

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA BACHARELADO**

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS VERDES NO CENTRO URBANO DE SÃO JOÃO
DEL-REI E SUA INFLUÊNCIA NA VARIABILIDADE DO CAMPO TÉRMICO**

Bruna Cardoso de Faria

**São João Del Rei – MG
10 de Novembro de 2016**

Bruna Cardoso de Faria

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS VERDES NO CENTRO URBANO DE SÃO JOÃO
DEL-REI E SUA INFLUÊNCIA NA VARIABILIDADE DO CAMPO TÉRMICO**

Monografia apresentada á Coordenadoria do
Curso de Geografia da Universidade Federal
de São João Del-Rei, como requisito parcial
para obtenção do grau de Bacharel em
Geografia.

**Orientador: Dr. Gabriel Pereira e Dr. Márcio
Roberto Toledo**

**São João Del Rei – MG
10 de Novembro de 2016**

*Dedico este trabalho a mulher que me inspira ser uma pessoa melhor
Maria do Coração de Maria*

A cidade não pode ser vista meramente como um mecanismo físico e uma construção artificial. Esta é envolvida nos processos vitais das pessoas que a compõe; é um produto da natureza e particularmente da natureza humana.

Robert Ezra Park (1973, p. 26)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha mãe (Luci Rosana) e minhas irmãs (Ana Luiza e Gabriela), que durante toda minha caminhada estiveram ao meu lado apoiando e incentivando. Aos meus familiares maternos, avó (Maria do Coração de Maria), tio (Jorge), tias (Lucimeire e Vera) que não só me deram a melhor infraestrutura, mas zelaram por mim. A vocês expesso o meu maior agradecimento.

Agradeço também a minha Xá-madrinha (Isabela Gonçalves), por todo companheirismo e conselhos até altas horas da matina. Aos meus cunhados (Rafael e Gustavo), que sempre tiveram paciência e disponibilidade para me ajudar nas viagens de idas e vindas constantes de uma nômade universitária. Ao Zeus, por nunca ter estragado nenhum trabalho e não deixar usá-lo como desculpa pelo atraso de alguma atividade. A Deninha que me auxiliava na organização do lar e da vida, deixava minhas quintas-feiras mais alegres com sua presença. Não poderia deixar de citar, a Raphaela Amorim pela sua espontaneidade e amizade.

Meus sinceros agradecimentos os amigos que conquistei ao longo curso, tanto da classe (Geografia 2013/01) quanto do laboratório de pesquisa (Jacus). Principalmente, a Viviane Valéria (mãe-amiga), Julio Costa (meu melhor parceiro, que está comigo desde o primeiro dia de aula) e Laura Soares (companheira de rebeldia), sem eles nada disso seria possível, a troca de conhecimento e parceria foi fundamental para a concretização deste período.

Agradeço a todos os professores do departamento de Geografia por todo conhecimento transmitido e aos funcionários do departamento (Wânia e Bruno) pelos auxílios burocráticos e atenção. Em especial ao professor Dr. Márcio Roberto Toledo e meu mentor Dr. Gabriel Pereira pelos ensinamentos, disponibilidade para tirar minhas dúvidas e ouvir minhas aflições. A Dra. Francielle Cardozo, por toda atenção e paciência.

Obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão desta fase em minha vida!

RESUMO

Ao longo do tempo, a superfície terrestre passou por um processo de modificação, tanto no que se refere a sua estrutura (centro urbanos cada vez mais populosos e povoados), como em sua forma (processo de verticalização e asfaltamento, os quais passam as cidades atualmente). Com a alteração da paisagem natural, a cidade atua como um fator modificador do clima regional e cria atmosferas específicas na área de sua influência, essas mudanças são definidas como clima urbano. A interação entre a atmosfera e a superfície das áreas urbanas depende da morfologia, estrutura e porcentagem de vegetação existente no interior das cidades. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo o mapeamento e análise das áreas verdes na área urbana de São João del Rei, no estado de Minas Gerais, com o intuito de contribuir com os estudos geográficos a respeito da influência da vegetação na variação térmica. A metodologia consiste no processamento de uma imagem extraída do satélite Landsat 8, com resolução espacial média, referente ao mês de julho do ano de 2015, a partir do Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING). Vale ressaltar também a utilização do Índice de Vegetação por diferença Normalizada (NDVI), que permite medir a quantidade e a condição da vegetação em determinado lugar, baseado na assinatura espectral da planta. Após o mapeamento, nota-se que a vegetação está distribuída de forma heterogênea e que nas áreas onde há vegetação a temperatura é mais baixa do que nas áreas não vegetadas, revelando aspectos importantes na qualidade ambiental dos centros urbanos.

