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

FORMA URBANA E CONDIÇÕES DE CONFORTO TERMO-ACÚSTICO: ESTUDO NO BAIRRO DE CAPIM MACIO EM NATAL/RN

José Eugenio Silva de Morais Júnior; (1); Tamáris da Costa Brasileiro (2); Deyvid Lucas Alexandre Marques (3); Evelyn Yasmim De Melo Maia (4); Jakeline Rayane Barros Felix (5); Matheus Cesar De Souza Silva (6); Pedro Victor Freitas Sarmento (7);
(1) Arquiteto, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo; Professor do Departamento de Engenharia Civil, eugeniomoraisj@gmail.com;
(2) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, tamarisbrasileiro@gmail.com;
(3) Estudante de Engenharia Civil, deyvidlucas1@gmail.com;
(4) Estudante de Engenharia Civil, evelynmaia42@gmail.com;
(5) Estudante de Engenharia Civil, jakrbf@gmail.com;
(6) Estudante de Engenharia Civil, matheusCSS2207@gmail.com;
(7) Estudante de Engenharia Civil, pvictor.sarmento@gmail.com;
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Civil, Natal–RN, 59078-970, Tel.: (84) 3215 3724

RESUMO
O conforto termo-acústico de um espaço urbano está condicionado a diversos fatores, dentre os quais se destaca a forma urbana local e os aspectos naturais, como o clima e as variáveis físicas. Este trabalho visa a caracterização ambiental e da forma urbana do bairro de Capim Macio, localizado na cidade de Natal/RN, no intuito de avaliar os microclimas existentes na região em comparação à cidade como um todo. Para tal são consideradas variáveis quantitativas, medidas in loco, como aspectos qualitativos que determinaram a escolha dos pontos de análise. Foram realizadas medições de temperatura do ar, umidade relativa do ar e níveis de pressão sonora em função de atributos urbanos como a hierarquização viária, arborização e influência da brisa marítima. Os dados extraídos foram comparados com os valores do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e com o Mapa Sonoro de Tráfego Veicular da cidade de Natal, permitindo a construção de um quadro geral acerca das condições de conforto do local. Os resultados mostram que as variações na hierarquia e perfil viário, bem como a existência de intervenções de engenharia de tráfego coincidem com os pontos de maior nível de pressão sonora, enquanto a proximidade da massa vegetal densa e da brisa marítima contribuem para valores mais aceitáveis de temperatura e umidade relativa. A concentração de áreas verdes, sobretudo em espaços públicos como praças, por sua vez, também evidencia as melhores condições ambientais encontradas em relação aos microclimas existentes nos pontos analisados.
Palavras-chave: Forma urbana, conforto ambiental, clima urbano.

ABSTRACT
The thermal and acoustic comfort of urban space is conditioned to several factors. Among them, it is possible to highlight the local urban shape and environmental aspects, such as climate and physical variables. This work aims at the environmental and urban shape characterization of the Capim Macio neighborhood, located in Natal/RN, to ascertain the existence of microclimates in the region in comparison to the overall values of the city. For this purpose, are considered quantitative variables, measured in loco, as qualitative aspects which determinate the analysis points chosen. Measures of temperature, the relative humidity of the air and sound pressure levels have been taken, according to the urban attributes such as the hierarchy of roads, afforestation, and sea breeze's influence. The collected data were compared with the values of the National Institute of Meteorology (INMET) and with the Natal noise map, allowing the creation of a general board regarding the local comfort conditions. The results show that variations in the hierarchy and road profile, as well as the existence of traffic engineering interventions match with the points of maximum sound pressure level. Meanwhile, the proximity of the dense vegetal mass and the sea breeze contributes to more satisfying

values of temperature and relative humidity. The concentration of green areas, mainly on public spaces like squares, also influences the best environment conditions founded about the microclimates existent on the analyzed points.
Keywords: urban shape, environmental comfort, urban climate

1. INTRODUÇÃO

A estrutura urbana é produto de vários processos formados pela interação do ser humano com a natureza e, portanto, se configura como um meio complexo. Sabe-se que cada vez mais as cidades têm sofrido as consequências da ausência de planejamento urbano nas diferentes esferas, inclusive a ambiental. A intensificação do uso do solo, a variedade de funções da cidade – e até mesmo a espacialização destas, que reflete um modelo urbanístico típico no Brasil a partir da década de 40 (VILLAÇA, 1999) – como também a não adoção de políticas de arborização e combate à poluição têm contribuído para o aumento das condições de desconforto do usuário, seja pelo aumento da temperatura ou elevação dos níveis de ruído urbano.

Partindo do princípio que as variáveis climáticas são alteradas pela relação com o espaço, Romero (2000) estabelece que o clima urbano é produto dos fatores climáticos globais – radiação, latitude, longitude, ventos e massas de água e terra – e de fatores locais, relativos à implantação no sítio abrangendo a vegetação, a topografia, as construções e o tipo de superfície do solo. Desta interação, mensuram-se os elementos climáticos como temperatura, umidade relativa e a movimentação do ar, entendida popularmente como ventilação. O clima urbano associado a outros fatores físicos – ruído, iluminação natural e artificial – avaliados não de maneira isolada, mas a partir da resposta de um usuário, ajudam a compreender a ideia de conforto, ou até mesmo "conforto ambiental" (SCHMID, 2005). O conforto ambiental urbano, portanto, se trata da resposta deste usuário às variáveis ambientais, no espaço urbano.

A cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte, (Latitude 05°47'42"S, Longitude 35°12'34" W) localiza-se numa área litorânea de clima quente e úmido, enquadrando-se na Zona Bioclimática 8 (ABNT, 2005). Ao longo de seu processo de formação e expansão urbana, especialmente no século XX, sofreu alguma interferência do modelo de planejamento urbano típico "tecnocrático-modernista" (SANTOS, 2012), marcado pela criação de áreas com predominância de uma única função – a exemplo dos conjuntos habitacionais da Região Administrativa Sul (QUEIROZ, 2012), e a presença da Rodovia Federal Governador Mário Covas – BR 101, que juntamente com outras vias denominadas arteriais (NATAL, 2007), articulam o tráfego intenso na região.

Por sua vez, o bairro de Capim Macio apresenta-se como caso particular em relação a sua forma urbana, pois, além de incluir-se no âmbito dos conjuntos habitacionais existentes na Zona Sul e ter possuído perfil predominantemente residencial por muitos anos, a existência de vias de alto tráfego em seu perímetro, inclusive a BR 101, implica numa diversidade atual de usos e dinâmicas que alteram este perfil majoritário e também trazem consequências do ponto de vista ambiental.

Ainda, o bairro sofre influência da brisa marítima e da proximidade com o Parque das dunas, o segundo maior parque urbano do Brasil (ARAÚJO et al, 2018), reforçando a ideia de que se trata de um espaço diversificado no que diz respeito a sua condição urbana, seja: a) pela posição de transição entre o acesso principal à cidade e a zona litorânea, b) pela existência de vias com característica de alto tráfego, c) pela diversidade atual de usos; d) pela proximidade de uma massa vegetal densa; e, portanto, com características climáticas distintas.

Compreender os aspectos do conforto urbano constitui-se, portanto, como ferramenta de planejamento, já que o modo de ocupação humana nas cidades altera as condições ambientais do espaço, e também, pode influenciar a qualidade dos usos posteriores. Então, partindo do princípio que as particularidades da forma urbana de um local específico (ex.: bairro) influenciam na variação das condições de conforto para a cidade como um todo, este trabalho busca responder como os atributos da forma urbana refletem os microclimas existentes dentro de um bairro e numa cidade. Para tal, adota-se como universo de estudo o bairro de Capim Macio, em Natal/RN. Como hipótese inicial, considera-se que as características do bairro em questão contribuem para formação de condições ambientais diferenciadas em relação à cidade na qual está inserido.

2. OBJETIVOS

Desta forma, o trabalho se propõe a investigar as condições de conforto termo-acústico no Bairro de Capim Macio em relação à cidade de Natal/RN, a partir da análise de sua forma urbana e da medição de dados ambientais (climáticos e de ruído) in-loco. Como objetivos específicos, cita-se:

-Caracterizar os atributos da forma urbana do bairro de Capim Macio que interferem nas condições de conforto termo-acústico;

-Reunir indicadores gerais de conforto urbano para a cidade de Natal/RN;

-Propor diretrizes gerais para o Bairro de Capim Macio, a partir dos dados observados.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho foi realizado a partir das etapas a seguir:

1. Caracterização do bairro em estudo, destacando sua forma urbana e respectivos atributos.
2. Levantamento de dados em campo, mediante medição de variáveis ambientais conforme método e pontos definidos previamente.
3. Seleção dos dados referentes às variáveis ambientais para a cidade de Natal;
4. Análise dos dados obtidos na medição em relação aos pontos escolhidos, ao bairro e à cidade de Natal.

3.1. Breve caracterização da área de estudo

O bairro de Capim Macio integra a Região Administrativa Sul do município de Natal. Possui por limitantes: Ao Norte, o bairro de Lagoa Nova e o Campus Universitário; ao Sul, o bairro de Neópolis; ao Oeste, as Avenidas Dão Silveira e Senador Salgado Filho, que por sua vez são marginais da Rodovia Gov. Mário Covas – BR 101; e ao Leste, Av. Engenheiro Roberto Freire, o Parque das Dunas e o bairro de Ponta Negra, que dá acesso à Praia de Ponta Negra e às demais praias do Litoral Sul. Parte de sua extensão encontra-se na Zona de Controle de Gabarito, definida pelo Plano Diretor por se tratar de área de entorno do Parque das Dunas. Estes limites podem ser visualizados na Figura 1, a seguir.

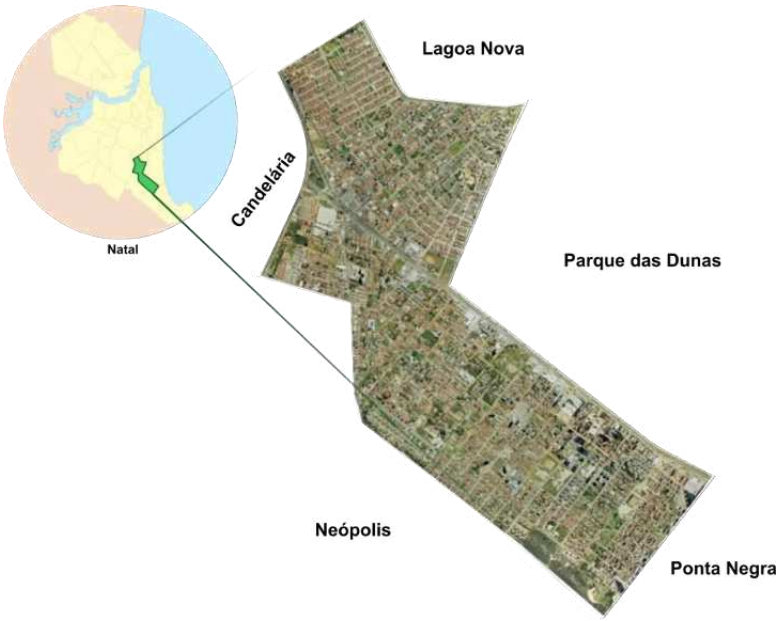

Figura 1 – Delimitação do bairro de Capim Macio. Fonte: NATAL (2010).

