

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ESTUDO DO CLIMA URBANO DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE - PB**

**ALUNO**

**ROBSON SOUTO BRITO**

**ORIENTADORES**

**VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA**

**PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**MAIO/2007**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA  
CENTRAL DA UFCG**

B862e Brito, Robson Souto.  
Estudo do clima urbano da cidade de Campina Grande - PB  
/ Robson Souto Brito. - Campina Grande, 2007.  
70 f.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade  
Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos  
Naturais, 2007.  
"Orientação : Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da  
Silva, Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo".  
Referências.

1. Climatologia Urbana - Campina Grande (PB). 2. Mudança  
Climática - Campina Grande (PB). 3. Meteorologia - Clima -  
Estudo. 4. Dissertação - Meteorologia. I. Silva, Vicente de  
Paulo Rodrigues da. II. Azevedo, Pedro Vieira de. III.  
Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande  
(PB). IV. Título

CDU 551.588.7(813.3)(043)

ROBSON SOUTO BRITO

ESTUDO DO CLIMA URBANO DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/5/2007

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

  
Prof. Dr. PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

  
Prof. Dr. BERNARDO BARBOSA DA SILVA  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

  
Prof. Dr. MÁRIO DE MIRANDA VILAS BOAS RAMOS LEITÃO  
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa  
Universidade Federal do Vale do São Francisco

*À Raudeci de Souto Brito, minha mãe, que sempre me incentivou estudar e crescer com dignidade.*

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
1.INTRODUÇÃO	01
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
3.MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	14
3.2 INSTRUMENTAÇÃO E DADOS	15
3.3 ÍNDICE DE DESCONFORTO DE THOM	19
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	19
3.4.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA	19
3.4.2 AVALIAÇÃO DA TENDÊNCIA	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 TENDÊNCIA TEMPORAL	22
4.2 AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE CONFORTO TÉRMICO ENTRE OS HORÁRIOS DE OBSERVAÇÃO	26
4.2.1. Parque da Criança	26
4.2.2. Açude Velho	27
4.2.3. Açude Novo	28
4.2.4. Avenida Juscelino Kubitscheck	29
4.2.5. Ginásio esportivo “O Meninão”	30
4.2.6. Canal de Bodocongó	32
4.2.7. Avenida do CPTRAN	33
4.3. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE CONFORTO TÉRMICO ENTRE OS LOCAIS DE OBSERVAÇÃO	35
4.3.1. Primeiro transecto	35
4.3.2. Segundo transecto	37
4.3.3. Terceiro transecto	38
4.3.4. Quarto transecto	39

4.3.5. Quinto transecto	41
4.3.6. Sexto transecto	42
4.3.7. Sétimo transecto	43
4.3.8. Oitavo transecto	44
4.4. ANÁLISE DE ELEMENTOS ATMOSFÉRICOS E ILHA DE CALOR URBANO	46
4.4.1. Temperatura do ar	46
4.4.2. Umidade relativa do ar	48
4.4.3. Ilha de calor urbano	50
4.5. Índice de desconforto de Thom	53
5. CONCLUSÕES	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
7. ANEXOS	64

## AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Jesus Cristo, por estar presente em todos os momentos na construção deste trabalho.

Ao corpo docente da pós-graduação em Meteorologia da UFCG, que com responsabilidade e dedicação apóiam o ingresso de alunos de outros cursos nessa pós, contribuindo para o crescimento profissional da nação brasileira.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo.

Ao meu pai, que sempre acreditou na ciência e me ensinou que estudar vale a pena.

Ao meu avô, Vicente Francisco de Souto, pelo exemplo de honestidade, força, persistência e principalmente criatividade para viver numa das regiões mais secas do país.

Ao professor Dr. Vicente de Paulo pela orientação e valiosas sugestões na elaboração desta pesquisa.

A Divanete que, com senso de humanidade e justiça me incentivou do início ao final desse curso.

A minha turma do mestrado, físicos, matemáticos e meteorologistas e em especial, aos amigos meteorologistas Bega, Wallace, Leidiane e Rita Micheline por ter dedicado parte de seu tempo, principalmente aos sábados, no grupo de estudos para a disciplina de Meteorologia Dinâmica.

Aos colegas que me ajudaram durante a campanha de coleta de dados.

Ao amigo Alexandre (*in memoriam*) por sua participação no primeiro experimento e início da construção do presente trabalho.

As minhas irmãs, Andréa e Adriana, e também ao meu irmão, Geilson, que participaram indiretamente desse trabalho. Obrigado irmãos pela torcida.

A amiga Conceição pelo incentivo. Também a Cícera, pelo apoio.

Aos professores Ramana Rao e Francisco de Assis, pelo apoio e dedicação nas suas disciplinas.

Em especial, a minha noiva Célia, pelo carinho e constante atenção.

## RESUMO

Neste estudo foram avaliadas as condições meteorológicas de vários locais da cidade de Campina Grande durante as estações seca e chuvosa, com o objetivo de avaliar a existência de desconforto térmico em determinados ambientes da cidade. Assim, foram coletados dados de umidade relativa e temperatura do ar em nove localidades da cidade, incluindo áreas urbanas e suburbanas, com base em oito transectos para períodos de 24 horas nas estações, seca e chuvosa. Os dados foram coletados em sistema automático de aquisição de dados (Datalogger 23X da Campbell Scientific, Inc.) programado para coletar dados a cada segundo e armazenar médias a cada dez minutos. Também foram utilizadas informações meteorológicas dos últimos 41 anos da cidade de Campina Grande para verificar tendências temporais. Para avaliar o nível de conforto térmico utilizou-se o índice de desconforto de Thom (IDT). O teste estatístico de Mann-Kendall foi utilizado com o objetivo de identificar possível significância na tendência das séries temporais de temperatura e umidade relativa do ar. Também foi avaliada a análise estatística das diferenças entre as médias de IDT para os diversos locais observados utilizando a análise de variância - ANOVA. Os resultados indicaram tendências crescente e decrescente da temperatura média do ar e umidade relativa, com aumento de 1,5 °C e redução de 7,2%, respectivamente, nos últimos 41 anos. O IDT também apresentou tendência crescente, com aumento de 0,83 °C no período. Não foi observado desconforto térmico nos horários e locais estudados, no entanto houve uma tendência a desconforto na Praça da Bandeira em dias da estação seca com a ocorrência de Ilha de Calor Urbano. Também foi observado que antes das 9h00min e depois das 16h00min a sensação térmica é semelhante nos locais estudados e, nas primeiras horas da manhã, o conforto térmico apresenta-se diferente dos demais horários do dia em todos os pontos observados.

## ABSTRACT

Meteorological conditions of several locations of Campina Grande-PB city were evaluated with the objective of analyzing the establishment of thermal discomfort of some environments of the city. So that relative humidity and air temperature data were collected at nine locations of the city including urban and suburban areas on a basis of eight collecting campaigns of 24 hours periods in the dry and rainy seasons. The data were collected by a 23X datalogger (Campbel Scientific, Inc.) programmed for collecting data at each second and storage the average of each ten seconds. Also, meteorological informations of the last 41 years at Campina Grande were used to verify time tendencies. For evaluating the thermal comfort it was applied the Thom discomfort index (TDI). The Mann-Kendall statistical test was used for identifying possible significant tendency at the time series of air temperature and relative humidity. Also, it was evaluated the statistical analysis of the differences between the averages of the TDI for each location observed by using the analysis of variance – ANOVA. The results showed increasing and decreasing tendencies of the air temperature and relative humidity, respectively with an increases of 1.5 °C and a reduction of 7.2%, respectively in the last 41 years in the city. The TDI also showed an increasing tendency with an overall increase of 0.83 °C in the period. No thermal discomfort was observed in the time periods and locations studied except for the Praça da Bandeira at days of the dry season with the observation of urban heat island. Also, it was observed that before 9:00 and after 16:00 the thermal sensation is similar for all locations studied. Also, it was observed that between 9:00 and 16:00 hours the thermal sensation changes with the hour of the day and, in the first hours in the morning the thermal comfort changes with the time of the day for all locations studied.

## Lista de Tabelas

		Pág.
Tabela 3.1	Coordenadas geográficas dos pontos de observação utilizados na avaliação do nível de conforto térmico	14
Tabela 3.2	Normais climatológicas de algumas variáveis meteorológicas da cidade de Campina Grande	15
Tabela 3.3	Horário de realização das medições nos oito transectos do dia 16 de novembro de 2005	18
Tabela 3.4	Horário de realização das medições nos oito transectos do dia 8 de agosto de 2006.	18
Tabela 3.5	Faixas de conforto térmico em função do índice de desconforto de Thom (IDT)	19
Tabela 4.1	Análise de variância do Índice de Desconforto Thom no local de observação Parque da Criança durante os períodos seco (2005) e chuvoso (2006)	26
Tabela 4.2	Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) no local de observação Açude Velho durante os períodos seco (2005) e chuvoso (2006)	28
Tabela 4.3	Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom no local de observação Açude Novo durante os períodos seco(2005) e chuvoso(2006)	29
Tabela 4.4	Análise de variância do Índice de Desconforto Thom no local de observação Avenida Juscelino Kubitscheck durante os períodos seco(2005) e chuvoso(2006)	30
Tabela 4.5	Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom no Ginásio esportivo O Meninão durante os períodos seco(2005) e chuvoso(2006)	31
Tabela 4.6	Análise de Variância do Índice de Desconforto de Thom no local de observação Canal de Bodocongó durante os períodos seco (2005) e chuvoso (2006)	33
Tabela 4.7	Análise de Variância do Índice de Thom no local de observação CPTRAN durante os períodos seco (2005) e chuvoso (2006)	34

Tabela 4.8	Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) entre os locais de observação durante o primeiro transecto em 2005 e 2006.	37
Tabela 4.9	Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom entre os locais de observação para o 2º transecto de 2005 e 2006	38
Tabela 4.10	Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom entre os locais de observação para o 3º transecto de 2005 e 2006	39
Tabela 4.11	Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom entre os locais de observação para o 4º transecto de 2005 e 2006	40
Tabela 4.12	Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom entre os Locais de observação para o 5º transecto de 2005 e 2006	41
Tabela 4.13	Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom entre os locais de observação para o 6º transecto de 2005 e 2006	42
Tabela 4.14	Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom entre os locais de observação para o 7º transecto de 2005 e 2006	44
Tabela 4.15	Análise de variância do Índice de Desconforto Thom entre os locais de observação para o 8º transecto de 2005 e 2006	45
Tabela 4.16	Índice de Desconforto de Thom (°C) nos sete locais estudados.	56

## Lista de Figuras

	Pág.	
Figura 3.1	Imagem <i>Google</i> da cidade de Campina Grande, PB, com a localização dos pontos de observações no entorno da área urbana.	15
Figura 3.2	Estação automática no centro comercial de Campina Grande - Praça da Bandeira.	17
Figura 3.3	Estação Climatológica do Campus da UFCG em Campina Grande.	17
Figura 4.1	Tendência da temperatura média do ar na cidade de Campina Grande, no período de 1965 a 2005.	23
Figura 4.2	Tendência da umidade relativa do ar na cidade de Campina Grande, no período de 1965 a 2005.	23
Figura 4.3	Curso temporal do IDT na cidade de Campina Grande, no período de 1965 a 2005.	24
Figura 4.4	Relação entre o Índice de Thom e a temperatura do ar no período de 1965 a 2005.	25
Figura 4.5	Relação entre o Índice de Thom e a umidade relativa do ar durante o período estudado.	25
Figura 4.6	Temperatura do ar no período seco (2005) (■) e no período úmido (2006) (▲) no ambiente urbano (Praça da Bandeira) em Campina Grande.	47
Figura 4.7	Temperatura do ar no período seco (2005) (■) e no período úmido (2006) (▲) no ambiente suburbano (estação experimental do DCA) em Campina Grande.	47
Figura 4.8	Umidade relativa do ar no período seco (2005) (■) e no período úmido (2006) (▲) no ambiente urbano (estação experimental do DCA) em Campina Grande.	49
Figura 4.9	Umidade relativa do ar no período seco (2005) (■) e no período úmido (2006) (▲) no ambiente suburbano (estação experimental do DCA) em Campina Grande.	59
Figura 4.10	Ilha de calor na cidade de Campina Grande no período seco (17 de novembro de 2005).	50
Figura 4.11	Ilha de calor na cidade de Campina Grande no período úmido (9 de agosto de 2006).	51
Figura 4.12	Comparação entre a ilha de calor urbana do período seco (linha contínua) e a ilha de calor urbana no período chuvoso (linha pontilhada).	52
Figura 4.13	Índice de Desconforto de Thom no período seco (linha contínua) e no período chuvoso (linha pontilhada) no ambiente urbano.	55
Figura 4.14	Índice de Desconforto de Thom no período seco (linha contínua) e no período chuvoso (linha pontilhada) no ambiente suburbano.	55

## 1. INTRODUÇÃO

O contexto de urbanização das cidades transformou-se nas últimas décadas em objeto de estudo dos mais variados campos do conhecimento científico. Nesse sentido, áreas como a meteorologia, engenharia, geografia, física, geofísica e a biologia, dentre outras ciências que estão direta ou indiretamente ligadas às formas de distribuição e formação do espaço urbano, têm papel fundamental no tocante a questão do bem-estar humano.

A incidência e distribuição da energia solar com a sua variabilidade espaço-temporal no meio urbano são alguns dos fatores que afetam a qualidade da vida das pessoas que vivem nos centros urbanos. A energia tende a se concentrar nos aglomerados das construções civis em áreas de urbanização intensa, afetando consideravelmente a sensação térmica ou o conforto térmico (Deosthali, 1999). Isso evidencia a relevância de estudos que relacionam a distribuição da energia solar em ambientes urbanos com o bem-estar humano.

Desde o início do século passado os geógrafos e meteorologistas europeus vêm dispensando atenção ao clima urbano. A primeira sistematização séria sobre o tema foi formulada por Landsberg (1956), inserida na coletânea editada por Wenner-Gren Foundation for Anthropological Studies, de Chicago, organizada por E. W. Thomas (1956), intitulada “Man’s Role in Changing the Face of the Earth”. A primeira monografia aprofundada e especial sobre uma grande cidade (Londres) foi lançada por Tony Chandler (1965). A partir de então, cresceu o interesse e aumentaram as contribuições sobre esse tema no hemisfério Norte – América, Europa e Japão (Monteiro, 1999). A sistematização dos conhecimentos nessa nova área de investigação iniciou-se como parte de diversos estudos para a American Society for Heating and Ventilation Engineers - ASHVE. O objetivo, nesse caso, era melhorar as condições de operação de condicionadores de ar (Kruger, 2001).

No decorrer da expansão de áreas urbanas ao redor do mundo, em detrimento da diminuição do número de habitantes na zona rural, surgiu uma variabilidade expressiva do clima nas grandes cidades. Assim, áreas como o Nordeste do Brasil apresentam tendência crescente da temperatura do ar, do índice de aridez e da evaporação; e, por outro lado, tendência decrescente na umidade relativa e precipitação pluvial (Silva, 2004).

Em regiões onde a urbanização não está acompanhada de uma arborização proporcional, pode-se notar claramente a insatisfação dos habitantes no que diz respeito ao clima. Um exemplo disso é a cidade de Campina Grande, a qual passou por um processo de urbanização mais intenso a partir do ano de 1985. Nesta localidade, as temperaturas máxima, mínima e média apresentam-se com tendências crescentes nas últimas duas décadas (Sousa Júnior, 2006). Fenômenos como esses ocorreram em cidades ao redor do mundo e fizeram com que o microclima de tais localidades se tornasse mais seco e quente causando uma sensação de desconforto aos moradores dessas áreas urbanas (Ichinose, 1999; Stathopoulos et al., 2003; Minaki e Amorim, 2005). Esse desconforto humano é causado geralmente pelo surgimento de um fenômeno conhecido como ilha de calor urbano que, segundo Oke (1972), é um resultado da modificação dos parâmetros da superfície e da atmosfera pela urbanização que, por sua vez, conduz a alterações no balanço de energia. Tal fenômeno geralmente se localiza em áreas de intensa urbanização (Silva et al., 2006). Segundo Mascaró (1996), a necessidade de consumo energético na obtenção de um conforto ambiental apropriado não se deve apenas a um problema decorrente das condições climáticas, mas, muitas vezes, ao desconforto gerado por uma organização espacial urbana e arquitetônica não compatível com o meio.

O grau de desconforto humano é o resultado dos efeitos de alguns elementos climáticos que por sua vez alteram o perfeito funcionamento do organismo humano; causando, na maioria das vezes, sensação de fadiga, cansaço e sonolência. Muitos estudiosos têm

desenvolvido pesquisas acerca de condições confortáveis do meio ambiente baseados em fatores meteorológicos e fisiológicos. Contudo, tais pesquisas geralmente recaem na constituição de um índice de conforto térmico humano baseado em áreas climaticamente controladas. No entanto, em ambientes urbanos ao ar livre, onde circula grande número de pessoas, a avaliação do nível do conforto térmico é ainda incipiente. Nesse sentido, o presente trabalho objetiva avaliar o nível de conforto térmico nas principais áreas da cidade de Campina Grande, PB, onde habitualmente são desenvolvidas atividades físico-aeróbicas, durante os períodos chuvoso e seco na cidade. Também será verificada a existência de ilha de calor e a sua intensidade, durante os períodos analisados. Espera-se, com os resultados deste trabalho, poder informar à população em geral e aos órgãos governamentais em particular, sobre as áreas da cidade e horários mais adequados à prática de atividades físicas. As informações obtidas com esta pesquisa também serão úteis para o planejamento urbano da cidade.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O estudo do impacto urbano sobre as variáveis atmosféricas reveste-se de grande importância para a segurança de ambientes construídos, bem como sobre o bem-estar da população, de modo a orientar a tomada de decisões concernentes a preservação da qualidade desses ambientes. Assim, o nível de conforto térmico e o fenômeno de ilha de calor urbano, em face de sua relevância para o bem-estar do organismo humano, têm sido amplamente estudado em diversas partes do mundo. Alguns desses estudos são mencionados a seguir.

Goldreich (1994) estudou o comportamento do clima de Israel durante três décadas e observou a presença de ilhas de calor em várias cidades e efeitos da urbanização sobre os excessos da precipitação. Foi constatado que ilhas de calor termodinâmico, juntamente com a rugosidade aerodinâmica da estrutura urbana, ameniza a precipitação mais do que a própria poluição do ar.

Taha (1997), revendo as características climáticas urbanas e as causas e efeitos das ilhas de calor urbano, analisou o impacto do albedo da superfície, a evapotranspiração e o fluxo de calor humano sobre o clima próximo a superfície. Segundo o autor, a área monitorada e algumas simulações meteorológicas indicaram que mudanças no albedo da superfície e na cobertura da vegetação podem ser significativas na modificação do clima próximo à superfície. O autor confirma que os efeitos do calor humano sobre o clima urbano são relativamente pequenos. No entanto, as simulações realizadas no trabalho indicaram que os impactos do calor humano podem ser importantes em centros urbanos, sendo mais significantes em áreas residenciais e comerciais. Os resultados de simulações meteorológicas realizadas neste trabalho sugerem que as cidades podem plausivelmente reverter ilhas de calor e contrabalancear seus impactos sobre a energia usando simplesmente materiais que

conduzem ao decréscimo do albedo nos telhados, na pavimentação das ruas e também no reflorestamento de áreas urbanas.

Silva (1998) estudou possíveis mudanças climáticas nas cidades de Campina Grande e Patos, situadas no interior do Estado da Paraíba. Neste estudo a autora detectou que superfícies asfaltadas são mais quentes que as de calçamento. Também foi detectado que a temperatura do asfalto de algumas ruas alcançou 60,8°C durante o dia em Campina Grande no verão e 47, 5°C no inverno; já para a cidade de Patos esses valores foram de 63,9°C e 55,5°C nos períodos estudados respectivamente.

Conforme ressalta Brandão e Lucena (1999), em relação ao conforto térmico de algumas praças do Rio de Janeiro, a insuficiência arbórea em espaços abertos da natureza nas praças menos arborizadas favorece situações de extremo desconforto humano por alcançar índices de Temperatura Efetiva fora do limite tolerado.

Deosthali (1999), em seu trabalho sobre o impacto da urbanização sobre o clima na cidade de Pune, Índia, analisou o desconforto térmico baseado no Índice de Temperatura-Úmida, também conhecido como Índice de desconforto (ID). Os resultados desse trabalho indicaram certo grau de desconforto térmico entre abril e metade de junho, quando o calor é intenso naquela região e mais ainda no período entre 11h30 min e 17h30 min. O autor relacionou esse desconforto ao período que precede o fenômeno meteorológico de monções na Índia. Já nos meses onde houve IDs menores, entre setembro e outubro, tal fenômeno foi atribuído à presença das monções. O índice de temperatura úmida apresentou grande variabilidade durante o dia. A escala de variação foi elevada durante o inverno e pouca variabilidade nos meses de monções. Já no período entre 11h30 min às 17h30min houve sensação de desconforto durante ano, com exceção do período de inverno. O autor mostrou ainda que o ID aumentou durante uma década como consequência do aumento das

temperaturas do bulbo seco e do bulbo úmido. Esse aumento de temperatura foi relacionado à presença de ilhas de calor na cidade.

Ichinose et al. (1999) quantificaram a contribuição do consumo de energia sobre o fenômeno de ilha de calor e discutiram como a redução no consumo de energia poderia amenizar o ambiente térmico urbano na cidade de Tóquio. Eles constataram que os dados sobre a variabilidade anual e diurna de calor das atividades humanas caracterizam bem o cenário do clima local. Após simulação numérica do clima urbano, os autores detectaram a presença de ilhas de calor urbano no inverno daquela localidade e atribuíram tal fenômeno à fraca brisa da Baía de Tóquio. Os autores constaram ainda que no verão o fluxo de radiação de onda curta foi bastante intenso e a influência do calor das atividades humanas sobre o clima foi baixa. Já para o inverno, o fluxo de radiação de onda curta foi baixo e a influência do calor das atividades humanas sobre o clima local foi alto.

Fiori (2001), em estudo realizado na UNICAMP, SP, comprovou que algumas espécies arbóreas utilizadas na arborização urbana reduzem bastante os efeitos da radiação solar e oferecem melhor conforto térmico ao ambiente. Cinco espécies se destacam por atenuar significativamente a radiação solar: a sibipiruna (*Caesalpinia Peltophoroides*) com 88,5% de atenuação, a chuva-de-ouro (*Cassia fistula*) e o jatobá (*Hymenaea courbaril*) com 87,2%, a magnólia (*Michelia champaca*) com 82,4% e o ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) com 75,6%. Nessa pesquisa foi medida ainda a atenuação em áreas verdes de lazer na região central de Campinas e foi constatado que um bosque antigo atenuou quase totalmente a radiação (99,06%), enquanto uma praça recém-criada, com vegetação pouco densa, atenuou 88,24%.

Stathopoulos et al. (2003), objetivando estabelecer uma relação clara entre o nível de conforto humano e as variáveis meteorológicas no ambiente urbano, desenvolveram pesquisa sobre a sensação de conforto térmico na cidade de Montreal, Canadá. Pôde-se destacar que do total de 273 das respostas que afirmam estar confortável, 68% afirmam que o vento não

estava forte, 41 pessoas sentiram desconforto e 25 disseram que o vento estava forte. Os autores encontraram também que menos importância é dada à velocidade do vento para a sensação de conforto sob condições de tempo quente.

Gomes e Amorim (2003), baseado no índice de Temperatura Efetiva de Thom, estudaram o conforto térmico em praças públicas e áreas de lazer da cidade de Presidente Prudente, SP. Eles constataram que praças com maior número de árvores apresentaram índices de conforto mais significativo em relação aos outros pontos estudados na pesquisa. Por outro lado, praticamente em todas as situações de desconforto observadas, os valores de índice de Temperatura Efetiva (TE) nos ambientes menos arborizados foram mais elevados do que na praça mais arborizada, fato que agrava as sensações térmicas de estresse ao calor no organismo humano.

