XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

MORFOLOGIA URBANA, ADENSAMENTO CONSTRUTIVO E MICROCLIMA: ANÁLISE DO DESEMPENHO CLIMÁTICO DE TECIDOS URBANOS NA REGIÃO AGRESTE DE ALAGOAS.

Maria Vitória da Silva Costa (1); Ruan Victor Amaral Oliveira (2); Aldiranny Luiza de Oliveira Santos (3); Simone Carnaúba Torres (4)

(1) Graduando(a)- Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas –*Campus* Arapiraca. E-mail: mariavitoriaah@gmail.com; (2) Graduando- Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas –*Campus* Arapiraca, E-mail: ruanvictoramaral@hotmail.com;
(3) Arquiteta e Urbanista. E-mail: aldirannyl@gmail.com
(4) Doutora em Desenvolvimento Urbano, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas – *Campus* Arapiraca. E-mail: simone.torres@arapiraca.ufal.br. UFAL –Campus Arapiraca: Av. Manoel Severino Barbosa, Bom Sucesso. CEP: 57309-005. Arapiraca – AL. Tel.(82) 3482 1844

RESUMO

O presente estudo corresponde a uma investigação sobre a influência da morfologia urbana no desempenho climático dos espaços externos e nos padrões de aproveitamento das estratégias bioclimáticas. O objetivo da pesquisa foi realizar uma avaliação sobre o desempenho climático de tecidos urbanos determinados por diferentes padrões morfológicos na cidade de Arapiraca-AL. Foi realizado monitoramento microclimático em sete tipos de arranjos construtivos selecionados. Foi possível constatar diferenças de temperatura acima de 2,5ºC no período analisado (dezembro/2018 e janeiro/2019), nos horários de maior intensidade de radiação solar, entre os tecidos investigados. Neste sentido, são evidenciadas a importância da análise de desempenho climático no processo ao planejamento e a iminente necessidade de revisão da legislação urbanística para desenvolvimento de diretrizes baseadas no controle do adensamento construtivo com enfoque no urbanismo bioclimático.
Palavras-chave: morfologia urbana. desempenho climático. adensamento construtivo

ABSTRACT

This study examines the influence of the urban morphology on climatic changes of urban spaces and on the use of bioclimatic strategies. The main objective of this work is an evaluation of the climatic performance of urban typologies, presenting different densities and morphological patterns, using the city Arapiraca-AL as case study. Microclimatic monitoring was performed in seven selected spatial typologies. It was possible to observe thermal difference above 2.5ºC in the period analyzed (December / 2018 and January / 2019) at the most intense times of solar radiation between the urban spaces investigated. The importance of climate analysis in the urban planning process could be demonstrated within this work. The results show the need to review planning instruments and guidelines for dense urban environments focusing on a bioclimatic urbanism.
Keywords: urban morphology. urban climate perfomace. urban built density,

1. INTRODUÇÃO

A compreensão das condições ambientais do espaço construído, incluindo espaços abertos, e a análise da interface entre o edifício e espaço externo são fundamentais para a identificação de diretrizes de adequação de assentamentos humanos. Estas diretrizes devem ser consideradas no processo de gestão e planejamento urbano para evitar possíveis impactos ambientais decorrentes do modo de ocupação territorial das cidades. Sobre este aspecto, a adequação do conjunto edificado às condições climáticas de cada região tem sido apontada como importante fator para redução do aquecimento de estruturas urbanas, evitando a formação de ambientes desfavoráveis às condições de conforto térmico, contribuindo, também, para a redução do consumo de energia em edificações.

Evidencia-se o papel do *urbanismo bioclimático* como disciplina que deve ser integrada ao planejamento ambiental, pois, adota uma abordagem associada à análise da capacidade de carga dos elementos naturais locais a uma matriz de interações entre os aspectos ambientais (insolação, ventos, vegetação, recursos energéticos, hídricos e geomorfologia) e as variáveis do ambiente urbano: estrutura de circulação, espaços livres e áreas verdes, condições das quadras, lotes e edificações (HIGUERAS, 2006). Estas considerações apresentam uma significativa interface com os aspectos conceituais da sustentabilidade e das diretrizes recomendadas para mitigação do processo de aquecimento das cidades.

Para o alcance da adequação climática de tecidos urbanos é necessário compreender a interferência do conjunto edificado no comportamento das variáveis ambientais. Porém, os variados tipos morfológicos determinados por diferentes densidades construtivas podem apresentar distintas respostas quanto ao grau de adequação climática. Assim, a necessidade de aprofundamento sobre as análises de correlação entre as formas de ocupação do solo e o comportamento das variáveis climáticas tem sido a principal recomendação para novos estudos e sistematização metodológica de procedimentos de subsídio ao processo de planejamento.

As pesquisas realizadas nos trópicos apontam que o desconforto térmico nestas regiões está diretamente relacionado com a radiação incidente, absorvida e refletida no ambiente construído (EMMANUEL, 2005, DUARTE, 2015). Por isso, as estratégias para o controle da radiação em edifícios são eficientes na minimização do acúmulo de calor nas estruturas arquitetônicas e urbanas. Outros estudos destacam que, nas áreas densamente construídas, as trocas de calor predominantes são as trocas térmicas sensíveis, sendo necessário o uso de estratégias para incrementar as trocas úmidas a partir do uso de vegetação, solo exposto e corpos d`água para equilibrar o balanço de energia (DUARTE,2000; ASSIS, 2005; DUARTE,2015). Portanto, a morfologia urbana deve ser estudada para favorecer a incorporação destes princípios bioclimáticos.

