

Análise espacial e climática dos espaços verdes na cidade de Aracaju SE

Luana Pereira Lima ¹
Hélio Mário de Araújo ²

¹ Universidade Federal de Sergipe - UFS
Av. Marechal Rondon, s/n – Jardim Rosa Elze, São Cristóvão – SE, CEP 49100-000
luanageoufs@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Sergipe - UFS
Av. Marechal Rondon, s/n – Jardim Rosa Elze, São Cristóvão – SE, CEP 49100-000
heliomariodearaujo@yahoo.com.br

Abstract. The alteration on soils and ecosystems, on air and water quality brought up concerns with environmental matters inside urban spaces. The green areas, as natural components inside the city scenery, have an important role to improve the environmental quality, as like the population's life quality, seen that they possess esthetic, ecological and social functions, besides being used as indicators to evaluation in ecologic matters. The Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) recommends a minimum of 15 square meters of green area per habitant, a situation that isn't noticed in Aracaju, on which case it barely reaches 1 square meter, showing a concerning need of green areas in the city. On this perspective, the objective of this study is to analyze, spatially, the concentration of green spaces and the climatic influence (from the temperature and humidity) of these in relation to the area built in the city of Aracaju. Were carried out the classification of the land use and occupation by satellite Landsat-8 in order to perceive the distribution of green spaces and the measurement of climate indices from a mobile transect in two shifts (morning and night) using a digital weather station. The distribution of green spaces in the city of Aracaju is uneven, highlights the lack of planning and urban environmental imbalance. As to climate analysis, the measured indices showed differences in considerable levels between day and night shifts. Among the green spaces and built space, the contrasts were lower.

Palavras-chave: classification, use and occupation, transect mobile, climatic influence, classificação, uso e ocupação, transecto móvel, influência climática.

1. Introdução

O processo de urbanização desde o século XVII, surgimento da industrialização, vem apresentando crescimento. No Brasil esse processo deslanchou a partir da década de 1960. As cidades passaram a abrigar grandes contingentes populacionais e, desde então, é contínuo o aumento da densidade demográfica em áreas urbanas. A cobertura vegetal vem sendo suprimida em consonância com o desenvolvimento das cidades. A substituição do espaço natural por outro adequado à sociedade atual cria um “ecossistema urbano” que necessita de equilíbrio entre o natural e o construído, a fim de estabelecer um conforto ambiental urbano (GÓMEZ et. al., 2001).

As áreas verdes, enquanto componentes naturais dentro da paisagem das cidades tem papel fundamental para melhorar a qualidade ambiental, bem como a qualidade de vida da população, visto que possuem funções estética, ecológica e social, além de servirem como indicadores para avaliar as questões ambientais. A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) recomenda no mínimo 15 m² de área verde / habitante, situação não percebida em Aracaju, uma vez que sequer atinge 1 m² nessa relação, revelando com isso, uma situação preocupante de carência de áreas verdes na cidade (RESENDE, MELO e SOUZA, 2009).

A urbanização promove alterações climáticas em escalas horizontais e verticais, devido a diversos fatores como: materiais usados nas construções, pavimentação asfáltica, atividades humanas geradoras de calor, supressão das águas superficiais e da vegetação, impermeabilização do solo. Gera-se, assim, um clima urbano que, a depender da localização da cidade, da topografia e principalmente do uso e ocupação dos solos, tem suas especificidades.

O presente trabalho teve por objetivo analisar, espacialmente, a concentração de espaços verdes e a influência climática (a partir da temperatura e umidade) destes em relação à área construída na cidade de Aracaju.

1.1. Área de estudo

O município de Aracaju (figura 01) está inserido na mesorregião do Leste Sergipano, localizado entre as coordenadas geográficas 10° 55' 56" e 11° 07' 49" de latitude Sul e 37° 02' 02" e 37° 09' 04" de longitude Oeste.

