que induz a possibilidade de influência que uma árvore pode exercer nesta componente ambiental (Tabela 5.14 e Figura 5.26).

Tabela 5.14: Valores Médios de Umidade Relativa do Ar obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

DISTÂNCIAS	UMIDADE RELATIVA DO AR (%)				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	35,9	32,6	28,5	27,0	25,4
5 m	31,5	27,8	30,1	28,2	25,2
10 m	32,2	29,6	25,3	23,8	23,2
15 m	21,8	21,8	20,1	17,0	17,6

A UR para o caso da Saboneteira apresenta uma incoerência em relação à hipótese da existência de raios de influência do indivíduo arbóreo sobre o seu entorno imediato, ou seja: UR sombra > UR 5m > UR 10m > UR sol (Tabela 5.14 e Figura 5.26).

Nota-se que a UR a 5 m apresenta um comportamento atípico se relacionado às demais situações. Às 10h e 11h é menor do que a UR a 10 m, assumindo, a partir das 12h valores maiores do que aqueles apresentados na posição sombra.

No entanto, se esta distância (5 m) for desconsiderada, há a possibilidade da verificação dos raios de influência pelas linhas gráficas representativas da UR sombra, UR 10 m e UR sol (Figura 5.26), corroborando, desta forma, a hipótese inicial.

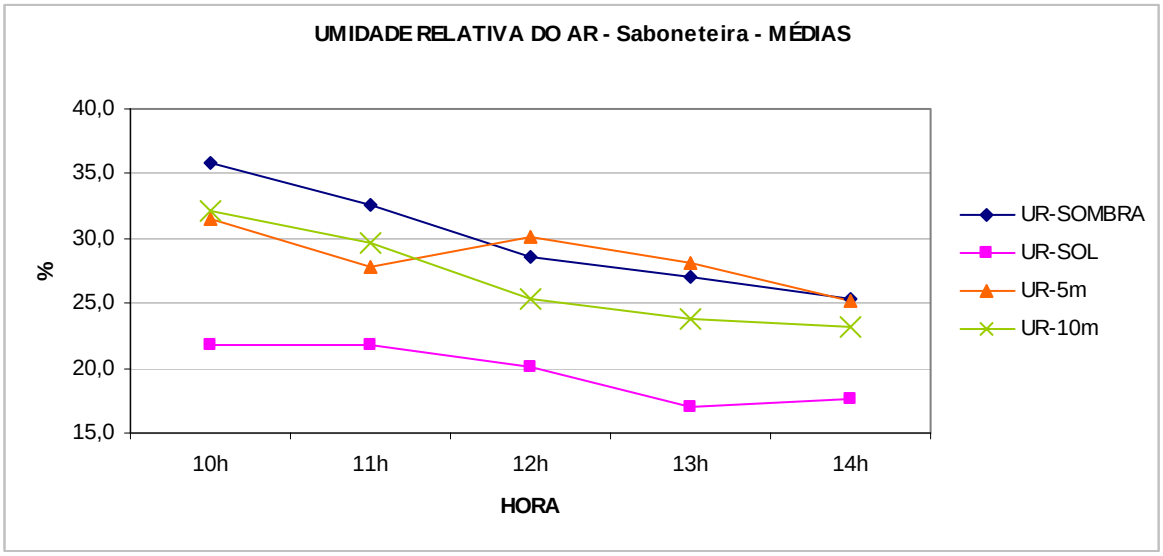


Figura 5.26: Médias das Umidades Relativas do Ar considerando os raios de influência determinados a partir do tronco a 1 m (sombra), 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

No caso da Carga Térmica Radiante (CTR), provavelmente, a complexidade do entorno e a diferença da disposição dos equipamentos levaram a uma grande divergência entre os valores. Não foi possível verificar a existência de raios de influência sobre esta variável, somente a constatação da influência do sombreamento sobre a atenuação da radiação solar incidente, pois, como esperado, a CTR à sombra apresentou-se sempre menor do que as apresentadas pelos equipamentos dispostos a 5 m, 10 m e ao sol (Tabela 5.15 e Figura 5.27).

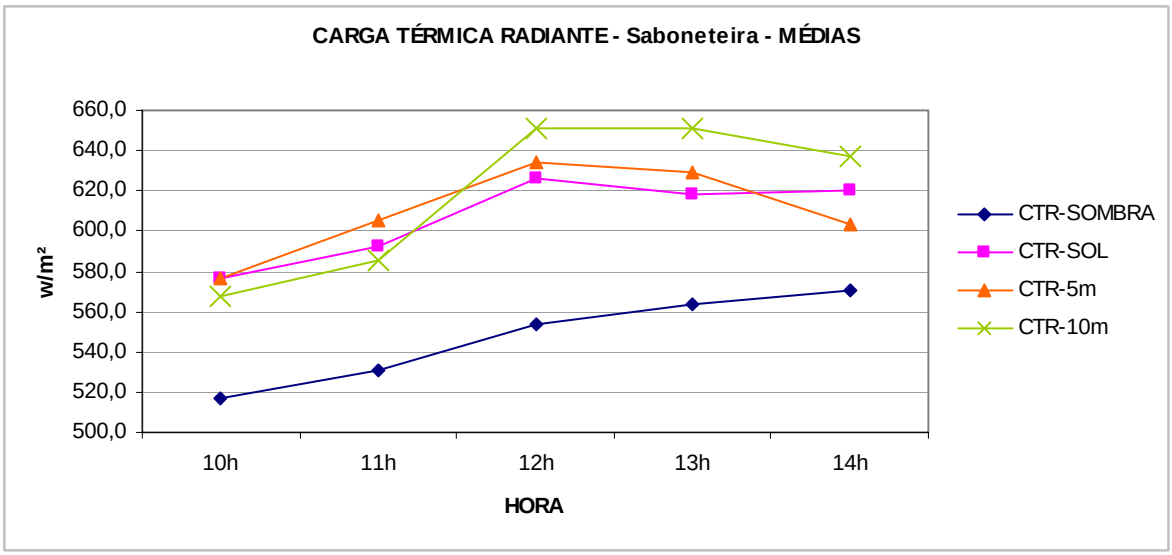


Figura 5.27: Médias das Cargas Térmicas Radiantes (CTR) considerando os raios de influência determinados a partir do tronco à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

Tabela 5.15: Valores Médios de Temperatura de Globo Negro (°C), Temperatura Radiante Média (°C) e Carga Térmica Radiante (W m^{-2}) obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

VARIÁVEIS	10h			11h			12h			13h			14h		
	Vel. Vento = 1,0 m s^{-1}			Vel. Vento = 1,3 m s^{-1}			Vel. Vento = 2,8 m s^{-1}			Vel. Vento = 1,0 m s^{-1}			Vel. Vento = 1,7 m s^{-1}		
	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})
SOMBRA	35,3	36,0	523,1	37,0	38,0	525,7	39,3	41,3	579,9	41,3	42,7	574,1	42,0	43,8	565,9
5 m	42,7	44,5	585,2	45,7	48,4	585,4	47,3	52,2	640,6	48,7	51,5	651,6	45,7	48,2	597,3
10 m	41,7	43,2	583,0	43,7	45,8	584,9	49,2	54,4	640,6	51,2	54,3	659,6	49,2	52,6	622,3
15 m	43,0	44,6	591,5	44,3	46,7	576,7	47,0	51,2	619,6	47,8	50,1	648,9	47,5	50,4	612,4

A verificação da atenuação da radiação solar incidente proporcionada pelo sombreamento do indivíduo arbóreo da espécie saboneteira estudado, deu-se por meio da análise dos gráficos resultantes do cálculo da Variação Relativa para as variáveis ambientais Temperatura de Bulbo Seco (Equações 4.1, 4.2 e 4.3), Umidade Relativa do Ar (Equações 4.4, 4.5 e 4.6) e Carga Térmica Radiante (Equações 4.9, 4.10 e 4.11), considerando como parâmetros fixos os valores obtidos no equipamento posicionado a 15 m do tronco do indivíduo arbóreo o qual, em todos os momentos, encontrou-se a pleno sol, conforme a metodologia proposta.

Os valores referentes às atenuações, no caso da Temperatura de Bulbo Seco e da Carga Térmica Radiante, e o incremento da Umidade Relativa do Ar, conforme a metodologia para sua determinação, são representados nas tabelas e gráficos a seguir.

Para a TBS (Tabela 5.16 e Figura 5.28), os valores absolutos das Variações Relativas, demonstradas pela árvore avaliada, indicam a hipótese da existência de raios de influência e da sua contribuição para a melhoria das condições ambientais em seu entorno imediato.

No entanto a análise estatística não demonstra variações significativas entre as posições em cada horário o que leva a concluir positivamente sobre a atuação da árvore na TBS em seu entorno, considerando um raio de 10 m, ou seja, o tratamento estatístico demonstra a uniformidade dos valores tanto à sombra quanto a 10 m. A única exceção a esta situação ocorre às 12h para a TBS.

Tabela 5.16: Médias das Variações Relativas (VR) de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS TBS (%) - Atenuações				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	11,1 a	6,1 a	6,0 a	7,3 a	4,8 a
5 m	7,8 a	1,2 a	4,1 ab	4,7 a	1,3 a
10 m	4,6 a	1,0 a	1,8 b	3,9 a	0,4 a

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

Verifica-se que, para as 12h, por exemplo, há uma diminuição da atenuação da TBS na medida em que ocorre o distanciamento da árvore. À sombra há uma atenuação desta variável na ordem de 6% em relação ao sol (15 m), passando para 4,1% a distância de 5 m do

tronco em relação ao sol e 1,8% a distância de 10 m do tronco em relação ao sol. Percebe-se o mesmo comportamento para os demais horários analisados (Figura 5.28).

A posição sombra apresenta as maiores atenuações absolutas na TBS que variam de 11% a 4,8%. A posição 5 m vem em segundo lugar, seguida da posição 10 m a qual apresentou as menores Variações Relativas para TBS, confirmando, em valores absolutos, a hipótese do raio de influência.

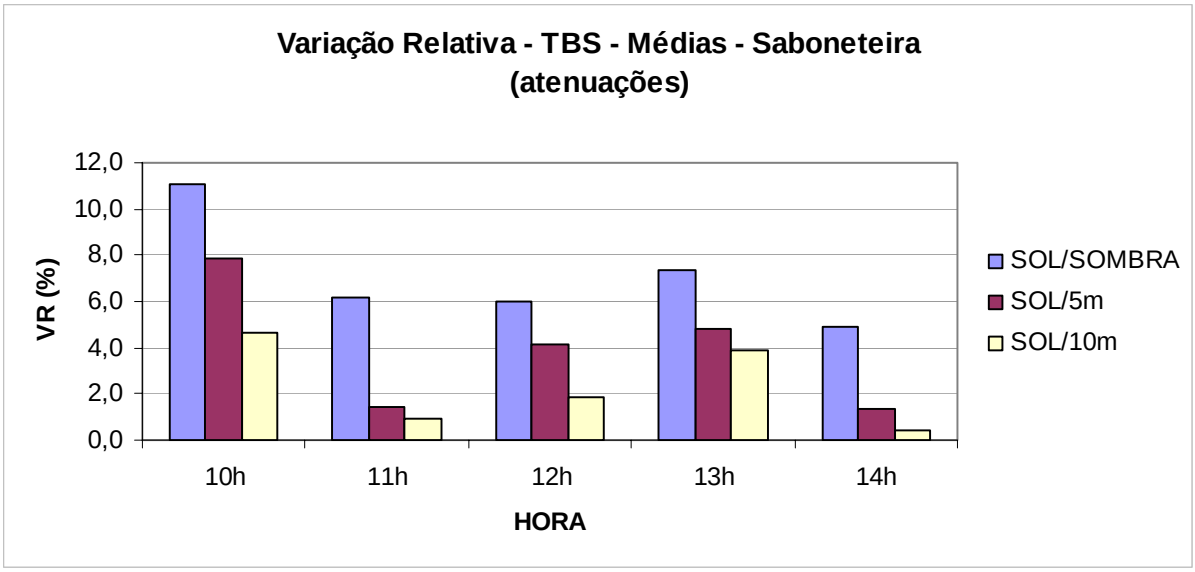


Figura 5.28: Variações Relativas (VR) da atenuação da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à sombra, à 5 m e à 10 m com a TBS ao sol (15m do tronco) indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

A saboneteira estudada apresenta valores expressivos de incremento na Umidade Relativa do Ar. A posição sombra demonstra que às 10h a VR ultrapassa os 60% e nos demais horários varia entre 40% e 60%. Para as demais distâncias o incremento apresentou-se, para todos os casos, superior a 20% (Tabela 5.17 e Figura 5.29).

Tabela 5.17: Médias das Variações Relativas (VR) de Umidade Relativa do Ar (UR) obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS UR (%) - Incrementos				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	64,8 a	53,1 a	44,2 a	59,9 a	46,6 a
5 m	44,5 a	28,4 a	49,2 a	70,1 a	42,8 a
10 m	47,4 a	36,0 a	26,4 a	42,6 a	32,6 a

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

Mesmo que a análise estatística não demonstre nas Variações Relativas diferenças significativas entre as posições em cada horário e assim não haja o escalonamento do desempenho segundo raios de influência, esta confirma a atuação da árvore, sobre a variável UR em seu entorno, considerando um raio de 10 m, ou seja, o tratamento estatístico demonstra a uniformidade dos valores tanto à sombra quanto a 10 m.

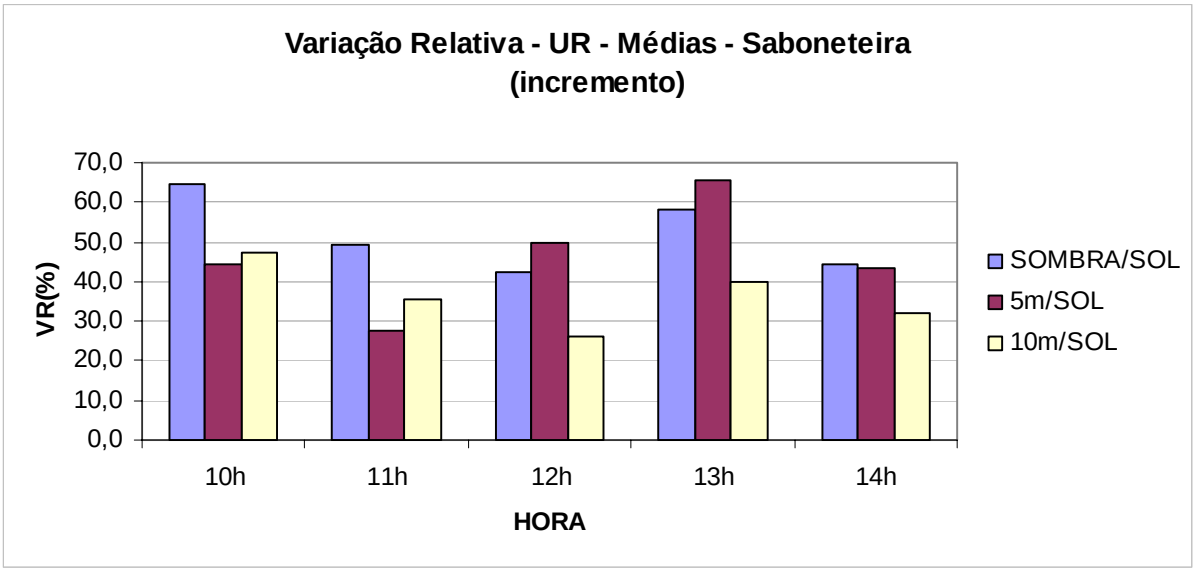


Figura 5.29: Variações Relativas (VR) do incremento da Umidade Relativa do Ar (UR) a partir da comparação das Umidades Relativas do Ar à sombra, a 5 m e a 10 m com a UR ao sol (15 m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

Para a Carga Térmica Radiante a divergência entre os valores não possibilitou uma análise que corrobore a hipótese dos raios de influência da árvore, somente que há a atenuação da CTR, em relação à posição sol em todos os casos.

Tabela 5.18: Médias das Variações Relativas (VR) de Carga Térmica Radiante (CTR) obtidos nos dias 08, 10 e 11 de outubro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS CTR (%) - Atenuações				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	10,4 a	10,5 a	11,5 a	8,9 a	8,0 a
5 m	0,1 b	-2,2 b	-1,3 b	-1,7 b	2,7 ab
10 m	1,7 b	1,1 b	-4,0 b	-5,3 b	-2,7 b

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

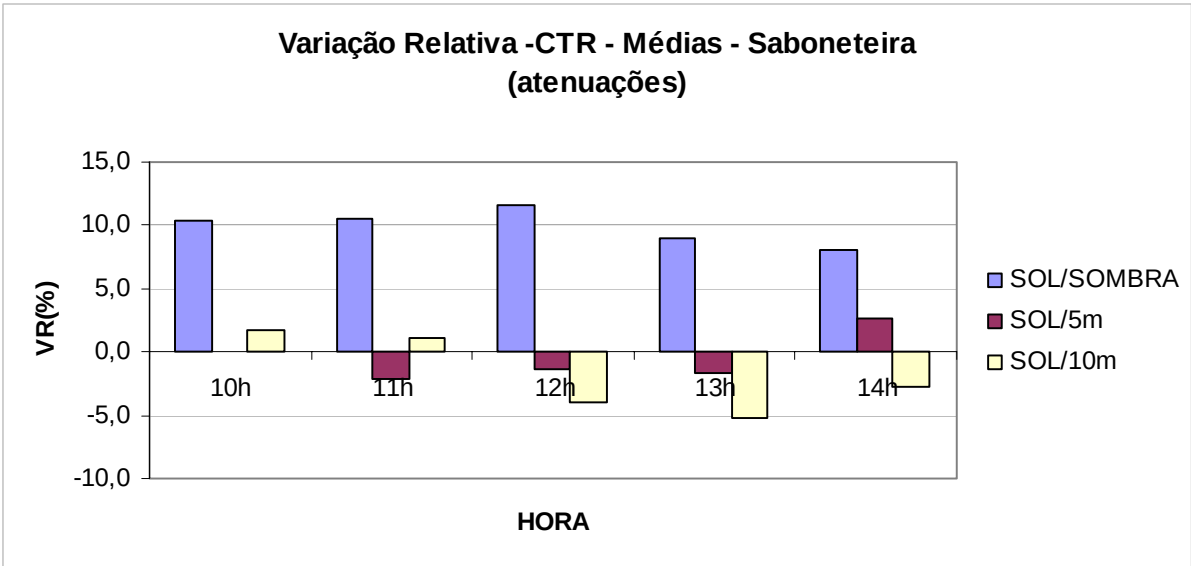


Figura 5.30: Variações Relativas (VR) da atenuação da Carga Térmica Radiante (CTR) a partir da comparação das Cargas Térmicas Radiantes à sombra, a 5 m e a 10 m com a UR ao sol (15m do tronco) do indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

O comportamento verificado para a atenuação da CTR da árvore estudada nas posições 5 m e 10 m mostram um incremento da CTR e não uma atenuação como era esperado (Figura 5.30), o que pode ser atribuído a heterogeneidade do entorno imediato (presença de pavimentação asfáltica e de concreto, grama, alteração das condições de ventilação pela passagem de veículos, etc.) com a conseqüente variação das intensidades das taxas de absorção da radiação solar, bem como das de reflexão e emissão da radiação térmica. Estes fatores podem ter contribuído para os resultados divergentes do esperado.

No entanto, percebe-se a influência da árvore, na atenuação da radiação solar proporcionada pelo sombreamento verificada na posição sombra, sobre a variável Carga Térmica Radiante.

5.4 *Stryphonodenon adstringens* – barbatimão

5.4.1 O entorno imediato

O indivíduo analisado encontra-se no limite da área urbana do município de Goiânia, no Campus Samabaia da Universidade Federal de Goiás (Figura 5.31).

