



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

LARISSA FIGUEIRA MORAIS CORREIA AGUIAR

**CARACTERIZAÇÃO DE CÂNIONS URBANOS EM ÁREA COM INTENSO
PROCESSO DE VERTICALIZAÇÃO NA CIDADE DE FORTALEZA-CE.**

FORTALEZA

2016

LARISSA FIGUEIRA MORAIS CORREIA AGUIAR

**CARACTERIZAÇÃO DE CÂNIONS URBANOS EM ÁREA COM INTENSO
PROCESSO DE VERTICALIZAÇÃO NA CIDADE DE FORTALEZA-CE.**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Ambientais, no Instituto de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Rivelino Martins Cavalcante. Co-orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Chagas.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Rui Simões de Menezes

A227c Aguiar, Larissa Figueira Morais Correia.

Caracterização de cânions urbanos em área de intenso processo de verticalização na cidade de Fortaleza- CE. / Larissa Figueira Morais Correia Aguiar – 2016.
82 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso Bacharelado em Ciências Ambientais, 2016.

Orientação: Prof. Dr.º Rivelino Martins Cavalcante.

Co-orientador: Prof. Dr.º Marcus Vinícius Chagas

1. Clima. 2. Geoprocessamento. 3. Cânion. 4. Meio ambiente I. Título.

CDD 551.6

LARISSA FIGUEIRA MORAIS CORREIA AGUIAR

**CARACTERIZAÇÃO DE CÂNIONS URBANOS EM ÁREA COM INTENSO
PROCESSO DE VERTICALIZAÇÃO - FORTALEZA, CE.**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Ambientais, no Instituto de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Rivelino Martins Cavalcante. Co-orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Chagas.

Aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rivelino Martins Cavalcante
(Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcus Vinícius Chagas da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Gledson Bezerra Magalhães
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Simone e Luiz.

Ao meu marido, Caio.

Ao meu amigo, Fernando Filho

AGRADECIMENTOS

A Deus e a toda a espiritualidade, que sempre me acompanharam por toda minha vida e me guiaram durante todo o processo desse trabalho.

Aos meus pais, Simone e Luiz, que me apoiaram em todos os momentos de dúvidas além de me ajudarem financeiramente para que fosse possível o término do curso.

Ao meu marido e eterno namorado, Caio, que esteve presente em todos os anos da minha graduação e que dividiu comigo essa jornada. Agradeço sua compreensão, tranquilidade e companheirismo.

Aos meus avós Apolônio e Noélia e minha tia Cira, pelo amor e apoio financeiro.

Aos meus orientadores, Rivelino Martins Cavalcante e Marcus Vinícius Chagas da Silva, pela ajuda no momento em que mais precisava, pelos ensinamentos diários, dedicação e paciência.

A professora Elisa Zanella, que desde do início do projeto me apoiou e me ajudou imensamente.

Aos amigos do Laboratório de Observação da Terra (LOT) e do Laboratório de Avaliação de Contaminantes Orgânicos (LACOr), principalmente aos amigos Ícaro Breno e Carlos Cattony pela ajuda desde o início do trabalho e por sempre responderem às minhas inúmeras dúvidas.

As amigas Dafne Torelly e Camille Arraes, pelo apoio em todos os momentos.

Aos amigos que me ajudaram no trabalho de campo, Marcelo Dutra, Marcelo Rebouças e Mateus Carmo, Anderson Tavares e a todos os edifícios que proveram abrigo e segurança nessa fase tão crítica.

À querida amiga e secretária do curso, Eunice, por toda a atenção e incentivo. Sem você não teria conseguido me formar.

A todos os funcionários do LABOMAR/UFC, pelos os anos de convivências.

Agradeço, finalmente, à UFC e ao CNPq pelo auxílio financeiro na graduação e na realização do projeto científico.

Este trabalho foi dedicado ao meu eterno amigo, Fernando Filho. De onde você estiver, recebi sua força e proteção.

“Se eu cheguei até aqui é porque me apoiei no ombro de gigantes”.

Isaac Newton

RESUMO

A cidade é um produto da interação entre o homem e a natureza, esse produto gera um clima próprio, o clima urbano. Algumas unidades representativas da superfície urbana se formam exclusivamente dentro da área urbana, são os chamados cânions urbanos, que foram nomeados desta forma em analogia com os cânions naturais e são constituídos pelas paredes de dois prédios adjacentes e a rua localizada entre eles. Na cidade de Fortaleza, a intensificação da verticalização é concentrada em torno do bairro Meireles em virtude do alto poder aquisitivo da população residente. Investigações sobre o impacto de determinado aspecto do desenho urbano nas condições microclimáticas no entorno de edificações crescem a cada dia. Fazendo-se necessário a verificação de forma mais detalhada dos diferentes espaços intraurbanos para que seja possível identificar as causas das diferenças do clima na cidade. A área de estudo tem a extensão de 0.7 km² localiza-se no bairro Meireles da cidade de Fortaleza, onde com auxílio do programa ArcGis™ foi calculada a razão H/W dos quarteirões. Para a coleta dos parâmetros meteorológicos, foram escolhidos três pontos na área de estudo com razões H/W diversificadas. A coleta de dados também aconteceu em um ponto fora da área de estudo, sem interferência da topografia urbana, servindo como ponto de controle. Verificou-se que na área de estudo existe a formação de cânions urbanos e o tipo de cânion com maior ocorrência foi o cânion regular. A comparação dos parâmetros meteorológicos medidos na área de estudo e no ponto de controle evidenciaram que os cânions urbanos provocaram alterações na velocidade e direção dos ventos e na temperatura do ar.

Palavras-chave: Clima Urbano. Cânion Urbano. Geoprocessamento.

ABSTRACT

A city is the product of the interaction between man and nature, and this product creates its own climate, the urban climate. Some units representing urban surfaces are formed exclusively within the urban area, and are called urban canyons, which were named accordingly as an analogy with natural canyons and consist of walls of two adjacent buildings and the street located between them. In the city of Fortaleza, the intensification of verticalization is concentrated around the Meireles neighborhood, due to the high purchasing power of residents. Investigations on the impact of certain aspects of urban design in microclimate conditions in surrounding buildings grow every day. Making it necessary to check in more detail the different interurban spaces where you can identify the causes of climate differences in the city. The study area has a radius of 0.7 km² and is located in the Meireles neighborhood of Fortaleza, where with the help of ArcGIS™ program was calculated the ratio H/W of blocks. Three points were chosen for the collection of meteorological parameters in the study area with H/W for diverse reasons. Data was collected at a point outside the study area as well, without interference from the urban topography, serving as a control point. It was found that, in the study area occurs the formation of urban canyons - and the type of canyon with higher occurrence was the regular canyon. Comparison of meteorological parameters measured in the study area and the control point showed that the urban canyons caused changes in speed and direction of winds and air temperature.

Keywords: Urban Climate. Urban Canyons. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Escalas de classificação climática.....	21
Figura 2- Escalas verticais.....	22
Figura 3- Cânion urbano.....	23
Figura 4- Geometria do cânion urbano.....	24
Figura 5- Projeção estereográfica da área do céu.....	25
Figura 6- Regime de fluxo de ar associado com diferentes geometrias urbanas.....	28
Figura 7- Delimitação da área de estudo.....	34
Figura 8 - Altimetria da área de estudo.....	35
Figura 9- Localização das estações meteorológicas.....	38
Figura 10- Localização do ponto da estação de controle.....	39
Figura 11- Ponto 1 – Cânions Urbanos.....	39
Figura 12 - Ponto 2 - Cânions Urbanos.....	40
Figura 13 - Ponto 3 - Cânions Urbanos.....	40
Figura 14- Fluxograma do procedimento técnico.....	41
Figura 15- Estação Meteorológica - Marca Oregon Scientific.....	44
Figura 16 - Estação Meteorológica - Ponto de controle.....	44
Figura 17 – Mapa da classificação dos cânions urbanos.....	47
<i>Figura 18 - Mapa da classificação dos cânions urbanos e altimetria.....</i>	<i>48</i>
Figura 19 - Estacionamento e área comercial na avenida de cânions.....	49
Figura 20 - Tijolos utilizados no revestimento do edifício.....	50
Figura 21- Comparação do tipo de construção no cânion regular.....	50
Figura 22- Geometria do cânion profundo - Arranha-céus.....	51
<i>Figura 23- Localização dos pontos de coletas de dados.....</i>	<i>54</i>
Figura 24- Compilação das imagens de satélite no dia 20/01/16, dia anterior à coleta no dia de maior precipitação (21/01/2016). Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h.....	55
Figura 25- Compilação das imagens de satélite no dia 21/01/16. Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h.....	55
Figura 26- Compilação das imagens de satélite no dia 24/01/16, dia anterior à coleta no segundo dia de maior precipitação (25/01/2016). Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h.....	55
Figura 27- Compilação das imagens de satélite no dia 25/01/16. Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h.....	56
Figura 28- Compilação das imagens de satélite no dia 26/01/16, dia anterior à coleta sem a ocorrência de precipitação (27/01/2016). Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h.....	56
Figura 29- Compilação das imagens de satélite no dia 27/01/16, sem a ocorrência de precipitação. Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h.....	56
Figura 30- Razão da Velocidade dos Ventos – Controle / Avenida de Cânion.....	57
Figura 31- Razão das Velocidade dos ventos – Controle / Cânion Regular.....	59
Figura 32- Razão das Velocidade dos Ventos – Controle / Cânion Profundo.....	60
Figura 33- Médias da razão das velocidades dos ventos nos cânions urbanos.....	61
Figura 34- Direção dos Ventos, Dia 20/01/16 a) Avenidas de Cânion b) Controle.....	62
Figura 35- Direção dos Ventos, Dia 23/01/16 a) Avenidas de Cânion b) Controle.....	62
Figura 36- Direção dos Ventos, Dia 26/01/16 a) Avenidas de Cânion b) Controle.....	63
Figura 37- Direção dos Ventos, Dia 21/01/16 a) Cânion Regular b) Controle.....	63
Figura 38- Direção dos Ventos, Dia 24/01/16 a) Cânion Regular b) Controle.....	64
Figura 39- Direção dos Ventos, Dia 27/01/16 a) Cânion Regular b) Controle.....	64
Figura 40- Direção dos Ventos Cânion Profundo– Dia 25/01/16 a) Cânion Profundo b) Controle.....	65
Figura 41- Direção dos Ventos Cânion Profundo – Dia 28/01/16 a) Cânion Profundo b) Controle.....	65

Controle	65
Figura 42- Direção dos Ventos Cânion Profundo – Dia 28/01/16 a) Cânion Profundo b) Controle	65
Figura 43- Fluxo de Rugosidade Isolada.....	66
Figura 44- Fluxo com rastro de interferência.	66
Figura 45- Fluxo deslizante	67
Figura 46- Razão das Temperaturas do ar – Controle /Avenida de Cânions	68
Figura 47- Razão das Temperaturas do ar – Cânion Regular / Controle	69
Figura 48- Razão das Temperaturas do Ar – Cânion Profundo / Controle.....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Unidades representativas da escala climática.....	22
Quadro 2- Classificação dos cânions urbanos	42
Quadro 3 - Razão Estação Controle / Estação Cânions.....	45
Quadro 4 - Classificação Climática. Fonte: Adaptado de Oke (2006).	53
Quadro 5 - Precipitação nos dias de coleta.....	54
Quadro 6- Resultados da Avenida de Cânions.....	70
Quadro 7- Resultados do Cânion Regular	71
Quadro 8- Resultados do Cânion Profundo.....	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivos Gerais	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 O processo de urbanização e verticalização das cidades	17
3.2 O Clima Urbano	18
3.3 Cânions Urbanos	23
3.4 O microclima nos cânions urbanos.....	25
4. METODOLOGIA.....	30
4.1 ÁREA DE ESTUDO	30
4.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICO	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
A compilação dos resultados em todos parâmetros observados será apresentada nos quadros 6 ,7e 8.	46
5.3 Condições Atmosféricas e Precipitação.....	54
5.4 Velocidades dos Ventos.....	57
5.5 Direções dos Ventos.....	61
5.6 Classificações do fluxo de ar	66
5.7 Temperaturas do Ar.....	67
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72

1 INTRODUÇÃO

A qualidade de vida urbana é um assunto tratado em estudos que remontam à Revolução Industrial. As mudanças na forma de produção e no aumento da população vinda do campo ocasionaram alterações no clima urbano reportados desde daquela época. No Ceará, o êxodo rural levou inúmeras pessoas para a capital devido a ocorrência de diversos anos de seca. A ocupação das regiões metropolitanas foi sem planejamento e infraestrutura (MENDONÇA,1994; BRANDÃO, 1996).

O adensamento de edifícios, as alterações da cobertura vegetal e a impermeabilização dos solos são causados pela a urbanização e dessa forma provoca alterações o clima urbano. (LOMBARDO, 1985). O processo de verticalização das cidades deu-se pela a falta de espaços livres para novas construções (MORAIS; SILVA; MEDEIROS, 2007). A intensidade no processo de verticalização na cidade de Fortaleza é evidenciada quando o mercado imobiliário apoderou-se de locais limitados da cidade, principalmente em torno dos bairros Meireles e Aldeota, detentores de condições privilegiadas de infraestrutura, comércio e serviços, gerando uma elevada verticalização na área e no seu entorno (RUFINO,2012).

A grande concentração de pessoas nas áreas urbanas e a sua expansão trouxeram mudanças substanciais na paisagem natural, proporcionando que a cidade gerasse suas próprias condições ambientais e com isso, o clima urbano. (PINHEIRO; AMORIM, 2009). Algumas unidades representativas da superfície urbana formam-se dentro da área urbana. Essas unidades reconhecem a natureza tridimensional essencial do dossel urbano e consistem da combinação entre as superfícies horizontais e verticais decorrente do arranjo dos edifícios e ruas. São os chamados cânions urbanos, que foram nomeados desta forma em analogia com os cânions naturais e são constituídos pelas paredes de dois prédios adjacentes e a rua localizada entre eles (NAKAMURA; OKE, 1988).

De acordo com Moura (2008), há uma hipótese de interferência da massa edificada e verticalizada, localizada e concentrada na Avenida Beira-Mar e nos bairros da Aldeota, Meireles e Dionísio Torres, no clima urbano. Podendo haver a formação de cânions urbanos nesses bairros e a ocorrência de interferência nos parâmetros meteorológicos no local.

O presente trabalho tem como objetivo verificar a formação de cânions urbanos no bairro Meireles da cidade de Fortaleza, por meio de caracterização inserida em um banco de dados do programa ArcGis™.

O fenômeno de urbanização da cidade de Fortaleza foi intenso nos últimos anos e na maioria dos casos de forma desordenada e sem planejamento. A área escolhida para o presente estudo teve um grande crescimento imobiliário pela a sua proximidade com a avenida de maior fluxo e comércio voltados ao turismo, a Avenida Beira-Mar. A procura por edifícios luxuosos em frente à orla e o turismo na região tornaram essa área a mais nobre de Fortaleza, contribuindo para o desejo de moradia nesse local. Portanto, é de suma importância verificar de forma mais detalhada os diferentes espaços intraurbanos, para que seja possível identificar as causas das diferenças do clima na cidade, visto que são poucos os estudos sobre esse tema na cidade de Fortaleza.

A maior parte do crescimento urbano será nos países em desenvolvimento, o que aumenta a preocupação devido a maior vulnerabilidade ambiental e climática dos mesmos. De acordo com Monteiro et al (2003), os recursos para pesquisas de alta qualidade técnica nesses países são escassos, aumentando os riscos desse crescimento. Estudos existentes sobre o clima urbano no Brasil estão concentrados nas regiões sul e sudeste. Conforme feita a pesquisa na literatura, pôde-se perceber a ausência de estudos sobre cânions urbanos no estado do Ceará. Deste modo, esse estudo dará aos gestores municipais subsídios para as tomadas de decisões referente ao planejamento urbano.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Verificar a formação de cânions urbanos em área com intenso processo de verticalização, no bairro Meireles da cidade de Fortaleza, por meio de caracterização inserida em um banco de dados.

2.2 Objetivos Específicos

- Classificar os cânions urbanos por meio do cálculo da relação H/W da área edificada presente na área de pesquisa;
- Executar a cartografia básica da área de estudo;
- Realizar a medição dos parâmetros meteorológicos na área de pesquisa e em um local sem a presença de cânions urbanos;
- Evidenciar a formação de cânions urbanos por meio da alteração dos parâmetros meteorológicos por meio de comparação com os resultados obtidos no ponto de controle.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O processo de urbanização e verticalização das cidades

No decorrer dos anos, os desafios demográficos, ambientais e socioeconômicos nas cidades aumentam a cada dia. Espera-se que seis em cada dez pessoas residam em áreas urbanas até 2030 e que as áreas edificadas serão triplicadas (UNHABITAT, 2015). No Brasil, as estatísticas mostram que a maior parte da população brasileira é urbana, correspondendo, aproximadamente, a 84% da população total (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011). A urbanização modifica consideravelmente o clima urbano, devido ao aumento de superfícies de absorção térmica, impermeabilização dos solos, alteração na cobertura vegetal, adensamento de edifícios e contaminação da atmosfera (LOMBARDO, 1985).

A urbanização não é o problema em si, a questão é a forma de construção e adensamento das cidades. Os processos que o homem escolheu para ajustar as condições do meio em atendimento às suas necessidades foram malconduzidos e são a causa de muitos problemas do meio urbano, provocando, historicamente, uma relação de harmonia e conflito. É necessário, porém, tentar para os estudos do clima da cidade que os pesquisadores enxerguem uma coparticipação entre o homem e a natureza e não somente o seu antagonismo. (DUARTE, 2000; BRANDÃO, 1996; MONTEIRO, 2003)

A disponibilidade de terras é imprescindível para o crescimento das cidades, porém o que ocorre é a falta de espaços livres para novas construções. Com os espaços ocupados, a tendência é a verticalização das residências. A intensidade desse processo não se dá apenas pela demanda de habitações, mas também por uma rede de relações econômicas, sociais e técnicas que juntas criaram novas paisagens. Essa nova forma de uso e ocupação do solo foi impulsionada pelo crédito imobiliário e surge como um novo conceito de morar, atrelando infraestrutura, segurança, boa localização e “status” para os segmentos nele inseridos. Assim, o mercado induz a população a querer morar em determinada área, projetando o adensamento em determinados locais, sem nenhum tipo de planejamento urbano (MORAIS; SILVA; MEDEIROS, 2007). Na cidade de Fortaleza, a intensificação da verticalização ocorreu quando a apropriação intensiva do espaço pelo o mercado imobiliário aconteceu em localidades restritas do seu território, principalmente em torno dos bairros Meireles e Aldeota, detentores de condições privilegiadas de infraestrutura, comércio e serviços, gerando uma elevada verticalização na área e no seu entorno (RUFINO, 2012).