Segundo os dados da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo (NATAL, 2018), o uso predominante do bairro é o residencial, cuja taxa de arborização no entorno dos domicílios chega a 79%. No que concerne a pavimentação do solo, esta taxa chega a 93%. Existem ainda unidades de ensino, saúde e segurança pública, além de equipamentos tais como praças e quadras de esporte cuja quantidade é cerca de dez, distribuídas ao longo de sua extensão.

Por se inserir em Zona de Adensamento Básico (NATAL, 2007), aplica-se ao bairro um coeficiente de aproveitamento básico que, diferentemente de outras áreas da cidade, restringe o processo de verticalização. Em virtude de revisões anteriores do Plano Diretor, que consideraram a área como adensável, percebe-se uma incidência de edificações verticais nas proximidades da Av. Eng. Roberto Freire, que dá acesso à Praia de Ponta Negra. Por sua vez, a porção do bairro denominada "Zona de Gabarito" possui limitação na altura das construções até o limite de 6 (seis) metros, o que sugere o caráter pouco adensável do local.

Quanto ao Parque das Dunas, trata-se de uma reserva natural de mata atlântica cujo ecossistema possui alto grau de preservação. De acordo com Araújo (et al, 2018), a área se divide, do ponto de vista da vegetação, em 03 zonas: "Mata de Duna Litorânea ou Mata Atlântica (80%); formação das praias e Sopé das Dunas (10%); e formação Vegetal Tabuleiro Litorâneo (10%)" (p.2). Para os autores, a presença do parque influencia na regulação do clima local pela recarga do aquífero subterrâneo, pela fixação das dunas e pela purificação do ar, fatores estes que, além do forte apelo paisagístico para a cidade de Natal, implicam em condições de conforto diferenciadas.

3.2. Processo de medição em campo

3.2.1. Determinação dos pontos de medição

A escolha dos pontos de medição se deu considerando os atributos da forma urbana do bairro de Capim Macio que pudessem implicar em condições diferenciadas de conforto a partir da identificação de elementos como arborização (existente ou inexistente), incidência de alto tráfego, adensamento construtivo do entorno e

influência da brisa marítima. Desta forma, determinam-se 05 (cinco) pontos, cuja localização é exibida na Figura 2.

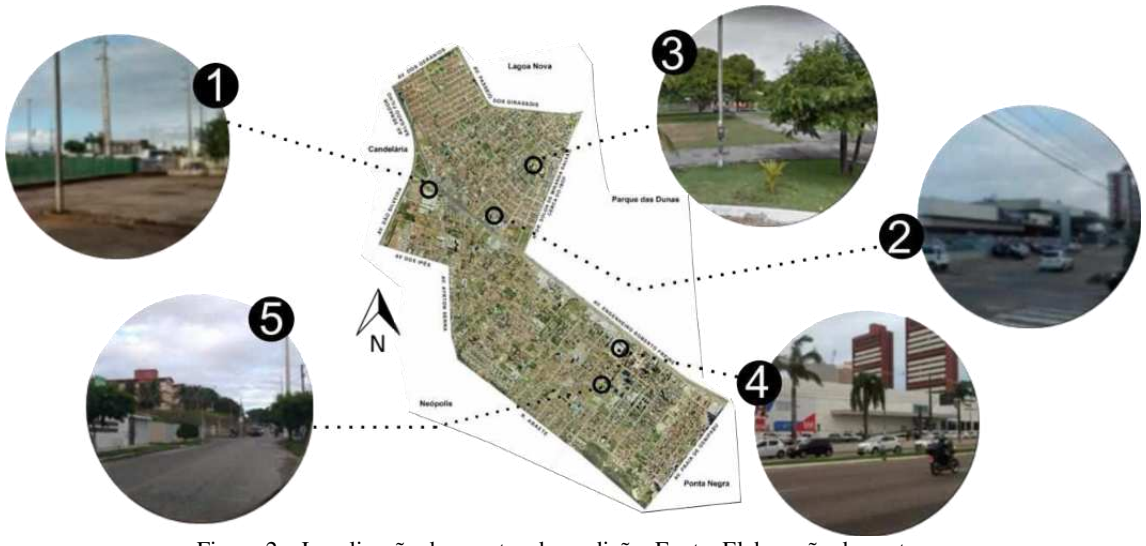

Figura 2 – Localização dos pontos de medição. Fonte: Elaboração dos autores.

O Ponto 01 é localizado na Av. Senador Salgado Filho, marginal da BR 101. Trata-se da área de entorno de um viaduto, com incidência de tráfego intenso e arborização inexistente. Corresponde também ao limite Norte da área em estudo, fazendo divisa com os bairros de Lagoa Nova e Candelária. O Ponto 02, por sua vez, corresponde ao cruzamento entre a Avenida Gov. José Varela - Via de classificação hierárquica "coletora" (NATAL, 2007) – e a Rua Prof. Antônio Henrique de Melo, via local. A escolha deste ponto se deu mediante à possibilidade de analisar em que medida o ruído de tráfego oriundo do ponto 01, que se distribui ao longo da Avenida Eng. Roberto Freire, incide sobre a região. Outro aspecto determinante também é o perfil diferenciado da via, pela existência do canteiro central e de espécies arbóreas de grande porte.

O Ponto 03 corresponde ao centro da Praça Hélio Galvão, no intuito de averiguar como a vegetação se relaciona com a condição de microclima na região. O Ponto 04 localiza-se na Av. Eng. Roberto Freire, por critérios de tráfego intenso e de proximidade com a massa vegetal do Parque das Dunas. Corresponde ao ponto de maior influência da brisa marítima, devido à proximidade da praia. Por fim, o Ponto 05 foi escolhido para a R. Énico Monteiro por se tratar de uma via local no limite Sul do bairro, com uso residencial e sem canteiro central arborizado. Busca-se comparar os dados deste ponto prioritariamente com o Ponto 02, para compreender se a variação no perfil da via e no tráfego incorrem em diferenças significativas. Apresenta-se na Tabela a síntese das informações dos pontos escolhidos.