Maitelli et al. (2004) investigaram características espaciais e temporais da ilha de calor observada em Cuiabá/MT, no período de outubro de 2003 a fevereiro de 2004. Eles utilizaram o método do transecto móvel e também medidas em pontos fixos. Suas análises revelaram que a ilha de calor localiza-se no distrito comercial com intensidade de até 1,5°C nos dias chuvosos, enquanto que em dias sem chuva atingiu até 3,0°C. Observaram também que o centro da cidade era em média 10% mais seco do que as áreas com vegetação abundante e presença de superfícies líquidas.

Silva (2004) analisou o comportamento do clima no Nordeste do Brasil através de observações de séries temporais de oito variáveis atmosféricas. Ele notou que a maioria dessas variáveis climáticas apresentou tendência crescente ao longo dos anos. Nesse estudo o autor constatou que a cidade de Campina Grande apresentou a maior tendência para o aumento da temperatura do ar no período estudado que foi de aproximadamente 3,5 °C.

Kolokotroni et al. (2004), em seu estudo sobre os efeitos de ilhas de calor urbano e possíveis estratégias de refrigeração do ar de ambientes de escritórios no verão em Londres,

apresentaram um sumário dos resultados das medidas de temperatura do ar em 1999 e 2000. Os autores observaram que durante a semana tipicamente quente, a demanda energética para refrigerar o escritório rural de referência foi 84% daquela utilizada para refrigerar o escritório urbano similar. Constataram também que durante a semana tipicamente quente o escritório localizado na área rural não necessitou de nenhuma refrigeração artificial e que seria capaz de manter a sua temperatura abaixo de 24°C. Por outro lado, um escritório urbano não alcançaria tal efeito. Também foi constatado nesse trabalho que um escritório rural estaria refrigerado com apenas 42% da refrigeração total de um escritório similar localizado na zona urbana.

Minaki et al. (2005) compararam as diferenças térmicas entre uma área densamente construída e outra situada na zona rural de Guararapes, SP. Após o levantamento de dados durante 15 dias da estação chuvosa (dezembro de 2004) foi constatada a ocorrência de “estresse térmico”. Eles chegaram a essa conclusão utilizando as zonas de conforto térmico propostas por Thom (1959) estabelecidas a partir das observações das temperaturas do bulbo seco e úmido. Ressalta-se que essa pesquisa foi desenvolvida numa região urbana com 30 mil habitantes, ou seja, numa cidade de pequeno porte e, mesmo assim, foi observada a presença de estresse térmico, algo que não era esperado, porque a região ainda tem características rurais.

Tzenkova et al. (2005) estudaram a variação das condições de conforto térmico humano na cidade de Sofia, Bulgária, através do índice de poder do frio e o índice de desconforto térmico de Thom (IDT). Segundo os autores, o IDT produz bons resultados com dados de temperatura e umidade relativa do ar. O autor também observou através desse índice que as estações de primavera e outono são confortáveis. Foi observado também que no período de janeiro (inverno) de 1952 em diante o clima tendeu à confortável. Ele atribuiu tal fato ao processo de crescimento da cidade e suas influências no regime da temperatura e velocidade do vento, uma vez que, antes da década de 50, a sensação que tendia de frio a muito frio era

alta naquela região. Foi também constatado que antes do período de urbanização da zona leste da cidade o clima era semelhante ao clima de áreas rurais, ou seja, frio subconfortável, segundo o índice K, no inverno. No entanto, com a conclusão do processo de urbanização da cidade, após o ano de 1972, o clima passou a ter uma tendência confortável no inverno.

Sarrat et al. (2005), visando estudar o impacto da urbanização sobre o clima de Paris, observaram a formação de ilhas de calor urbano (ICU) produzida pela advecção de vento sudoeste, as quais induziram as altas temperaturas na cidade. Segundo os autores, tal fenômeno apresentou-se mais forte à noite do que durante o dia. Constatou-se também que a maioria das interações entre os processos físicos e químicos da atmosfera teve um impacto significativo na representação dos poluentes e que a estrutura da camada limite atmosférica também é influenciada pela cidade. Eles também mostraram que ambos os efeitos urbanos, diurno e noturno, tiveram importantes impactos sobre os poluentes, mais especificamente o ozônio e o óxido de nitrogênio.

Moraes et al. (2005), analisando a formação de ilhas de calor urbana na região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), utilizaram simulações numéricas da atmosfera elaboradas com o modelo MM5, sob diferentes situações sinóticas. Os autores discutiram o estado da atmosfera para dois períodos no mês de setembro de 2002. O primeiro período é referente à passagem de um sistema frontal na cidade e o segundo é caracterizado pela atuação persistente do Anticiclone Subtropical do Atlântico (ASA). Na observação de uma série temporal da temperatura próximo à superfície em uma região representativa da RMRJ, evidenciou-se um ciclo diurno bem marcante com elevação dos máximos diários no decorrer do primeiro período e queda brusca da temperatura logo após a passagem do sistema frontal. No segundo período, os máximos diários ficaram praticamente estáveis. Os autores também notaram que a presença de máximos de temperatura coincidiu com a ocupação urbana da

RMRJ, sobretudo em sua parte norte. Esse aspecto indica a formação de ilha de calor urbana na região.

Gulyás et al. (2005) analisaram as condições ao ar livre do conforto térmico na cidade de Szeged, Hungria, cuja população era em torno de 160 mil habitantes, com a aplicação do índice térmico – Temperatura Fisiológica Equivalente – PET e o modelo RayMan. Esse modelo, que foi desenvolvido na Universidade de Freiburg, estima o fluxo de radiação no meio ambiente urbano, baseado na temperatura de ar, umidade relativa do ar, o grau de cobertura de nuvens, a hora do dia e o ano, o albedo das superfícies circunvizinhas e o ângulo sólido. Analisando as condições bioclimáticas de locais próximos a edifícios e árvores foi observado que as diferenças no índice PET entre esses lugares variaram entre 15 e 20 °C. Também foi constatado que diferentes ambientes modelados pelo RayMan, tais como apenas prédios, prédios e árvores e apenas árvores, sofreram alterações significativas na sensação de conforto humano.

Burian e Shepherd (2005), objetivando investigar o impacto da urbanização sobre o modelo de precipitação diurna em Houston, EUA, utilizaram dados de 19 estações próximas àquela cidade. Eles calcularam as médias anuais e sazonais da precipitação diurna de dois períodos, dos quais, um foi antes do processo de urbanização da cidade (1940-1958). Nesse período, a cidade era relativamente pequena e não teve significativa influência nos processos meteorológicos daquela região. Já o segundo período ocorreu depois que Houston estava com a área metropolitana bem mais densa (1984 a 1999). Os autores compararam o comportamento da precipitação diurna nos períodos pré e pós-urbanização e notaram que a região urbanizada teve aproximadamente 80% mais registros de ocorrências de precipitação entre o meio dia e meia noite durante as estações quentes do ano do que áreas circunvizinhas. A comparação do período pré-urbanizado com o segundo período – pós-urbanizado - no comportamento da precipitação indicou que a distribuição diurna dessa variável

meteorológica apresenta mudanças no sudoeste do Texas. Essas mudanças são mais significativas na área urbana, especificamente à tarde, período do dia em que houve um crescimento da precipitação, nas estações quentes do ano. Eles puderam verificar também que as médias diurnas dos totais precipitados na área urbana de Houston para o período de 1984 a 1999 representam 18 a 28% das médias diárias ocorrendo de meio-dia às 16 h comparado com áreas circunvizinhas. Segundo os autores, esse fato pode ser relacionado à presença de ilhas de calor naquela região.

Teza e Baptista (2005), visando identificar o fenômeno ilhas de calor urbano em metrópoles brasileiras, por meio do sensoriamento remoto termal, determinaram perfis térmicos, partindo de zonas periféricas e passando pelo centro das metrópoles selecionadas. Foram gerados modelos digitais visando à compreensão do contexto da paisagem na qual a cidade encontra-se inserida. Foram detectadas temperaturas maiores na superfície dos centros de todas as metrópoles estudadas e decréscimo da temperatura em relação às periferias. Observou-se um grande adensamento de edificações no centro urbano que são construídas de materiais capazes de absorver mais radiação e emitir mais calor para a superfície. Os autores também perceberam que a topografia constitui-se num agravante para o fenômeno de ilha de calor urbano, pois não é favorável a dispersão de poluentes e partículas atmosféricas.

Silva et al. (2006), em estudo preliminar, avaliaram o índice de conforto térmico de Thom e a possível presença de ilhas de calor urbano na cidade Campina Grande com aproximadamente 350 mil habitantes. Os autores utilizaram dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos em duas estações meteorológicas automáticas, uma localizada na área central da cidade e outra em área sub-urbana. Os dados foram usados para determinar a intensidade da ilha de calor urbano baseando-se nas diferenças de temperatura do ar entre a área urbana e a suburbana e também para determinar o Índice de Desconforto humano de Thom. Eles obtiveram valores máximos de temperatura durante os meses de janeiro, fevereiro

e março, enquanto os mínimos valores foram obtidos em junho, julho e agosto. Foi observado ainda que o Índice de Desconforto de Thom teve valores máximos e mínimos durante as estações seca e úmida, respectivamente, e que não houve condições de desconforto naquela cidade durante o ano de 2005. O relacionamento entre as variáveis envolvidas indicou que a temperatura do ar tem mais influência no Índice de Desconforto de Thom do que a umidade relativa.

Sousa Júnior (2006) avaliou o efeito da urbanização no clima da cidade de Campina Grande utilizando dados mensais de temperatura do ar, precipitação pluvial, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, evaporação do tanque classe A, velocidade do vento, insolação e índice UNEP (P/ETp) no período de 1963 a 2004. Foram aplicados os testes estatísticos de Mann-Kendall para detectar tendência e o de t-Student para avaliar estatisticamente as diferenças entre as médias das variáveis analisadas. A pesquisa foi realizada em dois subperíodos, os quais foram denominados período pré-urbano intenso (1963-1985) e pós-urbano intenso (1986-2004). Foi observado que a temperatura do ar apresentou uma tendência crescente, enquanto a umidade relativa apresentou comportamento decrescente. Segundo o autor, todas as variáveis meteorológicas estudadas apresentaram mudança abrupta em seus comportamentos temporais em torno do ano de 1985, em face da intensa urbanização ocorrida a partir desse ano.

Atualmente, um grupo de estudos da Sociedade Internacional de Biometeorologia está criando um índice climático térmico universal (UTCI) que será de suma importância para as pesquisas relacionadas com o tema aqui abordado e poderá também ser usado para estabelecer um critério para conforto térmico humano ao ar livre. Apesar das considerações que mostraram a importância da aplicação da temperatura efetiva no índice de conforto térmico dos habitantes, segundo Stathopoulos et al. (2004) não se pode ainda inferir um

modelo matemático que assegure uma relação perfeita entre o conforto térmico e a temperatura efetiva.

Em virtude do que foi exposto, torna-se evidente a necessidade de se elaborar pesquisas que se proponham em estudar o clima sobre as cidades, em especial aquelas de médio ou grande porte com é o caso de Campina Grande, PB.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Características da área de estudo

Neste estudo foram utilizados dados de temperatura e umidade relativa do ar da cidade de Campina Grande, PB (7°13'; 35°53'; 508 m). A cidade encontra-se localizada a 120 km da costa leste do continente Sul Americano e sofre a influência de três mecanismos meteorológicos de grande escala: Zona de Convergência Intertropical, Distúrbios de Leste e Vórtices Ciclônicos de Ar Superior. O perímetro urbano da cidade ocupa uma área de 52 Km<sup>2</sup> e sua população está em torno de 370 mil habitantes. Segundo Correia (2000) a cidade possui clima predominantemente semi-árido, com precipitação média anual em torno de 760 mm e a temperatura do ar variando entre 15 e 33 °C. De acordo com a classificação de Köppen, Campina Grande possui tipo climático Aw'i, considerado como tropical úmido.

O nível de conforto térmico foi avaliado em sete áreas da cidade de Campina Grande, habitualmente utilizadas para prática de atividades físico-aeróbicas. A Tabela 3.1 exhibe as coordenadas geográficas das áreas utilizadas na avaliação do nível de conforto térmico e a Figura 3.1 as localizações dessas áreas no perímetro urbano da cidade de Campina Grande. As normais climatológicas de algumas variáveis meteorológicas da cidade de Campina Grande são exibidas na Tabela 3.2.

Tabela 3.1. Coordenadas geográficas dos locais de observação utilizados na avaliação do nível de conforto térmico.

Locais de observações	Localização	Latitude Sul (graus, min, seg)	Longitude Oeste (graus, min, seg)
I	Parque da Criança	7° 13' 11"	35° 52' 62"
II	Açude Velho	7° 13' 17"	35° 53' 64"
III	Açude Novo	7° 13' 79"	35° 53' 77"
IV	Av. Juscelino Kubitschek	7° 14' 39"	35° 54' 14"
V	Av. do Ginásio O Meninão	7° 14' 07"	35° 54' 96"
VI	Av. do Canal de Bodocongó	7° 13' 76"	35° 54' 39"
VII	Av. da CPTRAN	7° 12' 43"	35° 53' 53"

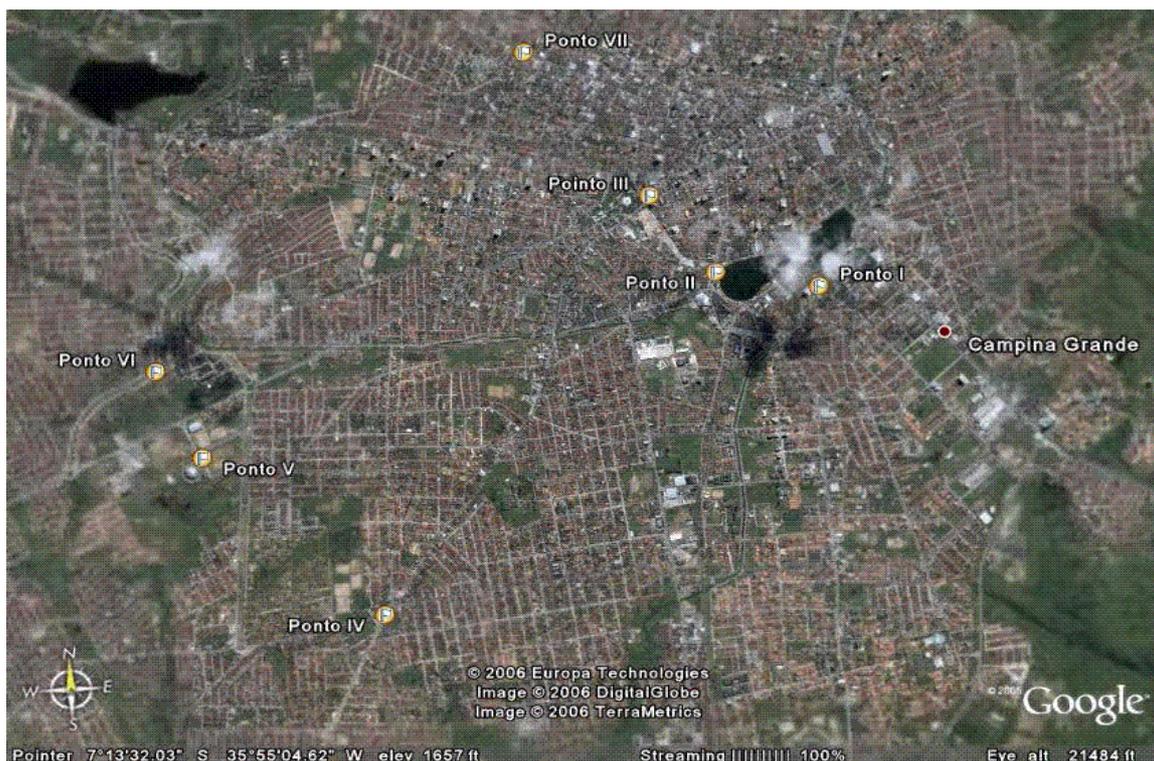


Figura 3.1. Imagem *Google* da cidade de Campina Grande, PB, com a localização dos locais de observações no entorno da área urbana.

Tabela 3.2. Normais climatológicas de precipitação pluvial (mm), temperatura média do ar (°C), umidade relativa do ar (%), insolação total (horas), nebulosidade (escala de 0 a 10) e pressão atmosférica (hPa) em Campina Grande no período 1961-1990.

Mês/Variável	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Precipitação	40,9	54,6	99,8	129,2	94,5	106,7	123,9	58,1	38,0	16,9	18,7	21,4	802,7
Temperatura	23,9	25,0	24,7	24,5	23,3	22,3	20,1	21,7	21,7	23,6	24,2	24,6	23,3
Umidade	79,0	72,0	86,0	86,0	88,0	91,0	90,0	86,0	84,0	79,0	72,0	79,0	82,7
Insolação	238,9	203,0	203,0	173,6	175,4	151,1	119,0	150,7	181,9	212,5	217,2	197,7	2224,0
Nebulosidade	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,8
Pressão	949,6	949,7	949,7	949,7	950,9	952,3	953,0	952,3	950,7	949,6	949,3	946,0	950,2

### 3.2. Instrumentação e dados

Os registros das variáveis meteorológicas foram obtidos em duas estações automáticas, sendo uma instalada num ambiente urbano e outra num ambiente suburbano. O ambiente suburbano foi na Universidade Federal de Campina Grande (Figura 3.3) e o urbano, a Praça da Bandeira

(Figura 3.2), onde está localizado o centro comercial da cidade. As medições foram realizadas nos dias 17 de novembro de 2005 e 8 de agosto de 2006, durante os períodos seco e chuvoso da região, respectivamente. Também durante os períodos observacionais, foram coletados dados de temperatura e umidade relativa do ar através de transecto móvel pela cidade no decorrer do período diurno. Os sensores dessas variáveis meteorológicas foram posicionados a 1,60 m de altura num mastro micro-meteorológico, que foi conduzido de um local de observação para outro com um veículo utilitário. Os dados dos ambientes urbanos e suburbano foram armazenados em um sistema automático de aquisição de dados (Datalogger 23X da Campbell Scientific, Inc.) programado para coletar dados a cada segundo e emitir médias a cada dez minutos. As medições foram realizadas nos seguintes locais: (i) Parque da Criança (área bem arborizada); (ii) Açude Velho (presença de um espelho d'água); (iii) Açude Novo (área com algumas árvores e sem espelho d'água); (iv) Av. Juscelino Kubitschek (localidade sem nenhuma árvore ou espelho d'água); (v) Av. do Ginásio O Meninão (área também sem árvores ou superfícies de água); (vi) Av. do Canal de Bodocongó (presença de árvores esparsas) e (vii) Av. da CPTRAN (avenida com poucas árvores e sem espelhos d'água). Em cada um desses pontos foram realizadas duas medições de temperatura do ar e umidade relativa do ar durante 3 a 4 minutos no decorrer do dia. A distância entre as repetições, em cada ponto, foi de cerca de 150 m uma da outra. As Tabelas 3.3 e 3.4 exibem os horários das medições com as respectivas repetições nos locais por onde foram realizados os transectos móveis. Além desses dados foram utilizados também dados de temperatura e umidade relativa do ar do banco de dados meteorológicos da estação climatológica da Embrapa Algodão das últimas quatro décadas. Os dados coletados nos ambientes urbano e suburbano foram utilizados para determinar a possível ocorrência de “ilha de calor urbano” na cidade e a sua intensidade, e aqueles obtidos com os transectos foram utilizados para avaliar o nível de conforto térmico. Os instrumentos utilizados para medir as variáveis meteorológicas

durante os transectos, também foram conectados ao um sistema automático de aquisição de dados (Datalogger 23X da Campbell Scientific, Inc.) programado para coletar os dados uma vez a cada segundo e emitir a média a cada dois minutos.



Figura 3.2. Estação automática no centro comercial de Campina Grande - Praça da Bandeira



Figura 3.3. Estação Climatológica do Campus da UFCG em Campina Grande-PB

Tabela 3.3. Horário de realização das medições nos oito transectos do dia 16 de novembro de 2005.

Nº	Ponto de coleta	Medições		Medições		Medições		Medições		Medições		Medições		Medições		Medições	
		1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
1	P. da Criança	5:03	5:15	6:48	6:52	8:22	8:24	9:48	9:50	11:34	11:36	13:18	13:24	15:24	15:28	17:10	17:16
2	A. Velho	5:26	5:32	6:56	7:00	8:30	8:34	9:56	10:00	11:48	11:52	13:52	13:58	15:40	15:46	17:22	17:28
3	A. Novo	5:38	5:44	7:04	7:08	8:38	8:42	10:04	10:10	11:56	12:02	14:02	14:08	15:52	15:56	17:34	17:38
4	Av. J.K.	5:54	5:58	7:18	7:22	8:52	8:58	10:22	10:26	12:14	12:18	14:18	14:24	16:08	16:12	17:50	17:54
5	Meninão	6:06	6:10	7:32	7:36	9:06	9:10	10:36	10:40	12:26	12:30	14:32	14:36	16:22	16:26	18:02	18:06
6	C. de Bodoc.	6:16	6:20	7:42	7:46	9:14	9:20	10:46	10:50	12:38	12:42	14:42	14:48	16:34	16:38	18:14	18:22
7	CPTRAN	6:30	6:34	7:58	8:02	9:30	9:32	11:00	11:04	12:54	12:58	14:58	15:04	16:50	16:54	18:32	18:36

Tabela 3.4. Horário de realizações das medições nos oito transectos do dia 8 de agosto de 2006

Nº	Ponto de Coleta	Medições		Medições		Medições		Medições		Medições		Medições		Medições		Medições	
		1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
1	P. da Criança	5:16	5:22	6:58	7:02	8:46	8:50	10:28	10:32	12:12	12:16	14:22	14:26	16:04	16:08	17:48	17:52
2	A. Velho	5:28	5:34	7:08	7:14	8:56	9:02	10:40	10:46	12:20	12:24	14:32	14:36	16:18	16:22	17:58	18:04
3	A. Novo	5:40	5:44	7:22	7:26	9:10	9:14	10:52	10:56	12:30	12:34	14:42	14:46	16:28	16:34	18:10	18:16
4	Av. J. K.	5:56	6:00	7:38	7:42	9:26	9:32	11:08	11:12	12:46	12:52	14:58	15:04	16:46	16:50	18:29	18:33
5	Meninão	6:10	6:16	7:50	7:54	9:42	9:46	11:24	11:28	13:02	13:06	15:14	15:18	17:00	17:04	18:43	18:48
6	C. de Bodoc.	6:22	6:26	8:00	8:06	9:54	10:00	11:36	11:42	13:14	13:20	15:24	15:30	17:12	17:18	18:56	19:00
7	CPTRAN	6:38	6:42	8:16	8:22	10:10	10:14	11:52	11:56	13:32	13:36	15:42	15:46	17:28	17:34	19:10	19:16

### 3.3. Índice de desconforto de Thom

O nível de desconforto humano da cidade de Campina Grande foi avaliado através do índice de desconforto de Thom, utilizando-se dados locais de temperatura e umidade relativa do ar. Esse índice foi determinado com base em dados climáticos de uma série temporal de 1965 a 2005 e observações de transecto móvel de duas campanhas experimentais realizadas no período seco (16 de novembro de 2005) e chuvoso (8 de agosto de 2006) na cidade de Campina Grande. O índice de desconforto de Thom (IDT) foi obtido de acordo com a seguinte equação:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 UR)(T - 14,5) \quad (1)$$

em que T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%). O nível de desconforto térmico varia em função do valor do IDT de acordo com a Tabela 3.5 (Silva et al., 2006).

Tabela 3.5. Faixas de conforto térmico em função do Índice de Desconforto de Thom (IDT)

<b>Faixa de desconforto térmico</b>	<b>IDT (°C)</b>
Desconfortável	$IDT \leq 14,9$
Confortável	$15,0 \leq IDT \leq 19,9$
Conforto Parcial	$20,0 \leq IDT \leq 26,4$
Desconfortável	$IDT \geq 26,5$

### 3.4. Análise estatística

#### 3.4.1. Análise de variância

Análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificar se existiu diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, entre os valores dos índices de conforto térmico, nos horários e locais analisados utilizando-se os

dados de temperatura e umidade relativa do ar, obtidos nas duas campanhas experimentais com “transecto” móvel. Assim, foi possível identificar as áreas da cidade de Campina Grande e os períodos do dia mais apropriados à prática de atividades físicas.

