



MAPEANDO AS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM SALVADOR

■ Tereza Moura⁽¹⁾

■ Jussana Nery⁽¹⁾

■ Telma Andrade^(1;2)

■ Lutz Katzschner⁽³⁾

INTRODUÇÃO

Salvador possui 2.7 milhões de habitantes distribuídos em uma área peninsular de 361 Km², cuja altitude alcança os 100m. Durante mais de quatro séculos a cidade cresceu lentamente, concentrando suas atividades ao sul da península e a partir da década de 1970, a cidade expandiu-se para o norte, ocupando intensivamente o território municipal, reduzindo significativamente a

A ventilação e a radiação são condicionantes importantes para o conforto térmico em uma cidade tropical úmida. Este trabalho enfoca o armazenamento de calor e a ventilação como uma primeira abordagem para a investigação do clima urbano, usando parâmetros tais como altura das construções, topografia, usos do solo, densidades de ocupação e vegetação. Cada parâmetro foi categorizado e espacializado segundo critérios específicos aos quais foram atribuídos pesos. A análise das cartas temáticas de cada parâmetro, utilizando a ferramenta SIG, resultou no mapa síntese da Avaliação do Clima Urbano de Salvador com base no conforto térmico, onde se constata a relação entre as áreas mais edificadas e o desconforto térmico.

vegetação e resultando em densidades mais altas ao sul. Com seu clima tropical úmido, os dados climatológicos do período de 1961-1990 mostram que as médias mensais das temperaturas máximas apresentam pouca variação durante o ano, com o valor mais alto de 30°C (fevereiro e março) e o mais baixo de 26,2°C (julho), enquanto que a mínima é de aproximadamente 24°C no verão e 21°C no inverno. Sua umidade relativa não varia muito anualmente, 79% (fevereiro) para 83,1% (maio). Tipicamente, o padrão de vento de Salvador é caracterizado por ventos dominantes de sudeste, com velocidade média de 3,2 m/s no inverno e 2,8 m/s no verão. Junho é o mês de mais baixa insolação, com 167,2 horas e janeiro o mais alto com 245,6 horas (ANDRADE, 2004).

Nery (1997) indica que a condição climática da cidade promove estresse térmico positivo durante o ano inteiro, atenuando-se durante o inverno (junho, julho e agosto). Esta condição requer sombreamento por vegetação e preservação dos corredores de vento. Em trabalho realizado por Andrade e outros (2004), através da análise do índice de conforto térmico PET-Physiological Equivalent Temperature (°C) (HÖPPE, 1999) para os dados do aeroporto de Salvador; confirmou-se o estresse térmico positivo ao longo do ano, das 10:00h às 16:00h, quando os

■ ⁽¹⁾ Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal da Bahia

■ ⁽²⁾ Laboratório de Energia e Gás da Universidade Federal da Bahia

■ ⁽³⁾ Universidade de Kassel – Alemanha

valores do índice PET ficaram acima do limite superior de conforto (24°C), chegando a alcançar 46°C.

Devido às características topográficas da cidade e o padrão de ocupação, várias condições micro climáticas são produzidas e algumas contribuem para agravar as condições de conforto térmico. Essa diversidade microclimática implica a diversidade das condições de conforto térmico na cidade, cuja espacialização inicial é objeto deste trabalho e resultou no Mapa de Avaliação do Clima Urbano. A construção de uma carta bioclimática urbana, que possa estabelecer parâmetros urbanísticos que promovam a qualidade térmica da cidade, tem por base o referido mapa. A qualidade térmica na cidade é pré-requisito para a qualidade de vida da população e economia de energia.