Tabela 1 – Critérios qualitativos para escolha dos pontos de medição.

Ponto	Hierarquia	Tráfego. Alto	Arborização	Uso Pred. Residencial	Brisa Marítima	Proximidade do Parque	Canteiro Central
1	X	X					
2	X	X	X	X			X
3			X	X			
4	X	X			X	X	X
5	X			X			

3.2.2. Variáveis de análise

As informações coletadas foram divididas em duas categorias, para efeito de mensuração e análise: As variáveis higrotérmicas e aquelas relativas ao estudo do ruído urbano. Com base no trabalho de Araújo (et al 2018), que executa procedimento semelhante com ênfase no Parque das Dunas, e mediante disponibilidade de equipamentos, definiram-se alguns critérios.

Para verificação das condições térmicas, escolheu-se medir a temperatura de bulbo seco (em graus célsius) em cada um dos pontos durante dois momentos do dia, seguindo o modelo proposto por Araújo, Martins e Araújo (1998) o qual permite determinar o valor horário – aquele correspondente ao intervalo de 1h – ao longo do dia, mediante a equação **Tj = Tmáx – (Tmáx-Tmín) x Fj (°C)**, em que a temperatura máxima – **Tmáx** é aquela aferida entre 12h-13h, e a mínima - **Tmín**, entre 6h-7h. **Fj** representa o fator de

ajuste da curva de temperatura ao longo do dia, devendo ser inserido na equação para calcular o valor correspondente para cada hora. Logo, os 24 valores foram extraídos do cálculo com auxílio de modelo matemático.

De igual forma, a umidade relativa do ar (em valores percentuais) foi medida e aplicada na expressão **URj = URmáx – (URmáx-URmín) x Fj (%)**, a partir da variação do fator de ajuste da curva de maneira análoga, seguindo os valores horários propostos. A medição das duas variáveis foi realizada com auxílio de um Termo-Higrômetro-Decibelímetro-Luxímetro digital, modelo THDL-400, da *Instrutherm*. Em virtude da disponibilidade de equipamentos, não foi possível realizar medições de umidade absoluta.

No que diz respeito ao ruído, seguiu-se os critérios da NBR 10151, que compreende os aspectos de avaliação do ruído em áreas habitadas. Todas as medições – térmicas e acústicas – foram realizadas em dias típicos de tráfego (Terça, Quarta e Quinta-Feira), observando as condições climáticas predominantes e evitando-se os dias chuvosos. As medições de ruído foram realizadas em dois momentos distintos do dia, a saber, entre 6h-7h e 17h-18h, por se tratar de horários de pico. Apesar de alguns trabalhos, a exemplo de Florêncio (2018) adotarem o horário de 7h-8h para o turno da manhã, escolheu-se esta outra opção para que se pudesse integrar os procedimentos com as medições de cunho térmico.

O equipamento utilizado foi um sonômetro digital modelo DEC-500 da *Instrutherm*, por meio da função "L_{eq}" na ponderação "A" - L_{Aeq}. Como forma de validar a medição feita e corrigir possíveis discrepâncias, ao longo do tempo de medição do nível de ruído equivalente foi feito o registro dos valores instantâneos – L_p, na ponderação A com auxílio do THDL-400. Observou-se ainda o posicionamento do sonômetro na direção dos ventos predominantes, mantendo-se distância mínima de 2m de qualquer barreira física, como muros e árvores, para evitar interferência nos valores coletados.

3.3. Parâmetros de referência para a cidade de Natal/RN

Como forma de verificação e avaliação dos dados levantados nas medições, apresentam-se nesta etapa alguns critérios aplicáveis à cidade de Natal/RN, para que se possa investigar em que grau as condições encontradas no bairro refletem os padrões existentes. Neste item, citam-se também algumas normas e referências que subsidiam as análises de cada variável.

3.3.1. Parâmetros térmicos

A verificação dos dados térmicos – temperatura e umidade relativa do ar – de referência para Natal foram extraídos da estação automática NATAL-A304 (Latitude: -5.837187º; Longitude: -35.207921º) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), considerando exclusivamente os dias de medição de cada ponto para efeito de comparação entre os valores. A estação referida posiciona-se no Campus Universitário, no bairro de Lagoa Nova. O tratamento dos dados consultados também se deu pelo modelo de Araújo, Martins e Araújo (1998), através das equações descritas no item 3.2.2. Acrescenta-se ainda o entendimento de Oliveira (2001), ao apresentar que um microclima pode ser caracterizado a partir da variação de cerca de 2°C em um ponto determinado, em relação à referência geral do sítio.

3.3.2. Ruído

Uma das ferramentas de análise acústica do espaço urbano é o mapeamento de ruído, que se refere a um instrumento de análise sonora do espaço urbano adequado ao estudo da poluição sonora, pois permite a localização dos principais pontos críticos de ruído de uma determinada área (GARAVELLI et al., 2010) e tem como objetivo principal o controle, a melhoria e a preservação da qualidade sonora urbana (PALMA, 2008). Para esse fim, os modelos computacionais se tornam imprescindíveis, uma vez que possibilitam a realização de cálculos, análises e relatórios rápidos e com certa precisão (VENTURA et al., 2008). Com o auxílio das ferramentas computacionais, em especial do mapeamento de ruído, é possível propor diretrizes de planejamento urbano e comprovar sua eficácia no combate à poluição sonora.

