

## **ANÁLISE DA ESTRUTURA HORIZONTAL E VERTICAL DA ATMOSFERA URBANA NO *CAYNON* DA AVENIDA RIO BRANCO (RIO DE JANEIRO) EM SITUAÇÃO DE PRIMAVERA**

Victor Hugo dos Santos Lage<sup>1</sup>  
Pedro Felipe da Silva Magalhães Pinto Nepomuceno de Abreu<sup>2</sup>  
Antonio Carlos da Silva Oscar Júnior<sup>3</sup>

### **INTRODUÇÃO**

A partir do início do século XX, o ser humano passou a viver de maneira mais intensa e aglomerada, utilizando os espaços urbanos como seu principal habitat. Desta forma, com base nessa construção de estrutura social, se pavimentaram os caminhos para união da questão climática à urbana.

Neste sentido, evidências do clima urbano se manifestam no canal termodinâmico (campo térmico), sobretudo pelas derivações de calor, umidade e vento. Esse canal atravessa toda a estrutura da cidade, sendo esta, o insumo básico transformado em ambientes urbanos, em que suas funções estão ligadas diretamente a transformação do sistema (MONTEIRO, 2015).

Como agravos a esse ambiente, temos a remoção de cobertura vegetal e impermeabilizações, reduzindo as trocas de calor latente (armazenado na molécula da água) e aumentando as trocas de calor sensível (sentido pelo corpo humano), este decorrente principalmente pela capacidade de absorção e armazenamento de energia pelas formas urbanas. Também vale ressaltar a disposição das edificações, desenhando-se *caynons* urbanos, servindo como obstáculo aos ventos, além de aprisionarem as radiações de ondas longas, retroalimentadas pelo calor interno das construções. Nesse cenário ainda se mostra o calor antropogênico dos fluxos e funções urbanas.

Neste caminho, se ressalta a relação entre a questão climática e a produção do espaço urbano, cujo planejamento se volta para um modelo econômico excludente e concentrador, se buscando a sobreposição do valor de troca pelo de uso (LEVEBVRE,

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de **Geografia** da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, [victorlage.geo@gmail.com](mailto:victorlage.geo@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduado pelo Curso de **Geografia** da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, [pedro.smp.abreu@gmail.com](mailto:pedro.smp.abreu@gmail.com);

<sup>3</sup> Professor orientador: Doutor, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, [antonio.junior@uerj.br](mailto:antonio.junior@uerj.br).

1978). Nesta perspectiva, pode-se pensar que a mudança no campo térmico e a configuração da ilha de calor são resultantes desta produção de espaço segregadora e fragmentadora.

O Central Business District (CDB) do Rio de Janeiro é uma rugosidade espacial (SANTOS, 2014). Desde início de sua ocupação, o Centro, vivenciou sucessivos processos de aterro de pântanos, lagoas e manguezais. Além de demolições de morros, avanço sobre florestas e mais recentemente profundas alterações urbanas, com projetos tais quais, Porto Maravilha e Reviver Centro. Deste modo, forma-se um espaço com paisagens singulares e relevantes sobreposições de tempo, onde os *canyons* urbanos dialogam com locações antigas e históricas, de função comercial, administrativa, cultural, dentre outras. Essas constatações fazem ressaltar a importância do estudo da climatologia urbana nesta região, e por isso, o seguinte artigo caminha para uma avaliação do campo térmico do *canyon* urbano da Avenida Rio Branco em situação episódica de primavera.

Esta avaliação, dividida em três dias, indicou diversas especificidades do campo térmico estudado. Ao longo das coletas, buscou-se o entendimento das estruturas horizontais e verticais da atmosfera urbana, fundamentais para a geração de análises e resultados que coincidissem com o objetivo da pesquisa. Sinteticamente, a partir das investigações, a atmosfera horizontal apresentou maiores intensidades de ilha de calor no horário das 13h, sendo este o período de maior expressividade de energia solar. Além dessa questão, vale ressaltar a mobilidade horizontal da ilha de calor, indicando sua concentração nas áreas mais verticalizadas, adensadas e pouco arborizadas do *canyon* urbano. Por fim, vale ressaltar o papel fundamental da situação sinótica na conformação da ilha de calor na área de estudo, informação esta que deve ser considerada na análise proposta. Já nas investigações da atmosfera vertical, foram detectadas algumas inversões térmicas, sendo a mais relevante, presente em uma medição vespertina.