É notório que muitas mudanças vêm acontecendo nas cidades e que irão aumentar, para acomodar cada vez mais pessoas. Mais combustível será usado, mais calor dissipado, mais poluentes dispersados para prover abrigo, emprego e transporte para os habitantes das cidades. Tudo isso interfere na atmosfera. O estudo do clima das cidades é imprescindível para uma melhor gestão do espaço urbano, conseqüentemente na melhoria na qualidade de vida da população. (LANDSBERG, 1981; MOURA; ZANELLA; SALES, 2008)

3.2 O Clima Urbano

De acordo com Ayoade (1996), o clima é a síntese do tempo num dado lugar durante um período de aproximadamente 30 a 35 anos. Onde tempo é o estado médio da atmosfera em determinado momento e o clima reporta-se às características da atmosfera, observadas por um longo período (SILVEIRA, 2007). Carlos Augusto Monteiro, apoiado na crítica de Max Sorre e no tratamento de P. Pedelaborde, adota uma concepção dinâmica e define clima como “ritmo de sucessão habitual dos estados atmosféricos sobre os lugares” (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003).

A climatologia encontra-se dentro do campo da geografia física e estuda os fenômenos da atmosfera, em contato com a superfície terrestre e sua distribuição espacial, relacionando-se com outras áreas da Geografia Física e da Geografia Humana. O estudo do clima de acordo com a visão geográfica, possui uma conotação antropocêntrica buscando estabelecer uma relação homem-natureza, por integrar as diferentes esferas terrestres para compreender a organização do espaço. Por isso, o estudo do clima é de suma importância nas análises espaciais (FERREIRA, 2012).

As modificações no clima das cidades, segundo Landsberg (1981), foram detectadas pela primeira vez por Lucas Howard em 1820 na cidade de Londres. No Brasil, os estudos iniciaram-se na Universidade de São Paulo com o professor Dr. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro no ano de 1971. No ano de 1976, apresenta em “Teoria e Clima Urbano” uma metodologia do estudo do clima urbano e propõe o termo Sistema Clima Urbano (SCU) com o objetivo de abordar as interações e alterações do clima e da cidade, em que o SCU é o resultado das interações das atividades antrópicas e da atmosfera próxima à superfície, em um contexto regional. Esse sistema divide-se em três subsistemas: termodinâmico (conforto térmico), físico-químico (qualidade do ar) e hidrometeorológico (impacto meteorológico).

De acordo com Monteiro e Mendonça (2003), a cidade é um produto da interação entre o homem e a natureza. Esse produto gera um clima próprio, o clima urbano, que é “um

sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. As condições climáticas destas áreas, entendidas como clima urbano, ocorrem devido à substituição da paisagem natural por um ambiente construído para a realização de diferentes atividades humanas (MENDONÇA,1994).

A grande concentração de pessoas nas áreas urbanas e a sua expansão trouxeram mudanças substanciais na paisagem natural, proporcionando que a cidade gerasse suas próprias condições ambientais. As ações antrópicas alteraram o meio, modificando o balanço energético e hídrico da cidade. Essas mudanças são causadas pela perda da vegetação original, pelo aumento da circulação de veículos automotores, impermeabilização do solo, mudanças no uso e nas formas de ocupação do solo, concentração de edificações, canalização de córregos e aumento da poluição atmosférica (PINHEIRO; AMORIM, 2009).

Katzschener, Reinold e Lourenco (1999) apud Santos (2012), resumiram os motivos da interferência das áreas construídas urbanas no clima regional:

- a) a cidade é uma barreira contra os ventos regionais;
- b) a rugosidade da cidade não é homogênea;
- c) a cidade cria, em relação às áreas circundantes, uma ilha de calor, que depende das superfícies de revestimento e da quantidade de edifícios;
- d) o desconforto térmico nas cidades é devido às mudanças no balanço da radiação;
- e) a cidade deve ser considerada como um sistema de poluição do ar.

Desse modo, o clima urbano é peculiar de cada ambiente, mantendo as relações com o ambiente regional no qual está inserido, uma vez que consiste na modificação dos elementos que compõem a atmosfera (SANTOS, 2012).

A distinção entre o ambiente rural e o urbano próximo, dá-se pela diferença da estrutura das superfícies que são totalmente diferentes. Em termos qualitativos, a paisagem natural é caracterizada pela presença de vegetação e por solos permeáveis. Em contraste, a paisagem urbana tem uma densa área compactada e com solos impermeáveis. Esse contraste de superfícies, obviamente, irá produzir diferentes capacidades de armazenamento e condução de calor (LANDSBERG, 1981).

Devido a essas inúmeras alterações, o balanço de energia sofre profundas mudanças. Os elementos climáticos mais afetados são: temperatura e umidade relativa do ar, regime de ventos (diretamente ligados à dispersão da poluição) e precipitação (inundações). (MENDONÇA,1994; BRANDÃO, 1996; GONÇALVES,1992).

Para Landsberg (1981), as características das superfícies urbanas que interferem nas condições climáticas locais são:

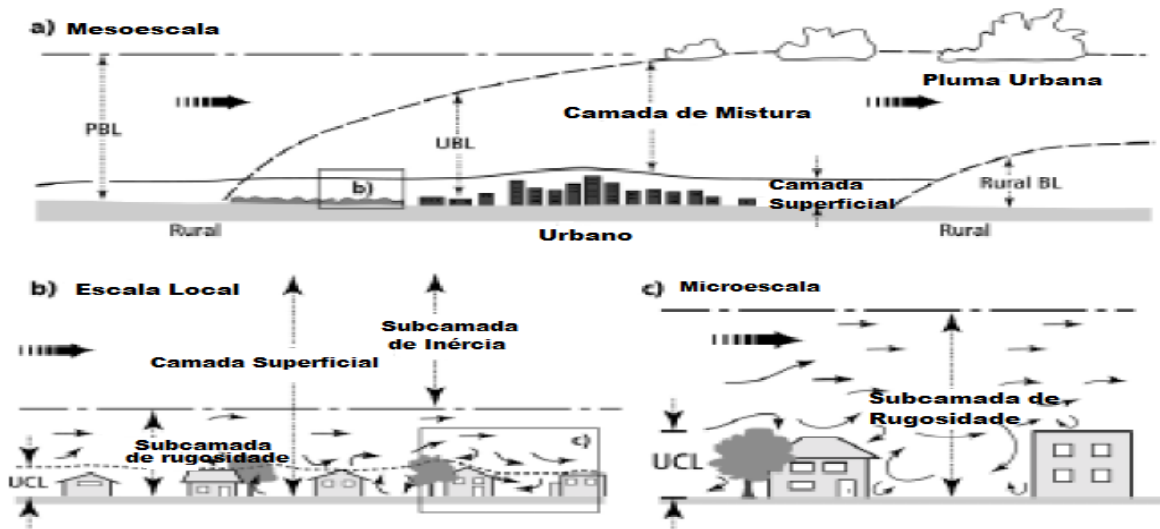
- a) rugosidade: influencia a direção e velocidade dos ventos e a distribuição vertical da temperatura do ar;
- b) albedo: interfere na distribuição vertical da temperatura do ar;
- c) capacidade calorífica e a condutividade dos materiais: influência nas distribuições horizontal e vertical da temperatura do ar;
- d) permeabilidade: está relacionada com o escoamento das águas pluviais.

Compondo uma parte fundamental do estudo da cidade, o clima urbano aparece como um recorte fundamental à compreensão dos problemas urbanos e à sua gestão no presente e no futuro (CARRASCO-HERNANDEZ; SMEDLEY; WEBB, 2014).

Na análise do clima urbano, as modificações climáticas podem ser observadas em diferentes escalas climáticas (distância horizontal) e limites da camada atmosférica (distância vertical) (OKE, 2006).

As escalas horizontais (Figura 1) de interesse são: a) mesoescala: a influência da cidade no clima atinge a cidade toda. A escala típica é de dezenas de quilômetros de extensão; b) escala local: as características da paisagem como a topografia são incluídas, mas os efeitos da microescala são excluídos. Isso significa que essa escala traduz o clima de bairros com tipo de desenvolvimento urbano parecido com atividades, tamanho e espaçamento dos prédios e cobertura do solo. A escala típica é de um a vários quilômetros; c) microescala: a temperatura do ar e da superfície pode variar em vários graus até mesmo em pequenas distâncias. A escala típica é de menos de um metro até centenas de metros. Relaciona-se com as dimensões dos edifícios, árvores, ruas, etc. (OKE, 2006). Para cada um desses níveis, é notório o efeito da urbanização, sobretudo, quando é considerada a distribuição térmica do ar nas cidades (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007).

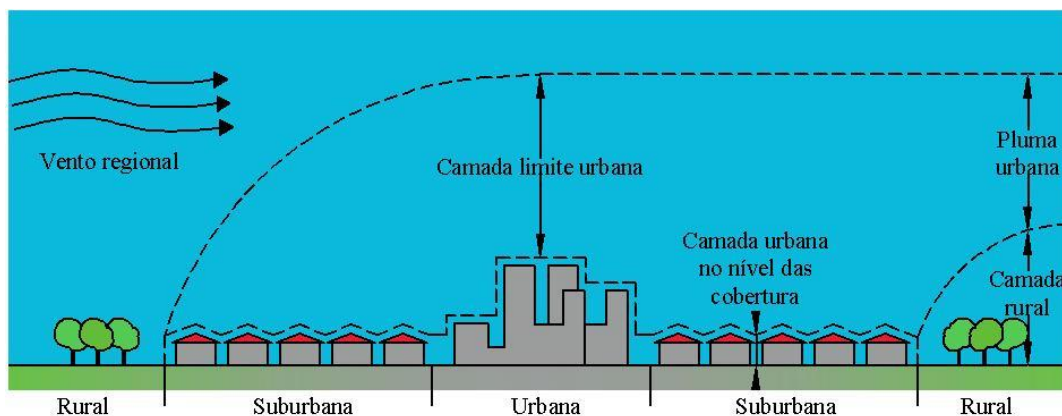
Figura 1- Escalas de classificação climática



Fonte: Adaptado de Oke (2006).

Quanto às escalas verticais (Figura 2), são duas situações básicas, referentes às alterações do clima provocadas pela urbanização, que foram diferenciadas conforme Oke (1987, p.274). A camada limite urbana (*urban boundary layer* – UBL) que é “um fenômeno de escala local, a meso, cujas características são governadas pela natureza da superfície urbana”. Essa camada representa a interação da atmosfera com a cidade (mesoescala). A camada urbana, no nível das coberturas (*urban canopy layer* - UCL), localiza-se entre o nível dos telhados das edificações e o solo e é produzida por processos microclimáticos que operam nas ruas (cânions), entre os prédios. A UCL ou o dossel urbano representa a interação entre a atmosfera e os elementos urbanos (microescala). Seu clima é a combinação de dois ou mais fatores microclimáticos, que são dominados pelas características do seu entorno imediato (OKE, 1987). A pluma urbana é o resultado do isolamento da camada mais quente urbana, mais acima da camada estável rural (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007).

Figura 2- Escalas verticais



Fonte: (SILVEIRA, 2007).

De acordo com Grimmond (2007) apud Silveira (2007), o estudo dos cânions urbanos se dará na microescala (Figura 3). Desta maneira, o presente estudo se desenvolverá sob a ótica microclimática, em que serão analisados os efeitos das características de elementos urbanos sobre o clima de uma determinada parte da área urbana.

Quadro 1- Unidades representativas da escala climática

Unidades	Características construtivas	Escala horizontal típica	Escala climática
1. Edifício	Edifício	10m x 10m	Microescala
2. Cânion	Rua, cânion	30m x 40m	Microescala
3. Quarteirão	Quarteirão	0,5km x 0,5km	Microescala
4. Classe de uso do solo	Centro urbano, residencial, industrial	5km x 5km	Escala local
5. Cidade	Área urbana	25km x 25km	Mesoescala
6. Região urbana	Cidade e seu entorno	100km x 100km	Mesoescala

Fonte: (SILVEIRA, 2007).

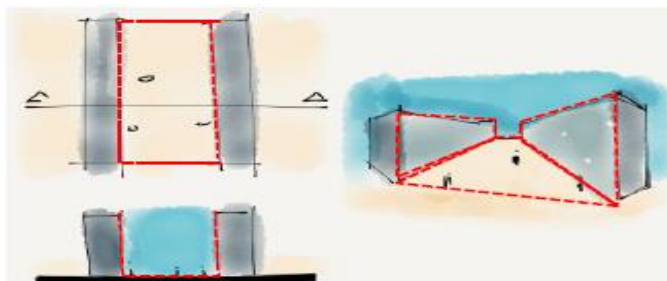
Diversos trabalhos internacionais estudam o clima urbano, como de Correa, Ruiz e Cantón (2010) e Chen et al. (2010). No Brasil, estudos como de Minella, Rasia e Krüger (2011), Moura (2008), Zanella e Moura (2013) e Pétalas e Mota (2013) contribuíram para melhor compreensão sobre o tema. A cidade de Lisboa em Portugal já possui um trabalho com as orientações climáticas para o ordenamento, discorrendo sobre as orientações da rua, a relação H/W ideal para cada parte da cidade e o tipo de vegetação necessária (ALCOFORADO *et al.*, 2005).

3.3 Cânions Urbanos

Os estudos do clima urbano, tradicionalmente, comparam localidades dentro e fora de determinada malha urbana (pesquisas de ilhas de calor). Mais recentemente, vem sendo investigado o impacto de determinado aspecto do desenho urbano, no balanço energético acima da malha urbana, mais especificamente nas condições microclimáticas no entorno de edificações (KRÜGER, 2008).

Existem algumas unidades da superfície urbana representativas que se formam basicamente dentro da área urbana. Essas unidades reconhecem a natureza tridimensional essencial do dossel urbano e consistem da combinação entre as superfícies horizontais e verticais decorrente do arranjo dos edifícios e ruas. São os chamados cânions urbanos, que foram nomeados desta forma em analogia com os cânions naturais e são constituídos pelas paredes de dois prédios adjacentes e a rua localizada entre eles (Figura 3). Dentro da camada urbana no nível das coberturas (UCL), os cânions urbanos são reconhecidos como uma unidade básica para o estudo do microclima e o conhecimento da sua geometria é essencial para o entendimento do clima urbano (KRÜGER, 2008; NAKAMURA; OKE, 1988).

Figura 3- Cânion urbano



Fonte: (SILVA, 2013).

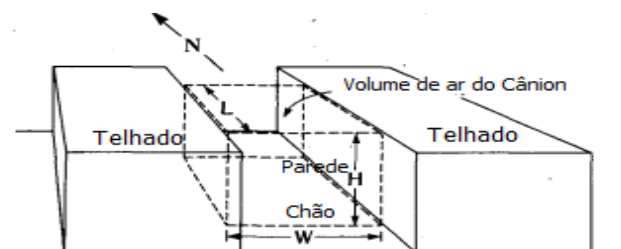
O conhecimento da geometria urbana é de fundamental importância, pois influencia no processo de absorção da radiação solar e da radiação de ondas longas que são emitidas pela superfície do solo e dos prédios, na redução de perdas de calor por causa dos fluxos de ventos e na produção antropogênica de calor (SILVEIRA, 2007).

Para se conhecer o comportamento térmico dos cânions urbanos é necessária a adoção de um parâmetro de análise. Dentre vários parâmetros de análise, são bastante utilizados o Fator de Visão do Céu (FVC) e a razão entre a altura dos edifícios e a largura da rua ($H = \text{height (altura)} / W = \text{width (largura)}$). Esses índices são os dois mais importantes para avaliar o desempenho da qualidade do espaço urbano (SILVA, 2013).

Os cânions são compostos por duas superfícies verticais de altura (H) e por uma superfície horizontal (W), representando as fachadas dos edifícios e a via de circulação

urbana, respectivamente. Na maioria dos casos, suas dimensões absolutas não são relevantes e por isso é comum considerar esta unidade como adimensional e caracterizá-la pela altura média e a largura do perfil, que se chama relação H/W . A profundidade L , para efeitos de simplificação, pode ser considerada infinita. Esta relação H/W geralmente é utilizada para cálculo de fluxos de ar, efeitos térmicos e acesso solar, como mostram estudos de Oke (1988), Johnson e Watson (1984) e Panão, Gonçalves e Ferrão (2009). É um índice sugerido para uma análise simplificada do efeito da geometria urbana (ROSSI; KRÜGER; NIKOLOPOULOU, 2011; BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007).

Figura 4- Geometria do cânion urbano



Fonte: Adaptado de Nunez e Oke (1977)

De acordo com Sozzi, Georgiadis e Valentini (2002), quando a razão H/W for maior que 0.7, é criado o verdadeiro cânion urbano. Onde uma porção do ar confinado entre os prédios, quase dissociado do ar acima dele, estabelece a ocorrência de dois ou mais vórtices. Sucedendo, às vezes, uma troca de ar permanente e até mesmo intermitente com a atmosfera sobrejacente através de um fraco efeito de arrastamento. Para Battista et al. (2015), os cânions regulares têm valores aproximados a 1, as avenidas de cânion têm valores menores que 0.5 e os cânions profundos tem valores maiores ou iguais a 2.

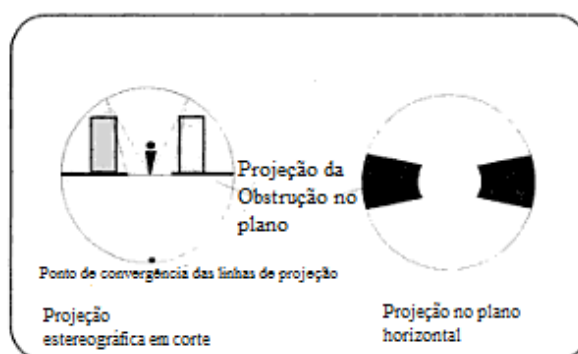
De acordo com Oke (2006), quando a razão H/W for maior que 2, caracteriza-se como uma área intensamente urbanizada, com edificações próximas, com alto desenvolvimento vertical e uma taxa de impermeabilização maior que 90%. Com a razão H/W entre 1 e 2.5, designa-se uma área de intenso desenvolvimento, com prédios de 2 a 5 andares próximos uns dos outros e com taxa de impermeabilização maior que 85%. Com razão H/W entre 0.5 e 1.5, indica uma área muito urbanizada, com densidade média, edifícios mais separados e com taxa de impermeabilização entre 70% e 85%. Com razão H/W entre 0.05 e 0.2, identifica-se uma área altamente desenvolvida, com prédios baixos e largos, com densidade de média a baixa e com taxa de impermeabilização entre 70% e 95%. Com razão H/W menor que 0.05, caracteriza-se uma zona semi-rural com casas espalhadas em áreas

naturais ou agrícolas.

O fator de visão do céu é um parâmetro climatológico utilizado para caracterizar as condições radiativas de uma área determinada e expressa para um ponto de observação, a relação entre a área visível do céu e a porção da abóboda celeste, coberta pelos diversos componentes do meio urbano (CORREA et al., 2005).