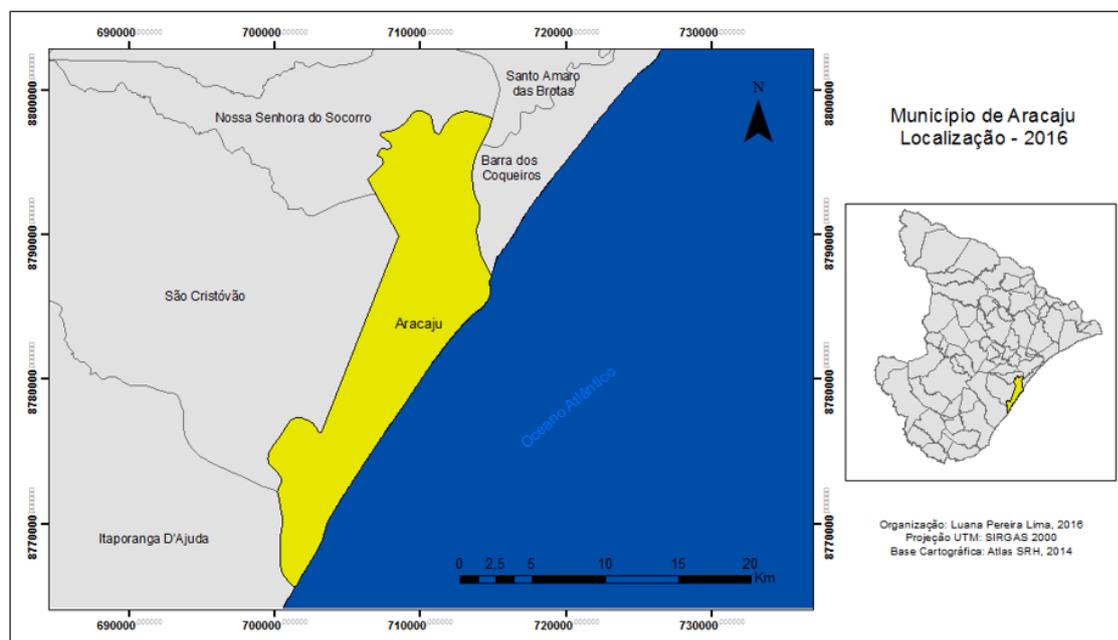


Figura 1. Localização da área de estudo.

Limita-se ao Norte com o rio do Sal, que o separa do município de Nossa Senhora do Socorro. Ao Sul com o rio Vaza Barris. A Oeste com os municípios de São Cristóvão e Nossa Senhora do Socorro e a Leste com o rio Sergipe e o Oceano Atlântico. Está situado a uma altitude média de 4 m acima do nível do mar, compreendendo uma área territorial de 181,8 km² (ARAUJO, 2006).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a população estimada em 2015 para a capital sergipana foi de 632.744 habitantes todos residentes em área urbana, com densidade demográfica de 3.480,4 hab./km².

2. Metodologia de trabalho

Inicialmente realizou-se revisão da literatura em diversas fontes de consultas, tais como: livros, periódicos, monografias, dissertações de mestrado, teses de doutorado, tutoriais e anais de congressos. Além disso, consultou-se material cartográfico disponível e outros dados secundários em fontes como: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), CEMESE (Centro de Meteorologia de Sergipe), USGS (United States Geological Survey) e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Com o intuito de perceber a distribuição dos espaços verdes no município de Aracaju foi realizada uma classificação do uso e ocupação do solo a partir da imagem de satélite Landsat-8. Após a obtenção da imagem, foi executada a transformação radiométrica, convertendo-a de 16 bits para 8 bits no software ArcGIS 10.3.1. Procedeu-se então o processamento e classificação da imagem no software Spring 5.4.1. Foi utilizada a composição colorida RGB natural (cores verdadeiras) com as bandas 4/3/2.

A atribuição de classes se deu com a aquisição de amostras para cada uma das quatro classes criadas (ocupação urbana, vegetação, solo exposto e hidrografia), e aplicação da técnica de classificação multiespectral “pixel a pixel” máxima verossimilhança (MAXVER). A classificação supervisionada demandou um conhecimento prévio da temática e da área de estudo para adquirir os padrões de comparação. Foram identificadas 200 amostras, total, como representantes das classes criadas. O desempenho médio obtido foi 92,73%, abstenção média de 0% e confusão média de 7, 27%. A pós-classificação (uniformização dos temas, diminuição de ruídos) e o mapeamento (conversão de matriz para vetor) foram os passos seguintes para a obtenção do mapa de uso e ocupação do solo do município de Aracaju.

A fim de aferir índices climáticos de espaços verdes e adjacências fez-se um transecto móvel em dois turnos: pela manhã as 10h00mim e a noite as 19h00mim, utilizando uma estação meteorológica digital *Taylor model*. Definiram-se, criteriosamente, 18 pontos de observações distribuídos sobre a malha urbana de Aracaju (tabela 01 e figura 02), com a finalidade de aferir elementos climáticos (temperatura e umidade) dentro e fora de espaços verdes urbanos.

Tabela 01- Pontos de Coleta dos Transectos Móveis no dia 30/01/2014.

Pontos de coleta	Horários de coleta - diurnos	Horários de coleta - noturnos	Locais	Coordenadas	
				Latitude	Longitude
01	10:12	19:38	UFS	1092206	3709971
02	10:20	19:44	Av. Des. Maynard	1091861	3707725
03	10:30	19:48	Av. Des. Maynard	1091876	3706513
04	10:35	19:52	Praça da Bandeira	1091858	3705694
05	10:37	19:55	Praça Tobias Barreto	1092301	3705111
06	10:42	20:00	Praça Camerino	1091720	3704851
07	10:50	20:06	Praça da Catedral	1091401	3705220