Em suma, estas análises corroboram com a ideia de como situação atmosférica somada a estrutura e a dinâmica urbana funcionam como intensificadores da ilha de calor, tornando estes ambientes desconfortáveis para o desempenho pleno de atividades (BRANDÃO, LUCENA, 2000). Desta forma, esta pesquisa demonstra sua importância para o entendimento deste fenômeno na região, visando auxiliar órgãos públicos no planejamento urbano e ambiental do CDB do Rio de Janeiro.

## **METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)**

A partir dos objetivos definidos para esta pesquisa, optou-se pela divisão da atividade em três momentos cruciais para a estruturação do que se foi inicialmente proposto. Estes momentos se dividiram da seguinte forma: Pré – campo, campo e pós – campo. Desta maneira, se encontrou o devido equilíbrio para a proposta metodológica pensada nesta pesquisa.

O momento de pré – campo constituiu a construção estrutural dos campos realizados no CBD (Central Business District) do Rio de Janeiro. Inicialmente, realizaram-se os testes e os calibramentos de quatro equipamentos escolhidos para as coletas de dados em campo. Estes foram: Datalogger IP – 747 Impac, utilizado para coleta de temperatura do ar e umidade relativa, termo – anemômetro digital Incoterm T-ANE – 0030.00, utilizado para a coleta de temperatura e velocidade de ventos, medidor de energia solar Instrutherm MES – 200, utilizado para a coleta de radiação solar e bússola profissional Dc45-2, utilizada para a coleta de direção dos ventos. Após essa situação inicial, separou-se um dia específico para a testagem e calibração do drone DJI Mavic 3, aparelho fundamental para as coletas verticais do *canyon* urbano. Por fim, na etapa pré – campo foi realizada reunião, visando organizar e detalhar as atividades de campo, definindo os dias de realização das mesmas e a separação da equipe necessária para estas.

O momento do campo foi de coleta de dados no *canyon* urbano da Avenida Rio Branco. As coletas climáticas ocorreram durante a primavera, nos dias, 24/09/2023 (domingo), 22/10/2023 (domingo) e 26/11/2023 (domingo). Eram previstas outras datas para coletas, no entanto, devido a situações sinóticas com ocorrência de chuva, as quais impediam o levantamento de drone, estas outras atividades de campo previstas tiveram que ser canceladas. A organização da coleta dos dados se deu da seguinte forma: 1 ponto para o voo do drone, no Largo da Carioca, e 7 pontos distribuídos em 2 transectos móveis (sentidos sul-norte e norte-sul) ao longo da Avenida Rio Branco. Os transectos (simultâneos) coletavam dados relacionados à temperatura do ar, ventos (velocidade e direção) e radiação solar com os aparelhos previamente testados e calibrados. Já o drone, em seu voo, acoplado do datalogger Ip – 747 Impac realizou coleta de temperatura do ar e umidade relativa, além de o mesmo proporcionar fotografias aéreas termais, de diversas altitudes do *canyon* urbano estudado. As coletas ocorreram nas seguintes alturas: 2m, 10m, 20m, 30m, 40m, 50m, 60m, 70m, 80m, 90m, 100m e 120m.

Estas baseadas na capacidade e autonomia do drone e em literaturas que tratam sobre o tema. As medidas microclimáticas, tanto as horizontais quanto as verticais, foram realizadas às 06, 13 e 20 horas.

Em conclusão, no momento pós – campo todas as coletas horizontais realizadas com o transecto e as verticais, realizadas com o drone, foram tabuladas, organizadas e integradas para análise dos resultados obtidos. Com estes dados primários, foram realizados os cálculos da intensidade das ilhas de calor e junto de sua classificação, seguindo a metodologia proposta por Brandão (1996). Também se estruturou a produção de gráficos para a compreensão da variabilidade térmica vertical da atmosfera urbana da Avenida Rio Branco. Além dos dados, todas as fotografias termais tiradas também foram organizadas e analisadas. Estas foram examinadas com auxílio do aplicativo DJI Thermal Analysis Tool 3, onde foram realizadas as correções espectrais necessárias.

