



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

CARLOS MATTOSO CATTONY

**INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO E EDIFICAÇÃO NO CONFORTO TÉRMICO
NOS ESPAÇOS PÚBLICOS DA CIDADE DE FORTALEZA**

**FORTALEZA
2016**

CARLOS MATTOSO CATTONY

**INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO E EDIFICAÇÃO NO CONFORTO TÉRMICO NOS
ESPAÇOS PÚBLICOS DA CIDADE DE FORTALEZA**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Chagas da Silva.

Coorientadora: Prof. Dr. Lidriana de Souza Pinheiro.

FORTALEZA

2016

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

C36i Cattony, Carlos Mattoso.

Influência da arborização e edificação no conforto térmico nos espaços públicos da cidade de Fortaleza / Carlos Mattoso Cattony – 2016.

66 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

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

Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Orientação: Profº. Drº. Marcus Vinicius Chagas da Silva.

Co-Orientação: Profª. Drª. Lidriana de Souza Pinheiro.

1. Parque e recreação pública – Conforto térmico. 2. Geoprocessamento. I.
Título.

CDD 363.68

CARLOS MATTOSO CATTONY

**INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO E EDIFICAÇÃO NO CONFORTO TÉRMICO NOS
ESPAÇOS PÚBLICOS DA CIDADE DE FORTALEZA**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Aprovada em: ____/____/_____.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

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

Aos meus pais, Fernando e Renata.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente aos meus pais, Fernando Cattony e Renata Cattony, por todo o amor e pelo apoio que me deram durante meus estudos.

Ao meu irmão, Luiz Cattony, pelos dados fornecidos e pelo apoio teórico em minha pesquisa. À Lara Furtado, muito mais do que companheira, pelo amor, apoio, incentivo, carinho e paciência, durante esses anos de graduação.

Ao meu orientador, Marcus Vinícius (Marreko), pelos conhecimentos passados, pela oportunidade de diversos trabalhos, sua orientação e em especial pelas cervejas pagas.

A minha Coorientadora, Lidriana Pinheiro, pelos 2 anos de bolsa, contribuindo para os meus estudos.

Ao meu parceiro de trabalho, Ícaro Breno, pelos vários dias de vetorização, mapas e campos na chuva e no sol.

A todo o pessoal do Laboratório de Observação da Terra (LOT).

Aos meus amigos de curso, que vou leva-los eternamente no meu coração.

A Eunice, que sempre salva todos os alunos da Ciências Ambientais.

A todos os professores do Curso, que contribuíram para meu crescimento pessoal.

A galera da Vila.

A galera do Jardim.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a UFC e ao CNPq pela contribuição na minha formação profissional e na realização da minha pesquisa.

“A persistência é o menor caminho do êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

A qualidade ambiental dos espaços públicos proporciona uma melhor qualidade de vida de seus usuários e da população residente em seu entorno. As atividades de lazer e a prática de exercícios físicos, quando não realizadas em lugares adequados, geram desconforto para as pessoas. A cobertura vegetal é de extrema importância pois as árvores contribuem para o controle da radiação solar, temperatura e umidade do ar, velocidade dos ventos e da poluição atmosférica. O objetivo do trabalho é analisar a influência das características urbanas com ênfase na arborização e edificação sobre o conforto térmico em locais utilizados para prática de atividades físicas e lazer na cidade de Fortaleza, Ceará. Para isso, foram escolhidos seis ambientes com representatividade espacial, boa distribuição geográfica e utilizados pela população do entorno – Calçadão do Hospital da Mulher, Calçadão da Crasa, Praça do Sumaré, Praça das Flores, Calçadão da Beira Mar e Praça Eng. Pedro Felipe Borges. Foi realizado um mapeamento, por meio de técnicas de geoprocessamento aplicadas a um SIG, delimitando um perímetro em torno desses locais e desenhando a área arborizada e edificada. Em cada local foi realizado 3 dias de amostragens, durante o período da manhã e tarde, com estação meteorológica. Com esses dados foi calculado o Índice de Conforto Térmico, onde todos os locais foram classificados como graus de conforto variando, visto que o índice possui uma grande amplitude em suas classes. Devido a uniformização dos resultados, fez-se necessário um refinamento dos dados para uma análise mais profunda. A partir dessas relações, foi possível perceber a relação direta entre a temperatura dos locais estudados com o índice de edificação, mostrando a influência das edificações no aumento dessa temperatura. Além disso, foi visto a importância da arborização nas praças e em toda a cidade, como forma de amenizar a temperatura e de aumentar a umidade, dando uma sensação de bem-estar e melhorando a qualidade de vida dessa população. Visto isso, é importante a implantação de áreas verdes nas cidades como forma de melhoria do conforto térmico, como também outros benefícios tais quais a estabilização dos solos, prevenindo a sua erosão, maior retenção de água pelo solo, bem-estar visual, absorve poluentes atmosféricos, funciona como barreira sonora, entre outros.

Palavras-chave: Conforto Térmico. Geoprocessamento. Espaços públicos.

ABSTRACT

The environmental quality of public spaces provides a better life quality of its users and of the resident population in its surroundings. The leisure activities and physical exercises, when not realized in adequate places, generates discomfort for people. The vegetation is extremely important because the trees contribute to the control of solar radiation, temperature and humidity, wind speed and air pollution. The aim of this study is to analyze the influence of urban characteristics with emphasis on tree planting and building on the thermal comfort in places used for physical activities and recreation in the city of Fortaleza, Ceará. For this matter, it was chosen six environments with spatial representation, good geographic distribution and used by the surrounding populations - Calçadão do Hospital da Mulher, Calçadão da Crasa, Praça do Sumaré, Praça das Flores, Calçadão da Beira Mar e Praça Eng. Pedro Felipe Borges. It was carried out a mapping using Geoprocessing techniques applied to a GIS, defining a perimeter around these sites and drawing the built and green areas. At each site it was conducted three days of sampling, during the morning and afternoon periods, with a weather station. With these data it was calculated the Thermal Comfort Index, where all the sites were classified as degree of comfort ranging, since the index has a wide range in their classes. Due to standardization of results, it became necessary a refinement of data for further analysis. From these relations, it was possible to realize the direct relationship between the temperature of the studied sites with the construction index, showing the influence of buildings in the increase of this temperature. Furthermore, it was seen the importance of trees in the streets and across the city, as a way to soften the temperature and increase humidity, giving a sense of well-being and improving the life quality of this population. In this way, it is important the implementation of green areas in cities as a way to improve the thermal comfort, as well as other benefits such as the stabilization of soils, preventing erosion, improved water retention by the soil, it provides visual well-being, absorbs atmospheric pollutants, functions as a sound barrier, among others.

Keywords: Thermal Comfort. Geoprocessing. Public Spaces.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica	27
Figura 2 – Localização dos pontos amostrados	30
Figura 3 – Exemplo de delimitação da área de estudo para praças e calçadões.....	33
Figura 4 – Interpretação das edificações e exemplo de suas respectivas cores.....	34
Figura 5 – Interpretação da arborização.....	34
Figura 6 – Estação Meteorológica.....	35
Figura 7 – Definição da altimetria do prédio	35
Figura 8 – Mapa Básico da Praça das Flores	37
Figura 9 – Mapa Básico do Calçadão da Beira Mar	38
Figura 10 – Mapa Básico da Praça Eng. Pedro Felipe Borges	39
Figura 11 – Mapa Básico do Calçadão da Crasa	40
Figura 12 – Mapa Básico do Calçadão do Hospital da Mulher	41
Figura 13 – Mapa Básico da Praça do Sumaré	42
Figura 14 – Análise isolada da altimetria da Praça das Flores em três dimensões.....	51
Figura 15 – Análise isolada da altimetria do Calçadão da Beira Mar em três dimensões.....	52
Figura 16 – Análise isolada da altimetria da Praça Eng. Pedro Felipe Borges em três dimensões.....	53
Figura 17 – Análise isolada da altimetria do calçadão da Crasa em três dimensões....	54
Figura 18 – Análise isolada da altimetria do Calçadão do Hospital da Mulher em três dimensões.....	55
Figura 19 – Análise isolada da altimetria da Praça do Sumaré em três dimensões.....	56
Figura 20 – Análise integrada da altimetria das Praças com a Praça das Flores em três dimensões.....	57
Figura 21 – Análise integrada da altimetria das Praças com o Calçadão da Beira Mar em três dimensões.	58
Figura 22 – Análise integrada da altimetria das Praças com a Praça Eng. Pedro Felipe Borges em três dimensões.....	59
Figura 23 – Análise integrada da altimetria das Praças com o Calçadão da Crasa em três dimensões.....	60
Figura 24 – Análise integrada da altimetria das Praças com o Calçadão do Hospital	

da Mulher em três dimensões.....	61
Figura 25 – Análise integrada da altimetria das Praças com a Praça do Sumaré em três dimensões.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Índices de Conforto Térmico Humano	43
Quadro 2 – Resultado do Índice de Conforto Térmico, da temperatura e da umidade por praça	44
Quadro 3 – Resultado em porcentagem da área edificada e arborizada por praça.....	45
Quadro 4 – Média aritmética da altimetria das áreas de estudo	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Correlação bivariada entre as variáveis área edificada e temperatura durante o período da manhã.....	45
Gráfico 2 – Correlação bivariada entre as variáveis área arborizada e temperatura durante o período da manhã.....	46
Gráfico 3 – Correlação bivariada entre as variáveis área edificada e umidade durante o período da manhã.....	46
Gráfico 4 – Correlação bivariada entre as variáveis área arborizada e temperatura durante o período da manhã.....	47
Gráfico 5 – Correlação bivariada entre as variáveis área edificada e temperatura durante o período da tarde.....	47
Gráfico 6 – Correlação bivariada entre as variáveis área arborizada e temperatura durante o período da tarde.....	48
Gráfico 7 – Correlação bivariada entre as variáveis área edificada e umidade durante o período da tarde.....	48
Gráfico 8 – Correlação bivariada entre as variáveis área arborizada e umidade durante o período da tarde.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICH	Índice de Conforto Térmico Humano
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrica para a América do Sul
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 Objetivo geral.....	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1 Histórico de Fortaleza	20
3.2 Qualidade Ambiental Urbana	21
3.2.1 Clima.....	22
3.2.2 Cobertura Vegetal	23
3.2.3 Verticalidade	24
3.3 Conforto térmico.....	26
3.4 Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.....	27
3.5 Cartografia	29
4 MATERIAL E MÉTODO.....	32
4.1 Caraterização do objeto de estudo	32
4.2 Procedimento Técnico	35
5 RESULTADOS	48
6 CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

As cidades cada vez mais estão crescendo, em tamanho e população, se tornando difícil a manutenção da qualidade de vida nesses ambientes. Fortaleza é um exemplo dessas cidades que vem se desenvolvendo de forma intensa nos últimos anos. No ano de 2010 era a quinta cidade mais populosa do Brasil e a capital com maior densidade demográfica (IBGE, 2015).

As áreas naturais de vegetação são suprimidas pelos loteamentos, obras viárias, e outros tipos de intervenção, não se dando o devido cuidado em preservar as áreas arborizadas, tornando a cidade um lugar desconfortável. Assim, é de extrema importância estudos e monitoramentos sobre a qualidade ambiental no espaço urbano, pois é possível perceber diversos problemas ambientais como a grande concentração de poluentes no ar, solo e na água, desconforto térmico, acústico, visual e de circulação (LOMBARDO, 1985). Existem algumas linhas de pesquisas diferentes para verificar a qualidade ambiental de uma cidade. Para o devido trabalho, foi utilizado indicadores citados por Nucci (2008), como o clima, cobertura vegetal e verticalização.

Segundo Lombardo (1985), o processo de urbanização altera o clima urbano devido ao grande número de construções, aumentando as superfícies de absorção térmica, impermeabilização do solo com as pavimentações, alteração na cobertura vegetal e concentração de edifícios. Dessa forma, é de grande importância a preservação das árvores, pois estas geram diversos benefícios ao ambiente e as pessoas. Mascaró (1996), aborda os benefícios da vegetação de um modo mais aplicado ao ambiente urbano, tratando de sua interferência nos microclimas urbanos. As árvores contribuem para o controle da radiação solar, temperatura e umidade do ar, dos ventos, da chuva, e da poluição do ar, variando conforme suas características das plantas, das características ambientais da região e do período do ano. Além disso, durante o dia contribui com o sombreamento dos espaços em sua volta, melhorando o conforto térmico, pois ameniza condições extremas de frio e calor intenso.