Palavras-chave: Áreas vegetadas; Variação térmica; Qualidade ambiental.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo.	13
Figura 2 - Mapeamento das áreas verdes no município de São João del-Rei.	16
Figura 3 - Distribuição de vegetação gramínea (A), herbáceo-arbustiva (B), mista (C) e arbórea (D) na área de estudo.	17
Figura 4 - Variação do campo térmico no município de São João del-Rei.	18
Figura 5 - Distribuição da vegetação no centro urbano da área de estudo e perfil para análise do campo térmico.	19
Figura 6 - Índice da temperatura do perfil traçado no centro urbano.	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS	8
2.1 Objetivos específicos	8
3. REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1 Conceituações da área verde	9
3.2 Relação entre o verde e o urbano	11
3.3 Ilha de calor	12
4. ÁREA DE ESTUDO	12
5. MATERIAIS E MÉTODOS	14
5.1 Imagem Landsat 8	14
5.2 Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING)	14
5.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	15
6. RESULTADOS	16
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, com a expansão urbana e a concentração populacional, houve uma alteração do uso e cobertura da terra em busca do desenvolvimento urbano, esse que ocasiona, conseqüentemente, um desequilíbrio ambiental pela falta de planejamento urbano (GOUVÊIA & KURKDJIAN, 2003; MONTERO *et al.*, 2003). As cidades ocupam uma parcela territorial pequena, entretanto atuam como fator modificador da paisagem natural e do clima regional, ou seja, capaz de modificar e criar condições atmosféricas adversas em sua área de influência (MONTEIRO, 1990).

A alteração do meio natural pela ação antrópica adquire grandes proporções e causam impactos ambientais como, variação no campo térmico, frequência e intensidade da precipitação, mudança da umidade do ar e na circulação regional e global (HOUGHTON *et al.*, 1996; MCGUFFIE e HENDERSON-SELLERS, 2001; DAVID *et al.*, 2011). Além disso, provocam também a degradação dos solos (ISLAM; WEIL, 2000), dos sistemas hídricos (CARTER *et al.*, 2004) e poluição antropogênica (NEIVA e CATTAE, 2014). Esse último é um dos principais agravantes para a formação da “ilha de calor”, pois induz o bloqueio da radiação solar pela superfície, retendo toda energia da atmosfera abaixo da concentração de poluentes, e conseqüente, uma maior emissão/retenção da radiação pelos elementos urbanos (IVAJSIC *et al.*, 2014).

A influência mútua entre a superfície urbana e a atmosfera depende da cobertura vegetal presente no interior das cidades, ou seja, a área verde urbana tem grande influência na variabilidade do campo térmico. Com sua retirada, há um aumento da absorção da radiação eletromagnética e de poluentes, além de dificultar o processo de evaporação e evapotranspiração, esses podem ocasionar enchentes e alagamentos. Entretanto, a diversidade de elementos presentes na superfície urbana (área verde, edificações, asfalto nas vias públicas, solo exposto) e as suas propriedades físicas podem acarretar respostas desiguais no balanço de energia (OKE, 1978). O balanço de energia é calculado pela fórmula a seguir:

$$Q + S + H + E + P = 0$$

Em que Q = balanço de radiação; S= fluxo de energia solar; H= fluxo térmico de aquecimento; E= fluxo de calor latente e evapotranspiração e P= energia da fotossíntese (GREFEN, 1988).

A heterogeneidade do balanço térmico favorece o surgimento de áreas com temperatura elevadas, essas que correspondem à parte urbana, e áreas com temperaturas mais amenas, extensões circunvizinhas à cidade. Com isso os campos térmicos podem variar de acordo com as condições meteorológicas e as características físicas de um determinado lugar. A essa diferença térmica entre o urbano e o rural/área vegetada, dá-se o nome de ilha de calor. Esse fenômeno é um dos principais problemas ambientais que a sociedade tem enfrentado atualmente (MAGALHÃES FILHO, 2006).

Em decorrência dos impactos negativos na qualidade de vida da população originados pela supressão de áreas vegetadas, é indicado o uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto para obtenção rápida e eficaz de dados para análise e monitoramento das áreas de conservação, a fim de minimizar os efeitos negativos à qualidade de vida da população (OLIVEIRA, *et al.*, 2014).

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo o mapeamento das áreas verdes presentes na área urbana de São João del-Rei a partir de imagens satélite e analisar a diferença térmica existente entre áreas vegetadas ao redor da cidade e a área urbana.