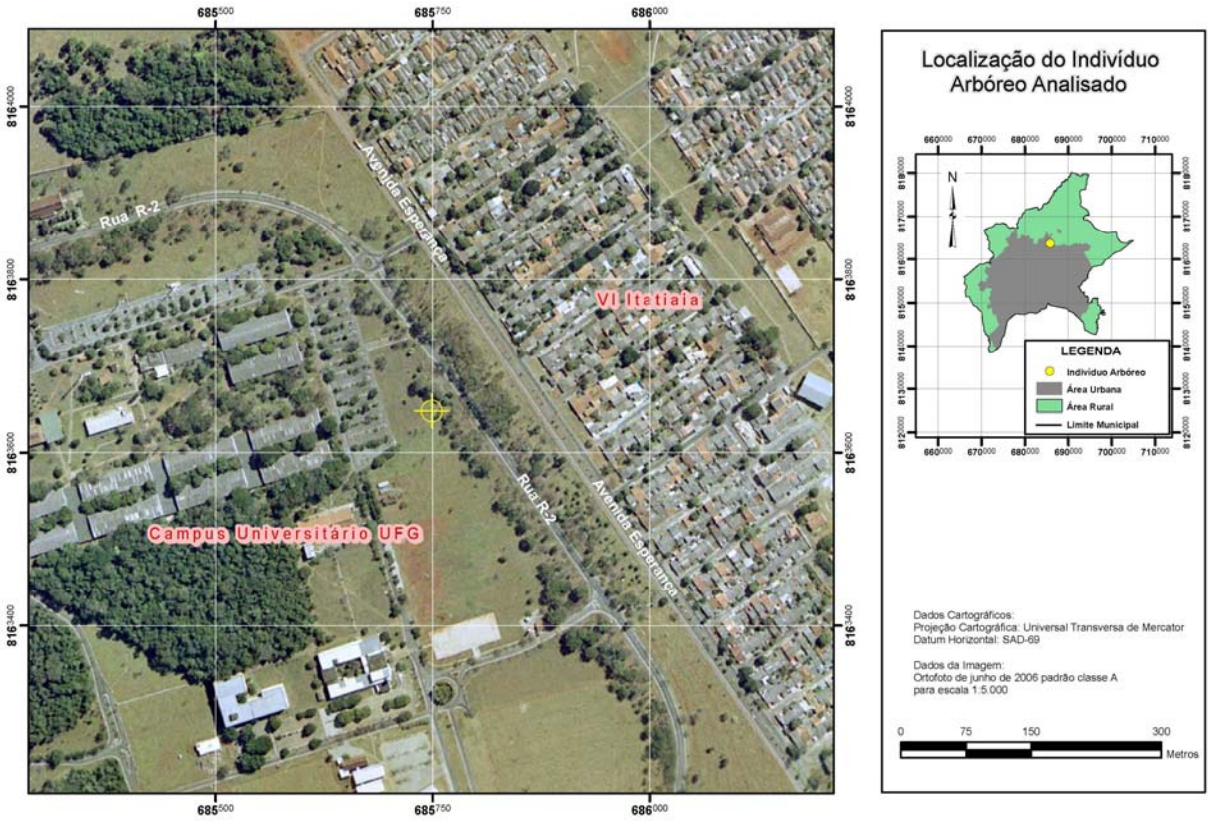


Figura 5.31: Localização do indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão na malha urbana de Goiânia-GO.
Fonte: Modificado de Goiânia (2006).

Seu entorno, no raio de influência considerado, caracteriza-se pela presença de gramado revestindo o solo. Há pavimentação asfáltica nas pistas de rolamento de veículos localizadas no entorno do indivíduo e ainda a presença de edifícios e de pátio de estacionamento pavimentado. Nas proximidades, há também, um conjunto de árvores. Todos estes elementos, no entanto, encontram-se fora do raio considerado para o estudo.

O posicionamento dos equipamentos ocorreu segundo a direção leste-oeste, inclinado aproximadamente 15° em relação à árvore avaliada.

O esquema apresentado na Figura 5.32 e as Fotos 5.9 e 5.10 demonstram as condições locais e a disposição dos equipamentos em relação ao indivíduo arbóreo analisado.

A Figura 5.32 é a representação esquemática do entorno imediato da árvore em questão verificando-se, segundo o raio de influência de 15m verifica-se a presença de gramado revestindo o solo, já verde devido ao início do período das chuvas.

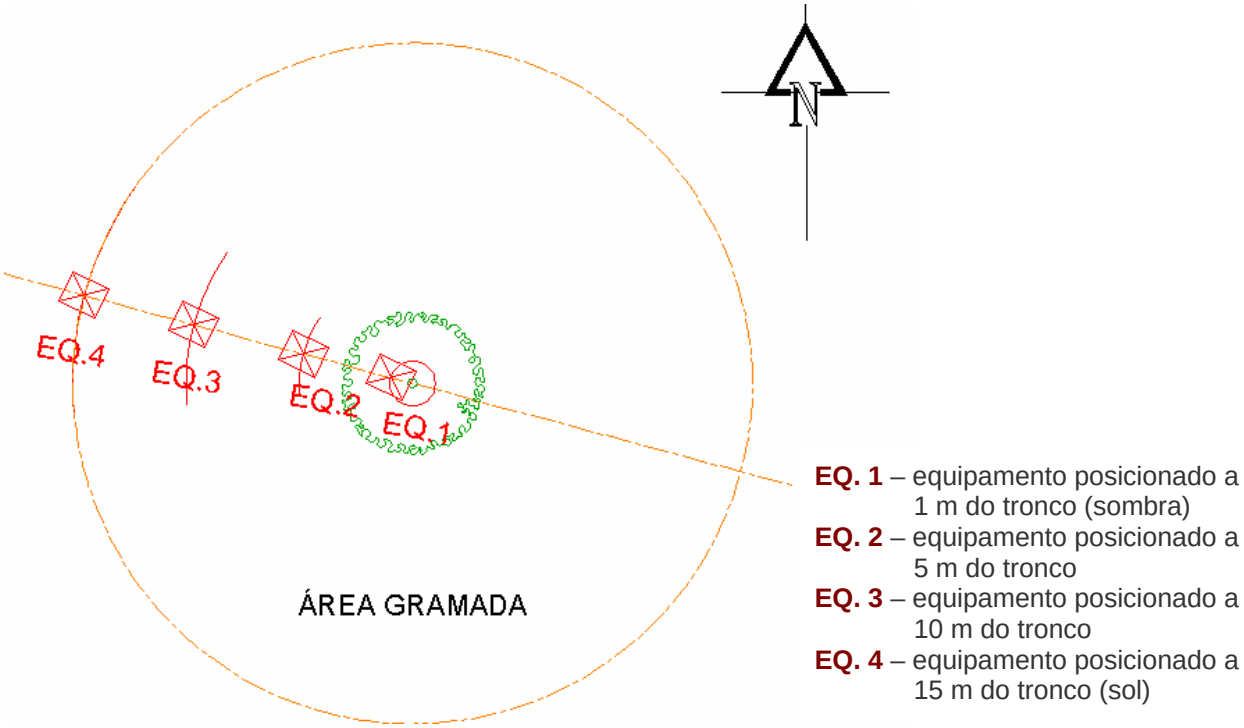


Figura 5.32: Representação esquemática do entorno do indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – Barbatimão analisado.

A Foto 5.9 ilustra as condições de entorno da árvore analisada com a presença de gramado, revestindo o solo e, ao fundo, fora do raio de 15 m, o pátio de estacionamento.

Foto 5.9: Indivíduo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão analisado.

A Foto 5.10 ilustra o posicionamento dos equipamentos de medição em relação ao Barbatimão analisado.

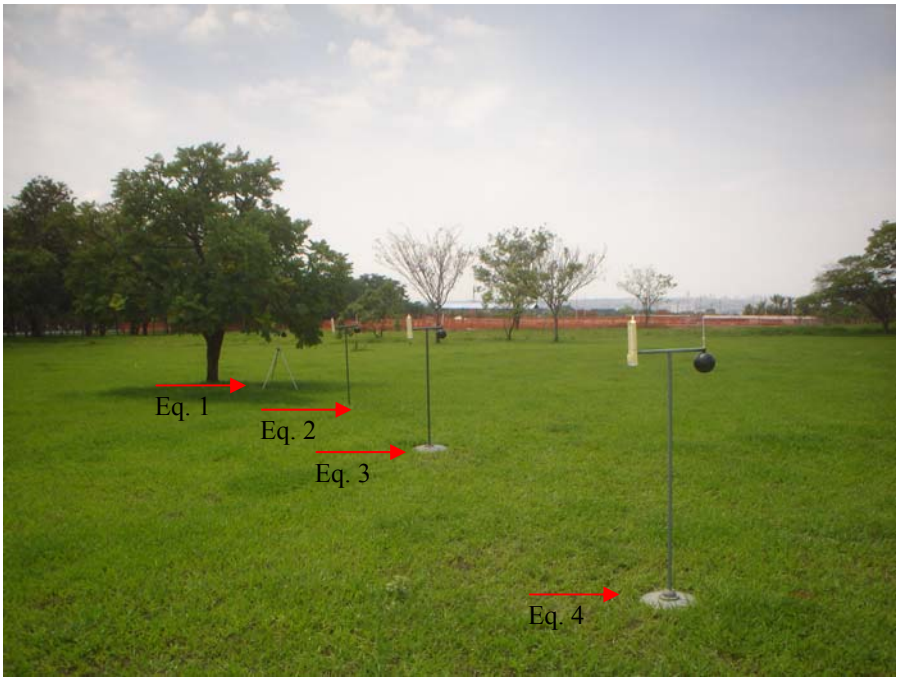


Foto 5.10: Detalhe do posicionamento dos equipamentos em relação a arvore de barbatimão analisada.

5.4.2 O indivíduo arbóreo analisado

O indivíduo analisado da espécie *Stryphnodendron adstringens*, popularmente conhecida como barbatimão, encontra-se em idade adulta, com altura aproximada de 4 m e diâmetro da copa de 3 m. Como as árvores desta espécie, o indivíduo possui copa arredondada com densidade média. Sua folhagem apresenta folhas compostas bipinadas o que lhe confere a característica de relativa permeabilidade ao vento e à radiação solar.

5.4.3 Análise dos resultados

Os dados foram coletados nos dias 08, 09 e 12 do mês de novembro de 2007 os quais, em geral, caracterizaram-se por céu, ora aberto, ora alternando entre sol e nuvens e ventos de fracos a moderados (Quadro 5.5).

HORÁRIO	DIAS ANALISADOS		
	08/11/2007	09/11/2007	12/11/2007
10h	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.
11h	Céu alternando entre sol e nuvens, vento de fraco a moderado.	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.	Céu aberto, vento fraco.
12h	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.
13h	Céu aberto, vento moderado.	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.
14h	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.	Céu alternando entre sol e nuvens, vento fraco.

Quadro 5.4: Condição Horária do tempo nos dias analisados para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

Os dados do INMET para o mês de novembro demonstram que, para os dias analisados, as temperaturas diárias máximas variaram entre 32 °C e 34 °C, as mínimas de 20°C a 22°C, nos três dias considerados, permanecendo as médias entre 24 °C e 26 °C (Figura 5.33) e a umidade relativa do ar apresentou-se entre 60% e 75% (Figura 5.34).

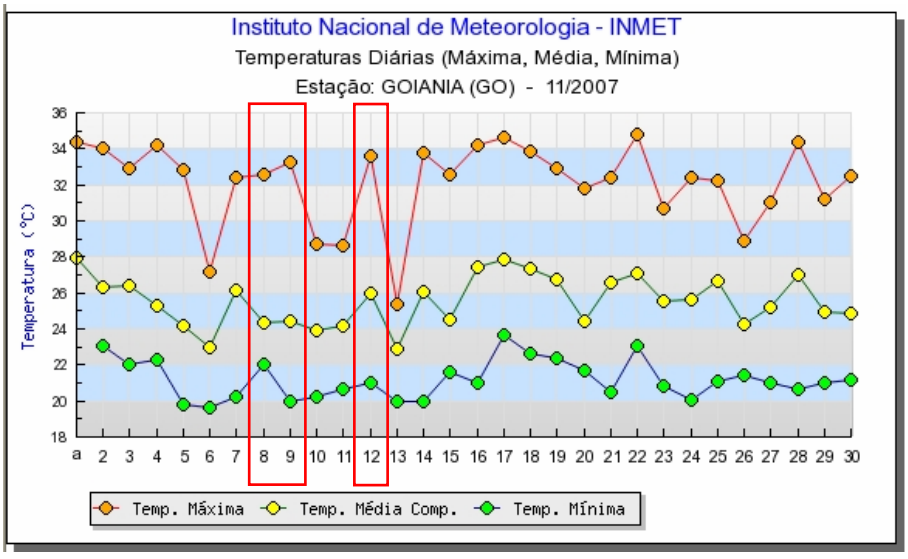


Figura 5.33: Temperaturas máxima, média e mínima para os dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007.
Fonte: Modificado de INMET (2008d).

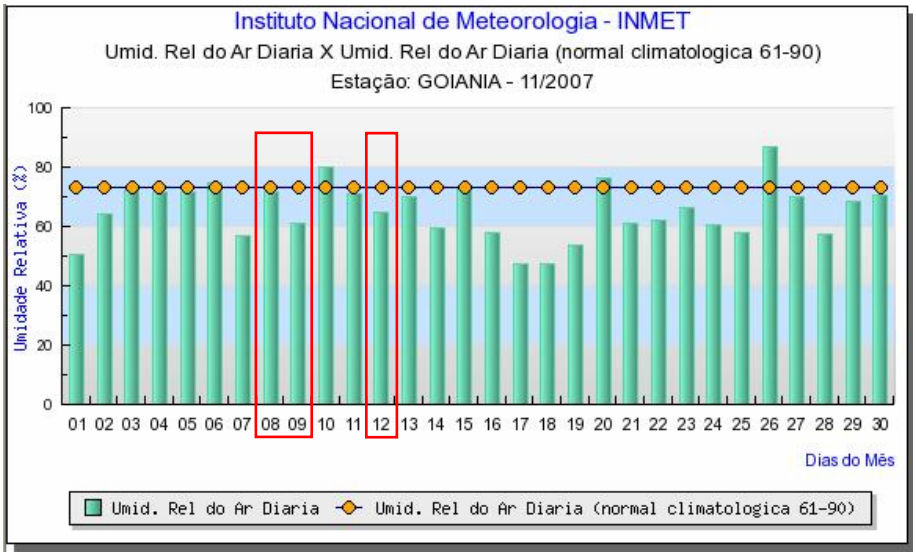


Figura 5.34: Umidade Relativa do Ar para os dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007. Fonte: Modificado de INMET (2008d).

São apresentadas, a seguir, as médias aritméticas dos valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Umidade Relativa do Ar (UR) e da Carga Térmica Radiante (CTR), dos dados obtidos em campo referentes aos três dias analisados, para cada horário (Tabelas 5.19 a 5.21 e Figuras 5.35 a 5.37).

Comparando-se os dados de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidos em campo (Tabela 5.19) com aqueles apresentados pelo INMET (2008d), Figura 5.33, percebe-se que a partir das 14h a TBS medida pelo equipamento a pleno sol (15 m) alcança 35 °C e a média das máximas para os dias considerados situa-se na casa dos 34 °C[30]. Assim, percebe-se que as temperaturas do ar são próximas, o que pode ser justificado pelas condições do entorno.

Tabela 5.19: Valores Médios de Temperatura de Bulbo Seco obtidos nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

DISTÂNCIAS	TEMPERATURA DE BULBO SECO (°C)				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	28,5	29,7	30,3	31,3	31,7
5 m	29,7	30,7	31,8	32,3	33,0
10 m	30,0	30,7	32,0	32,8	33,2
15 m	31,2	31,5	34,3	35,2	35,0

[30] A temperatura média das máximas representa a tendência média das temperaturas vespertinas por volta das 15h (VIANELLO; ALVES, 2000; FERNANDES, 2006).

O gráfico da TBS (Figura 5.35) expressa que as temperaturas à sombra foram sempre menores do que às das demais situações – 5 m, 10 m e 15 m (sol). Nota-se ainda a proximidade entre os valores das distâncias 5 m e 10 m e os valores a 15 m (sol) sempre superiores aos demais. Assim, o conjunto dos dados de campo apresentado demonstrou a hipótese do raio de influência do indivíduo arbóreo sobre o seu entorno imediato (Tabela 5.19 e Figura 5.35).

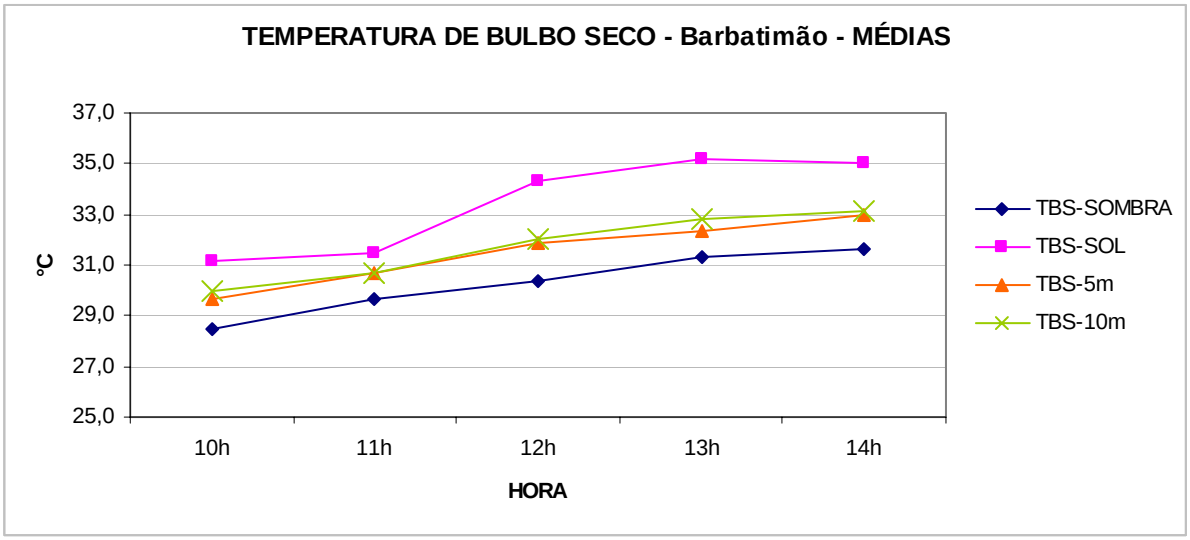


Figura 5.35: Médias das Temperaturas de Bulbo Seco medidas considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

Os valores de Umidade Relativa do Ar (UR) obtidos, em uma primeira análise refutam a hipótese[31] da influência da árvore a distâncias determinadas. No entanto, percebe-se a ocorrência de um grupo (UR sombra, UR 5 m e UR 10 m) cujos valores foram superiores aos da UR ao sol (Tabela 5.20 e Figura 5.36), como era esperado.

Tabela 5.20: Valores Médios de Umidade Relativa do Ar obtidos nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

DISTÂNCIAS	UMIDADE RELATIVA DO AR (%)				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	64,8	59,1	54,9	51,6	51,7
5 m	60,2	57,2	50,2	52,4	51,1
10 m	63,8	61,5	55,3	53,4	51,3
15 m	51,4	48,3	38,8	38,5	37,4

[31] Onde UR sombra > UR 5m > UR 10m > UR sol.

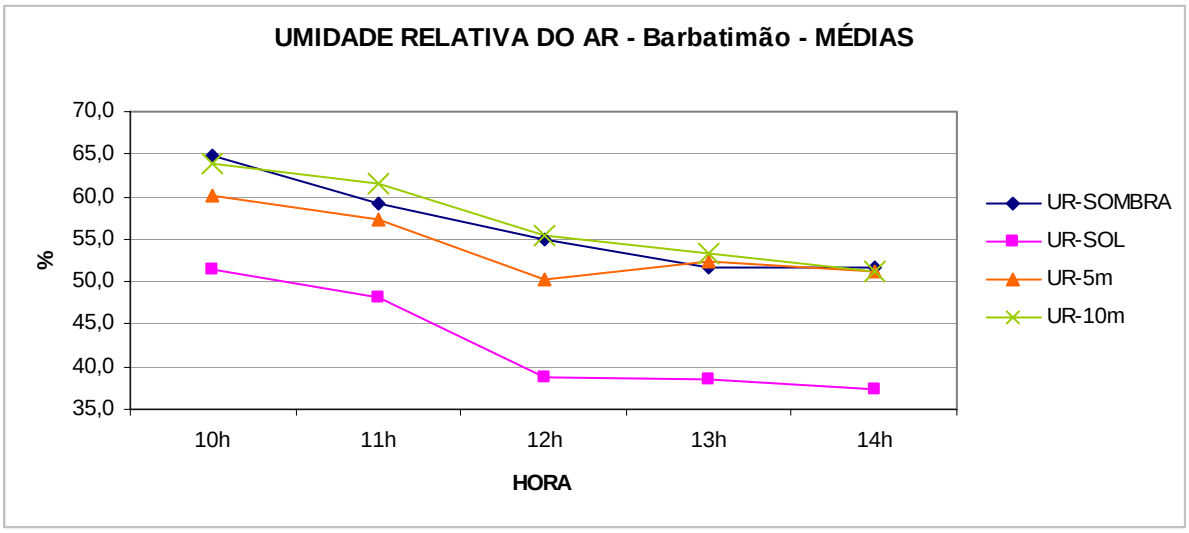


Figura 5.36: Médias das Umidades Relativas do Ar considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

Os valores obtidos para a Carga Térmica Radiante são importantes na confirmação da influência que a árvore exerce sobre seu entorno imediato, percebendo-se que a CTR à sombra é menor que o grupo CTR 5 m, 10 m e a 15 m (sol). Este grupo apresenta um comportamento previsto inicialmente, ou seja, o valor a 5 m < 10 m < 15 m (sol), conforme demonstram a Tabela 5.21 e a Figura 5.37.