Assim, o poder público e a população, começam a valorizar as praças, dando mais importância as áreas verdes. Dessa forma, esses espaços públicos começam a ser privilegiados pelos planejamentos urbanos, com o intuito de preservar as práticas de entretenimento e para a qualidade ambiental da cidade como um todo (MINAKI, 2007). Algumas outras funções positivas são a influência no psicológico da população, contato com a natureza, convívio

social, melhoria microclimática, retenção de gases poluentes e material particulado, sombreamento e barreira acústica, proporcionando uma melhora na qualidade de vida das pessoas (VIEIRO; FILHO, 2009).

Como forma de contribuição para essa análise, foi usado o geoprocessamento, que é uma área de estudo onde se faz uso de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Essa tecnologia é interdisciplinar e possibilita a convergência de diferentes conhecimentos científicos, contribuindo para a tomada de decisões sobre problemas urbanos, rurais e ambientais. Para realização de suas funções, utiliza-se os chamados *Sistemas de Informação Geográfica* (SIG), que possibilitam a prática de complexas análises, integrando dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciadas (CÂMARA; DAVIS, 2001; CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

Dessa maneira, torna-se importante calcular e analisar o conforto térmico dessas praças, com o intuito de demonstrar a importância desses ambientes para as cidades e suas características ambientais necessárias para que proporcionem uma sensação de bem-estar ao seu público.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a influência das características urbanas com ênfase na arborização e edificação sobre o conforto térmico em locais utilizados para prática de atividades físicas e lazer na cidade de Fortaleza, Ceará.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o conforto térmico a partir da determinação da temperatura e umidade relativa do ar, nos espaços públicos de Fortaleza.
- Classificar as áreas de estudo conforme o resultado do cálculo de conforto térmico.
- Executar mapeamento da cobertura vegetal e das áreas edificadas nos locais da pesquisa.
- Avaliar a relação entre os dados meteorológicos e cartográficos a partir de cálculos estatísticos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Histórico de Fortaleza

De acordo com Costa (2014), o espaço da cidade de Fortaleza foi ocupado durante o século XVII, servindo de ponto de apoio para os viajantes que vinham do Norte em direção a Pernambuco ou vice-versa. Até o final do século XIX, a cidade se resumia a apenas um pedaço do atual bairro Centro. No período de 1850 – 1930 houve um processo de consolidação urbana, onde o Centro se concretiza como núcleo urbano e o traçado em tabuleiro de xadrez de Silva Paulet é implementado. Nessa transição entre o século XIX e XX, vivencia-se a belle époque, urbanismo ao padrão europeu, trazendo espaços públicos, praças e modernização. É no Centro também que surge o processo de verticalização da cidade (RUFINO, 2005; SALOMONI, 2011).

A partir de 1930, inicia-se outro período, o de expansão urbana, onde outros bairros começam a se estruturar, como Aldeota, Jacarecanga e Benfica. O crescimento continua nos anos seguintes, intensificados pelo êxodo rural, causado pelas frequentes e grandes secas no interior do estado, sendo maior a partir da década de 70, período que também se consolida a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) (RUFINO, 2005).

De acordo com Silva *et al.* (2006), com a expansão urbana, ocorre um processo de surgimento de novos centros urbanos e a perda da vitalidade dos antigos. O sentimento de pertencimento e o nível de importância desses ambientes para a população de um local variam conforme cada cultura e com o tempo (VIEIRA; FILHO, 2009).

As praças, desde os tempos mais antigos, apresentam formas e aspectos que caracterizam espaços livres e públicos. Possuem uma importância na socialização, lazer e bem-estar da população. Além do seu uso atual pela população circundante, as praças também representam espaços histórico-culturais, estando presentes em pequenas cidades do interior a grandes metrópoles (VIEIRA E FILHO, 2009; ANDRADE; BOVO, 2010).

Assim, uma boa qualidade desses ambientes pode atrair as pessoas, possibilitando momentos de prazer e o desenvolvimento de atividades sociais. Segundo Rosset (2005, p.6), duas questões fundamentais devem ser consideradas quando se analisa a qualidade de vida,

A primeira tem a ver com a necessidade de os indivíduos estarem relacionados com o contexto social, político e cultural em que vivem, e a segunda, está relacionada com a caracterização de um espaço em termos de bens e serviços existentes, bem como sua acessibilidade e facilidade de utilização (ROSSET, 2005, p.6).

Alguns fatores físicos e ambientais influenciam a qualidade desses espaços. Além disso, as práticas e dinâmicas sociais que se desenvolvem no local configuram os usuários e a forma de uso que está sendo desenvolvida (SILVA *et al.*, 2006).

Tanto o poder público quanto a população, começaram a prestar mais atenção nas praças, dando importância as áreas verdes. Dessa forma, esses espaços públicos começaram a ser privilegiados pelos planejamentos urbanos, com o intuito de preservar as práticas de entretenimento e para a qualidade ambiental da cidade como um todo (MINAKI, 2007). Algumas outras funções positivas são a influência no psicológico da população, contato com a natureza, convívio social, melhoria microclimática, retenção de gases poluentes e material particulado, sombreamento e barreira acústica, proporcionando uma melhora na qualidade de vida das pessoas. (VIEIRO; FILHO, 2009).

3.2 Qualidade Ambiental Urbana

Segundo Lombardo (1985), a degradação ambiental no Brasil aparece em diversas maneiras, em diferentes níveis temporal e espacial, sendo nas metrópoles que se percebe as maiores alterações. Assim, é de extrema importância os estudos e o monitoramento sobre a qualidade ambiental no espaço urbano, pois é possível perceber grande concentração de poluentes no ar, solo e na água. O uso do solo de modo descontrolado ocasiona altos custos de urbanização e desconforto ambiental de várias ordens, como: térmico, acústico, visual e de circulação. Tornando muitos centros urbanos um local desagradável para viver.

Existem algumas linhas de pesquisas diferentes para verificar a qualidade ambiental de uma cidade. Zorral (2002), propõe indicadores para avaliar essa qualidade ambiental, como: habitação, abastecimento de água e esgotamento sanitário, energia elétrica, transporte coletivo, educação, saúde, lazer, entre outros. Para cada indicador, é realizado uma análise sobre sua evolução, relacionando com o desenvolvimento sustentável. Lombardo (1985) diz que ocorrem alterações na ecologia das cidades devido à sobrecarga que a natureza recebe no processo de urbanização. Nucci (2008), usa como indicadores o clima e a poluição atmosférica, resíduos líquidos e sólidos, cobertura vegetal, verticalização, densidade populacional, entre outros.

Existem diferenças conceituais e índices diferentes entre os autores citados acima. Tendo aquele que relaciona qualidade ambiental a aspectos socioeconômicos, como energia, educação, saúde, etc. Outros relacionam com o meio físico do ambiente urbano. Para o

presente estudo, o relacionamento da qualidade ambiental com o meio físico se mostra mais adequado.

3.2.1 Clima

O processo de urbanização modifica de forma significativa o clima em escala local. O clima nesses locais é derivado das alterações da paisagem natural. É nesse ambiente onde a produção e o armazenamento de calor são intensamente alterados, devido a retirada da cobertura vegetal, o revestimento dos solos, a circulação de veículo, a modificação na topografia entre outros, modificando o balanço energético, térmico e hídrico do local, além das propriedades físicas e químicas da atmosfera, tornando, muitas vezes, inconveniente esses lugares. As características observadas que sofreram maiores mudanças foram a temperatura, a umidade relativa do ar (ilhas de calor e de frescor, conforto e desconforto térmico), os ventos (dispersão da poluição do ar) e a precipitação (MONTEIRO; MENDONÇA 2003).

Segundo Spirn (1995), as cidades possuem uma miscelânea de microclimas diferentes, sendo estes regidos pelos mesmos condicionantes que atuam na cidade como um todo, variando apenas em seu nível de escala. Com o crescimento das cidades em tamanho e densidade, ocorrem alterações no ar, no solo, na água e na vida das pessoas, proporcionando o mal-estar na população.

Mota (1999), relaciona a urbanização com alguns fatores climáticos como: radiação solar, temperatura, velocidade e direção dos ventos, precipitação, umidade e camadas atmosféricas. A temperatura nas cidades está intimamente ligada a urbanização. As formas das construções das cidades (influenciando na distribuição da radiação solar e na velocidade dos ventos), as áreas pavimentadas, máquinas, veículos automotores e o desmatamento das árvores proporcionam o aumento na temperatura.

O processo de urbanização altera o clima nas cidades de modo considerável, devido ao aumento das superfícies de absorção térmica, impermeabilização dos solos, alteração na cobertura vegetal, concentração de edifícios e mudança no fluxo de ventos. A variação de temperatura e a concentração de poluentes são umas das principais alterações que ocorrem no meio urbano, sendo esses fenômenos usados como indicadores de degradação ambiental (LOMBARDO, 1985).

3.2.2 Cobertura Vegetal

A árvore está presente na paisagem das cidades ao longo do tempo e é vista como um elemento que contribui para a ambiência urbana agradável (MASCARÓ, 1996). Segundo

Mota (1999), as árvores possibilitam diversos benefícios ao ambiente como: estabilização dos solos, prevenindo a sua erosão (pois possui efeito amortecedor da chuva e proporciona maior infiltração da água pelas raízes), maior retenção de água pelo solo, participa do ciclo hidrológico através da transpiração, fornece oxigênio ao meio ambiente, produz alimentos e matéria prima, proporciona um bem estar visual, serve como habitat para diversos animais, absorve poluentes atmosféricos e funciona como barreira sonora.

Mascaró (1996), aborda os benefícios da vegetação de um modo mais aplicado ao ambiente urbano, tratando de sua interferência nos microclimas urbanos. As árvores contribuem para o controle da radiação solar, temperatura (baixando de 3°C a 4°C de lugares expostos a radiação solar) e umidade do ar (sendo maior de 3% a 10% que em espaços sem elas, devido à evapotranspiração), dos ventos (regulando a sensação térmica através de seu deslocamento), da chuva, e da poluição do ar, variando conforme suas características das plantas, das características ambientais da região e do período do ano. Além disso, durante o dia contribui com o sombreamento dos espaços em sua volta, melhorando o conforto térmico, pois ameniza condições extremas de frio e calor intenso.

Nucci e Cavalheiro (1999), além de algumas dessas funções já citadas anteriormente, colocam algumas outras, como: redução dos ruídos, diminuição do material particulado em suspensão, interação entre homem e meio ambiente, aspectos ornamentais, recreação, proteção dos pedestres nas calçadas, relaxantes visuais e quebra da monotonia das cidades.

Como se sabe, não é possível haver um processo de urbanização mantendo 100% das árvores no local. Desse modo, se houver um planejamento para o uso ordenado do solo, os impactos sobre o meio ambiente são minimizados, de forma em que é possível aproveitar os benefícios da vegetação (MOTA, 1999). De acordo com Oke (1973, *apud* LOMBARDO, 1985), “[...] estima que um índice de cobertura vegetal na faixa de 30% seja recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas, sendo que, áreas com índice de arborização inferior a 5% são considerados desertos florísticos.”

No entanto, falta uma definição exata sobre os termos relacionados a vegetação, dificultando a criação de critérios para uma legislação a respeito do assunto (NUCCI; CAVALHEIRO, 1999). Consequentemente, a quantificação da cobertura vegetal será comprometida, impossibilitando a mensuração correta do percentual de árvores nos núcleos urbanos.

3.2.3 Verticalidade

No meio urbano, a ação antrópica ocorre de modo rápido e intenso, gerando diversos prejuízos ao homem e ao meio ambiente, os quais muitas vezes são irreversíveis. Essas modificações estéticas interferem no bem-estar das pessoas, constituindo a poluição visual, podendo gerar sentimentos de angústia e tensões (MOTA, 1999). O processo de urbanização também altera o clima urbano devido ao grande número de construções, aumentando as superfícies de absorção térmica, impermeabilização do solo com as pavimentações, alteração na cobertura vegetal e concentração de edifícios (LOMBARDO, 1985).

As características da paisagem e o equilíbrio urbano começam a mudar com a entrada de um novo elemento e sua predominância, o edifício. Juntamente com o aumento no número de edifícios, cresce o número de habitantes por quadra, criando a necessidade do alargamento de várias vias, comprometendo a arborização das mesmas (MACEDO, 1987).

Segundo Mascaró (1996), as cidades são compostas por materiais de diferentes propriedades espectrais, tendo como principal os diferentes tipos de edificações, a vegetação e as superfícies pavimentadas, influenciando na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, sendo expressa pelo albedo. Os ambientes urbanos possuem, normalmente, albedos 15% menores que os de ambientes rurais, devido a geometria urbana e sua morfologia, sendo maiores em superfícies verticais em relação as horizontais.