### 3.4.2. Avaliação da tendência

O método de Mann-Kendall foi utilizado para verificar se as séries temporais de IDT, temperatura e umidade relativa do ar apresentam alguma tendência temporal estatisticamente significativa durante o período estudado (1965 a 2006). Este teste consiste em comparar cada valor da série temporal com os outros restantes, sempre em ordem seqüencial. A estatística S consiste na soma de todas as contagens, dado por:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} (x_i - x_j) \quad (2)$$

em que  $(x_i - x_j)$  é:

$$-1 \text{ para } (x_i - x_j) < 0$$

$$0 \text{ para } (x_i - x_j) = 0$$

$$1 \text{ para } (x_i - x_j) > 0$$

A estatística S tende para normalidade para valores grande de n, com média e variância dada por:

$$E[S] = 0, \quad (3)$$

$$Var(S) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right], \quad (4)$$

em que n é o tamanho da série temporal,  $t_p$  é o número de amarrações para o p-ésimo valor e q é o número de valores amarrados, isto é, valores iguais. O segundo termo é um termo de

correção que contabiliza o número de valores iguais na série. O teste estatístico normalizado  $Z$  é dado por:

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{Se, } S > 0, \\ 0 & \text{Se, } S = 0, \\ \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{Se, } S < 0. \end{cases} \quad (5)$$

A avaliação da tendência (crescente ou decrescente) é feita através do valor de  $S$ . Enquanto  $Z$  indica se a tendência da série é estatisticamente significativa ao nível de 1% ou 5% de probabilidade.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Tendência temporal**

As Figuras 4.1, 4.2 e 4.3 exibem as tendências da temperatura média do ar, umidade relativa do ar e do Índice de Desconforto de Thom (IDT), respectivamente, na cidade de Campina Grande durante um período de 41 anos (1965 - 2005). Foi observada uma tendência crescente da temperatura média do ar com valores variando de 21,5°C (mínimo) em 1968, e máximo de 24,3°C em 1998 e a média de 22,9 °C para o período (Figura 4.1). A temperatura média do ar aumentou nesse período 1,5 °C, numa taxa de 0,037°C ao ano. Ao aplicar o teste estatístico de Mann-Kendall observou-se uma tendência crescente da temperatura média do ar da cidade de Campina Grande estatisticamente significativa ao nível de 1% de probabilidade. Inversamente, a umidade relativa do ar apresentou tendência decrescente a uma taxa de 0,175% por ano, totalizando uma redução de 7,2% no período estudado (Figura 4.2). Foi observado um valor mínimo de 70,72%, em 1993, um máximo de 84,3%, em 1971, e uma média de 78,3%. Essa tendência decrescente da umidade relativa do ar também foi estatisticamente significativa ao nível de 1% de probabilidade de acordo com o teste de Mann-Kendall. Portanto, o acréscimo da temperatura do ar foi acompanhado pelo decréscimo da umidade relativa durante o período em estudo. Resultados semelhantes foram obtidos por Correia (2000) e por Silva (2004) quando estudaram aspectos do clima de algumas cidades do Estado da Paraíba.

Na análise da tendência do Índice de Desconforto de Thom (IDT), percebeu-se acentuado aumento a uma taxa anual de 0,02 °C e um total de 0,83 °C no período estudado (Figura 4.3). Tal como para temperatura e umidade relativa do ar, a tendência do IDT foi estatisticamente significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste Mann-Kendall. O

valor mínimo foi de 21,3 °C em 1967, repetindo-se em 1976, o máximo ocorreu em 1998, 22,8 °C e a média de 21,9 °C no período.

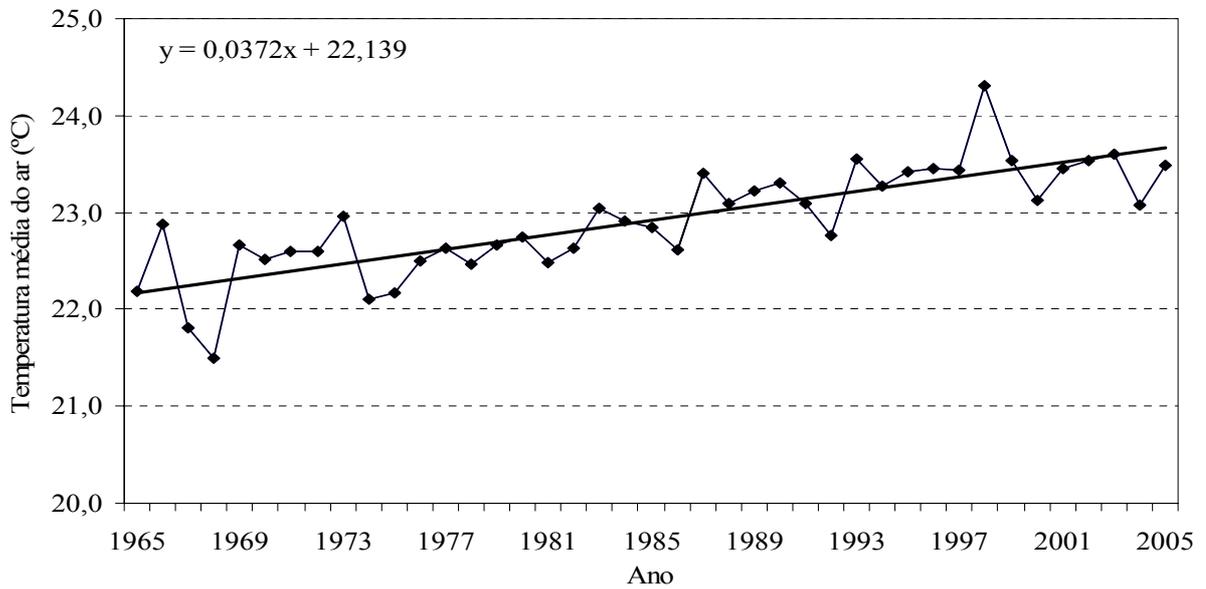


Figura 4.1. Tendência da temperatura média do ar na cidade de Campina Grande, no período de 1965 a 2005.

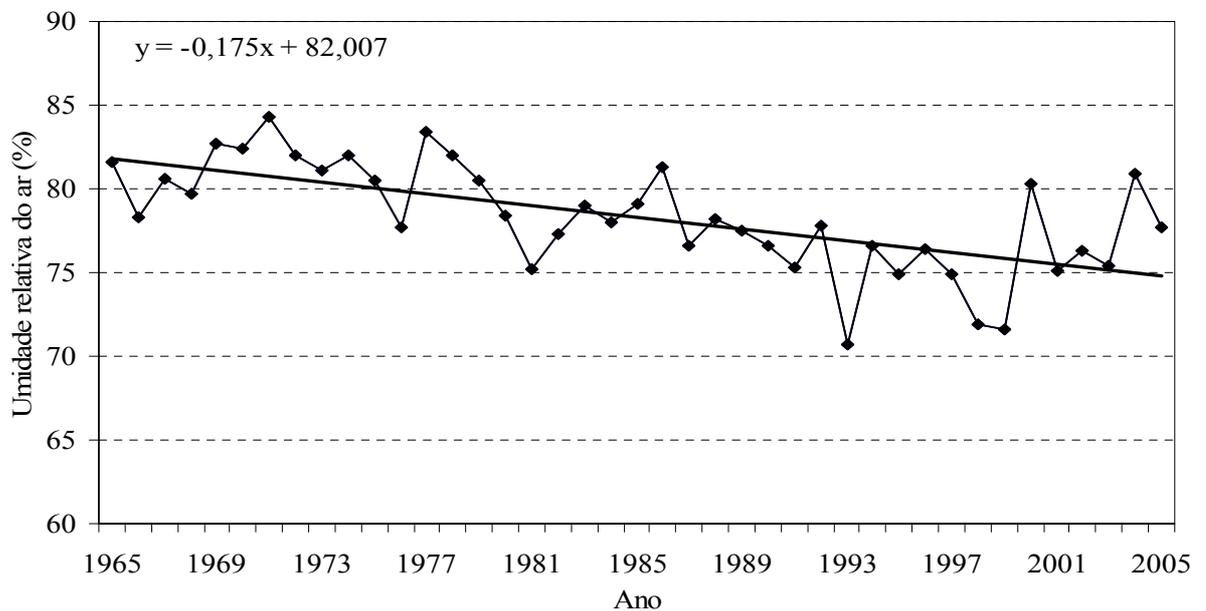


Figura 4.2. Tendência da umidade relativa do ar na cidade de Campina Grande, no período de 1965 a 2005.

Portanto, dentro do período estudado, os valores do IDT mantiveram-se dentro da faixa de conforto parcial; entretanto com acentuada tendência crescente. Esse resultado é coerente

com as tendências da temperatura e umidade relativa do ar. Sousa Júnior (2006) atribuiu o aumento da temperatura do ar e a redução da umidade relativa ao processo de expansão urbana na cidade de Campina Grande, que se intensificou a partir de 1986. A partir desse período, foram constatadas temperaturas mais elevadas em todos os meses em comparação ao período que precedeu o processo de urbanização intensa.

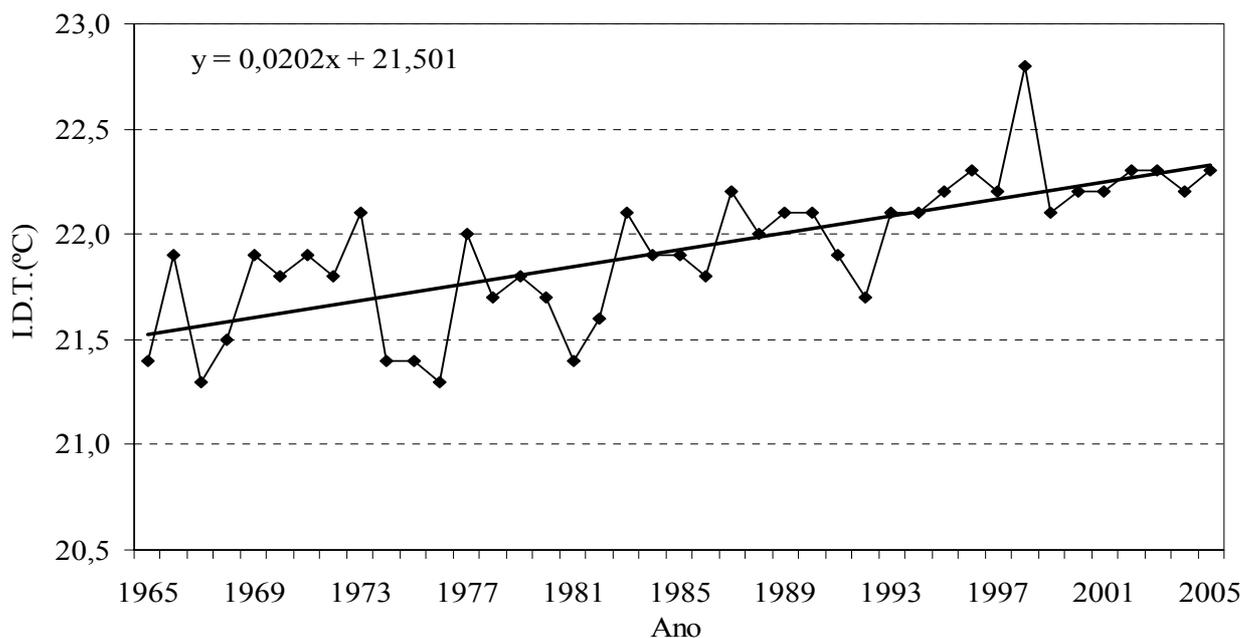


Figura 4.3. Curso temporal do IDT na cidade de Campina Grande, no período de 1965 a 2005

A relação entre o IDT e a temperatura e umidade relativa do ar são exibidos nas Figuras 4.4 e 4.5, respectivamente. Observa-se que o Índice de Thom é mais influenciado pela temperatura do ar do que pela umidade relativa. Tal relacionamento foi positivo com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de aproximadamente 0,83 (Figura 4.4) para a temperatura do ar e negativo para a umidade relativa com  $R^2$  em torno de 0,21 (Figura 4.5). Assim, à medida que a temperatura do ar aumenta no decorrer dos anos, o conforto térmico na cidade tende a assumir valores mais elevados e, conseqüentemente, fica mais próximo da faixa desconfortável. Resultados semelhantes foram obtidos por Fiori (2001) em estudos realizados

na cidade de São Paulo. Para minimizar os efeitos da radiação solar sobre o nível de conforto térmico, o autor sugeriu que no planejamento urbano deve ser levado em conta à alternativa do plantio de espécies arbóreas.

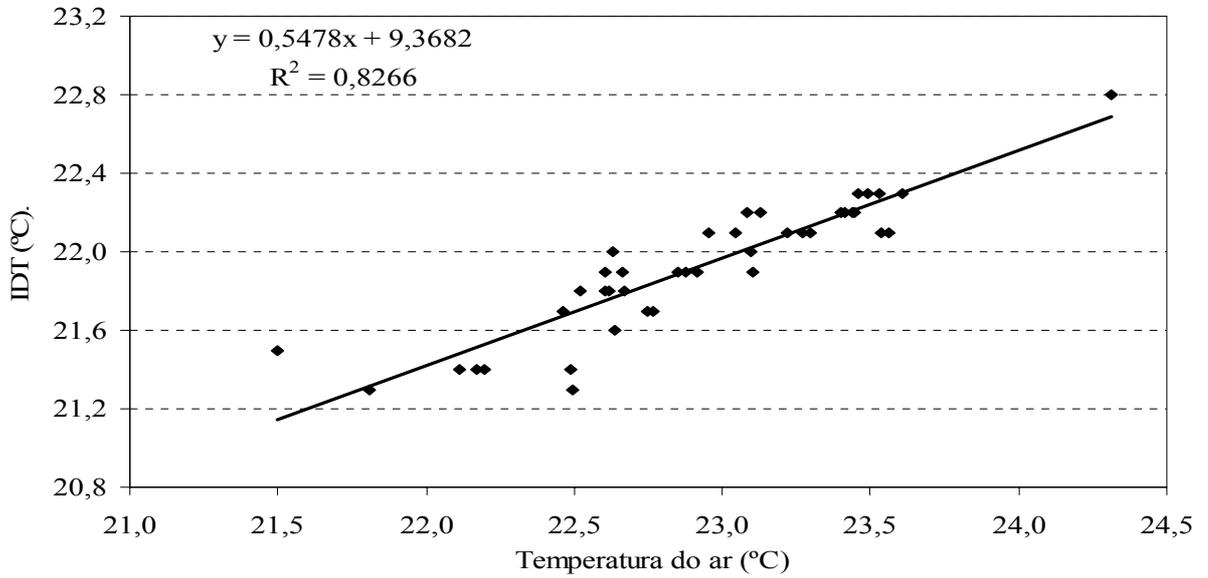


Figura 4.4. Relação entre o Índice de Desconforto de Thom e a temperatura do ar para o período de 1965 a 2005

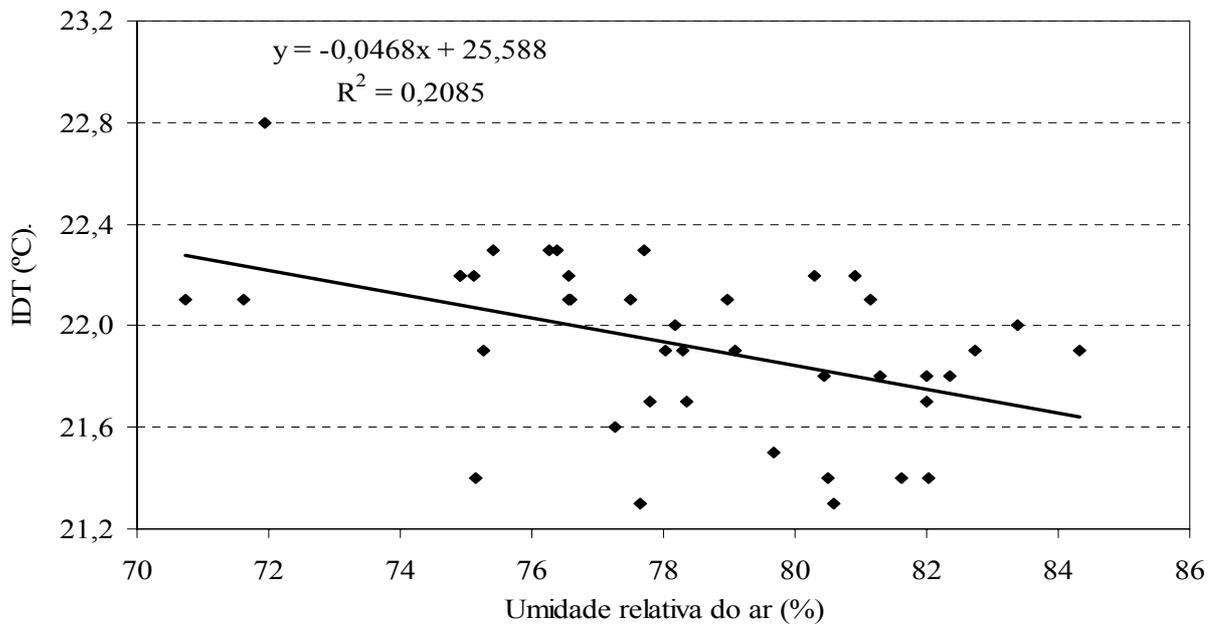


Figura 4.5. Relação entre o Índice de Desconforto Thom e a umidade relativa do ar para o período estudado.

## 4.2. Avaliação do nível de conforto térmico nos horários de observações

### 4.2.1. Parque da Criança

O Índice de Desconforto de Thom no Parque da Criança foi maior em 2005 do que em 2006 em todos os horários de observação, (Tabela 4.1). As diferenças entre as médias foram estatisticamente significantes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. A razão do IDT ser maior em 2005 está associada ao fato que o dia analisado refere-se ao período seco da região e, além disso, esse índice é bastante sensível às variações de temperatura. No período seco, o IDT foi parcialmente confortável, enquanto no período chuvoso esse índice foi confortável nos horários das 05h09 e 09h49min.

Tabela 4.1. Análise de variância do Índice de Desconforto Thom no local de observação Parque da Criança durante os períodos seco (2005) e chuvoso (2006)

Transectos	Horários	IDT (°C)	
		2005	2006
1	05h09min	20,8 eA	17,9 dB
2	06h50min	21,7 dA	19,9 cB
3	08h23min	23,1 cA	21,8 bB
4	09h49min	24,5 bA	23,4 aA
5	11h35min	25,1 aA	24,0 aB
6	13h21min	25,2 aA	23,5 aB
7	15h26min	24,8 abA	23,4 aB
8	17h13min	23,4 cA	21,5 bB

\* Médias seguidas por letras diferentes, minúsculo em coluna e maiúsculo em linha, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores de IDT nos horários de 11h35min, 13h21min e 15h26min foram 25,1 °C; 25,2 °C; e 24,8 °C, respectivamente; e não apresentaram diferença estatística significativa. O mesmo ocorreu nos horários 9h49min e 15h26min que tiveram os valores de IDT de 24,2 °C e 24,8°C,

respectivamente. Já para o dia úmido foi observado o mesmo comportamento na análise de variância do dia seco nos transectos ocorridos entre os horários de 10h00min e 16h00min, ou seja, os valores do IDT entre esses horários não foram estatisticamente diferentes. Não ocorreu diferença significativa do IDT nos horários de 08h48min e 17h50min. Os dois primeiros transectos desse dia apresentaram diferença significativa tanto entre eles quanto em relação aos demais transectos. Portanto, os resultados da análise de variância para o Parque da Criança indicam que o conforto térmico nesse local é igual no horário de meio dia a 15h00min, nos dois períodos de estudo (seco e chuvoso). Também se constatou que há certa simetria dos valores de IDT da manhã e da tarde, e que os máximos ocorreram nos horários entre o meio dia e 15h00min.

#### **4.2.2. Açude Velho**

Nesse ponto de observação, a análise de variância do IDT não apresentou resultados muito diferentes daqueles do Parque da Criança (Tabela 4.2). Os valores do IDT em 2005, como esperados, também foram maiores do que em 2006; entretanto, em todos os transectos, nos dois períodos de observação, os IDTs foram estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Nos horários de 11h50min e 13h55min, que correspondem aos transectos 5 e 6, não foi observada diferença significativa para nenhum dos dias estudados. Já os transectos 1, 2, 3, e 4 apresentaram diferença estatisticamente significante, tanto para os valores do período seco, quanto no período úmido. No período seco, os horários de 08h32min e 17h25min, que correspondem aos transectos 3 e 8, respectivamente, apresentaram valores de IDT estatisticamente iguais pelo teste de Tukey. Entretanto, no período úmido, verificou-se certa simetria nos valores de IDT, principalmente nos transectos 3 e 8; 4 e 7. Portanto, o conforto térmico no Açude Velho é o mesmo entre 8h00min e 9h00min e entre 17h00min e 18h00min para dias secos e entre os períodos diurnos: 9h00min -

10h00min e 16h00min - 18h30min para dias úmidos. No início da manhã, nos dois primeiros transectos, os valores do IDT foram estatisticamente diferentes do restante do dia em ambos os dias estudados. Na comparação dos valores médios de IDT entre os dois dias estudados foi observada diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey em todos os transectos.

Tabela 4.2. Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) no local de observação Açude Velho durante os períodos seco (2005) e chuvoso (2006).

Transectos	Horários	IDT (°C)	
		2005	2006
1	5h29min	20,9 fA	18,5 Eb
2	06h50min	21,7 eA	20,0 Db
3	08h32min	23,2 dA	21,8 cB
4	09h49min	24,1 cA	22,8 bB
5	11h50min	24,9 aA	23,8 aB
6	13h55min	25,0 aA	23,8 aB
7	15h43min	24,5 bA	22,9 bB
8	17h25min	23,3 dA	21,3 cB

\* Médias seguidas por letras diferentes, minúsculo em coluna e maiúsculo em linha, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

#### 4.2.3. Açude Novo

Nesse local de observação foi verificado que nos horários que correspondem aos transectos 5 e 6 em 2005 e 4, 5 e 6 em 2006 não houve diferença estatisticamente significativa nos valores médios do IDT (Tabela 4.3). Também no Açude Novo, os valores de IDT de 2005 foram maiores do que aqueles de 2006 e, já a diferença desses valores entre os períodos de observação, foram estatisticamente significativos. Esse resultado é semelhante a aqueles do Açude Velho, pois também não houve diferença entre os valores de IDT nos transectos 5 e 6 em ambos os períodos de observação. O início da manhã, nesse ponto de coleta de dados, os valores médios de IDT nos dois períodos foram estatisticamente diferentes. Já para o período

da tarde, nos transectos 7 e 8, foram observados valores médios de IDT similares com aqueles dos transectos 3 e 4, sem nenhuma significância estatística, nos dois períodos de observações. Quando se aplicou o teste estatístico de Tukey entre os valores médios de IDT para os dois anos em estudo, observou-se diferença estatística em todos os transectos, sendo o período chuvoso (2006) mais confortável do que do período seco. Entretanto, em ambos os períodos observacionais os valores de IDT ficaram dentro da faixa de parcialmente confortável, sendo o horário anterior às 6h00min totalmente confortável para a prática de atividades físico-aeróbicas.