De um ponto de vista técnico, os métodos de previsão são melhores para determinar de forma contínua no espaço os níveis sonoros devidos às várias fontes. Permitem ainda gerar vários cenários hipotéticos, como por exemplo, alteração no fluxo e velocidade dos veículos, mudança na pavimentação das vias, entre outros. Ao invés, os resultados oriundos de medições dão-nos somente uma informação pontual sobre uma situação limitada em concreto – as condições específicas em que as medidas são feitas (SILVA, 2007).

Como principal referência para análise dos níveis de ruído na cidade de Natal, utiliza-se o mapa de ruído elaborado por Florêncio (2018), que caracteriza o ruído de tráfego veicular de toda extensão da cidade. Os mapas foram elaborados por meio de medições acústicas, contagem de tráfego e análises estatísticas, permitindo avaliar o comportamento do som em pontos específicos, a partir de ampliações ou seleções de regiões predefinidas com auxílio do programa computacional. O mapa de ruído do bairro de Capim Macio,

apresentado na Figura 3, corresponde ao recorte do mapa de ruído da cidade de Natal, elaborado por Florêncio (2018), e aos horários de pico dos períodos matutino e vespertino.



Figura 3 – Mapa de ruído para o bairro de Capim Macio nos períodos matutino (7h-8h, à esquerda) e vespertino (17h-18h, à direita). Fonte: Elaboração dos autores, a partir dos dados de Florêncio (2018).

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa. Todos os gráficos higrotérmicos estão agrupados por dia de medição, para efeito de comparação com os dados extraídos da estação climática. Os gráficos de análise do ruído estão agrupados por ponto e por dia de medição, incluindo valores medidos e simulados por meio do mapa sonoro de Florêncio (2018).

4.1. Variáveis higrotérmicas

Partindo da observação dos parâmetros térmicos, apresentam-se a Figura 4, a Figura 5 e a Figura 6, as quais mostram o comportamento da temperatura ao longo do dia da coleta de dados, em cada ponto. Optou-se por apresentar os dados de temperatura e UR em relação ao dia de medição realizado, visto que os pontos foram medidos em dias distintos, além da necessidade de comparação com os dados da estação NATAL-A304. De modo geral, percebe-se uma semelhança no comportamento dos gráficos nos cinco pontos avaliados com tendência de crescimento linear do valor da temperatura ao longo do dia, bem como pequenas discrepâncias entre os valores encontrados na comparação dos pontos entre si. No entanto, ao comparar o resultado das medições por ponto com os valores horários instantâneos da estação é perceptível que existem maiores divergências apenas em horários específicos, como nos primeiros horários da manhã.

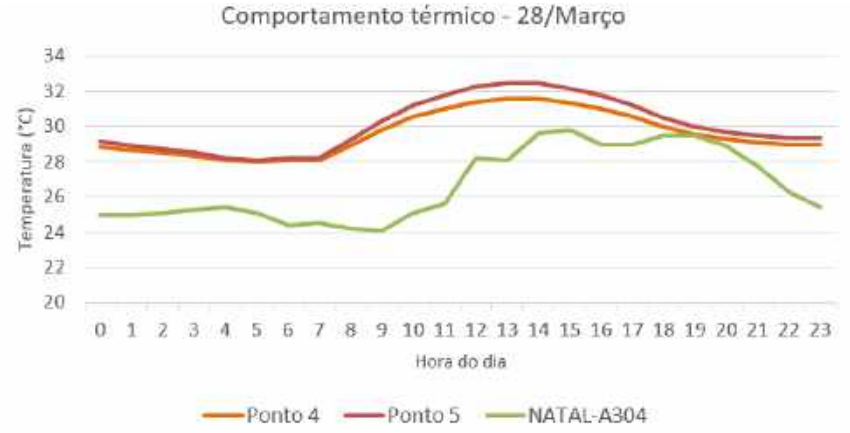

Figura 4 – Comportamento térmico do dia 28 de Março, com informações dos Pontos 04 e 05 em relação aos dados da estação NATAL-A304. Fonte: Elaboração dos autores.

Ao comparar entre si os pontos 4 e 5, cuja medição foi realizada no dia 28 de Março (Figura 4), observa-se que os valores do Ponto 5 excedem em cerca de 1°C os valores encontrados para o Ponto 04. Esta diferença pode ser justificada pelo afastamento de cerca de 900m entre os pontos, que implica por sua vez no distanciamento da massa vegetal oriunda do Parque das Dunas.

A diferença em relação à estação automática também se justifica, visto que as condições de localização da estação são diferenciadas em relação aos pontos medidos. De igual forma, os pontos 01 e 02 também são comparados entre si por ocasião do dia em que foi realizada a medição (Figura 5). No período da manhã, os valores de temperatura são superiores no Ponto 2, embora as condições físicas do local sejam mais favoráveis pela presença de algum tipo de arborização. No entanto, o maior valor de temperatura encontrado ao longo do dia pertence ao Ponto 01, que é de 32,2°C, às 13h.

Apesar do Ponto 01 possuir a maior temperatura medida, a variação ao longo do dia é superior à dos demais pontos, ocasionando uma incidência de menores temperaturas pela manhã e maiores à tarde. A distribuição da temperatura ao longo do dia no Ponto 02 é mais constante, com menos variações. Em relação aos dados da estação, os Pontos 01 e 02 apresentam convergência sobretudo no período noturno. Por se tratar dos pontos com maior condição ambiental desfavorável, pelo recobrimento do solo e proximidade com o eixo viário, observam-se em geral valores superiores aos obtidos pelo INMET em cerca de 4°C, configurando-se como um microclima desagradável.