Esse aquecimento das superfícies, gera um sistema capaz de aquecer grandes volumes de ar. A geometria dos prédios contribui para a não dispersão do calor, pois funciona como obstáculo para o vento. Assim, podemos ter a formação de uma ilha de calor urbana, onde a temperatura da superfície é mais elevada que as em volta, proporcionando uma circulação local. Esse fenômeno ocorre devido a redução da evapotranspiração, ao aumento da rugosidade e das propriedades térmicas dos edifícios e das pavimentações (LOMBARDO, 1985).

A altura e a concentração de edifícios nos centros urbanos contribuem para alterar a circulação natural dos ventos, algumas dessas mudanças é a diminuição na sua velocidade e o efeito de encanamento do ar, devido a altos prédios em fileiras (MOTA, 1999). Segundo Xavier e Xavier (1973-1995, *apud* MOTA, 1999) “[...] estudando as alterações climáticas na RMF, constataram um decréscimo na velocidade média do vento, da ordem de 50%, entre 1974 e 1995, de julho a dezembro, na cidade de Fortaleza”, devido a “[...] uma crescente verticalização, forçada pela especulação imobiliária, especialmente na orla marítima e outros

bairros, cuja massa de construções verticalizadas funciona como um barramento artificial aos ventos”.

Dessa maneira, a distribuição dos prédios e dos espaços livres devem ser planejados de forma a possibilitar uma melhor circulação dos ventos, contribuindo para uma melhor dispersão dos poluentes atmosféricos. Além de um arranjo adequado das árvores, de modo a contribuir para um ar mais limpo e mais frio (MOTA, 1999).

3.3 Conforto térmico

O conforto térmico está diretamente relacionado ao corpo humano e sua sensação de bem-estar. O funcionamento do nosso organismo, de modo superficial, pode ser comparado a uma máquina térmica que produz calor segundo sua atividade. A temperatura ideal do corpo humano é em torno de 37°C, suportando 32°C como limite inferior e 42°C como limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade. Quando a temperatura do ambiente está próxima a do corpo humano, essa troca de calor ocorre sem grandes esforços, dando uma sensação de conforto térmico. Já quando o ambiente está frio ou quente, precisamos realizar um maior esforço para igualarmos as temperaturas (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Segundo Bartholomei (2003), o conforto térmico pode ser definido como uma combinação satisfatória da temperatura radiante média, temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa, vestimentas da pessoa e sua atividade desenvolvida em um certo ambiente, resultando em uma sensação de bem-estar. Existem também algumas variáveis individuais (sexo, idade, biótipo, hábitos alimentares, entre outros) e ambientais (vegetação, topografia, regime de chuvas, águas superficiais) que podem influenciar no conforto térmico (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Devido a composição das cidades, uma problemática comum é a falta de sensações térmicas agradáveis. Segundo Herrington “para o trabalho físico, o aumento da temperatura ambiente de 20 °C para 24 °C diminui o rendimento em 15 %”, enquanto “a 30 °C de temperatura ambiente, com umidade relativa 80 %, o rendimento cai 28 %”, dados que evidenciam a influência das condições térmicas e higrométricas sobre o desempenho humano (FROTA E SCHIFFER, 2003, p. 25).

Com a diminuição no bem-estar e no rendimento de trabalhos físicos, a população tem uma tendência a recorrer a formas artificiais de resfriamento ou aquecimento, proporcionando

um acréscimo no uso de energia elétrica (SOUZA, 2013). Dessa forma, faz-se importante a preocupação com os aspectos climáticos pelas políticas públicas realizadas nas cidades.

3.4 Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

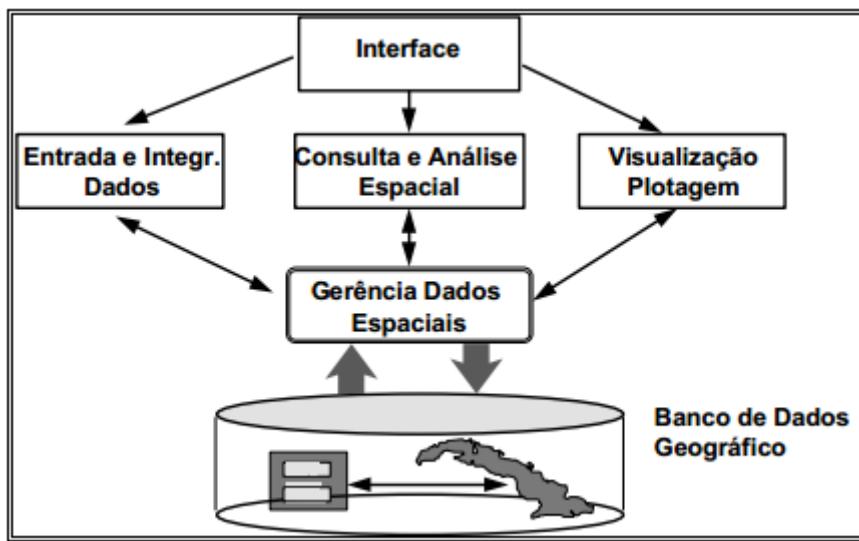
O entendimento sobre a distribuição geográfica de diversos assuntos (recursos minerais, plantas, animais, etc.) em diferentes áreas de estudo (geologia, agronomia, meio ambiente, entre outros), sempre foi de grande interesse da sociedade. Com o desenvolvimento de tecnologias de informática, surgiu o Geoprocessamento, possibilitando uma análise conjunta de diversos mapas e dados (CÂMARA; DAVIS, 2001; CÂMARA *et al.*, 2004).

O geoprocessamento é uma área de estudo onde se faz uso de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Essa tecnologia é interdisciplinar e possibilita a convergência de diferentes conhecimentos científicos, contribuindo para a tomada de decisões sobre problemas urbanos, rurais e ambientais. Para realização de suas funções, utiliza-se os chamados *Sistemas de Informação Geográfica* (SIG), que possibilitam a prática de complexas análises, integrando dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciadas (CÂMARA; DAVIS, 2001; CÂMARA E MONTEIRO, 2001).

Segundo Câmara *et al.* (2004, p.7), o SIG pode ser dividido em alguns componentes, os quais se relacionam de forma hierárquica, para um melhor entendimento, como mostrado na Figura 1.

A *interface homem-máquina* define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, o SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (*entrada, edição, análise, visualização e saída*). Internamente ao sistema, um *banco de dados geográficos* armazena e recupera os dados espaciais.

Figura 1 - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.



Autor: Câmara *et al.* (2004).

Foi associado essa importante ferramenta que é o SIG, com o Sensoriamento Remoto. Segundo Meneses e Almeida (2012, p.3) essa “[...] é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres.”

Segundo Meneses (2012), o sensoriamento remoto surgiu durante o ano de 1960, devido ao grande desenvolvimento na área espacial. A evolução tecnológica do sensoriamento remoto possibilitou a captura de imagens de alta resolução espacial. Esses sensores de alta resolução eram usados apenas para fins militares, sendo liberados para trabalhos civis apenas depois da guerra fria (JACOBSEN, 2003). Desse modo, foi possível desenvolver mapeamentos em áreas urbanas com grandes escalas, barateando os custos de trabalho e produzindo um material cartográfico com mais rapidez do que outros métodos tradicionais (TAVARES JÚNIOR *et al.*, 2006).

As imagens pancromáticas dos satélites IKONOS II, QuickBird e WorldView-3, por exemplo, são consideradas de alta resolução espacial. O IKONOS II foi lançado em 1999, sendo o primeiro satélite com resolução espacial de 0,80 m na banda pancromática, sendo permitido pelo governo americano apenas 1 m de resolução. O satélite QuickBird foi lançado em 2001 e possui resolução espacial de 0,61 m na banda pancromática e foi o escolhido para o devido trabalho. O satélite de alta resolução mais recente é o WorldView-3, lançado em 2014, possuindo uma resolução espacial de 0,31 m na banda pancromática (DIGITALGLOBE, 2013).

Quando o usuário possui imagens captadas por sensores remotos, ele possui apenas dados brutos que, para se tornarem informações, precisam ser analisados e interpretados. Em todas as imagens deve-se ater à alguns elementos básicos, que são: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização. Assim, quanto maior for a resolução, mais fácil é a identificação dos objetos. Muitas vezes, os resultados dessas interpretações são apresentados em forma de mapas (FLORENZANO, 2002).

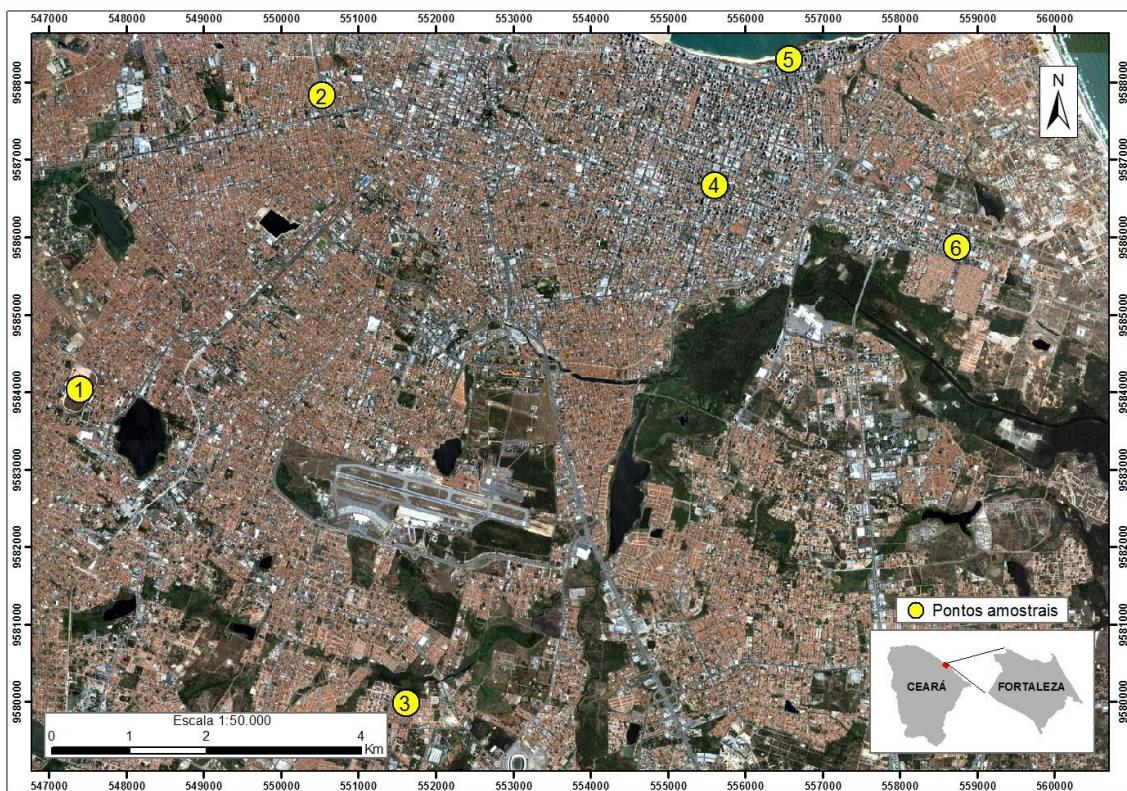
4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Caraterização do objeto de estudo

Fortaleza é a capital do estado do Ceará situado na região Nordeste do país. Segundo a estimativa do IBGE em 2015, o município possui uma área de 314,930 (km²), dividido em 119 bairros com 7 regionais. Possui uma população de aproximadamente 2.591.188 pessoas e é a cidade mais populosa do Estado. Segundo Sousa (2011), o município possui um regime de chuvas bem definidas, sendo um período seco (de agosto a dezembro) e outro chuvoso (de janeiro a julho), com temperaturas médias de 25 a 28°C, velocidade média dos ventos de 3,53 m/s e pluviometria média de 1600mm (sendo as chuvas mal distribuídas durante o ano).

Foi analisado seis locais de Fortaleza conforme a Figura 2, onde variaram entre praças e calçadões. Estes locais foram escolhidos de acordo com sua espacialização na cidade de Fortaleza e devido ao uso por práticas esportivas e atividades de lazer. Foram estes o Calçadão do Hospital da Mulher (Bairro Jóquei Clube), Calçadão da Crasa (Bairro Farias Brito), Praça do Sumaré (Bairro Passaré), Praça das Flores (Bairro Aldeota), Calçadão da Beira Mar (Bairro Meireles) e Praça Eng. Pedro Felipe Borges (Bairro Cidade 2000). Alguns critérios foram estabelecidos para comparação entre as áreas de estudo, como: grande ou baixa presença de árvores, fluxo de veículos e nível das ruas variando entre vias coletora e arterial segundo o Código de Trânsito Brasileiro (1997), predominância entre casas ou prédios, equipamentos de esporte e lazer, e lanchonetes.