Tabela 4.3. Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) no local de observação Açude Novo durante os períodos seco(2005) e chuvoso(2006)

Transectos	Horários	IDT (°C)	
		2005	2006
1	05h41min	21,0 eA	18,4 eB
2	07h06min	21,8 dA	20,2 dB
3	08h40min	23,4 cA	22,2 cB
4	10h07min	24,2 bA	23,2 abB
5	11h35min	25,0 aA	23,5 aB
6	14h05min	24,9 aA	23,7 aB
7	15h54min	24,4 bA	22,8 bB
8	17h36min	23,2 cA	22,0 cB

\* Médias seguidas por letras diferentes, minúsculo em coluna e maiúsculo em linha, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.2.4. Avenida Juscelino Kubitscheck

No início da manhã, no ponto de observação na Avenida Juscelino Kubitscheck, quando foram realizados os dois primeiros transectos do dia, os valores médios do IDT nos períodos seco e chuvoso apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, bem como entre os transectos do período matinal (Tabela 4.4). Nos horários entre as 10h00min e 16h00min não foi constatada diferença estatisticamente significativa

entre os valores do IDT. Nos transectos 3 e 7, em 2005, e 3, 4 e 6, em 2006, os valores do IDT também foram simétricos em face do ciclo diurno da temperatura do ar, sem nenhuma diferença estatisticamente significativa. No entanto, no dia úmido os transectos 7 e 8 apresentaram diferença significativa em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey quando comparados com os demais valores de IDT desse dia. Isso não ocorreu nos pontos de observação do Parque da Criança, Açude Velho, Açude Novo e Avenida Juscelino Kubitscheck. Quando foi aplicada a análise de variância entre as médias de IDT dos dois períodos de estudo (seco e chuvoso), constatou-se diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade em quase todos os transectos, com exceção apenas do 3º transecto de 2006 que foi praticamente igual ao 3º transecto de 2005.

Tabela 4.4. Análise de variância do Índice de Desconforto Thom (IDT) no local de observação Avenida Juscelino Kubitscheck durante os períodos seco(2005) e chuvoso(2006)

Transectos	Horários	IDT (°C)	
		2005	2006
1	05h56min	20,9 eA	18,2 eB
2	07h20min	22,0 dA	20,6 dB
3	08h55min	23,9 bcA	22,9 bA
4	10h24min	24,8 aA	23,4 abB
5	12h16min	25,0 aA	24,0 aB
6	14h21min	25,2 aA	23,5 abB
7	16h10min	24,5 abA	21,7 cB
8	17h52min	23,3 cA	22,1 cB

\* Médias seguidas por letras diferentes, minúsculo em coluna e maiúsculo em linha, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

#### 4.2.5. Ginásio esportivo “O Meninão”

A análise de variância do Índice de Thom na Avenida do Ginásio esportivo “O Meninão” durante os períodos seco e chuvoso, é exibida na Tabela 4.5. Os valores do IDT nos horários

entre 11h00min e 15h30min não foram estatisticamente diferentes; repetindo, assim, o mesmo comportamento nesse período do dia dos outros pontos de observação mencionados anteriormente para os dois dias de estudo. Entretanto, constatou-se certa irregularidade nos demais horários dos transectos de 2005 quando comparado com os outros pontos e também houve certa assimetria nos valores de 2006. Tal irregularidade pode ser vista na análise de variância do dia seco, pois tanto os transectos do início da manhã, quanto os do final da tarde, indicaram diferença estatisticamente significativa. Isso ocorreu também nos transectos do final da manhã e início da tarde. Percebeu-se, ainda, que todos os demais transectos apresentaram diferença significativa no dia seco. Por outro lado, o comportamento do dia chuvoso nesse ponto de observação foi um pouco diferente. Valores simétricos do IDT foram observados nos transectos 3 e 6, 3 e 8, bem como no 7 e 8, porém sem nenhuma diferença estatisticamente significativa.

Tabela 4.5. Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom no Ginásio esportivo “O Meninão” durante os períodos seco(2005) e chuvoso(2006)

Transectos	Horários	IDT (°C)	
		2005	2006
1	06h08min	21,3 gA	18,2 fB
2	07h34min	22,7 fA	21,0 eA
3	09h08min	24,3 dA	23,1 bcB
4	10h38min	24,7 bA	23,9 aB
5	12h28min	25,1 aA	24,1 aB
6	14h34min	25,1 aA	23,6 abB
7	16h24min	24,3 cA	21,7 dB
8	18h04min	22,9 eA	22,2 cdB

\* Médias seguidas por letras diferentes, minúsculo em coluna e maiúsculo em linha, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Os primeiros transectos da manhã, tal como nos demais locais de observação mencionados anteriormente, ocorreu diferença estatisticamente significantes entre os IDTs durante o

período úmido nessa localidade. No relacionamento entre os dois dias de estudo, apenas o transecto 2 não foi estatisticamente diferente (entre as 7h00min e 8h00min). Isso pode ser atribuído às pequenas variações de temperatura e umidade relativa do ar naquele dia e horário. Portanto, com base nesta análise pode-se afirmar que apenas dois horários são similares quanto ao conforto térmico, que ficam entre o meio-dia e às 15h00min. Os demais horários apresentam níveis de conforto diferentes, entretanto dentro da faixa de parcialmente confortável. Já para o dia úmido, no transecto 1 o IDT indicou a sensação de conforto e nos demais transectos a sensação térmica de parcialmente confortável.

#### **4.2.6. Canal de Bodocongó**

Nesse ponto de observação, a análise de variância entre os horários do dia apresentou resultados semelhantes aos outros locais discutidos anteriormente para os transectos que se realizaram por volta do meio-dia e 15h00min (Tabela 4.6). Assim, pode-se observar que, tanto para o dia seco como para o dia chuvoso, nos horários que correspondem aos transectos 4, 5 e 6, não foi observada diferença significativa nos valores médios do IDT. Em 2005, ao contrário de 2006, houve certa simetria nos valores médios do IDT antes e depois dos transectos do meio-dia. Foi constatado, ainda, que o IDT dos horários de 07h44min e 09h17min foi semelhante àqueles dos horários de 16h36min e 18h18min, não havendo assim diferença estatisticamente significativa entre esses valores. No entanto, o primeiro transecto apresentou-se diferente estatisticamente dos demais, mantendo-se assim, certa similaridade com os outros locais de observação; porém, em 2006 não houve essa semelhança. Foi verificado que, com exceção dos transectos do meio-dia, os valores do IDT apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Portanto, nessa localidade, durante o período úmido houve sensação conforto térmico apenas nas primeiras horas do dia; e no restante do período diurno a condição de parcialmente confortável. No período seco,

observou-se que alguns horários da manhã tiveram a mesma sensação de conforto que a do final da tarde.

Na análise de variância entre os dois dias estudados (seco e chuvoso), foi observado que o transecto 4, que ocorreu por volta das 11h00min, não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os períodos estudados. Portanto, nesse horário e local de observação o nível de conforto térmico é similar, embora seja esse transecto o que apresentou maior IDT em ambos os dias. Nos outros transectos ficou evidente que prática de atividades físico-aeróbicas nesse local de observação é mais confortável durante a estação chuvosa do que na estação seca, muito embora em ambos os períodos tenham prevalecido a condição de parcialmente confortável.

Tabela 4.6. Análise de Variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) no local de observação Canal de Bodocongó durante os períodos seco (2005) e chuvoso (2006)

Transectos	Horários	IDT (°C)	
		2005	2006
1	06h18min	21,3 dA	18,2 gB
2	07h44min	22,7 cA	21,1 fB
3	09h17min	24,3 bA	23,1 cB
4	10h48min	24,7 abA	23,9 abA
5	12h40min	25,1 aA	24,1 aB
6	14h45min	25,1 aA	23,6 bB
7	16h36min	24,3 bA	21,7 eB
8	18h18min	22,9 cA	22,2 dB

\* Médias seguidas por letras diferentes, minúsculo em coluna e maiúsculo em linha, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.2.7. Avenida da CPTRAN

A análise de variância do Índice de Thom para esse local de observação pode ser vista na Tabela 4.7. Observa-se a similaridade dos valores do IDT nos transectos realizados entre 11h00min e 13h40min nos dois dias de observação. Em 2005, pode-se constatar certa simetria

nos valores médios do IDT anteriores e posteriores aos transectos do meio-dia, muito embora a diferença entre eles tenha sido estatisticamente diferente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. No ano de 2005, os valores de IDT nos transectos 4, 5 e 6 não apresentaram diferença estatisticamente diferente; já no ano de 2006 apenas os transectos 4 e 5 não exibiram diferença significativa. A análise de variância mostrou que não houve diferença significativa entre os valores médios do IDT nos transectos 2 e 7, bem como entre 3° e 6° para o dia chuvoso em 2006.

Tabela 4.7. Análise de Variância do Índice de Desconfort de Thom (IDT) no local de observação CPTRAN durante os períodos seco (2005) e chuvoso (2006).

Transectos	Horários	IDT (°C)	
		2005	2006
1	06h32min	21,3 eA	19,3 eB
2	08h20min	22,8 cA	21,4 dB
3	09h31min	23,7 bA	23,1 bB
4	11h02min	24,7 aA	23,9 aB
5	12h56min	24,9 aA	24,1 aB
6	15h21min	24,9 aA	23,0 bB
7	16h52min	23,7 bA	21,5 dB
8	18h34min	22,4 dA	22,3 cA

\* Médias seguidas por letras diferentes, minúsculo em coluna e maiúsculo em linha, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação ao primeiro e último transecto desse dia, foi observada diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os valores do IDT. Os valores médios do IDT do ano de 2005 foram superiores aqueles de 2006, muito embora, em ambos os períodos, esses valores tenham se mantidos dentro da condição de parcialmente confortável, exceto nas primeiras horas da manhã no período chuvoso que demonstrou a condição de plenamente confortável.

A análise dos dados demonstra, ainda, que a sensação térmica nos pontos de prática de caminhada na cidade de Campina Grande é semelhante nos horários entre 11h00min e

15h00min em dias secos ou chuvosos. Nas primeiras horas da manhã, o conforto térmico é bem diferente dos demais horários do dia em todos os pontos, tanto para dias secos como para os dias chuvosos.

### **4.3. Avaliação do nível de conforto térmico entre os locais de observação**

#### **4.3.1. Primeiro transecto**

A Tabela 4.8 exibe os valores do IDT durante o primeiro transecto de 2005 e 2006 com o objetivo de se identificar o nível da sensação térmica quando se pratica alguma atividade física nas primeiras horas da manhã. No ano de 2005, o relacionamento entre os valores de IDT do Parque da Criança (P1) com aqueles dos demais pontos de observação apresentou diferença estatisticamente significativa com o Açude Novo (P3), O Meninão (P5), Canal de Bodocongó (P6) e a Avenida do CPTRAN (P7). Já no período chuvoso (2006), houve diferença entre os valores de IDT apenas com os pontos de observação O Meninão (P5) e Avenida do CPTRAN (P7). Nos dois períodos de observações, os valores dos IDT nos pontos de observações seguiram a seguinte ordem:  $P1 < P2 < P3 < P4 < P5 < P6 < P7$ . Portanto, nesse horário e em qualquer época do ano, o local mais confortável para prática de atividades físicas é o Parque da Criança. A razão disso está associada ao fato que o Parque da Criança, além de ser bastante arborizado, está localizado próximo a um razoável espelho d'água (Açude Velho), tornando o microclima absolutamente confortável nesse período do dia. Apesar da Avenida Juscelino Kubitschek se encontrar numa área com pouca arborização, nas primeiras horas da manhã a sensação térmica deste local é bem semelhante a do Parque da Criança devido o local está numa área pouco urbanizada e num plano mais alto. A diferença entre os valores de IDT do Parque da Criança e as demais localidades no primeiro transecto pode ser atribuída também à presença de obstáculos físicos. Por exemplo, o ponto

de observação no Açude Novo, apesar de também ser um ambiente arborizado, ele se localiza mais próximo do centro da cidade, rodeado de edifícios, o que impede a circulação normal de ar. Por outro lado, a Avenida do Meninão está numa área mais aberta e com altitude um pouco mais elevada, mas sem nenhuma arborização. Também houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de IDT com relação ao Canal de Bodocongó. Essa diferença também pode ser relacionada com os aspectos dos ambientes circundantes entre esses pontos de observação. Os valores de IDT da CPTRAN também foram diferentes em 2005, em face desse ponto de observação está localizado num bairro residencial, com bastante construções e pouca arborização.

No período chuvoso, em 2006, o primeiro transecto no Parque da Criança se iniciou por volta das 05h20min e terminou em torno de 06h40min na Avenida da CPTRAN. Nesse ano, apenas os pontos P5 (Meninão) e P7 (CPTRAN) apresentaram valores de IDT diferentes daqueles do ponto P1 (Parque da Criança). Já os valores de IDT no ponto P2 (Açude Novo) não foram estatisticamente significantes, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, daqueles dos outros pontos de observação. Entretanto, os IDTs do ponto P3 foram diferentes daqueles dos pontos P5, P6 e P7 nesse ano de observação. No local de observação da Av. Juscelino Kubitscheck, notou-se diferença estatisticamente significativa apenas com os valores de IDT do Ginásio “O Meninão” e da CPTRAN. Por outro lado, os valores de IDT do Ginásio “O Meninão” foram diferentes daqueles observados no Parque da Criança, Açude Novo, Av. Juscelino Kubitscheck e Canal de Bodocongó. As causas dessas diferenças entre os valores de IDT são atribuídas, tal como no ano de 2005, à irregularidade das superfícies dos locais de observação, a presença de espelhos de água e/ou de arborização.

Tabela 4.8. Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) entre os locais de observação durante o primeiro transecto.

Primeiro transecto de 2005													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
20,8a	20,8a	20,8a	20,9a	20,6b	21,0a	20,8a	20,9a	20,8b	21,0a	20,8b	21,3a	20,8b	21,3a
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		20,9a	20,9a	20,9a	21,0a	20,9a	20,9a	20,9a	21,0a	20,9b	21,3a	20,9b	21,3a
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				21,0a	21,0a	21,0a	20,9a	21,0a	21,0a	21,0b	21,3a	21,0a	21,3a
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						20,9a	20,9a	20,9a	21,0a	20,9b	21,3a	20,9b	21,3a
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								21,0a	21,0a	21,0b	21,3a	21,0a	21,3a
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										21,3a	21,3a	21,3a	21,3a
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												21,3a	21,3a
Primeiro transecto de 2006													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
17,9a	17,9a	17,9a	18,5a	17,9a	18,4a	17,9a	18,2a	17,9b	18,7a	17,9a	18,2a	17,9b	19,3a
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		18,5a	18,5a	18,5a	18,4a	18,5a	18,2a	18,2a	18,7a	18,5a	18,2a	18,5a	19,3a
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				18,4a	18,4a	18,4a	18,2a	18,4b	18,7a	18,4a	18,2b	18,4b	19,3a
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						18,2a	18,2a	18,2b	18,7a	18,2a	18,2a	18,2b	19,3a
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								18,7a	18,7a	18,7a	18,2b	18,7a	19,3a
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										18,2a	18,2a	18,2b	19,3a
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												19,3a	19,3a

\* P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 significam os sete pontos de observação espalhados pela cidade de Campina Grande.

### 4.3.2. Segundo transecto

A Análise de variância do IDT entre os locais de observação no 2º transecto durante os períodos seco (2005) e úmido (2006) é exibida na Tabela 4.9. Neste transecto foi possível constatar que no ano de 2005 os valores de IDT do Parque da Criança (P1) foi estatisticamente diferente ao nível de significância de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey daqueles dos pontos P4, P5 e P6. Os valores do IDT do ponto de observação P2 (Açude Velho) foram diferentes daqueles dos pontos P4, P5, P6 e P7. No ano de 2006, o ponto de observação P4 (Juscelino Kubitschek) apresentou valores de IDT estatisticamente diferentes daqueles observados em todos os pontos, exceto no P5 (Ginásio “O Meninão”). A

razão disso é a semelhança urbanística entre as áreas analisadas. Os IDTs do Canal de Bodocongó exibiu diferença estatisticamente significativa com àqueles da CPTRAN; que por sua vez somente não apresentou diferença considerável sob o ponto de vista estatístico com o Ginásio “O Meninão”. Também nos dois períodos de observações, os valores dos IDT seguiram a seguinte ordem: P1<P2<P3<P4<P5<P6<P7. Isso pode ser associado não apenas ao nível de conforto de cada ponto, mas também ao atraso das medições, que não foram realizadas simultaneamente.

Tabela 4.9. Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom entre os locais de observação para o 2º transecto.

Segundo transecto de 2005													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
21,7a	21,7a	21,7a	21,7a	21,7a	21,9a	21,7b	22,0a	21,7b	22,1a	21,7b	22,7a	21,7a	21,3b
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		21,7a	21,7a	21,7a	21,9a	21,7b	22,0a	21,7b	22,1a	21,7b	22,7a	21,7b	22,8 <sup>a</sup>
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				21,9a	21,9a	21,9a	22,0a	21,9b	22,1a	21,9b	22,7a	21,9b	22,9 <sup>a</sup>
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						22,0a	22,0a	22,0b	22,1a	22,0b	22,7a	22,0b	22,8 <sup>a</sup>
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								22,1a	22,1a	22,1b	22,7a	22,1b	22,8 <sup>a</sup>
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										22,7a	22,7a	22,7a	22,8 <sup>a</sup>
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												22,8a	22,8 <sup>a</sup>
Segundo transecto de 2006													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
19,9a	19,9a	19,9a	20,0a	19,9a	20,2a	19,9b	20,6a	19,9a	20,9a	19,9b	21,0a	19,9b	21,4 <sup>a</sup>
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		20,0a	20,0a	20,0a	20,2a	20,0b	20,6a	20,0a	20,9a	20,0b	21,0a	20,0b	21,4 <sup>a</sup>
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				20,2a	20,2a	20,2b	20,6a	20,2a	20,9a	20,2b	21,0a	20,2b	21,4 <sup>a</sup>
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						20,6a	20,6a	20,6a	20,9a	20,6b	21,0a	20,6b	21,4 <sup>a</sup>
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								20,9a	20,9a	20,9a	21,0a	20,9a	21,4 <sup>a</sup>
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										21,0a	21,0a	21,0b	21,4 <sup>a</sup>
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												21,4a	21,4 <sup>a</sup>

\* P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P8 significam os sete pontos de observação espalhados pela cidade de Campina Grande.

### 4.3.3. Terceiro transecto

A análise de variância dos valores de IDT desse transecto é exibida na Tabela 4.10. O Parque da Criança apresentou diferença estatística com três dos pontos observados: O Meninão, Canal

de Bodocongó e CPTRAN nos anos de 2005 e 2006. Os valores do IDT do Açude Velho, nos dois períodos de observação, também foram estatisticamente diferentes nos pontos de observações P5, P6 e P7. Ao contrário do primeiro e do segundo transecto, todos os valores de IDT foram parcialmente confortável, inclusive no período úmido. O maior valor do IDT (24,3 °C) nesse transecto foi encontrado no ponto P6 (Canal de Bodocongó) no período seco de 2005.

Tabela 4.10. Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) entre os locais de observação para o 3º transecto.

Terceiro transecto de 2005													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
23,1a	23,1a	23,1a	23,2a	23,1a	23,4 <sup>a</sup>	23,1a	23,9a	23,1b	23,9a	23,1b	24,3a	23,1b	23,7 <sup>a</sup>
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		23,2a	23,2a	23,2a	23,3 <sup>a</sup>	23,2a	23,9a	23,2b	23,9a	23,2b	24,3a	23,2b	23,7 <sup>a</sup>
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				23,4a	23,4 <sup>a</sup>	23,4a	23,9a	23,4b	23,9a	23,4b	24,3a	23,4a	23,7 <sup>a</sup>
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						23,9a	23,9a	23,9a	23,9a	23,9a	24,3a	23,9a	23,7 <sup>a</sup>
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								23,9a	23,9a	23,9b	24,1a	23,9a	23,7 <sup>a</sup>
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										24,3a	24,3a	24,3a	23,7b
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												23,7a	23,7 <sup>a</sup>
Terceiro transecto de 2006													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
21,8a	21,8a	21,8a	21,8a	21,8a	22,2a	21,8a	22,2a	21,8b	22,9a	21,8b	23,1a	21,8b	23,1 <sup>a</sup>
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		21,8a	21,8a	21,8a	22,2a	21,8a	22,9a	21,8b	22,9a	21,8b	23,1a	21,8b	23,1 <sup>a</sup>
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				22,2a	22,2a	22,2a	22,9a	22,2b	22,9a	22,2b	23,1a	22,2b	23,1 <sup>a</sup>
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						22,9a	22,9a	22,9a	22,9a	22,9a	23,1a	22,9a	23,1 <sup>a</sup>
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								22,9a	22,9a	22,9a	23,1a	22,9a	23,1a
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										23,1a	23,1a	23,1a	23,1a
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												23,1a	23,1a

\* P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 significam os sete pontos de observação espalhados pela cidade de Campina Grande.

#### 4.3.4. Quarto transecto

Nesse transecto os valores do IDT do Parque da Criança não foram diferentes estatisticamente daqueles dos demais pontos de observação em nenhum período estudado (Tabela 4.11). Já o

ponto P2 apresentou valores de IDT diferentes daqueles dos pontos P4 e P7 no ano de 2005. No ano de 2006, os IDTs desse ponto foram diferentes daqueles observados em P4, P5, P6 e P7. Todos os valores de IDT exibiram a condição de parcialmente confortável, nesse horário de observação, variando entre 24,8 °C, no período seco, e 22,8 °C, no período úmido. No ano de 2006, os IDTs nesse transecto foram menores no Açude Velho do que no Parque da Criança, apesar das medições terem sido realizadas posteriormente. Isso se deve, possivelmente, à presença do espelho de água e o aumento da velocidade do vento que colaboram para a redução de temperatura do ar.

Tabela 4.11. Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) entre os locais de observação para o 4º transecto.

Quarto transecto de 2005													
P1	P1	P1	P2	P1	P3	P1	P4	P1	P5	P1	P6	P1	P7
24,4a	24,4a	24,4a	24,1a	24,4a	24,1a	24,4a	24,8a	24,4a	24,5a	24,4a	24,7a	24,4 <sup>a</sup>	24,7a
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		24,1a	24,1a	24,1a	24,1a	24,1b	24,8a	24,1a	24,5a	24,1a	24,7a	24,1b	24,7a
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				24,1a	24,1a	24,1b	24,8a	24,1a	24,5a	24,1a	24,7a	24,1b	24,7a
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						24,8a	24,8a	24,8a	24,5a	24,8a	24,7a	24,8 <sup>a</sup>	24,7a
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								24,5a	24,5a	24,5a	24,7a	24,5a	24,9a
											<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
											24,7a	24,7a	24,7a
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												24,7a	24,7a
Quarto transecto de 2006													
P1	P1	P1	P2	P1	P3	P1	P4	P1	P5	P1	P6	P1	P7
23,4a	23,4a	23,4a	22,8a	23,4a	23,2a	23,4a	23,4a	23,4a	23,6a	23,4a	23,9a	23,4a	23,9a
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		22,8a	22,8a	22,8a	23,2a	22,8b	23,4a	22,8b	23,6a	22,8b	23,9a	22,8b	23,9a
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				23,2a	23,2a	23,2a	23,4a	23,2a	23,6a	23,2b	23,9a	23,2a	23,9a
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						23,4a	23,4a	23,4b	23,6a	23,4b	23,9a	23,4a	23,9a
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								23,6a	23,6a	23,6a	23,9a	23,6a	23,9a
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										23,9a	23,9a	23,9a	23,9a
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												23,9a	23,9a

\* P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 significam os sete pontos de observação espalhados pela cidade de Campina Grande

### 4.3.5. Quinto transecto

Os valores do IDT no ano de 2005 no quinto transecto não exibiram diferença estatisticamente significativa em nenhum ponto de observação (Tabela 4.12).

Tabela 4.12. Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) entre os locais de observação para o 5º transecto.