08	11:05	20:14	Terminal do Centro	1090893	3705166
09	11:08	20:18	Praça Princesa Isabel	1090493	3705454
10	11:20	20:23	Colina Santo Antônio	1089626	3705903
11	11:27	20:28	Alto Morro da TV	1089113	3706889
12	11:45	20:46	Parque da Cidade	1088334	3705417
13	11:51	20:48	Parque da Cidade	1088166	3705303
14	12:14	21:02	Av. Beira Mar	1091733	3704735
15	12:26	21:08	Av. Beira Mar	1093376	3704971
16	12:34	21:16	Parque da Sementeira	1094617	3705418
17	12:39	21:17	Parque da Sementeira	1094631	3705198
18	12:40	21:23	Bairro Jardins	1094423	3705631

O percurso seguiu a orientação Zona Oeste, Zona Norte e Zona Sul da cidade de Aracaju em um intervalo de tempo médio de 2h cada transecto. O automóvel foi equipado com uma estação meteorológica digital, sob uma altura de 1,5m acima do solo. No decorrer do percurso o automóvel manteve uma velocidade média de 50km/h, ao chegar em cada ponto de observação parava-se o veículo para registro dos dados de temperatura e umidade relativa.

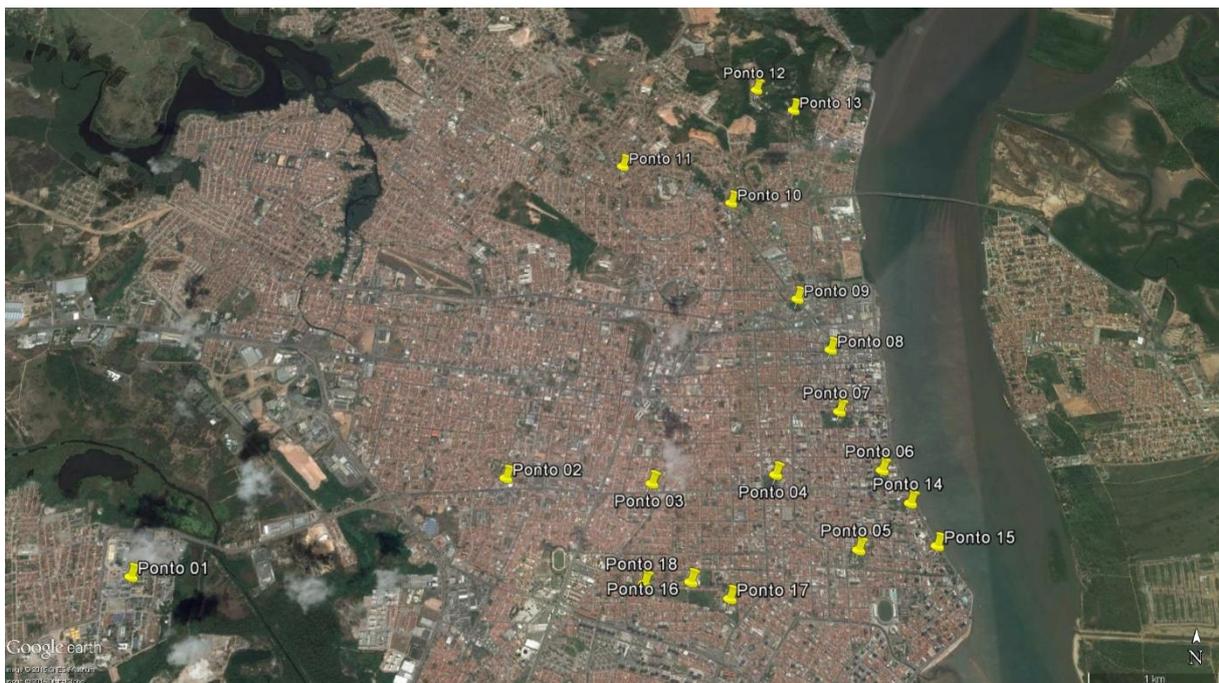


Figura 02. Distribuição dos Pontos de Coleta do Transecto Móvel. Fonte: Google Earth, 2015. Organização: autores, 2015.

Além desses registros, em cada ponto fez-se a cotação do fluxo de pessoas e veículos dentro de uma escala de 0 a 3: 0- nenhum fluxo, 1-fluxo baixo, 2-fluxo médio e 3-fluxo alto. Esses dados subsidiaram a análise sobre as variações de temperatura, elevando-a quando os fluxos são intensos e diminuindo-a quando os fluxos são baixos ou inexistentes.

3. Resultados e discussão

A edificação e crescimento do sítio urbano da cidade de Aracaju ocorreram em detrimento da vegetação nativa de mangues, restingas, apicuns e mata atlântica, restando apenas resquícios. Que são encontrados nas margens dos rios, em áreas onde a ocupação

urbana ainda não se instalou de forma intensa, ou seja, nas zonas de expansão e nos parques públicos: Parque Governador Jose Rollemberg Leite (parque da cidade), Parque Augusto Franco (parque da sementeira) e o Parque dos Cajueiros Governador Valadares.