A cidade de Arapiraca-AL corresponde ao caso de estudo da presente pesquisa, destacando-se por sua fragilidade quanto ao processo de ocupação do solo. Devido à ausência de definição dos parâmetros urbanísticos de ocupação territorial, a cidade vivencia hoje uma situação de vulnerabilidade quanto aos impactos climáticos decorrentes dos padrões construtivos urbanos. Esta realidade assemelha-se à encontrada na maioria das cidades de pequeno e médio porte no cenário brasileiro, principalmente, na região Nordeste.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar a análise do desempenho climático de tecidos urbanos da cidade de Arapiraca-AL caracterizados por densidades construtivas e padrões morfológicos diferenciados, a partir da comparação dos valores de temperatura e umidade relativa do ar, registrados através de monitoramento microclimático.

3. MÉTODO

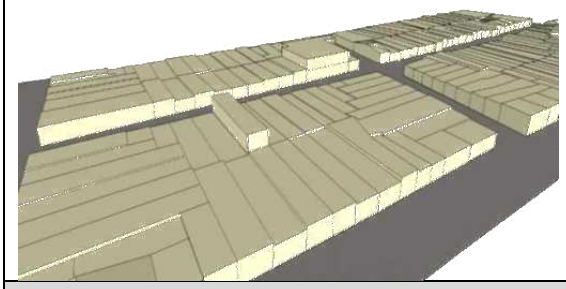
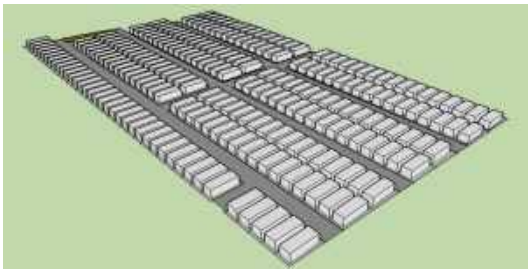
A pesquisa contemplou os seguintes procedimentos metodológicos:

3.1 Seleção de tipos morfológicos de tecidos urbanos para monitoramento das variáveis climáticas

Foram analisados os padrões de ocupação e forma urbana predominantes na cidade de Arapiraca-AL. O tecido urbano é configurado pelo sistema viário, pelo padrão do parcelamento do solo, pela aglomeração e pelo isolamento das edificações, assim como, pelos espaços livres (MOUDON, 1997). Para cada tipo morfológico identificado, foi selecionado um tecido para análise do desempenho climático. Os tipos selecionados apresentam topografia similar e altitudes próximas para subsidiar a

análise comparativa das condições investigadas. Todos tecidos selecionados foram caracterizados quanto aos elementos definidores de sua morfologia e suas características estão descritas no quadro 1:

Quadro 1: Descrição dos tecidos urbanos selecionados para o monitoramento microclimático.

PADRÃO MORFOLÓGICO	CARACTERÍSTICAS DO TECIDO URBANO
1. Horizontal geminado arborizado 	**Comunidade Vila do Padre** Área residencial caracterizada por edificações geminadas, porém, as áreas centrais das quadras são arborizadas. Apresenta configuração de quadra aberta com arborização de médio porte. As vias possuem pavimentação poliédrica. Caracteriza-se pela presença de solo natural na área central das quadras. O entorno apresenta padrão morfológico *horizontal geminado denso* (ausência de arborização urbana).
2. Horizontal Disperso. 	**Localidade: Reserva Perucaba** Condomínio residencial fechado, caracterizado por baixa taxa de ocupação do solo, com casas isoladas, com até dois pavimentos. As ruas são asfaltadas. A vegetação presente é rasteira, com gramado e pequenos arbustos. Está localizado às margens do lago da Perucaba, o que configura um bom condicionante de resfriamento evaporativo para o tecido. Apesar de apresentar um tecido *horizontal disperso*, o entorno é representado pelo padrão morfológico *horizontal denso geminado* e, também, por alguns vazios urbanos.
3. Horizontal denso geminado. 	**Localidade: Cacimbas** Bairro residencial caracterizado por elevada taxa de ocupação do solo e edificações geminadas. Pouca permeabilidade do solo, com pavimentação poliédrica (calçamento). A arborização urbana é inexistente. Apresenta uso misto (habitacional e alguns pontos de comércio e serviços). Topografia levemente acidentada. O entorno apresenta mesmo padrão morfológico.
4. Vertical baixo disperso 	**Localidade: Residencial Jardim Europa** Condomínio residencial, com 10 torres residenciais de quatro pavimentos cada. A arborização existente ainda é de pequeno porte. A taxa de ocupação do solo é média (aproximadamente 60%). O entorno é caracterizado por área descampada, com baixa rugosidade e alta porosidade, permitindo a livre passagem dos ventos até o tecido.
5. Horizontal geminado 	**Localidade: Luar do Cavaco** Área residencial caracterizada pela presença de edificações térreas geminadas. Tem baixa permeabilidade do solo, devido á pavimentação poliédrica. Entorno de baixa rugosidade, com vazios urbanos, permitindo a passagem dos ventos. Vegetação inexistente.