Quinto transecto de 2005													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
25,1a	25,1a	25,1a	24,9a	25,1a	25,0a	25,1a	25,0a	25,1a	24,9a	25,1a	25,1a	25,1a	24,9 <sup>a</sup>
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		24,9a	24,9a	24,9a	25,0a	24,9a	25,0a	24,9a	24,9a	24,9a	25,1a	24,9a	24,9 <sup>a</sup>
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				25,0a	25,0a	25,0a	25,0a	25,0a	24,9a	25,0a	25,0a	25,0a	24,9 <sup>a</sup>
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						25,0a	25,0a	25,0a	24,9a	25,0a	25,1a	25,0a	24,9 <sup>a</sup>
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								24,9a	24,9a	24,9a	25,1a	24,9a	24,9 <sup>a</sup>
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										25,1a	25,1a	25,1a	24,9 <sup>a</sup>
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												24,9a	24,9 <sup>a</sup>
Quinto transecto de 2006													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
24,0a	24,0a	24,0a	23,8b	24,0a	23,5b	24,0a	24,0a	24,0a	23,9a	24,0a	24,1a	24,0a	24,0a
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		23,8a	23,8a	23,8a	23,5b	23,8a	24,0a	23,8a	23,9a	23,8b	24,1a	23,8b	24,0a
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				23,5a	23,5a	23,5a	24,0a	23,5a	23,9a	23,5b	24,1a	23,5b	24,0a
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						24,0a	24,0a	24,0a	23,9a	24,0a	24,1a	24,0a	24,0a
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								23,9a	23,9a	24,0a	24,1a	23,9a	24,0a
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										24,1a	24,1a	24,1a	24,0a
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												24,0a	24,0a

\* P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 significam os sete pontos de observação espalhados pela cidade de Campina Grande.

Nesse transecto, a temperatura já começava atingir seus valores máximos do dia em todos os locais de observação (aproximadamente 30°C) e a umidade relativa começava atingir seus mínimos do dia (variando entre 35 e 42%). Nesse ano, os IDTs foram menores em P2 do que em P1. Entretanto, nenhum deles saiu da faixa de parcialmente confortável, apesar desse transecto ter sido realizado por volta de meio dia e meia.

Por outro lado, no ano de 2006 os valores de IDT no Parque da Criança foram estatisticamente diferentes daqueles observados no Açude Novo. Já os valores do P2 foram diferentes quando observados em P3, P6 e P7; e aqueles do P3 foram diferentes dos IDTs em P6 e P7. Ao contrário do ano de 2005, os valores do IDT no período úmido foram maiores em P1 do que em P2.

#### 4.3.6. Sexto transecto

A análise de variância dos valores de IDT do sexto transecto no ano de 2005 enfatizou que em nenhum ponto de observação foi detectada diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 4.13).

Tabela 4.13. Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) entre os locais de observação para o 6º transecto.

Sexto transecto de 2005													
P1	P1	P1	P2	P1	P3	P1	P4	P1	P5	P1	P6	P1	P7
25,1a	25,1a	25,1a	25,0a	25,1a	24,9a	25,1a	25,2a	25,1a	25,1a	25,1a	25,1a	25,1a	24,9a
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		25,0a	25,0a	25,0a	24,9a	25,0a	25,2a	25,0a	25,1a	25,0a	25,1a	25,0a	24,9a
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				24,9a	24,9a	24,9a	25,2a	24,9a	25,1a	24,9a	25,1a	24,9a	24,9a
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						25,2a	25,2a	25,2a	25,1a	25,2a	25,1a	25,2a	24,9a
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								25,1a	25,1a	25,1a	25,1a	25,1a	24,9a
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										25,1a	25,1a	25,1a	24,9a
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												24,9a	24,9a

Sexto transecto de 2006													
P1	P1	P1	P2	P1	P3	P1	P4	P1	P5	P1	P6	P1	P7
23,5a	23,5a	23,5a	23,8a	23,5a	23,7 <sup>a</sup>	23,5a	23,5a	23,5a	23,5a	23,5a	23,6a	23,5a	23,0b
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		23,8a	23,8a	23,8a	23,7 <sup>a</sup>	23,8a	23,5a	23,8a	23,5a	23,8a	23,6a	23,8a	23,0b
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				23,7a	23,7 <sup>a</sup>	23,7a	23,5a	23,7a	23,5a	23,7a	23,6a	23,7a	23,0a
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						23,5a	23,5a	23,5a	23,5a	23,5a	23,6a	23,5a	23,0a
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								23,5a	23,5a	23,5a	23,6a	23,5a	23,0b
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										23,6a	23,6a	23,6a	23,0b
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												23,0a	23,0a

\* P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P8 significam os sete pontos de observação espalhados pela cidade de Campina Grande.

Esse transecto foi realizado entre as 14h00min e 15h00min, portanto durante o período diurno em que a temperatura média do ar estava alta e a umidade relativa era baixa. Resultado semelhante foi obtido no quinto transecto, quando as medições foram realizadas por volta do meio-dia. Em alguns pontos de observação (P1, P4, P5 e P6) durante esse transecto se observou valores de IDT superiores a 25,0 °C, logo relativamente próximo à faixa desconfortável. Portanto, é razoável concluir que durante o período de um dia tipicamente seco e no horário entre às 11h30min e 15h30min, a prática de atividades físico-aeróbica na cidade de Campina Grande, a sensação térmica se aproxima do nível de absolutamente desconfortável. Entretanto, no período úmido (2006) os valores de IDT mantiveram-se mais próximo da faixa parcialmente confortável, com valores máximos em torno de 23 °C. Nesse ano, os valores de IDT do P7 foram estatisticamente diferentes, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, quando comparados com aqueles observados nos pontos de observações P1, P2, P5 e P6.

#### **4.3.7. Sétimo transecto**

O sétimo transecto do dia começou aproximadamente às 15h30min e terminou por volta das 18h17min. Nesse período do dia a temperatura e a umidade relativa do ar, envolvidas no cálculo do Índice de desconforto de Thom, começam a diminuir e aumentar os seus valores, respectivamente. Os valores do IDT no ponto de observação P7, ano de 2005, foram estatisticamente diferentes daqueles observados nos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6, (Tabela 4.14). Os valores de IDT no Ginásio esportivo O Meninão foram diferentes daqueles do Parque da Criança e do CPTRAN. Por outro lado, o Canal de Bodocongó, mesmo além de ter sido diferente estatisticamente do Parque da Criança e do Açude Velho, apresentou diferença também com a CPTRAN. Neste caso, a Avenida da CPTRAN demonstrou-se diferente de todos os locais de observação. Isso pode ter ocorrido devido ao horário de início e final desse transecto, já que a CPTRAN era o último ponto de coleta de dados. O Parque da Criança (P1)

apresentou valores diferentes de IDT nos pontos P2, P3, P5, P6 e P7; enquanto o P2 foi também estatisticamente diferente do P6. Por outro lado, no ano de 2006 os valores de IDT nos pontos de observações P1, P2, P3 e P4 foram diferentes daqueles dos pontos P5, P6 e P7.

Tabela 4.14. Análise de variância do Índice de Desconforto de Thom (IDT) entre os locais de observação para o 7º transecto.

Sétimo transecto de 2005													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
24,8a	24,8a	24,8a	24,5b	24,8a	24,4b	24,8a	25,2a	24,8a	24,3b	24,8 <sup>a</sup>	24,2b	24,8a	23,7b
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		24,5a	24,5a	24,5a	24,4a	24,5a	24,4a	24,5a	24,3a	24,5 <sup>a</sup>	24,2b	24,5a	23,7b
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				24,4a	24,4a	24,4a	24,4a	24,4a	24,3a	24,4 <sup>a</sup>	24,2a	24,4a	23,7b
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						24,4a	24,4a	24,4a	24,3a	24,4 <sup>a</sup>	24,2a	24,2a	23,7b
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								24,3a	24,3a	24,3 <sup>a</sup>	24,2a	24,3a	23,7b
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										24,2 <sup>a</sup>	24,2a	24,2a	23,7b
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												23,7a	23,7a
Sétimo transecto de 2006													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
23,4a	23,4a	23,4a	22,9a	23,4a	22,8a	23,4a	21,7b	23,4a	21,7b	23,4a	21,7b	23,4a	21,5b
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		22,9a	22,9a	22,9a	22,8a	22,9a	21,7b	22,9a	21,7b	22,9a	21,7b	22,9a	21,5b
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				22,8a	22,8a	22,8a	21,7b	22,8a	21,7b	22,8a	21,7b	22,8a	21,5b
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						21,7a	21,7a	21,7a	21,7a	21,7a	21,7a	21,7a	21,5a
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								21,7a	21,7a	21,7a	21,7a	21,7a	21,5a
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										21,7a	21,7a	21,7a	21,5a
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												21,5a	21,5a

\* P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 significam os sete pontos de observação espalhados pela cidade de Campina Grande.

#### 4.3.8. Oitavo transecto

Esse transecto começou aproximadamente às 17h13min e terminou por volta das 18h30min.

No ano de 2005, os IDTs exibiu diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, entre os seguintes pontos de observação: Parque da Criança com Ginásio “O Meninão”, o Canal de Bodocongó e a CPTRAN; Açude Velho com apenas a CPTRAN; Açude Novo com Ginásio O Meninão, Canal de Bodocongó e a

CPTRAN; e Avenida Juscelino Kubitscheck com apenas a CPTRAN (Tabela 4.15). O último transecto do período chuvoso foi realizado entre 17h50min e 19h25min. O teste de Tukey indicou algumas diferenças entre os locais de observação nesse transecto. A primeira foi entre o Parque da Criança e o Canal de Bodocongó, a segunda foi também com o Parque da Criança e a CPTRAN. Também foi observada diferença quando comparado os valores de IDT do Açude Velho com aqueles do Açude Novo, Avenida Juscelino Kubitscheck, Ginásio esportivo “O Meninão” e a CPTRAN.

Tabela 4.15. Análise de variância do Índice de Desconforto Thom (IDT) entre os locais de observação para o 8º transecto.

Oitavo transecto de 2005													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
23,4a	23,4a	23,4a	23,3a	23,4a	23,2a	23,4a	23,1a	23,4a	22,9b	23,4a	22,9b	23,4a	22,4b
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		23,3a	23,3a	23,3a	23,2a	23,3a	23,1a	23,3a	22,9a	23,3a	22,9a	23,3a	22,4b
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				23,2a	23,2a	23,2a	23,1a	23,2a	22,9b	23,2a	22,9b	23,2a	22,4b
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						23,1a	23,1a	23,1a	22,9a	23,1a	22,9a	23,1a	22,4b
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								22,9a	22,9a	22,9a	22,9a	22,9a	22,4b
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										22,9a	22,9a	22,9a	22,4b
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												22,4a	22,4a
Oitavo transecto de 2006													
<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>	<b>P1</b>	<b>P6</b>	<b>P1</b>	<b>P7</b>
21,5a	21,5a	21,5a	21,3a	21,5a	22,0a	21,5a	22,1a	21,5a	22,2a	21,5b	22,2a	21,5b	22,3a
		<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P4</b>	<b>P2</b>	<b>P5</b>	<b>P2</b>	<b>P6</b>	<b>P2</b>	<b>P7</b>
		21,3a	21,3a	21,3b	22,0a	21,3b	22,1a	21,3b	22,1a	21,3a	22,6a	21,3b	22,3a
				<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P3</b>	<b>P5</b>	<b>P3</b>	<b>P6</b>	<b>P3</b>	<b>P7</b>
				22,0a	22,0a	22,0a	22,1a	22,0a	22,2a	22,0a	22,2a	22,0a	22,3a
						<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P4</b>	<b>P6</b>	<b>P4</b>	<b>P7</b>
						22,1a	22,1a	22,1a	22,2a	22,1a	22,6a	22,1a	22,3a
								<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P5</b>	<b>P7</b>
								22,2a	22,2a	22,2a	22,2a	22,2a	22,3a
										<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>
										22,2a	22,2a	22,2a	22,3a
												<b>P7</b>	<b>P7</b>
												22,3a	22,3a

\* P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 significam os sete pontos de observação espalhados pela cidade de Campina Grande.

Foi constatada neste transecto uma considerável diminuição da variabilidade dos valores médios de IDT entre os locais tanto para o dia seco quanto para o dia chuvoso. Portanto houve

uma tendência ao nível de conforto térmico ser idêntico nos locais em estudo à medida que se aproxima o anoitecer, principalmente no dia chuvoso. Também pôde-se constatar que o Parque da Criança foi o que apresentou maior IDT seguindo a seqüência P1>P2>P3>P4>P5>P6>P7 para o dia seco, no entanto isto não pôde ser verificado.

A análise de variância entre os locais de estudo indicou considerável variabilidade estatística dos valores do IDT entre os diferentes pontos e horários de observações. Essas diferenças podem ser atribuídas a diferentes fatores, tal como a composição arquitetônica do ambiente em estudo e seus arredores, a presença ou ausência de árvores ou lagos, a altitude do local, velocidade do vento, presença ou ausência de fluxo de veículos e transeuntes, horário de realização dos transectos e o período de realização do experimento (estação seca ou chuvosa). Em vista do que foi exposto anteriormente, pode-se concluir que, para um dia típico da estação seca, os locais de observação apresentaram diferença estatística predominantemente nas primeiras horas da manhã e no final da tarde, enquanto para o dia chuvoso a variabilidade da sensação térmica é mais irregular entre os locais. Isto reforça a hipótese de que nesses horários a sensação de conforto térmico é bem diferenciada de um local para outro, podendo inclusive um local de observação ser mais confortável do que outro.

#### **4.4. Análise de elementos atmosféricos e ilha de calor urbano**

##### **4.4.1. Temperatura do ar**

No dia 17 de novembro 2005, tanto na área urbana (Praça da Bandeira) quanto na área suburbana (estação experimental do DCA), a temperatura e a umidade relativa do ar apresentaram um comportamento típico de um dia do período seco da cidade de Campina Grande, e no dia 8 de agosto de 2006 essas variáveis demonstraram comportamento típico de um dia chuvoso. As Figuras 4.6 e 4.7 apresentam as variações da temperatura do ar, nos dois períodos de observações, nos ambientes: urbano e suburbano, respectivamente. No ambiente

urbano, a temperatura do ar apresentou o máximo de 30,4°C às 14h30min e mínimo de 20,5 °C às 4h00min no período seco (Figura 4.6) , logo essa variação foi absolutamente normal para um dia típico do verão na cidade de Campina Grande.

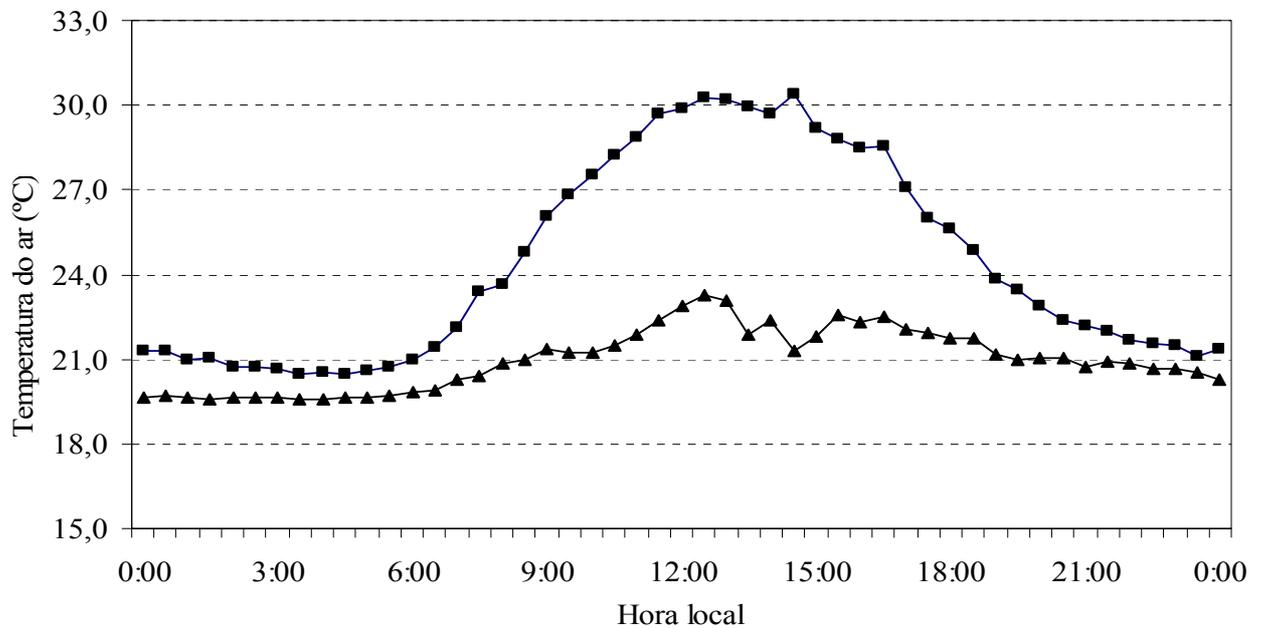


Figura 4.6. Temperatura do ar no período seco (2005) (■) e no período úmido (2006) (▲) no ambiente urbano (Praça da Bandeira) em Campina Grande.

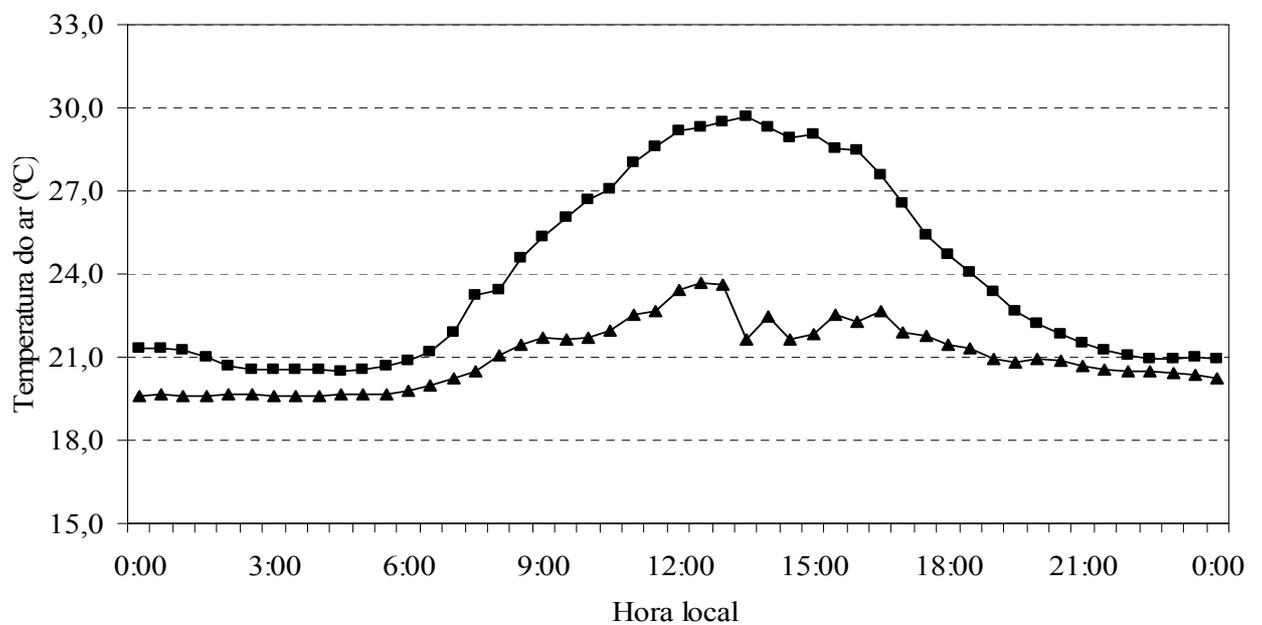


Figura 4.7. Temperatura do ar no período seco (2005) (■) e no período úmido (2006) (▲) no ambiente suburbano (estação experimental do DCA) em Campina Grande.

Já para o período úmido, a temperatura apresentou uma variação um pouco irregular com valores mínimos no ambiente urbano em torno de 19,6 °C, entre meia-noite e 05h00min, e máximo de 23,3 °C às 12h30min. Portanto, verificou-se que a temperatura do ar demonstrou diferença entre os dois dias analisados, o que caracteriza as estações de verão e inverno. No ambiente suburbano, a temperatura do ar registrou o máximo de 29,7 °C às 13h30min e mínimo de 20,5 °C às 04h30min no período seco, enquanto que para o período úmido ela alcançou mínimos em torno de 19,6 °C nas primeiras horas do dia e máximos em torno de 23,7 °C às 12h30min (Figura 4.7). Portanto, houve uma pequena diferença nas temperaturas do ar entre os ambientes urbano e suburbano no mesmo dia da estação seca em 2005.

#### **4.4.2. Umidade relativa do ar**

No ambiente urbano a umidade relativa do ar atingiu o valor máximo de 91,2% durante a madrugada, por volta de 04h30min, e um mínimo de 37,13%, à tarde por volta de 13h30min (Figura 4.8). Os valores máximo e mínimo desse elemento apresentaram similares no ambiente suburbano, com máximo de 91% às 04h30min e mínimo de 40,14% às 13h30min (Figura 4.9). Comparando os valores obtidos no período seco com aqueles do período úmido nos dois ambientes estudados, percebe-se que a umidade relativa no período úmido manteve-se praticamente invariável, enquanto no período seco as curvas atingem valores mínimos acentuados em torno do meio-dia, entre 11h00min e 16h00min.

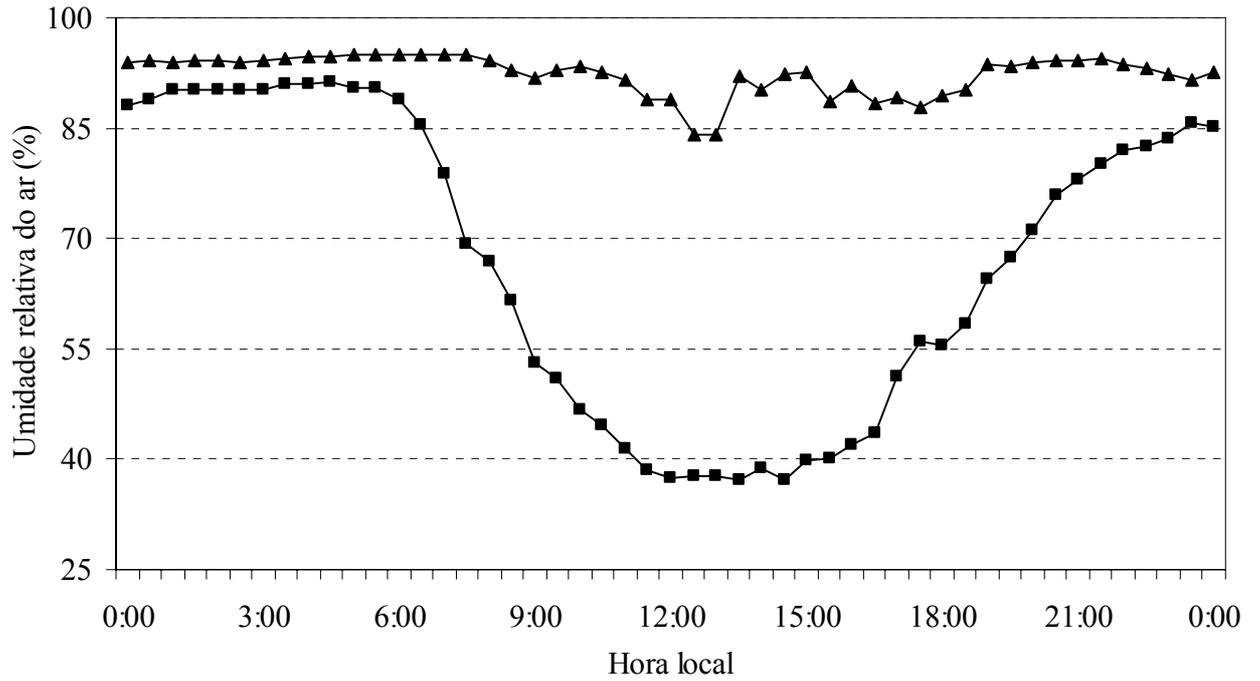


Figura 4.8. Umidade relativa do ar no período seco (2005) (■) e no período úmido (2006) (▲) no ambiente urbano (estação experimental do DCA) em Campina Grande.