METODOLOGIA

Para espacializar a condição de conforto térmico nas áreas urbanas de Salvador, foram traçadas quatro cartas

temáticas utilizando a ferramenta SIG (KATZSCHNER, 2005), considerando-se fatores diferentes para cada uma delas: topografia, declividade, uso do solo e potencial de ventilação. As análises tiveram uma abordagem qualitativa, uma vez que a cidade conta unicamente com duas estações meteorológicas: a do Aeroporto e a Estação Meteorológica de Ondina. Em trabalhos anteriores (ANDRADE e outros, 2002; FREIRE; SHIMMELPFENG, 2002; NERY e outros, 2003), os autores realizaram medições microclimáticas ao longo de vários transeptos da cidade e seus resultados foram utilizados como referência. Para cada carta temática foram selecionadas, interpretadas e avaliadas categorias, atribuindo pesos para cada uma delas, de acordo com sua influência no conforto térmico. As tabelas abaixo (Tabelas 1 a 3) apresentam os pesos para cada categoria (níveis e padrões).

A Tabela 1 subdivide a variação de altitudes na cidade em três níveis, representados na Carta Temática Topografia (Figura 1).

Tabela 1 – Topografia

NÍVEIS	CRITÉRIOS	PESO
1	Altitude > 60 m	-1
2	20 m < Altitude < 60 m	0
3	Altitude < 20 m	-1

Fonte: Pesquisa do Autor

A Tabela 2 identifica nove categorias determinadas pelo uso do solo, usando como critérios as alturas das edificações, as densidades de ocupação, a cobertura vegetal

e áreas de construções especiais, representadas na Carta Temática Uso do Solo (Figura 2).

Tabela 2 – Uso do Solo

PADRÕES	CRITÉRIOS	PESO
P 1	Edificações altas (> 10 andares) e Alta densidade	8
P 2	Edificações altas (> 10 andares) e Média densidade	6
P 3	Edificações médias (1-4 andares) e Média densidade	4
P 4	Edificações baixas (< 4 andares), Densidade muito alta e sem vegetação	7
P 5	Edificações baixas (< 4 andares) e Média densidade	5
P 6	Edificações baixas (< 4 andares) Baixa densidade e vegetação	3
P 7	Edificações baixas (< 4 andares) Baixa densidade, sem vegetação	2
P 8	Estruturas especialmente grandes: indústrias, shopping centers, hospitais	1
P 9	Parques e/ou densidade muito baixa com vegetação espalhada. Áreas com informação deficiente.	1

Fonte: Pesquisa do Autor

A Tabela 3 mostra seis categorias determinadas potencial de ventilação usando como critérios a distancia do mar, os corredores de vento e a rugosidade da superfície urbana, considerando-se o sistema de ventilação em

mesoescala, representadas na Carta Temática Ventilação (Figura 3). Os efeitos do armazenamento de calor, da rugosidade, de ilha de calor, do albedo e outros, estão contemplados nos critérios adotados.

Tabela 3 –Ventilação

PADRÕES	CRITÉRIOS	PESO
C	Área Central: áreas internas com alta aspereza	0
K	Áreas costeiras ventiladas	-2
V	Corredores de vento	-3
F	Áreas residenciais ventiladas	-1
DV	Áreas de vegetação	-1
DK	Áreas de dunas	-2

Fonte: Pesquisa do Autor

As cartas temáticas foram sobrepostas gerando o Mapa de Avaliação do Clima Urbano resultante da interação entre os dados das estruturas morfológicas e urbanas. Sua interpretação resultou na classificação de conforto térmico para as áreas definidas.

RESULTADOS

A Figura 1 mostra a topografia de Salvador hierarquizada de acordo com a altitude em relação ao nível do mar. Essa carta tem por base a variação da temperatura do ar com a altura. As temperaturas ligeiramente mais baixas situam-se nas áreas mais altas e vice-versa. O grau de exposição ao vento, também relacionado com a altura, favorece a perda de calor nestas áreas, o que qualitativamente, para o clima de Salvador, pode resultar em áreas termicamente mais confortáveis. Observa-se que as áreas de menor altitude situam-se, predominante, à sudeste e ao sul da península (Costa Atlântica), enquanto que as terras altas, faixa média de altitude de 20-60 m, encontram-se no denominado "Miolo" do município.