2.1 Objetivos específicos

Ainda, têm-se como objetivos específicos os seguintes itens:

- (a) Determinar o tipo da área verde originada dos mapeamentos na área de estudo;
- (b) Originar uma análise de proximidade;
- (c) Analisar a variação térmica a partir das áreas urbanas e vegetadas;
- (d) Disponibilizar os dados para usuários.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Conceituações da área verde

Levando em consideração a infinidade de trabalhos e discussões sobre a temática de “área verde” e “espaço livre”, faz-se necessário uma revisão conceitual com a finalidade de disseminar o conhecimento e evitar o uso indevido dos termos. Primeiramente, ressalta-se a conceituação desenvolvida por Llardent (1982), que diz:

Sistemas de espaços livres: Conjunto de espaços urbanos ao ar livre destinados ao pedestre para o descanso, o passeio, a prática esportiva e, em geral, o recreio e entretenimento em sua hora de ócio.

Espaço livre: Quaisquer das distintas áreas verdes que formam o sistema de espaços livres.

Zonas verdes, espaços verdes, áreas verdes, equipamento verde: Qualquer espaço livre no qual predominam as áreas plantadas de vegetação, correspondendo, em geral, o que se conhece como parques, jardins ou praças.

Lima (1994) estabelece uma classificação entre espaço livre, área verde, parque urbano, praça e arborização urbana,

Espaço livre: Trata-se do conceito mais abrangente, integrando os demais e contrapondo-se ao espaço construído em áreas urbanas.

Área verde: Onde há o predomínio de vegetação arbórea, englobando as praças, os jardins públicos e os parques urbanos. Os canteiros centrais de avenidas e os trevos e rotatórias de vias públicas que exercem apenas funções estéticas e ecológicas, devem, também, conceituar-se como área verde. Entretanto, as árvores que acompanham o leito das vias públicas não devem ser consideradas como tal, pois as calçadas são impermeabilizadas.

Parque urbano: É uma área verde, com função ecológica, estética e de lazer, no entanto com uma extensão maior que as praças e jardins públicos.

Praça: É um espaço livre público cuja principal função é o lazer. Pode não ser uma área verde, quando não tem vegetação e encontra-se impermeabilizada.

Arborização urbana: Diz respeito aos elementos vegetais de porte arbóreo dentro da cidade. Nesse enfoque, as árvores plantadas em calçadas fazem parte da arborização urbana, porém não integram o sistema de áreas verdes.

E para finalizar essa parte conceitual, a categorização desenvolvida por Daltoé, *et al.*(2004) sobre áreas verdes,

Áreas verdes do sistema viário - Predominam vegetações de porte arbustivo e herbáceo. Representam os canteiros, trevos e rotatórias, associados ou não às redes de transmissão de energia. Apresentam-se com valor ecológico variando de baixo a médio e valor cênico médio. Por não possuírem nenhuma estrutura que possa atender às necessidades da população, possuem um baixo valor social.

Áreas verdes de uso particular - Predominam vegetações de porte arbóreo. Neste grupo estão situadas as áreas verdes que se apresentam em domínios de uso habitacional particular. São áreas inacessíveis para uso público devido à ausência de acessos e infraestruturas. Seu valor ecológico é médio, enquanto o cênico e de conforto apresenta-se variando de médio a alto. Devido à impossibilidade de uso direto pelo público seu valor social varia entre médio e baixo.

Áreas verdes residuais - Áreas herbáceo-arbustivas com ou sem cobertura arbórea. Em geral, representam as áreas verdes em loteamentos recentes ou em fase de implantação. Não se enquadram na classificação quanto aos valores cênicos, sociais e ecológicos devido à instabilidade da situação de uso atual.

Áreas verdes institucionais - Possuem distintas configurações, representadas pelos jardins, áreas verdes de uso institucional, campos de futebol etc. Seu valor cênico é alto e seu valor ecológico e social é médio, devido à restrição de alguns equipamentos para uso da coletividade.

Áreas verdes públicas e/ou de uso coletivo - Nesse grupo enquadram-se as áreas verdes de composição mista com arborização significativa (espécies exóticas e nativas). Compreendem as praças, parques e bosques urbanos, assim como áreas arborizadas dentro dos complexos históricos. Possuem alto valor ecológico, cênico e social.

Áreas livres não arborizadas (vazios urbanos) - Compreendem as coberturas herbáceo-arbustivas (predominantemente gramíneas). Os lotes vazios, característicos principalmente em áreas urbanas de consolidação recente, caracterizam este grupo.