Analisando a classificação do uso e ocupação do solo (figura 03) e a realidade do município de Aracaju, é possível constatar que o processo de urbanização tem sido incompatível com a presença de espaços verdes. Onde a ocupação urbana se instala de forma densa, o verde desaparece totalmente ou está presente em quantidades insuficientes.

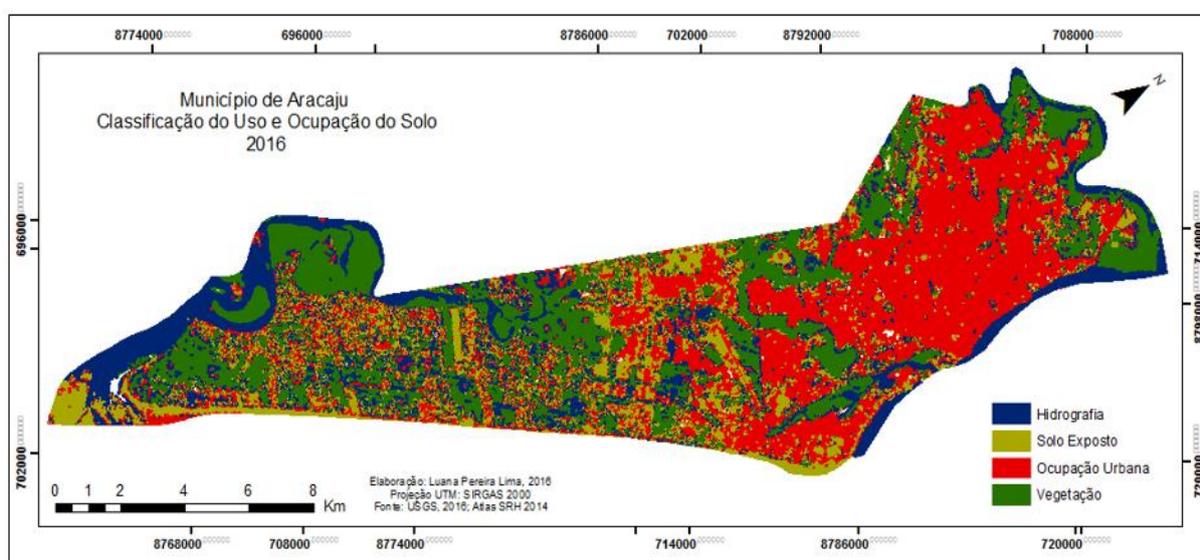


Figura 03. Classificação do uso e ocupação do solo a partir de imagem de satélite Lansat-8.

Em Aracaju, a falta de espaços verdes, nas ocupações urbanas densas, comprova a falta de planejamento e o desequilíbrio ambiental desses ambientes transformados. É um problema ambiental que fica evidente com a ocorrência de impactos, tais como: enchentes - devido à pouca capacidade de infiltração e o consequente aumento do escoamento superficial - e desconforto térmico - devido a homogeneização da paisagem construída, com materiais que armazenam e liberam calor.

A presença de espaços verdes é insuficiente e com distribuição espacial desigual. A cidade vem apresentando taxas cada vez maiores de crescimento urbano e populacional. Proporcionalmente vem diminuindo os espaços verdes para dar lugar a áreas construídas e totalmente impermeabilizadas. São entraves que devem ser solucionados com um planejamento urbano que atente para a qualidade ambiental e garantia do conforto térmico.

3.1 Espaços verdes e influência climática

O aumento da temperatura é uma dos principais efeitos das alterações climáticas provocadas pela urbanização. Fato consequente de fatores como: diminuição e ausência de vegetação, tipo de construção, materiais utilizados nas edificações e uso do solo. As temperaturas médias mensais das normais climatológicas dos períodos de 1931 – 1960 e 1961 – 1990 (figura 04) apontam um aumento da temperatura no último período, coincidindo com a consolidação e adensamento da urbanização em Aracaju.