Figura 2 - Localização dos pontos amostrados.



Fonte: Autor.

1 – Calçadão do Hospital da Mulher: Não possui arborização ao longo do calçadão. O movimento de carros é grande, pois possui duas vias arteriais em seus lados, Av. Lineu Machado e Av. Carneiro de Mendonça. Existem poucos apartamentos, tendo na maioria apenas casas. Não há equipamentos de esporte e lazer, como não há lanchonetes.

2 – Calçadão da Crasa: possui pequenas Carnaúbas e plantas jovens e pequenas em toda sua extensão, não produzindo sombra. O fluxo de carros é baixo a mediano, pois é circulado por vias coletoras, tendo apenas um de seus lados uma via arterial, Av. Bezerra de Menezes, a qual tem seu fluxo grande durante todo o dia. Ao seu redor existem apenas casas e lojas. Existe apenas um equipamento de musculação e não há *playgrounds* nem lanchonetes.

3 – Praça do Sumaré: há presença de árvores em boa parte da praça. Passa um número pequeno de carros pela praça, pois possui apenas duas vias coletoras e uma local. Ao seu redor existem apenas casas. Existem equipamentos de lazer e esporte, como: quadra, campo e *playground*, porém não há lanchonetes.

4 – Praça das Flores: há presença de árvores sob o calçadão em grande parte da praça. O fluxo de carro é constante e intenso ao redor da praça, devido a presença de duas vias arteriais, Av. padre Antônio Tomás e Av. Desembargador Moreira, além de duas vias coletoras com comércio. A um número de casas e de prédios bem parecido. Existem alguns equipamentos de esporte, como quadra e equipamentos para musculação. Não possui lanchonetes, porém há comércio de plantas em metade dela.

5 – Calçadão da Beira Mar: há uma quantidade mediana de árvores em sua extensão, porém a maior parte delas estão próximas as barracas e areia, não sombreando boa parte do calçadão. O calçadão encontra-se ao lado de uma avenida, Av. Beira Mar, onde na maior parte do dia, o fluxo de veículos (sendo em maioria de pequeno porte) é de baixo a moderado, se tornando grande durante a noite. A presença de prédios é praticamente em toda sua extensão. Existem vários equipamentos de esporte e lazer, como *playground*, quadras de vôlei, futsal, basquete, equipamentos para musculação, além de vários restaurantes e barzinhos.

6 – Praça Eng. Pedro Felipe Borges: as árvores se encontram na maior parte da praça, oferecendo sombra durante todo o dia. O trânsito fica intenso principalmente nos horários pela manhã e à noite, pois há duas vias principais para o fluxo interno do bairro, porém ao longo do dia, a quantidade de veículos é moderada, pois a praça é circundada por vias coletoras. O número de casas e prédios ao seu redor é misturado. Existem equipamentos de esporte e lazer, como quadra, campo de areia e equipamentos de musculação e *playground*. Não há pontos fixos de comida.

4.2 Procedimento Técnico

Os procedimentos técnicos, que subsidiaram a execução da pesquisa, norteados pela metodologia apresentada, foram compostos por sete fases e expostas a seguir.

A primeira fase deu-se a partir da coleta de imagens e de dados de vetores, e tratamento dos mesmos no programa ArcGis™ 10.1. As imagens usadas foram a do satélite Quickbird (georreferenciadas), retiradas em 2009, cedidas pela a Prefeitura Municipal de Fortaleza em 2014. Os dados de vetor foram obtidos através da Carta Digital Planimétrica do município de Fortaleza do ano de 2009. Esses dados foram inicialmente convertidos no ArcToolbox do formato “dwg” para “shp”, possibilitando a aquisição de parte das edificações

presentes nas áreas de estudo. Além disso, também foi cedido um *shape* com as curvas de nível do município.

Na segunda fase foi criado um banco de dados no ArcCatalog™ com os *shapes* de Quadras, Telhados, Árvores e estação meteorológica. A importância do banco de dados é a possibilidade de organizar e uniformizar todos os dados adquiridos e criados. Todos os dados usados no trabalho foram projetados em SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul) o sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) fuso 24. Tal projeção foi utilizada devido a Resolução da Presidente do IBGE N° 1/2015, a qual define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil.

Na terceira fase ocorreu a vetorização dos elementos criados na fase 2. Nessa etapa definiu-se a escala de trabalho, para a representação cartográfica atender os objetivos específicos, sendo definida em 1:5.000. Primeiro foi delimitado as áreas de estudo, seguindo um padrão de um raio de três quadras nas praças ou uma extensão de 1.500 metros nos calçadões ou sua extensão completa quando menor que esse tamanho, sempre tendo a estação meteorológica no centro geográfica de cada área, como na Figura 3.

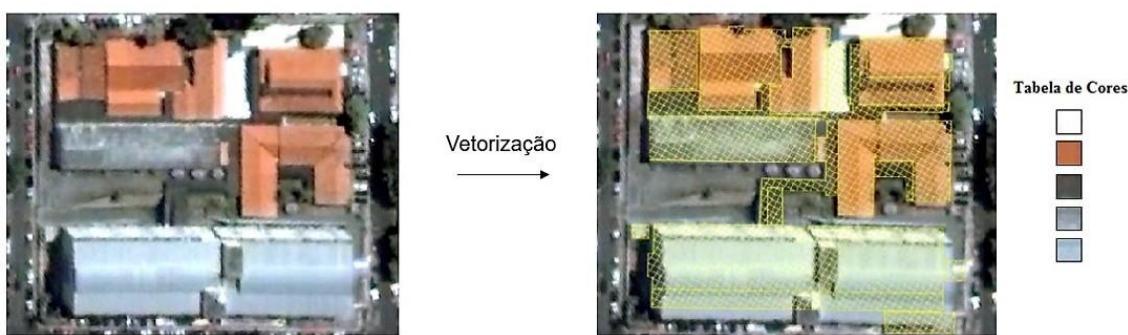
Figura 3 - Exemplo de delimitação da área de estudo para praças e calçadões.



Fonte: Autor.

Foram feitas as delimitações das quadras. Após isso, foi demarcado as edificações não desenhadas na Carta Digital Planimétrica, desconsiderando as sombras geradas pelo ângulo de elevação solar captadas pela imagem de satélite, seguindo alguns padrões de cores e formatos geométricos, conforme a Figura 4. Por fim, as árvores foram desenhadas, delimitando apenas suas copas, sem preencher suas respectivas sombras, sempre buscando tons de verde similares e com formas arredondadas, como a Figura 5. Estes processos foram realizados no programa ArcMap™ com o auxílio do software Google™ Earth para ajudar na interpretação, devido suas imagens de alta resolução espacial e temporal.

Figura 4 - Interpretação das edificações e exemplo de suas respectivas cores.



Fonte: Autor.

Figura 5 - Interpretação da arborização.



Fonte: Autor.

Na quarta fase foi executada a verificação de campo consistindo em coletar os dados com a estação meteorológica e executar a atualização da base cartográfica, devido a um lapso temporal de 5 anos entre a data das imagens, sabendo também que o ambiente urbano é de mudança mais rápida do que o ambiente rural. As amostragens nos seis locais foram realizadas no período seco de 2015, durante os meses de setembro e outubro. É interessante ressaltar que esse ano houve poucas chuvas, predominando o período seco durante grande parte do ano.

O estudo foi realizado no período da manhã, de 7:30 a 8:30 horas, e da tarde, de 15:30 a 16:30 horas. Para cada área de estudo foi feito três dias de coletas utilizando uma estação meteorológica da marca Davis conforme a Figura 6, modelo Vantage Vue. O equipamento foi montado a uma altura de 2 m do solo e os dados coletados a cada minuto. Para a parte cartográfica, fez-se uso de uma prancheta com as imagens de satélite impressa e um GPS, marcando as edificações e árvores que surgiram ou desapareceram durante o tempo de variação das imagens para o trabalho e marcando a altimetria das edificações de acordo com a Figura 7.

Figura 6 - Estação Meteorológica.



Fonte: Autor.

Figura 7 - Definição da altimetria do prédio.

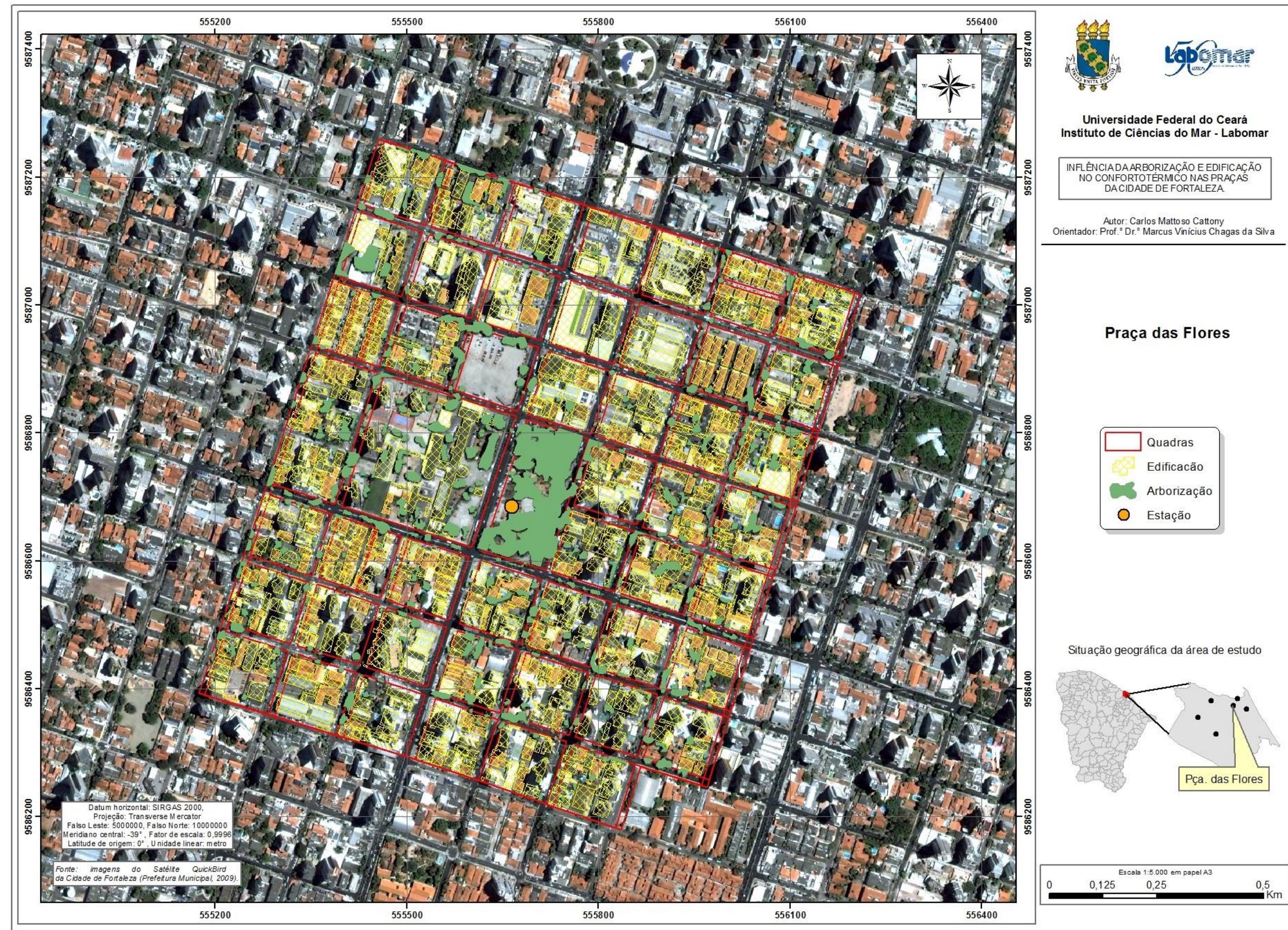


Fonte: Autor.