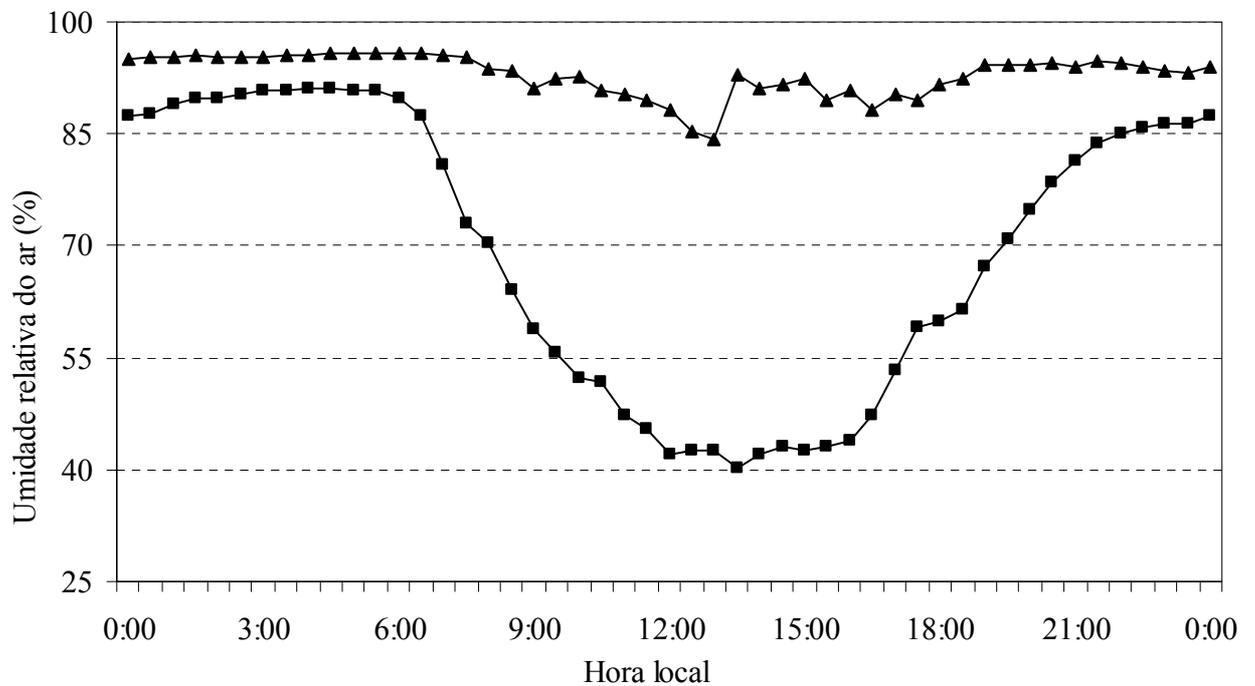


Figura 4.9. Umidade relativa do ar no período seco (2005) (■) e no período úmido (2006) (▲) no ambiente suburbano (estação experimental do DCA) em Campina Grande.

#### 4.4.3. Ilha de calor urbano

A presença de ilha de calor urbano na cidade de Campina Grande, em dia característico da estação seca, é evidenciada na Figura 4.10, com base na diferença de temperatura do ar entre os ambientes urbano e suburbano. A temperatura do ar na Praça da Bandeira se manteve mais alta do que a do campus da UFCG durante grande parte do período desse dia, só se igualando com a do ambiente suburbano durante o período que antecede o amanhecer.

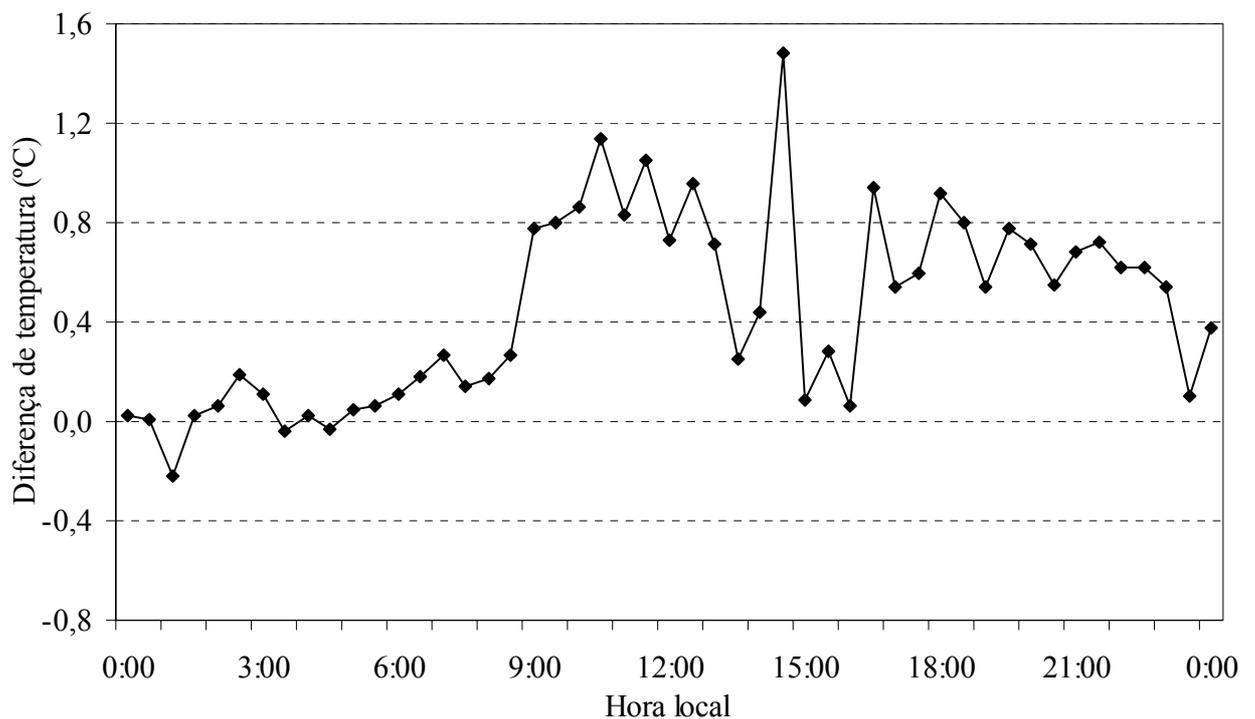


Figura 4.10. Ilha de calor na cidade de Campina Grande em período seco (17 de novembro de 2005).

Durante a noite, mais precisamente de 00h00min a 05h00min, percebeu-se que as temperaturas em ambos os locais foram praticamente iguais. No entanto, a partir das 06h00min há um comportamento crescente na diferença de temperatura entre os ambientes urbano e suburbano, com valor máximo às 14h30min de 1,5 °C. Imamura-Bornstein (1991), em estudo que objetivou detectar ilhas de calor urbano em Campina Grande, obteve resultados semelhantes, com valor máximo na diferença de temperatura entre as áreas urbana e rural de

1,8 °C. Pode-se atribuir à formação de ilha de calor urbano ao fato de que o ambiente urbano está localizada no centro comercial da cidade, e o seu entorno é constituído por ruas asfaltadas, edificações de concreto armado, grande fluxo de transeuntes no decorrer do dia e intenso tráfego de veículos. Oke (1972) afirma que a ilha de calor é nitidamente um resultado da modificação dos parâmetros da superfície e da atmosfera pela urbanização que, por sua vez, conduz a alterações no balanço de energia. Silva et al. (2006) constataram tal comportamento na cidade de Campina Grande.

No período úmido a diferença entre as temperaturas do ambiente urbano e suburbano foi diferente daquela observada no período seco. O curso diário da diferença de temperatura do ar apresenta comportamento inverso daquele do período seco (Figura 4.11). Isso implica que no decorrer do dia, a temperatura do ar no ambiente suburbano foi maior do que no ambiente urbano.

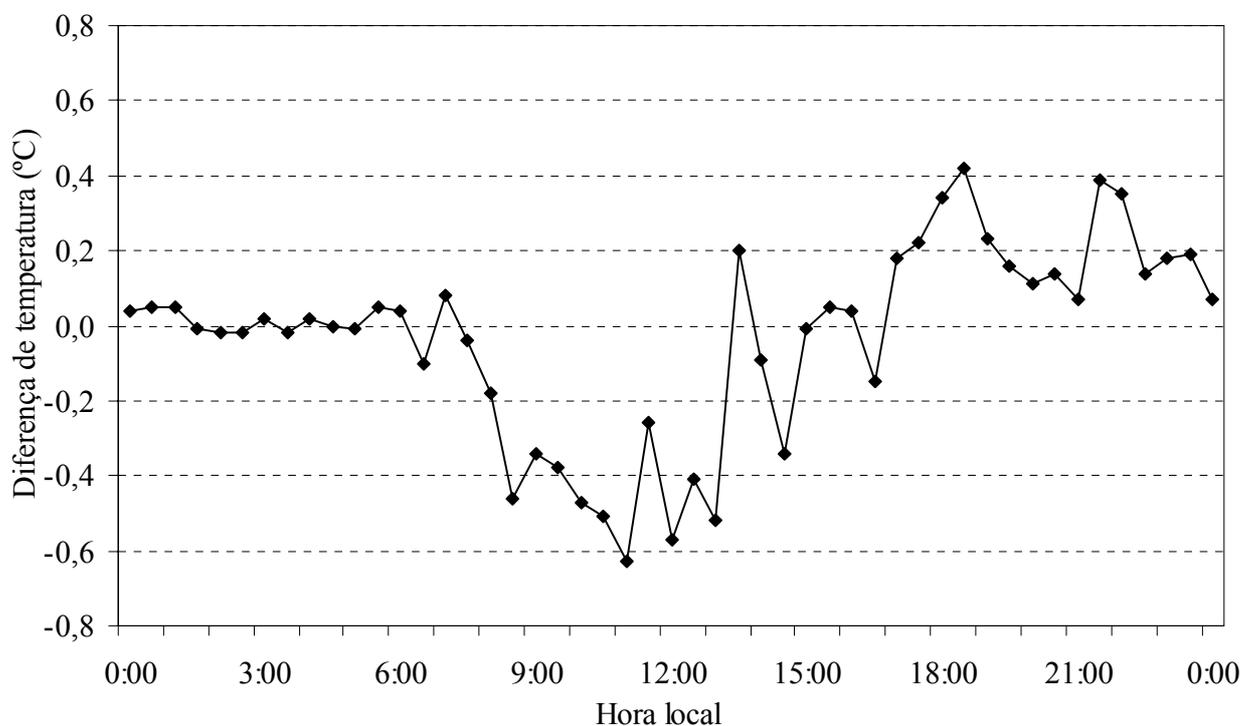


Figura 4.11. Ilha de calor na cidade de Campina Grande no período úmido (9 de agosto de 2006).

Uma possível explicação para isso seria o fato de que a umidade relativa no ambiente suburbano registrou valores mais elevados nesse dia do que no ambiente urbano. O fato da umidade relativa ter sido mais elevada no ambiente suburbano pode ser atribuído às características de cobertura do solo com vegetação e um lago no entorno da área de localização da estação automática. A umidade relativa atingiu valores máximos durante a madrugada, de 95%, e mínimos em torno das 12h30min. No período matinal ela atingiu 93,4% (às 10h00min) e a tarde atingiu valores em torno de 90%.

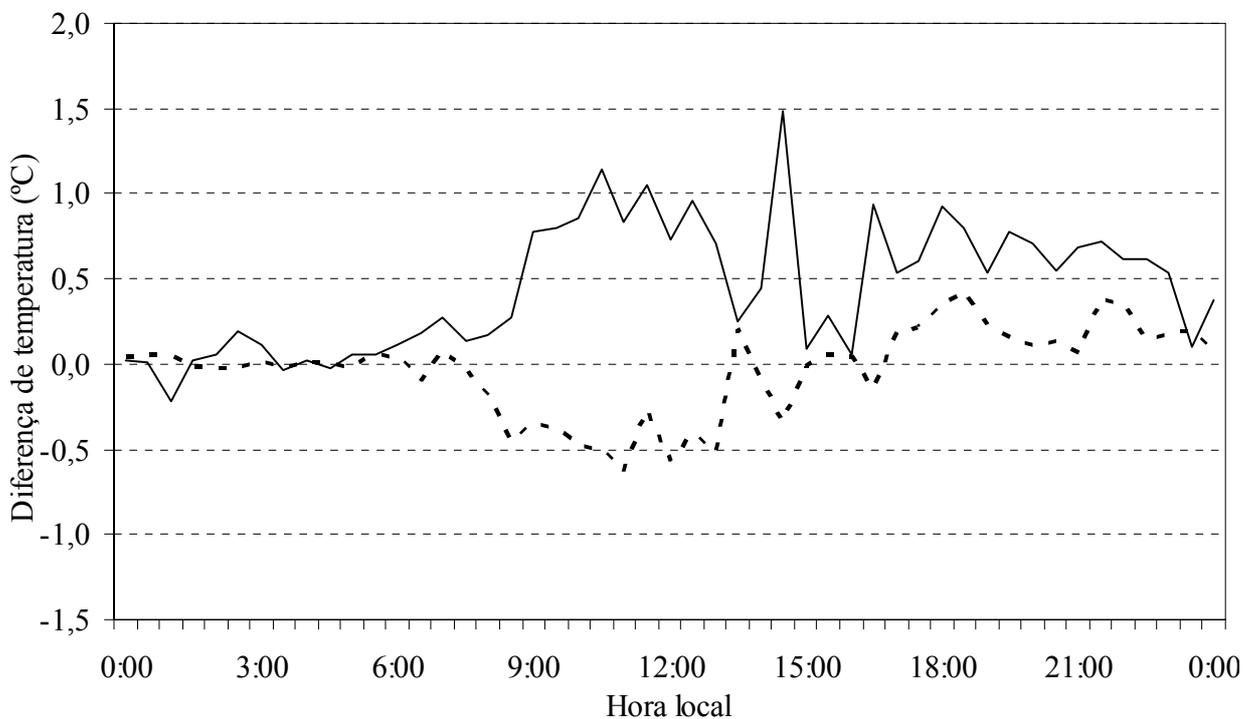


Figura 4.12. Comparação entre a ilha de calor urbano do período seco (linha contínua) e a ilha de calor urbano no período chuvoso (linha pontilhada).

Por outro lado, no ambiente suburbano a umidade relativa variou mais lentamente, às 7h30min foi 95,4%, em seguida baixando para 91,1% às 9h00min e, em seguida, decresceu até 84,2% às 13h00min. Atingiu máximos de 96% durante a madrugada e mínimos de 84,2% às 13h00min e seguiu à tarde com valores que variaram em torno 90%, atingindo o máximo novamente a noite (95%). A Figura 4.12 exibe a comparação entre as ilhas de calor urbano do

período seco (2005) e período úmido. Pode-se constatar claramente que a partir das 05h00min há uma inversão do comportamento das ilhas de calor até às 16h00min. A diferença de temperatura no dia chuvoso foi negativa enquanto que para o dia seco foi positiva durante todo o dia.

#### **4.5. Índice de Desconforto de Thom**

Os cursos diários do índice de desconforto de Thom (IDT) durante os períodos seco e chuvoso nos ambientes urbano e suburbanos são exibidos nas Figuras 4.13 e 4.14, respectivamente. No ambiente urbano durante o período seco, o IDT atingiu o mínimo de 20,2°C às 04h30min e máximo de 24,9 °C às 12h30min e às 14h30min e, em seguida, começou a decrescer até atingir o mínimo de 20,5 °C às 23h30min (Figura 4.13). Esse comportamento era esperado uma vez que o IDT é uma função da temperatura e umidade relativa. Portanto, no ambiente urbano o IDT apresentou-se dentro da faixa de parcialmente confortável com uma tendência a confortável durante a madrugada, a partir daí assumiu valores próximos de 20,0 °C e uma tendência para desconfortável às 10h30min, passando a assumir valores superiores a 25 °C em alguns horários. Por outro lado, durante o dia representativo do período úmido o IDT seguiu o mesmo curso da temperatura do ar. Durante a madrugada, manteve-se na faixa de confortável, embora muito próximo do limite superior desta faixa, atingindo 19,5 °C às 00h00min e permanecendo até 05h00min quando começou a aumentar assumindo 19,9 °C às 06h30min, passando para parcialmente confortável a partir das 07h00min quando assumiu 20,1 °C. Daí em diante permaneceu na faixa parcialmente confortável até às 00h00min. Os valores do IDT dos dois períodos analisados no ambiente urbano são muito diferentes, sendo aqueles do período seco bastante superior àqueles do período úmido, especialmente próximo ao meio-dia.

O valor mínimo do IDT no período seco foi de 20,2 °C, apenas em um horário da madrugada, enquanto no período chuvoso esse mínimo foi de 19,4 °C durante praticamente

toda a madrugada. Assim, no período chuvoso nas primeiras horas da madrugada os valores de IDT ficaram dentro da faixa confortável. Já no período seco foi parcialmente confortável. Percebeu-se que há uma tendência do IDT para tornar-se desconfortável a partir das 11h00min no período seco, onde assume valores acima de 23,0 °C. No entanto, nesse mesmo horário, no período úmido, o IDT não passou dos 22,5 °C ao meio-dia.

No ambiente suburbano a variação do IDT não foi muito diferente daquele observado no ambiente urbano. No período seco obteve-se um mínimo de 20,2 °C durante a madrugada que permaneceu até às 5h00min, quando começou a aumentar e atingiu seu máximo de 24,8 °C, às 13h00min. Em seguida começou a diminuir atingindo um mínimo novamente às 22h30min de 20,4 °C (Figura 4.14). Já no período chuvoso, os valores de IDT apresentaram comportamento semelhante daquele do ambiente urbano; entretanto, os valores foram bem diferentes dos observados durante o período seco. Os valores mínimos ocorreram no período compreendido entre meia-noite e 05h00min, em torno de 19 °C, quando começou a aumentar até atingir seu máximo do dia por volta do meio-dia. A partir desse horário iniciou-se novamente uma redução do IDT até atingir um mínimo de 20,0 °C por volta da meia-noite. Comparando os valores de IDT do período seco com aqueles observados no período úmido observa-se grandes discrepâncias. No período seco não foi registrado nenhum momento em que o IDT mostrasse uma condição de conforto térmico, ou seja, valores entre 15,0 e 19,9 °C. Nesse período o IDT apresentou tendência para desconforto quando ficou próximo de 25,0 °C; enquanto no período úmido, o máximo atingiu 23,0 °C, ficando bem no meio da faixa de conforto parcial. Portanto, os dias úmidos são bem mais confortáveis que os dias secos nos dois ambientes analisados.

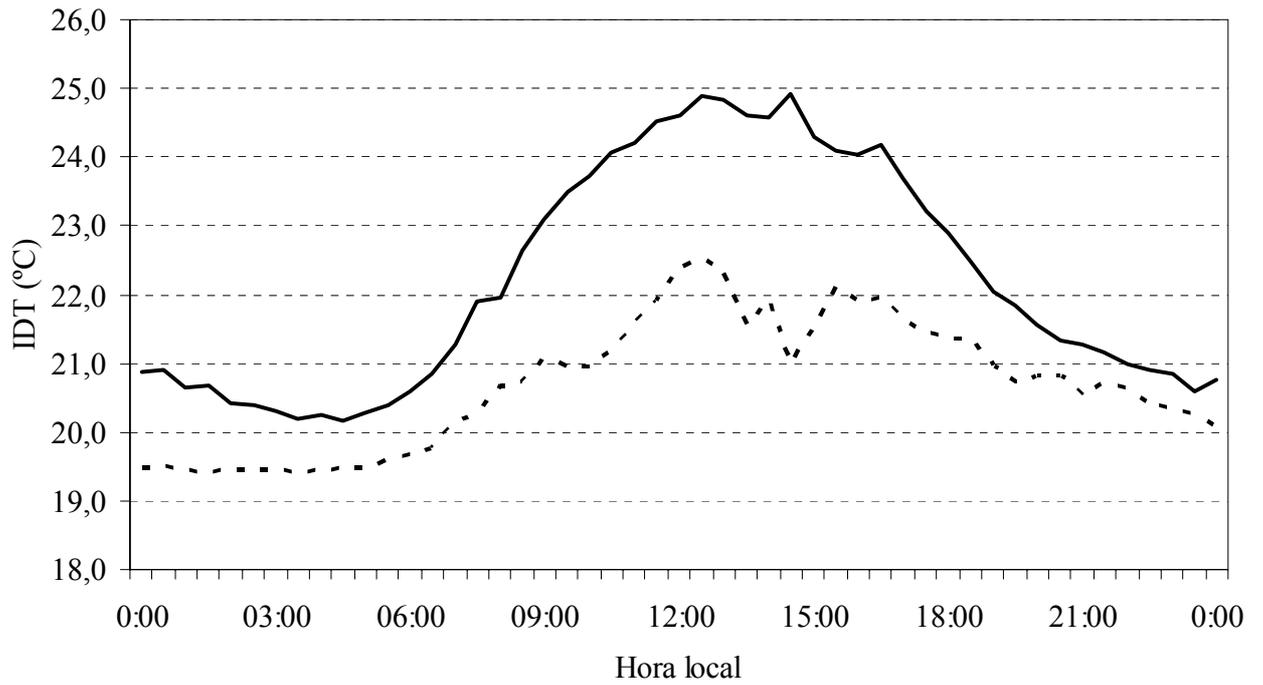


Figura 4.13. Índice de Desconforto de Thom (IDT) no período seco (linha contínua) e no período chuvoso (linha pontilhada) no ambiente urbano.

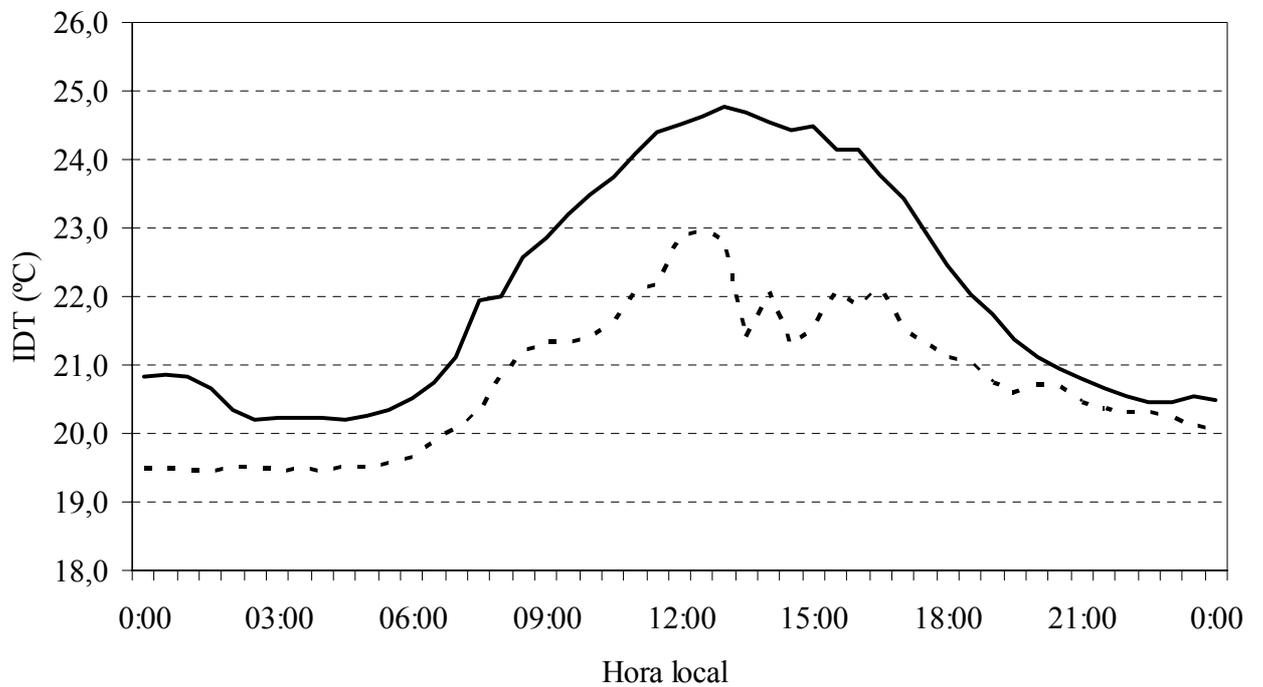


Figura 4.14. Índice de Desconforto de Thom (IDT) no período seco (linha contínua) e no período chuvoso (linha pontilhada) no ambiente suburbano.