Em suma, as observações microclimáticas horizontais e verticais constituíram a base para a análise e compreensão da influência da morfologia urbana sobre a variabilidade térmica da baixa atmosfera do Central Business District do Rio de Janeiro (RJ).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Realizando – se a análise necessária, julga-se que cada ponto amostral apresenta íntima relação com as condições microclimáticas efetivadas pela morfologia urbana e, expressa no momento registrado. A partir deste princípio, as análises permearam as datas de realização dos campos (24/09/2023, 22/10/2023 e 26/11/2023), buscando a investigação tanto da estrutura horizontal quanto vertical da atmosfera.

A partir da obtenção de dados voltados para o dia 24/09/2023, com a análise da atmosfera horizontal, percebe-se que as ilhas de calor matutina (6h) e noturna (20h) oscilaram entre fraca (0,1 °C a 2 °C) a moderada magnitude (2,1 °C a 4 °C). Já a ilha de vespertina (13h) oscilou entre fraca (0,1 °C a 2 °C) a muito forte magnitude (acima de 6,1 °C). Desta forma, é possível perceber que notavelmente, em ambos os transectos, o horário das 13h foi o concentrador dos centros térmicos.

Já com a análise de mobilidade da ilha de calor ao longo do *canyon* urbano, observa-se um perfil crescente de intensidade no transecto 1 nos horários da tarde e da noite, ou seja, na medida que se parte do ponto 1 (Obelisco da Avenida Rio Branco) ao 4 (Avenida Rio Branco/Rua do Ouvidor). No horário da manhã, os dados coletados

indicaram um perfil decrescente ao longo do transecto 1. Já para o transecto 2, se apresenta um perfil crescente de intensidade nos horários da manhã e da tarde, da Praça Mauá (ponto 7) até a Avenida Rio Branco/Avenida Presidente Vargas (ponto 5) e um perfil decrescente pelo horário da noite.

Neste dia, a partir das análises realizadas nas cartas sinóticas, se estabeleceu uma situação de estabilidade atmosférica, sem a influência de sistemas que possam produzir qualquer instabilidade. Desta forma, foram caracterizadas condições sinóticas propícias ao registro de temperaturas mais elevadas do ar, favorecendo a formação de ilhas de calor urbanas.

Com os dados obtidos para o dia 22/10/2023, analisando-se a atmosfera horizontal, as ilhas de calor matutina (06h) e vespertina (13h) apresentaram fraca magnitude (0,1 °C a 2 °C). Já a ilha de calor noturna (20h), oscilou entre fraca (0,1 °C a 2 °C) a moderada magnitude (2,1 °C a 4 °C). Desta maneira, nesta data de coleta, o horário das 20h foi o concentrador dos centros térmicos.

Com a análise da mobilidade da ilha de calor ao longo do *canyon* urbano, é constatado um perfil crescente de intensidade no transecto 1 nos horários da manhã e da noite, partindo-se do ponto 1 (Obelisco da Avenida Rio Branco) ao 4 (Avenida Rio Branco/Rua do Ouvidor). No horário da tarde, o perfil acabou por oscilar, apresentando inicialmente uma intensidade crescente e logo após decrescente. Já o transecto 2, apresenta um perfil crescente de intensidade nos horários da manhã e da tarde, da Praça Mauá (ponto 7) até a Avenida Rio Branco/Avenida Presidente Vargas (ponto 5) e um perfil oscilatório no horário da noite.

As cartas sinóticas também indicaram situação de estabilidade atmosférica nesta data, dando destaque para a presença de uma zona de alta pressão no oceano, a qual se comporta como uma barreira atmosférica, impedindo a chegada de instabilidades no continente. Este comportamento, novamente, caracterizou condições sinóticas propícias ao registro de temperaturas mais elevadas do ar, favorecendo a formação de ilhas de calor urbanas.

Nas coletas realizadas no dia 26/11/23, a análise horizontal da atmosfera demonstrou que todas as ilhas de calor (matutina, vespertina e noturna) apresentaram fraca magnitude (0,1 °C a 2 °C). Mesmo com esta ocorrência, é de suma importância relatar que o horário de 13h concentrou as maiores intensidades térmicas.