Apesar do ponto 2 estar localizado em uma área de maior arborização e de uso predominantemente residencial, a máxima temperatura encontrada diverge apenas 0,5ºC da máxima obtida para o ponto 1, o qual possui números elevados apenas para os horários entre as 10h e 17h. Comparando as temperaturas dos pontos 2 e 5, por estarem localizados em áreas de uso predominantemente residencial, tem-se que as máximas se contrastam em 0,8ºC, ficando o Ponto 5 com a maior temperatura encontrada, igual a 32,5ºC.



Figura 5 – Comportamento térmico do dia 02 de Abril, com informações dos Pontos 01 e 02 em relação aos dados da estação NATAL-A304. Fonte: Elaboração dos autores.

Essa discrepância pode ser entendida como influência direta da baixa arborização contida nesta localidade. Quando tal valor é analisado com a máxima temperatura obtida no Ponto 3 evidencia-se uma diferença de 2ºC, diferentemente da divergência de 1,2ºC proporcionada pelo Ponto 2, o que torna aqui a arborização um fator relevante nas alterações das temperaturas. Por sua vez, o Ponto 03 se configura como o mais sobressalente, pela incidência de valores mais baixos que os demais em ***Tmín*** e ***Tmáx***, os quais são 27,1°C e 30°C, respectivamente (Figura 6).

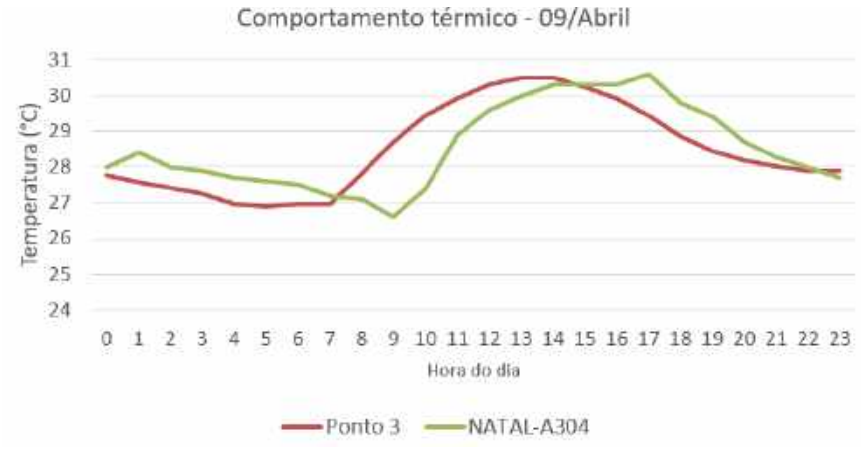

Figura 6 – Comportamento térmico do dia 09 de Abril, com informações do Pontos 03 em relação aos dados da estação NATAL-A304. Fonte: Elaboração dos autores.

Também é observado que o comportamento ao longo do dia é o mais próximo dos valores obtidos na estação climática, com variação máxima de aproximadamente 2°C, por volta das 9h da manhã. Os valores obtidos podem ser entendidos por se tratar de um ponto localizado numa praça, com arborização, entorno predominantemente residencial e baixo tráfego, além da maior proximidade com o local da estação.

De igual forma, ao explorar os resultados obtidos para o parâmetro da umidade relativa (%), têm-se as Figuras 7, 8 e 9, as quais mostram as variações desta ao longo do dia em questão, nos pontos de análise, bem como as registradas pela NATAL-A304. Assim como na temperatura, percebe-se uma tendência linear de apresentação dos valores, porém de maneira descendente. O comportamento da UR (%) ocorre de maneira

semelhante nos cinco pontos de análise, com divergências consideráveis em relação ao INMET na maioria dos horários calculados.

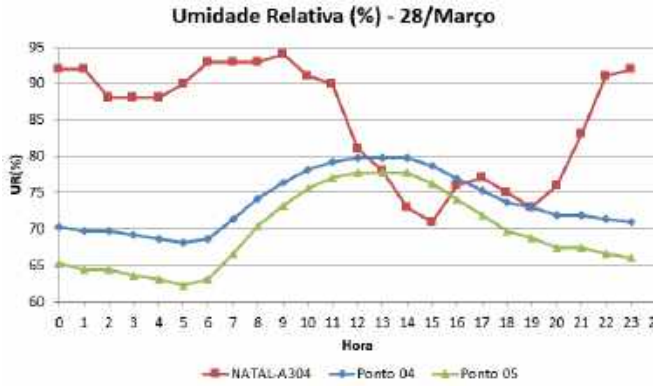

Figura 7 – Umidade Relativa ao longo do dia 28 de Março, com informações dos Pontos 04 e 05 em relação aos dados da estação NATAL-A304. Fonte: Elaboração dos autores.

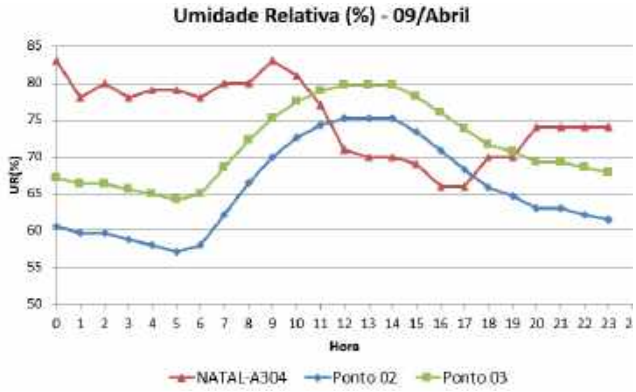

Figura 8 – Umidade Relativa ao longo do dia 09 de Abril, com informações dos Pontos 02 e 03 em relação aos dados da estação NATAL-A304. Fonte: Elaboração dos autores.