Quadro 1 (cont.): Descrição dos tecidos urbanos selecionados para o monitoramento microclimático.

PADRÃO MORFOLÓGICO	CARACTERÍSTICAS DO TECIDO URBANO
6. Horizontal geminado 	**Localidade: Residencial Agreste** Conjunto habitacional caracterizado por edificações térreas geminadas. Apresenta solo permeável apenas nas áreas destinadas aos espaços públicos. As ruas possuem pavimentação poliédrica. Vegetação inexistente. O entorno corresponde a uma extensa área descampada. O condomínio situa-se em antiga área rural do município.
7. Horizontal baixo disperso. 	**Localidade: Ouro Verde** Condomínio residencial fechado caracterizado por residências de até dois pavimentos. Apresenta taxa de ocupação média. É significativa a presença de solo natural, gramado e densidade arbórea. Solo asfaltado nas vias. O entorno apresenta mesmo padrão morfológico: horizontal disperso.

3.2 Monitoramento das variáveis ambientais nos tecidos urbanos selecionados

Todos os tecidos foram submetidos ao monitoramento das variáveis climáticas, temperatura e umidade relativa do ar, a partir da instalação dos equipamentos HOBO Pro v2 *data-logger* da ONSET[12] (referência U23-001) que são coletores de dados para ambientes externos à prova d'água. Os instrumentos foram calibrados uma semana antes do início do monitoramento microclimático[13]. Os sensores apresentam faixa de operação correspondente a -40ºC a 70º C para registro de temperatura do ar, e de 0 a 100% para registro de umidade relativa do ar, com precisão correspondente a ± 0,21ºC (a partir de 0ºC a 50ºC) e, para umidade relativa do ar, ± 2,5% (a partir de 10% a 90% (típica)).

a)  b)  

Figura 1: a) Equipamento de proteção do HOBO Pro v2 *data-logger (*U23-001); b) HOBO posicionado no dispositivo de proteção e, c) equipamento instalado no poste. Fonte: Os autores (2019)

[12] Resolução: 0.02°C -25°C (0.04°F - 77°F)

[13] Este procedimento objetivou verificar se existia diferença significativa entre os valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar registrados nos sete equipamentos utilizados para o monitoramento (mesma marca e modelo) empregados na pesquisa de campo, e calibrá-los, determinando os fatores de correção para os dados medidos. As diferenças registradas entre os equipamentos não foram superiores a 0,2°C.

Este monitoramento microclimático foi realizado durante o período *quente e seco*, segundo a caracterização climática de Arapiraca correspondendo aos meses de dezembro (2018) e janeiro (2019).

Os *hobos* foram programados para registro horário dos dados climáticos, sendo posicionados no interior de dispositivos de proteção contra radiação solar direta e refletida (referência RS1- ONSET), fixados à sombra, em postes de iluminação, nos pontos de estudo e a 2,30m de altura[14], conforme a Figura 1. Apenas os dias de céu claro foram considerados para análise. Os pontos de monitoramento e fixação dos equipamentos corresponderam às áreas centrais dos tecidos. Desta forma, foi possível obter a tendência das magnitudes médias horárias das diferenças térmicas entre os diferentes tecidos investigados, na escala microclimática para a época das medições realizadas.

4. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA CIDADE DE ARAPIRACA-AL

A cidade de Arapiraca está localizada geograficamente na área central do Estado de Alagoas, na mesorregião do Agreste, pertencente à região de transição entre a costa úmida e o semiárido nordestino (Figura 2), entre a latitude 9°75'25'' Sul e longitude 36°60'11'' Oeste, a 132 km de distância da capital Maceió, com maior parte de seu território situada em superfície plana, abrangendo 410 km² (IBGE, 2010).

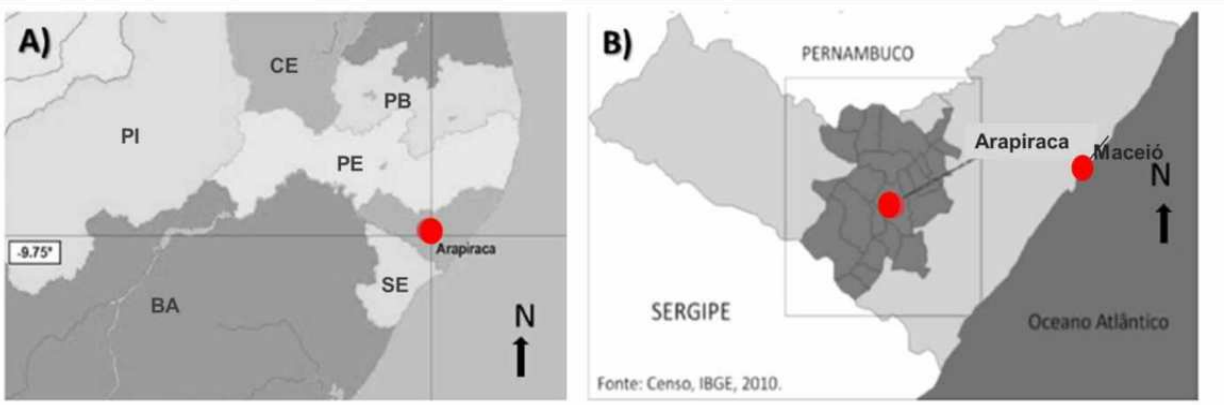


Figura 2: A) Localização do município Arapiraca no nordeste brasileiro, (B) Posição geográfica no Estado de Alagoas - região do agreste alagoano. Fonte: Adaptado de IBGE (2010)

Devido a sua localização privilegiada, Arapiraca permite que seu comércio e serviços atendam aos municípios circunvizinhos, fazendo com que seja considerada a cidade de maior importância econômica e demográfica do interior do Estado. Segundo o último censo, a população total do município de Arapiraca foi estimada para o ano de 2018 em 230.417 habitantes, sendo 181.481 vivendo em área urbana (IBGE, 2010). Atualmente, seu sítio urbano está subdividido em 38 bairros.