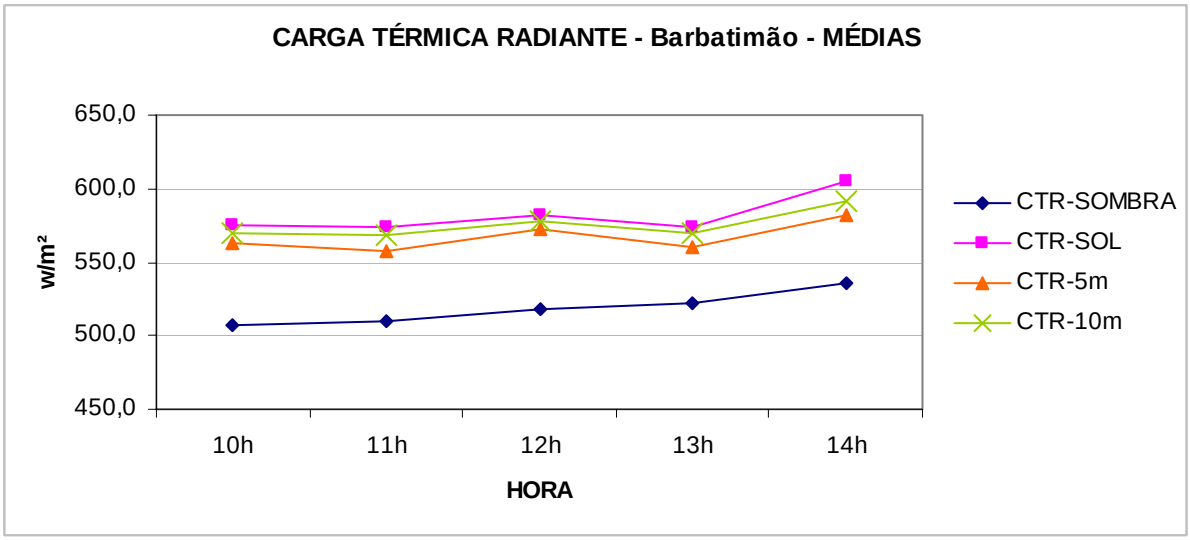


Figura 5.37: Médias aritiméticas das Cargas Térmicas Radiantes (CTR) considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: à sombra, 5 m, 10 m e 15 m (sol) para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

Tabela 5.21: Valores Médios de Temperatura de Globo Negro (°C), Temperatura Radiante Média (°C) e Carga Térmica Radiante (W m^{-2}) obtidos nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

VARIÁVEIS	10h			11h			12h			13h			14h		
	Vel. Vento = 1,8 m s^{-1}			Vel. Vento = 2,0 m s^{-1}			Vel. Vento = 2,1 m s^{-1}			Vel. Vento = 3,3 m s^{-1}			Vel. Vento = 3,9 m s^{-1}		
	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})	TG (°C)	TRM (°C)	CTR (W m^{-2})
SOMBRA	33,3	34,6	507,7	33,8	35,0	510,2	35,0	36,2	518,6	35,3	36,8	522,7	37,0	38,8	536,0
5 m	40,0	42,6	563,1	39,7	41,7	557,0	41,3	44,0	572,5	39,7	42,2	560,5	42,3	45,2	581,4
10 m	41,0	43,7	570,4	41,0	43,3	568,6	42,0	44,8	578,3	40,8	43,6	570,4	43,3	46,6	592,1
15 m	41,7	44,2	574,6	41,8	44,1	574,4	42,8	45,2	581,7	41,8	44,1	574,5	45,2	48,5	605,8

A verificação da atenuação da radiação solar incidente proporcionada pelo sombreamento do indivíduo arbóreo da espécie barbatimão estudado, deu-se por meio da análise dos gráficos resultantes do cálculo da Variação Relativa para as variáveis ambientais Temperatura de Bulbo Seco (Equações 4.1, 4.2 e 4.3), Umidade Relativa do Ar (Equações 4.4, 4.5 e 4.6) e Carga Térmica Radiante (Equações 4.9, 4.10 e 4.11), considerando como parâmetros fixos os valores obtidos no equipamento posicionado a 15 m do tronco do indivíduo arbóreo o qual, em todos os momentos, encontrou-se a pleno sol, conforme a metodologia proposta.

Os valores referentes às atenuações, no caso da Temperatura de Bulbo Seco e da Carga Térmica Radiante, e o incremento da Umidade Relativa do Ar, conforme a metodologia para sua determinação estão apresentados nas Tabelas 5.22 a 5.24 e Figuras 5.38 a 5.40.

Os valores absolutos referentes à Variação Relativa da TBS indicam a atuação da árvore, principalmente do seu sombreamento, na atenuação da TBS.

No entanto, a ausência de significância estatística entre as posições leva a concluir positivamente sobre a atuação da árvore na TBS em seu entorno, considerando um raio de 10 m, ou seja, o tratamento estatístico demonstra a uniformidade dos valores tanto à sombra quanto a 10 m.

Percebe-se que as maiores variações absolutas de TBS (Figura 5.38) ocorreram nos horários em que as temperaturas do ar, representadas pela TBS, foram maiores (figura 5.35), confirmando a importante contribuição da árvore na adequação ambiental visando o conforto térmico.

Tabela 5.22: Médias das Variações Relativas (VR) de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) obtidas nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS TBS (%) - Atenuações				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	8,6 a	5,8 a	11,7 a	10,9 a	9,5 a
5 m	4,8 a	2,6 a	7,3 a	8,1 a	5,7 a
10 m	3,7 a	2,6 a	6,8 a	6,6 a	5,2 a

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

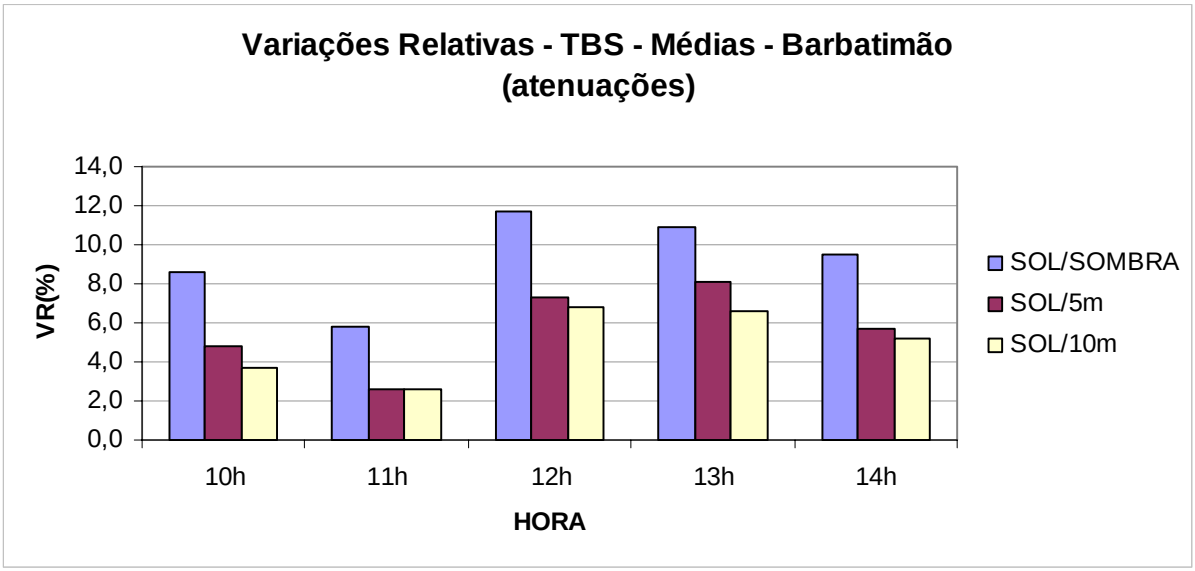


Figura 5.38: Valor médio das Variações Relativas à atenuação da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à sombra, a 5 m e 10 m com a TBS ao sol (15 m do tronco) indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

O barbatimão em questão apresenta valores significativos de incremento na Umidade Relativa do Ar. Nota-se que principalmente nos horários das 12h, 13h e 14h, horários críticos para as questões relacionadas ao conforto ambiental, a exemplo da TBS (temperatura ambiente) que alcançou a casa dos 35°C ao sol (Figura 5.35), há um incremento da UR, nestes horários, na ordem dos 30% alcançando 40% às 12h para as posições sombra e 10m (Tabela 5.23 e Figura 5.39).

Tabela 5.23: Médias das Variações Relativas (VR) de Umidade Relativa do Ar (UR) obtidas nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007 para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS UR (%) - Incrementos				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	26,8 a	22,5 a	42,1 a	34,4 a	38,6 a
5 m	17,3 a	18,4 a	29,7 a	37,0 a	37,2 a
10 m	25,0 a	27,6 a	43,5 a	40,8 a	37,5 a

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

A uniformidade estatística entre os valores de incremento demonstra a atuação da árvore sobre a UR no raio de 10 m, ou seja, tanto à sombra quanto à 10m a árvore influencia igualmente sobre a variável Umidade Relativa do Ar.

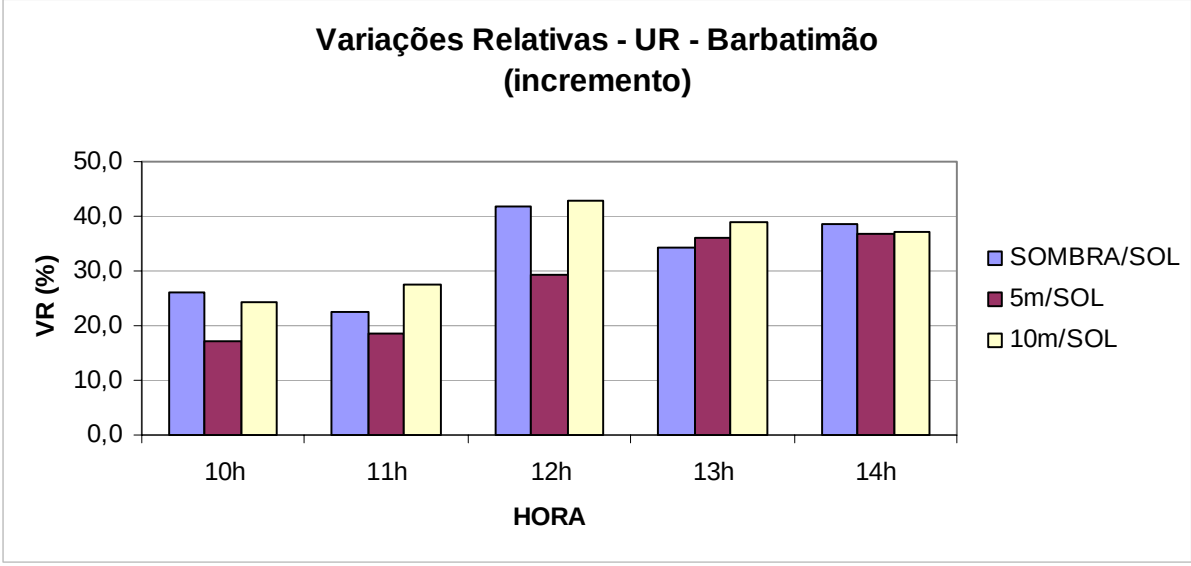


Figura 5.39: Valor médio das Variações Relativas ao incremento da Umidade Relativa do Ar (UR) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à sombra, a 5 m e a 10 m com a TBS ao sol (15 m do tronco) indivíduo arbóreo da espécie *Stryphonodenon adstringens* – Barbatimão.

A Carga Térmica Radiante (CTR), para este caso, demonstrou claramente a influência da árvore a raios determinados no seu entorno imediato. Verifica-se a atenuação significativa nas posições sombra, entre 9% e 11%, se relacionada às demais, diminuindo consideravelmente nas posições 5 m e 10 m, cujos valores máximos situaram-se na casa dos 4% (Tabela 5.24 e Figura 5.40).

Tabela 5.24: Médias das Variações Relativas (VR) de Carga Térmica Radiante (CTR) obtidas nos dias 08, 09 e 12 de novembro de 2007, para o indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

POSIÇÕES	VARIAÇÕES RELATIVAS CTR (%) - Atenuações				
	10h	11h	12h	13h	14h
SOMBRA	11,4 a	10,9 a	10,8 a	8,8 a	11,5 a
5 m	1,9 b	3,0 ab	1,6 b	2,4 ab	4,0 b
10 m	0,7 b	1,0 b	0,6 b	0,7 b	2,3 b

As médias nas colunas seguidas de mesma letra minúscula não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) segundo o Teste de Tukey, na comparação entre as posições.

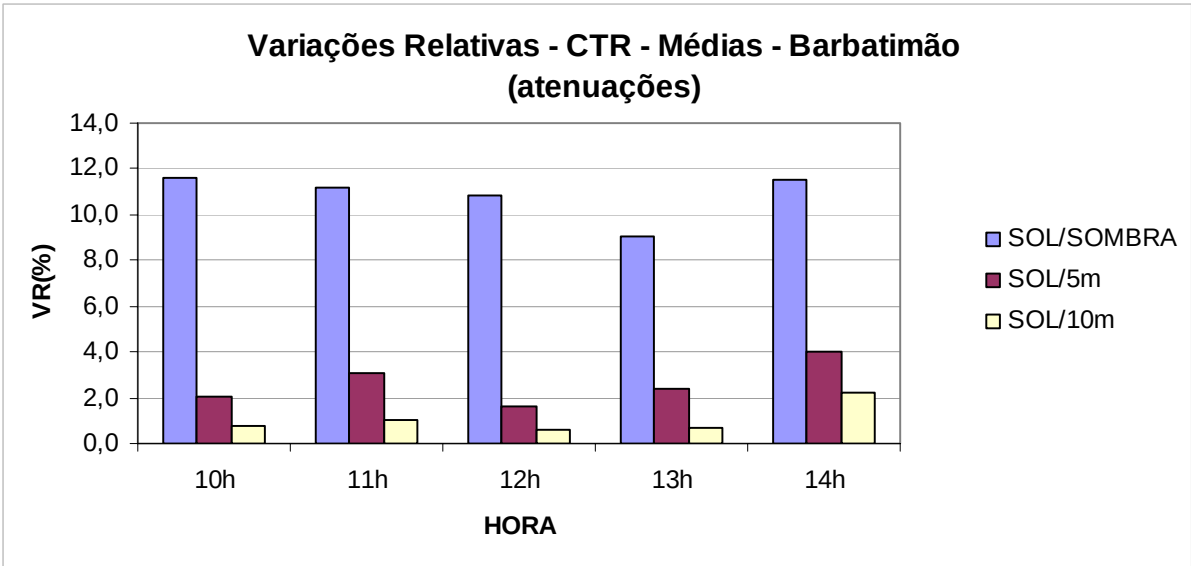


Figura 5.40: Valor médio das Variações Relativas à atenuação da Carga Térmica Radiante (CTR) a partir da comparação das Temperaturas de Bulbo Seco à sombra, à 5m e à 10m com a TBS ao sol (15m do tronco) indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

5.5 O desempenho das espécies estudadas

Os valores médios das variáveis resposta, ou seja, das médias das Variações Relativas (VR's) de Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Umidade Relativa do Ar (UR) e Carga Térmica Radiante (CTR) foram considerados para a análise geral dos resultados.

Esta análise foi realizada visando duas situações:

a) o desempenho dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas entre si, à luz dos valores percentuais médios encontrados para Variação Relativa (VR) da TBS, UR e CTR e;
b) a confirmação da existência de raios de influência dos indivíduos arbóreos em seu entorno imediato a partir dos valores médios de Variação Relativa para cada posição (sombra, 5 m e 10 m) dentro de cada horário.

As Tabelas 5.25 a 5.39 apresentam as médias aritméticas entre os valores das Variações Relativas.

5.5.1 Temperatura de Bulbo Seco (TBS)

A comparação entre espécies no horário das 10h, para a variável TBS (Tabela 5.25), indicou que o melhor desempenho foi o do indivíduo arbóreo da espécie chuva-de-

ouro, pois na posição sombra alcançou 19,2% de atenuação da TBS, isto é, de 36,5 °C ao sol para 29,5 °C à sombra. Para as demais posições a sibipiruna demonstrou melhor desempenho, alcançando 13,6% de atenuação na posição 5 m, de 35,7 °C ao sol para 30,8 °C à sombra e 10,7% na relação 10 m, de 35,7°C para 31,8 °C.

Tabela 5.25: Médias das Variações Relativas (VR) da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 10h.

		VARIAÇÕES RELATIVAS – TBS – 10h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	19,2	7,3	2,7
	Sibipiruna	13,6	13,6	10,7
	Saboneteira	11,1	7,8	4,6
	Barbatimão	8,4	4,8	3,6

O comportamento apresentado pelos indivíduos arbóreos, para este horário, confirma a hipótese inicial sobre a influência dos mesmos na atenuação da TBS conforme raios previamente determinados, ou seja, a VR da TBS à sombra > 5 m > 10 m. A Figura 5.41, gráfico da relação Espécies e Variação Relativa da TBS para cada posição neste horário, demonstra esta situação.

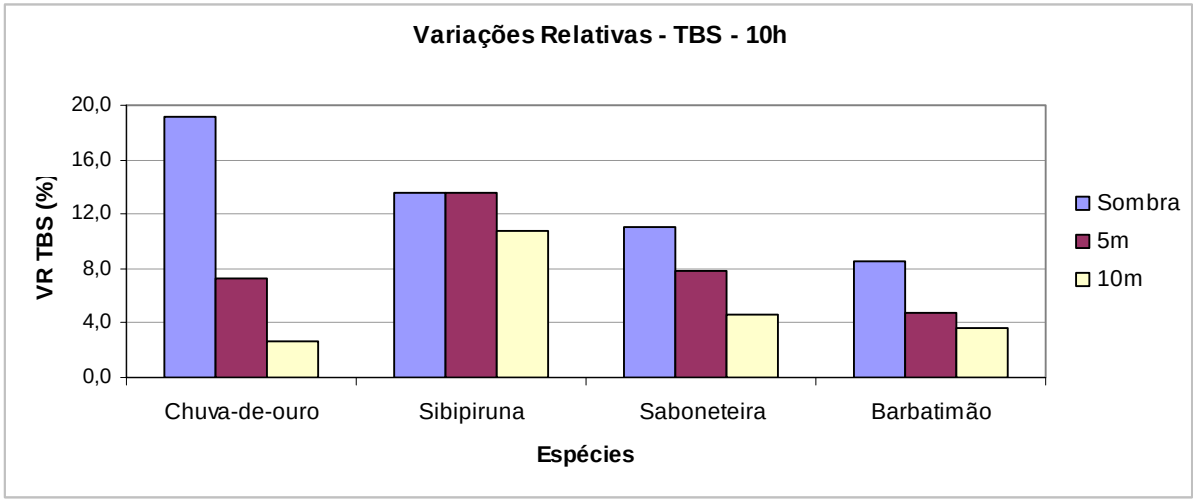


Figura 5.41: Variações Relativas da TBS considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 10h.

Às 11h (Tabela 5.26) percebe-se, novamente, o melhor desempenho do indivíduo arbóreo da espécie sibipiruna na atenuação da TBS. Verifica-se que, mesmo a chuva-de-ouro tendo demonstrado maior valor que as demais árvores, 15,1% às 11h na posição sombra, o

que corresponde a uma diferença de 5,5 °C entre o sol e a sombra, o indivíduo da espécie sibipiruna demonstrou melhor desempenho nas posições 5 m e 10 m, 12,5% e 4,0%, respectivamente, o que corresponde a 4,6 °C e 1,5 °C de diferença, entre o sol e a sombra, e apresentou desempenho pouco inferior à chuva-de-ouro na posição sombra, 12,4%, o que corresponde a 5 °C.