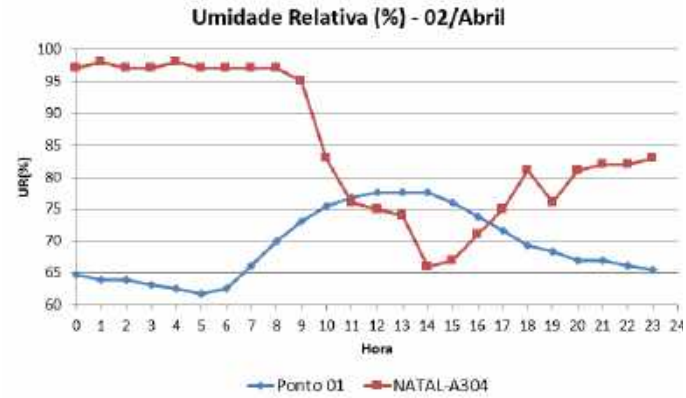

Figura 9 – Umidade Relativa ao longo do dia 02 de Abril, com informações do Pontos 01 em relação aos dados da estação NATAL-A304. Fonte: Elaboração dos autores.

Por meio dos gráficos é perceptível que em todos os pontos a umidade relativa – UR – se comporta de modo crescente das 18h às 6h, tornando todas os valores nesse horário superiores aos 75%. Quando comparadas as umidades obtidas para os pontos 4 e 5, é observada uma baixa discordância, a qual mostra uma diferença mínima de 2% em alguns horários do dia, e máxima de 5,8%. Tal valor se assemelha a diferença mínima de UR entre os pontos 2 e 3, o qual equivale a 4,5%.

Por sofrer influência direta da brisa marítima o Ponto 4 é o que contém a maior unidade relativa, a qual equivale a 79,8%. Esta, por sua vez, é semelhante à máxima obtida para o Ponto 3, que é de 79,7%. O menor valor UR registrado foi no Ponto 2, equivalente a 57,1%. Comparando os valores deste com os do Ponto 5, é perceptível que por mais que integrem áreas de uso predominantemente residencial, as umidades do Ponto 5 se sobressaem em uma ordem de no máximo 5%, em alguns horários.

4.2. Conforto acústico

Como forma de analisar o ruído ambiental da área em estudo, comparou-se o resultado obtido nas medições acústicas com os mapas de ruído elaborados por Florêncio (2018). Sendo assim, a Figura 10 apresenta os resultados obtidos em medição para o valor de LAeq, para os cinco pontos, em relação às simulações realizadas com auxílio do mapa acústico da cidade de Natal (FLORÊNCIO, 2018). As linhas tracejadas mostram os valores obtidos em simulação, enquanto as linhas cheias exibem os valores medidos.

Ao comparar os níveis sonoros resultantes na área objeto de estudo com os parâmetros estabelecidos pela norma NBR 10.151/2002, para o período diurno, afirma-se que estes estão acima dos 55dB recomendados pela norma para "Área mista, predominantemente residencial" em quase todos os pontos de medição, especialmente nas principais avenidas do bairro. Os níveis sonoros nos períodos matutino e vespertino, nos horários de pico, são bastante semelhantes, assim como o fluxo de veículos. No entanto, em algumas áreas, é perceptível a atenuação sonora no período vespertino, com decréscimo aproximado de 5dB(A).

Em relação aos demais pontos, observa-se que o maior valor encontrado está presente no Ponto 4, tanto na medição quanto na simulação. No geral, há pouca discrepância entre os valores medidos e extraídos do mapa, porém nota-se diferença considerável entre os turnos "matutino" e "vespertino, superior a 5dB nos Pontos 2 e 3. Os pontos 1 (BR-101) e 4 (Av. Eng. Roberto Freire), por estarem contidos em vias de alto tráfego, apresentam valores próximos ao longo do dia, em ambos os métodos utilizados na coleta de dados.

Considerando os valores instantâneos $Lp_{mín}$ e $Lp_{máx}$, extraídos exclusivamente na medição, observa-se que os máximos valores encontrados estão no Ponto 04 (Av. Eng. Roberto Freire), enquanto os mínimos, no Ponto 03 (Praça Hélio Galvão) em ambos os turnos, o que confirma o caráter contínuo do nível de ruído nestes pontos ao longo do dia, com variações desprezíveis. Nos demais pontos, todos os valores encontrados – mínimo e máximo – são superiores ao estabelecido pela NBR 10151, em todos os horários.

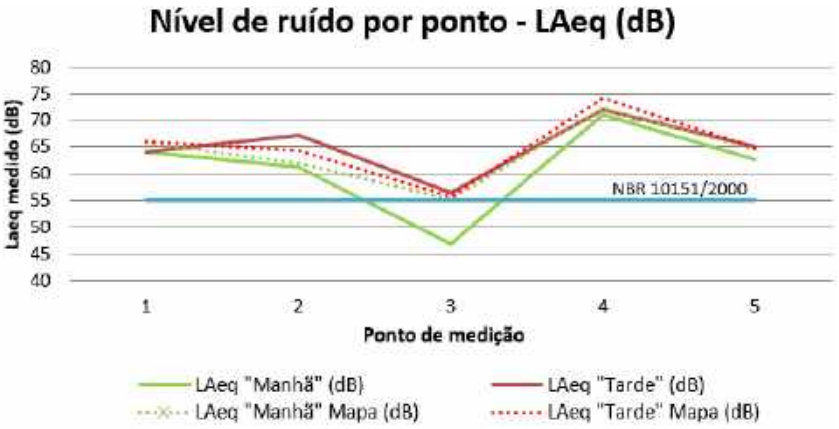

Figura 10 – Nível de ruído L_{Aeq}, por ponto de medição. Fonte: Elaboração dos autores.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível constatar que a forma urbana do bairro é determinante nas condições ambientais analisadas. A presença ou ausência de alguns elementos morfológicos permite prever determinados comportamentos climáticos, bem como confirmar a hipótese levantada a partir dos dados obtidos no levantamento in-loco. A importância de se analisar as variáveis ambientais em relação à forma urbana se justifica, portanto, como ferramenta auxiliar ao planejamento urbano no sentido de se incorporar decisões projetuais como arborização, zoneamentos e dimensionamento de vias na promoção de melhor qualidade de vida e conforto aos usuários.