Tabela 4.16. Índice de Desconforto de Thom (IDT), em (°C) para dias das estações seca e chuvosa nos sete locais estudados

<b>Parque da Criança</b>								
<b>Dia/horário</b>	<b>5:14</b>	<b>7:05</b>	<b>8:35</b>	<b>10:09</b>	<b>11:54</b>	<b>13:52</b>	<b>15:46</b>	<b>17:31</b>
Seco	20,8	21,7	23,1	24,4	25,1	25,1	24,8	23,4
Chuvoso	17,9	19,9	21,8	23,4	24,0	23,5	23,3	21,5
<b>Açude Velho</b>								
	<b>5:30</b>	<b>7:00</b>	<b>8:55</b>	<b>10:16</b>	<b>12:06</b>	<b>14:14</b>	<b>16:01</b>	<b>17:53</b>
Seco	20,9	21,7	23,2	24,1	24,9	25,0	24,5	23,3
Chuvoso	18,5	20,0	21,8	22,8	23,8	23,8	22,9	21,3
<b>Açude Novo</b>								
	<b>5:41</b>	<b>7:15</b>	<b>8:56</b>	<b>10:30</b>	<b>12:03</b>	<b>14:24</b>	<b>16:12</b>	<b>17:58</b>
Seco	21,0	21,9	23,4	24,1	25,0	24,9	24,4	23,2
Chuvoso	18,4	20,2	22,1	23,2	23,5	23,7	22,8	22,0
<b>Av. Juscelino Kubitschek</b>								
	<b>6:07</b>	<b>7:30</b>	<b>9:12</b>	<b>10:47</b>	<b>12:32</b>	<b>14:51</b>	<b>16:29</b>	<b>17:52</b>
Seco	20,9	22,0	23,9	24,8	25,0	25,2	24,4	23,1
Chuvoso	18,2	20,6	22,9	23,4	24,0	23,5	21,7	22,1
<b>O Meninão</b>								
	<b>6:10</b>	<b>7:43</b>	<b>9:26</b>	<b>11:02</b>	<b>12:46</b>	<b>14:55</b>	<b>16:43</b>	<b>18:04</b>
Seco	21,0	22,1	23,9	24,5	24,9	25,1	24,3	22,9
Chuvoso	18,7	20,9	22,9	23,6	23,9	23,5	21,7	22,2
<b>Av. Canal de Bodocongó</b>								
	<b>6:21</b>	<b>7:53</b>	<b>9:47</b>	<b>11:13</b>	<b>12:58</b>	<b>15:06</b>	<b>16:55</b>	<b>18:18</b>
Seco	21,3	22,7	24,3	24,7	25,1	25,1	24,2	22,9
Chuvoso	18,2	21,0	23,1	23,9	24,1	23,6	21,7	22,2
<b>Av. da CPTRAN</b>								
	<b>6:36</b>	<b>8:19</b>	<b>9:51</b>	<b>11:28</b>	<b>13:15</b>	<b>15:32</b>	<b>17:11</b>	<b>18:34</b>
Seco	21,3	22,8	23,7	24,7	24,9	24,9	23,7	22,4
Chuvoso	19,3	21,4	23,1	23,9	24,0	23,0	21,5	22,3

O IDT permaneceu próximo ao limite inferior da faixa de conforto parcial nos três primeiros transectos e nos dois últimos transectos do dia em todos os locais durante o período

úmido, (Tabela 4.16). No entanto, no período seco houve uma elevação dos valores desse índice. No Parque da Criança, os valores de IDT nos últimos transectos apresentaram-se dentro da segunda metade da faixa de conforto parcial. Isso ocorreu também nos demais locais observados. Portanto, na estação seca as atividades físicas são mais confortáveis pela manhã do que no período da tarde, enquanto que na estação chuvosa os IDTs indicam uma condição térmica mais confortável em todos os horários do dia. Em nenhum período ou horário, o IDT na cidade de Campina Grande exibiu valor dentro da faixa desconfortável, ou seja, IDT superior a 26,5 °C.

Nos Anexo I a VII constam as figuras que descrevem os cursos diurnos da temperatura, umidade relativa do ar e do índice de desconforto de Thom em cada local de observação do estudo. As amplitudes térmicas entre as linhas representativas dos dois períodos analisados aumentam a partir do meio-dia e diminuem no final da tarde. Essa redução foi bastante acentuada na Avenida Juscelino Kubitschek, Meninão e Canal de Bodocongó. Já a amplitude da umidade relativa do ar apresenta comportamento inverso, ou seja, a partir do meio-dia ela aumenta sistematicamente até o final da tarde. Por outro lado, o curso diurno do IDT segue comportamento similar ao da temperatura do ar; entretanto, a diferença entre as curvas representativas dos períodos seco e úmido é maior no início e final do período e maior em torno do meio-dia.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho indicam que o aumento da temperatura do ar e o decréscimo da umidade relativa influenciou o nível de conforto térmico na cidade, que, apesar de encontrar-se dentro da faixa de parcialmente confortável, apresenta tendência crescente para desconforto térmico a uma taxa anual de 0,02 °C. Nos últimos 41 anos, a temperatura média diária aumentou 1,5 °C, enquanto a umidade relativa decresceu 7,2% e o índice de desconforto de Thom aumentou 0,83 °C. Foi observada a presença de uma ilha de calor urbano no centro da cidade (Praça da Bandeira) em torno de 1,5 °C no período seco. Entretanto, tal fato não foi observado no período chuvoso, quando a temperatura da área suburbana foi maior do que no centro da cidade. O Índice de Desconforto de Thom revelou tendência para desconforto ao calor na Praça da Bandeira durante boa parte do dia seco, mantendo-se acima de 24,0 °C; já para o período úmido, foram observados valores bem menores. Em nenhum horário de observação o IDT atingiu a faixa de desconforto térmico, permanecendo dentro da faixa de conforto parcial ou confortável nas primeiras horas da manhã no período chuvoso. O nível do conforto térmico do período da manhã é mais apropriado à prática esportiva do que no período da tarde, antes da 17h13min, porque os valores do IDT são estatisticamente significantes menores, embora todo o período diurno mostrou-se parcialmente confortável. A análise de variância entre horários mostrou que nas primeiras horas da manhã, o conforto térmico é diferente estatisticamente dos demais horários do dia em todos os locais, tanto para dias secos quanto chuvosos. A realização de atividades físicas durante a manhã, antes das 11h00min, está sujeita à sensações térmicas semelhantes do final da tarde. A sensação térmica nos locais estudados é semelhante nos horários entre 11h00min e 15h00min nos períodos seco e úmido. No entanto, nas primeiras horas da manhã e no final da tarde a sensação térmica varia de local para local, sendo essa diferença bem mais intensa no período seco do ano.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa, M.A.; Krüger, E.L.; Danni-Oliveira, I.M. Efeitos da vegetação no entorno de áreas residenciais no microclima e a sua influência no conforto térmico no interior de moradias populares. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – 05 a 09 de setembro de 2005 – USP.
- Belo Filho, A.F. Sistema de Estimativa da Evapotranspiração – SEVAP. Campina Grande: UFCG, 66 p, 2003. Dissertação Mestrado em Meteorologia.
- Brandão, A.M.P.M. E Lucena, A.J.L. A Ilha térmica e sua influência no conforto humano na área central da cidade do Rio de Janeiro. In: Simpósio brasileiro de geografia física aplicada, 8, 1999, Belo Horizonte, UFMG, Anais, 1999.
- Burian, S.J.; Shepherd, J.M. Effect of urbanization on the diurnal rainfall pattern in Houston. *Hydrological Processes*, v.19, p.1089-1103, 2005.
- Chandler, T.J. *The Climate of London*. London Hutchison. University Library Publishers, 1965. 287 p.
- Correia, A.M.. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar e precipitação em três localidades do estado da Paraíba. Campina Grande. UFPB, 2000. 79p, Dissertação Mestrado.
- Demillo, R. Como funciona o clima. Tradução de Tulio Camargo da Silva. São Paulo: Quark Books. 226p, 1998.
- Deosthali, V.. Assessment of impact of urbanization on climate: an application of bio-climatic index. *Atmospheric Environment*, v.33, p.4125-4133, 1999.
- Fiori, A. M. Um método para medir a sombra. *Revista Fapesp Pesquisa*, n. 61, Jan/fev. de 2001. São Paulo: Fapesp, p. 26-29.
- Goldreich, Y. Urban climate studies in Israel – A review. *Atmospheric Environment*, v.29, p.467-478, 1995.

Gomes, M.A.S.; Amorim, M.C.C.T.. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente – São Paulo. *Caminhos de Geografia*, v.7, p.94-106, 2003.

Gulyás, Á.; Unger, J.; Matzarakis, A... Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modeling and measurements. *Building and Environment*, v.41, p.1713-1722, 2005.

Ichinose, T.; Shimodozono, K.; Hanaki, K.. Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo. *Atmospheric Environment*, v.33, p.3897-3909, 1999.

Imamura-Bornstein, I. R. Observational studies of urban heat island characteristics in different climate zones. Tsukuba, 1991. Tese Doutorado – Universidade de Tsukuba.

Krüger, E.L. ; Dumke, Eliane Muller Seraphim ; Michaloski, Ariel Orlei . Sensação de conforto térmico: respostas dos moradores da Vila Tecnológica de Curitiba. In: VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Pedro/SP. Anais do VI ENCAC (CD-ROM). Campinas/São Carlos/POA : UNICAMP/UFSCar/Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2001. v. 1. p. 1-7.

Kolokotroni, M.; Giannitsaris I.; Watkins R.. The effect of the London urban heat island on building summer cooling demand and night ventilation strategies. *Solar Energy*. v.80, p.383-392, 2004.

Maitelli, G. T., Chiletto, E.C., Almeida Junior, N.L., Chiletto, R.Intensidade da Ilha de Calor em Cuiabá, na Estação Chuvosa In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Meteorologia e Desenvolvimento Sustentado. Fortaleza/CE: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2004. v.1. p.1 - 13 (CD ROM)

Mascaro, L.R.. *Ambiência Urbana*. Rio Grande do Sul: Ed SAGRA-DC-LUZATTO, 1996.

Minaki, C.; Amorim, M.C.C.T. Características de temperatura e conforto térmico em Ambiente Urbano e Rural: Episódios de Verão. In: SEMANA DE GEOGRAFIA, 6, 2005, Presidente Prudente. Anais. Presidente Prudente: FCT - UNESP, p. 1-9, 2005.

Monteiro, C.A.F. O estudo geográfico do clima. Cadernos Geográficos/ Publicações do Departamento de Geografia CFH/UFSC. Florianópolis, Ano I, N.1, 72p, Maio-1999.

Monteiro, C.A.F.; Mendonça, F. Clima Urbano. São Paulo, 192p, Contexto. 2003.

Moraes, N.O.; Marton, E.; Pimentel, L.C.G. Simulações numéricas da formação de ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro. Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ, v.28 – 2, p.116-138, 2005.

Oke, T.R. Review of urban climatology: 1968-1973. Geneva: WMO, 1974 (Technical Note nº 134).

Pazera Júnior, E. A ilha de calor da cidade: fatores e atributos. Boletim Geográfico, ano 34, n. 249, IBGE, Rio de Janeiro, abril/junho, 1976.

Preste, A.C.A. Um estudo da relação entre precipitação, evaporação e advecção de umidade no nordeste brasileiro. Campina Grande: UFCG, 70p, 2001. Dissertação Mestrado em Meteorologia.

Sarrat, C.; Lemonsu A.; Masson, V.; Guedalia, D.. Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. Atmospheric Environment, v.40, p.1743-1758, 2005.

Silva, A.P.L.M. Mudanças Climáticas Urbanas. Campina Grande: UFCG, 125p, 1998. Dissertação Mestrado em Meteorologia.

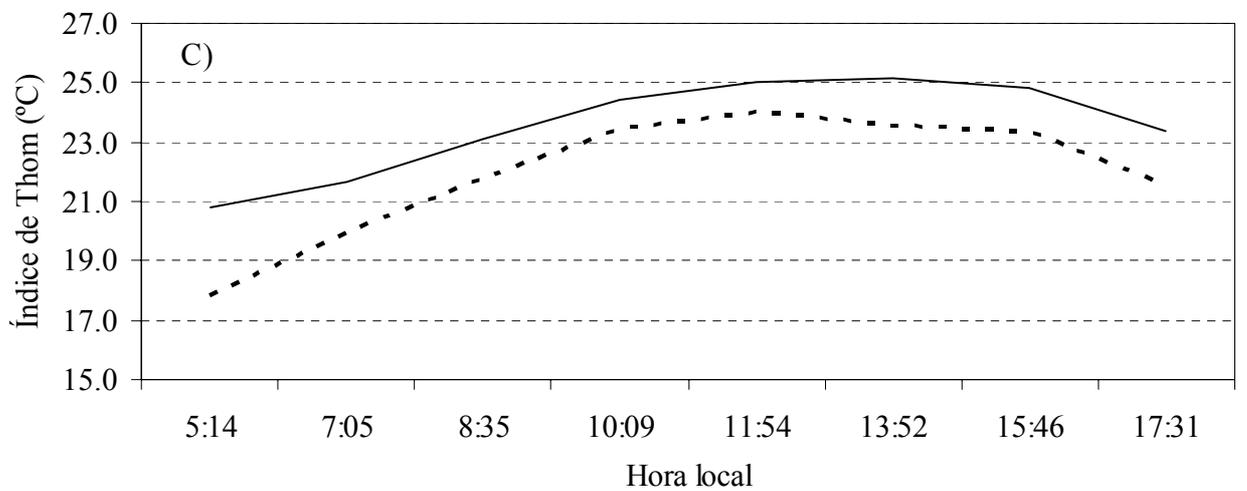
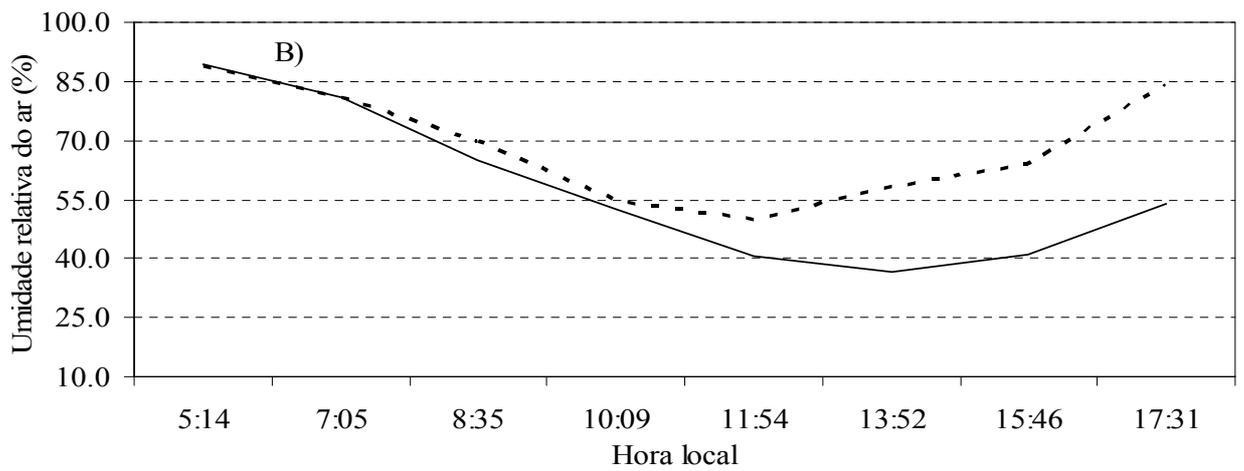
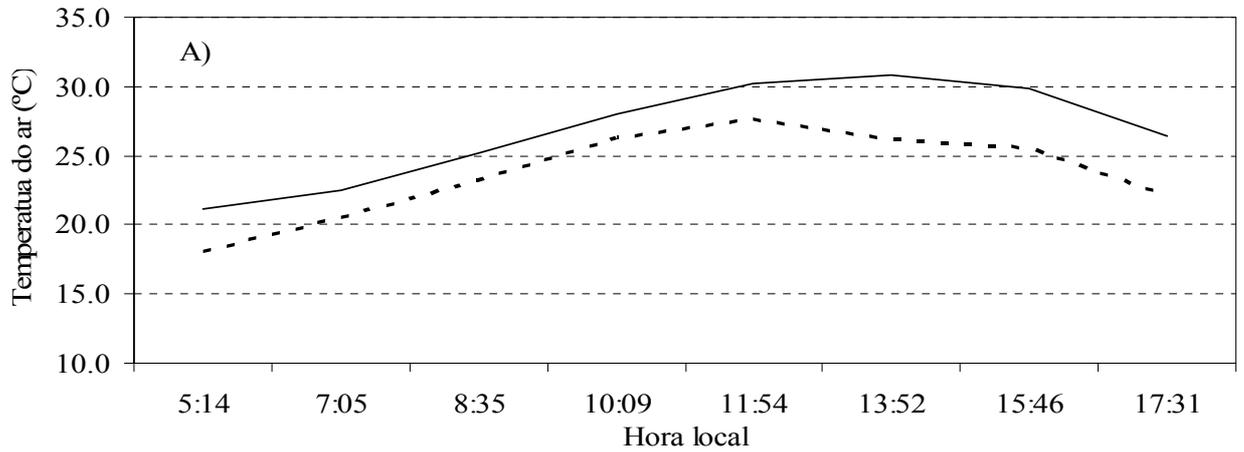
Silva, V.P.R.; Belo Filho, A.F.; Silva, B.B.; Campos, J.H.B.C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.4, p.547-553, 2005.

- Silva, V.P.R.; Azevedo, P.V.; Silva, B.B. Assessment of the human discomfort level and urban heat island using automatic weather station data. In: International Conference on Experiences With Automatic Wether Stations, 4, 2006, Lisboa. Anais... Lisboa: IMP, 2006, CD.
- Silva, V.P.R.. On climate variability in Northeast of Brazil. *Journal of Arid Environments*, Cambridge, v.58, n.1, p.575-596, 2004.
- Sousa, J.M. Avaliação da estimativa da evapotranspiração potencial via dados de satélite meteorológico em um modelo hidrológico aplicado às sub-bacias do nordeste do Brasil. Campina Grande: UFCG, 83p. 1999. Dissertação Mestrado em Meteorologia.
- Sousa Junior, I.F. A influência da urbanização na mudança climática da cidade de Campina Grande-PB. Campina Grande: UFCG, 92p, 2006. Dissertação Mestrado em Meteorologia.
- Stathopoulos, T.; Wu, H.; Zacharias, J. Outdoor human comfort in an urban climate. *Building and Environment*, v.39, p.297-305, 2003.
- Szokolay, S.V. Thermal Comfort and Passive Design. *Advances in Solar Energy. Annual Review of Research and Development*, v.2, 1985.
- Taha, H.. Urban climate and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*. v.25. p.99-103, 1997.
- Tarifa, J.R. E Azevedo, T.R. Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática. Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Coleção Novos Caminhos, 4. 2001.
- Teza, C.T.V.; Baptista, G.M.M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER *on demand*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,12, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005, p.3911-3918.
- Thom, E.C. The Discomfort Index. *Weatherwise* (V). 1959. 2:57-60.

Tzenkova, A.; Kandjov, I.; Ivancheva, J.. Some Biometeorological Aspects of Urban Climate in Sofia. Eurasap , 8p, 2005.

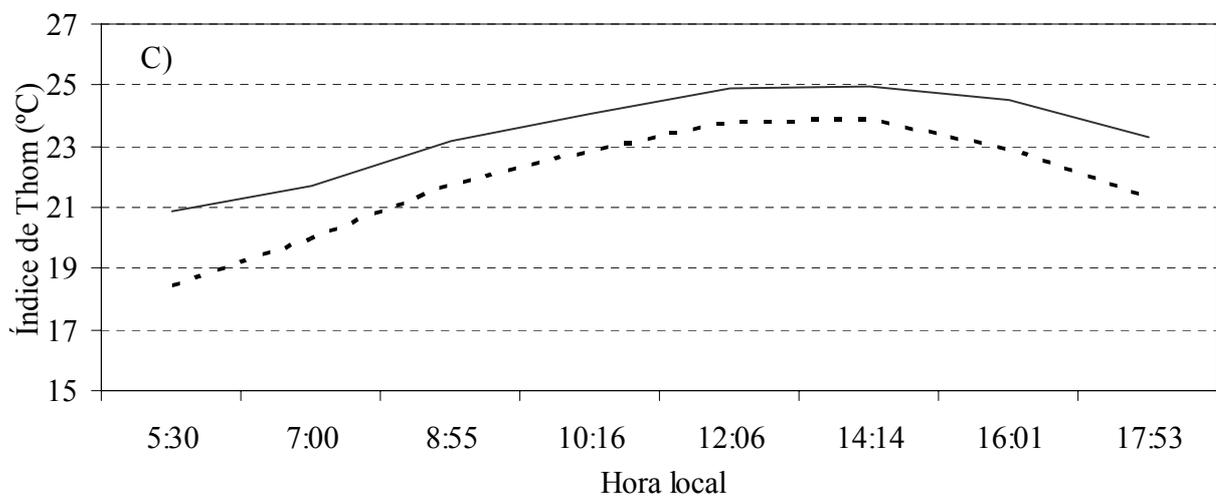
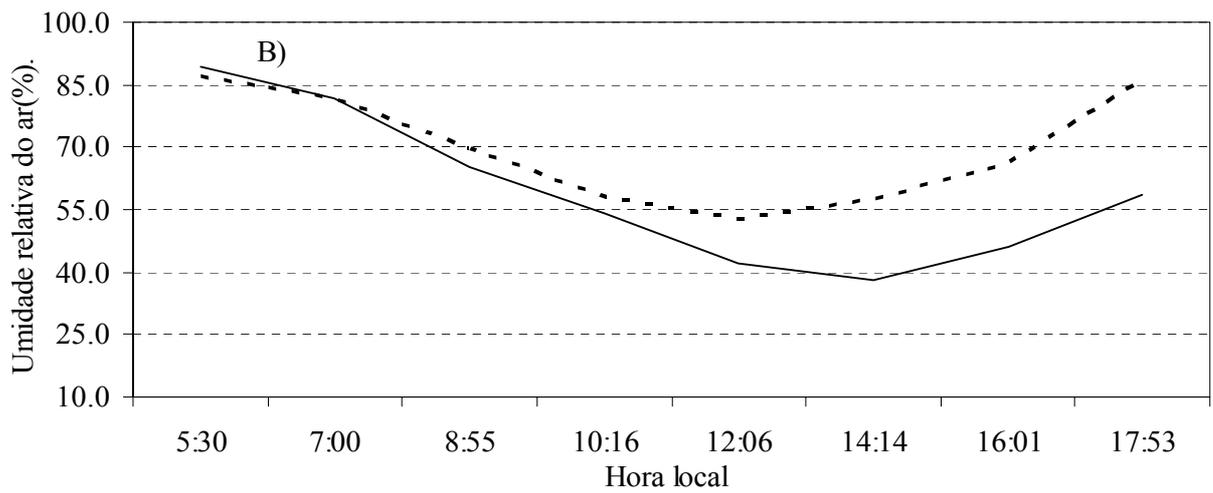
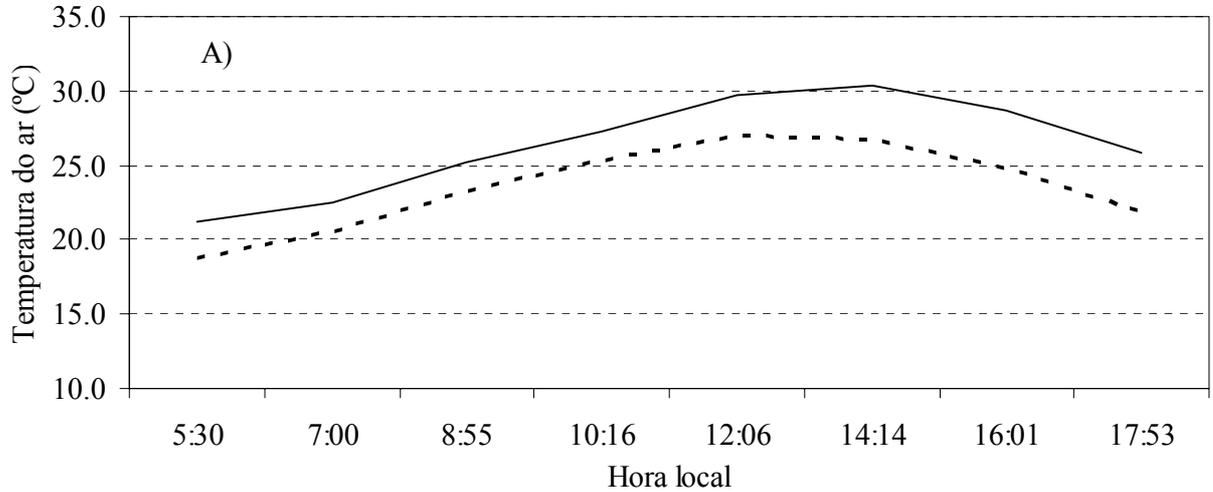
## Anexo I

Curso diurno da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B) e do Índice de Desconforto de Thom (IDT), em (°C) para o Parque da Criança no período seco, (linha contínua) e para o período úmido (linha pontilhada).