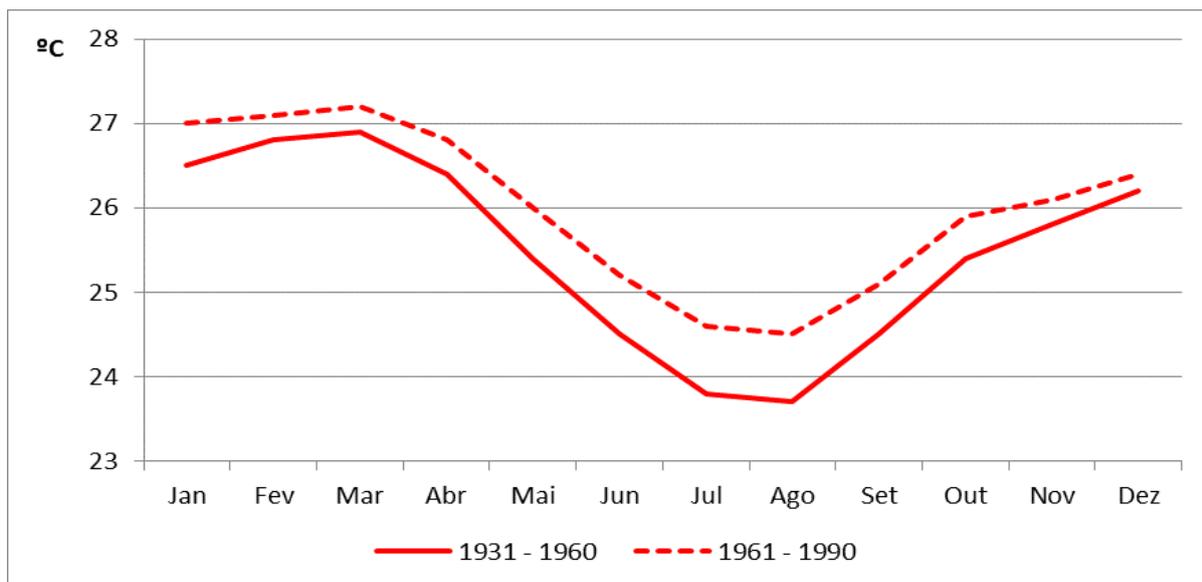


Figura 04. Aracaju - Temperatura Média Mensal (1931-1960 / 1961-1990). Fonte: INMET, 2012. Organização: autores, 2015.

Segundo Shinzato (2009) a presença de áreas verdes dentro do ambiente urbano promove o resfriamento do ar por meio do aumento da umidade através da evapotranspiração e melhora a qualidade do ar na medida em que remove partículas poluentes. O sombreamento contribui para a redução da temperatura na superfície das paredes e vias, que por sua vez, influi na temperatura interna e reduz a radiação direta sobre a superfície evitando o aumento da temperatura.

No desígnio de melhor aprofundar o tema, realizou-se um transecto móvel no dia 30/01/2014. As diferenças entre os índices de umidade e temperatura registrados foram evidentes entre os turnos. No transecto diurno a estação registrou índices de umidade menores que o turno da noite, ocorrendo o inverso com a temperatura (figuras 05 e 06).

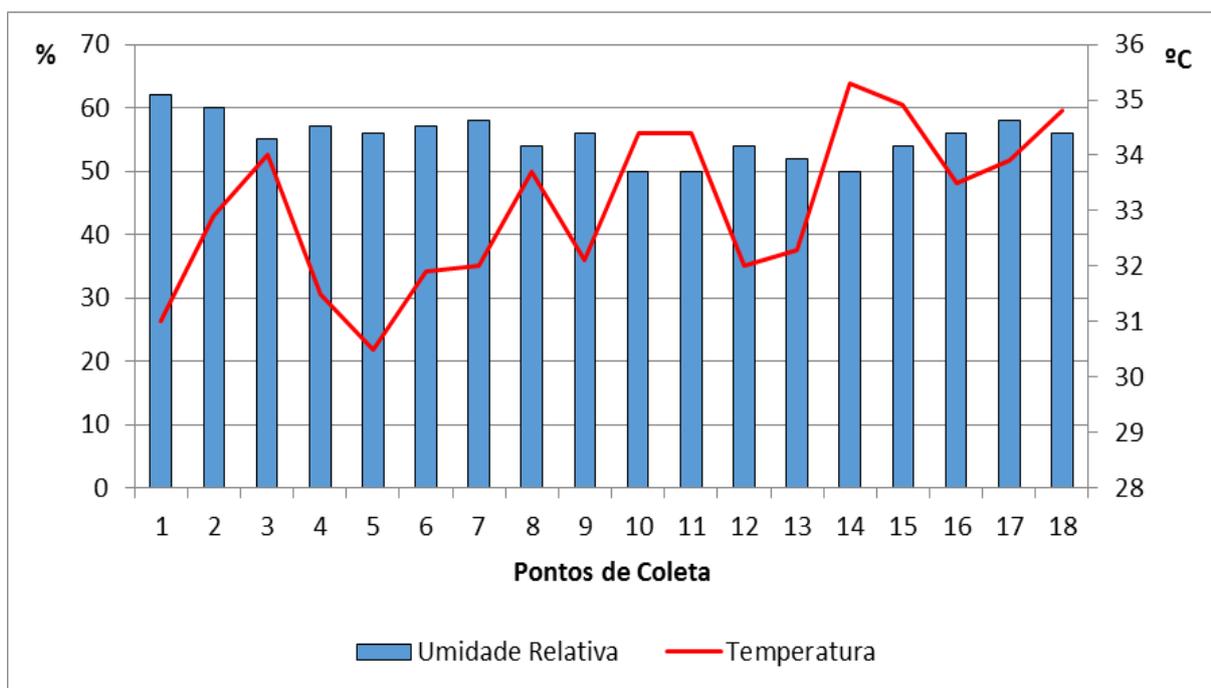


Figura 05. Aferições Diurnas de Temperatura e Umidade Relativa (30/01/2014).