Para Chapman *et al.* (2007), o FVC é a razão entre a porção de céu visível de um determinado ponto e o céu potencialmente disponível, a partir deste ponto. O seu valor pode variar de 0 a 1, sendo o valor de 1 equivalente a uma área sem nenhuma obstrução entre o ponto analisado e o céu. Para Souza, Rodrigues e Mendes (2003), representa uma obstrução à abóboda celeste, "qualquer edificação, elemento ou equipamento urbano, pertencente ao plano do observador posicionado na camada intraurbana".

Figura 5- Projeção estereográfica da área do céu



Adaptado de Barbirato, Souza e Torres, 2007.

Quando as condições morfológicas observadas, a partir de um determinado ponto da superfície terrestre, causam obstrução do céu, a troca de calor ocorre entre as superfícies e acarreta acúmulo de calor no entorno urbano. Por outro lado, quanto maior a capacidade de visão de uma superfície para o céu, maior a capacidade de resfriamento. Assim, a área de céu, visível a partir de um ponto da superfície, deve ser considerada nas análises climáticas da forma urbana. O FVC é um recurso que pode auxiliar na compreensão de várias relações do clima urbano, podendo servir para um melhor planejamento urbano (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007).

3.4 O microclima nos cânions urbanos

O microclima nos cânions é estabelecido pelas características radiativas, térmicas e de umidade dos materiais utilizados na construção dos edifícios e da malha urbana, pela sua

geometria e pela orientação da luz solar e dos ventos. A identificação dos cânions urbanos e a busca da compreensão dos seus efeitos ajudam na atenuação dos problemas socioambientais nas cidades (MOURA; ZANELLA; SALES, 2008; SILVEIRA, 2007).

As alterações da superfície urbana provocam transformações nas características aerodinâmicas, na radiação, temperatura e umidade. A densidade dos materiais de construção cria uma superfície áspera que impermeabiliza o solo e faz com que o ambiente ao seu redor conserve calor e aprisione o ar. (OKE,1987; LANDSBERG,1981). Cada cânion tem uma geometria específica, que cria diferentes condições microclimáticas, afetando o orçamento energético das áreas urbanas (CARRASCO-HERNANDEZ; SMEDLEY; WEBB, 2014). O conhecimento dessas diferentes formações construtivas é importante para se conhecer a transição do regime de fluxos de ventos e assim os problemas associados a estes, como a canalização de fluxos de ar e formação de microclima (JOHNSON; WATSON, 1984; OKE,1977).

De acordo com Landsberg (1981, p.71), nos cânions urbanos, as condições de radiação são modificadas devido à mudança do horizonte, que afeta a duração da luz do sol e da iluminação e pelas interações entre as fachadas dos edifícios em ruas estreitas e entre os edifícios e a superfície das ruas. Essa interação é determinada pela altura dos prédios e a largura da rua.

O conhecimento das temperaturas do ar e das superfícies e da circulação de ar dentro dos cânions urbanos tem como objetivo otimizar o conforto térmico dos pedestres, o consumo de energia dos prédios e a dispersão de poluentes.

Dentro dos cânions urbanos, a temperatura do ar e da superfície controlam o balanço de radiação. Uma pequena quantidade de radiação solar consegue atingir o solo, pois a sua maioria atinge as coberturas e paredes e devido às características dos materiais e é transformada em calor sensível. Ondas longas de radiação são emitidas para o céu pelas superfícies, dependendo do fator de visão do céu e da emissividade dos materiais. Com o bloqueio ocasionado por outros edifícios, a perda dessa radiação é reduzida. Sendo assim, o balanço entre os ganhos e perdas de calor é positivo e a temperatura é maior que na zona rural (SILVEIRA, 2007).

Na vizinhança imediata dos prédios, as temperaturas do solo e do ar são geralmente mais quentes que em áreas abertas, devido à perda de calor vinda dos prédios e também como resultado do aprisionamento dos ventos. A geometria urbana pode provocar o aumento de absorção de ondas curtas, conseqüente da sua interceptação dentro dos cânions, a diminuição da perda de calor pela turbulência, devido à estagnação em cânions profundos e a diminuição

da perda de radiação de ondas longas, devido à redução do fator de visão do céu. A densidade dos materiais de construção cria uma superfície áspera que impermeabiliza o solo e faz com que o ambiente ao seu redor, conserve calor e aprisione o ar (NAKATA; SOUZA; RODRIGUES, 2015; OKE, 1987).

O balanço de radiação dos cânions urbanos depende do FVC. Nesse processo, o céu atua como receptor da radiação de onda longa, vinda da camada urbana, por possuir temperaturas mais amenas do que a superfície terrestre, permitindo o resfriamento desta superfície (SOUZA; RODRIGUES; MENDES, 2003). Assim, a geometria urbana e qualquer outro elemento que obstrua a visão do céu, influenciam no controle da temperatura das superfícies e na temperatura do ar. Sendo assim, é de suma importância o conhecimento das questões térmicas para uma melhor compreensão do clima urbano e seus impactos (ROSSI; KRÜGER; NIKOLOPOULOU, 2011).

As alterações da malha urbana provocam transformações na radiação, temperatura, umidade e nas características aerodinâmicas. Os tipos de materiais que compõem a malha urbana determinam a ventilação e podem auxiliar ou barrar a entrada dos ventos e, conseqüentemente, acelerar as trocas térmicas dos edifícios com o meio ambiente (SILVEIRA, 2007). Os densos materiais de construção fazem do sistema um bom conservador de calor e impermeabilizam a superfície. Os blocos formados pela geometria urbana criam a possibilidade de a radiação ficar aprisionada e do ar ficar estagnado (OKE, 1987). Os edifícios com pilotis (pilares de concreto armado que seguram uma construção) são aconselháveis para áreas densamente construídas, pois por meio das aberturas destes, os fluxos de ar atingem outros edifícios localizados a sotavento (ROMERO, 1988).

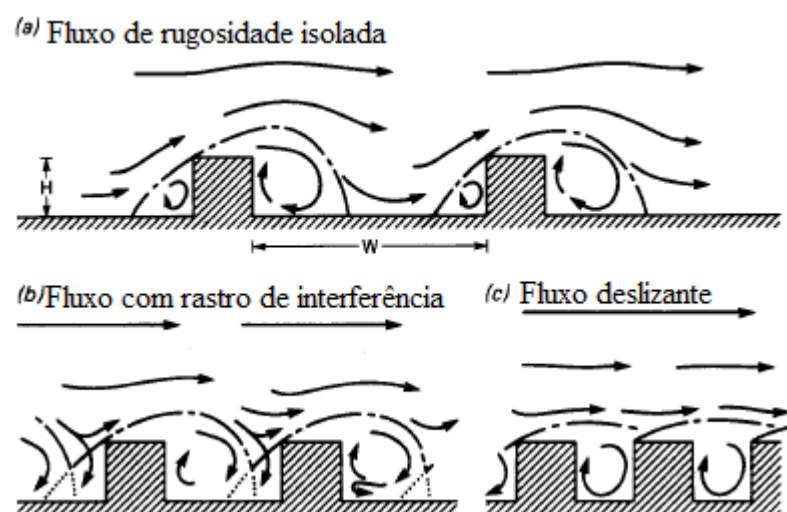
Quando um prédio está inserido em uma área urbana, o fluxo padrão dependerá da geometria do conjunto, especialmente da razão H/W. Quando os prédios são relativamente separados (H/W menor que 0.3), o fluxo padrão aparece quase como se o prédio estivesse isolado. Ocorrendo vórtices normais a sotavento do edifício. Em espaços mais fechados (H/W maior que 0.65), a onda de fluxo de ar formada por qualquer prédio vai interferir no fluxo a jusante. Os edifícios vão começar a interferir uns com os outros, dando origem a uma dissociação entre o ar que flui para acima dos edifícios e do ar que está entre eles. Em espaços mais fechados, o fluxo principal começa a passar sobre os topos dos edifícios e conduz um vortex a sotavento na cavidade. Formando um redomínio a sotavento que encontra-se com um fluxo formado atrás dos obstáculos com bordas afiadas. Esse fluxo impulsiona a deflexão na parede a barlavento do obstáculo seguinte (OKE, 1987; (SOZZI; GEORGIADIS; VALENTINI, 2002).

A geometria dos cânions urbanos pode ser descrita por três parâmetros: H, a altura média, W, a largura e L, o comprimento (FIGURA 4). As características da circulação de ar dentro dos cânions podem ser verificadas em três situações: o fluxo de ar perpendicular, paralelo ou inclinado em relação ao eixo do cânion. As transições entre esses regimes ocorrem em combinações críticas de H/W e L/W (OKE, 1988; SILVEIRA,2007).

Para que possamos considerar o fluxo de ar perpendicular ao eixo do cânion (± 30 graus), três tipos de regime de fluxo podem ser observados de acordo com a geometria do edifício (L/H) e do cânion (H/W). Quando os prédios estão distantes, com H/W maior que 0,5, o fluxo de ar e os edifícios não interagem. À medida que esta distância diminui, o fluxo começa a ser modificado pelo arranjo dos edifícios, podendo ser classificado (figura 6), de acordo com Oke (1987) em:

- a) Fluxo de rugosidade isolada, as formações de edifícios passam a alterar o fluxo de ar;
- b) Fluxo com rastro de interferência, um redemoinho se forma a barlavento e na cavidade, ocorrendo uma perturbação devido à altura e aos blocos de prédios; descreve-se pela ocorrência de um fluxo de ar secundário no cânion, que é produzido quando o fluxo de ar na cavidade é reforçado pela deflexão do fluxo em frente do edifício a sotavento;
- c) Fluxo deslizante ocorre quando a relação H/W é maior, no qual um vórtice estável estabiliza-se dentro da cavidade e a maior parte do fluxo de ar não penetra no cânion.

Figura 6- Regime de fluxo de ar associado com diferentes geometrias urbanas.



Fonte: Adaptado de Oke (1987, p.267)

O presente estudo escolheu a área de pesquisa por meio da análise de imagens de satélite, onde é possível visualizar o adensamento de edifícios e possivelmente é umas das

únicas áreas da cidade de Fortaleza onde poderá haver a formação de cânions urbanos. De acordo com Moura (2008), há uma hipótese de interferência da massa edificada e verticalizada, localizada e concentrada na Avenida Beira-Mar e nos bairros da Aldeota, Meireles e Dionísio Torres, no clima urbano. Essa hipótese não foi devidamente verificada por pesquisas, sendo necessária uma quantidade maior de investigações.

4. METODOLOGIA

Nessa parte do trabalho, serão apresentadas a área de estudo e as fases do procedimento técnico

4.1 ÁREA DE ESTUDO

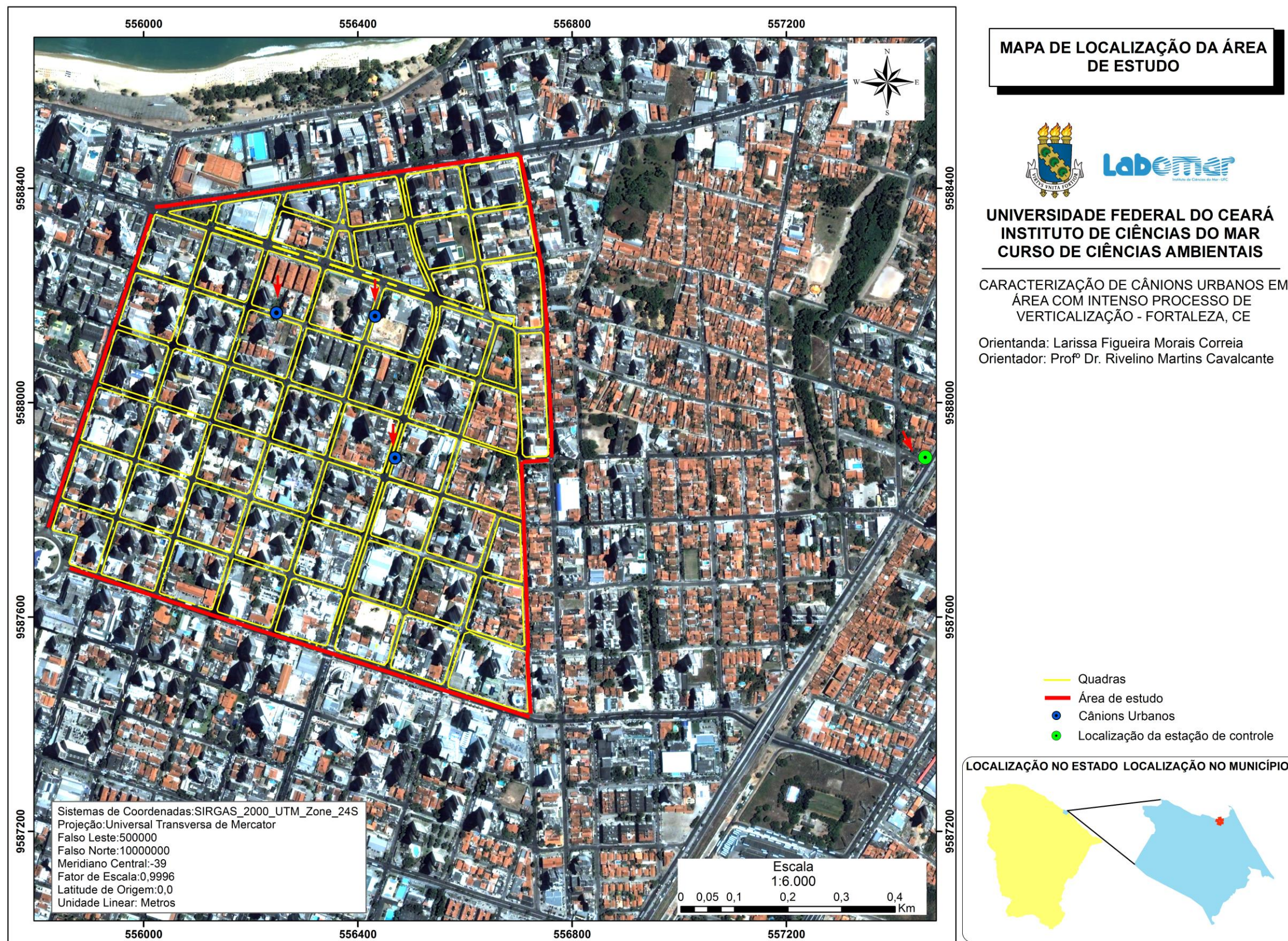
A cidade de Fortaleza é um município brasileiro localizado no litoral norte do Estado do Ceará. Com latitude sul de 3°46' de e 38°33' de longitude oeste, ocupa uma área de aproximadamente 313,4 km². A estimativa da população para o ano de 2015 é de 2.591.188 habitantes sendo a capital de maior densidade demográfica do país, com 7.786,44 hab./km², a cidade mais populosa do Estado e a quinta do Brasil (IBGE, 2010; IPECE,2015).

Apresenta tipo climático Aw` da classificação de Köppen (1918), tratando-se de um regime pertencente ao grupo de clima tropical chuvoso. As estações climáticas da cidade são bem demarcadas, sendo a estação chuvosa de janeiro a maio e a seca de agosto a dezembro. A temperatura média anual é de 26 °C, variando de 23,5 °C a 30,3 °C. A precipitação média anual é de 1608,4 mm. (MOURA,2008; AGUIAR et al., 2002)

A Zona de Convergência Inter-tropical é o principal sistema causador das precipitações, apresentando altos índices de insolação e radiação solar, influenciando a temperatura, a evaporação e a luminosidade. Em relação aos ventos, há predominância dos ventos alísios de sudeste e as brisas marítimas. A normal média anual da velocidade do vento é de 3,7 m/s (PETALAS *et al*, 2001; MOURA,2008).

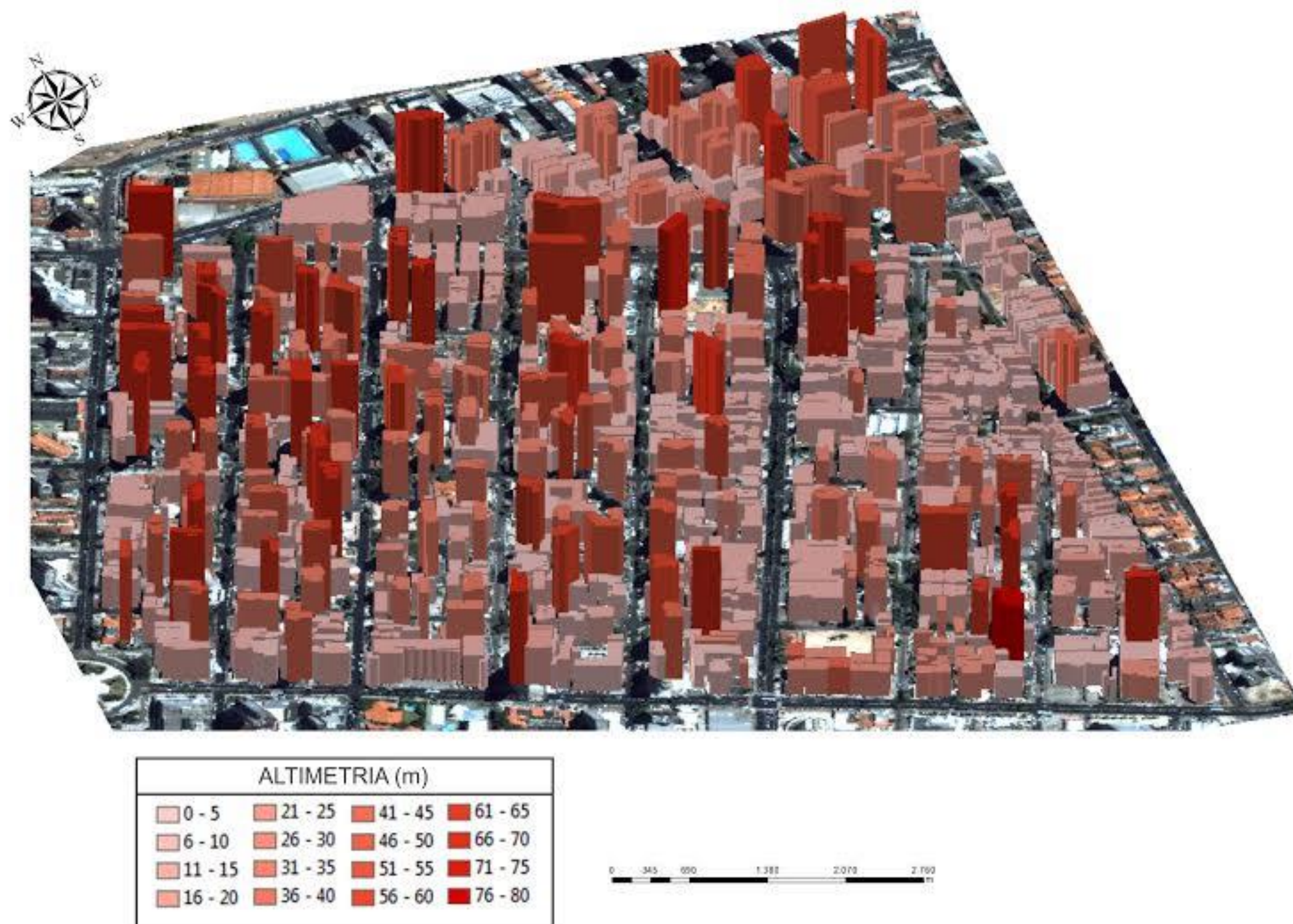
A área de estudo localiza-se no bairro Meireles da cidade de Fortaleza (Figura 7). O bairro possui uma população de 36.982 habitantes e tem a renda média mais alta da cidade. Desde 1970, estabeleceu-se com a proliferação da construção de residências unifamiliares e multifamiliares e hoje há o predomínio de condomínios residenciais verticais de alta renda. O bairro possui condições privilegiadas de infraestrutura, comércio e serviços diversificados (IPECE,2015; VASCONCELOS,2014). Quanto ao tipo de pavimentação, foi verificado em visita de campo, que na área de estudo as ruas e avenidas são completamente asfaltadas. O tipo de material de construção mais comumente utilizado é o concreto, aço estrutural e os revestimentos cerâmicos. A vegetação presente na área é escassa e antropizada, sendo restrita aos quintais particulares e as calçadas. A figura 7 apresenta a delimitação da área de estudo e a figura 8 demonstra a altimetria da área edificada da área de estudo.