Na quinta fase, ocorreu a atualização dos dados cartográficos gerando um mapa básico de cada praça estudada, de acordo com as Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13. Na tabela de atributos

foi inserido uma nova coluna (altimetria) com a altura da edificação, considerando 3 metros para cada pavimento. A partir da altimetria, gerou-se mapas tridimensionais, no programa ArcScene 10.1, com o objetivo de obter uma melhor perspectiva sobre a topografia urbana. Foi analisado as altimetrias de cada área de estudo de modo isolado, e de modo integrado, onde se relacionou cada local com os demais, tendo uma única legenda de cores para todas as áreas. Também foi calculado a altimetria média dos locais estudados. Os dados coletados pela estação, foram armazenados em seu banco de dados e transferido para seu *software* WeatherLink 6.0.

Figura 8 - Mapa Básico da Praça das Flores.



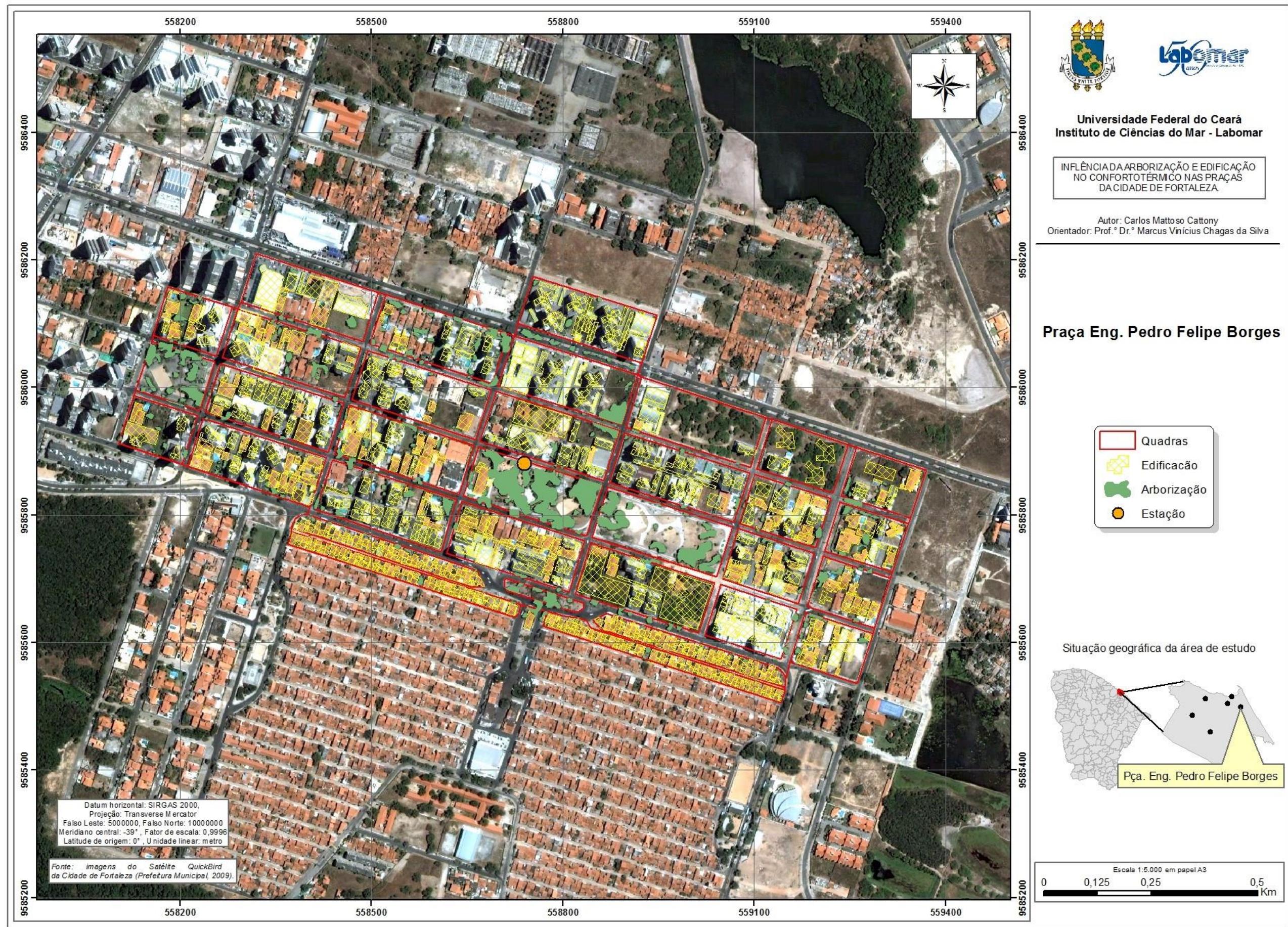
Fonte: Autor.

Figura 9 - Mapa Básico do Calçadão da Beira Mar.



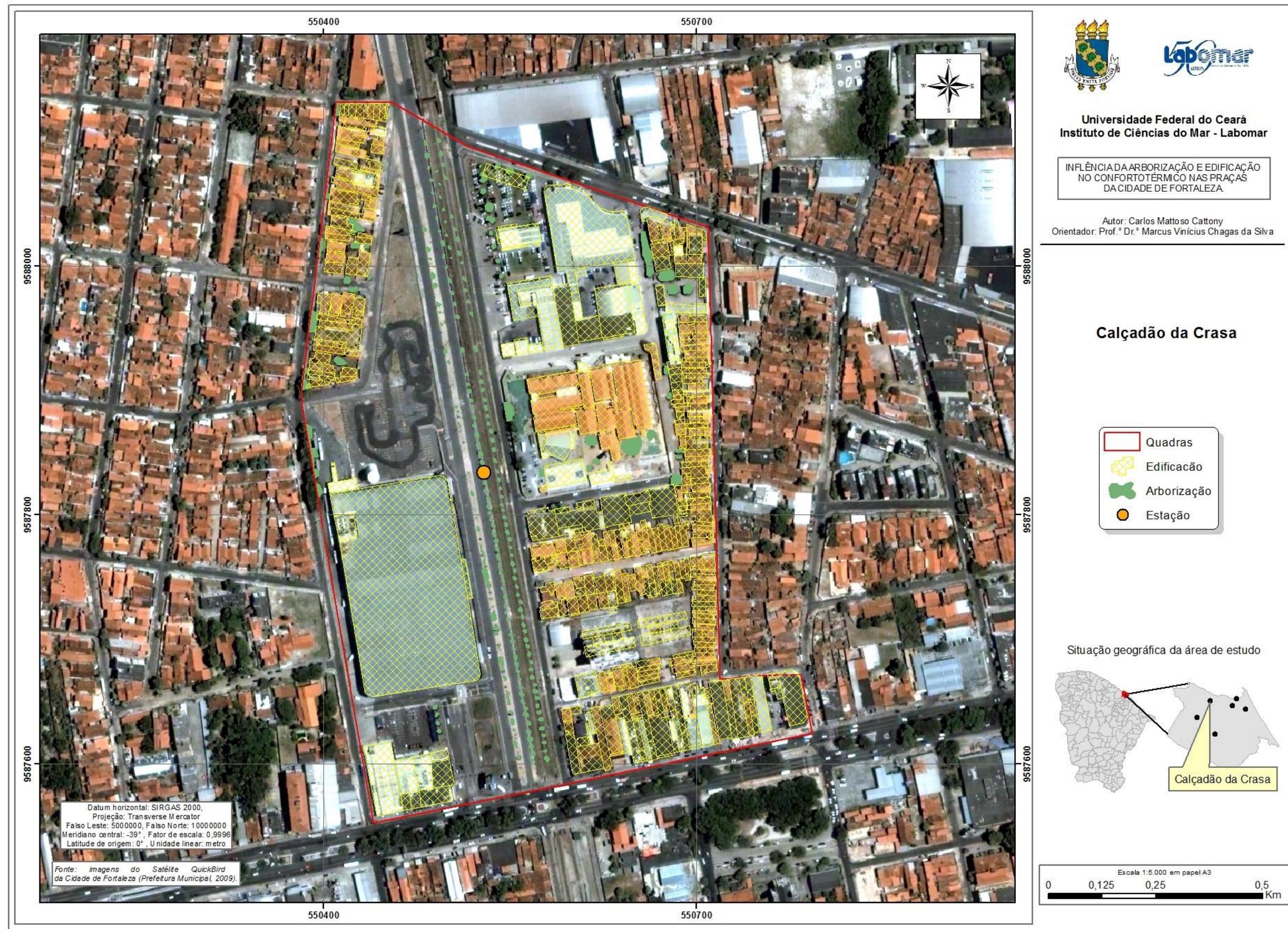
Fonte: Autor.

Figura 10 - Mapa Básico da Praça Eng. Pedro Felipe Borges.



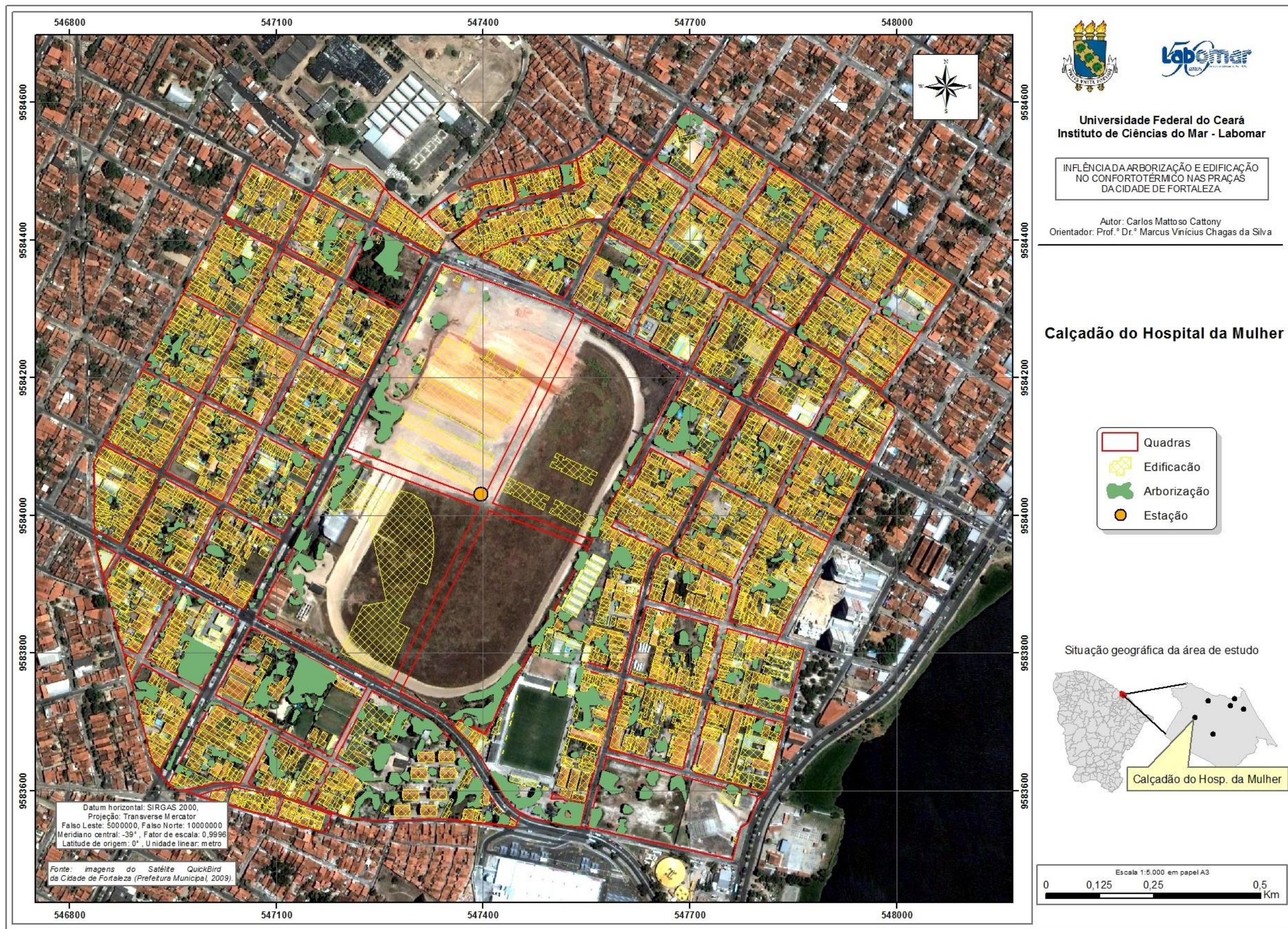
Fonte: Autor.

Figura 11 - Mapa Básico do Calçadão da Crasa.