De acordo o Ministério da Integração Nacional (2005), a cidade possui clima tropical quente subúmido seco. Porém, devido à indisponibilidade de registros históricos das variáveis climáticas específicas do município, estudos de caracterização do seu perfil climático vêm sendo desenvolvidos desde 2009. Em 2008, foi implantada a estação Arapiraca A353 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a qual tem subsidiado pesquisas para compreensão do clima local (TORRES, 2017).

Estudos recentes realizados por Silva (2017) e Torres (2017) na cidade de Arapiraca, mostram que seu clima é composto basicamente por duas estações: a *estação quente e seca* (período de outubro a abril) e a estação *quente e úmida* (período de maio a setembro*)*. A primeira é caracterizada pelo registro de temperaturas do ar elevadas (médias acima de 25°C, podendo alcançar valores máximos acima de 33°C), baixa umidade relativa do ar (valores mínimos absolutos abaixo de 40%), alta amplitude térmica (variações diurnas acima de 10°C) e baixa pluviosidade. A estação *quente e úmida* é caracterizada por temperaturas do ar menos elevadas (valores médios abaixo de 25ºC e mínimas absolutas de aproximadamente 17°C), umidade relativa do ar alta (valores médios mensais acima de 85%) e baixa amplitude térmica. Silva (2017) ainda investigou a direção predominante dos ventos em Arapiraca por meio de estudos de frequência das observações diárias, para cada mês ao longo dos anos, na qual a partir da análise dos dados coletados, verificou-se que as orientações Leste (E) e Sudeste (SE) ocorrem com maior frequência na cidade, sendo a

[14] A altura de posicionamento do instrumento de medição microclimática foi definida como 2,30 metros por questão segurança, evitando o acesso facilitado de curiosos ou vândalos.

direção Leste (E) predominante, com 42,19% de ocorrências, e a Sudeste (SE) secundária, com 31,19%.

Segundo Torres (2017), a partir da análise do perfil climático de Arapiraca, as principais estratégias que devem ser adotadas no desenho urbano para adequação dos conjuntos edificados são as seguintes:

- **Ventilação Natural:** Deve-se promover o aproveitamento da ventilação natural principalmente no período noturno (na estação quente e seca) quando o rigor térmico é favorável ao conforto térmico. Por isso, as tipologias construtivas devem apresentar uma menor taxa de ocupação do solo e maior porosidade da malha urbana, para possibilitar melhor distribuição das massas de ar no conjunto edificado. Assim, os tecidos podem possibilitar o aproveitamento das massas de ar no nível dos edifícios. A variação de alturas nas edificações, também, potencializa adoção desta estratégia.
- **Resfriamento Evaporativo**: Para otimizar o aproveitamento da ventilação natural, durante o período diurno, é necessário incrementar as condições microclimáticas para o aumento da umidade relativa do ar, favorecendo a redução da temperatura do ar. Deve-se priorizar, portanto, a incorporação de massas vegetativas para alcançar o resfriamento evaporativo indireto a partir do processo de evapotranspiração das plantas. A permeabilidade do solo pode permitir a redução do acúmulo de calor na escala microclimática, em comparação com os materiais de construção utilizados para revestimentos e impermeabilização em ambientes urbanos;
- **Sombreamento**: O sombreamento associado à estratégia do resfriamento evaporativo em decorrência da presença de vegetação urbana, favorece a redução da temperatura do ar, principalmente, no horário de maior aquecimento diurno, promovendo a minimização do acúmulo de energia térmica no nível microclimático.

5. RESULTADOS

Os equipamentos de monitoramento microclimático permaneceram instalados nos espaços externos dos tecidos selecionados no período correspondente a 20 de dezembro de 2018 até o dia 05 de fevereiro de 2019, totalizando 48 dias de coleta de dados. Partindo da confecção dos gráficos de cada um dos 48 dias, foram escolhidos 10 dias representativos. O dia representativo é aquele que possui um padrão uniforme de aquecimento observando os dados de temperatura do ar e radiação solar, com ausência de pluviosidade. Para isso, foram observados os dados registrados na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, de Arapiraca (A353). Os dias que apresentaram picos de temperatura, também, foram considerados por representarem as situações mais adversas de acordo com o período/ estação analisado (*estação quente e seca*).

Através da comparação entre os dados climáticos levantados de cada tecido urbano, observou-se em qual tecido ocorre uma maior ou menor influência da estrutura urbana sobre o comportamento da temperatura e umidade relativa do ar, a fim de compreender as relações existentes entre a morfologia urbana e o microclima. Estes procedimentos contribuíram para verificação de diretrizes importantes para análise e entendimento do desempenho climático dos tecidos analisados.