Analisando a mobilidade da ilha de calor ao longo da Avenida Rio Branco, observa-se um perfil crescente de intensidade no transecto 1 nos horários da tarde e noite, partindo-se do ponto 1 (Obelisco da Avenida Rio Branco) ao 4 (Avenida Rio Branco/Rua do Ouvidor). No horário da manhã, o perfil se apresentou oscilando entre os pontos. Já no transecto 2 se apresenta um perfil crescente de intensidade nos horários da manhã e da tarde, da Praça Mauá (ponto 7) até a Avenida Rio Branco/Avenida Presidente Vargas (ponto 5) e um perfil decrescente no horário da noite.

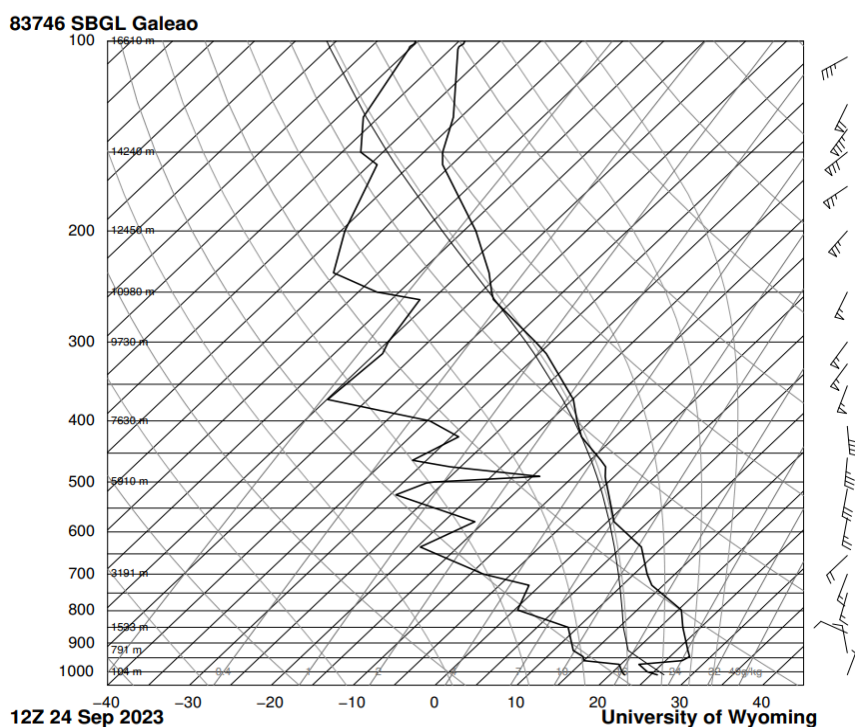
Analisando as cartas sinóticas, se percebeu um padrão de intensas alterações atmosféricas ao longo dos dias. Antes do dia 26/11, houve a passagem de uma frente fria pela cidade, ocasionando uma situação de instabilidade na região, contudo, no dia programado para a coleta de dados, uma zona de alta pressão se estabeleceu no oceano, alterando a situação sinótica na cidade e levando estabilidade para a atmosfera da mesma. Desta forma, com as constatações realizadas nas cartas, apesar da situação de estabilidade atmosférica, com os fenômenos ocorridos nos dias anteriores, as ilhas de calor não apresentaram grandes intensidades, dado o menor potencial de aquecimento dos dias anteriores.

Em linhas gerais, com os resultados obtidos a partir da análise horizontal da atmosfera, o horário das 13h os pontos com as maiores intensidades de ilha de calor, resultado este que diverge da literatura nacional e internacional, que aponta o período noturno, nos espaços marcados pela morfologia dos *canyons* urbanos, como os detentores das ilhas de calor de maiores intensidades. Oke (1978), Voogt (2002) apontam que a menor habilidade de liberação de ondas longas à noite está associada ao arranjo dos prédios e, sobretudo, à redução do *sky view factor*. A redução da ilha térmica noturna pode estar relacionada diretamente à canalização das brisas ao longo da Avenida Rio Branco. Coletas de dados relacionados a ventos estão sendo realizadas nos campos para que esta hipótese seja melhor investigada.

Quanto à mobilidade da ilha de calor ao longo do *canyon* urbano, os dados coletados, apontaram usualmente uma tendência crescente de intensidade à medida que adentramos a Avenida Rio Branco, ou seja, à proporção na qual as formas e os usos urbanos se encontram mais adensados. Estas constatações se alinham com estudos realizados por Brandão e Lucena (2000), visto que estes apresentaram de como a junção da situação atmosférica, com o sítio geográfico e principalmente a estrutura e dinâmica urbana agem com caráter decisivo na intensificação da ilha de calor.