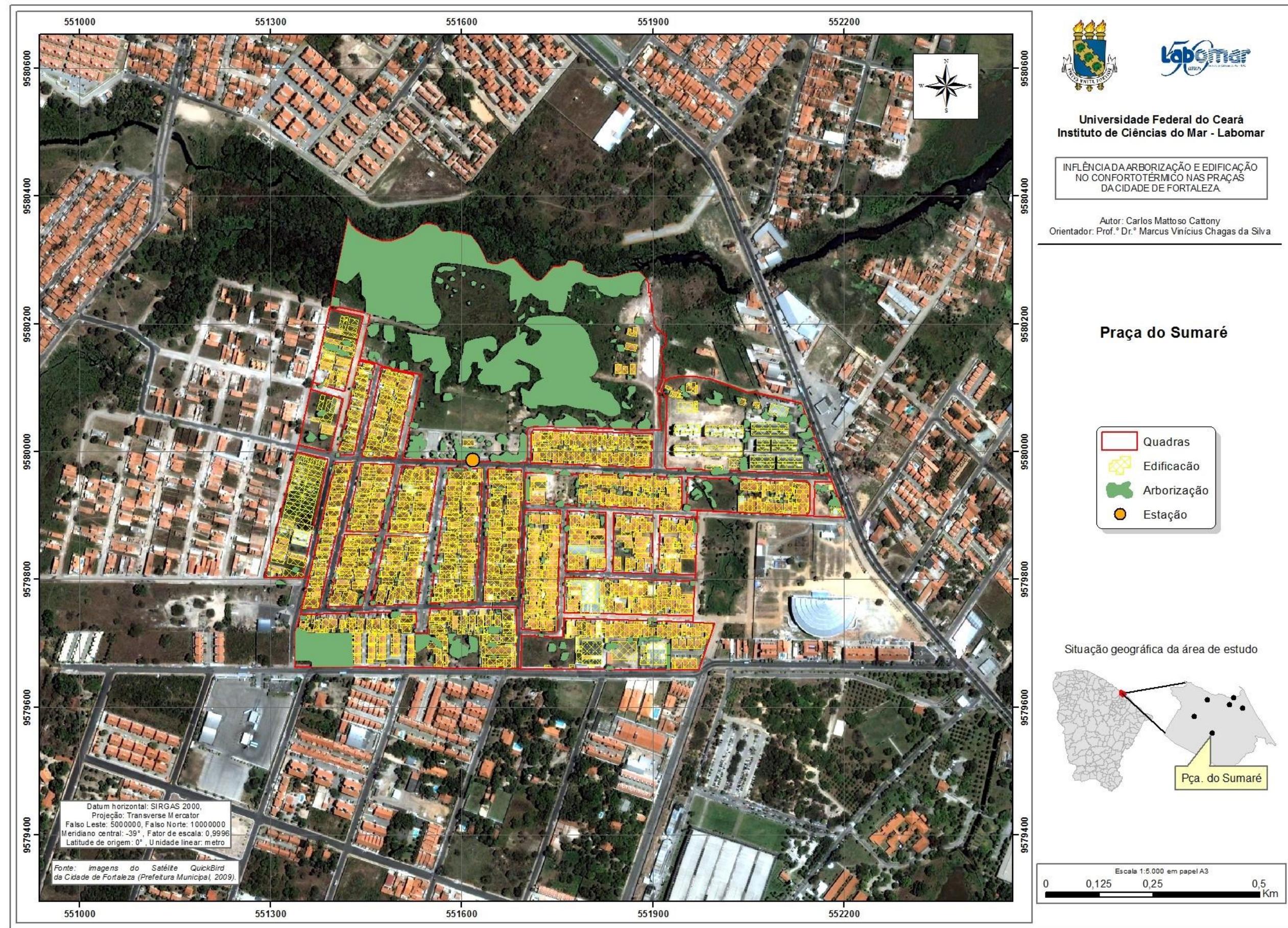
Fonte: Autor.

Figura 12 - Mapa Básico do Calçadão do Hospital da Mulher.



Fonte: Autor.

Figura 13 - Mapa Básico da Praça do Sumaré.



Fonte: Auto.

Na sexta fase, os dados coletados pela estação, foram exportados e tratados no programa Excel – Microsoft®. Com essas informações, foi calculado o Índice de Conforto Térmico Humano, utilizando dados de Temperatura, umidade e propriedades atmosféricos.

O índice de Conforto Humano (ICH) foi calculado pela fórmula descrita por Anderson (1965), citada por Rosenberg (1983):

$$ICH = T_a + \frac{5}{9}(e_a - 10)$$

Para a qual T_a é a temperatura do ar em graus Celsius; e_a é a pressão de vapor que pode ser calculada do seguinte modo:

$$e_a = \frac{(e_s * UR)}{100}$$

Na qual e_s é a pressão de vapor do ar saturado e pode ser calculada usando a equação de Tetens (1973):

$$e_s = 6,10 \times 10^{\left(\frac{(7,5 \cdot T_a)}{(237,3 + t_a)} \right)}$$

No Quadro 1 encontra-se a classificação do grau de conforto térmico em função dos valores de ICH obtidos.

Quadro 1 - Índices de Conforto Térmico Humano.

Graus de Umidade (°C)	Graus de Conforto	Graus de Umidade (°C)	Graus de Conforto
20 – 29	Confortável	40 – 45	Desconforto suportável
30 – 39	Graus de conforto variando	46 ou mais	Desconforto insuportável

Fonte: Santos e Melo (2010).

5 RESULTADOS

Todas as áreas de estudo apresentaram a mesma classificação para o Índice de Conforto Térmico, graus de conforto variando, de acordo com a Quadro 2. Devido à grande amplitude de valores para uma mesma classe, como visto na Quadro 1, surgiu a necessidade de aprofundar o estudo. Foi realizado outras relações entre os dados coletados pela estação meteorológica (temperatura e umidade), durante o período da manhã e da tarde e os dados produzidos pela cartografia (edificação e arborização), com o intuito de encontrar relações entre os locais estudados, conforme os Gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Cada dado meteorológico foi relacionado com os dados de edificação e arborização, durante o período da manhã e da tarde, dando um total de oito correlações, usando o método da correlação bivariada. Foram calculadas também as porcentagens das edificações e da arborização para cada respectiva área de estudo, conforme a Quadro 3.

Quadro 2 - Resultado do Índice de Conforto Térmico, da temperatura e da umidade por espaço público.

Ponto Amostral	Índice de Conforto Térmico (manhã/tarde)	Manhã		Tarde	
		Temperatura °C	Umidade	Temperatura °C	Umidade
Calçadão da Beira Mar	Graus de Conforto Variando	27,33	73,91	29,21	66,62
Pç. Das Flores	Graus de Conforto Variando	25,51	81,78	29,05	69,22
Pç. Eng. Pedro Felipe Borges	Graus de Conforto Variando	28,86	69,79	29,5	62,51
Calçadão da Crasa	Graus de Conforto Variando	27,29	56,45	30,63	55,33
Pç. Do Sumaré	Graus de Conforto Variando	29,32	65,25	30,51	59,6
Calçadão do Hosp. da Mulher	Graus de Conforto Variando	28,59	70,6	30,55	58,8

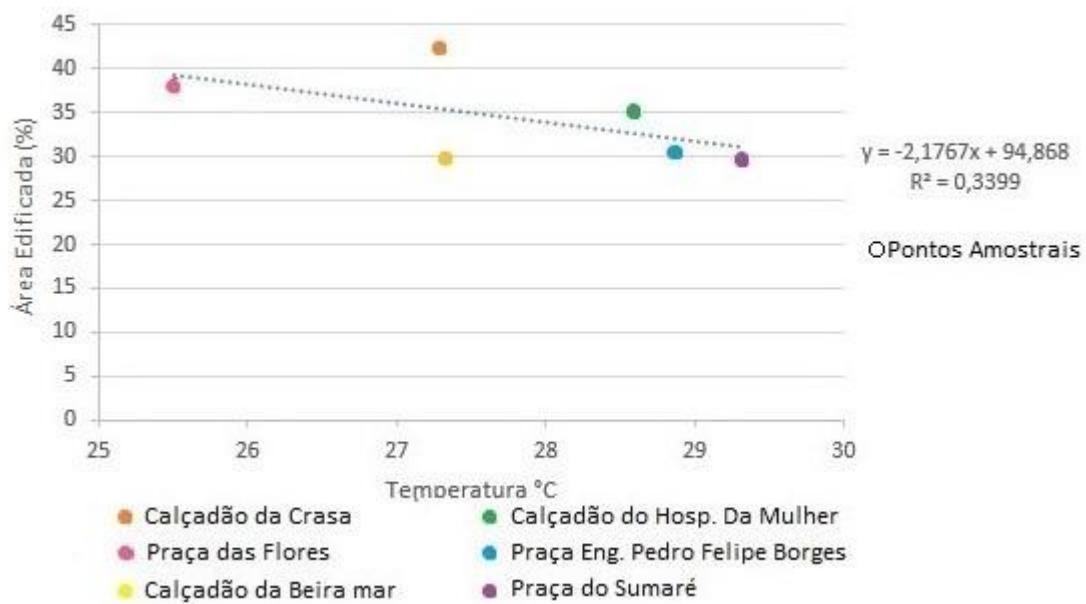
Fonte: Autor.

Quadro 3 - Resultado em porcentagem da área edificada e arborizada por espaço público.

Ponto Amostral	Área Edificada (%)	Área Arborizada (%)
Calçadão da Beira Mar	29,91	8,84
Pç. Das Flores	38,2	9,15
Pç. Eng. Pedro Felipe Borges	30,49	5,83
Calçadão da Crasa	42,39	2,45
Pç. Do Sumaré	29,71	18,79
Calçadão do Hosp. Da Mulher	35,21	7,58

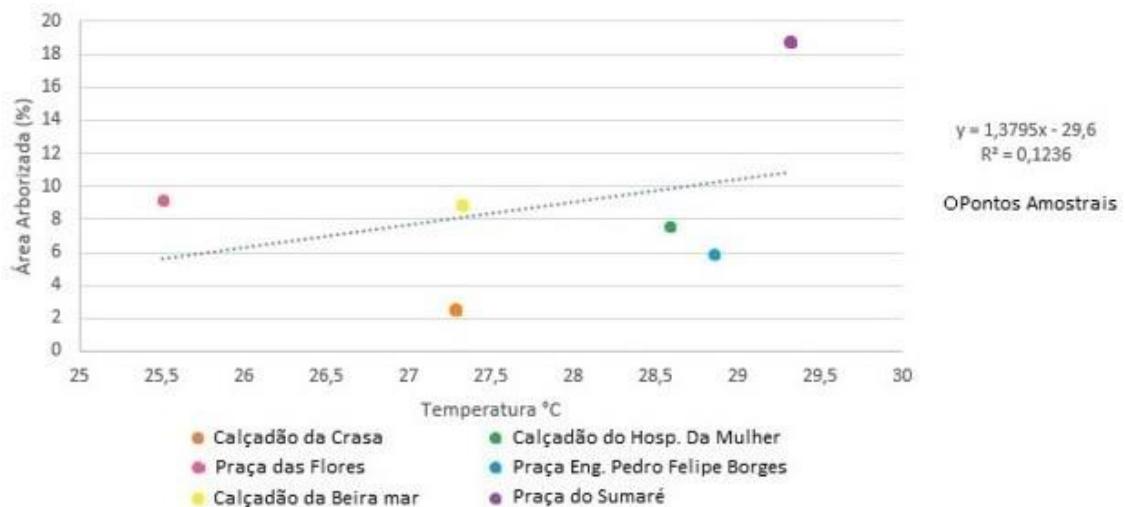
Fonte: Autor.

Gráfico 1 – Correlação bivariada entre as variáveis área edificada e temperatura durante o período da manhã.