Tabela 5.26: Médias das Variações Relativas (VR) da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 11h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – TBS – 11h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	15,1	1,4	1,4
	Sibipiruna	12,4	12,5	4,0
	Saboneteira	6,1	1,2	1,0
	Barbatimão	5,8	2,7	2,6

O desempenho entre as espécies, para este horário, ainda pode ser verificado na Figura 5.42, na qual pode ser visualizado o melhor desempenho dos indivíduos das espécies chuva-de-ouro e sibipiruna em relação às demais.

A Tabela 5.26 e a Figura 5.42 mostram que às 11h as espécies confirmaram a hipótese do raio de influência do indivíduo arbóreo nas atenuações da Temperatura de Bulbo Seco. Vale ressaltar que, no caso do indivíduo arbóreo da espécie Sibipiruna, o equipamento posicionado a 5 m encontrava-se sombreado até às 11h, o que justifica a proximidade entre os valores de VR.

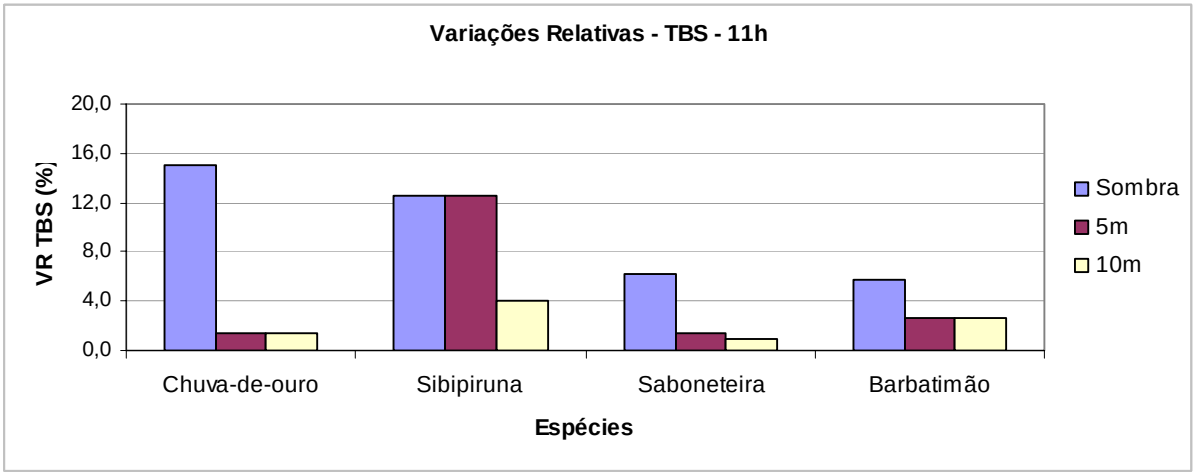


Figura 5.42: Variações Relativas da TBS considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 11h

A partir das 12h, os valores relativos ao Barbatimão, espécie nativa do cerrado, também merecem destaque, seus valores demonstram o segundo melhor desempenho às 12h, 13h e 14h (Tabelas 5.27, 5.28 e 5.29 e Figuras 5.43, 5.44 e 5.45), superando a sibipiruna a qual vinha se destacando nos horários anteriores. Ressalta-se o desempenho da chuva-de-ouro na posição sombra.

Tabela 5.27: Médias das Variações Relativas (VR) da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 12h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – TBS – 12h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	17,8	3,4	6,4
	Sibipiruna	8,5	7,6	2,7
	Saboneteira	6,0	4,1	1,8
	Barbatimão	11,5	7,2	6,7

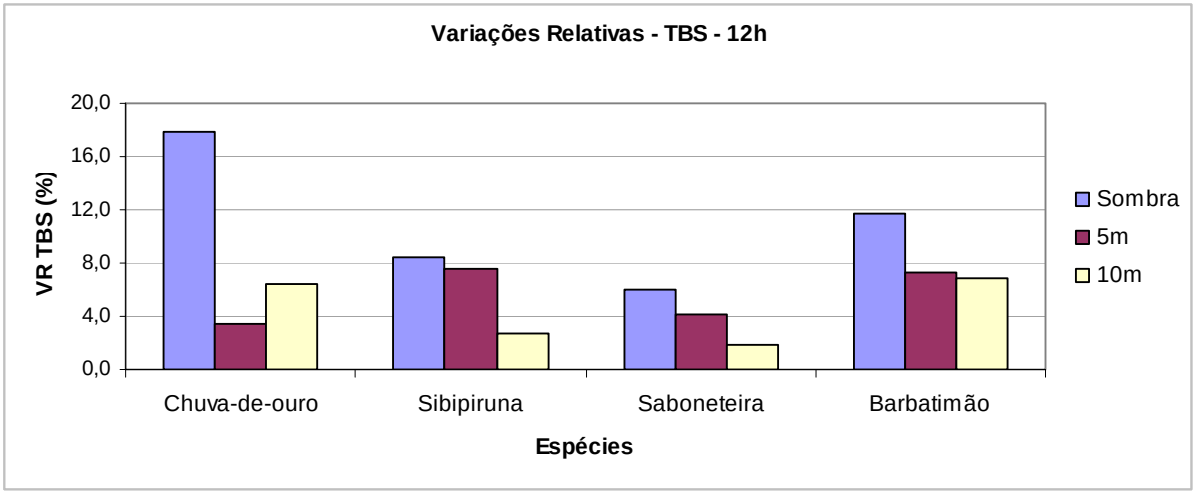


Figura 5.43: Variações Relativas da TBS considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 12h.

Tabela 5.28: Médias das Variações Relativas (VR) da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 13h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – TBS – 13h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	13,0	1,7	2,2
	Sibipiruna	7,2	6,7	3,5
	Saboneteira	7,3	4,7	3,9
	Barbatimão	10,7	8,0	6,5

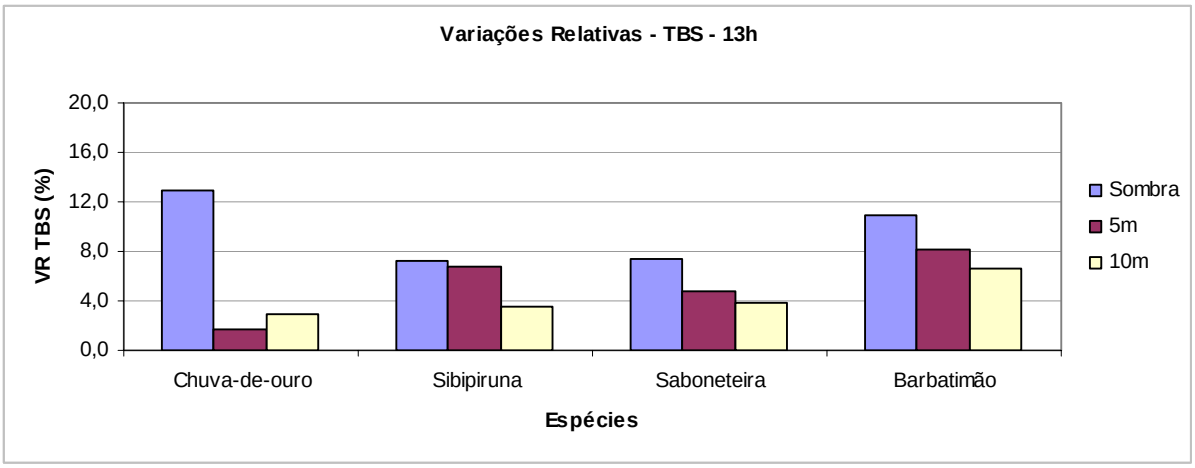


Figura 5.44: Variações Relativas da TBS considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 13h.

Tabela 5.29: Médias das Variações Relativas (VR) da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 14h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – TBS – 14h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	12,7	2,9	4,2
	Sibipiruna	7,7	4,8	3,5
	Saboneteira	4,8	1,3	0,4
	Barbatimão	9,5	5,7	5,3

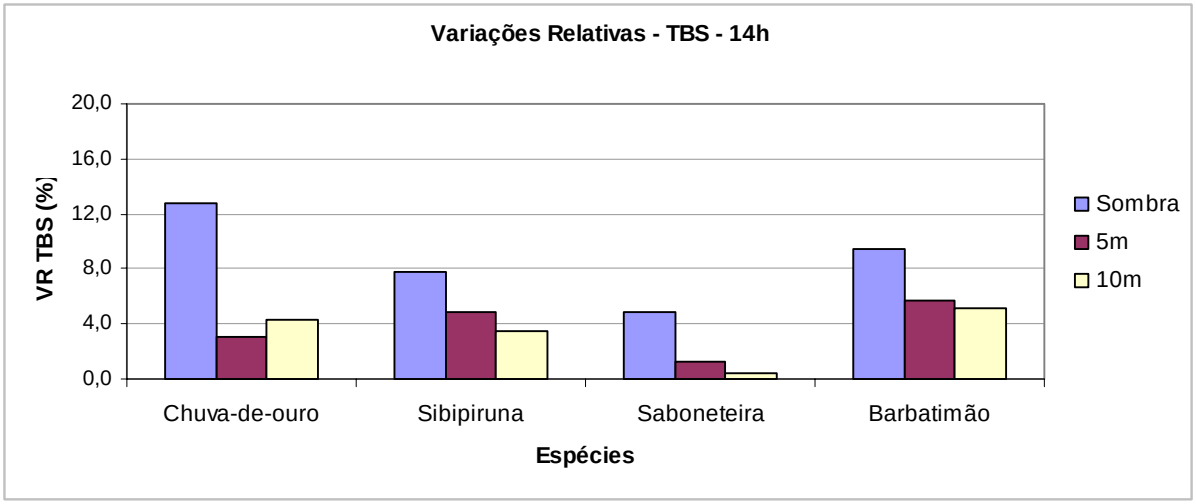


Figura 5.45: Variações Relativas da TBS considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 14h.

As Figuras 5.46 a 5.48 demonstram graficamente e corroboram a discussão sobre o desempenho dos indivíduos das espécies arbóreas na atenuação da Temperatura de Bulbo Seco a qual corresponde à temperatura ambiente.

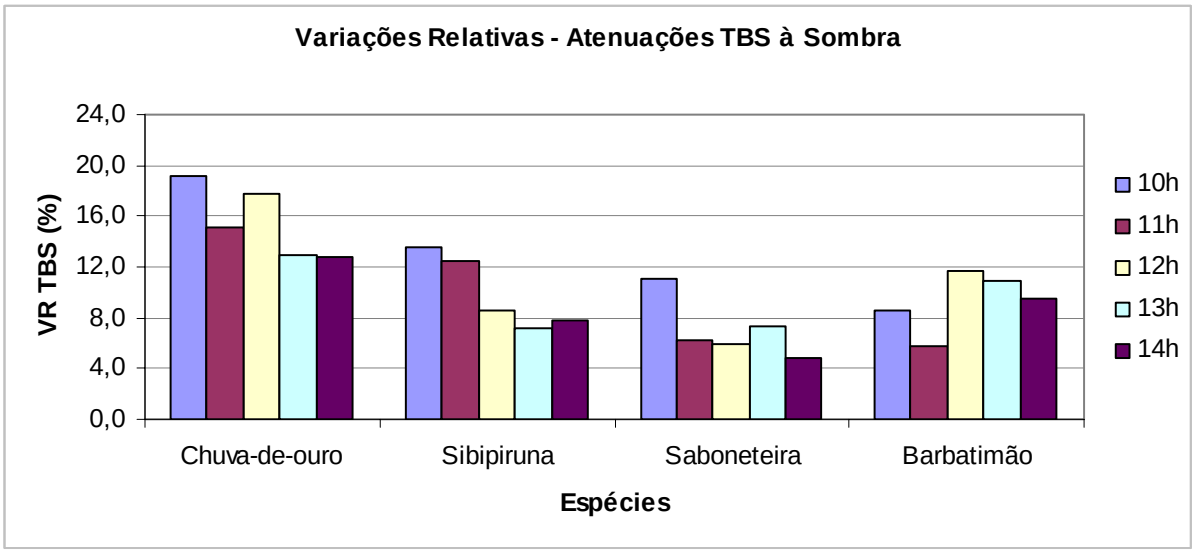


Figura 5.46: Variações Relativas da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição sombra.

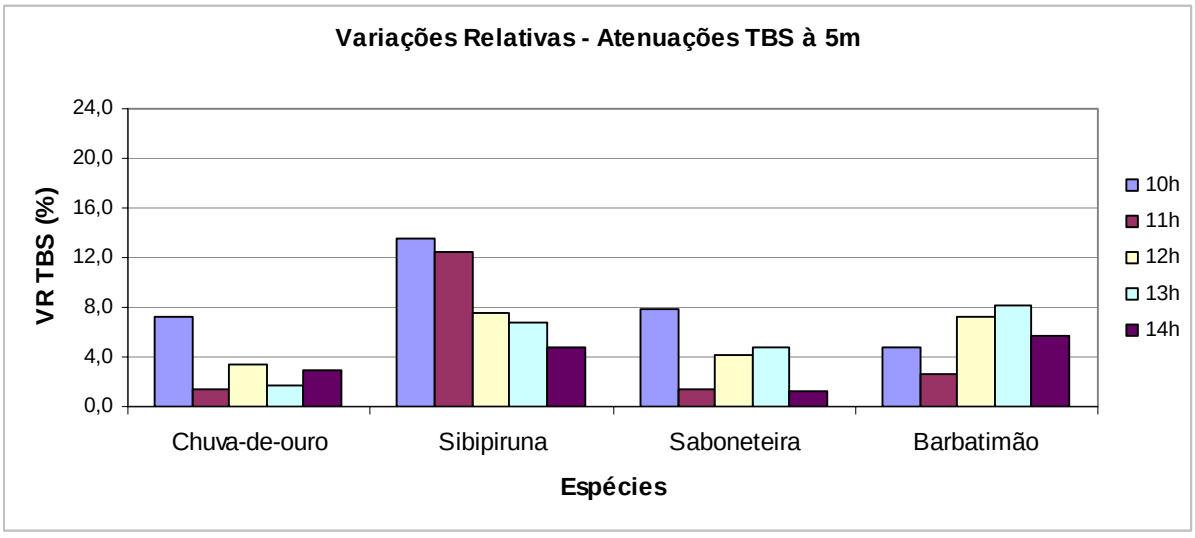


Figura 5.47: Variações Relativas da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 5 m.

A Figura 5.46 apresenta o indivíduo da espécie chuva-de-ouro como aquele que proporcionou as maiores atenuações na posição sombra. Em todos os horários os valores

situaram-se acima de 12% de atenuação da TBS, seguida pelo indivíduo da espécie sibipiruna, destacando-se o barbatimão a partir das 12h.

A Figura 5.47 demonstra uma inversão no desempenho entre os indivíduos das espécies chuva-de-ouro e sibipiruna na posição 5 m. Em todos os horários o desempenho desta foi superior, o que pode ser explicado pela característica da dimensão de sua copa e o conseqüente sombreamento. Destaca-se o barbatimão a partir das 12h.

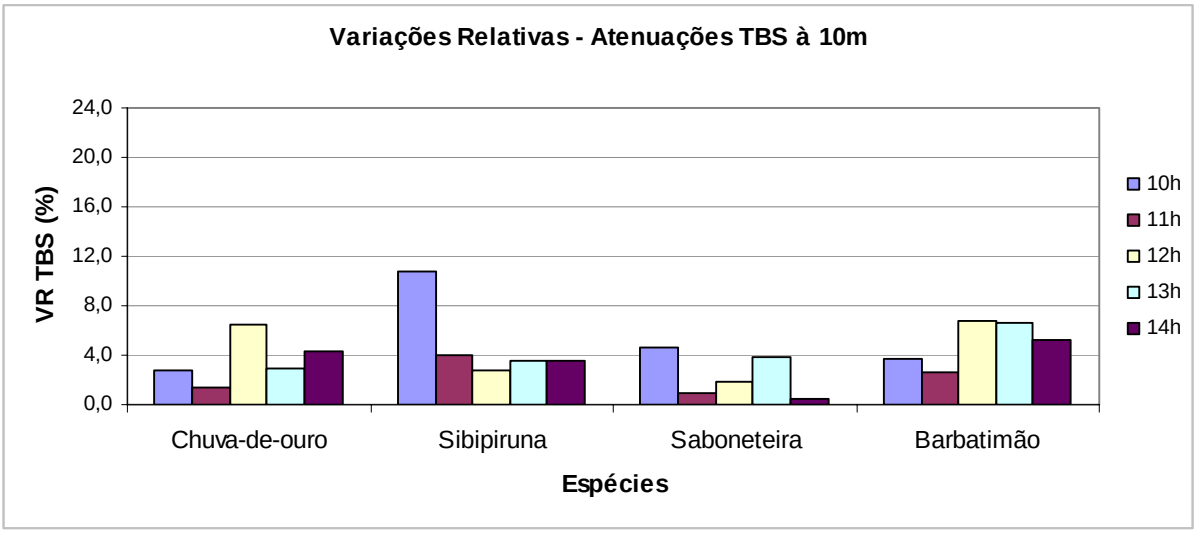


Figura 5.48: Variações Relativas da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 10 m.

A importância do sombreamento na atenuação da TBS é visualizada nos gráficos (Figuras 5.46, 5.47 e 5.48). As atenuações na posição sombra, em relação ao sol, atingem a casa dos 19%, no caso da chuva-de-ouro às 10h, ao passo que a 5 m as atenuações chegam a 12%, para a sibipiruna às 10h e alcançam a casa dos 10% na posição 10 m em relação ao sol, o que demonstra a atuação dos indivíduos arbóreos em seu entorno imediato.

5.5.2 Umidade Relativa do Ar (UR)

A análise das espécies no horário das 10h, para a variável UR (Tabela 5.30 e Figura 5.49), demonstrou que o melhor desempenho foi o do indivíduo arbóreo de espécie saboneteira. As posições sombra, 5 m e 10 m, proporcionaram incrementos significativos de UR, ou seja, 64,4%, 44,1% e 47,5%, respectivamente. Em segundo lugar, na comparação entre as espécies, às 10h classificou-se a sibipiruna que apresentou desempenhos

significativos no incremento de UR, 40,8%, 41,5% e 32,5%, corroborando os resultados de TBS que ressaltaram seu desempenho para este horário.

Tabela 5.30: Médias das Variações Relativas (VR) da Umidade Relativa do Ar (UR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 10h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – UR – 10h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	33,4	16,5	-18,4
	Sibipiruna	40,8	41,5	32,5
	Saboneteira	64,8	44,5	47,4
	Barbatimão	26,8	17,3	25,0

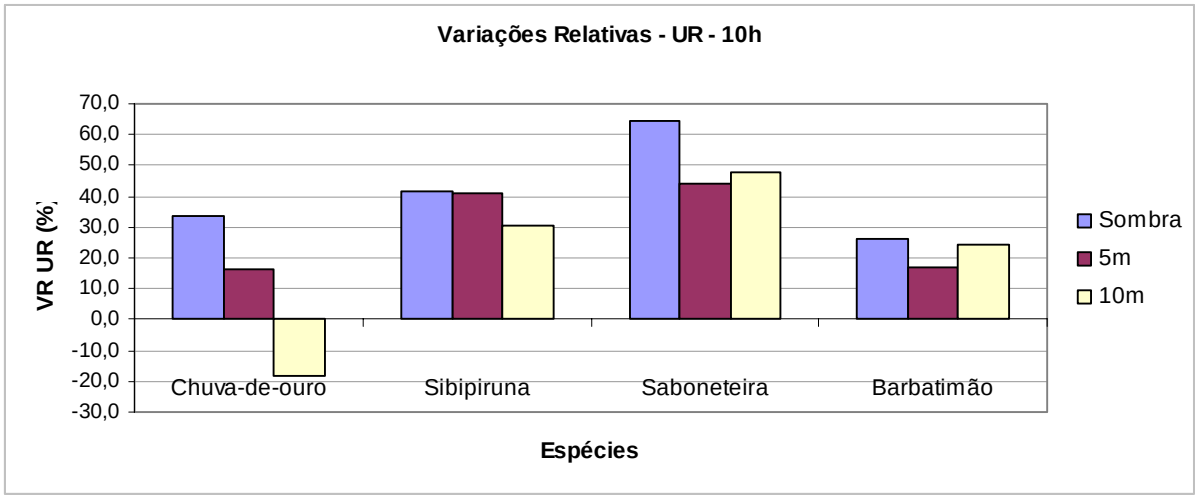


Figura 5.49: Variações Relativas de UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 10h.