De acordo com a Figura 3, é possível observar os dados referentes ao comportamento da temperatura do ar máxima registrada em todos os dias monitorados. O valor mais elevado de temperatura do ar foi registrado no dia 30/12/2018, correspondendo a 36,3°C, às 15h, no tecido 3 – Bairro Cacimbas, que se destaca em relação aos demais tecidos investigados por registrar, em todos os dias, os maiores valores desta variável climática. Ainda no dia 30/12/2018, os tecidos que apresentaram os menores valores de temperatura máxima foram: o tecido 4 –Residencial Jardim Europa (33,4ºC), o tecido 7- Residencial Ouro Verde (33,6ºC) e o tecido 1- comunidade Vila do Padre (33,7ºC), registrados entre às 14h e 15h. Ou seja, a diferença no comportamento térmico entre estes tecidos foi de até 2,9ºC, sendo considerada, portanto, significativa em relação ao período analisado.

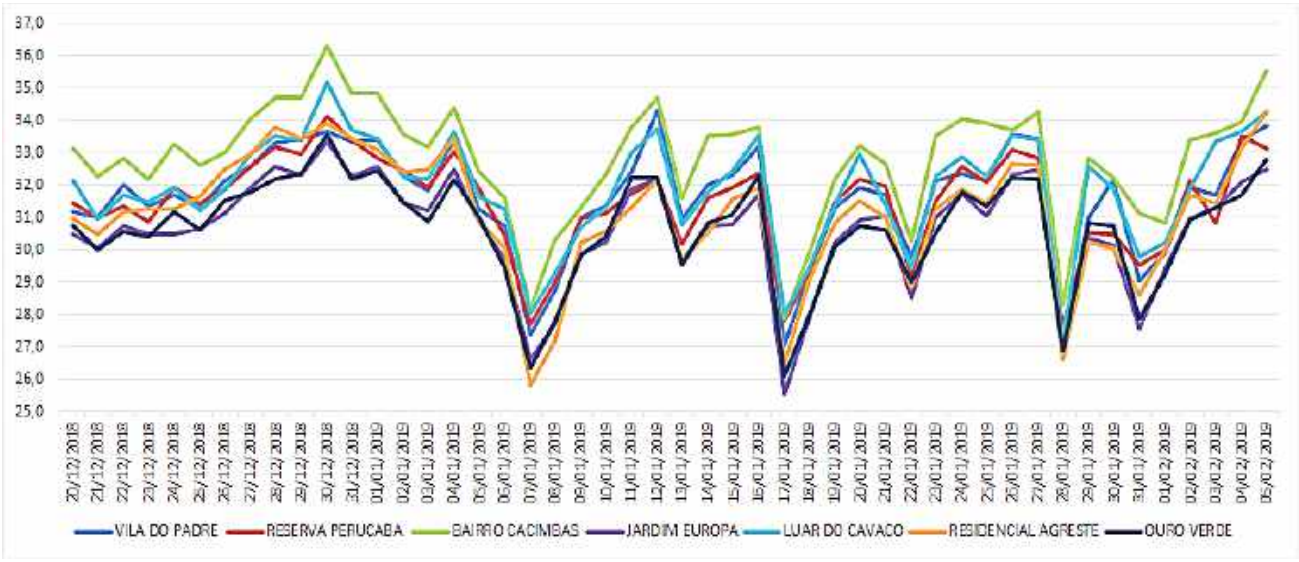


Figura 3: Gráfico referente aos dados de temperatura máxima do ar (ºC) registrados no período de monitoramento microclimático nos tecidos urbanos investigados. Fonte: Os autores (2019)

Verificando os dados referentes aos valores médios horários da temperatura do ar, obtidos a partir do monitoramento microclimático, é possível constatar que o padrão de aquecimento do tecido urbano 3- Bairro Cacimbas mantem-se superior aos demais (Figura 4), principalmente nos horários de maior intensidade de radiação solar (entre 10h e 16h). O tecido com maior capacidade de resfriamento foi o tecido 4 –Residencial Jardim Europa e o tecido 7- Residencial Ouro Verde. A diferenciação térmica média para o horário de 13h foi de 1,8ºC entre o tecido 3- Bairro Cacimbas (temperatura média do ar igual a 31,6ºC) e os tecidos 4 e 7 (ambos com temperatura média igual a 29,8ºC).