Figura 7- Delimitação da área de estudo



Fonte: Própria autor

Figura 8 - Altimetria da área de estudo



Fonte: Própria autora.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano da cidade de Fortaleza define as diretrizes setoriais referente a estrutura e condições do desenvolvimento, o ordenamento das funções urbanas e a viabilização da política urbana. As macrozonas constituem a estrutura que norteiam o processo de implementação da política urbana. O bairro Meireles, localiza-se na macrozona urbanizada, que corresponde a zona onde ao atendimento da rede de abastecimento d'água é integral e parcial no sistema de esgoto. Verifica-se a maior concentração da população e das atividades urbanas com as melhores condições de infraestrutura. Para essa área, a altura máxima do gabarito dos prédios é de 72 metros (FORTALEZA, 2009).

A escolha da área foi através da análise de imagens de satélite e o critério de escolha foi o grau de adensamento dos edifícios. Para escolha dos locais de coleta de dados, o critério utilizado foi a razão H/W calculada com auxílio do programa ArcGis™. Foram escolhidos pontos com o valor mais baixo, intermediário e mais elevado da razão H/W.

Para a realização completa dos objetivos do trabalho, foram coletados e analisados dados dos parâmetros meteorológicos em um cenário diferente localizado fora da área de estudo. Estes dados balizaram as condições meteorológicas sem interferência da topografia urbana, servindo de validação. O local escolhido deveria ser similar ao local da pesquisa, não sendo muito distante e com o mesmo controle atmosférico. A figura 9 apresenta as localizações das estações meteorológicas. A figura 10 apresenta o local, que está indicado por uma seta amarela, onde foi instalada a estação meteorológica no ponto de controle.

Os demais locais de coleta de dados foram:

- Ponto 1: Avenida Senador Virgílio Távora, 303 (H/W=0.2) (Figura 11);
- Ponto 2: Rua Silva Jatahy, 1140 (H/W=1) (Figura 12);
- Ponto 3: Rua Coronel Linhares, 60 (H/W=4) (Figura 13);
- Ponto 4: Avenida Antônio Justa, 3767 (Ponto de controle) (Figura 10).

O ponto 1 localiza-se em uma avenida larga com aproximadamente 20 metros e configura-se como uma área comercial composta por lojas e shoppings com altimetria entre 6 e 9 metros. A vegetação no local é pouca, apresentando pequenas árvores no meio fio e jardins gramados localizados em frente de algumas lojas. O tráfego de veículos é intenso, inclusive com a presença de caminhões. A direção do eixo da rua é NNE-SSW.

O ponto 2 localiza-se em uma rua estreita com aproximadamente 14 metros composta por edifícios mais antigos de baixa altimetria (entre 9 e 12 metros) e edifícios mais novos com altimetria mais elevada (média de 66 metros). A vegetação nesse ponto é escassa, correspondendo apenas aos jardins dos edifícios e em relação aos outros pontos é o local menos arborizado. O tráfego de veículos é baixo. A direção do eixo da rua é NE-SSE.

O ponto 3 localiza-se em uma rua estreita (aproximadamente 12 metros) composta por edifícios próximos uns aos outros e com elevada altimetria. É o ponto mais arborizado, composto por árvores de espécie exótica *Azadirachta indica*, conhecida como nim. O tráfego de veículos é baixo. A direção do eixo da rua é NNE-SSW.

O ponto de controle fica a aproximadamente 1 Km da área de estudo e localiza-se em uma avenida larga com extensão de 20 metros. Essa avenida faz esquina com a Avenida Almirante Henrique Sabóia, conhecida como Via Expressa, onde o tráfego de veículos é intenso e inclusive com a presença de uma grande quantidade de caminhões. A vegetação é escassa correspondendo a apenas algumas árvores plantadas nos jardins das casas. Essa parte da Avenida Antônio Justa é constituída por residências com altimetria variando entre 3 e 6 metros. A direção do eixo da rua é NNE-SSW.

Figura 9- Localização das estações meteorológicas



Fonte: Própria autora

Figura 10- Localização do ponto da estação de controle



Fonte: Própria autora.

Figura 11- Ponto 1 – Cânions Urbanos



Fonte: Própria autora.

Figura 12 - Ponto 2 - Cânions Urbanos



Fonte: Própria autora.

Figura 13 - Ponto 3 - Cânions Urbanos

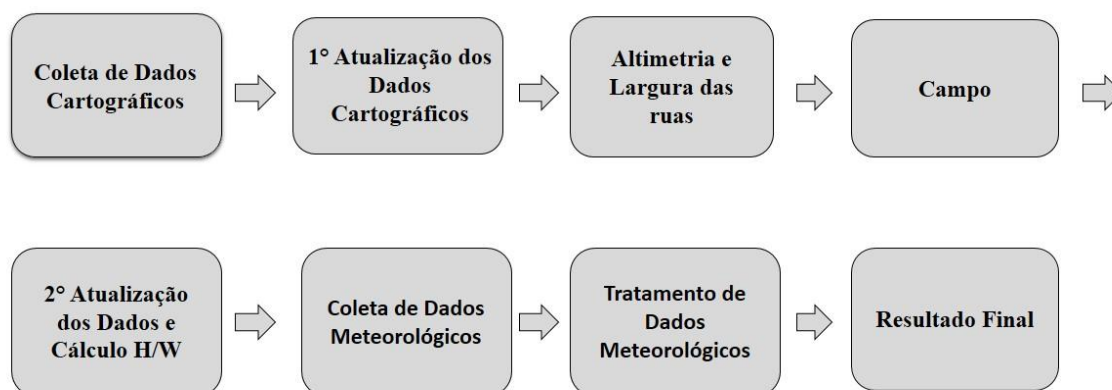


Fonte: Própria autor

4.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICO

O procedimento técnico do trabalho foi composto por 8 fases, exemplificadas no seguinte fluxograma (Figura 14):

Figura 14- Fluxograma do procedimento técnico



Fonte: Própria autora

Na fase 1 ocorreu a coleta de imagens e dados de vetores, que foram tratados no programa ArcGis™ 10.1. Os dados de vetor foram obtidos por meio da Carta Digital Planimétrica do município de Fortaleza do ano de 2009 e as imagens pelo satélite Quickbird, cedidas pela Prefeitura Municipal de Fortaleza. Os dados originais estavam de acordo com o referencial geodésico SAD69 e foram projetados para SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul) e para o sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) fuso 24. A projeção foi em atendimento à Resolução PR 01/2005, de 25 de fevereiro de 2005 do IBGE, que trata sobre a mudança do referencial geodésico adotado no Brasil (IBGE,2015).

Os dados adquiridos em formato .dwg foram convertidos para formato .shp. No entanto para que a conversão fosse total com arcos e polígonos foi necessário a utilização do programa Spring 5.2. Os arquivos cedidos pela PMF não estavam vetorizados com a topologia correta, desta forma o software ArcGis™ não visualizava os polígonos. A solução encontrada foi importar para o Spring, ajustar e poligonalizar, para então exportar no formato .shp. Isto concluiu a fase 1.

A fase 2, refere-se a primeira atualização dos vetores. Como os dados já estavam em formato .shp, foi necessária a atualização dos dados, em virtude das imagens e vetores serem de 2009. Para isso, utilizou-se o programa Google Earth, que disponibiliza mapas e imagens em três dimensões com imagens entre os anos de 2013 e 2015. Por meio da visualização no programa, foi confirmado a localização dos edifícios e a modificação de edifícios inexistentes e novos. Essas informações foram inseridas no banco de dados dos mapas.

Na fase 3 determinou-se a largura das ruas com medições executadas no ArcGis™. Foi possível a visualização virtual das ruas e das áreas edificadas, podendo assim, determinar a altimetria de todas as edificações da área de estudo, além da largura das ruas.

Na fase 4, foi realizada a visita da área de estudo com o objetivo de confirmar a existência das edificações e a altura das mesmas. O trabalho de campo foi realizado no mês de setembro do ano de 2015 e configurou-se na verificação da altura de todas as edificações da área de estudo e as decorrentes mudanças, como prédios novos ou casas que deixaram de existir. Para a obtenção dos dados da altura da área edificada, a autora contou o número de pavimentos de cada edificação, sendo cada pavimento uma média de 3 metros (ROMERO,2009). No caso de edifícios em construção, a informação da altura foi obtida nos stands de venda dos edifícios ou com os responsáveis da obra.

A fase 5, corresponde a atualização dos dados obtidos em campo. No laboratório, foram confirmadas e corrigidas as alturas das edificações, atualizando o banco de dados dos mapas. Com os dados das larguras das ruas, foi realizado o cálculo da razão H/W. Foi feito o cálculo da média das alturas dos prédios de cada quarteirão e o valor foi dividido pela a largura da rua de cada lado do quarteirão.

A classificação foi realizada de acordo com o trabalho de Battista *et al.* (2015). Os cânions urbanos foram divididos em três tipos: avenidas de cânions, cânions regulares e cânions profundo, conforme quadro abaixo.

Quadro 2- Classificação dos cânions urbanos

Relação H/W	Classificação (Battista <i>et al.</i> , 2015)
< 0.5	Avenidas de Cânion
≈ 1	Cânion Regular
>2	Cânion Profundo

Na fase 6, fez-se as medições dos parâmetros meteorológicos nos pontos escolhidos na área de estudo e em um cenário fora desta área, de acordo com a metodologia apresentada no trabalho de Andreou e Axarli (2011). Com o conhecimento da razão H/W de cada feição dos quarteirões, foi possível a escolha do local de medição dos dados conforme explicitado anteriormente. Foram escolhidos quatro locais para medição da velocidade e direção do vento, temperatura e umidade (Figura 9). Em cada ponto, a medição foi feita em triplicata e os dados contabilizados a cada 15 minutos, das 7 da manhã às 19 horas da noite. A estação utilizada nos pontos 1, 2 e 3 foi da marca Oregon Scientific, do modelo WGR918 (Figura 15). Para a medição no ponto de controle (ponto 4), a estação meteorológica da marca Davis, modelo Vantage Vue (Figura 16), ficou fixa durante nove dias. Ambas foram montadas a 2 metros de altura, aproximadamente. Os dias monitorados em cada ponto foram:

- Ponto 1: 20, 23 e 26 de janeiro de 2016 (Figura 11);
- Ponto 2: 21, 24 e 27 de janeiro de 2016 (Figura 12)
- Ponto 3: 25, 28 e 29 de janeiro de 2016 (Figura 13);
- Ponto 4: 20,21,23,24,25,26,27,28,29 de janeiro de 2016 (Figura 10).

Figura 15- Estação Meteorológica - Marca Oregon Scientific



Fonte: Própria autora

Figura 16 - Estação Meteorológica - Ponto de controle



Fonte: Própria autora

Na fase 7, realizou-se o tratamento dos dados meteorológicos. Os dados foram exportados e tratados no programa Excel– Microsoft®. Foi realizado um teste de aferição nas duas estações, com o objetivo de verificar a gravação dos dados em mesmas condições climáticas e ao mesmo tempo. Por meio dos dados do teste, calculou-se um índice de correção da estação Davis de 0.56 referente aos dados de velocidade do vento. No programa Excel– Microsoft® foi realizado o cálculo da razão dos dados da estação no ponto de controle (fora dos cânions urbanos) sobre os dados da estação localizada dentro dos cânions urbanos, tanto para a velocidade dos ventos como para a temperatura do ar. Calculou-se em todos os horários, mas para efeito de compilação de dados, foi realizada a média da razão por hora de dados coletados. O objetivo desse cálculo é aferir em qual dos locais houve a maior predominância dos dados.

Quadro 3 - Razão Estação Controle / Estação Cânions

$$\text{RAZÃO} = \frac{\text{Estação Controle}}{\text{Estação Cânions}}$$

Fonte: Própria autora.

A fase 8, corresponde a finalização do mapeamento e caracterização e localização dos cânions urbanos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A compilação dos resultados em todos parâmetros observados será apresentada nos quadros 6, 7 e 8.

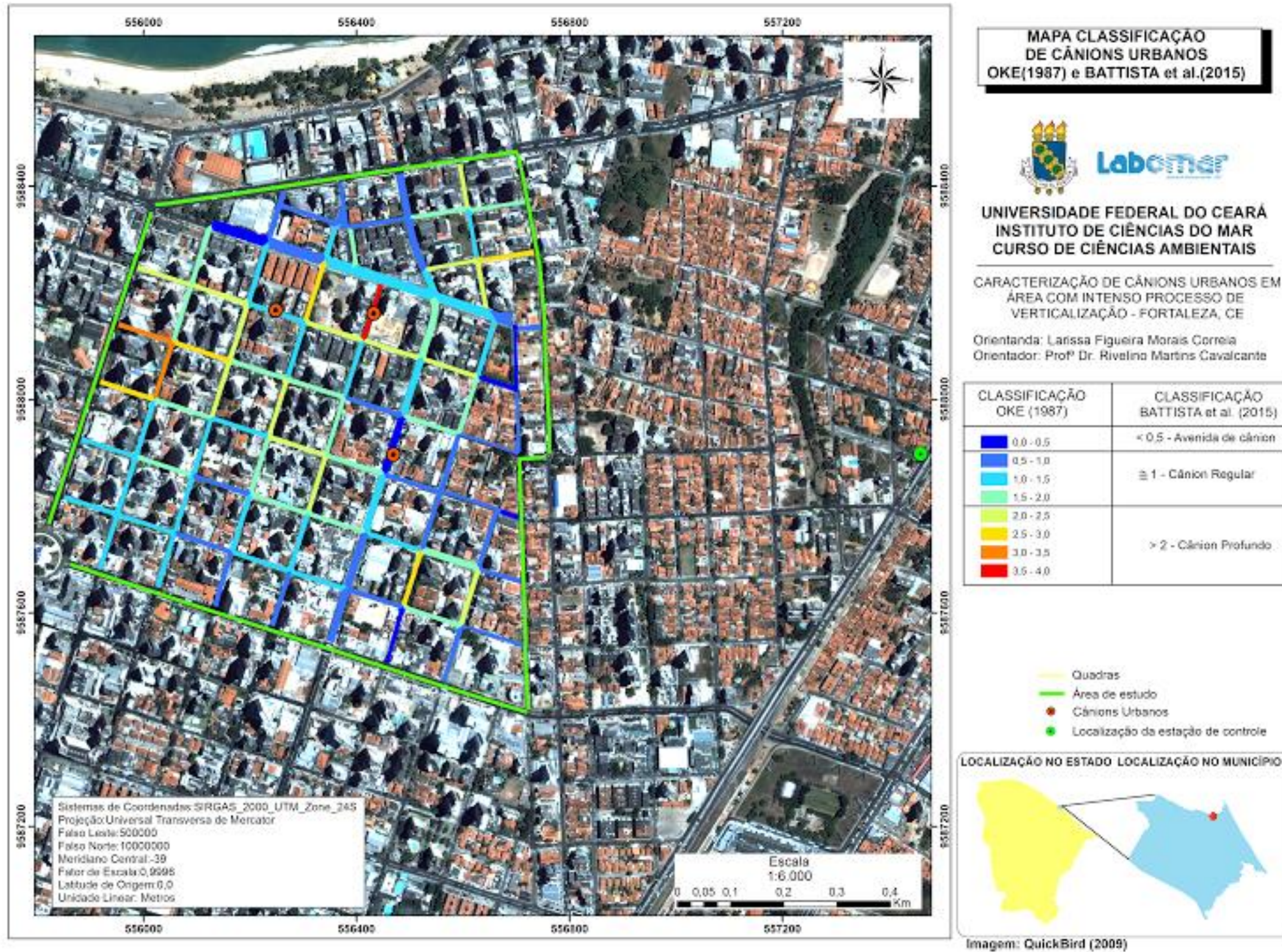
5.1 Classificação dos Cânions Urbanos

Os resultados da classificação dos cânions urbanos, que foi realizada na fase 5 do item 4.2, serão apresentados nas figuras a seguir.

A figura 17 é um mapa de classificação dos cânions urbanos onde nota-se que todos os quarteirões da área de estudo foram classificados e que os pontos de coleta representam os três tipos de classificação dos cânions (avenida de cânions, regular e profundo). Por esse motivo foram escolhidos para a avaliação dos parâmetros meteorológicos. O tipo de cânion com a maior ocorrência foi o cânion regular com 73.5 %, seguido do cânion profundo com 21.56% e avenida de cânions com 5%.