Na posição 10 m, às 10h, para a chuva-de-ouro ocorreu uma situação contrária à hipótese inicial, isto é, a redução da UR e não de seu incremento conforme o esperado.

Às 11h destacaram-se, novamente, os desempenhos da sibipiruna e da saboneteira no incremento da UR (Tabela 5.31 e Figura 5.50). Na posição sombra percebeu-se que os maiores valores referiram-se à saboneteira, com 53,1% de incremento e a sibipiruna, com 41,1%. Na posição 5 m observou-se o melhor desempenho da sibipiruna com 44,4% de incremento da UR, seguida da saboneteira com 28, 6%.

Na posição 10 m, às 11h, para a chuva-de-ouro ocorreu uma situação contrária à hipótese inicial, isto é, a redução da UR e não de seu incremento conforme o esperado.

Tabela 5.31: Médias das Variações Relativas (VR) da Umidade Relativa do Ar (UR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 11h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – UR – 11h		
		POSIÇÕES (Fator B)		
ÁRVORE (Fator A = Espécie)		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	25,5 a	6,1 b	-19,1 b
	Sibipiruna	41,1 a	44,4 a	26,6 a
	Saboneteira	53,1 a	28,6 ab	36,0 a
	Barbatimão	22,5 a	18,4 b	27,6 a

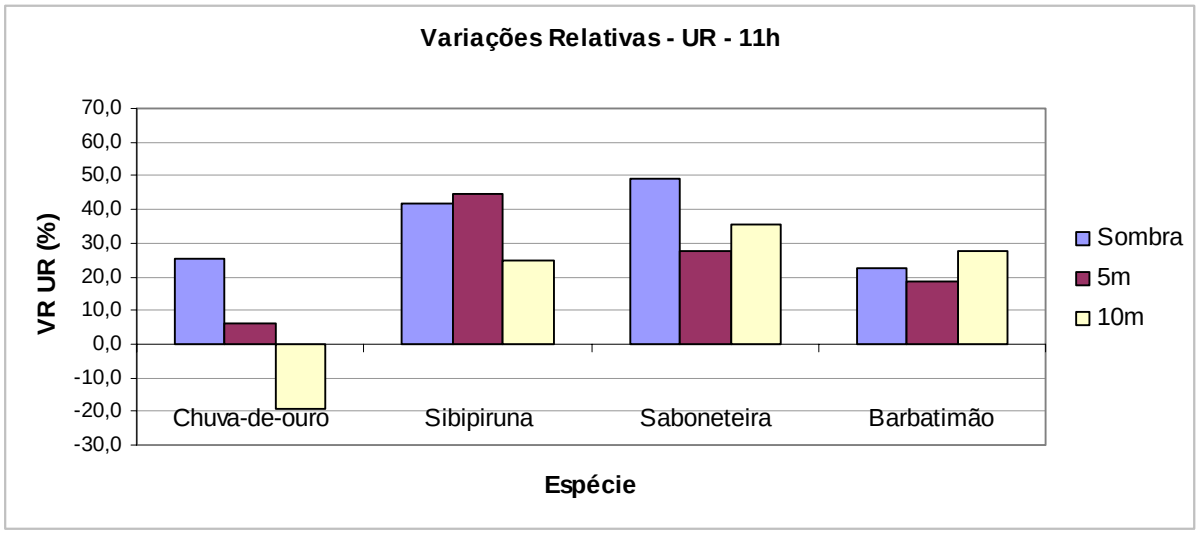


Figura 5.50: Variações Relativas de UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco : sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 11h.

Os resultados de VR obtidos às 12h, 13h e 14h (Tabelas 5.32, 5.33 e 5.34) para a UR demonstraram o melhor desempenho dos indivíduos saboneteira e sibipiruna e destacando-se, ainda, o barbatimão, espécie nativa do cerrado, com incrementos de UR que alcançam a casa dos 40% conforme se observa nas Figuras 5.51, 5.52 e 5.53.

Tabela 5.32: Médias das Variações Relativas (VR) da Umidade Relativa do Ar (UR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 12h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – UR – 12h		
		POSIÇÕES (Fator B)		
ÁRVORE (Fator A = Espécie)		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	36,9	12,2	-7,2
	Sibipiruna	39,6	44,5	30,8
	Saboneteira	44,2	49,2	26,4
	Barbatimão	42,1	29,7	43,5

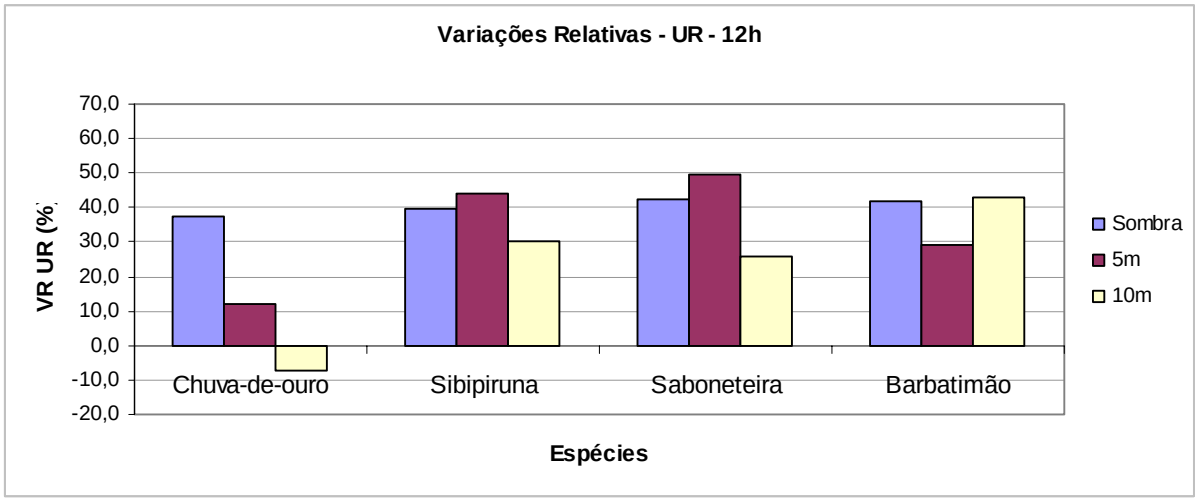


Figura 5.51: Variações Relativas de UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: à sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 12h.

Tabela 5.33: Médias das Variações Relativas (VR) da Umidade Relativa do Ar (UR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 13h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – UR– 13h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	14,6	2,1	-15,2
	Sibipiruna	50,1	44,2	32,7
	Saboneteira	59,9	70,1	42,6
	Barbatimão	34,4	37,1	40,8

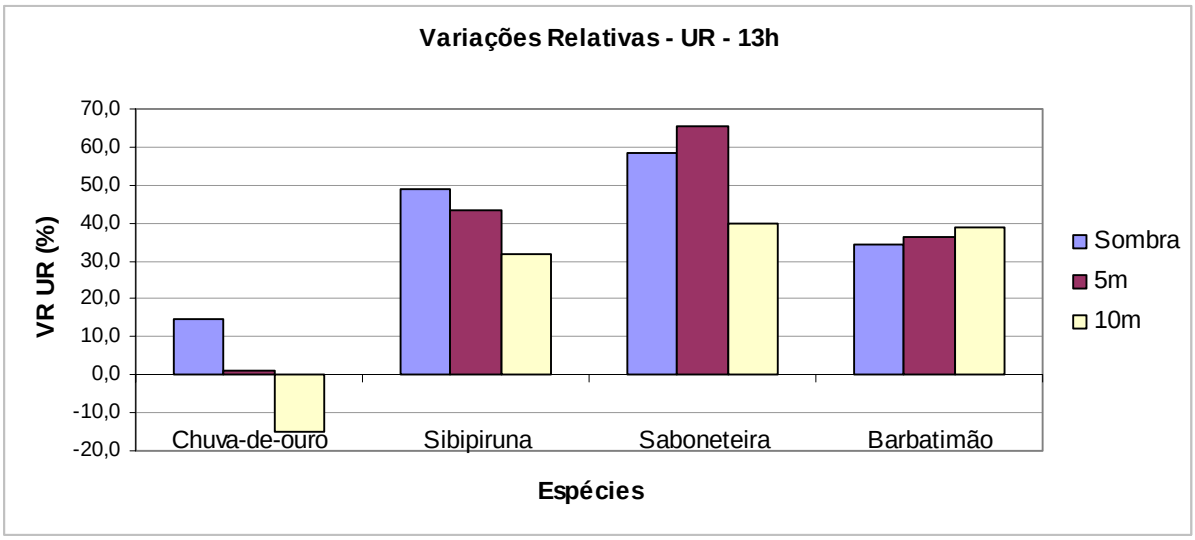


Figura 5.52: Variações Relativas de UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 13h.

Tabela 5.34: Médias das Variações Relativas (VR) da Umidade Relativa do Ar (UR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 14h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – UR – 14h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	21,4	8,2	-10,5
	Sibipiruna	40,5	29,2	23,3
	Saboneteira	46,6	42,8	32,6
	Barbatimão	38,6	37,2	37,5

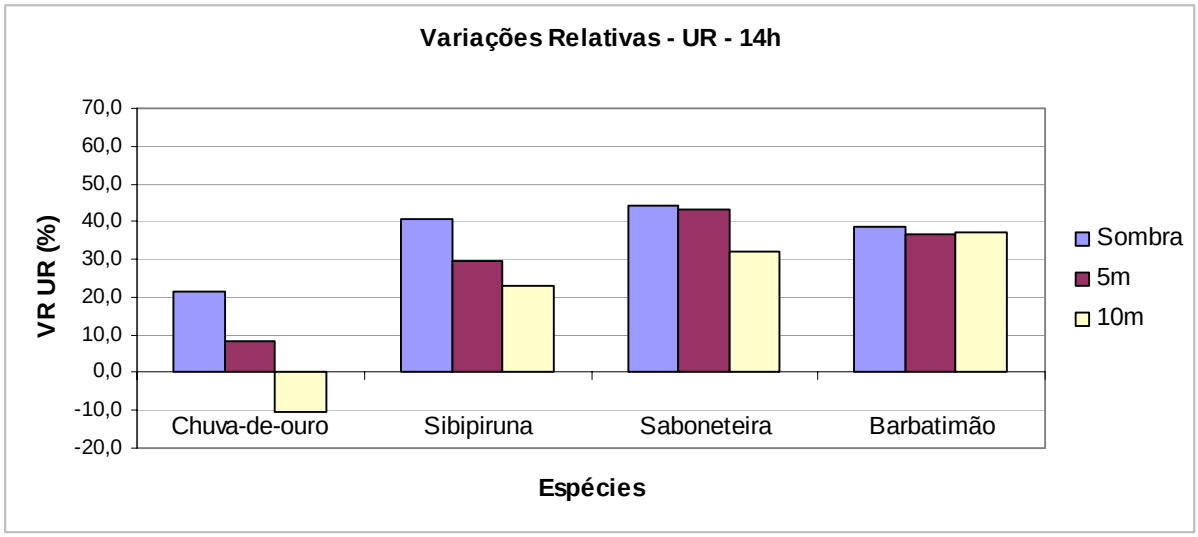


Figura 5.53: Variações Relativas de UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 14h.

Os gráficos da Variação Relativa do Incremento da UR segundo as posições, Figuras 5.54, 5.55 e 5.56, confirmam os resultados e análises apresentados. Percebe-se o melhor desempenho[32] das árvores das espécies sibipiruna e saboneteira, com incrementos de UR superiores a 40% nas posições sombra e 5 m. A 10 m os incrementos destas foram superiores a 25%.

Cabe destaque ao desempenho do indivíduo da espécie barbatimão a partir das 12h. À sombra apresenta incrementos na ordem dos 40%, a 5 m 30% e a 10 m novamente 40%.

O indivíduo da espécie chuva-de-ouro demonstrou para a posição 10 m um comportamento contrário ao esperado e contrário às outras árvores, ou seja, que mesmo a 10 m, com a ausência do sombreamento pela copa da árvore, esperava-se o incremento da UR e

[32] Considerou-se melhor desempenho quanto maior apresentarem-se os incrementos de Umidade Relativa do Ar.

não um decréscimo em relação ao parâmetro fixado, ou seja, os valores do equipamento posicionado a 15 m do tronco da árvore, considerado em todas as situações a pleno sol.

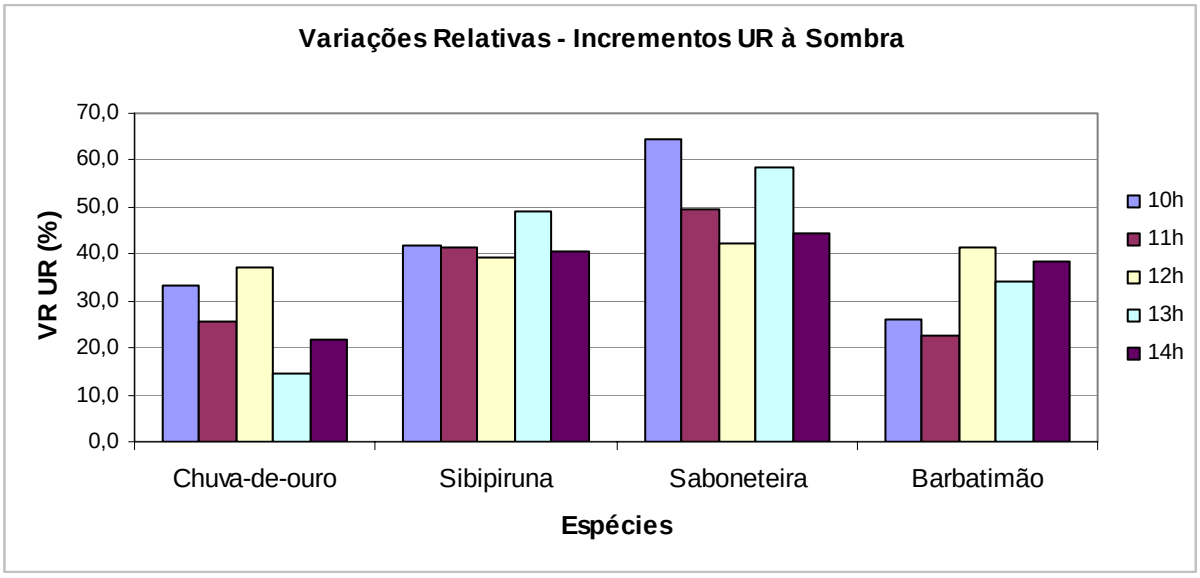


Figura 5.54: Variações Relativas da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição sombra.

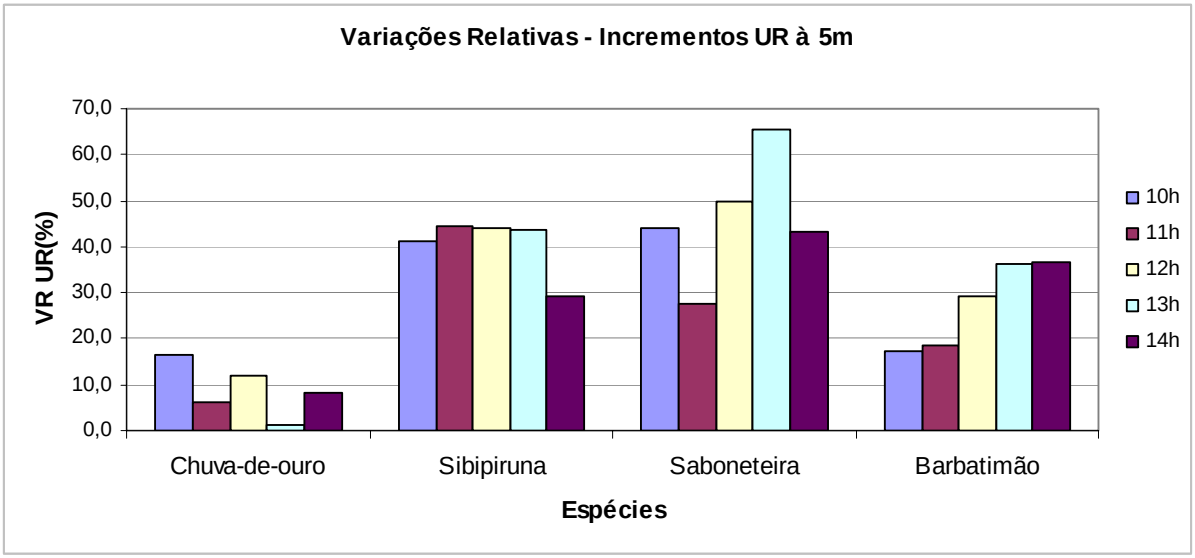


Figura 5.55: Variações Relativas da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 5 m.

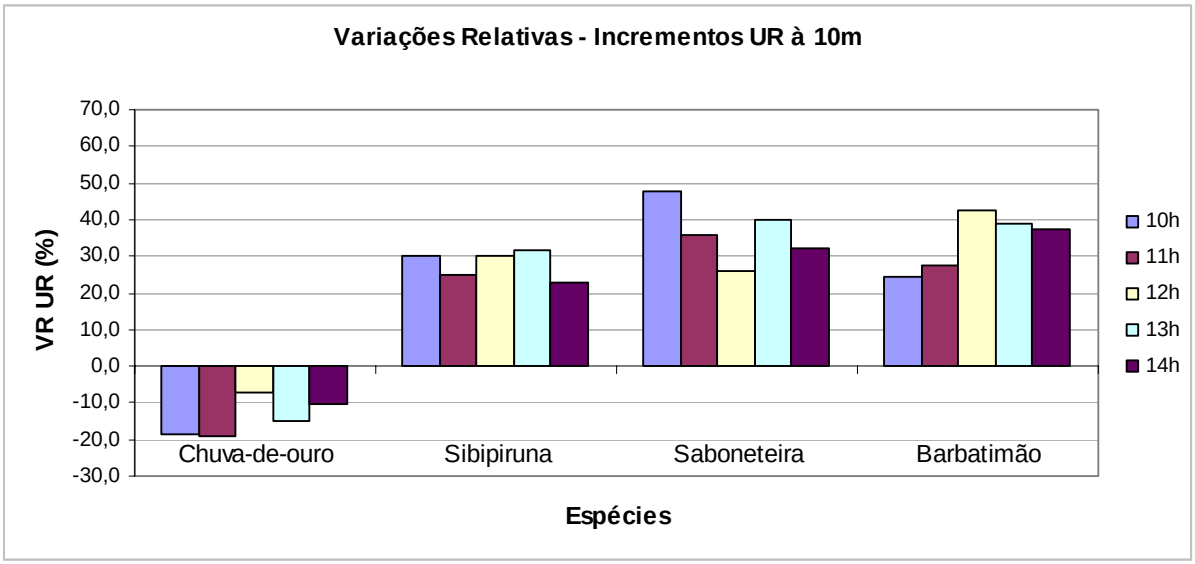


Figura 5.56: Variações Relativas da Umidade Relativa do Ar (UR) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 10 m.

5.5.3 Carga Térmica Radiante (CTR)

Às 10h (Tabela 5.35), nas três posições, a árvore da espécie sibipiruna demonstra, novamente, desempenhos significativos entre as espécies na atenuação da CTR, 11,9%, 12,4% e 9,6% na sombra, 5 m e 10 m respectivamente.