A Figura 2 mostra a classificação do uso do solo para Salvador. Embora tenha resultado na maior área, o Padrão 9 representa uma área de ocupação mais recente, onde a disponibilidade de informações foi insuficiente para maior detalhamento. É do conhecimento que as mesmas vem sendo largamente ocupadas, em geral, por uma tipologia semelhante ao Padrão 4, com a significativa redução das áreas de vegetação e preservação ambiental, como é o caso de alguns parques, a exemplo do São Bartolomeu e das Dunas do Abaeté. O Padrão 4 ocupa a segunda maior área e apresenta edificações com até quatro pavimentos, densidade muito alta e sem vegetação. É um padrão típico de ocupação desordenada sem áreas abertas. Cada um dos Padrões 5, 6, 7 e 8 correspondem a

aproximadamente 9% da área total. Os três primeiros apresentam edificações baixas com densidade média para o Padrão 5 e baixa densidade com vegetação para o Padrão 6 e sem vegetação para o Padrão 7. O Padrão 8 é uma classificação especial para áreas de grandes construções, como indústrias, shopping centers, rodoviárias, hospitais etc. O Padrão 3 cobre aproximadamente 1% da cidade e apresenta edificações de altura e densidade médias. Os Padrões 1 e 2 correspondem a áreas mais densas da cidade com edifícios de maior gabarito. A diferença entre esses dois últimos padrões reside no afastamento entre os edifícios. Cobrem aproximadamente 4% da área urbana total, embora seu impacto possa ser muito significativo, consequentemente possuem o maior peso. Ao Padrão 4 também foi atribuído um peso alto devido às características de sua densidade de ocupação.

A Figura 3 apresenta as áreas de ventilação definidas de acordo com os critérios apresentados. O Padrão C ocupa a maior área, onde a velocidade do vento é reduzida devido à sua localização interna em relação à costa e ao tecido urbano. O Padrão F é ligeiramente mais ventilado que o anterior, por apresentar uma ocupação menos densa, com mais vegetação e estar situado em cota elevada, embora também seja uma área central do território do município. Os Padrões DK e K representam o microclima das áreas de dunas e áreas costeiras, ambas sob a influência da brisa marinha. A costa oriental é substancialmente beneficiada pelos intensos ventos Alísios que penetram o tecido urbano percorrendo os vales, conduzindo ar fresco e úmido para as áreas centrais. Estas áreas correspondem ao Padrão V e foram denominados de corredores de vento. A área DV não possui nenhum fator específico, tecido urbano significativo ou características topográficas que influenciem fortemente o vento regional.

O Mapa de Avaliação do Clima Urbano (Figura 4) sintetiza os aspectos estudados na área da cidade, resultando em sete categorias, as quais incluem diferentes intensidades do fenômeno ilha de calor: ilha de calor máximo, ilha de calor e ilha de calor reduzida. A sua configuração em Salvador, apresenta-se dispersa na malha urbana, diferindo consideravelmente da ilha de calor típica para cidades continentais, cujas isotermas são concêntricas. Isto ocorre devido às características específicas da cidade relativas à topografia, uso do solo e ventilação. Percebe-se este fenômeno até mesmo em áreas costeiras, seja por causa das altas densidades ou pela obstrução ao vento. O efeito máximo de ilha de calor ocorre nas áreas mais antigas da cidade, ao longo da falha geológica, seguidas pelas áreas mais centrais. Este mapa mostra que as áreas fortemente ventiladas ocupam uma percentagem menor da área total e estão concentradas ao longo da costa e das áreas de corredores de vento.

O gráfico de avaliação do clima urbano poderia ser traduzido em uma classificação térmica qualitativa aplicando-se uma escala de conforto térmico variando de -3 a +3¹ sobre as categorias do mapa da Figura 4.