As três conceituações citadas anteriormente já permitem observar a complexidade dos termos abordados, esses que são amplamente empregados no meio científico e que não são considerados sinônimos por não apresentar elementos compatíveis (BARGOS, *et al.*, 2011). Coloca-se em evidência a classificação do último autor, com a análise do porte da vegetação e o valor social e ecológico que cada categoria de área verde apresenta. A presença de cobertura vegetal dentro do perímetro urbano é fundamental, pois constitui indicador de sustentabilidade, devido

às contribuições ecológicas e os impactos positivos na qualidade do meio e de vida da sociedade.

Com a crescente expansão da cidade e a retirada da cobertura vegetal, devido à ação do homem ou perturbação natural, a paisagem urbana passa apresentar uma vegetação nativa fragmentada (KINDEL, 2001). Caporusso e Matias (2008) ressaltam que as áreas verdes não têm a mesma expansão que às áreas urbanizadas, pelo contrário, há um decréscimo. Em suma, é necessária a manutenção das áreas verdes e a criação de novas áreas, em virtude dos benefícios proporcionados no espaço urbano e também pela minimização dos efeitos negativos que sua ausência pode ocasionar, como as ilhas de calor.

3.2 Relação entre o verde e o urbano

Nos últimos anos, as cidades passaram por processo acentuado de urbanização, e conseqüentemente, alteração do meio natural e alguns problemas ambientais, sobretudo, devido ao mau planejamento na ocupação territorial, o que torna uma temática imprescindível a ser abordada quando o assunto são os centros urbanos (BARGOS, *et al.*, 2011).

Llardent (1982) define “a cidade como um conjunto de elementos, sistemas e funções entrelaçados”. A partir desse conceito, marca-se a preocupação com os espaços livres, as áreas verdes, como sistemas fundamentais para manter o equilíbrio entre os elementos que compõe o espaço urbano. Em decorrência das dificuldades de ordem social, econômica, política e cultural, o urbano começa a ser visto como mercadoria, e com isso as questões socioambientais passam a ficar no esquecimento ou serem consideradas como empecilhos para o desenvolvimento do organismo urbano (LOBODA, 2003).

Moro (1976) diz que a urbanização permite visualizar os problemas no desenvolvimento entre a cidade e a natureza, com a substituição de elementos naturais por elementos artificiais (concreto, edificações, entre outros) que podem ocasionar efeitos negativos, esses que refletem na qualidade ambiental e de vida da população, além de afetar outros subsistemas que se interligam (SANTOS, 1997).

Com isso, é notória a importância do planejamento urbano como defesa do ambiente. Desta forma, a percepção ambiental começa a ser consolidada com a

execução de praças, parques públicos, entre outros, porém esses projetos estão frequentemente envolvidos em discussões, devido à preocupação de quem executa estar voltada para as questões econômicas. Se não houver uma conscientização da realidade do espaço destinado a essas áreas nos centros urbanos atualmente, a sua importância social e ambiental dessas áreas públicas e a execução da reabilitação da estrutura física, os espaços de uso coletivo tendem a se tornar privados e com baixo valor social (LOBODA, *et al.*, 2005).

3.3 Ilha de calor

O processo de ilha de calor é identificado em centros urbanos com o aumento da temperatura, devido à ausência da cobertura vegetal e poluição do ar, gerada principalmente pela concentração de combustíveis fósseis disseminados por veículos e indústrias, e a presença dos materiais utilizados na construção, esses que absorvem e retêm energia solar, o que causa padrões distintos na emissão da radiação. A medida que se afasta do centro urbano, em direção às áreas ao entorno, as temperaturas começam a diminuir por serem áreas menos adensadas e muitas vezes mais arborizadas, principalmente as zonas rurais (BIAS, *et al.*, 2003).

O fenômeno citado anteriormente é uma consequência da ação antrópica no meio, o que causa algumas implicações no clima local, principalmente no balanço de energia (OKE, 1988) e em elementos climáticos que estão diretamente ligados ao conforto térmico nas cidades e ao bem-estar da população. Com isso, é indispensável o monitoramento dessas áreas, para o controle e análises dos impactos, a fim de promover ações mitigadoras, como a arborização urbana e criação de áreas verdes urbanas (ANDRADE, 2005).

4. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a parte urbana do município de São João del-Rei (Figura 1), que está situada aproximadamente 190 quilômetros distante da capital Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade pertence à microrregião São João Del Rei, que abrange mais 14 municípios (Conceição da Barra de Minas, Coronel Xavier Chaves, Dores de Campos, Lagoa Dourada, Madre de Deus de Minas, Nazareno, Piedade do Rio Grande, Prados, Resende Costa, Ritópolis, Santa Cruz de Minas,

Santana do Garambéu, São Tiago e Tiradentes) e está inserida na mesorregião Campo das Vertentes.