Tabela 5.35: Médias das Variações Relativas (VR) da Carga Térmica Radiante (CTR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 10h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – CTR– 10h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	7,6	6,1	-5,1
	Sibipiruna	11,9	12,4	9,6
	Saboneteira	10,4	0,1	1,7
	Barbatimão	11,4	1,9	0,7

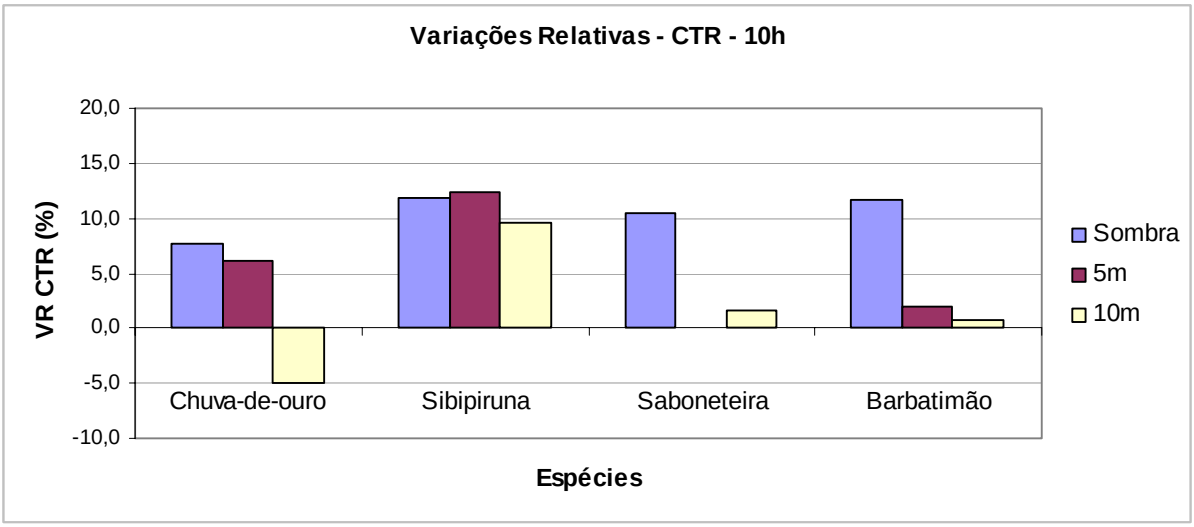


Figura 5.57: Variações Relativas da CTR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 10h.

Às 11h observa-se (Tabela 5.36) que nas posições sombra e 10 m em todas as árvores analisadas apresentam desempenho semelhante, sendo, portanto a posição 5 m definidora do indivíduo arbóreo que apresentou o melhor desempenho. Assim sendo, nota-se que, a árvore da espécie sibipiruna é a representativa do melhor desempenho seguida pelas demais em condições de igualdade (Figura 5.58). A mesma situação ocorreu às 12h (Tabela 5.37 e Figura 5.59).

Tabela 5.36: Médias das Variações Relativas (VR) da Carga Térmica Radiante (CTR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 11h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – CTR – 11h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	9,1	1,2	-3,8
	Sibipiruna	15,1	15,1	1,2
	Saboneteira	10,4	-2,2	1,1
	Barbatimão	10,9	3,0	1,0

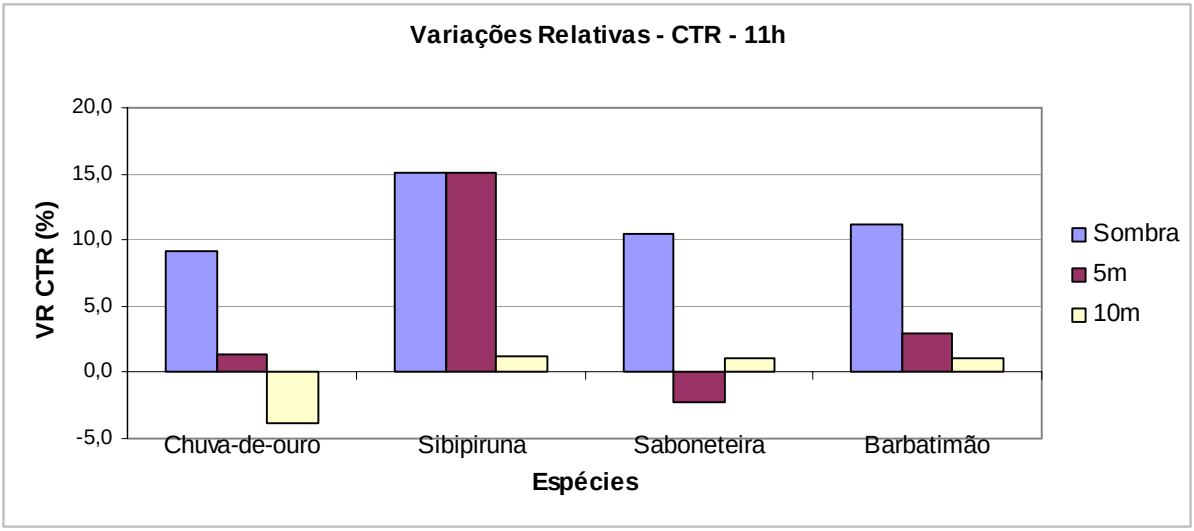


Figura 5.58: Variações Relativas da CTR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 11h.

Tabela 5.37: Médias das Variações Relativas (VR) da Carga Térmica Radiante (CTR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 12h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – CTR – 12h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	10,7	2,3	-3,1
	Sibipiruna	15,6	14,8	0,0
	Saboneteira	11,5	-1,4	-4,0
	Barbatimão	10,8	1,6	0,6

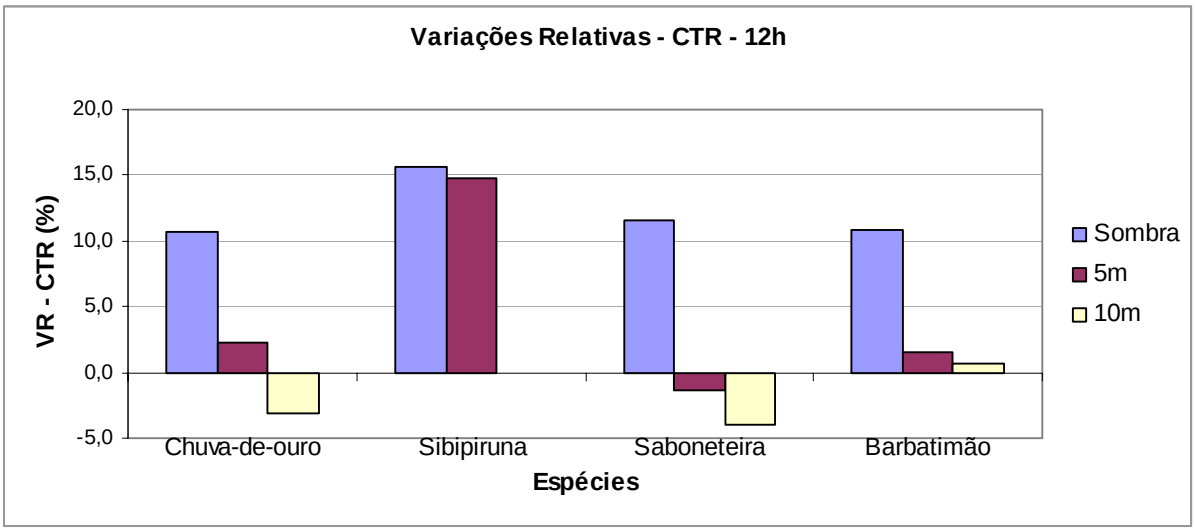


Figura 5.59: Variações Relativas da CTR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 12h.

Às 13h verifica-se o melhor desempenho da árvore da espécie sibipiruna nas posições sombra e 5 m destacando-se também o barbatimão (Tabela 5.38 e Figura 5.60)

Tabela 5.38: Médias das Variações Relativas (VR) da Carga Térmica Radiante (CTR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 13h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – CTR – 13h		
		POSIÇÕES (Fator B)		
ÁRVORE (Fator A = Espécie)		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	10,7	0,3	-4,0
	Sibipiruna	15,8	3,2	0,0
	Saboneteira	8,8	-1,7	-5,3
	Barbatimão	8,8	2,4	0,7

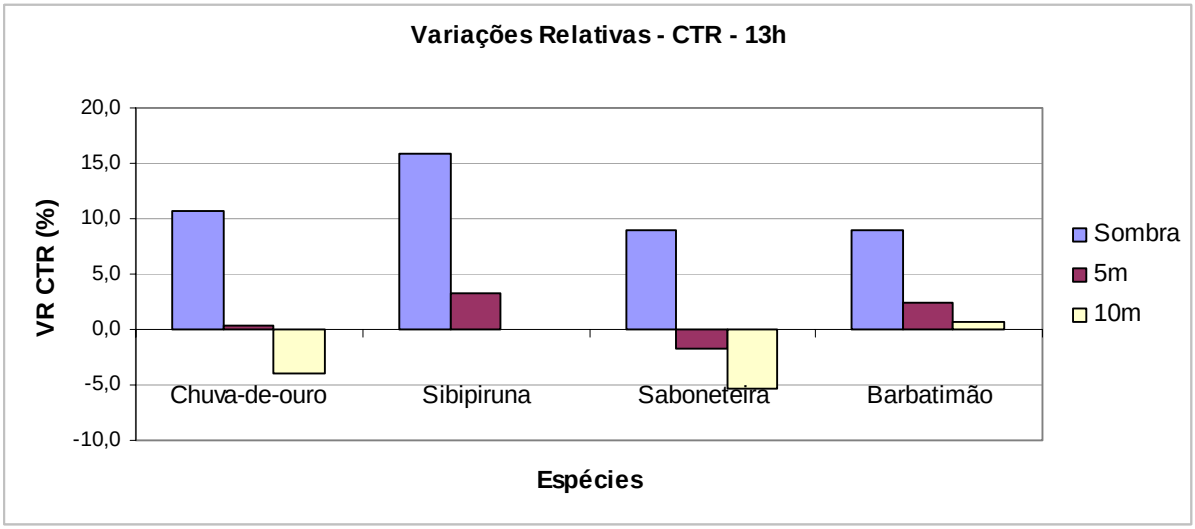


Figura 5.60: Variações Relativas da UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 13h.

Às 14h, na posição sombra (Tabela 5.39), destacam-se as árvores das espécies sibipiruna, 13,3% de atenuação da CTR e do barbatimão, com 11,5%. A 10 m ocorreu o incremento da CTR, contrário ao esperado, para a chuva-de-ouro e saboneteira (Figura 5.61).

Tabela 5.39: Médias das Variações Relativas (VR) da Carga Térmica Radiante (CTR) considerando os indivíduos arbóreos das espécies estudadas e as posições analisadas às 14h.

		MÉDIAS VARIAÇÕES RELATIVAS – CTR– 14h		
		POSIÇÕES		
ÁRVORE		Sombra	5 m	10 m
VR TBS (%)	Chuva-de-ouro	8,7	1,1	-6,1
	Sibipiruna	13,3	1,9	-0,1
	Saboneteira	8,0	2,7	-2,7
	Barbatimão	11,5	4,0	2,3

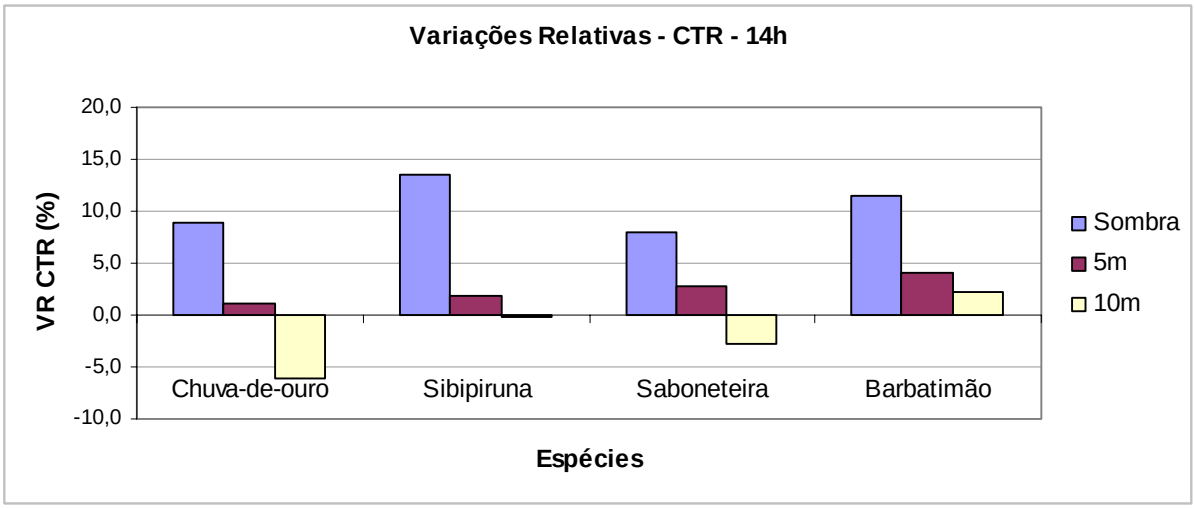


Figura 5.61: Variações Relativas da UR considerando os raios de influência determinados a partir do tronco: sombra, 5 m e 10 m para os indivíduos arbóreos das espécies estudadas, às 14h.

Da análise geral dos resultados obtidos confirma-se a importância do sombreamento na atenuação da incidência da radiação solar e conseqüente atenuação da Carga Térmica Radiante. Os dados numéricos apontam e os gráficos confirmam que as atenuações da CTR na posição sombra, em todos os horários, apresentaram valores superiores a 8% e, no caso da Sibipiruna, atingindo 16% de atenuação da CTR (Figura 5.62).

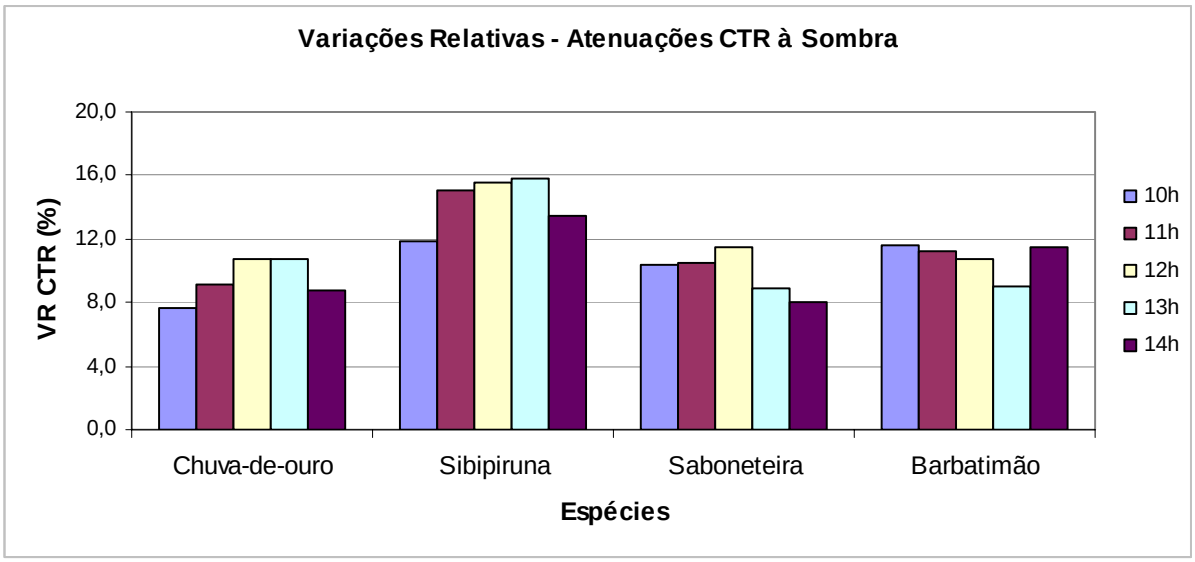


Figura 5.62: Variações Relativas da Carga Térmica Radiante (CTR) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição sombra.

Na posição 5 m (Figura 5.63) percebe-se a influência do diâmetro da copa no comportamento da sibipiruna, o qual apresenta seus valores mais significativos até às 12h, ou

seja, no período em que o equipamento nesta posição esteve sob a influência de seu sombreamento.

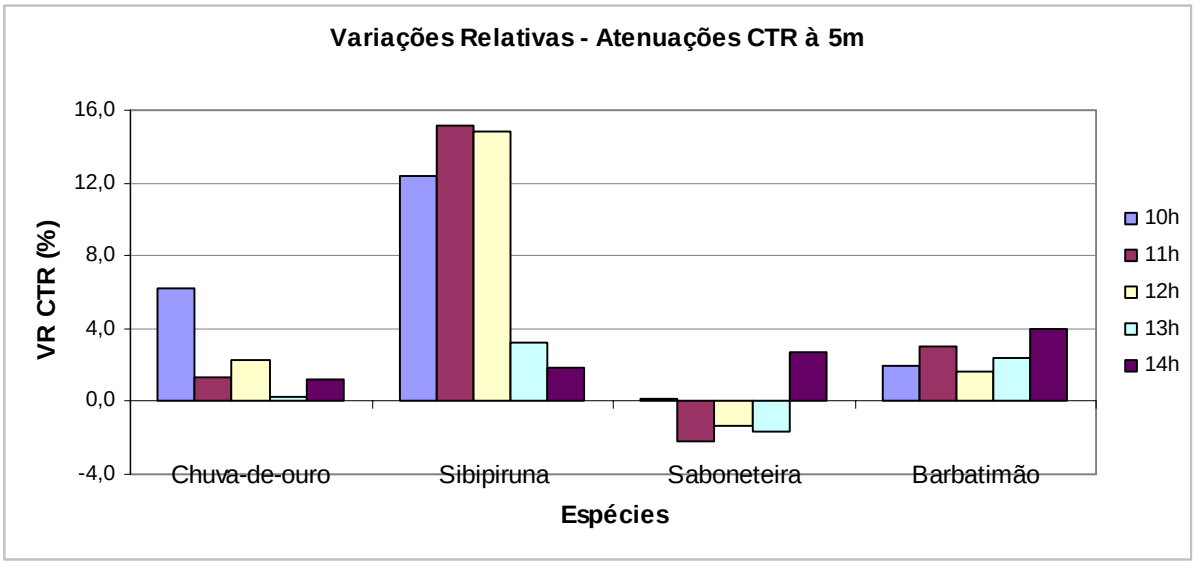


Figura 5.63: Variações Relativas da Umidade Relativa do Ar (UR) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 5 m.

A 10 m, onde os equipamentos encontravam-se ao sol durante todo o período, com exceção da Sibipiruna cuja sombra aproximava-se do mesmo às 10h, houve uma redução significativa na atenuação da CTR (Figura 5.64).

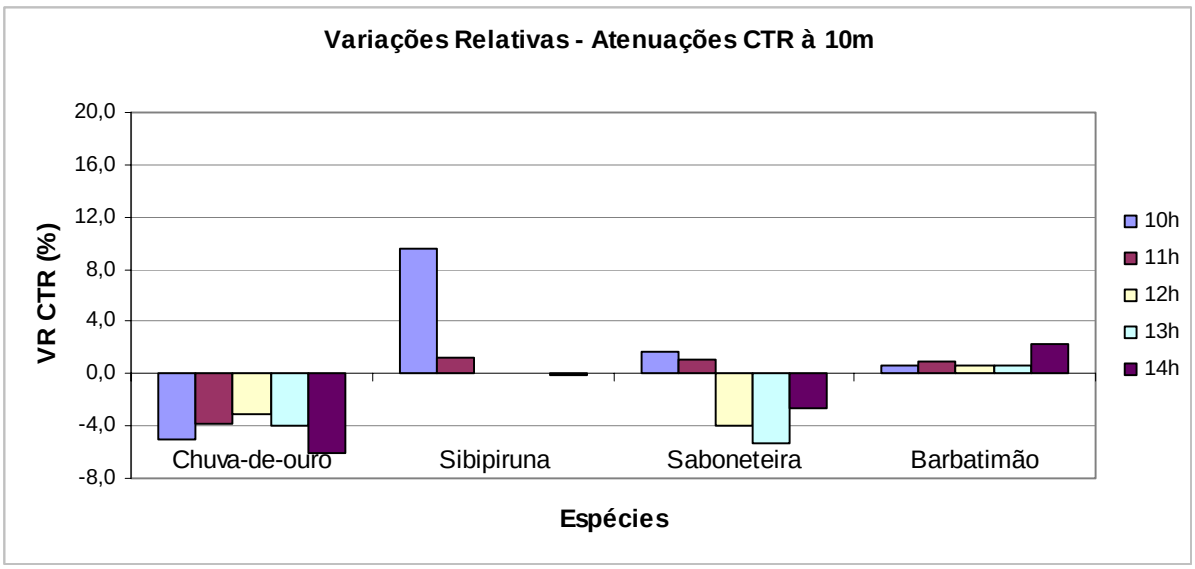


Figura 5.64: Variações Relativas da Umidade Relativa do Ar (UR) dos indivíduos arbóreos das espécies estudadas, nos cinco horários determinados, na posição 10 m.