Por fim, com a análise da estrutura vertical, foram identificadas inversões térmicas expressivas no dia 24/09/2023, em relevância no horário da tarde, onde na altitude de 80m, a temperatura do ar registrada foi de 36,8 °C, ou seja, 3,9 °C acima da temperatura do ar registrada em superfície. Neste mesmo dia, foram registradas inversões térmicas regionais pelas radiossondas da estação do Galeão (Figura 1). Apesar disso, os dados coletados nos levam a hipótese de que possivelmente a rugosidade e o volume de edificações presentes no Largo da Carioca podem ter potencializado a configuração do fenômeno, suscitando, possivelmente, um novo mecanismo de conformação do mesmo.

Figura 01: Radiossonda da estação do Galeão para o dia 24 de setembro de 2023 – 12h



Fonte: Departamento de Ciências atmosféricas – *University of Wyoming*.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reconhecendo a centralidade que o espaço construído desempenha na alteração de sistemas microclimáticos, compreender como o Reviver Centro vem alterando o padrão de produção do espaço é fundamental para a presente pesquisa. Esse novo movimento da prefeitura, desloca a atenção do mercado imobiliário para a Avenida Rio Branco, enquanto nova fronteira de exploração do mesmo (MONTEIRO e LÁZARO, 2024). Desta forma, a partir deste projeto, novas formas e novos usos passam a ser

identificados dentro do *caynon* urbano da Avenida Rio Branco, refletindo diretamente na atmosfera urbana deste espaço e conseqüentemente exigindo novos estudos e medições que visem compreender melhor a nova dinâmica existente.

Para além do monitoramento das atividades político-econômicas promovidas pelo projeto Reviver Centro, pretende-se, nas etapas seguintes do trabalho, produzir mapas que identifiquem as *Local Climate Zones*. Isto é, uma forma de se classificar como as diferenças morfológicas do sítio em análise, produzem configurações microclimáticas únicas, discerníveis umas das outras. Por fim, com uso de imagens do satélite LANDSAT-8, buscar-se-á realizar a leitura da termografia de superfície, elucidando o modo pelo qual a geomorfologia urbana condiciona o microclima local.

**Palavras-chave:** Clima Urbano; Ilhas de Calor; Estrutura Horizontal e Vertical; Drone; Inversão Térmica Urbana.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, a equipe do Laboratório de Estudos da Interação Sociedade – Atmosfera – LISA e à Fundação de Amparo Pesquisa do Rio de Janeiro – FAPERJ pelo fomento a pesquisa via bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS

BRANDAO, Ana Maria de Paiva Macedo. Clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. 1996. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. . Acesso em: 26 jun. 2024.

BRANDÃO, A. M. P. M. ; LUCENA, Andrews José de . O Campo Térmico na Área Central da Cidade do Rio de Janeiro em duas situações de Primavera (1997 e 1998). In: IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2000. Anais do IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2000. p. 25.

LEFEBVRE, Henri. Industrialização e urbanização. In: Direito à cidade. In: El derecho a la ciudad II. Barcelona: Ed. Península, 1978.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e clima urbano. In: MENDOÇA, F.; MONTEIRO, C. A. de F. (orgs). Clima urbano. 2. Ed., São Paulo: Contexto, pp.: 9-68, 2015.

MONTEIRO, João Carlos Carvalhaes; LÁZARO, Marcos D'ávila Garcia de. Refuncionalização e novas dinâmicas imobiliárias na área central do Rio de Janeiro:



reflexões a partir do programa Reviver Centro. Geo UERJ, [S. l.], n. 44, 2024. DOI: 10.12957/geouerj.2024.76964. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/76964>>. Acesso em: 5 jul. 2024.

SANTOS, M. Estrutura, processo, função e forma como categorias do método geográfico. In: Espaço e Método. 5. Ed., 2. Reimpr. – São Paulo: Editora da Universidade São Paulo, 2014.

OKE, T. R. Boundary layer climates, London: Methuen, 372p, 1978.

VOOGT, J. A. Urban heat island, causes and consequences of global environmental change. Encyclopedia of Global Environmental Change, v. 3, pp.: 660-666, 2002.