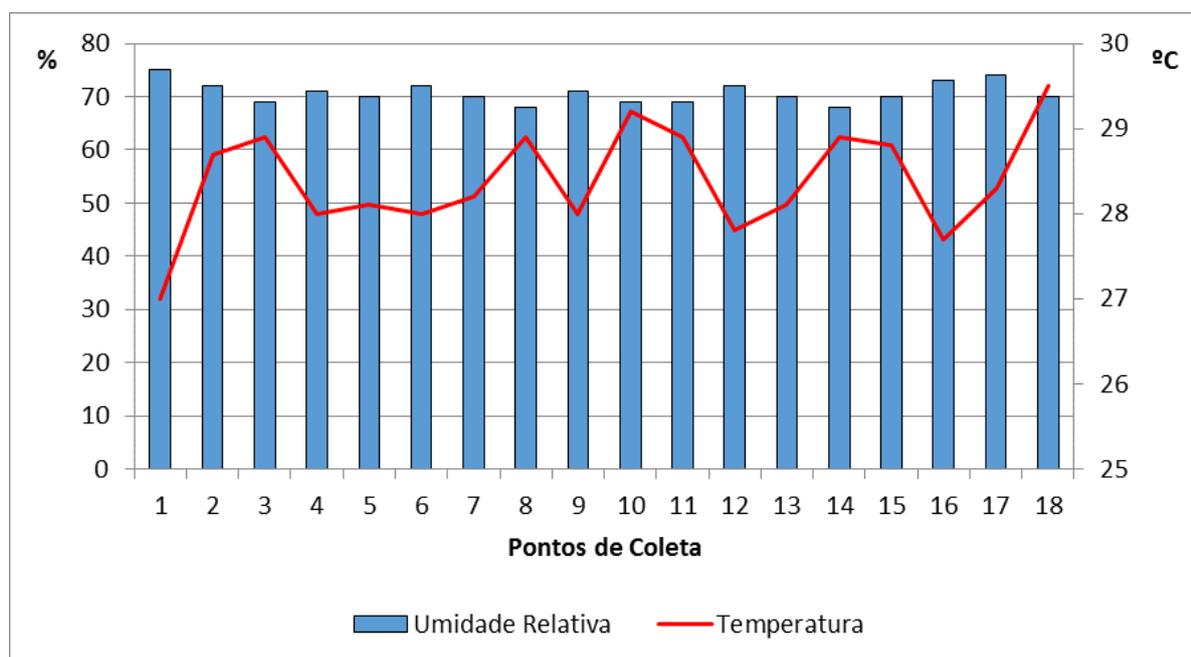


Figura 06. Aferições Noturnas de Temperatura e Umidade Relativa (30/01/2014).

O campus universitário foi o ponto de partida dos transectos móvel que abrangeu grande parte da cidade de Aracaju. No transecto diurno as temperaturas mantiveram-se entre 30,5 e 35,3°C, já no noturno os índices oscilaram entre 27 e 29,5°C, resultando em uma amplitude térmica máxima de 8,3°C. Os índices de umidade no transecto diurno transitaram entre 50 e 62% e no noturno entre 68 e 75%, acarretando uma diferença máxima de 25%.

Observou-se diferença entre os valores de temperatura e umidade tomados ao longo dos transectos em áreas verdes e adjacências. As aferições nos espaços com vegetação apresentaram em média 1°C a menos de temperatura e 3% a mais de umidade relativa comparado as áreas comerciais e residenciais não arborizadas (tabela 08).

Tabela 08a. Experimento: Transectos Diurno e Noturno no dia 30/01/2014

Pontos de Coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temperatura do Ar (°C) - Diurno	31	32,9	34	31,5	30,5	31,9	32	33,7	32,1
Temperatura do Ar (°C) - Noturno	27	28,7	28,9	28	28,1	28	28,2	28,9	28
Umidade Relativa (%) - Diurno	62	60	55	57	56	57	58	54	56
Umidade Relativa (%) - Noturno	75	72	69	71	70	72	70	68	71
Fluxo de Pessoas* - Diurno	1	2	2	2	2	1	2	3	2
Fluxo de Pessoas* - Noturno	0	0	1	0	1	0	1	0	0
Fluxo de Veículos* - Diurno	2	3	3	3	3	2	3	3	2
Fluxo de Veículos* - Noturno	2	3	3	3	2	3	3	1	1
Altitude (m)	25	21	23	18	9	5	6	11	7
Uso do Solo**	AV	AC	AC	AV	AV	AV	AV	AC	AV

Tabela 08b. Experimento: Transectos Diurno e Noturno no dia 30/01/2014 (Continuação)