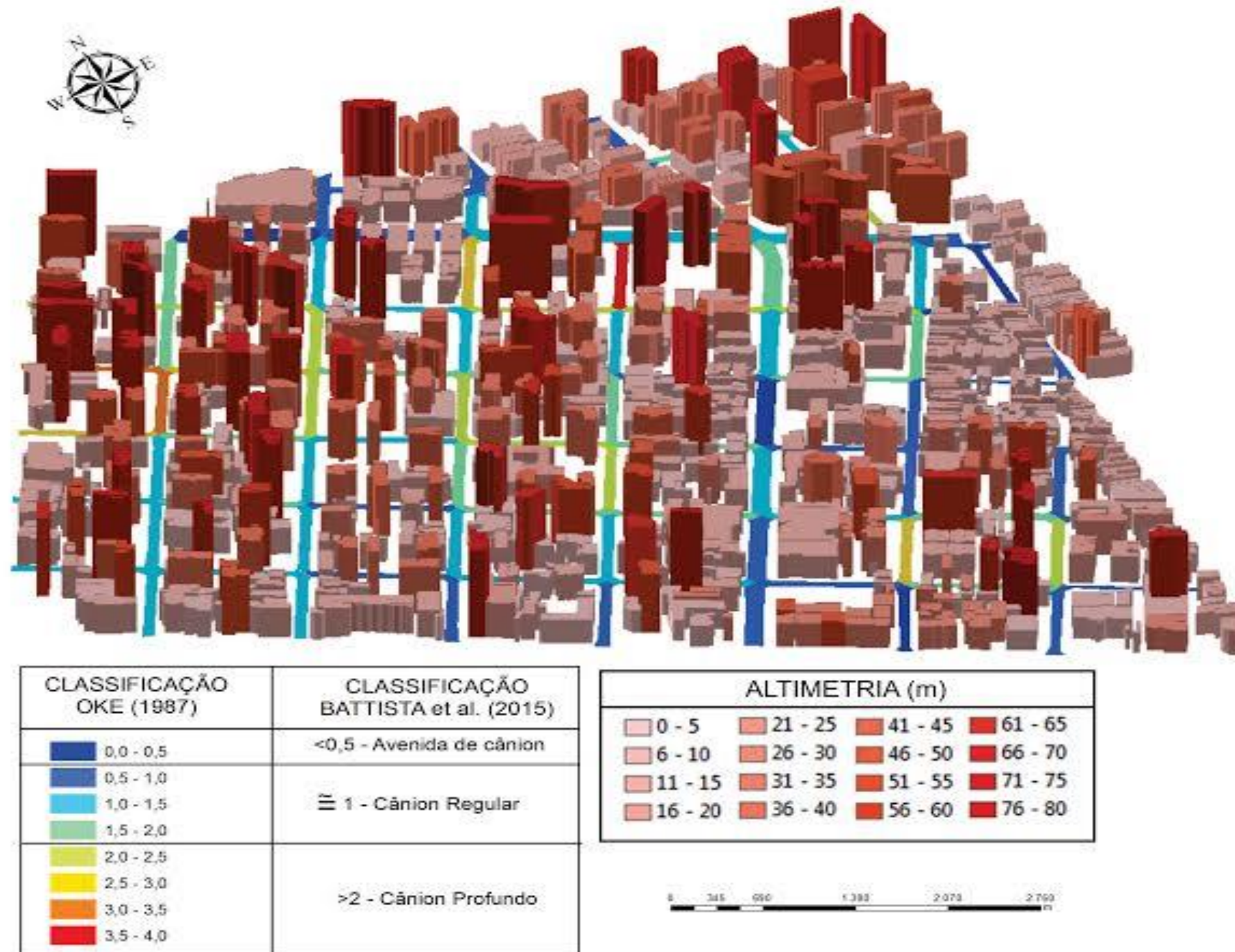
A figura 18 é um mapa que mescla os resultados da classificação dos cânions com os dados da altimetria da área edificada. Pode-se perceber que nas áreas preenchidas com as cores laranja e vermelha, representando o tipo de cânion profundo, possuem os edifícios com altimetria mais elevada, demonstrada pela cor vermelho mais forte. É evidente que nas avenidas da área de estudo, apesar de apresentarem edifícios com alta altimetria não ficou caracterizado nenhum cânion profundo devido a largura das mesmas serem maiores que das ruas. Portanto, pode se dizer que a altimetria das edificações e a largura das ruas tem influência na formação de cânions urbanos.

Figura 17 – Mapa da classificação dos cânions urbanos



Fonte: Própria autora

Figura 18 - Mapa da classificação dos cânions urbanos e altimetria



Fonte: Própria autora

5.1.2 Classificação Urbana Climática

O autor Oke (2006) utiliza a razão H/W para fazer uma classificação urbana climática. O autor fez uma classificação simplificada das diferentes formas urbanas em ordem decrescente da sua capacidade de afetar o clima local.

Para a análise dos parâmetros meteorológicos foram escolhidos locais com os três tipos de classificação. Na avenida de cânions, a relação H/W foi de 0.2 e de acordo com o autor citado, classifica-se como uma área urbanizada, com densidade de média a baixa, prédios amplos e com estacionamentos de asfalto. O autor cita o exemplo de áreas comerciais. Essa classificação confirma as características do ponto 1, que localiza-se em uma área comercial presente na área de estudo composta por lojas, restaurantes e estacionamentos. A figura 19 demonstra a presença de estacionamento e estabelecimentos comerciais como afirma a classificação de Oke (2006).

Figura 19 - Estacionamento e área comercial na avenida de cânions



Fonte: Própria autora

No cânion regular, a relação H/W foi de 1.1 e classifica-se como área de intenso desenvolvimento, com prédios de 2 a 5 andares próximos uns aos outros. Utilizando muitas vezes tijolos e pedras de revestimento. Como exemplo o autor cita uma cidade histórica. Esse exemplo refere-se a presença de prédios antigos, constatando as particularidades do ponto em questão. As figuras 20 e 21 demonstram que a rua classificada como avenida de cânions, apresenta edifícios com padrões de construção mais antigos que utilizam tijolos no seu revestimento como afirma a classificação de Oke (2006).

Figura 20 - Tijolos utilizados no revestimento do edifício



Fonte: Própria autora

Figura 21- Comparação do tipo de construção no cânion regular



Fonte: Própria autora

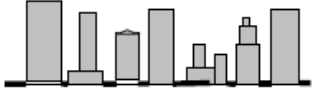


No cânion profundo, a relação H/W apresentou o valor 4 e de acordo com a classificação é uma área intensamente urbanizada, com edificações próximas e com alto desenvolvimento vertical. Como exemplo o autor cita a presença de aranhas-céus. A classificação coincide com as características desse ponto como pode-se observar na figura 22.


Figura 22- Geometria do cânion profundo - Arranha-céus



Fonte: Própria autora

O quadro 4, mostrado a seguir, reúne em uma tabela a classificação climática da topografia urbana realizada por Oke (2006).

Zona Climática Urbana	Imagem	Classe de Rugosidade	Relação H/W	% Impermeabilização
<p>Área intensamente urbanizada com edifícios próximos. Alto desenvolvimento vertical e utilização de revestimentos. Ex: Centro da Cidade com arranha-céus.</p>		8	>2	>90%
<p>Área com desenvolvimento intenso. Prédios com 2 a 5 andares e próximos um do outro. Utilização muitas vezes de tijolos e pedras no revestimento. Ex: Cidade Histórica</p>		7	1.0 – 2.5	>85%
<p>Área muito urbanizada com densidade média, edifícios alinhados e mais separados. Ex: área residencial</p>		7	0.5 – 1.5	70-85%

<p>Área urbanizada, com densidade de média a baixa, prédios amplos e com estacionamentos de asfalto. Ex: área comercial.</p>		5	0.05 – 0.2	70 – 95%
--	---	---	------------	----------

Quadro 4 - Classificação Climática. Fonte: Adaptado de Oke (2006).

As alterações da superfície urbana provocam transformações nas características aerodinâmicas, na radiação, temperatura e umidade. Com a finalidade de apresentar evidências que comprovem essas transformações, o presente estudo coletou dados da velocidade e direção dos ventos e temperatura em diferentes locais da cidade de Fortaleza. A figura 23 apresenta os locais escolhidos para a coleta e explica a escolha dos mesmos.

Os pontos em vermelho representam os locais escolhidos com as razões H/W variadas e o ponto amarelo representa o local de controle. Nota-se que na parte direita da figura 23, as áreas edificadas possuem um menor gabarito de altura e que a partir de certo ponto, forma-se um bloco edificado de altimetria elevada. A escolha da área de estudo foi exatamente nessa área, pois na análise das imagens de satélite é notório que é um local com alta possibilidade de haver cânions urbanos. O local do ponto de controle fica próximo à área de estudo, portanto o controle atmosférico é sem interferências da topografia urbana, servindo como validação.

Figura 23- Localização dos pontos de coletas de dados



Fonte: Google Earth (2015)

5.3 Condições Atmosféricas e Precipitação

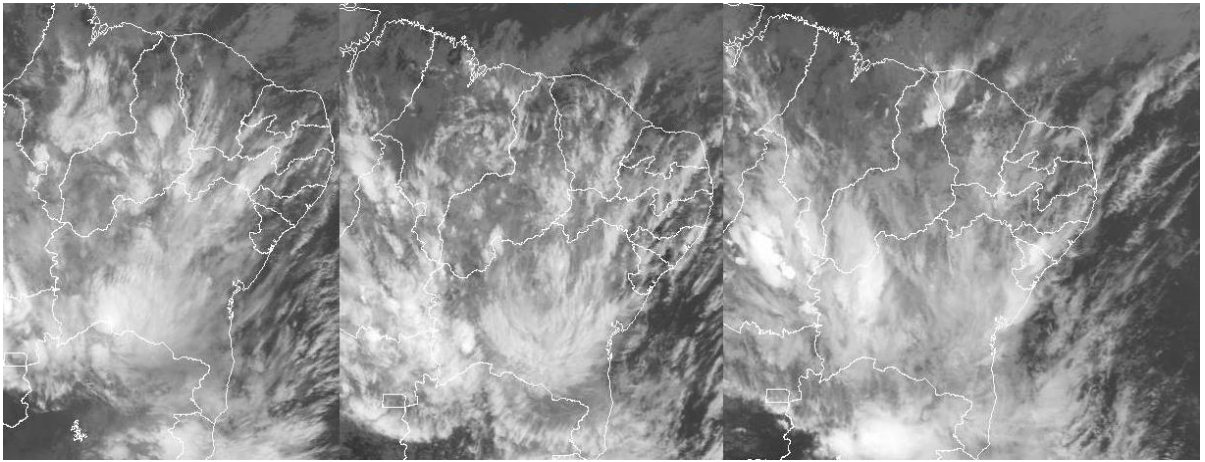
A ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) é o principal sistema atmosférico causador de chuva em Fortaleza. Esse fenômeno é responsável pelas chuvas mais fortes entres os meses de fevereiro e abril (FERREIRA E MELLO, 2005). As precipitações que ocorrem na pré-estação são causadas pelo posicionamento de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN - sistema de circulação horária a aproximadamente 12km de altura) que está atuando na região Nordeste do Brasil (FUNCEME, 2016). As figuras 24,25,26,27,28 e 29 apresentam uma compilação das imagens de satélite dos dias de coleta. O quadro 5 compila os dados de precipitação nos dias de coleta.

Quadro 5 - Precipitação nos dias de coleta

Data	Precipitação (mm)
20/01/2016	2.2
21/01/2016	95
23/01/2016	25
24/01/2016	2.8
25/01/2016	78.8
26/01/2016	9.2
27/01/2016	0
28/01/2016	0.3

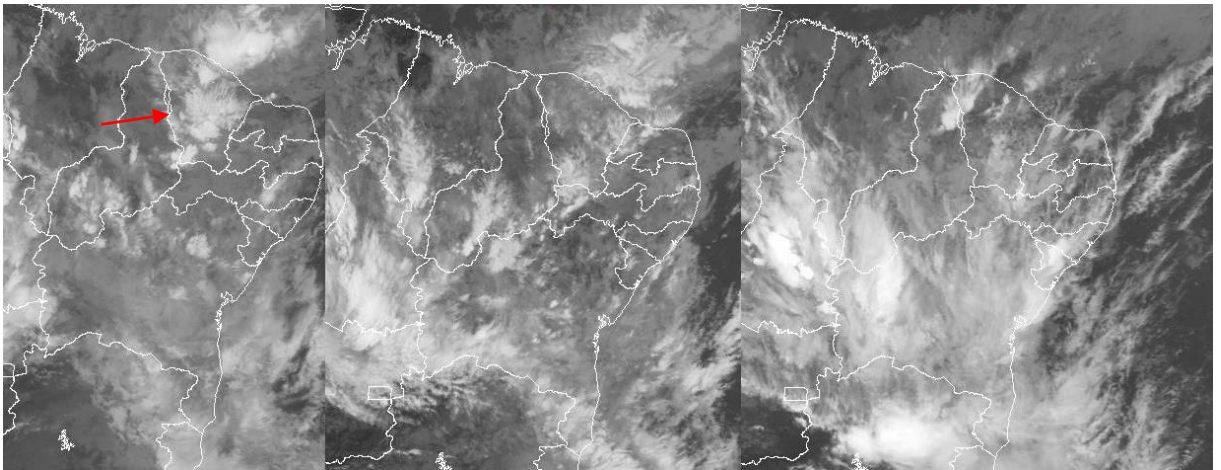
Fonte: Adaptado de Funceme (2016).

Figura 24- Compilação das imagens de satélite no dia 20/01/16, dia anterior à coleta no dia de maior precipitação (21/01/2016). Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h.



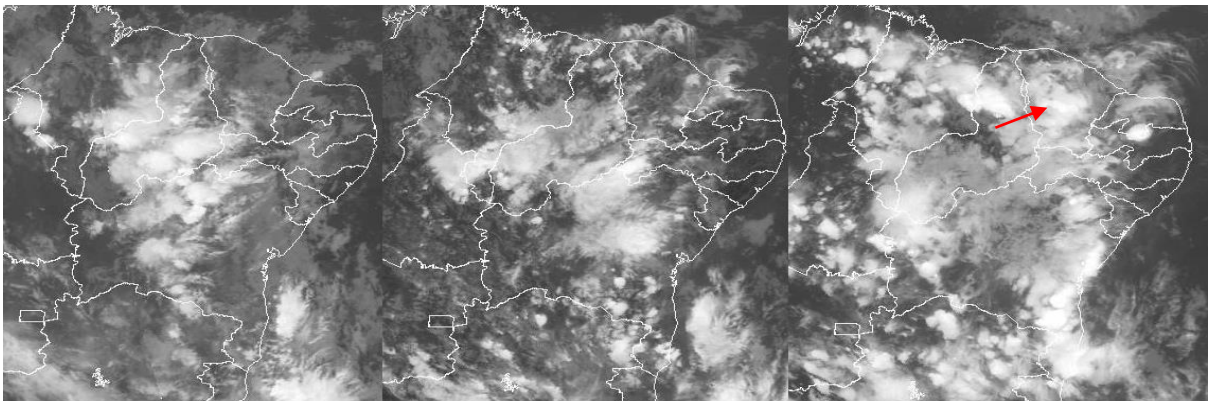
Fonte: CPTEC/INPE, 2009.

Figura 25- Compilação das imagens de satélite no dia 21/01/16. Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h.



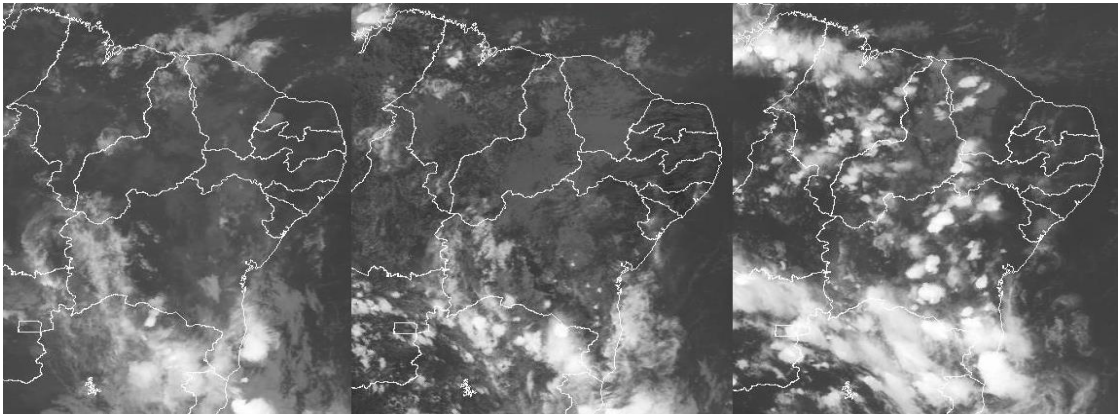
Fonte: CPTEC/INPE, 2009.

Figura 26- Compilação das imagens de satélite no dia 24/01/16, dia anterior à coleta no segundo dia de maior precipitação (25/01/2016). Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h.



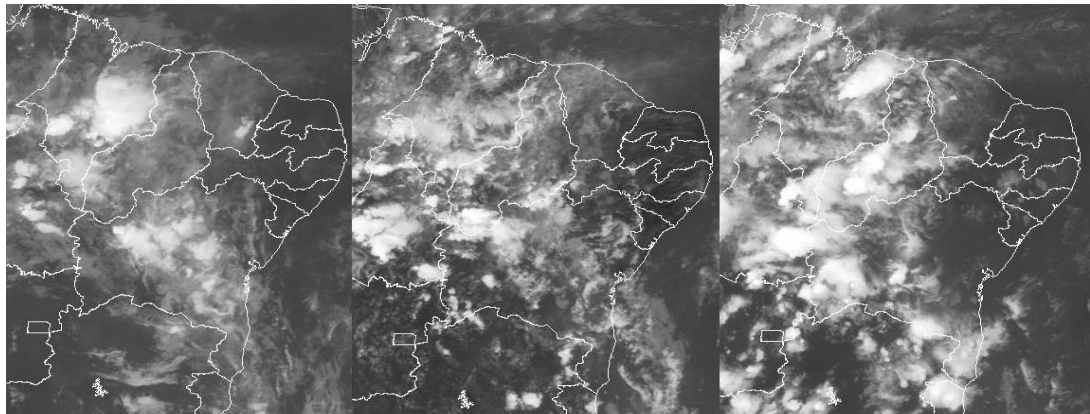
Fonte: CPTEC/INPE, 2009.

Figura 27- Compilação das imagens de satélite no dia 25/01/16. Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h



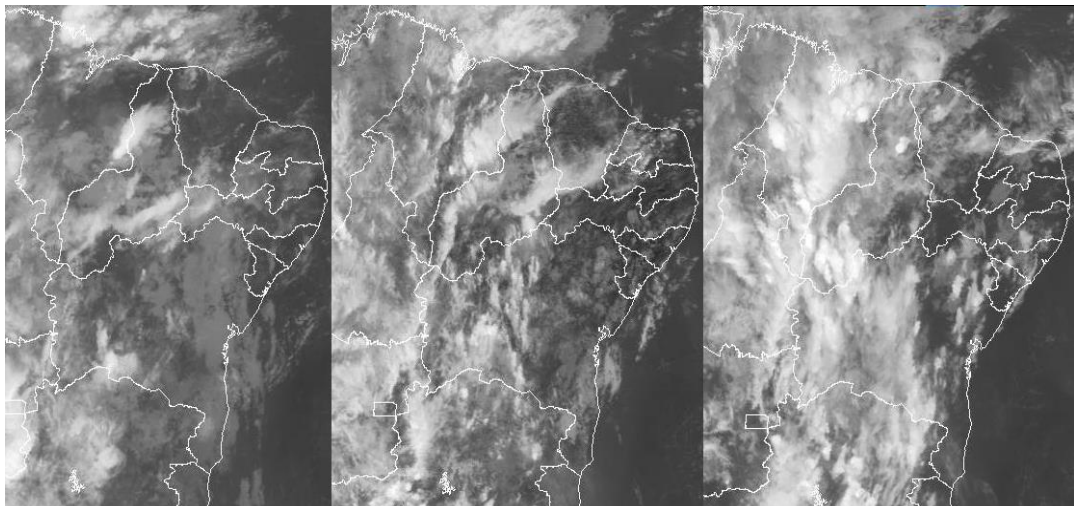
Fonte: CPTEC/INPE, 2009.