5.6 As variáveis ambientais obtidas e o conforto térmico para climas quentes

A avaliação da influência exercida por cada indivíduo arbóreo no microclima de seu entorno imediato, com vistas à verificação do efeito da árvore sobre o conforto térmico, foi realizada considerando as variáveis ambientais: temperaturas de bulbo seco, umidade relativa e velocidade do vento as quais foram relacionadas aos critérios de conforto propostos por Olgyay (1998) e Villas Boas (1985) e adaptados por Koenigsberger et al. na Carta Bioclimática para climas quentes (apud FROTA; SHIFFER, 1995).

5.6.1 *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro

Para o indivíduo arbóreo da espécie chuva-de-ouro os valores considerados para a verificação da adequação ambiental proporcionada pela árvore estão apresentados na Tabela 5.40.

Tabela 5.40: Valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Umidade Relativa do Ar do indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro para comparação com os critérios de conforto térmico de Olgyay.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS	Normais Climatológicas	INMET	Sol 10h	Sol 14h	Sombra 10h	Sombra 14h
TBS (°C)	31,9	36,0	36,5	39,2	29,5	34,2
Umidade Relativa do Ar (%)	53,0	34,0	33,1	27,3	44,1	33,2

Percebe-se, pela plotagem dos pontos na Carta Bioclimática (Figura 5.65) e ao analisarmos inicialmente os pontos NC, representativo das Normais Climatologias para o mês de setembro, e o 1 das condições divulgadas pelo INMET (2008a), para os dias em questão, que a diferença entre eles fornece indícios da geração de um clima urbano em Goiânia, na medida em que o primeiro representa a macro escala climática para a região de Goiânia e o segundo a meso escala climática representativa de sua área urbana[33].

[33] A Estação do 10° Distrito Meteorológico – 10° Disme – cujos dados são considerados nesta análise encontra-se na área urbana de Goiânia. Sua posição está representada na Figura 4.9, Capítulo 4.

O ponto 1 distancia-se do ponto NC pois seu valor de TBS é maior e o de UR menor, situação não recomendada para os critérios de conforto considerados no presente estudo.

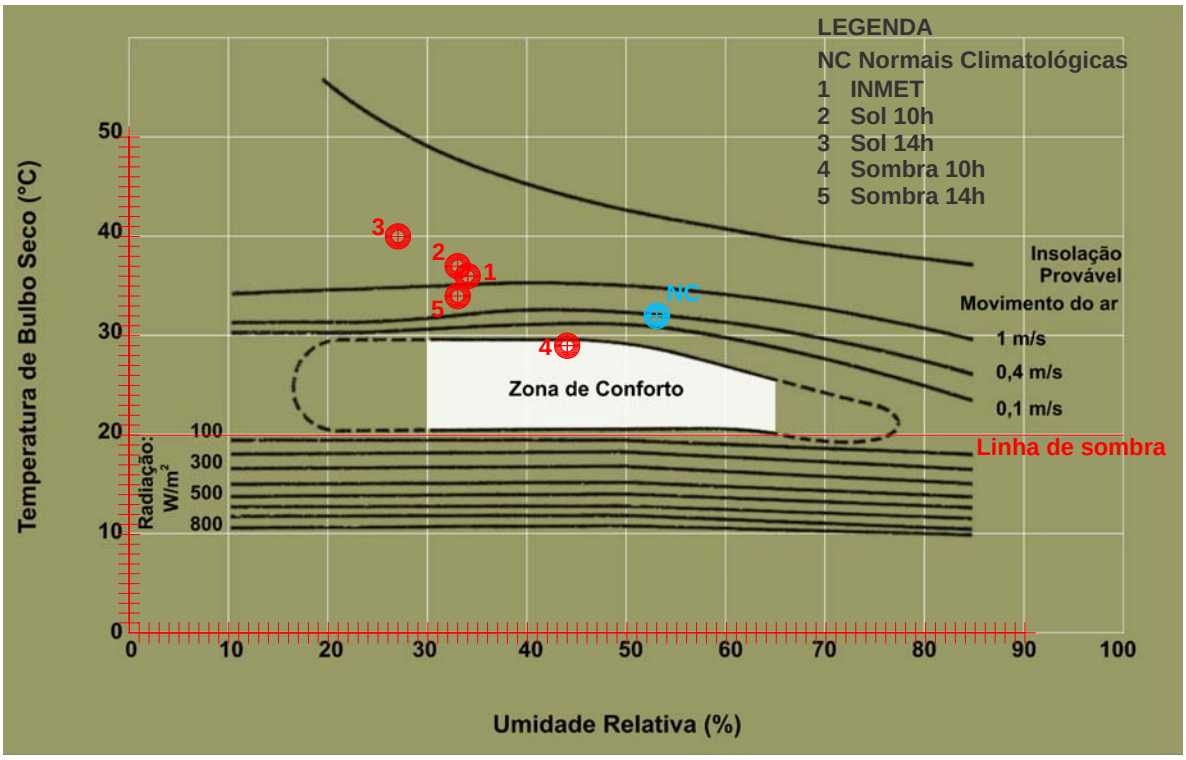


Figura 5.65: Carta Bioclimática de Olgyay adaptada por Koneingsberger et al. Para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 "clo" (0,155m² °C^{-1} W^{-1}), com a plotagem dos valores relativos ao indivíduo arbóreo da espécie *Lophantera lactescens* – chuva-de-ouro.

Os pontos 2 e 3, representativos do microclima do local do experimento realizado demonstram que a ausência do sombreamento, para o caso de Goiânia, GO, proporcionou a elevação da TBS e a redução da UR. Assim sendo, conforme as recomendações de Romero (2000) nas estações quente-secas, estes elementos do clima devem ser controlados e, portanto são fundamentais: a redução da produção do calor devido à condução e convecção dos impactos externos e o incremento da umidade com o incremento de superfícies d'água. Desta forma, a sugestão do estudo é a utilização da vegetação urbana na forma de arborização para a redução da produção de calor e o incremento da umidade.

Considerando este contexto o ponto 4, às 10h à sombra, sob a influência da árvore e de seu sombreamento demonstra a adequação ambiental obtida, principalmente se comparado ao ponto 2, mesmo horário na posição ao sol. Houve a redução da temperatura e o

aumento da umidade relativa, condições indispensáveis para o atendimento do conforto térmico, confirmando-se a hipótese prevista anteriormente acerca do horário das 10h.

Da mesma forma comporta-se o ponto 5. Embora situe-se fora da zona de conforto, sua posição indica que, com o aumento da movimentação do ar é possível proporcionar a adequação térmica para os níveis considerados. Assim, verifica-se a relevância do sombreamento arbóreo para a adequação ambiental com vistas ao conforto térmico urbano.

5.6.2 *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna

Para o indivíduo arbóreo da espécie sibipiruna, os valores considerados para a verificação da adequação ambiental proporcionada pela árvore estão apresentados na Tabela 5.41.

Tabela 5.41: Valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Umidade Relativa do Ar do indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna para comparação com os critérios de conforto térmico de Olgyay.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS	Normais Climatológicas	INMET	Sol 10h	Sol 14h	Sombra 10h	Sombra 14h
TBS (°C)	31,0	36,5	37,7	38,5	30,8	35,5
Umidade Relativa do Ar (%)	65,0	32,0	26,7	18,7	37,9	26,3

Após a plotagem dos valores na Carta Bioclimática (Figura 5.66) percebe-se o efeito do sombreamento do indivíduo arbóreo sobre o microclima e a conseqüente adequação ambiental proporcionada.

O ponto NC, o qual representa as Normais Climatológicas (BRASIL, 1992), indica que os valores de TBS e UR encontram-se fora da zona de conforto, sendo possível atingi-la, conforme a Carta Bioclimática, por meio da movimentação do ar. Buscando-se os dados de velocidade dos ventos (Tabela 3.1, Capítulo 3) para o mês de outubro, verifica-se que a mesma alcança o valor de 3 m/s, acima do mínimo exigido pela Carta. Desta forma, conclui-se que o sombreamento aliado à movimentação do ar proporcionaria níveis adequados de conforto térmico.

Outro fato relevante é o distanciamento do valor de NC dos demais valores obtidos em campo e daquele divulgado pelo INMET (2008b) para os dias em questão. Esta situação fornece indícios sobre a formação dos microclimas urbanos, uma vez que aos valores

indicados pelas Normais Climatológicas (BRASIL, 1992) representam o macro clima para a região de Goiânia.

Depreende-se da Carta Bioclimática (Figura 5.66) que todos os pontos se encontram fora dos limites estabelecidos para a Zona de Conforto para climas quentes, no entanto destacam-se os pontos 1, 4 e 5, para os quais o aumento da Velocidade do Vento, ou movimentação do ar, possibilita atingir níveis de conforto adequados.

O ponto 1 representa os dados do INMET (2008b) e demonstra, para as médias das máximas diárias e UR do período, que o sombreamento e movimentação do ar podem proporcionar limites aceitáveis para o conforto térmico, neste caso.

Comparando o ponto 1 ponto com os pontos 2 e 3, percebe-se que estes, representativos dos dados encontrados em campo à pleno sol às 10h e às 14h, respectivamente, confirmam o microclima gerado no local onde se encontra a árvore, ou seja um microclima tipicamente urbano.

O ponto 4, representativo da situação do equipamento à sombra às 10h, demonstra que, além do sombreamento, uma pequena movimentação do ar proporciona a adequação ambiental necessária. Neste sentido percebe-se a ocorrência desta adequação, pois a Velocidade do Vento (VV) média verificada em campo para os três dias estudados, neste horário, foi de 0,7 m/s (Tabela 5.9, Capítulo 5), ao passo que a indicada pela Carta Bioclimática situa-se na casa de 0,1 m/s.

O mesmo raciocínio aplica-se ao ponto 5, representativo do equipamento à sombra às 14h. Embora se situe acima da Zona de Conforto e do Ponto 4, uma movimentação do ar na ordem de 1 m/s (Tabela 5.9), possibilitaria uma situação de conforto e a média encontrada nos dias estudados, para este horário foi de 2,6 m/s, atingindo-se desta forma a adequação ambiental sugerida pelos parâmetros adotados para esta análise.

Assim sendo, confirma-se a hipótese de que o sombreamento proporciona adequação ambiental com vistas ao conforto térmico, pois o indivíduo arbóreo atuou sobre as variáveis ambientais que compõem o microclima urbano neste caso.

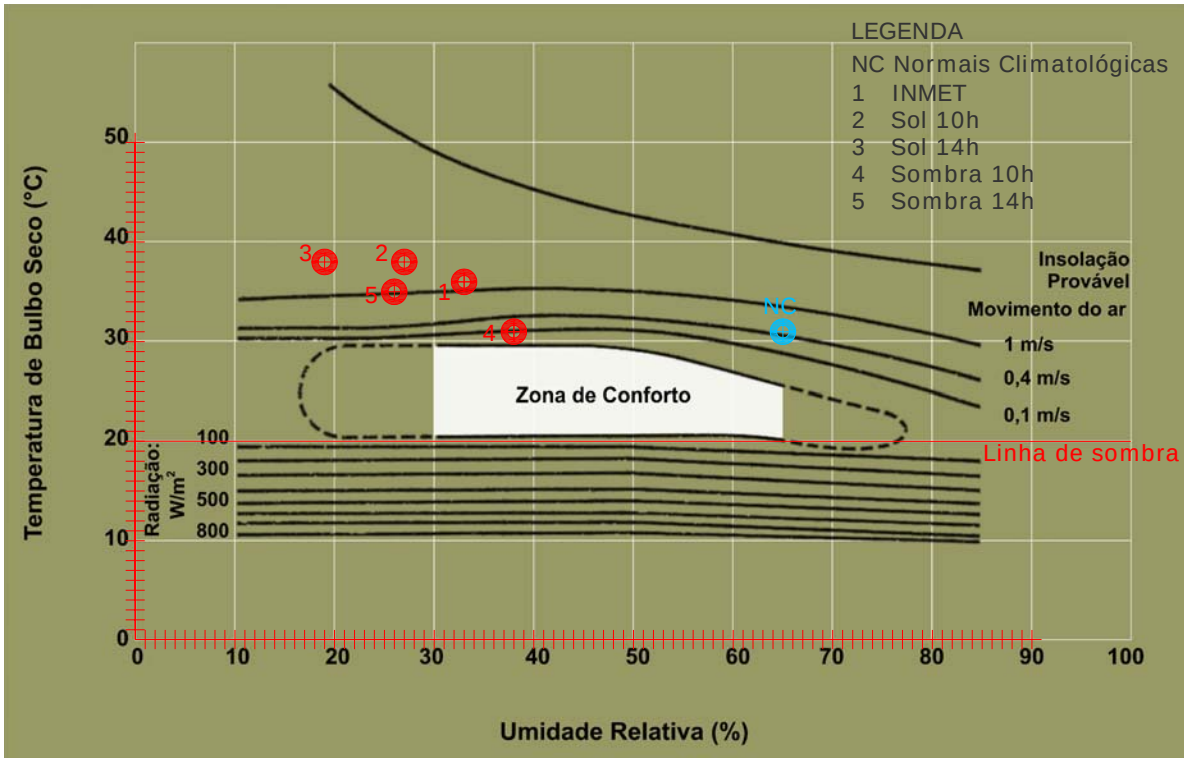


Figura 5.66: Carta Bioclimática de Olgyay adaptada por Koneingsberger et al. Para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 "clo" (0,155m² °C^{-1} W^{-1}), com a plotagem dos valores relativos ao indivíduo arbóreo da espécie *Caesalpinia peltophoroides* – sibipiruna.

Fato relevante é o distanciamento do valor de NC dos demais valores obtidos em campo e daquele divulgado pelo INMET (2008b) para os dias avaliados. Esta situação fornece indícios sobre a formação dos microclimas urbanos, uma vez que aos valores indicados pelas Normais Climatológicas (BRASIL, 1992) representam o macro clima para a região de Goiânia.

Depreende-se da Carta Bioclimática (Figura 5.66) que todos os pontos se encontram fora dos limites estabelecidos para a Zona de Conforto para climas quentes, no entanto, destacam-se os pontos 1, 4 e 5, para os quais o aumento da Velocidade do Vento (VV), ou movimentação do ar, possibilita atingir níveis de conforto adequados.

O ponto 1 representa os dados do INMET (2008b) e demonstra, para as médias das máximas diárias e UR do período, que o sombreamento e movimentação do ar podem proporcionar limites aceitáveis para o conforto térmico, neste caso.

Comparando o ponto 1 com os pontos 2 e 3, percebe-se que estes, representativos dos dados encontrados em campo a pleno sol às 10h e às 14h, respectivamente, confirmam o microclima gerado no local onde se encontra a árvore, ou seja um microclima tipicamente urbano.

O ponto 4, representativo da situação do equipamento à sombra às 10h, sugere que, além do sombreamento, uma pequena movimentação do ar proporciona a adequação ambiental necessária. Neste sentido, percebe-se a ocorrência desta adequação, pois a Velocidade do Vento (VV) média verificada em campo para os três dias estudados, neste horário, foi de 0,7 m/s (Tabela 5.9, Capítulo 5), ao passo que a indicada pela Carta Bioclimática situa-se na casa de 0,1 m/s.

O mesmo raciocínio aplica-se ao ponto 5, representativo do equipamento à sombra às 14h. Embora se situe acima da Zona de Conforto e do Ponto 4, uma movimentação do ar na ordem de 1 m/s (Tabela 5.9), possibilitaria uma situação de conforto e a média encontrada nos dias estudados, para este horário, foi de 2,6 m/s, atingindo-se desta forma a adequação ambiental sugerida pelos parâmetros adotados para esta análise.

Assim sendo, confirma-se a hipótese de que o sombreamento proporciona adequação ambiental com vistas ao conforto térmico, pois o indivíduo arbóreo atuou sobre as variáveis ambientais que compõem o microclima urbano neste caso.

5.6.3 *Sapindus saponaria* – saboneteira

Para o indivíduo arbóreo da espécie saboneteira os valores considerados para a verificação da adequação ambiental proporcionada pela árvore estão apresentados na Tabela 5.42.

Tabela 5.42: Valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Umidade Relativa do Ar do indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira para comparação com os critérios de conforto térmico de Olgyay.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS	Normais Climatológicas	INMET	Sol 10h	Sol 14h	Sombra 10h	Sombra 14h
TBS (°C)	31,0	37,0	36,2	37,5	32,2	35,7
Umidade Relativa do Ar (%)	65,0	27,0	21,8	17,6	35,9	25,4

Para o mês de outubro, as Normais Climatológicas (BRASIL, 1992) indicam que a Temperatura Média Máxima situa-se na casa dos 31 °C e a UR em 65%, valores que posicionam este ponto, na Carta Bioclimática (Figura 5.67), distante das condições divulgadas pelo INMET (2008b) para os dias do experimento e também das condições registradas *in*

loco. Percebe-se que estas últimas representam situações não conformes àquelas indicadas pelo critério de conforto em térmico.

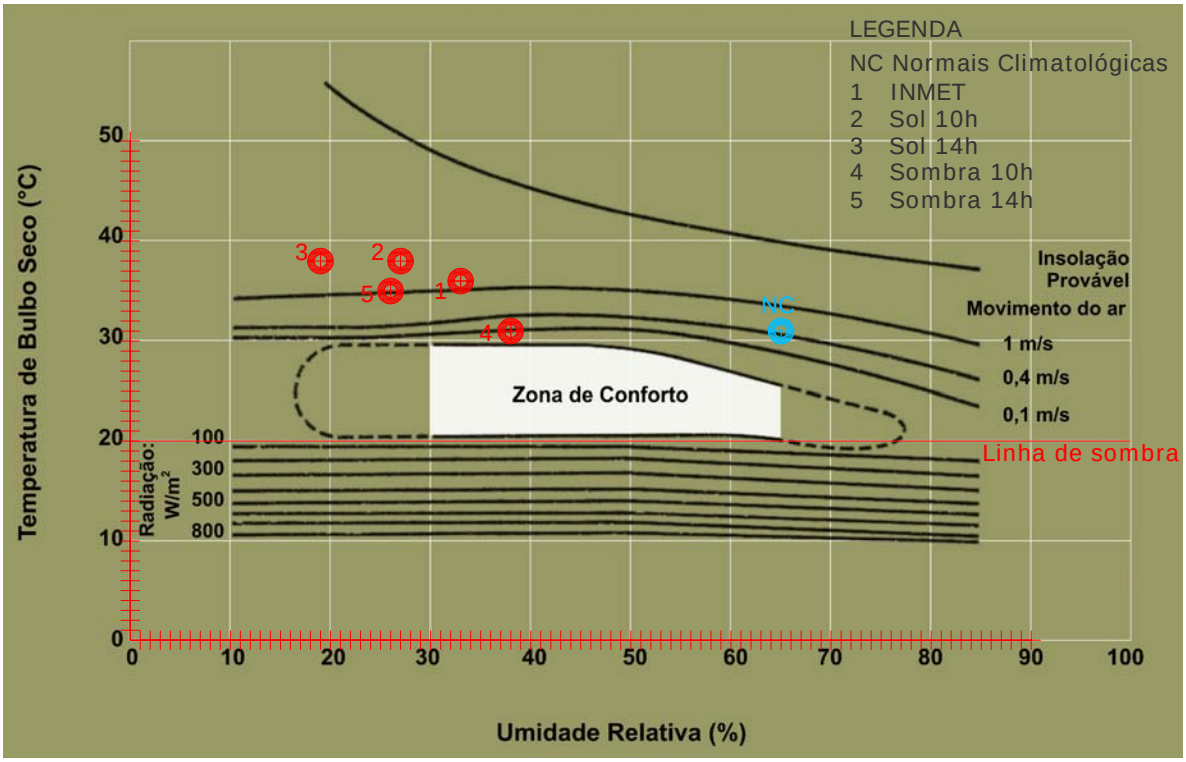


Figura 5.67: Carta Bioclimática de Olgyay adaptada por Koneingsberger et al. Para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 "clo" (0,155m² °C^{-1} W^{-1}), com a plotagem dos valores relativos ao indivíduo arbóreo da espécie *Sapindus saponaria* – saboneteira.

Os pontos 1, 2, 3 e 5 situam-se acima da linha de movimentação do ar recomendada pela Carta. Estes pontos apresentam alta TBS e baixa UR, situação adversa à recomendada para a região neste período. Destaca-se o posicionamento do ponto 5, o qual mesmo sob a influência da árvore e de seu sombreamento não demonstra as condições de conforto consideradas.