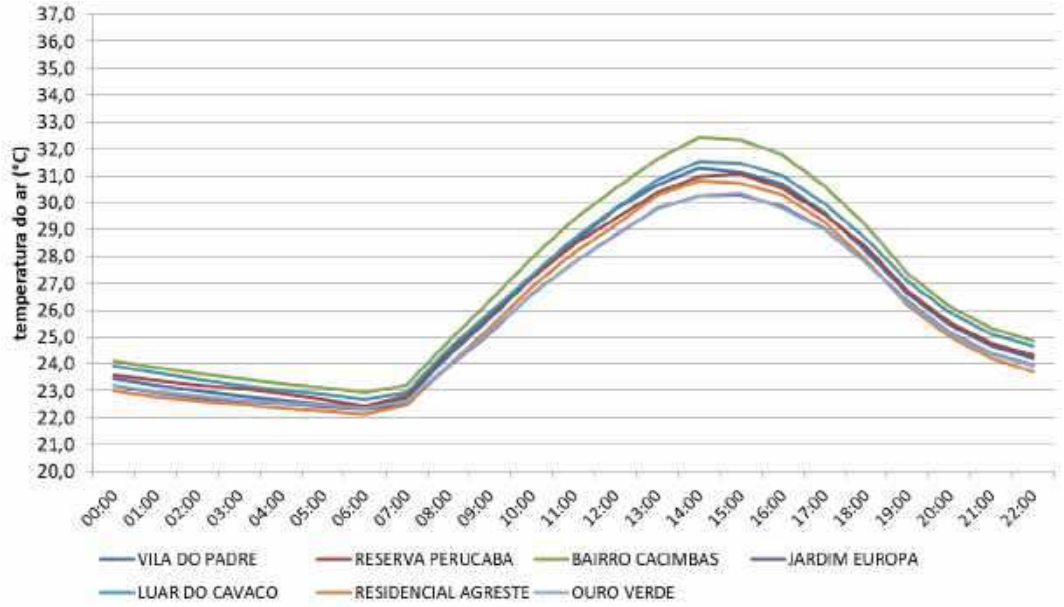


Figura 4: Perfil referente ao comportamento da temperatura média conforme dados coletados no período de monitoramento microclimático dos tecidos investigados. Fonte: Os autores (2019)

As diferenças entre esses tecidos que estão mantendo um maior resfriamento quando comparado ao Bairro Cacimbas é que cada um possui uma estratégia bioclimática diferente que propicia a diminuição da temperatura no nível microclimático. O tecido urbano 1-Conjunto Vila do Padre, devido à concentração de elementos arbóreos, utiliza a estratégia de sombreamento e o resfriamento evaporativo indireto através da vegetação, como também, o tecido 4- Residencial Jardim Europa, devido à altura dos prédios (4 pavimentos), promove sombreamento no nível externo e apresenta uma taxa de permeabilidade do solo média, além de favorecer o aproveitamento da ventilação natural no nível externo a partir da implementação de um maior distanciamento entre as edificações. Já o tecido 7 - Residencial Ouro Verde, apresenta arranjo construtivo disperso e baixa taxa de ocupação do solo favorecendo o aproveitamento das massas de ar locais nos níveis externos, como também, a manutenção de uma maior taxa de permeabilidade do solo que contribui para

reduzir o acúmulo de calor no conjunto edificado. Ou seja, os padrões morfológicos mais favoráveis em relação ao desempenho climático apropriado ao clima de Arapiraca-AL foram: *vertical baixo disperso* (tecido 4), *horizontal geminado arborizado* (tecido 1) e o *horizontal baixo disperso* (tecido 7). O padrão mais desfavorável ao desempenho climático foi o horizontal denso geminado (tecido 3), devido a ausência de estratégias bioclimáticas que auxiliem na amenização térmica, como a vegetação, sombreamento, resfriamento evaporativo ou alta taxa de permeabilidade do solo. Como a umidade relativa do ar possui comportamento inversamente proporcional ao da temperatura do ar, estes tecidos com maior potencial de resfriamento foram os que apresentaram os maiores valores de umidade relativa do ar, alcançando valores acima de 55% nos horários de maior intensidade de radiação solar.

É importante notar que embora os tecidos 4 e 7 apresentem padrões morfológicos bem diferenciados, o desempenho climático dos mesmos aponta uma tendência referente à capacidade de resfriamento no período analisado (período quente e seco). Para explicitar esta observação, pode-se verificar na figura 5, referente ao comportamento da temperatura do ar no dia representativo selecionado (30/12/2018), que estes tecidos apresentaram temperatura do ar inferior às registradas na estação automática do INMET (A353), nos horários de maior intensidade de radiação solar. Estes tecidos apresentam diferenças significativas quanto ao padrão de adensamento urbano, ou seja, possuem densidades construtivas diferentes. O tecido 4 possui maior densidade construtiva[15] dentre os demais tecidos avaliados e o tecido 7 apresenta o segundo menor valor de densidade construtiva (superior apenas ao tecido 2). Ou seja, o adensamento construtivo urbano pode ser viabilizado a partir do entendimento referente à aplicabilidade das estratégias bioclimáticas locais no desenho urbano e no ajuste do padrão morfológico de conjuntos edificados. O estudo demostra que a variação da morfologia de tecidos urbanos pode possibilitar o alcance de outros benefícios para as cidades, evitando a uniformização das estruturas urbanas e contemplando outras solicitações destacadas na atualidade como, potencialização do uso de infraestrutura urbana e integração social.