Figura 28- Compilação das imagens de satélite no dia 26/01/16, dia anterior à coleta sem a ocorrência de precipitação (27/01/2016). Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h



Fonte: CPTEC/INPE, 2009.

Figura 29- Compilação das imagens de satélite no dia 27/01/16, sem a ocorrência de precipitação. Os horários são respectivamente às 8h, 13h e 18h.



Fonte: CPTEC/INPE, 2009.

As precipitações ocorreram devido ao posicionamento do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis na região de Fortaleza, como fica evidente na figura 25 que representa as imagens do dia que precipitação de maior volume. A seta mostra a posição do vórtice. No dia 24, como mostra a figura 25, o vórtice estava encaminhando-se para a direção nordeste e posicionou-se em Fortaleza. A chuva do dia 25, de 78 mm, ocorreu devido a esse posicionamento no dia anterior. No dia 26 e 27, não houve a presença de linhas de instabilidade.

5.4 Velocidades dos Ventos

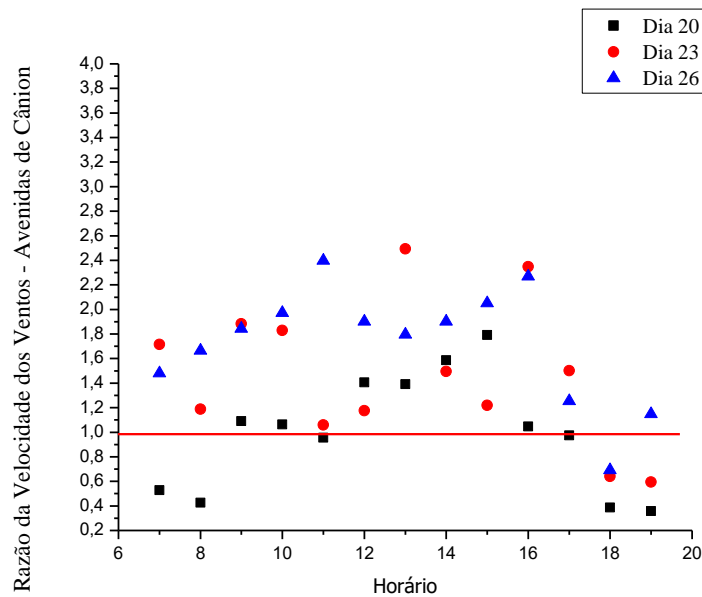
Os tipos de materiais que compõem a malha urbana determinam a ventilação e podem auxiliar ou barrar a entrada dos ventos. Desta forma, a pesquisa coletou e analisou dados referente a velocidade dos ventos nos pontos apresentados no item 4.1. Os resultados serão apresentados de acordo com o tipo de cânion e foram comparados com os resultados da estação de controle. Os gráficos a seguir, levaram em consideração a razão calculada, já explicada anteriormente. Para resultados da razão maiores que 1, os valores das velocidades dos ventos foram mais elevados no ponto de controle e para dados com valores menores que 1, os valores das velocidades dos ventos são maiores nos cânions urbanos.

Os resultados que serão apresentados evidenciam a influência dos edifícios na velocidade dos ventos e que houve o barramento dos mesmos ocasionados pelos cânions urbanos. A comparação com os resultados entre os cânions urbanos, mostrou que a avenida de cânions apresentou a maior média da velocidade dos ventos, ratificando que quanto menor os valores da relação H/W , menor será a interferência na circulação dos ventos.

- Avenida de Cânion

Na comparação com a avenida de cânions os ventos foram mais fortes na estação de controle, localizada fora da área de cânions urbanos. A figura 30 mostra que em aproximadamente 74.3% dos dados apresentaram resultados maiores que 1. Em 2.5% dos dados, as velocidades dos ventos foram similares nos dois locais de estudo. Em 23% dos dados, os resultados analisados foram maiores na avenida de cânions. A média da velocidade do vento nesse ponto foi de 1,5 m/s e a orientação do eixo da rua é NNE – SSW.

Figura 30- Razão da Velocidade dos Ventos – Controle / Avenida de Cânion



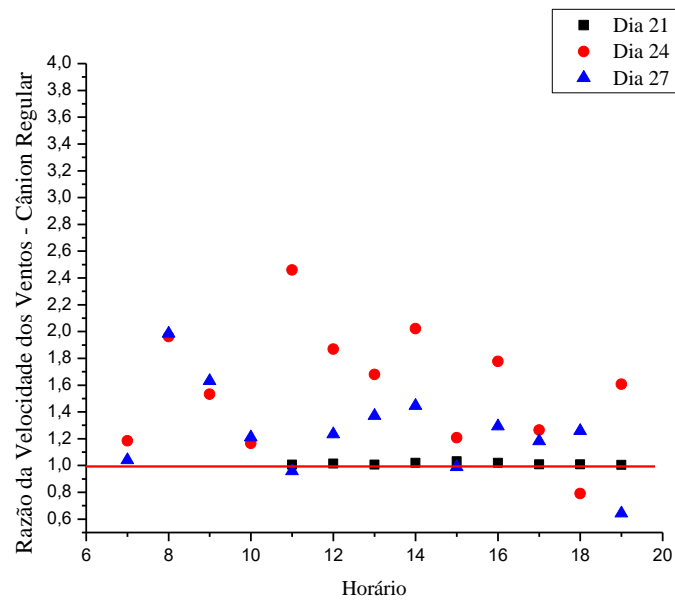
Fonte: Própria autora.

- Cânion Regular

Na comparação com o cânion regular, os ventos foram mais fortes na estação de controle. Em 62,8% dos dados, a velocidade dos ventos foi maior fora dos cânions urbanos. Em 31,4% dos dados, os resultados apresentaram valores iguais a 1, sendo assim, os valores da velocidade dos ventos foram similares em ambos os locais de medição. Em 5,7% dos dados, a velocidade dos ventos foi maior no cânion regular. Vale ressaltar, que 10,2% dos dados não foram medidos, devido a problemas na estação meteorológica. A média da velocidade do vento nesse ponto foi de 1.0 m/s e a orientação do eixo da rua é NNE – SSE.

A porcentagem de dados com resultados similares entre as estações foi alta, de 31,4%, demonstrando a interferência da chuva no clima, pois no dia 21, ocorreu uma precipitação de 95 mm. Provavelmente, a velocidade dos ventos foi alterada e ocorreu a homogeneização dos resultados.

Figura 31- Razão das Velocidade dos ventos – Controle /Cânion Regular

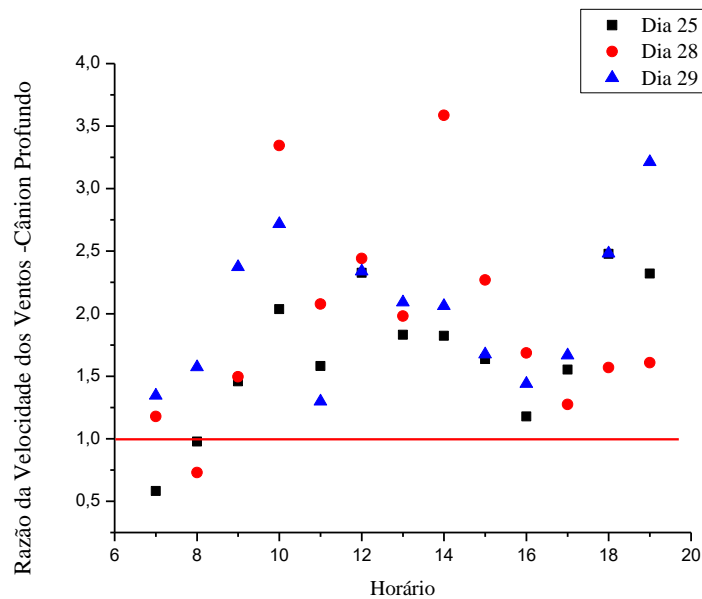


Fonte: Própria autora.

- Cânion Profundo

Na comparação com o cânion profundo, 92.3% dos dados apresentaram valores maior que 1, evidenciando a velocidade dos ventos maiores na estação de controle. Em 5.12% dos dados, a velocidade dos ventos foi maior no cânion profundo e em 2.56% dos dados, a velocidade dos ventos foi similar nos dois pontos de estudo. A média da velocidade do ar nesse ponto foi de 1,2 m/s. A orientação do eixo da rua é NNE – SSW.

Figura 32- Razão das Velocidade dos Ventos – Controle / Cânion Profundo

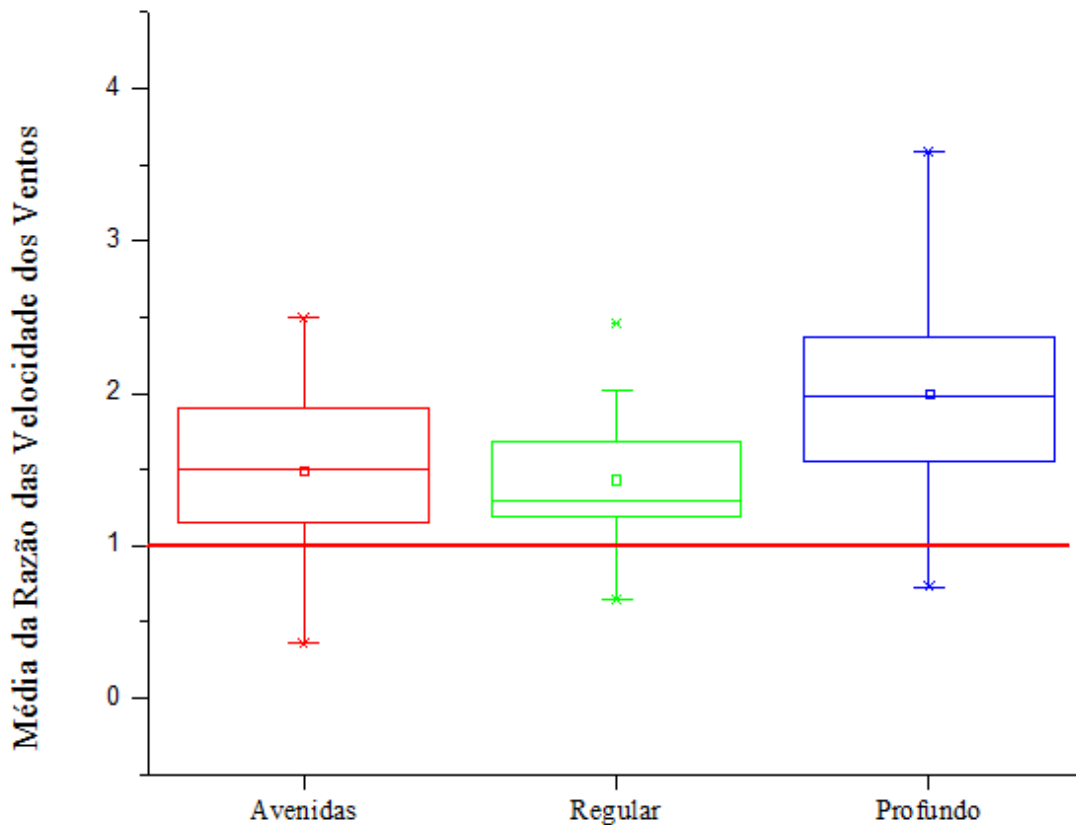


Fonte: Própria autora.

- Média da Razão dos Dados de Velocidade dos Ventos

Para a realização do gráfico foi utilizado a média por hora dos resultados da razão entre a estação de controle e a estação dos cânions. Desse modo, a figura 33 demonstra que a média das diferenças entre as duas estações na velocidade dos ventos é maior no cânion profundo do que nos outros cânions, logo pode-se afirmar que esse tipo de geometria urbana ocasiona mudanças na circulação de ventos. Os resultados do cânion regular deveriam apresentar valores maiores do que os resultados da avenida de cânions, porém a precipitação ocorrida no cânion regular nos dias de coleta possivelmente influenciou os resultados. Os resultados demonstraram a interferência da altimetria e do espaçamento dos edifícios na circulação dos ventos e que quanto maior for o valor da razão H/W , maior é a influência da topografia urbana na circulação dos ventos (BATTISTA *et al*, 2015; ANDREOU e AXARLI, 2011).

Figura 33- Médias da razão das velocidades dos ventos nos cânions urbanos.



Fonte: Própria autora.

5.5 Direções dos Ventos

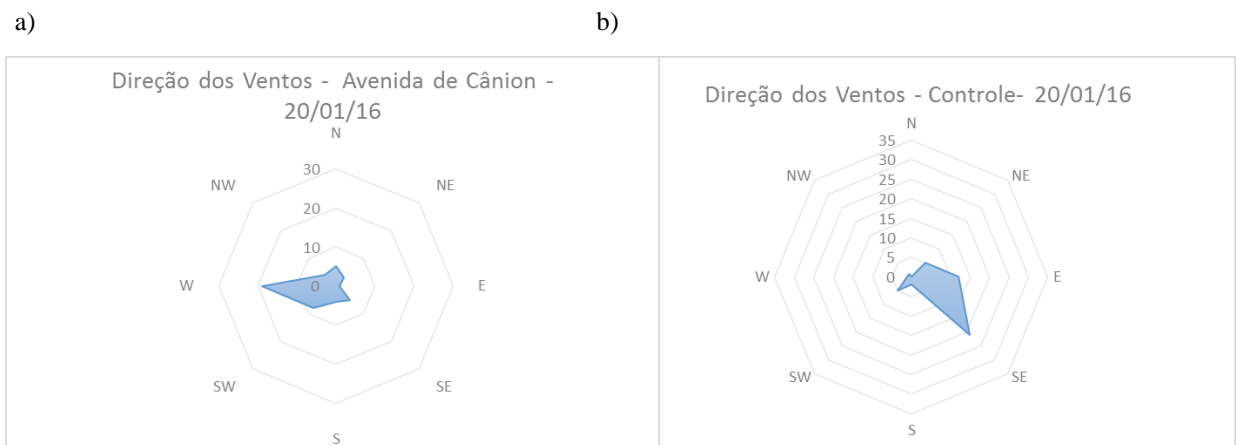
Quando um prédio está inserido em uma área urbana, o fluxo padrão dependerá da geometria do conjunto, especialmente da razão H/W . Os resultados a seguir discutirão sobre a interferência dos prédios na direção dos ventos e serão apresentados por dia com a comparação com os resultados do ponto de controle.

Os ventos predominantes na cidade de Fortaleza em virtude da atuação da Zona de Convergência Intertropical e das brisas marítimas são os alísios de sudeste, como ficou evidenciado na estação de controle. Já nos cânions urbanos, classificados no item 5.1 deste trabalho, ocorreu um evidente turbilhonamento da circulação atmosférica baixa, ocasionado pela a topografia urbana. Na medida que se adensou as edificações, alterou-se a direção dos ventos. No local com a presença de cânions urbanos, a direção dos ventos foi diversificada e não apresentou nenhum resultado na direção sudeste, de acordo com as figuras a seguir. O trabalho de Nakamura e Oke (1988), apresenta resultados parecidos com os obtidos nesse trabalho.

- Avenida de Cânions

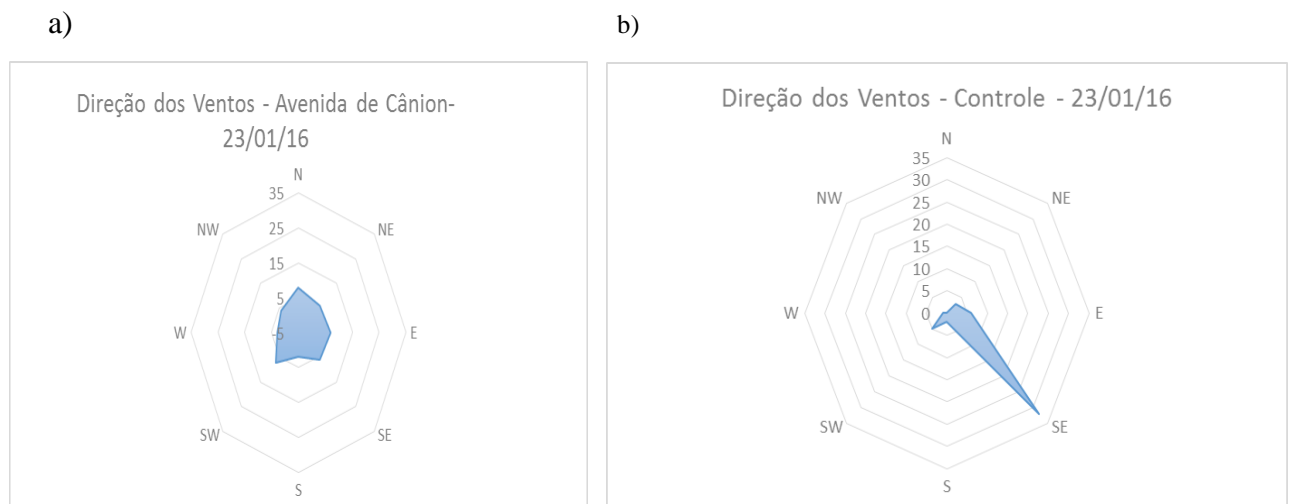
No ponto de controle, a predominância dos ventos foi na direção sudeste, confirmando a influência dos alísios de sudeste no clima da cidade. Já na avenida de cânion, a predominância dos ventos foi diversificada. Portanto, nos cânions deste tipo, a geometria urbana interfere no direcionamento dos ventos.

Figura 34- Direção dos Ventos, Dia 20/01/16 a) Avenidas de Cânion b) Controle



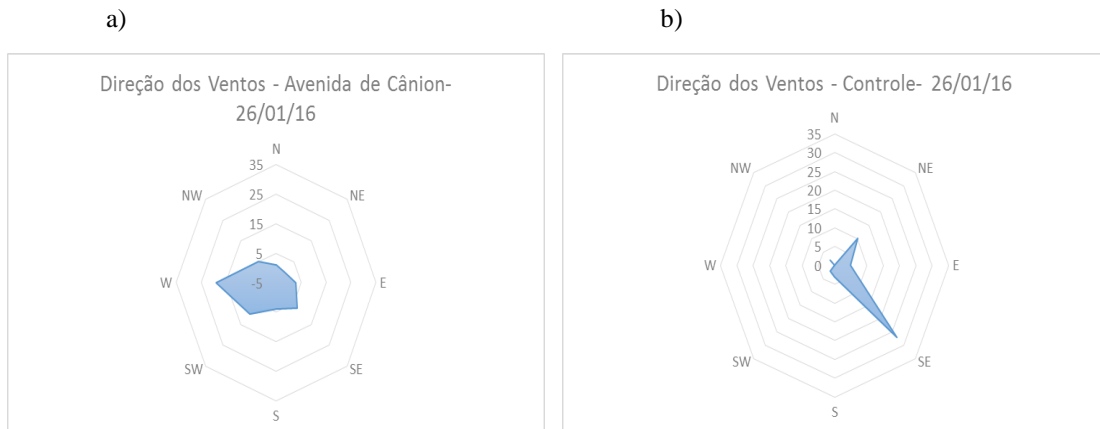
Fonte: Própria autora.