De acordo com a Carta Bioclimática o ponto 4, representativo da posição sombra às 10h, se encontra em condições de serem atingidos níveis de conforto térmico, caso haja a movimentação do ar em níveis adequados.

A situação verificada no caso deste indivíduo arbóreo reflete as condições do entorno complexas encontradas no local do experimento e já mencionadas anteriormente[34], além das condições de Temperatura e UR divulgadas pelo INMET (2008b) que indicam a maior Média de Temperaturas Diárias e a menor UR dentre os dias que o estudo abrangeu, ou seja, 37°C e 27%, respectivamente.

5.6.4 *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão

Para o indivíduo arbóreo da espécie barbatimão os valores considerados para a verificação da adequação ambiental proporcionada pela árvore encontram-se na Tabela 5.43.

Tabela 5.43: Valores de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Umidade Relativa do Ar do indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão para comparação com os critérios de conforto térmico de Olgyay.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS	Normais Climatológicas.	INMET	Sol 10h	Sol 14h	Sombra 10h	Sombra 14h
TBS (°C)	29,7	33,0	31,2	35,0	28,5	31,7
Umidade Relativa do Ar (%)	73,0	68,0	51,4	37,4	64,8	51,7

A plotagem dos valores relativos ao indivíduo da espécie barbatimão na Carta Bioclimática (Figura 5.68) indicou as melhores condições para o enquadramento dos valores nos critérios de conforto térmico considerados, isto é, todos os pontos situaram-se na região onde o movimento do ar atua sobre a sensação de conforto.

Os pontos NC e 1, representativos das Normais Climatológicas para o mês de novembro e aqueles divulgados pelo INMET (2008d) estão próximos, com o ponto 1 ligeiramente acima do NC, indicando a diferença entre o macro clima regional e o meso clima (área urbana) para Goiânia e região.

Os pontos 2 e 4, representativos das condições às 10h ao sol e à sombra, demonstram a atuação da árvore e de seu sombreamento sobre as condições de conforto

[34] Excesso de pavimentação asfáltica e de concreto, alteração das condições de ventilação pela passagem de veículos o que ocasiona a variação das intensidades das taxas de absorção da radiação solar, bem como as de reflexão e emissão da radiação térmica. Outro fato relevante foi a disposição diferenciada dos equipamentos em relação aos demais indivíduos estudados.

térmico, além da possibilidade da movimentação do ar levá-los a atingir as condições de conforto sugeridas pela Carta.

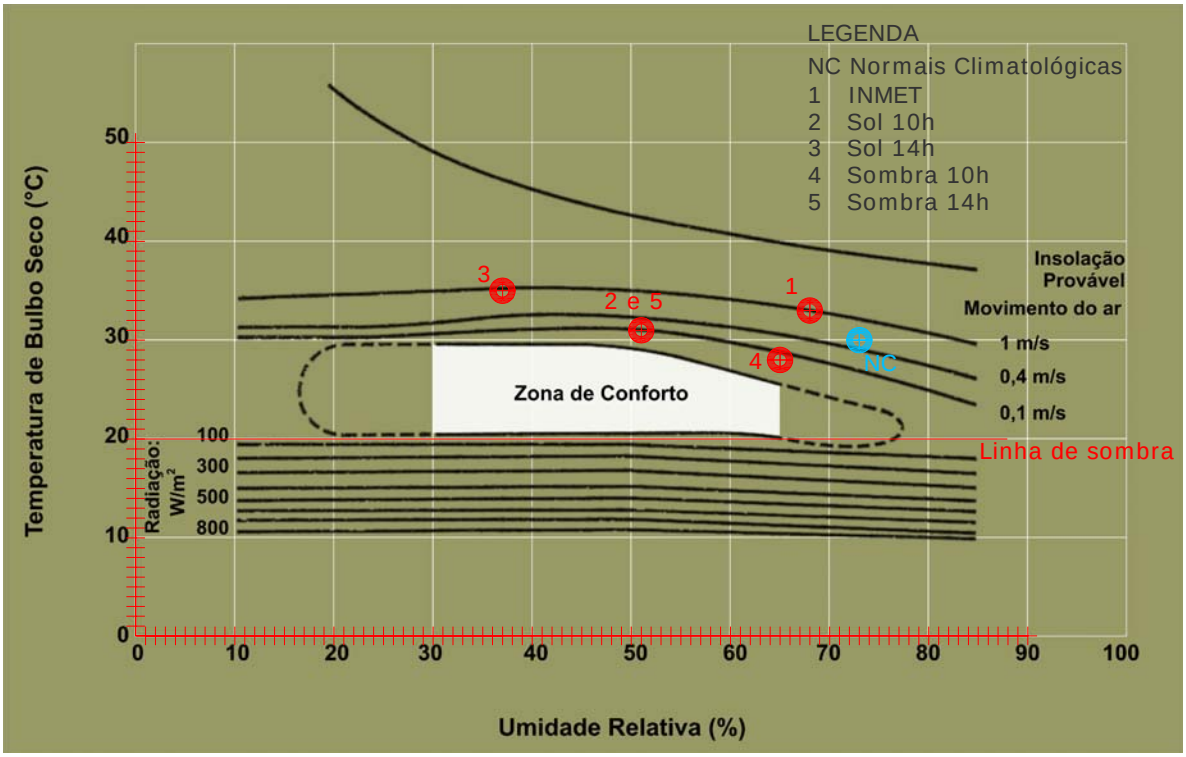


Figura 5.68: Carta Bioclimática de Olgyay adaptada por Koneingsberger et al. Para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 "clo" (0,155m² °C^{-1} W^{-1}), com a plotagem dos valores relativos ao indivíduo arbóreo da espécie *Stryphnodendron adstringens* – barbatimão.

O Ponto 3 confirma as condições extremas e o microclima do local do experimento, pois apresenta a maior TBS e a menor UR, no entanto, com a movimentação do ar e o sombreamento é possível deslocá-lo para uma região mais próxima à Zona de Conforto.

Dentre as árvores estudadas, o barbatimão demonstrou as melhores condições, comparativamente com as demais, acerca das variáveis ambientais estudadas e os critérios de conforto considerados para esta análise. No entanto ressalta-se que, também, as condições do entorno[35] e o período do ano[36], no qual foram realizadas as medições em campo, representam melhores condições sobre a sensação de conforto percebida.

[35] Este indivíduo arbóreo situa-se no Campus Samambaia da UFG, cujo entorno imediato possui área gramada e maior presença de vegetação, não havendo, no raio de influência considerado, pavimentação de qualquer natureza (Figuras 5.31 e 5.32 e Fotos 5.9 e 5.10)

5.7 Considerações finais sobre os resultados e metodologia

No presente trabalho estudou-se a arborização urbana como promotora da adequação térmica dos recintos a partir da quantificação dos efeitos proporcionados pela árvore e seu sombreamento nas variáveis ambientais que estão relacionadas aos aspectos do conforto térmico: temperatura, umidade relativa e radiação solar.

Após a exposição e análise dos resultados encontrados verificou-se que a metodologia proposta[37] demonstrou coerência com a hipótese a ser comprovada, ou seja, de que um único indivíduo arbóreo atua sobre as variáveis ambientais em seu entorno imediato. A metodologia foi verificada por meio da avaliação dos efeitos de cada árvore sobre a Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Umidade Relativa do Ar (UR) e da Carga Térmica Radiante (CTR), esta última relacionada, diretamente, aos efeitos da incidência de radiação solar.

Verificou-se, com a análise dos resultados de cada árvore que em relação à Temperatura de Bulbo Seco, que os indivíduos das espécies Chuva-de-ouro, Sibipiruna e Saboneteira apresentaram os melhores resultados de atenuação desta variável nas posições sombra, 5 m e 10 m. Notadamente, a Chuva-de-ouro na posição sombra e a Sibipiruna nas posições 5 m e 10 m.

Para a TBS concluiu-se que a sibipiruna, seguida da saboneteira e do barbatimão, demonstrou, em valores absolutos, a atuação da árvore segundo os raios de influência. Destaca-se, portanto, o ótimo desempenho da sibipiruna sobre esta variável.

Para a variável Umidade Relativa do Ar, observou-se, com poucas exceções[38], que houve incremento da UR na área de abrangência definida pelo estudo, com destaque para sibipiruna e para a saboneteira em todas as posições e horários e do barbatimão a partir das 12h. No entanto não ficou evidente, como na TBS, a hipótese de que UR sombra > UR 5 m > UR 10 m.

Ficou comprovada, ainda, a importância do sombreamento na atenuação da incidência da radiação solar e conseqüentemente na atenuação da CTR nos resultados

---

[36] Tanto as Normais Climatológicas (BRASIL, 1992) para o mês de novembro quanto os valores divulgados pelo INMET (2008d), para os dias das medições, indicaram melhores condições de temperatura e umidade, considerados os critérios de conforto, isto é, 29,7°C e 73% e 33°C e 68%, respectivamente.

[37] A metodologia proposta previu a avaliação da influência da árvore a distâncias previamente determinadas, ou raios de influência por meio da quantificação da atenuação, em porcentagem, da TBS e da CTR, bem como o incremento da UR a três diferentes distâncias (1 m, 5 m e 10 m) definidas a partir do tronco da árvore em relação a um parâmetro fixo, neste caso, os valores relativos à distância 15 m.

[38] O indivíduo da espécie chuva-de-ouro proporcionou, na posição 10 m, em todos os horários, a diminuição da UR e não seu incremento, como previsto inicialmente.

relativos aos equipamentos posicionados à sombra. Em todos os casos houve a atenuação da CTR à sombra com destaque ao indivíduo da espécie sibipiruna.

Estas constatações foram corroboradas pela comparação das espécies entre si, pois foi possível verificar que, em geral, as árvores das espécies sibipiruna, saboneteira e barbatimão demonstraram bons desempenhos, sobressaindo-se a primeira.

Os resultados deste estudo demonstram-se coerentes com as constatações de BUENO (1998) que avaliou a atenuação da radiação solar incidente[39] e da temperatura ambiente por árvores de diferentes espécies, dentre as quais a sibipiruna que proporcionou as maiores atenuações de radiação solar na posição sombra em relação à posição sol (15 m), atingindo 88,5%. A atenuação da temperatura ambiente, proporcionada pela árvore e sua sombra, variou entre 12% e 17% no período compreendido entre 10h e 14h[40].

Estudo similar à este foi desenvolvido em Maracaibo, Venezuela (GONZÁLES, 2001). Conduzido na estação seca, monitorou-se variáveis micro-climáticas como temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar e velocidade do vento. O autor concluiu que todas as árvores estudadas proporcionaram o aumento da umidade relativa do ar devido aos seus processos de evapotranspiração.

A verificação da influência de cada árvore sobre o microclima de seu entorno imediato, cuja metodologia previu a comparação dos dados obtidos *in loco* com os princípios bioclimáticos de Olgyay (1998) com as adaptações de Koeningsberger et al. (apud FROTA; SHIFFER, 1995; SANTOS NETO, 1995) demonstrou-se coerente com as avaliações anteriores. Em todos os casos o sombreamento proporcionou a aproximação dos pontos considerados da zona de conforto delimitada e definida como adequada para os parâmetros adotados neste estudo.

Assim sendo, os resultados, em geral, apontaram os efeitos benéficos das árvores nos ambientes urbanos e confirmaram que, seguramente, a arborização é uma das estratégias recomendadas pelo projeto ambiental na redução das temperaturas urbanas e seus efeitos maléficos (MASCARÓ; MASCARÓ, 2002).

Perante o exposto, conclui-se que o estudo desenvolvido apresentou resultados positivos e propôs uma metodologia, a partir da adaptação de outras propostas, para a quantificação dos efeitos proporcionados por indivíduos arbóreos nos ambientes urbanos. No entanto, a proposta deste trabalho merece, e está aberta a contribuições para sua evolução.

---

[39] A atenuação da radiação solar incidente pôde ser avaliada de forma indireta no presente estudo, por meio da verificação das atenuações de TBS e CTR para cada indivíduo arbóreo.

[40] No presente estudo a atenuação proporcionada pela sibipiruna, em média, alcançou 10 pontos percentuais.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no desenvolvimento do presente estudo confirmaram que o objetivo geral, ou seja, a verificação da contribuição do sombreamento por espécies arbóreas nativas do Brasil e do Cerrado na modificação das variáveis ambientais relativas ao conforto térmico e sua influência no microclima de seu entorno imediato, nas condições climáticas do Município de Goiânia, foi atingido devido à metodologia proposta ter-se demonstrado adequada.

Dentre as proposições específicas foi possível:

- quantificar a atenuação das temperaturas ambientais (representadas pela TBS) e da Carga Térmica Radiante, bem como o incremento da umidade relativa do ar, proporcionadas pelos diferentes indivíduos arbóreos estudados, demonstrando que houve atenuações expressivas e que, a diferentes distâncias, há um escalonamento gradativo da contribuição da árvore, o qual diminui com o aumento da distância em relação ao tronco;
- confrontar os dados microclimáticos obtidos (TBS, UR e Velocidade do vento) com critérios de conforto térmico obtidos e verificar que há a contribuição dos indivíduos arbóreos para que sejam atingidos melhores níveis de conforto térmico nos ambientes urbanos;
- quantificar os efeitos positivos na atenuação da TBS e da CTR e no incremento da UR. As espécies que se destacaram foram a sibipiruna e o barbatimão que apresentaram médias gerais de atenuações de TBS entre 5% e 10%, a saboneteira e a sibipiruna na variável UR proporcionando incrementos superiores a 30% e a sibipiruna na posição sombra para a CTR com atenuações na ordem de 15%.
- demonstrar a influência das espécies arbóreas estudadas na melhoria do microclima do seu entorno imediato mediante a comparação dos resultados obtidos em campo com o critério de conforto adotado.
- concluir positivamente sobre a metodologia adotada para as verificações propostas e realizadas.

A verificação dos raios de influência poderia ter demonstrado resultados mais significativos, caso houvesse a possibilidade da movimentação dos equipamentos ao longo do

período do dia considerado, conforme o movimento aparente do sol, para que as condições de incidência da radiação solar tivessem se mantido ao longo do período, o que não foi possível devido à complexidade dos ambientes urbanos e suas condições de entorno.

Mesmo tendo sido positivos os resultados encontrados, muitas proposições e verificações merecem ser desenvolvidas no estudo da arborização nos ambientes urbanos. Especificamente na linha adotada pelo estudo que ora se conclui, sugere-se a realização de pesquisas que tenham uma maior abrangência temporal e de indivíduos arbóreos de uma mesma espécie, com ênfase àquelas que se destacaram neste trabalho além da inclusão de novas espécies.

Outra linha importante a ser abordada refere-se à correlação entre densidades construídas e quantidade de áreas verdes nos ambientes urbanos conforme as diferentes regiões e condições climáticas brasileiras.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Avaliação do raio de influência da vegetação no microclima proporcionado por diferentes espécies arbóreas. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2007. p.11-19. CD-ROM.

AKBARY, H. et al. Peak power and cooling energy savings of shade trees. **Energy and Buildings**, v.25 n.2 p.139-148, 1997.

ALBRIGHT, L.D. **Environment Control for Animals and Plants.** St. Joseph: The American Society of Agricultural Engineers, 1990. 453 p.

BARTOLOMEI, C. L. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído.** 2003. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BRASIL. Departamento de Meteorologia. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas.** Brasília, 1992.

BUENO, C. L. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas.** 1998. 176f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

BUSTOS ROMERO, M.A. **Arquitetura bioclimática do espaço público.** Brasília: Universidade de Brasília, 2001. 226 p.

DBO ENGENHARIA LTDA. **Reurbanização dos Vales do Macambira e Anicuns : estudo de impacto ambiental - EIA** / DBO Engenharia Ltda. – Goiânia, 2004.2v.

DUARTE, D.H.S.; SERRA, G.G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. **Ambiente Construído,** Porto Alegre, v.3, n.2, p.7-20, abr./jun.2003. Disponível em <http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/>. Acesso em: 26 de jun. 2006.

ESMAY, M. L. **Priciples of animal environment.** Westport:AVI Publishing. 1979. 325p.

FERNANDES, A. M. C. P. **Clima da Região de Goiânia.** Maio de 2002. Disponível em <http://www.ucg.br/deparcursos/arq/ConfortoTermico/index.htm> Acesso em:10 de ago. 2005.

FERNANDES, A. M. C. P. **Clima, homem e arquitetura.** Goiânia: Trilhas Urbanas, 2006. 102 p.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** São Paulo: Studio Nobel, 1995. 243 p.

GOIÂNIA. Prefeitura de Goiânia. Secretaria Municipal de Planejamento. **Ortofoto Digital de Goiânia.** 2006. CD-ROM.

GONZÁLES, M. et al. Quantifying incidence of the vegetation on the microclimatic variables in hot-humid climates: “the cují tree”. In: INTERNETIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 18, 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: PLEA. p.577-581.

GOUVÊA, L.A. **Biocidade: conceitos e critérios para um desenho ambiental urbano, em localidades de clima tropical de planalto.** São Paulo: Nobel, 2002.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: http://reia.inmet.gov.br/sim/abre_Graficos.php?data=09/2007&data2=2007&lista=9,1,8,7,&est=83423&uf=GO >. Acesso em 25 jan. 2008a.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://reia.inmet.gov.br/sim/abre_Graficos.php?data=10/2007&data2=2007&lista=1,2,&est=83423&uf=GO>. Acesso em 25 jan. 2008b.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://reia.inmet.gov.br/sim/abre_Graficos.php?data=10/2007&data2=2007&lista=7,&est=83423&uf=GO>. Acesso em 25 jan. 2008c.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://reia.inmet.gov.br/sim/abre_Graficos.php?data=11/2007&data2=2007&lista=9,1,8,7,&est=83423&uf=GO> Acesso em 25 jan. 2008d.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 1998. 2v.

MARTINS, J.L. **Avaliação da qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas, em condição de pastagem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Faculdade de Engenharia agrícola da Universidade Estadual de Campinas. 2001, 99 p.

MASCARÓ, L. E.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana.** Porto Alegre, 2002. 242 p.

MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L. E.; AGUIAR, C. M. L. S. Cidade energia, arborização urbana e impacto ambiental. **Ciência&Ambiente,** Santa Maria**,** v.1**,** n.22**,** p.59-72, jan./jun. 2001.

MILANO, M. S. Planejamento e replanejamento de arborização de ruas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2, 1987, Maringá. **Anais...** p. 1-8.

OLGYAY, V. **Design with climate. Bioclimatic approach to arquitectural regionalism.** 1.ed. Princeton: Princeton University Press, 1963. **Arquitectura y clima: manual de diseño**

bioclimático para arquitectos y urbanistas. Versão espanhola, Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

PICOT, X. Thermal confort in urban spaces: impact of vegetation growth. Case study: Piazza della Scienza, Milan, Italy. **Energy and Buildings**, v.36, p.329-334, 2004.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** São Paulo: ProEditores, 2000. 128 p.

RORIZ, M.; BARBUGLI, R. A. Mapeamento e análise de micro-climas urbanos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 2003, Curitiba. **Anais...** p.592-599. CD-ROM.

SANTOS NETO, A. **A Automação do traçado de máscaras de sombra p/ avaliar os Dispositivos de proteção solar: Uma aplicação compugráfica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina. 1995.

SASSINE, V.J. Vias de Goiânia têm 45 mil árvores condenadas por pragas. **O Popular**, Goiânia, 6 jun. 2008. Caderno Cidades, p. 4.

SATTLER, M. A. Medições de campo de transmissão da radiação solar através de árvores. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1, 1991, Gramado. **Anais...** Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1991. p.93-96.

SERRA, Rafael. *Arquitectura y climas.* Barcelona. Editorial Gustavo Gili, 1999.

SILVA, I. J. O.; SILVA, K. O.; NÄÄS, I. A. Arborização: uma metodologia para a avaliação da qualidade das sombras por meio dos índices de conforto térmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., Goiânia, 1998. **Anais...** Goiânia, 1998. p.277-283.

SILVA JUNIOR, M. C. **100 árvores do cerrado: guia de campo.** Colaboradores: Gilmar Corrêa et al. Brasília: Rede Brasileira de Sementes, 2005. 278 p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações.** Viçosa: UFV, 2000. 449 p.

VILLAS BOAS, M. Significado da arquitetura nos trópicos. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE ARQUITETURA NOS TRÓPICOS, 1., **Recife**, 1985. **Anais...** Recife: Massangana, 1985. p.35-65.