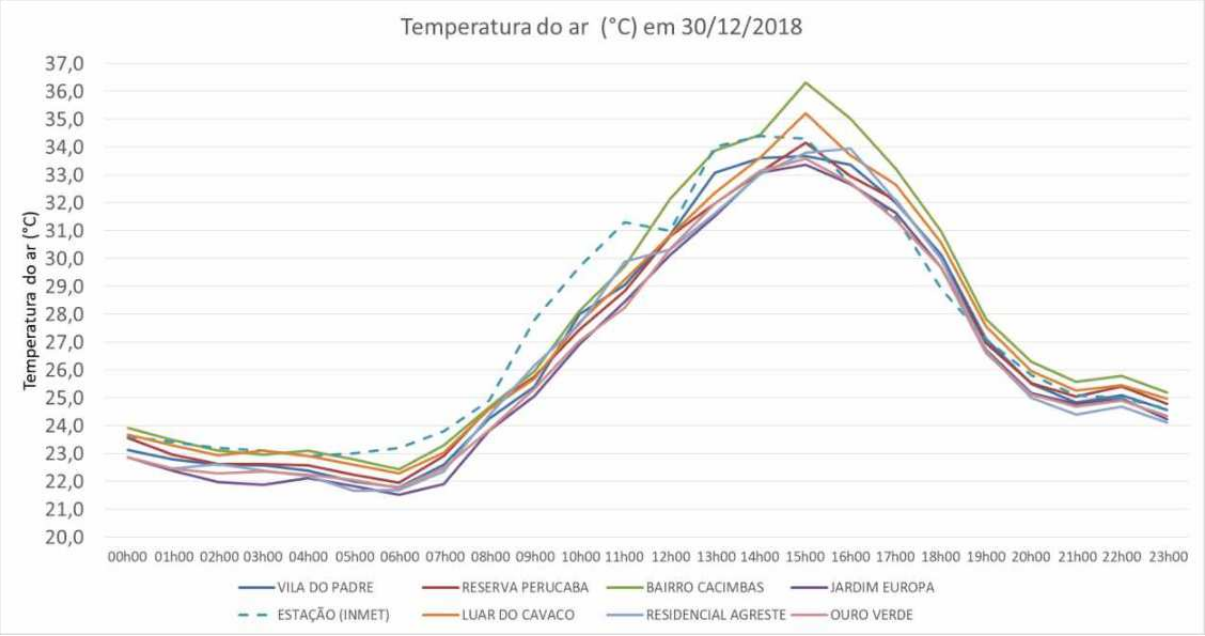


Figura 5: Comportamento da temperatura do ar registrado nos tecidos investigados no dia representativo do monitoramento microclimático: 30/12/2018. Fonte: Os autores (2019)

Analisando os dados médios de temperatura máxima do ar registrados nos dias representativos selecionados foram comparados os valores médios referentes à diferença entre a temperatura registrada no tecido 3 – Bairro Cacimbas e os demais tecidos investigados (Tabela 1). Verifica-se que todos os tecidos apresentaram redução de temperatura do ar a partir 0,7ºC. Estão destacados na Tabela 1, os valores referentes às diferenças térmicas acima de 2ºC, identificadas nos tecidos 4 e 7 (Jardim Europa e Ouro Verde), como também, no dia 30/12/2019, nos tecidos 1, 2 e 6 (Vila do Padre, Reserva Perucaba e Residencial Agreste).

[15] A densidade construtiva corresponde à soma das áreas úteis construídas dividida pela área total do tecido urbano.

Tabela 1: Valores de diferenciação térmica, identificados a partir da temperatura do ar máxima média (ºC) entre o tecido 3 – Bairro Cacimbas e os demais tecidos investigados, registrados nos dias representativos do monitoramento microclimático.

Dias Representativos	Tecido 1 Vila Do Padre	Tecido 2 Reserva Perucaba	Tecido 4 Jardim Europa	Tecido 5 Luar do Cavaco	Tecido 6 Residencial Agreste	Tecido 7 Ouro Verde
23/12/18	-0,8	-1,3	-1,7	-0,7	-0,9	-1,8
28/12/18	-1,4	-1,5	-2,1	-1,2	-0,9	**-2,6**
30/12/18	-2,6	-2,2	**-2,9**	-1,1	-2,4	**-2,7**
31/12/18	-1,5	-1,4	**-2,6**	-1,1	-1,4	**-2,7**
01/01/19	-1,4	-2,0	-2,2	-1,4	-1,8	-2,4
12/01/19	-0,4	**-2,6**	**-2,5**	-0,9	**-2,5**	-2,5
14/01/19	-1,5	-1,9	**-2,8**	-1,7	**-3,0**	**-2,7**
27/01/19	-0,8	-1,4	-1,7	-0,9	-1,6	-2,1
30/01/19	-0,1	-1,7	-2,1	-0,3	-2,2	-1,5
01/02/19	-0,9	-0,8	-1,4	-0,6	-0,8	-1,6

O tecido 2- Reserva do Peruca, também, demostrou uma tendência de resfriamento, apresentando diferenças térmicas acima de 2ºC em dois dias representativos (dia 30/12/2019 e dia 14/01/2019). Este tecido está localizado às margens do lago Perucaba (um antigo açude da cidade). A presença deste corpo d'água permite o alcance da estratégia bioclimática *resfriamento evaporativo* direto contribuindo para o incremento da umidade relativa do ar e, consequentemente, para a redução da temperatura.

O tecido 6- Residencial Agreste, apesar de apresentar padrão morfológico similar ao tecido 3 – Bairro Cacimbas, correspondendo à tipologia *Horizontal Geminado,* possui um entorno diferenciado, caracterizado pela ausência de estrutura edificada, pois está localizado em uma antiga área rural. O condomínio residencial foi implantado após a ampliação do perímetro urbano do município de Arapiraca, constituindo em conjunto habitacional do *Programa Minha Casa Minha Vida.* O entorno do conjunto corresponde a uma área descampada. Além disso, diferentemente do Bairro Cacimbas, não apresenta elementos que permitem a concentração de calor antropogênico, como circulação de automóveis. O uso do solo no tecido é exclusivamente habitacional. Este entorno diferenciado é favorável a inserção das massas de ar no tecido, porém, o aproveitamento no nível dos espaços internos das edificações pode ser comprometido devido a ausência de recuos laterais entre as edificações. O desempenho climático deste tecido, portanto, foi possivelmente influenciado pelo tipo de entorno, pois os valores de temperatura do ar média foram inferiores ao tecido 3- Bairro Cacimbas entre 0,9°C até 3°C (Tabela 1).