Figura 35- Direção dos Ventos, Dia 23/01/16 a) Avenidas de Cânion b) Controle



Fonte: Própria autora

Figura 36- Direção dos Ventos, Dia 26/01/16 a) Avenidas de Cânion b) Controle

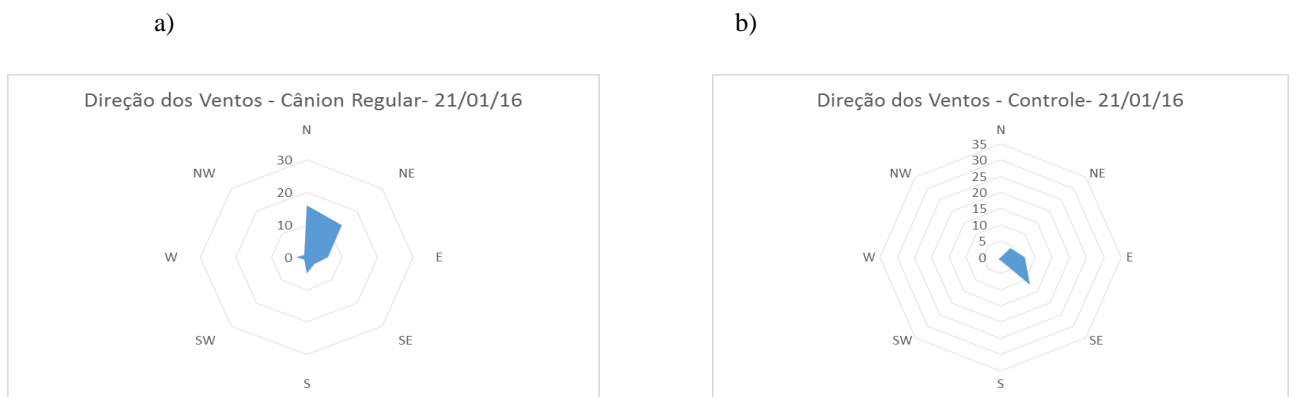


Fonte: Própria autora

- Cânion Regular

Todos os resultados da direção dos ventos no cânion regular demonstram que a direção dos ventos é diferente da direção dos ventos no ponto de controle. Logo, o bloco de edifícios presente na área de estudo está interferindo na direção dos ventos.

Figura 37- Direção dos Ventos, Dia 21/01/16 a) Cânion Regular b) Controle



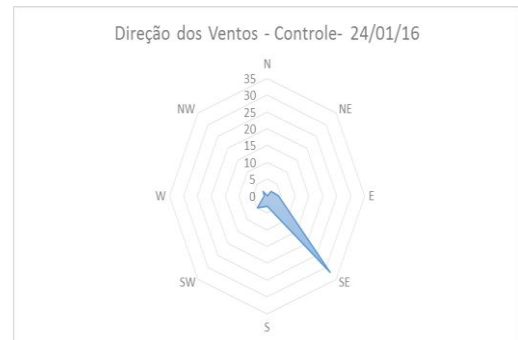
Fonte: Própria autora

Figura 38- Direção dos Ventos, Dia 24/01/16 a) Cânion Regular b) Controle

a)



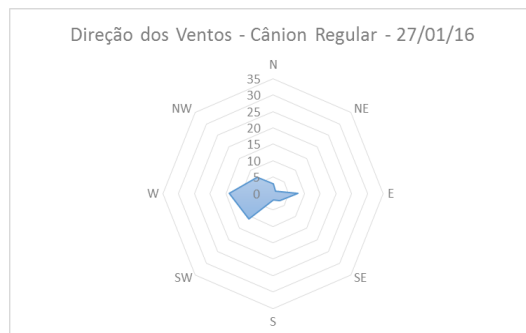
b)



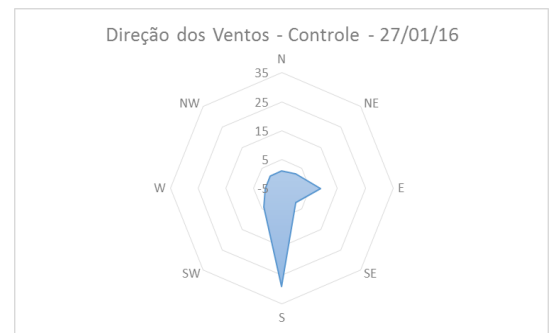
Fonte: Própria autora

Figura 39- Direção dos Ventos, Dia 27/01/16 a) Cânion Regular b) Controle

a)



b)

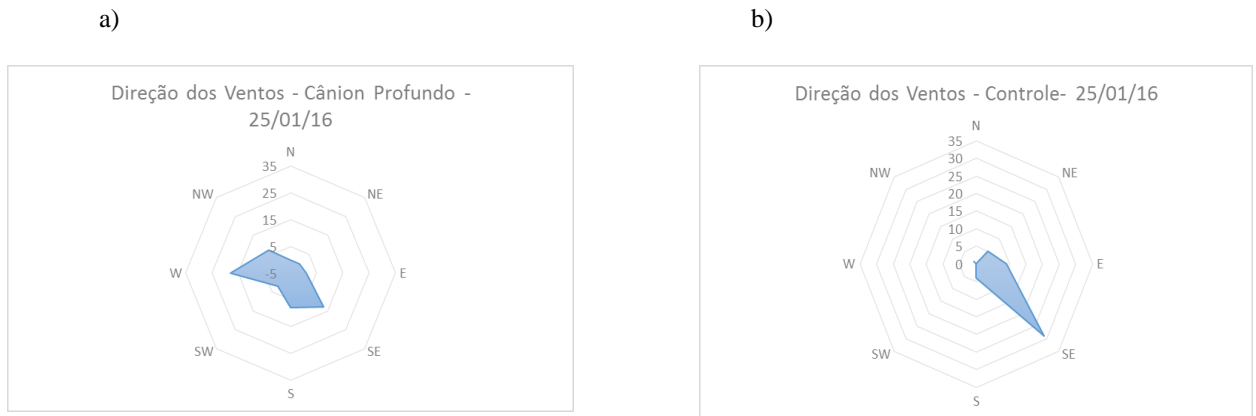


Fonte: Própria autora

- Cânions Profundos

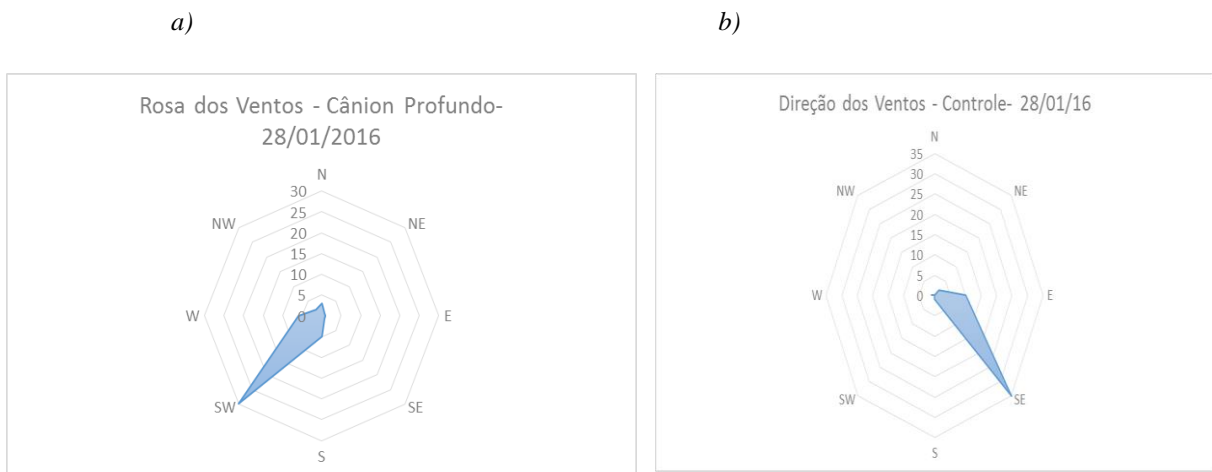
Os resultados encontrados apontam para uma influência dos edifícios na mudança de direção dos ventos, visto que a direção dos ventos no cânion profundo mostrou-se diferente da direção dos ventos no ponto de controle, onde os dados mais uma vez confirmaram a predominância dos ventos alísios de sudeste no clima da cidade.

Figura 40- Direção dos Ventos Cânion Profundo– Dia 25/01/16 a) Cânion Profundo b) Controle



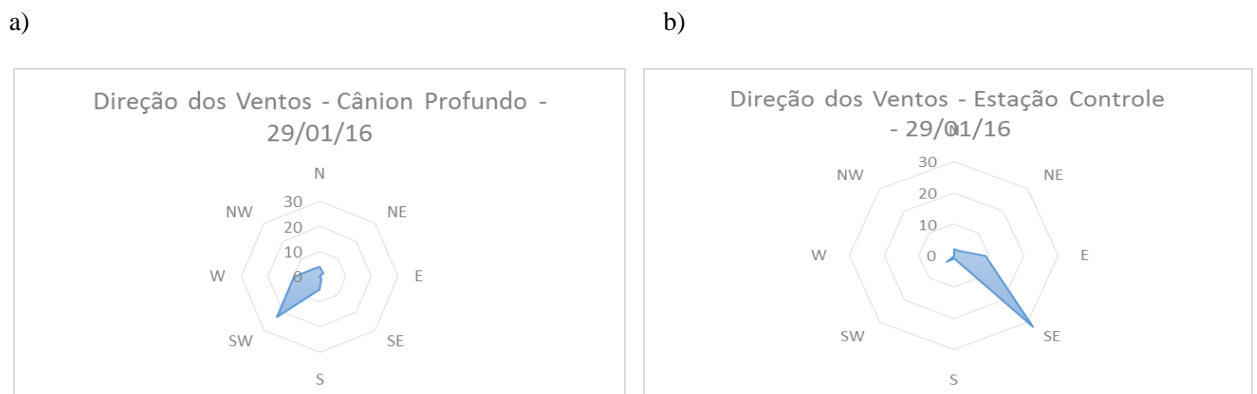
Fonte: Própria autora.

Figura 41- Direção dos Ventos Cânion Profundo – Dia 28/01/16 a) Cânion Profundo b) Controle



Fonte: Própria autora

Figura 42- Direção dos Ventos Cânion Profundo – Dia 28/01/16 a) Cânion Profundo b) Controle



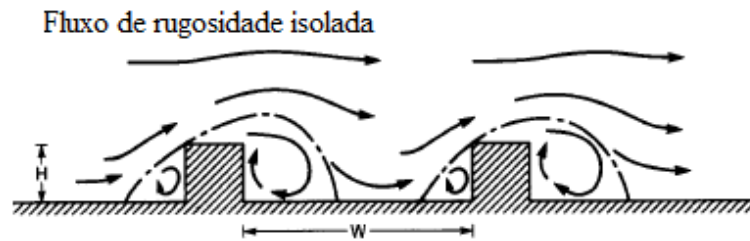
Fonte: Própria autora

5.6 Classificações do fluxo de ar

- Avenida de Cânions

De acordo com Oke (1987), quando os prédios são relativamente separados ($H/W < 0.3$), como é o caso desse ponto, o fluxo padrão aparece quase como se o prédio estivesse isolado. Ocorrendo vórtices normais a sotavento do edifício e como mostra a figura 43, acontece a formação de um fluxo do tipo rugosidade isolada.

Figura 43- Fluxo de Rugosidade Isolada



Fonte: Adaptado de Oke (1987).

- Cânion Regular

De acordo com Oke (1987), em espaços mais fechados com H/W maior que 0.65, o caso desse ponto, a onda de fluxo de ar é formada por qualquer prédio que vai interferir no fluxo a jusante. Os edifícios vão começar a interferir uns com os outros, dando origem a uma dissociação entre o ar que flui para acima dos edifícios e do ar que está entre eles. A figura 44 demonstra que um fluxo com rastro de interferência é formado nessa tipologia de cânion.

Figura 44- Fluxo com rastro de interferência.



Fonte: Adaptado de Oke (1987).

- Cânions Profundos

De acordo com o mesmo autor, em espaços mais fechados, com valores de H/W maiores que 1, como é no caso desse ponto, o fluxo principal começa a passar sobre os topos dos edifícios e conduz um vortex a sotavento na cavidade. Formando um redomínio a sotavento característico, que é encontrado em um fluxo formado atrás dos obstáculos com

bordas afiadas. Esse fluxo impulsiona a deflexão na parede a barlavento do obstáculo seguinte. Esse fluxo é conhecido como fluxo deslizante.

Figura 45- Fluxo deslizante



Fonte: Adaptado de Oke (1987).

Resultados semelhantes sobre a formação de vórtices nos cânions urbanos foram encontrados nos trabalhos de Panão, Gonçalves e Ferrão (2009) e Huang, Jin e Sun (2007).

5.7 Temperaturas do Ar

Cada cânion tem uma geometria específica, que cria diferentes condições microclimáticas afetando o orçamento energético das áreas urbanas. Sendo assim, o presente estudo analisou as mudanças na temperatura do ar em locais com e sem a presença de cânions urbanos. Os resultados serão apresentados de acordo com o tipo de cânion e os gráficos a seguir levaram em consideração a razão calculada, já explicada anteriormente. Para razões das temperaturas do ar com resultados menores que 1, os valores da temperatura do ar são menores fora dos cânions urbanos, no ponto de controle. Logo, para resultados da razão maiores que 1, a temperatura do ar é mais fria nos cânions urbanos.

Os valores da razão da temperatura do ar na avenida de cânion foram em sua grande maioria menores que 1 no ponto de controle, sem a presença de cânions urbanos. Portanto, as temperaturas foram mais amenas nesse local. Revelando que na avenida de cânions houve a interferência das edificações no balanço energético.

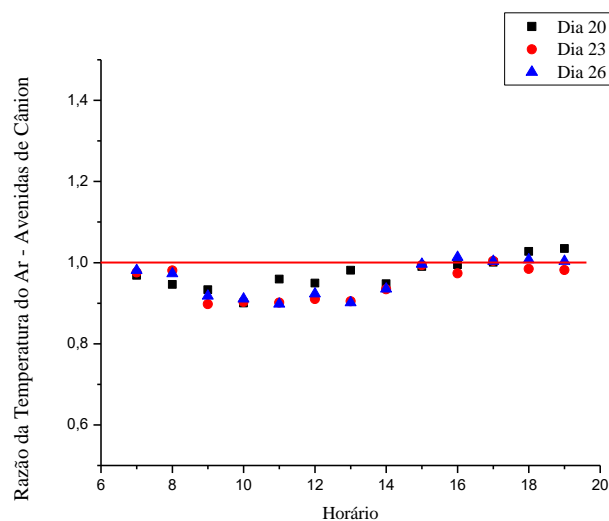
No cânion regular e profundo, os valores da razão foram predominantemente maiores que 1, logo as temperaturas foram mais baixas nos cânions urbanos. Esse fato evidencia que o sombreamento ocasionado pela presença de edifícios de elevada altimetria, provoca a diminuição da temperatura dentro dos cânions urbanos. O trabalho de Bourbia e Boucheriba (2009) indicou que o local com mais alto H/W tem um ambiente mais frio. Ratificando com os resultados encontrados no presente trabalho, onde a temperatura média encontrada no cânion profundo (mais alto H/W) é menor do que a temperatura média

encontrada na avenida de cânions (mais baixo H/W). O trabalho de Andreou e Axarli (2011) realizado na Grécia, não encontrou uma clara correlação entre a temperatura do ar e a geometria urbana. Afirmando que a média da temperatura do ar é governado por fatores regionais mais complexos.

- Avenida de Cânion

Em 79.5% dos dados apontam que as temperaturas do ar foram menores no ponto de controle. Em 10.2% dos dados, os valores das temperaturas foram semelhantes em ambos locais de coleta. Em 10.2% dos dados, as temperaturas foram mais amenas nos cânions. Conforme pode ser visto na figura 46, de 7 da manhã às 15 horas da tarde, as temperaturas foram menores fora dos cânions, porém desse horário em diante as temperaturas ficaram similares ou discretamente menores na avenida de cânion. Provavelmente, as temperaturas menores nos cânions urbanos justificam-se pelo sombreamento ocasionado pelos edifícios

Figura 46- Razão das Temperaturas do ar – Controle /Avenida de Cânions

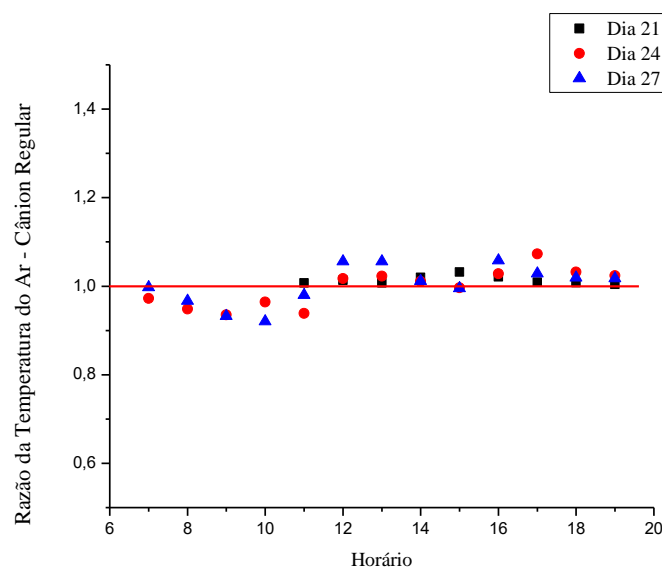


Fonte: Própria autora

- Cânions Regulares

Em 23% dos dados, as temperaturas do ar foram mais baixas no ponto fora dos cânions urbanos. Em 56,4% dos dados, as temperaturas do ar foram mais frias no cânion regular. Em 10,2% dos dados, as temperaturas foram similares nos dois locais de medição. Vale ressaltar, que 10,2% dos dados não foram medidos, devido a problemas na estação meteorológicas. Conforme apresentado na figura 47, de 7 da manhã às 11 horas, aproximadamente, as temperaturas eram menores no ponto de controle, porém desse horário em diante as temperaturas ficaram similares ou discretamente menores nos cânions. Salienta-se que a precipitação ocorrida no dia 21, com 95 mm, pode ter alterado a microclima no local.