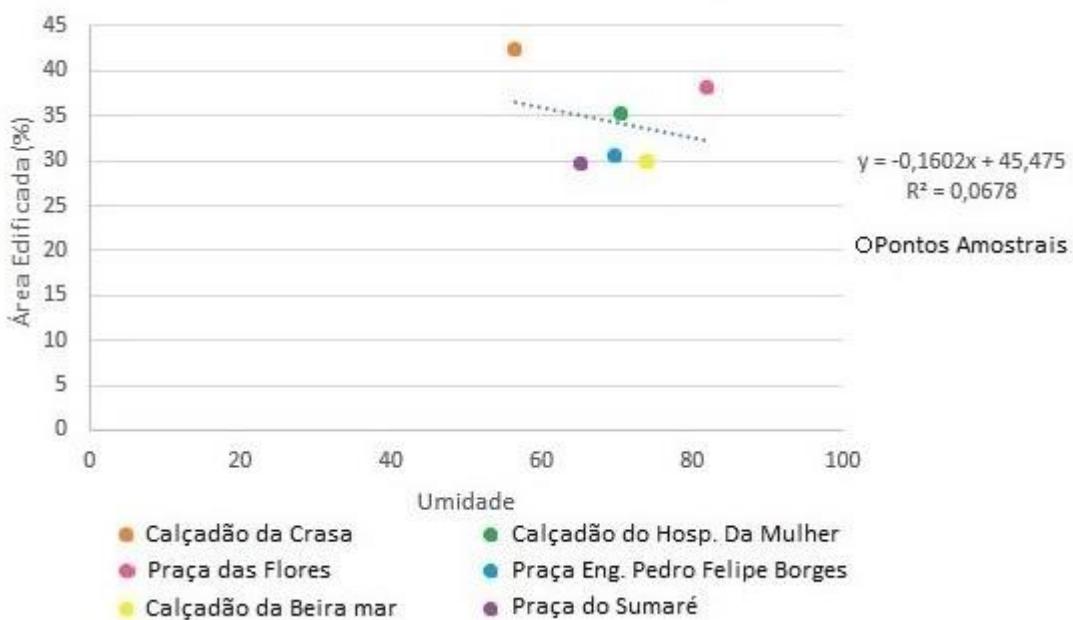
Fonte: Autor.

Gráfico 2 – Correlação bivariada entre as variáveis área arborizada e temperatura durante o período da manhã.



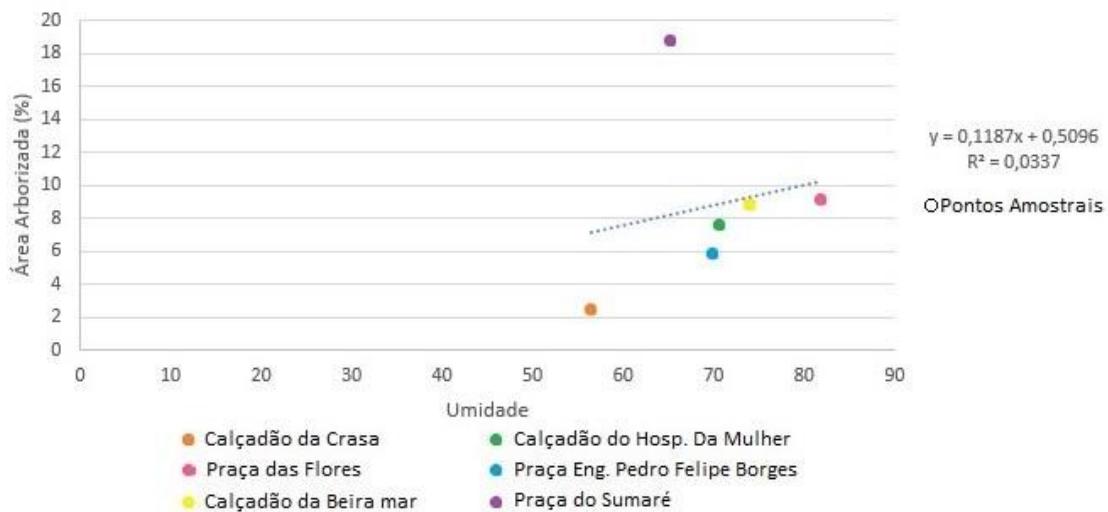
Fonte: Autor.

Gráfico 3 – Correlação bivariada entre as variáveis área edificada e umidade durante o período da manhã.



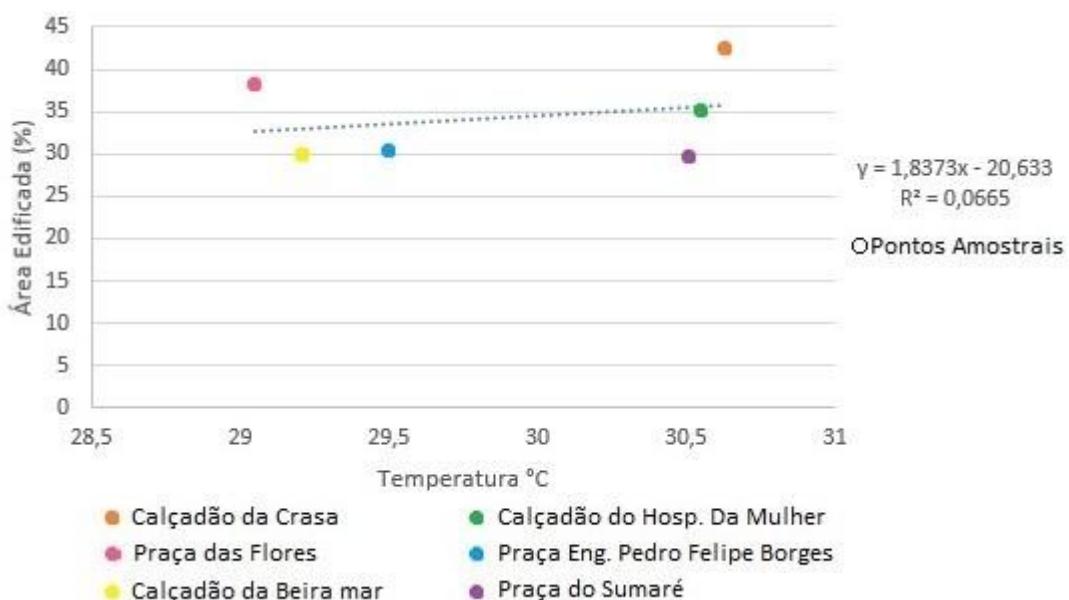
Fonte: Autor.

Gráfico 4 – Correlação bivariada entre as variáveis área arborizada e temperatura durante o período da manhã.



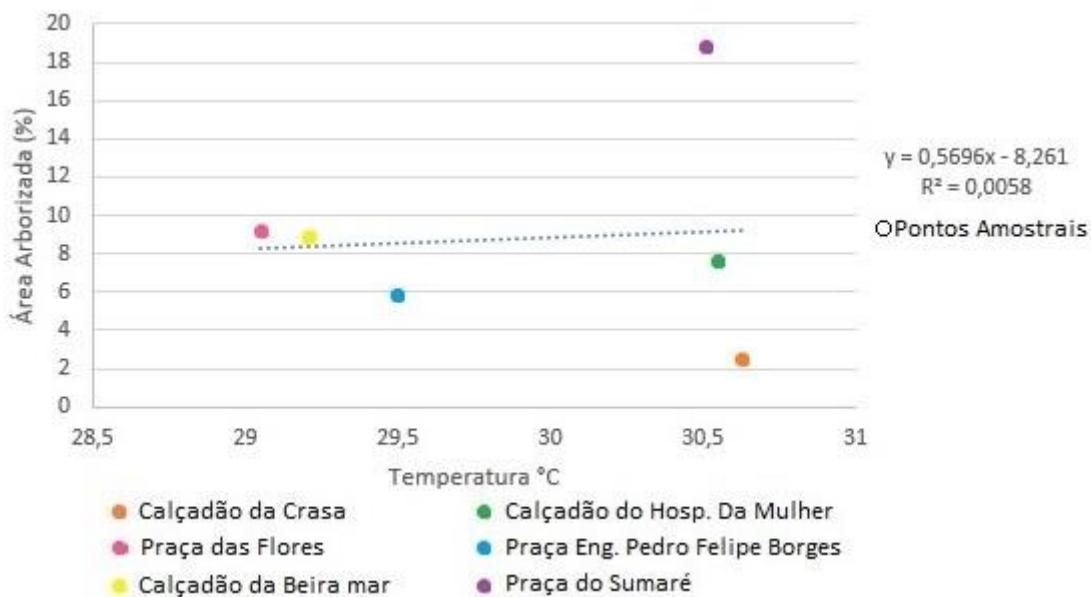
Fonte: Autor.

Gráfico 5 – Correlação bivariada entre as variáveis área edificada e temperatura durante o período da tarde.



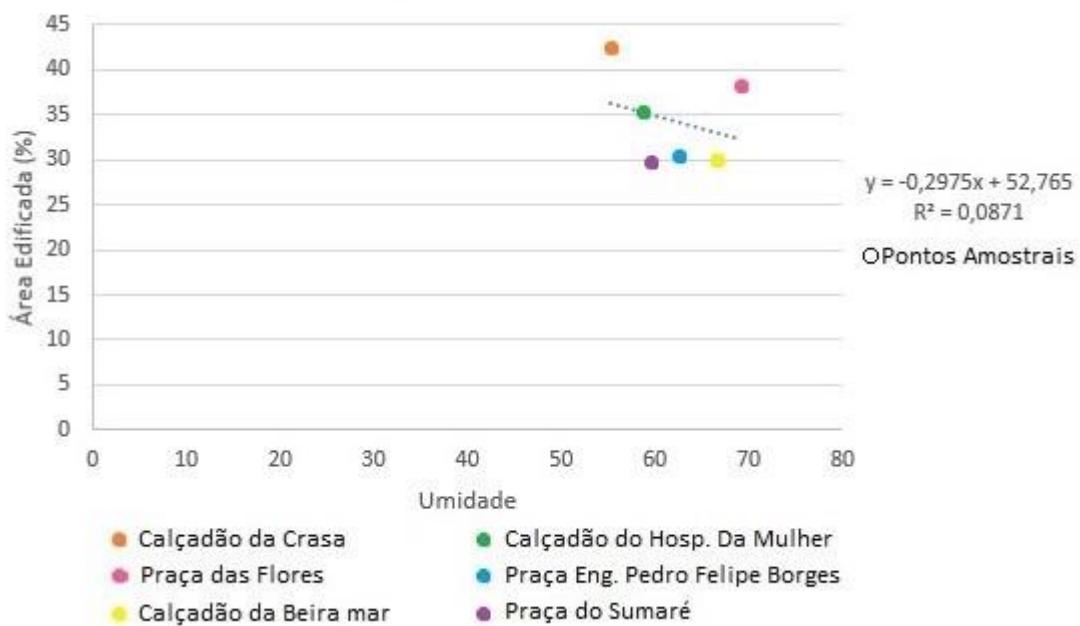
Fonte: Autor.

Gráfico 6 – Correlação bivariada entre as variáveis área arborizada e temperatura durante o período da tarde.



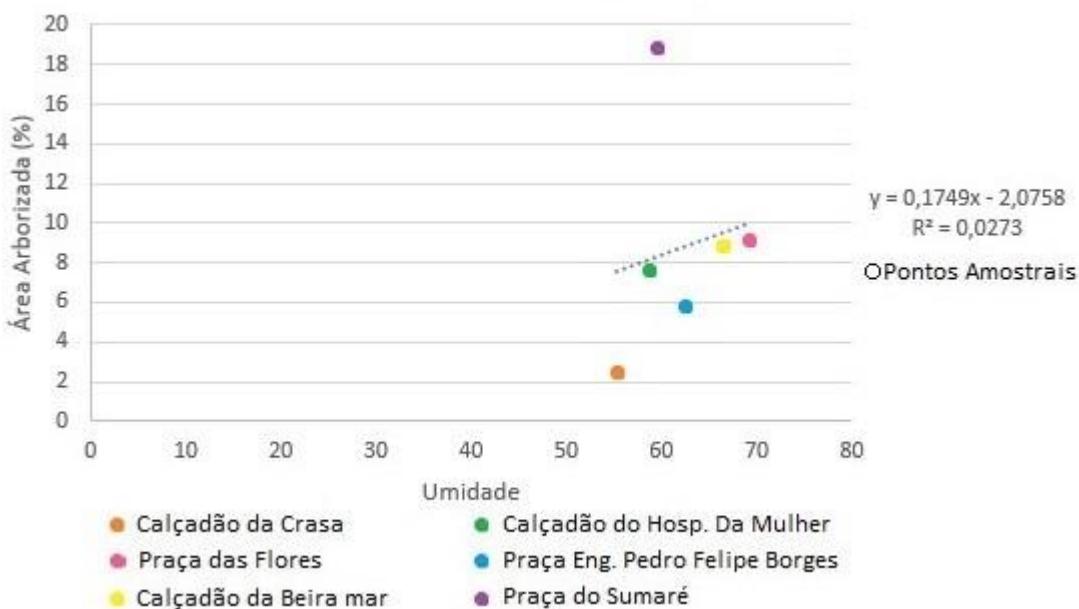
Fonte: Autor.

Gráfico 7 – Correlação bivariada entre as variáveis área edificada e umidade durante o período da tarde.



Fonte: Autor.

Gráfico 8 – Correlação bivariada entre as variáveis área arborizada e umidade durante o período da tarde.



Fonte: Autor.