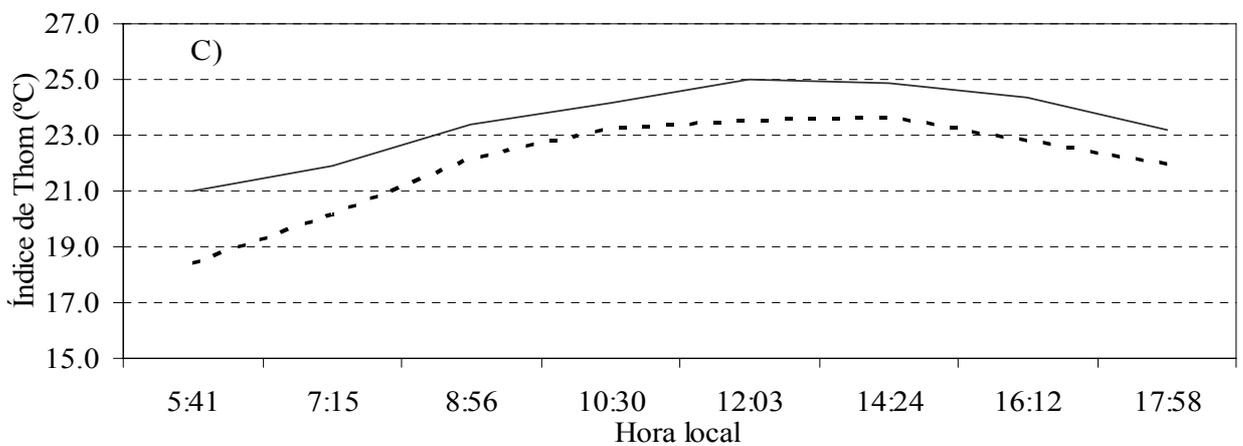
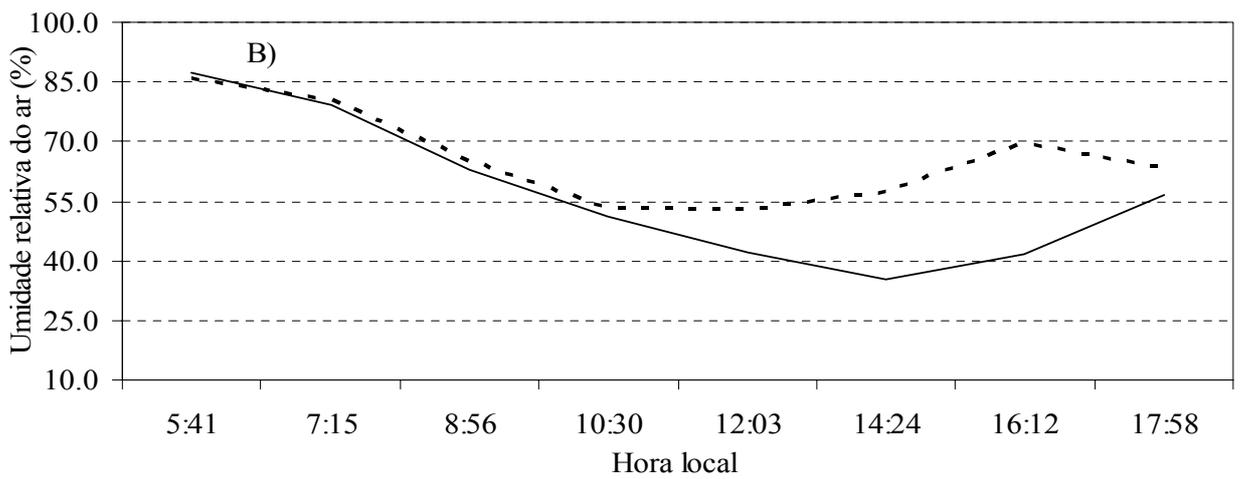
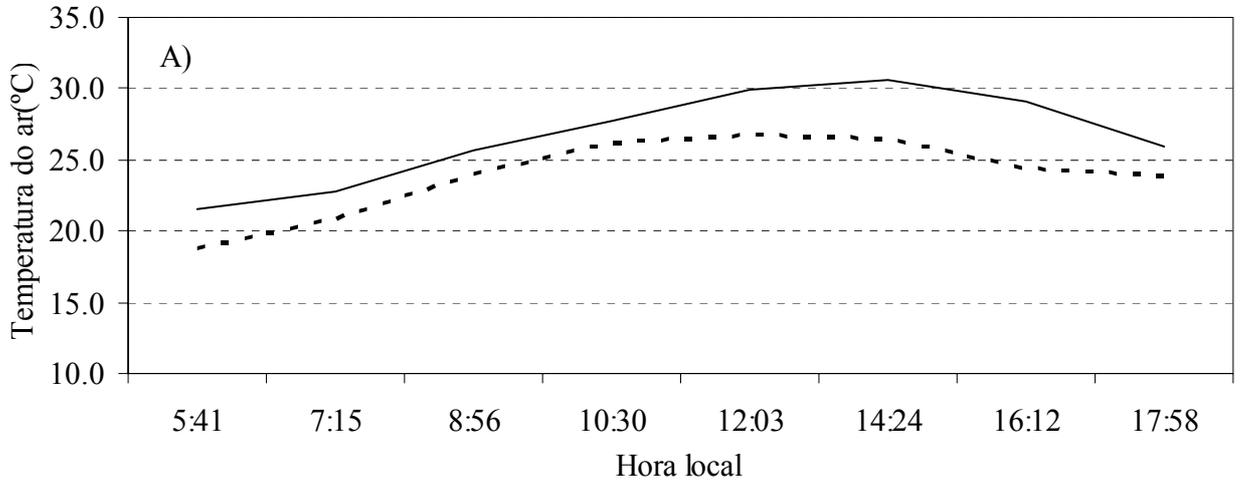
## Anexo II

Curso diurno da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B) e do Índice de Desconforto de Thom (IDT), em (C) para o Açude Velho no período seco (linha contínua) e para o período úmido (linha pontilhada).



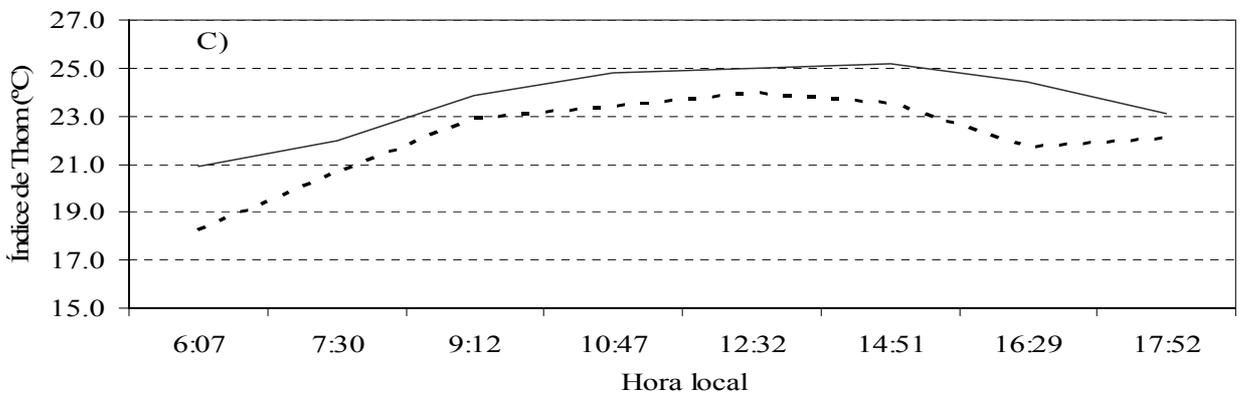
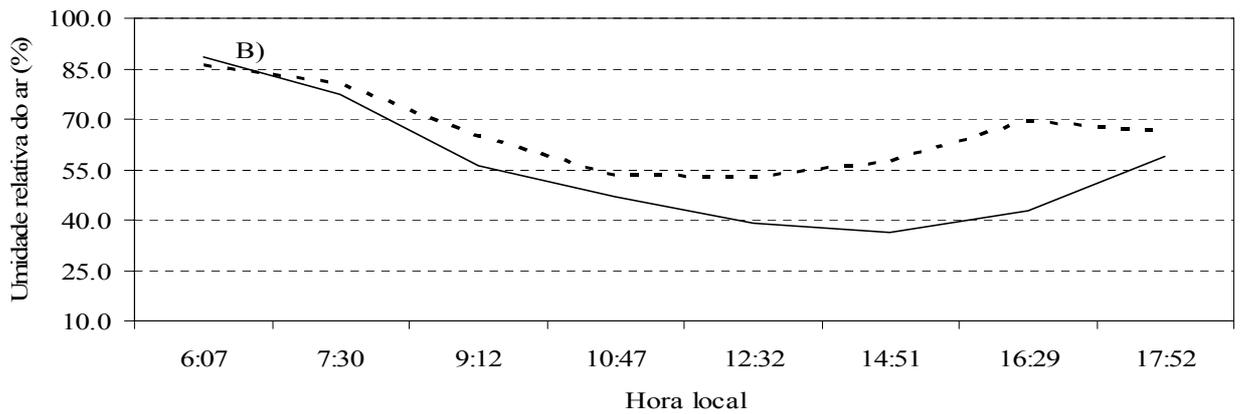
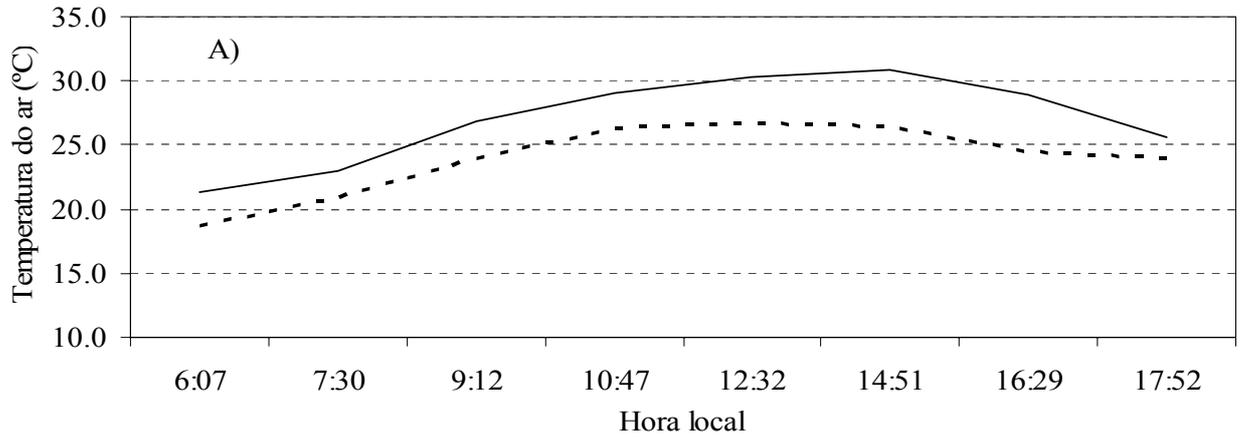
### Anexo III

Curso diurno da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B) e do Índice de Desconforto de Thom (IDT), em (C) para o Açude Novo no período seco (linha contínua) e para o período úmido (linha pontilhada).



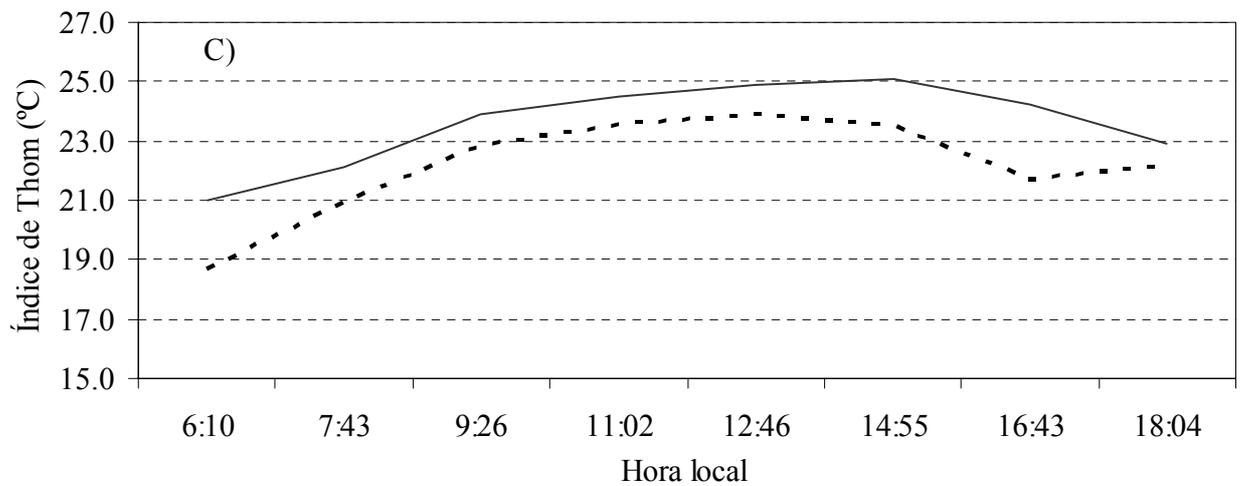
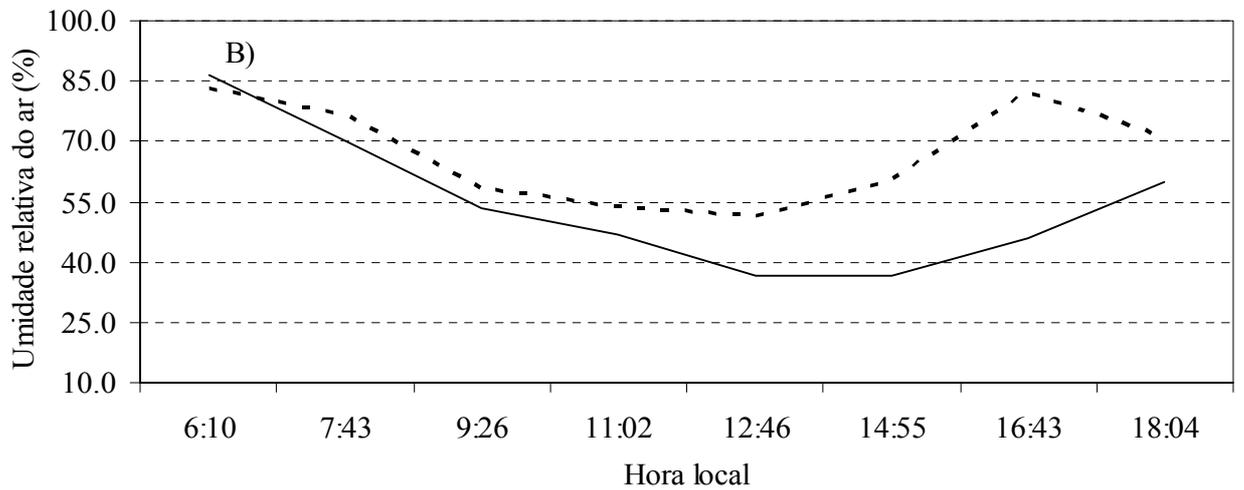
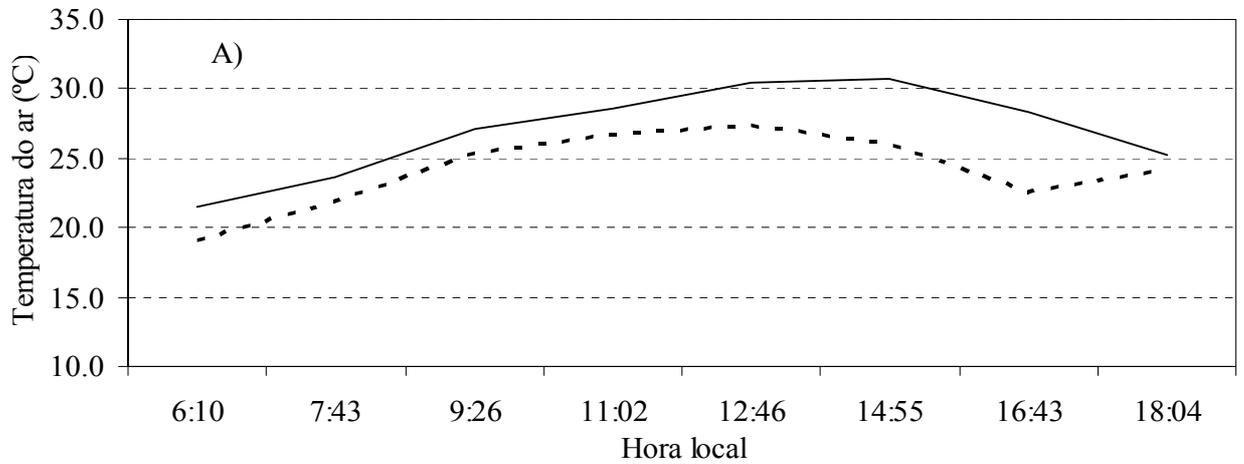
## Anexo IV

Curso diurno da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B) e do Índice de Desconforto de Thom (IDT), em (C) para a Avenida Juscelino Kubitschek no período seco (linha contínua) e para o período úmido (linha pontilhada).



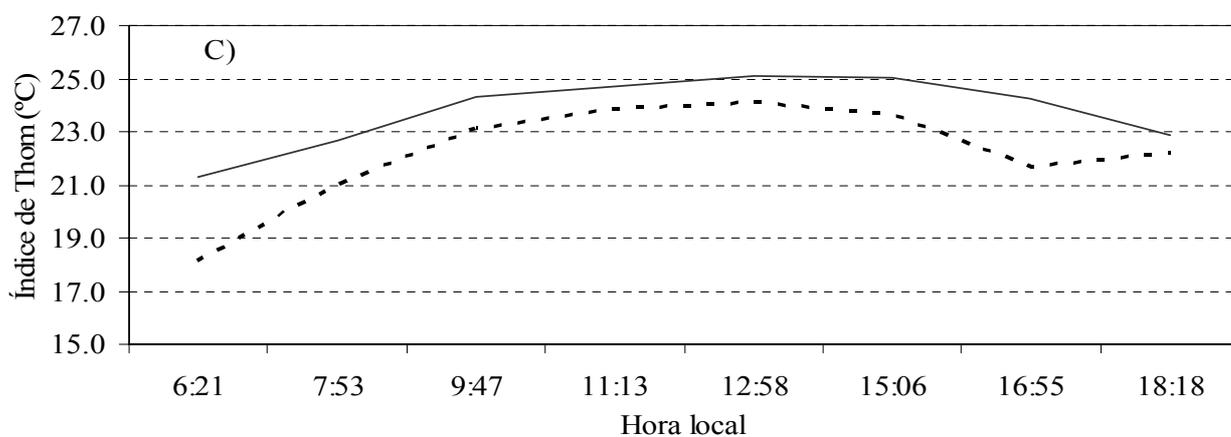
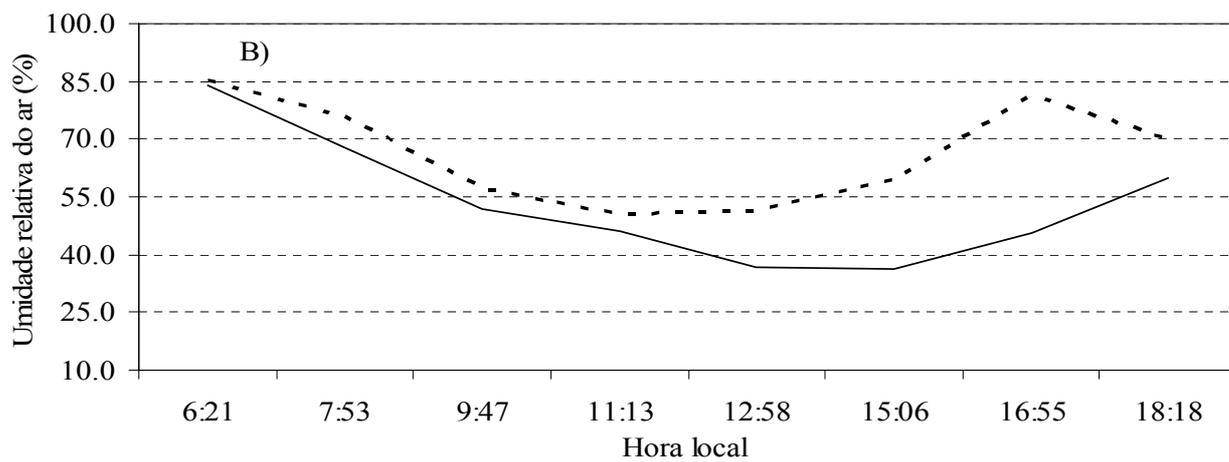
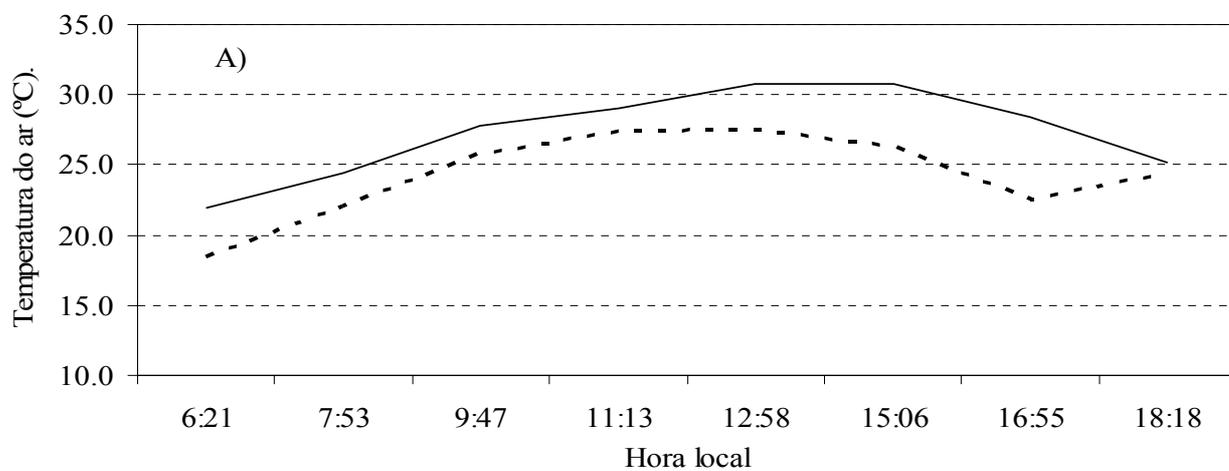
### Anexo V

Curso diurno da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B) e do Índice de Desconforto de Thom (IDT), em (C) no Meninão para o período seco (linha contínua) e para o período úmido (linha pontilhada).



### Anexo VI

Curso diurno da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B) e do Índice de Desconforto de Thom (IDT), em (C) para o Canal de Bodocongó no período seco (linha contínua) e para o período úmido (linha pontilhada).



### Anexo VII

Curso diurno da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B) e do Índice de Desconforto de Thom (IDT), em (C) para a Avenida da CPTRAN no período seco (linha contínua) e para o período úmido (linha pontilhada).