Figura 47- Razão das Temperaturas do ar – Cânion Regular / Controle



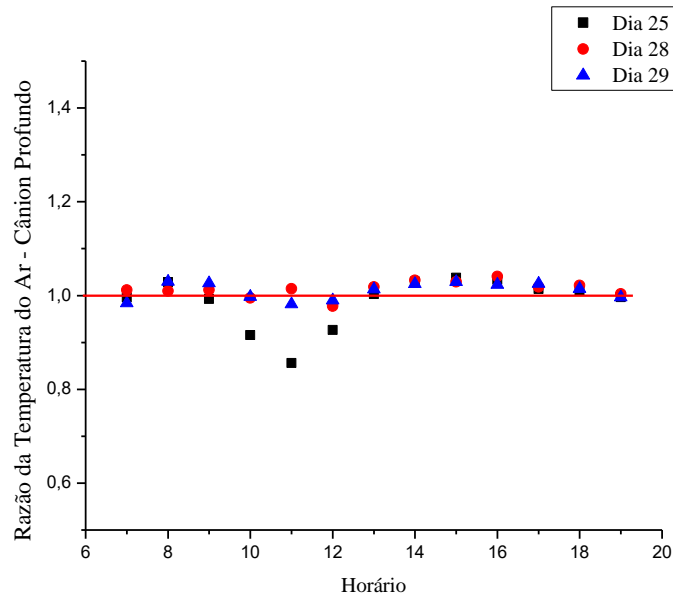
Fonte: Própria autora.

- Cânion Profundo

Em 30,7% dos dados, as temperaturas do ar foram menores no ponto fora dos cânions urbanos. Em 17,9% dos dados, as temperaturas do ar apresentaram valores semelhantes em ambos os locais. Em 51,2% dos dados, as temperaturas foram menores no cânion profundo. Os resultados encontrados no cânion regular e no cânion profundo confirmam a interferência da relação H/W no sombreamento e consequentemente na entrada de radiação solar. Corroborando com o trabalho de Andreou e Axarli (2011) que afirma que

quanto maior a relação H/W, maior é o sombreamento no local. Assim, quanto maior o adensamento os prédios, maior será o sombreamento ocasionado por eles. Na comparação dos resultados entre o valor mais baixo da relação H/W (avenidas de cânions) e o valor H/W mais alto (cânion profundo), no cânion profundo as temperaturas foram mais baixas.

Figura 48- Razão das Temperaturas do Ar – Cânion Profundo / Controle



Fonte: Própria autora.

Os quadros a seguir reúnem os resultados de todos os tópicos abordados nessa seção:

Quadro 6- Resultados da Avenida de Cânions

	Avenida de Cânions	Estação de Controle
Velocidade dos Ventos	-	Valores Maiores
Direção dos Ventos	Oeste – Norte - Oeste	Sudeste
Temperatura do Ar	Mais fria (10,2 %)	Mais fria (79,5 %)
Tipo de Fluxo	Fluxo de Rugosidade Isolada	-

Quadro 7- Resultados do Cânion Regular

	Cânion Regular	Estação de Controle
Velocidade dos Ventos	-	Valores Maiores
Direção dos Ventos	Norte – Norte - Oeste	Sudeste
Temperatura do Ar	Mais fria (56,4 %)	Mais fria (23 %)
Tipo de Fluxo	Fluxo com rastro de interferência	

Quadro 8- Resultados do Cânion Profundo

	Cânion Profundo	Estação de Controle
Velocidade dos Ventos	-	Valores Maiores
Direção dos Ventos	Oeste –Oeste - Sudoeste	Sudeste
Temperatura do Ar	Mais fria (56,4 %)	Mais fria (30,7 %)
Tipo de Fluxo	Fluxo deslizante	

Fonte: Própria autora.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela primeira vez em uma área da cidade de Fortaleza que sofre por processo de verticalização intenso, foi caracterizada a topografia urbana baseado no conceito de cânions urbanos, bem como verificado a influência dos mesmos nos parâmetros meteorológicos. Os resultados confirmaram que existe a formação de cânions urbanos na área de pesquisa.

Por meio da cartografia temática da área de estudo verificou-se que o tipo de cânion com maior ocorrência foi o cânion regular (73,5%), seguido de cânion profundo (21,56%) e em menor observação a avenida de cânions (5,0%). Também ficou constatado a influência da altimetria das edificações e da largura das ruas na formação de cânions urbanos.

A comparação dos parâmetros meteorológicos medidos na área de estudo e no ponto de controle evidenciou que os três tipos de cânions urbanos provocaram alterações na velocidade e direção dos ventos e na temperatura do ar. Contudo não foi observado mudanças influentes no aumento da temperatura do ar nos cânions com valores de H/W mais elevados (cânion regular e profundo). Porém, as temperaturas mais amenas encontradas no cânion regular e profundo quando comparadas ao ponto de controle, revela a atuação do sombreamento causado pelos edifícios na temperatura do ar. Constatando que quanto maior a relação H/W, maior o sombreamento no local.

Salienta-se a importância da pesquisa ser realizada no período de um ano e que mais áreas sejam avaliadas. Sendo significativo a expansão dos parâmetros avaliados, como o cálculo da taxa de sombreamento dos edifícios com o objetivo de explicar a variação de temperatura na cidade.

Com um maior detalhamento dos diferentes espaços intra-urbanos poderão ser identificados os fatores causadores da diferenciação do clima. Dessa forma, se oferecerá um grau de detalhamento capaz de viabilizar uma intervenção mais consciente na gestão da cidade. É necessário um maior número de estudos sobre o tema, pois somente assim a contribuição do clima urbano no planejamento urbano se dará de forma mais pragmática.

As intervenções de planejamento urbano na área de estudo apresentam uma problemática de execução devido a área está praticamente consolidada. Contudo, é necessário que haja uma descentralização das edificações verticais na área urbana de Fortaleza. Para a melhoria dos impactos na ventilação, a construção de novos edifícios deve-se optar pelo uso de pilotis, um espaçamento maior e a mescla de construções de baixa e elevada altimetria. Faz-se necessário a ampliação e criação de espaços verdes nas áreas urbanas para a produção de um ambiente com maior qualidade ambiental e a fomentação do desenvolvimento do transporte coletivo em detrimento da utilização de veículos particulares, pois a estagnação dos

ventos nos cânions urbanos aumenta a concentração de poluentes na baixa atmosfera.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. J. N. *et al.* **Dados climatológicos: Estação de Fortaleza, 2001.** Fortaleza: Embrapa, 2002. 26 p.
- ALCOFORADO, M. J. *et al.* **Orientações Climáticas para o ordenamento em Lisboa.** Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, 2005. 84 p.
- ANDREOU, E.; AXARLI, K. Investigation of urban canyon microclimate in traditional and contemporary environment. Experimental investigation and parametric analysis. **Renewable Energy**, Thessaloniki, n. 43, p.354-363, 17 Nov. 2011.
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura.** 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI, 2003. 434 p.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A., 1996. 332 p.
- BARBIRATO, G.M.; SOUZA, L.C.L.; TORRES, S.C. **Clima e Cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos.** Maceio: Ufal, 2007. 164 p.
- BATTISTA, G. *et al.* On the Influence of Geometrical Features and Wind Direction over an Urban Canyon Applying a FEM Analysis. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 81, p.11-21, dez. 2015. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.12.054. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1876610215027034?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 09 jan. 2016.
- BOURBIA, F.; BOUCHERIBA, F. Impact of street design on urban microclimate for semi-arid climate (Constantine). **Renewable Energy**, v. 35, n. 2, p. 343-347, 2010.
- BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. **São Paulo**, v. 362, 1996.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V.; MEDEIROS, J.S. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004 Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 17 dez. 2015.

CARRASCO-HERNANDEZ, R.; SMEDLEY, A.R.; WEBB, A.R. Using urban canyon geometries obtained from Google Street View for atmospheric studies: potential applications in the calculation of street level total shortwave irradiances. **Energy And Buildings**, Manchester, 2014.

CASANOVA, M.A. *et al.* **Bancos de Dados Geográficos**. Curitiba: Mundogeo, 2005.

CHAPMAN, L.; THORNES, J.E. Real-time sky-view factor calculation and approximation. **J. Atmos. Oceanic. Technol.** v. 21, n. 5, p. 730-742, 2004.

CHAPMAN, Lee et al. Potential applications of thermal fisheye imagery in urban environments. **Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE**, v. 4, n. 1, p. 56-59, 2007.

CHEN, L. *et al.* Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: a GIS-based simulation approach. **International Journal Of Climatology**, Hong Kong, 25 set. 2010.

CORREA, E.N. *et al.* EVALUACIÓN DEL FACTOR DE VISIÓN DE CIELO A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES HEMIESFÉRICAS. INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN DEL CANÓN URBANO EN LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO SOLAR. **Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente**, Salta Capital, v. 9, p.11.43-11.48, 2005.

CORREA, E.N.; RUIZ, M.A.; CANTÓN, M.A. Morfología florestal y confort térmico en “ciudades oasis” de zonas áridas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p.119-137, out. 2010.

DANNI-OLIVEIRA, I.M. A cidade de Curitiba e a Poluição do ar: Implicações de seus atributos urbanos e geocológicos na dispersão de poluentes em período de inverno. **Clima Urbano. São Paulo: Contexto**, p. 155-172, 2003.

DUARTE, D.H.S. **Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na região de Clima Tropical Continental**. 2000. 296 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-18072006-182858/en.php>>. Acesso em: 21 abr. 2015.

ESRI. **What is ArcGis?** Redlands: Esri, 2004. Disponível em: <http://downloads.esri.com/support/documentation/ao_/698What_is_ArcGIS.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2016.

FERREIRA, A.G; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influencia dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol 1, nº 1. 15-28, 2005.

FERREIRA, J. S. CLIMATOLOGIA: APORTES TEORICOS, METODOLÓGICOS E TÉCNICOS. **Geonorte**, Goiás, v. 1, n. 5, p.766-773, 2012.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128 p.

FORTALEZA. Lei Complementar nº 062, de 02 de fevereiro de 2009. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza e dá outras providências. **Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza**. Fortaleza, CE, Disponível em: <http://www.fortaleza.ce.gov.br/sites/default/files/pdp_com_alteracoes.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2015.

FUNCEME. **Previsão Diária do Tempo**. 2016. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/28-previsão/meteorológica/533-previsao-diaria-do-tempo>>. Acesso em: 07 fev. 2016.

FUNCEME. **Sistemas meteorológicos causadores de chuvas na região nordeste do Brasil** – Boletim especial, 2006. Disponível em <http://www.funceme.com.br>. Acesso em 05 fev. 2016.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Resolução nº 01/2015, de 24 de fevereiro de 2015. **Define a Data de Término do Período de Transição Definido na Rpr 01/2005 e Dá Outras Providências Sobre Aa Transformação Entre Os Referenciais Geodésicos Adotados no Brasil**. Brasília, DF,

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador – Bahia. 1992. 269 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) -Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

HUANG, Y.; JIN, M; SUN, Y. Numerical studies on airflow and pollutant dispersion in urban street canyons formed by slanted roof buildings. **Journal of Hydrodynamics, Ser. B**, v. 19, n. 1, p. 100-106, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse do Senso Demográfico 2010. Disponível em:

<<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: 26 out. 2015.

IPECE. **Perfil básico municipal 2015.** 2015. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2015/Fortaleza.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2015.

JOHNSON, G.T.; WATSON, I.D. Determination of view-factors in urban canyons. **American Meteorological Society**, Ryde, p.329-335, fev. 1984.

KRÜGER, E. L.; MINELLA, F. O.; RASIA, F. Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. **Building and Environment**, v. 46, n. 3, p. 621-634, 2011.

KRÜGER, E.L. Impacto do adensamento e da orientação solar de cânions urbanos na demanda por condicionamento térmico de edificações sob condições de clima desértico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p.65-87, 7 mar. 2008.

LANDSBERG, H.E. **The urban climate**. Maryland: Academic Press, 1981. 28 v. (International geophysics series).

LIU, W.T.H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 970 p.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244 p.

MENDONÇA, F.A. **O Clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. 1994, 300F**. 1994. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia Física)– Faculdade de Filosofia, letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MINELLA, F.C.O.; RASIA, F.B.C.; KRÜGER, E.L. **IMPACTOS MICROCLIMÁTICOS DO DESENHO URBANO: ESTUDOS REALIZADOS EM CURITIBA. Raega: O espaço geográfico em análise**, Curitiba, p.298-336, 2011.

MINELLA, FCO; ROSSI, F.A.; KRÜGER, E.L. **Influência do fator de visão do céu no conforto térmico em duas situações urbanas distintas. X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais**, 2009.

MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192p

MORAIS, L. S.; SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, W. D. A. **ANÁLISE DO PROCESSO DE VERTICALIZAÇÃO NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN: ASPECTOS JURÍDICOS E AMBIENTAIS. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável: GRUPO VERDE DE AGRICULTURA ALTERNATIVA (GVAA)**, Mossoró, v. 2, n. 2, p.171-182, jul-dez. 2007.

MOURA, M.O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. 2008. 282 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MOURA, M.O.; ZANELLA, M.E.; SALES, M.C.L. ILHAS TÉRMICAS NA CIDADE DE FORTALEZA/CE. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiás, v. 28, n. 2, p.33-45, jul. 2008. Semestral.

NAKAMURA, Y.; OKE, T. R. Wind, temperature and stability conditions in an east-west oriented urban canyon. **Atmospheric Environment**, Great Britain, v. 22, n. 12, p.2691-2700, 1988.

NAKATA, Camila Mayumi; SOUZA, Léa Cristina Lucas; RODRIGUES, Daniel Souto. Geometria urbana e ilha de calor noturna: análise baseada em um modelo numérico. 2014. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/38843/1/2130-2015_Revista_Ur_junho_918_GEOMETRIA_URBANA_E_ILHA_DE_CALOR_DE_NOCTURNA.PDF>. Acesso em: 15 nov. 2015.

NUNEZ, M.; OKE, T. R. The energy balance of an urban canyon. **Journal Of Applied Meteorology**, Vancouver, v. 16, p.11-19, 1977.

OKE, T. R. Street design and urban canopy layer climate. **Energy And Buildings**, Vancouver, n. 11, p.103-113, 1988.

OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. Great Britain: Routledge, 1987. 431 p.

OKE, T.R. **INITIAL GUIDANCE TO OBTAIN REPRESENTATIVE METEOROLOGICAL OBSERVATIONS AT URBAN SITES**. Vancouver: World Meteorological Organization, 2006. 51 p.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE - OPAS. *Mudança climática e saúde: um perfil do Brasil*. Brasília: OPAS, 2009. 44 p.

PAIVA, R.A.; DIÓGENES, B.H.N. Indústria e Urbanização na Região Metropolitana de Fortaleza. In: PEIXOTO, Elane Ribeiro; DERNTL, Maria Fernanda; PALAZZO, Pedro Paulo; TREVISAN, Ricardo (Orgs.) *Tempos e escalas da cidade e do urbanismo: Anais do XIII Seminário de História da Cidade e do Urbanismo*. Brasília, DF: Universidade Brasília-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2014. Disponível em:

<<http://www.shcu2014.com.br/content/industria-e-urbanizacao-na-regiao-metropolitana-fortaleza>>.

PANAO, M.JN. O.; GONÇALVES, H.JP; FERRAO, P.MC. Numerical analysis of the street canyon thermal conductance to improve urban design and climate. **Building and Environment**, v. 44, n. 1, p. 177-187, 2009.

PÉTALAS, K. V. *et al.* Impactos da urbanização sobre os parâmetros climáticos em duas áreas de Fortaleza, Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21. 2001, João Pessoa. Anais. João Pessoa: ABES, 2001. p. 1-22.

PETALAS, K.V; MOTA, F. S. B. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES BIOCLIMÁTICAS DA REGIÃO COSTEIRA DO NORDESTE BRASILEIRO: O MUNICÍPIO DE FORTALEZA, CE. **Revista Brasileira de Climatologia**, Fortaleza, v. 13, n. 9, p.187-201, jul. 2013.

PINHEIRO, GABRIELA MARQUES; AMORIM, MCCT. O estudo de clima urbano em cidade de pequeno porte no oeste paulista. **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplica**, p. 1-12, 2009.

ROMERO, M.A.B. CORRELAÇÃO ENTRE O MICROCLIMA URBANO E A CONFIGURAÇÃO DO ESPAÇO RESIDENCIAL DE BRASÍLIA. **Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, v. 4, n. 1, 2013.

ROMERO, M.A.B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 19. ed. São Paulo: Projeto, 1988. 128 p.

RUFINO, M.B.C. **Incorporação da metrópole: Centralização do capital no imobiliário e a nova produção do espaço em Fortaleza**. 2012. 334 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SANTOS, F.M.M. **INFLUÊNCIA DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA VARIAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA NA CIDADE DE CUIABÁ-MT**. 2012. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós- Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato

Grosso, Cuiabá, 2012.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M.E. Quantitative evaluation of passive cooling of the UCL microclimate in hot regions in summer, case study: urban streets and courtyards with trees. **Building and Environment**, v. 39, n. 9, p. 1087-1099, 2004.

SILVA, C.F. **O CONFORTO TÉRMICO DE CAVIDADES URBANAS: CONTEXTO CLIMÁTICO DO DISTRITO FEDERAL**. 2013. 193 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SILVA, J.X.; ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 363 p.

SILVEIRA, A.L.R.C. **Parâmetros Bioclimáticos para Avaliação de Conjuntos Habitacionais na Região Tropical Subúmida do Brasil**. 2007. 312 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SOUZA, L.C.L.; RODRIGUES, D.S.; MENDES, J.FG. Expandindo um SIG 3D para aplicação em conforto ambiental em nível urbano. 2003.

SOZZI, R.; GEORGIADIS, T.; VALENTINI, M. **Introduzione alla turbulenza atmosferica**: Milano/bologna: Aroalazio, 2002. 538 p. Disponível em: <<http://www.arpalazio.net/main/aria/didattica/>>. Acesso em: 09 jan. 2016.

UNHABITAT. **FOR A BETTER FUTURE**. 2015. Disponível em: <<http://unhabitat.org/>>. Acesso em: 15 out. 2015.

VASCONCELOS, A.C.S. Dinâmicas de ocupação territorial em Fortaleza: intervenções urbanas na Av. Beira Mar e a ocupação do bairro Meireles. In: Seminário de História da Cidade e do Urbanismo, 13, 2014, Brasília, DF. **Anais**. Brasília, DF: Universidade Brasília-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2014. Disponível em: <<http://www.shcu2014.com.br/content/dinamicas-ocupacao-territorial-em-fortaleza->

intervencoes-urbanas-na-av-beira-mar-e-ocupacao>.

ZANELLA, M.E.; MOURA, M.O. O CLIMA DAS CIDADES DO NORDESTE BRASILEIRO: CONTRIBUIÇÕES NO PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANA. **Anpege**, Fortaleza, v. 11, n. 9, p.75-89, jan-jul. 2013.