Pontos de Coleta	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Temperatura do Ar (°C) - Diurno	34,4	34,4	32	32,3	35,3	34,9	33,5	33,9	34,8
Temperatura do Ar (°C) - Noturno	29,2	28,9	27,8	28,1	28,9	28,8	27,7	28,3	29,5
Umidade Relativa (%) - Diurno	50	50	54	52	50	54	56	58	56
Umidade Relativa (%) - Noturno	69	69	72	70	68	70	73	74	70
Fluxo de Pessoas* - Diurno	1	1	0	0	2	2	1	1	1
Fluxo de Pessoas* - Noturno	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Fluxo de Veículos* - Diurno	2	1	1	0	3	3	1	0	2
Fluxo de Veículos* - Noturno	2	1	0	0	3	3	0	0	2
Altitude (m)	28	48	56	70	27	29	9	7	6
Uso do Solo**	AR	AR	AV	AV	AC	ARV	AV	AV	ARV

* Fluxo: 0 – Nenhum; 1 – Baixo; 2 – Médio; 3 – Alto.

** Uso do Solo: AV – Área Verde; AC – Área Comercial; AR – Área Residencial; ARV – Área Residencial Verticalizada.

A baixa taxa de evapotranspiração e a pavimentação das superfícies são fatores preponderantes de incremento das temperaturas do ar em ambientes não arborizados, em contrapartida aos espaços verdes que possuem baixos índices de absorção, refletância e condutividade térmica e assim atenuam o desconforto térmico.

O clima urbano é estudado a partir da comparação com o campo circundante e dependendo das características das cidades, são detectadas diferenças da temperatura intraurbanas decorrentes tanto de fatores físicos, mas principalmente devido às características de uso e ocupação do solo no interior da própria cidade (AMORIM, p. 135, 2011).

A tendência de aumento da temperatura em ambientes urbanos é influenciada pela produção de energia antropogênica através dos diferentes tipos de edificações, atividades industriais e do trânsito. O calor emitido pela ação humana ultrapassa o balanço médio de radiação atmosfera-superfície facilitando a ocorrência de maiores temperaturas e menores índices de umidade (LOMBARDO, 1985).

O desconforto térmico é um dos problemas ambientais consequente das alterações climáticas nos espaços urbanos, principalmente devido à ausência de vegetação que impede a incidência direta da radiação na superfície, radiação essa que retorna ao meio sob a forma de calor. A sensação de conforto térmico sentida pelo organismo humano está em equilíbrio com o ambiente quando não é preciso recorrer a mecanismo de termorregulação (BARTHOLOMEI, 2003).

A umidade é um importante fator que determina a temperatura sentida pela pele humana, em consequência, o conforto térmico (AYOADE, 2010). Deve, no entanto, levar em consideração a individualidade do ser humano e as condições ambientais peculiares a cada tipo climático. Desse modo, as condições de conforto térmico são aquelas que propiciam bem-estar ao maior número de pessoas (BARTHOLOMEI, 2003).

O Instituto Nacional de Meteorologia apresenta um diagrama de conforto térmico humano levando em consideração a temperatura e umidade relativa. A média dos resultados encontrados com as aferições em áreas verdes e áreas construídas em Aracaju apontam que os índices em ambos os turnos nos espaços verdes estão na faixa do confortável, e dos espaços

construídos em transição entre o confortável e o que necessita de vento para o conforto (figura 07).