Considerando-se que a condição de conforto térmico para áreas tropicais úmidas depende do efeito de vento, a categoria “áreas fortemente ventiladas” foi considerada como condição térmica neutra (valor 0). Todas as outras categorias representam estresse térmico positivo, confirmado pelas medições locais interpretadas pelo índice PET em estudos anteriores (FREIRE, 2002; NERY, 2003). As categorias “Dunas/Clima costeiro” e “Vegetação” foram definidas como condição térmica *ligeiramente quente* (+1), cujas áreas sofreram pouca intervenção. “Ilha de calor reduzida” e “Ventilação reduzida” foram consideradas como valor +2, significando uma condição térmica *quente*, onde as estruturas de armazenamento de calor embora sejam baixas, são também densas. “Ilha de calor” e “Ilha de calor máximo” foram traduzidas em +3, significando condição *muito quente*, pois essas áreas apresentam o armazenamento de calor mais alto e a ventilação mínima.

CONCLUSÕES

A condição mesoclimática de Salvador pode ser descrita como possuindo uma tendência geral para o estresse térmico positivo durante o dia e durante o ano todo, até mesmo em época de inverno, embora existam variações climática perceptíveis entre as estações (ANDRADE e outros, 2004). As diferentes áreas classificadas como sendo ilhas de calor, identificadas como os primeiros resultados desta pesquisa, indicam uma deterioração severa da qualidade térmica da

cidade, reduzindo a qualidade ambiental urbana em vasta área do seu território. Esta condição resulta da forma de ocupação urbana, com a substituição significativa de áreas verdes por estruturas construídas que acumulam calor e elevam o estresse térmico. Este fato pode ser comprovado pelo aumento de 0,8° C na média anual da temperatura do ar registrado durante os últimos 45 anos em Salvador (TEMPERATURA..., 2005). A redução de áreas verdes e ocupação dos corredores de vento, responsáveis pela refrigeração da cidade, deixa pouco espaço para ações que visem melhorar a qualidade térmica urbana.

As conclusões iniciais mostram que maior desconforto térmico está relacionado às áreas mais densamente construídas, as quais apresentam ventilação reduzida sem o benefício de corredores de vento, enquanto que para esse mesmo padrão de ocupação favorecido pela ventilação a condição de conforto térmico é razoável. Outras partes centrais da cidade com casas até quatro pavimentos, que em princípio não estariam em desconforto, foram classificadas como ilhas de calor devido à radiação incidente, menor ventilação e ausência de vegetação. As áreas densamente construídas próximas da linha costeira, ou aquelas que se encontram dentro de corredores de vento, apresentaram ilhas de calor reduzidas e, portanto, melhores condições térmicas em relação às anteriores. O mesmo ocorre nas áreas em cotas elevadas e acima de 60 m. A classificação de conforto térmico para Salvador, inferida a partir deste primeiro estudo, permite identificar as áreas para manter a qualidade de conforto térmico, bem como as áreas críticas que precisariam de requalificação.

Notas

¹ Escala proposta por Fanger (1982) onde -3 corresponde à sensação térmica “muito frio”, -2 a “frio”, -1 a “ligeiramente frio”, 0 equivale à condição de conforto térmico, +1 a “ligeiramente quente”, +2 a “quente” e +3, à sensação “muito quente”

Referências

- ANDRADE, T. *et al.* Thermal comfort and urban climate of the tropical city of Salvador, Bahia. *TECBAHIA: Revista Baiana de Tecnologia* Salvador, v. 17, n. 3, p. 34-45, set./dez. 2002.
- _____. Thermal Comfort Conditions for a Tropical City - Salvador Brazil Proceedings Vol.1, PLEA 2004, NL, Technische Universität, pág. 53 – 57, 2004.
- FANGER P. O. *Thermal Comfort*. New York, McGraw-Hill Book Company, 1972.
- FREIRE, T; SHIMMELPFENG, W. Elementos Climáticos - Salvador. Relatório PIBIC-UFBA, 2002.

HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, n. 43, p. 71-75, 1999.