Os critérios qualitativos utilizados na escolha dos pontos permitiu estabelecer comparações entre as variáveis observadas e estabelecer conclusões, como por exemplo: A mudança de hierarquia das vias implica em diferenças consideráveis do ponto de vista do ruído urbano, a exemplo da comparação entre os Pontos 04 e 05; A existência de intervenções voltadas à resolução de problemas de engenharia de tráfego, como o viaduto presente no Ponto 01, e a programação semafórica no Ponto 04 contribuem para a obtenção dos maiores valores de ruído encontrados na pesquisa, além da visualização de um comportamento constante do nível de pressão sonora médio ao longo do dia que permite identificar um fluxo de tráfego intenso e permanente.

Ainda, os critérios como concentração vegetal, proximidade com o Parque das Dunas e influência da brisa marítima contribuem para a incidência de baixas temperaturas e alta umidade relativa do ar, o que implica em melhores condições de conforto mesmo em situações de alto tráfego, a exemplo do Ponto 4. Considerando que a ideia de conforto ambiental envolve a análise conjunta dos fatores, pode-se avaliar questões como a preferência dos usuários em relação às variáveis observadas, como indicação para uma pesquisa posterior. Em relação aos usos, ao comparar áreas de mesma função a exemplo dos Pontos 2 e 5 – predominantemente residencial – percebe-se que os valores encontrados se relacionam mais com os atributos da forma urbana em si do que necessariamente ao perfil de ocupação, levando a crer que esta variável não é tão determinante para este estudo.

Portanto, para melhoria das condições de conforto do bairro de Capim Macio recomenda-se a promoção de arborização de modo geral em ambos os pontos, dimensionamento de vias com canteiro central arborizado, posicionamento de lotes para uso residencial afastados das vias de alto tráfego e, sobretudo, distribuição homogênea de equipamentos e espaços públicos como parques e praças a exemplo do Ponto 03, que contribuiu para a obtenção dos melhores indicadores ambientais térmicos e acústicos no caso analisado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR 10151**: acústica – avaliação do nível do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ARAÚJO, Henrique S.; MARTINS, Themis L. F.; ARAÚJO, Virgínia M. D. **Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Natal/RN.** Natal: EDUFRN, 1998.

ARAÚJO, V. M. D. et al. Condições de conforto termo-acústico ao longo de uma trilha no Parque das Dunas em Natal/RN. In: **8º Congresso Luso-Brasileiro Para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável - PLURIS 2018 (anais).** Coimbra, Portugal, 2018.

BRITO, Luiz A. P. F. A utilização de mapas acústicos como ferramenta de identificação do excesso de ruído em áreas urbanas. In: **Eng Sanit Ambient, v.22 n.6**, p.1095-1107. Nov/Dez 2017.

FLORENCIO, Débora N. P. **Avaliação do mapa sonoro de tráfego veicular no município de Natal/RN.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2018.

GARAVELLI, S. L.; MORAES, A. C.; NASCIMENTO, J. R. R.; NASCIMENTO, P. H. D. P.; MAROJA, A. M. **Mapa de ruído como ferramenta de gestão da poluição sonora:** Estudo de caso de Águas Claras-DF. 2010. Disponível em: < http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper377.pdf >

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>.

NATAL (Cidade), Leis, Decretos etc, **Lei Complementar nº 082, de 21 de Junho de 2007**. Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal e dá outras providências. Natal, 2007.

PALMA, Ajuntamento de. **Mapa estratégico de ruido**. Cartilha. 2008.

_____. **Instrumentos de ordenamento urbano em mapas,** 2010. Disponível em <https://www.natal.rn.gov.br/semurb/paginas/ctd-102.html#legislacao_div>.

_____. **Anuário de Natal 2017-2018**. Danielle Salviano S. N. Nunes, Francisco Lopes Junior, Carlos Virgílio Sales de Araújo (org.). Natal: SEMURB, 2018.

OLIVEIRA, Jesonias da S. **Análise de desempenho de áreas verdes em clima quente e úmido – Um estudo para Natal/RN.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2001.

QUEIROZ, Luiz A. P. C. **Incorporações imobiliárias: Ciclos, financeirização e dinâmica espacial.** Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano). Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 2012.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: ProEditores, 2000.

SANTOS, Angela M. S. P. Planejamento urbano: para quê e para quem? In: **Revista de Direito da Cidade** vol.04, nº 01, 2012. ISSN 2317-7721.

SCHMID, Aloísio L. **A ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído.** Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.

SILVA, Lígia. T.. **Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana.** PhD Thesis, Universidade do Minho, Braga, Portugal. 2007.

VENTURA, A. N.; VIVEIROS, E; COELHO, J. L. B; NEVES, M. m. (2008). **Uma contribuição para o aprimoramento do Estudo de Impacto de Vizinhanças**: a gestão do ruído ambiental por mapeamento sonoro. In: SOBRAC, 2008, Anais... Belo Horizonte.

VILLAÇA, Flávio. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil In.: **O processo de urbanização no Brasil**. Csaba Deák e Sueli Ramos Schiffer (org.). São Paulo: Fupam/Edusp 1999.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Conforto Ambiental – LABCON/UFRN pelo empréstimo do equipamento, à CAPES e ao CNPQ pelo apoio financeiro aos pesquisadores e ao arquiteto Cleyton Santos pelas orientações adicionais.