A partir da correlação bivariada realizada entre os dados de temperatura e umidade com os índices de edificação e arborização foi possível identificar relações diretas. No Gráfico 5, a relação entre edificação e temperatura foi evidente e forte. Devido à alta incidência solar durante o período da manhã e parte da tarde, alguns dos espaços públicos que possuem uma maior área edificada, como o Calçadão da Crasa e do Hospital da Mulher, apresentaram uma temperatura mais alta. Já no Gráfico 1, onde se estabeleceu a mesma associação, só que no período da manhã, a relação entre edificação e temperatura foi pouco significativa, devido ao horário de coleta dos dados meteorológicos serem cedo e a incidência do sol ainda ser fraca, aquecendo pouco a superfície.

Os gráficos 2 e 6 apresentaram as correlações entre os dados de arborização e temperatura de acordo com o esperado, pois quanto mais árvores, menor é a incidência de sol sobre as edificações e as áreas pavimentadas, diminuindo a temperatura do ambiente. No entanto, o segundo gráfico foi mais significativo, devido a maior carga de calor recebida durante boa parte do dia, distinguindo melhor essa diferença entre os espaços públicos.

Nos Gráficos 4 e 8, onde associou-se o índice de arborização com a umidade, a relação foi forte. Isso acontece, pois, as plantas realizam um processo chamado de evapotranspiração, aumentando assim, a umidade relativa do ar. No período da tarde, essa relação foi maior do que no da manhã, devido ao maior tempo de exposição desses ambientes ao sol e a maior

temperatura do ar nesse horário. Já nos Gráficos 3 e 7, associou-se os dados de edificação e umidade, obtendo uma relação menos expressiva entre os dados que nos gráficos passado, devido as construções não influenciarem diretamente na umidade relativa do ar.

Para uma primeira análise, as altimetrias foram analisadas de modo isolado, podendo ter uma percepção dos locais mais altos (prédios) em cada área de estudo, como nas Figuras 14, 15, 16, 17, 18 e 19 (variando as cores de rosa claro a vermelho, de forma crescente). Em seguida, relacionou-se as áreas de estudo de forma integrada, podendo perceber que na Praça das Flores, Calçadão da Beira mar e Praça Eng. Pedro Felipe Borges existem uma quantidade de edifícios maior que Calçadão da Crasa e do Hospital da Mulher e na Praça do Sumaré, de acordo com as Figuras 20, 21, 22, 23, 24 e 25 (variando do verde, para o amarelo, em seguida o laranja e finalizando no vermelho, também na ordem crescente). A altimetria média de cada área de estudo possibilitou uma melhor percepção sobre a topografia urbana de cada região, conforme a Quadro 4.

Quadro 4 - Média aritmética da altimetria das áreas de estudo.

Ponto Amostral	Altimetria média
Calçadão da Beira Mar	20,7 andares
Pç. Das Flores	9,46 andares
Pç. Eng. Pedro Felipe Borges	11,10 andares
Calçadão da Crasa	5,29 andares
Pç. Do Sumaré	4,25 andares
Calçadão do Hosp. Da Mulher	4,25 andares

Fonte: Autor.

Figura 14 - Análise isolada da altimetria da Praça das Flores em três dimensões.



Fonte: Autor.

Figura 15 - Análise isolada da altimetria do Calçadão da Beira Mar em três dimensões.



Fonte: Autor.

Figura 16 - Análise isolada da altimetria da Praça Eng. Pedro Felipe Borges em três dimensões.



Fonte: Autor.

Figura 17 - Análise isolada da altimetria do calçadão da Crasa em três dimensões.



Fonte: Autor.

Figura 18 - Análise isolada da altimetria do Calçadão do Hospital da Mulher em três dimensões.



Fonte: Autor.

Figura 19 - Análise isolada da altimetria da Praça do Sumaré em três dimensões.



Fonte: Autor

Figura 20 - Análise integrada da altimetria das Praças com a Praça das Flores em três dimensões.



Fonte: Autor.

Figura 21 - Análise integrada da altimetria das Praças com o Calçadão da Beira Mar em três dimensões.



Fonte: Autor.

Figura 22 - Análise integrada da altimetria das Praças com a Praça Eng. Pedro Felipe Borges em três dimensões.



Fonte: Autor.

Figura 23 - Análise integrada da altimetria das Praças com o Calçadão da Crasa em três dimensões.



Fonte: Autor.

Figura 24 - Análise integrada da altimetria das Praças com o Calçadão do Hospital da Mulher em três dimensões.



Fonte: Autor.

Figura 25 - Análise integrada da altimetria das Praças com a Praça do Sumaré em três dimensões.



Fonte: Autor.

6 CONCLUSÃO

Foi visto que o Índice de Conforto Térmico Humano calculado por Anderson (1965) possui uma grande amplitude em suas classes, sendo necessário um refinamento dos dados para uma análise mais profunda entre os espaços públicos, já que todas elas foram classificadas como graus de conforto variando. Fez-se necessário assim, a relação dos dados coletados pela estação meteorológica, temperatura e umidade, com os índices gerados na cartografia, edificação e arborização.

Ao considerar o estudo de Oke (1973), todas as áreas de estudo mostraram-se com uma cobertura vegetal inadequada em relação ao balanço térmico, tendo o valor mais alto na Praça do Sumaré com 18,79%. Pode ser encontrado valores bem baixos de arborização, como o Calçadão da Crasa, onde pode ser classificado como desertos florísticos pelo mesmo autor.

No entanto, necessita-se ainda de outros dados primários para relacionar informações que não puderam ser relacionados em um primeiro momento, como na Praça do Sumaré. Dados estes a serem coletados podem ser a velocidade e direção dos ventos, pressão do ar, vento ascendente e evapotranspiração, para assim, encontrar um relacionamento evidente, como nos outros espaços públicos.

A partir dessas relações, foi possível perceber a relação direta entre a temperatura dos locais estudados com o índice de edificação, mostrando a influência da topografia urbana nos parâmetros climáticos. Além disso, foi visto a importância da arborização nos espaços públicos como forma de amenizar a temperatura e de aumentar a umidade, dando uma sensação de bem-estar e melhorando a qualidade de vida dessa população. Visto isso, é importante a implantação de áreas verdes na cidade como forma de melhoria do conforto térmico, além de todos os outros benefícios trazidos pela vegetação, explicada ao longo do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, T. B.; BOVO, M. C. A significação, o uso e a representatividade social dos espaços públicos urbanos: o caso das praças são José e Getúlio Vargas em Campo Mourão/PR. In: V ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, .2010, Rio de Janeiro. **Anais do V Encontro de Produção Científica e Tecnológica**, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <
http://www.fecilcam.br/nupem/anais_v_epct/PDF/ciencias_exatas/01_ANDRADE_BOVO.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2015.
- BARTHOLOMEI, Carolina Lotufo Bueno. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003. Disponível em: <
<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000318350>>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro** (CTB). Lei Nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997 que institui o Código de Trânsito Brasileiro. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília: 2007.
- BRASIL. Institui **O Código de Trânsito Brasileiro**. Brasilia, Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9503.htm>. Acesso em: 03 jun. 2015.
- CÂMARA, Gilberto . Conceitos Básicos da Ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE, 2001. Cap. 2. Disponível em:
<www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd>. Acesso em: 5 fev. 2015.
- CÂMARA, Gilberto *et al.* Análise Espacial e Geoprocessamento. In: DRUCK, Suzana *et al.* **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Embrapa, 2004. Cap. 1,. Disponível em:
<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>>. Acesso em: 1 fev. 2015.

COSTA, M. C. L. Fortaleza, capital do Ceará: transformações no espaço urbano ao longo do século XIX. **Revista do Instituto do Ceará**, Fortaleza, v. 128, n. 3, p.81-112, 2014.

Disponível em: <http://www.institutodoceara.org.br/revista/Rev-apresentacao/RevPorAno/2014/03_FortalezacapitaldoCeara.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2015.

D'ALGE, Júlio César Lima. Cartografia para Geoprocessamento. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE, 2001. Cap. 6,. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd>. Acesso em: 23 jan. 2015.

DIGITALGLOBE. **Ficha técnica dos satélites**. 2013. Disponível em: <<http://global.digitalglobe.com/>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Informações completas sobre Fortaleza. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=230440&search=ceara|fortaleza>>. Acesso em: 15 ago. 2015

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Resolução PR 01/2005. 2015. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2015.

JACOBSEN, K. Geometric potential of IKONOS- and QuickBird-Images. In: Fritsch, D. (Ed.), Photogrammetric Weeks '03, p. 101–110. 2003

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo, Hucitec, 1985.

MACEDO, Sílvio Soares. **Higienópolis e arredores.** Processo de mutação de paisagem urbana. São Paulo: Edusp/PINI, 1987.

MINAKI, Mônica. **As praças públicas de Araçatuba/SP:** análise de um indicador da qualidade ambiental urbana. 2007. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007. Disponível em: <http://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/07/monicaminaki.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2015.

MASCARÓ, Lúcia. – **Ambiência urbana.** Porto Alegre, Ed. Sagra, DC Luzzatto, 1996.

MENESES, Paulo Roberto. Formato das Imagens de Sensoriamento Remoto. In: MENESES, Paulo Roberto; e ALMEIDA, Tati. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Brasília: Lala, 2012. Cap. 5,. Disponível em: <<http://www.cnnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 16 fev. 2015.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco. **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003.

MOTA, S. – **Urbanização e meio ambiente.** Rio de Janeiro, ABES, 1999.

NUCCI, J.C. & CAVALHEIRO, F. – Cobertura vegetal em áreas urbanas – conceito e método. **GEOUSP** n.6, 1999. Disponível em: <http://www.labs.ufpr.br/site/wp-content/uploads/2014/09/nucci_Cavalheiro_artigoscompletos_geousp_-1999.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2015.

NUCCI, João Carlos. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano:** um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). Curitiba, 2008. Disponível em: <www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/?pg=publicacoes-php> Acesso em: 12 jul. 2015.

ROSSET, Franciele. **Procedimentos metodológicos para estimativa do Índice de Áreas Verdes Públicas.** Estudo de caso: Erechim, RS. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Ciências Biológicas e Saúde. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP. 2005. Disponível em: <http://www.bdtd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_arquivos/2/TDE-2005-05-11T13:55:17Z-645/Publico/DissFR.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2015.

RUFINO, Maria Beatriz Cruz. **Regeneração Urbana e Estratégias Residenciais em Áreas Centrais: o Caso de Fortaleza.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2005. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12364/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2015.

SALOMONI, C. de M. **Cortiços no Centro de Fortaleza. Viver lá.** Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo), Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2011.

SANTOS, W. R. T; MELO, M. L. D. **Índices de conforto e desconforto térmico humano segundo os cenários climáticos do IPCC.** CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém, 2010. Disponível em <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/446_95127.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

SILVA, José Borzacchiello da; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia; Zanella, Maria Elisa Zanella; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade. **Litoral e Sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro.** Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

SOUSA, Francisco Wagner de. **Estimativa da exposição e risco de câncer a compostos carbonílicos e btex em postos de gasolina na cidade de Fortaleza-CE.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil-Saneamento Ambiental) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/2188/1/2011_tese_fwsousa.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

SOUZA, Débora Moreira. **Clima urbano no planejamento do município de Ourinhos - SP.** 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000911396>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

SPIRN, A.W. – **O Jardim de Granito:** A Natureza no Desenho da Cidade. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

TAVARES JÚNIOR, João Batista et al. Avaliação de Imagens Ikonos II e Quickbird para Obtenção de Bases Cartográficas para o Cadastro Técnico Municipal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 7., 2006, Florianópolis. **Anais do COBRAC 2006.** Florianópolis: 2006. p. 1 - 6. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/marlene/downloads/Artigos/COBRAC 2006 2.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2015.

VIERO, V. C.; FILHO, L. C. B. Praças públicas: origem, conceitos e funções. In: JORNADA DE PESQUISA E EXTENSÃO, 2009, Santa Maria. **Anais da Jornada de Pesquisa e Extensão da ULBRA Santa Maria: 2009.** Santa Maria: ULBRA, 2009. p. 1 - 3. Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT1511201011414.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2015.

ZORZAL, F. M. B. Agenda 21 para a Cidade de Curitiba. In: IV SEMINÁRIO DE PESQUISA DA UTP, 2000, Curitiba/PR. **Anais do IV Seminário de Pesquisa da UTP, 2000, Curitiba/PR.** Disponível em: <http://www.utp.br/tuiuticienciaecultura/FACET/FACET%2034-35/PDF/art_7.pdf> Acesso em: 12: jul. 2015.