NERY, J.; ANDRADE, T.; LIRA, I. Temperatura do ar e padrões de ocupação em Salvador. In: ENCONTRO DE CONFORTO NO AMBIENTE

CONSTRUÍDO, 7. CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3., 2003, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 2003, p. 624. (CD-ROM).

TEMPERATURA média de Salvador aumenta. *A Tarde*, Salvador, p. 5, 3 nov. 2005.

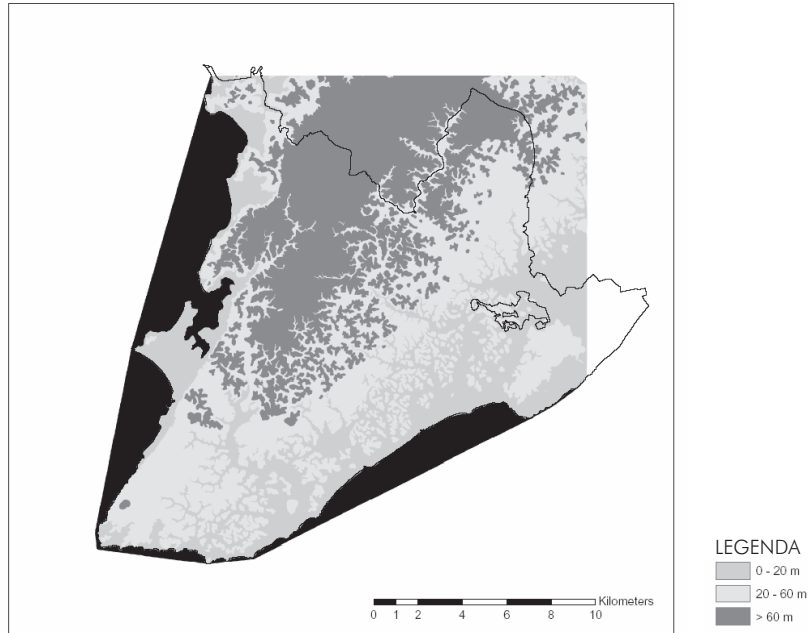


Figura 1 – Topografia

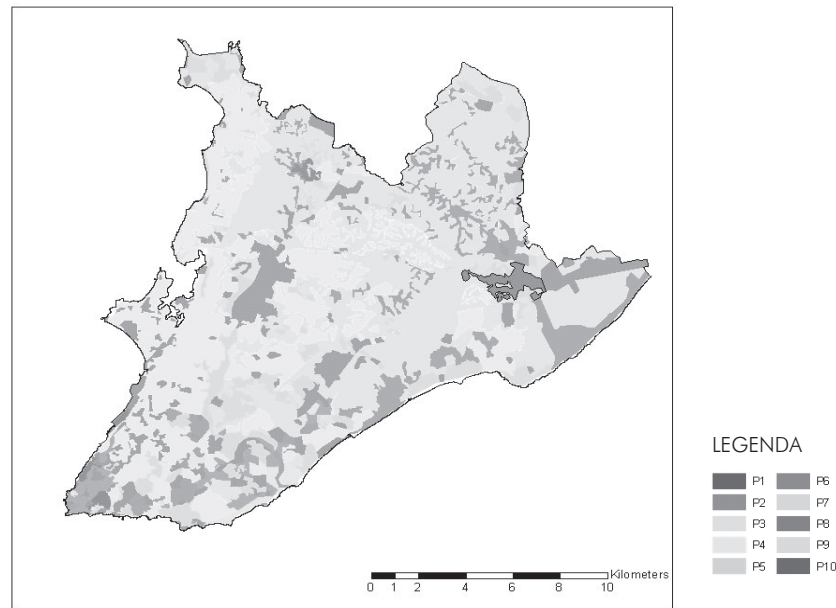


Figura 2 – Uso do Solo

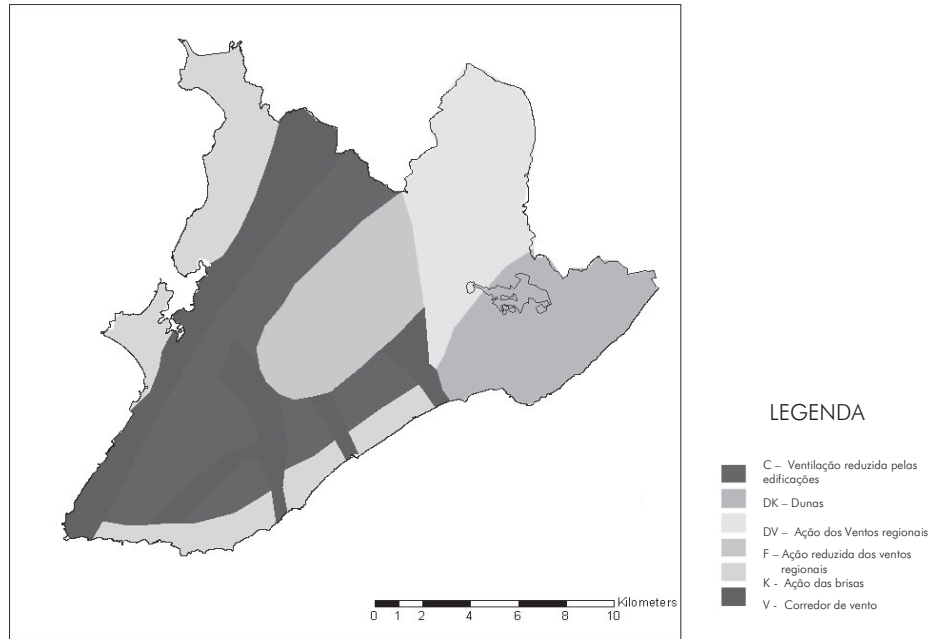


Figura 3 –Ventilação

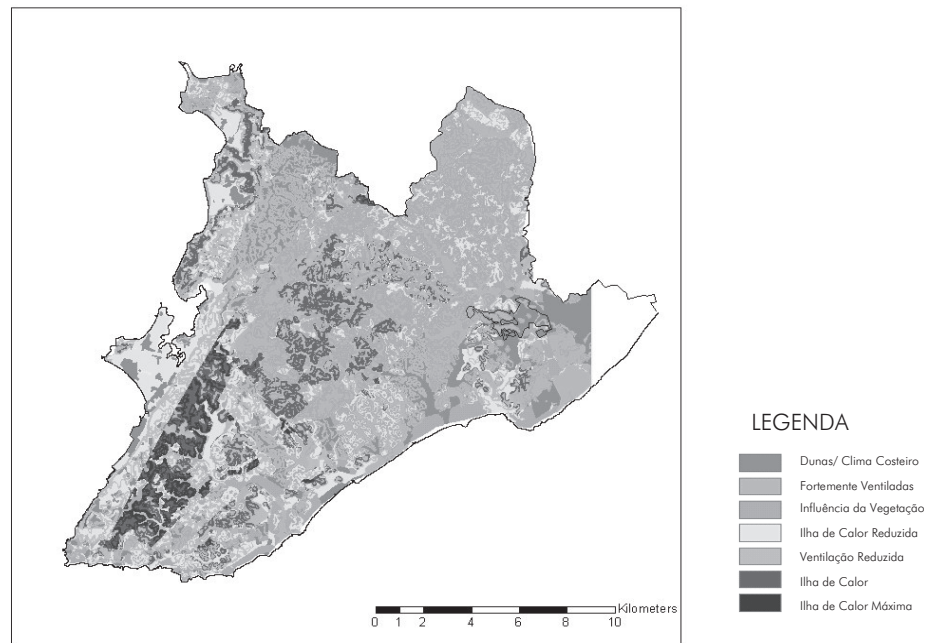


Figura 4 – Mapa de Avaliação do Clima Urbano