O tecido 5- Luar do Cavaco, também apresenta padrão morfológico *Horizontal Geminado* e situa-se no perímetro urbano em área já consolidada da cidade, porém, apresenta proximidade em relação a alguns vazios urbanos. Os valores médios de temperatura do ar registados neste tecido também foram inferiores ao tecido 3, porém, com uma diferenciação menor, de -0,3º C (em 30/01/2019) até de -1,7ºC (em 14/01/2019). Neste sentido, o estudo demostra que o tipo de entorno, pode apresentar forte influência nas condições climáticas de tecidos urbanos, além do padrão morfológico, pois, a existência de vazios urbanos pode auxiliar no processo de amenização das adversidades climáticas quando potencializa a inserção das massas de ar na estrutura urbana e/ou possibilita a manutenção de solo permeável e de espécies vegetadas. O tecido 3 –Bairro Cacimbas, possui um entorno caracterizado pela ausência de vazios urbanos, sendo marcante a existência um padrão de ocupação em áreas circunvizinhas determinadas pela elevada taxa de ocupação do solo urbano.

6. CONCLUSÕES

O monitoramento microclimático realizado em tecidos urbanos caracterizados por distintos padrões morfológicos possibilitou a identificação de diferenciações quanto ao desempenho climático das estruturas investigadas. Foi possível constatar diferenças de temperatura acima de 2,5ºC no período analisado (dezembro/2018 e janeiro/2019) nos horários de maior intensidade de radiação solar.

Os tecidos que apresentaram maior potencial de adequação climática foram os tecidos 4 (Residencial Jardim Europa – *Vertical Baixo Disperso*), 7 (Residencial Ouro Verde – *Horizonta Baixo Disperso*) e 2 (Reserva Perucaba - *Horizonta Disperso*). Todos estes registraram os menores valores de temperatura do ar nos horários de maior intensidade de radiação solar. É importante destacar que todos estes contemplam pelo

menos uma das estratégias bioclimáticas indicadas para adequação de estruturas urbanas locais. Apesar de apresentarem diferentes padrões morfológicos, o desempenho climático identificado nestes tecidos aponta tendências que indicam que o aumento do adensamento construtivo nem sempre influenciará negativamente nas condições ambientais urbanas. Assim, o tecido 4 (Residencial Jardim Europa – *Vertical Baixo Disperso*), com o maior índice de densidade construtiva dentre os tecidos investigados, em todos os dias monitorados, registrou um dos menores valores de temperatura do ar. Para a confirmação destas tendências, é necessária a ampliação deste estudo utilizando coleta de dados em períodos diferenciados e monitoramentos prolongados.

Outro aspecto importante destacado no estudo é a influência do tipo de entorno no padrão de aquecimento das estruturas, como observado nos tecidos 5 (Residencial Agreste) e 6 (Luar do Cavaco) e 3 (Bairro Cacimbas), todos com padrão morfológico horizontal geminado. Este último (tecido 3), de acordo com os resultados do monitoramento microclimático, registrou em todos os horários, os maiores valores de temperatura do ar, indicando a ausência de estratégias bioclimáticas e, consequentemente, maior aquecimento nos horários de maior intensidade de radiação solar. Neste sentido, verifica-se a necessidade de revisão dos instrumentos de planejamento urbano local, pois, o padrão morfológico horizontal denso geminado é, ainda, dominante no sítio urbano da cidade de Arapiraca-AL, devido à ausência de parâmetros urbanísticos adequados às solicitações climáticas locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, E. S. de. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. In: 8º Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 4º Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió. **Anais…** Maceió: ANTAC, 2005. p.92-101.

ASSIS, E. S. de. **Impactos da forma urbana na mudança climática:** método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano. 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000. 253 p

DUARTE, D. O clima urbano e o ambiente construído. In: GONÇALVES, J.C.S; BODE, K. (Org.) **Edifício Ambiental.** São Paulo: Oficina de textos, 2015. p.155-179

DUARTE, D. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental.** 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000. 278p.

EMMANUEL, M.R. **An urban approach to climate-sensitive design: strategies for the tropics**. New York: Spon Press, 2005.

HIGUERAS, E. **Urbanismo bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili, 2006. 241p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. **Censo de 2010.** Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/arapiraca/panorama. Acesso em: 25/04/2017

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. 2005. Disponível em: http://www.mi.gov.br

MOUDON, A. V. Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. **Urban Morphology**, v. 1, n. 1, p. 3-10, 1997

TORRES, S.C. **Forma e Conforto:** estratégias para (re)pensar o adensamento construtivo urbano a partir dos parâmetros urbanísticos integrados à abordagem bioclimática**.** 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano). Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. 397p

SILVA, M. F. da. **Estratégias bioclimáticas para o agreste de Alagoas:** diretrizes projetuais para edificações em Arapiraca. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas- *Campus* Arapiraca, 2017.63p.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS pela bolsa concedida através do Programa de Iniciação Científica –PIBIC para o desenvolvimento da presente pesquisa.