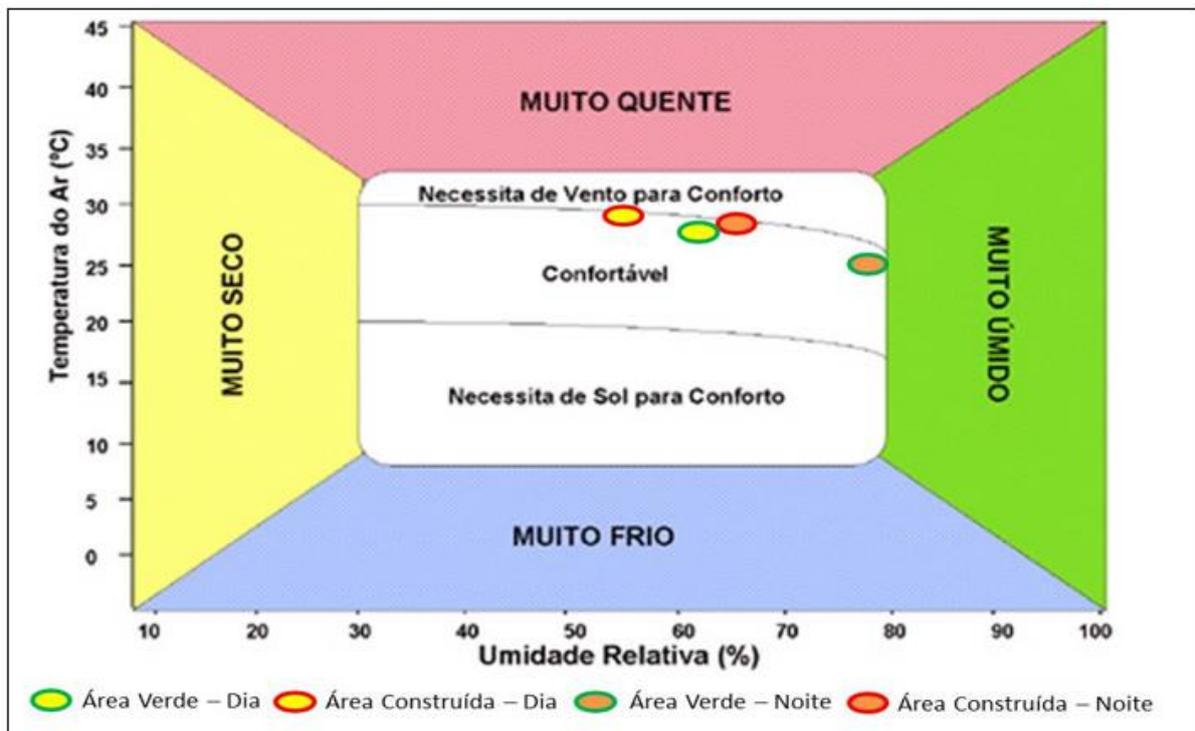


Figura 07. Conforto Térmico Humano – INMET. Adaptação: autores, 2015.

A presença da vegetação é um importante elemento de frescor. É imprescindível na constituição do ambiente urbano e deve ser considerada sua implantação ou ampliação a fim de que a cidade possa ter condições térmicas mais amenas. Tanto o poder público como a população deve investir em espaços verdes.

A preocupação com a qualidade ambiental, que afeta diretamente na qualidade de vida da população, é necessária ao planejamento ambiental urbano que tem como finalidade a formulação e proposição de ajustes, tendo em vista as transformações ambientais oriundas das atividades socioeconômicas desenvolvidas.

4. Conclusões

A ocupação desordenada do uso do solo provoca alterações climáticas significativas que podem resultar em vários problemas para as cidades, como aumento da sensação térmica, principalmente para as de climas quentes tipo Aracaju. Uma das maneiras de minorar estes constrangimentos são os espaços verdes inseridos na estrutura urbana.

Os benefícios climáticos dos espaços verdes, além dos hidrológicos e biológicos, assumem importância crescente no planejamento e ordenamento urbano. No entanto, faltam bases claras em relação aos benefícios climáticos dos espaços verdes, sobretudo, em cidades em vias de crescimento a exemplo de Aracaju, onde a urbanização aliada à falta de planejamento do uso do solo vem criando espaços desconfortáveis do ponto de vista climático.

As diferenças de temperatura e umidade intraurbanas encontradas são consequências das características da superfície que possuem capacidades diferenciadas de armazenar calor. As menores temperaturas e maiores umidades foram verificadas nos espaços verdes o que denota a influência do uso e ocupação do solo nas condições climáticas da cidade. Interferindo assim, no conforto térmico.

A cidade de Aracaju traz em seu espaço urbano contrastes ambientais e a desigual distribuição das áreas verdes. Os espaços verdes são, sem dúvidas, elemento primordial e atenuador de impactos sobre o ambiente transformado e essencial para a qualidade ambiental urbana. Sendo assim, o investimento em espaços verdes, o incentivo a arborização de calçadas e quintais, a não impermeabilização completa dos terrenos, o uso de materiais construtivos que armazenem menos calor são algumas sugestões que poderão contribuir na qualidade ambiental da cidade e devem ser consideradas pelo poder público e a população no processo de crescimento da cidade.

Referências

AMORIM, M. C. C. T. Os Climas Urbanos em Cidades Localizadas na Raia Divisória São Paulo – Paraná – Mato Grosso do Sul. In: Passos, M. M. (org.) **A Raia Divisória São Paulo Paraná Mato Grosso do Sul: cenas e cenários**. São Paulo: Outras Expressões, 2011.

ARAÚJO, Hélio Mário de. Elementos Componentes do Sistema Ambiental Físico de Aracaju. In: ARAÚJO, H. M.; MELO E SOUZA, R.; VILLAR, W. C.; WANDERLEY, L. L. **O ambiente Urbano: visões geográficas de Aracaju**. São Cristóvão: Editora UFS, 2006.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução: Maria Juraci Zani dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332 p.

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. 186 f. Tese (Doutorado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BRASIL - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Estimativas das Populações Segundo os Municípios**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acessado em: 10/09/2015.

GÓMEZ, F; TAMARIT, N; JABALOYES, J. Green zones, bioclimatic studies and human comfort in the future development of urban planning. **Landscape and Urban Planning**, n.55, p.151-161, 2001.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

RESENDE, W. X; MELO e SOUZA, R. Concepções e controvérsias sobre áreas verdes urbanas. In: MELO E SOUZA, R. (org.). **Território, Planejamento e Sustentabilidade: conceitos e práticas**. São Cristóvão: Editora UFS, 2009.

SHINZATO, Paula. **O Impacto da Vegetação nos Microclimas Urbanos**. 2009. 173 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.