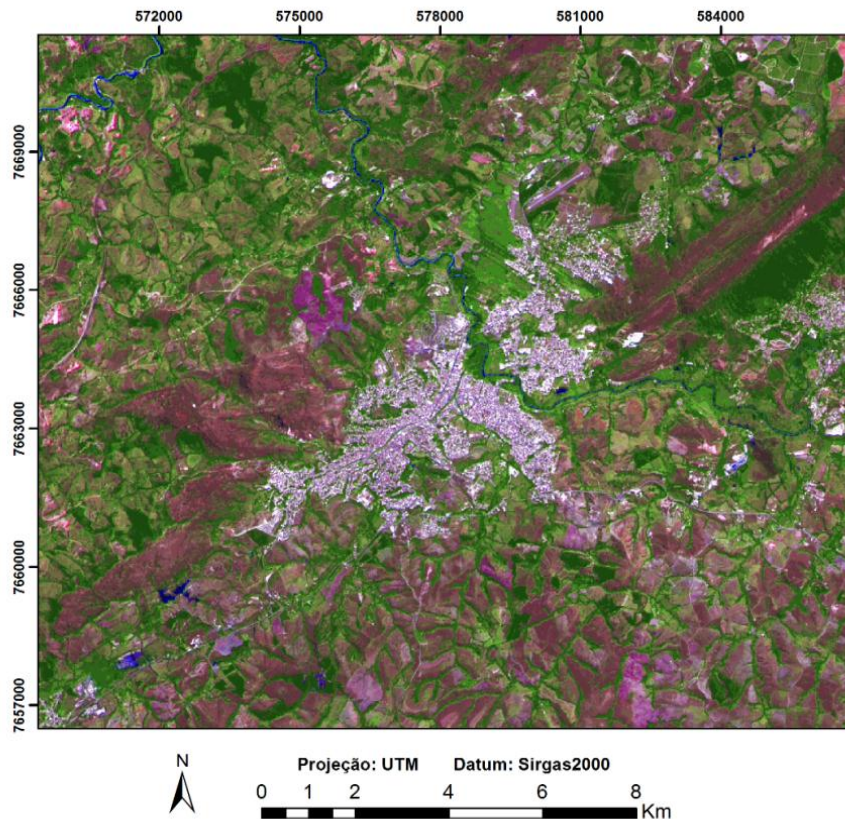


Figura 1 - Localização da área de estudo.

São João del-Rei encontra-se em um vale, entre a Serra de São José e a Serra do Lenheiro, sendo que o rio das Mortes é o principal sistema de drenagem inserido na região, além de possuir uma diversidade ecológica característica do bioma Mata Atlântica e Cerrado. O município possui 1.452 km² de extensão e cerca de 84.469 habitantes, com densidade demográfica de 57,68 habitantes/km² (IBGE, 2010).

Município começou a ser ocupado a partir do século XVII com a busca pelo ouro em Minas Gerais. Em 1838, a vila foi elevada à condição de cidade e atualmente o centro urbano é considerado um polo para cidades do sul e sudeste do estado mineiro, principalmente para os municípios limítrofes, sendo que um dos seus maiores atrativos é o comércio/indústria, seguido da sua estrutura urbana, educação, saúde e transporte (DA COTA, *et al.*, 2013).

5. MATERIAIS E METÓDOS

5.1 Imagem Landsat 8

O satélite Landsat 8 iniciou sua operação no ano de 2013, com dois instrumentos imageadores, o *Operational Terra Imager* (OLI) e o *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). No presente trabalho, utilizou-se uma imagem do satélite Landsat 8, referente ao dia 21 de julho de 2015, extraída do sensor OLI que apresenta 9 bandas espectrais (Banda 1 - Costal aerossol; Banda 2 - Azul; Banda 3 - Visível Verde; Banda 4 - Visível Vermelho; Banda 5 - Infravermelho Próximo; Banda 6 - Infravermelho Médio/SWIR; Banda 7 - Infravermelho Médio/SWIR; Banda 8 - Pancromática; Banda 9 - Cirrus), que apresentam resolução espacial de 30 metros, exceto a banda 8 que apresenta 15 metros e duas bandas do TIRS (Banda 10 – Infravermelho Termal 1 e Banda 11 – Infravermelho Termal 2) que possuem resolução espacial de 100 metros (SOARES, *et al.*, 2015) e, disponibilizada no acervo do site *Earth Explorer* de forma gratuita.

5.2 Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING)

SPRING é um software livre que foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com intuito de disponibilizar um sistema de informação geográfica para diversas aplicações na área ambiental e urbana. Nele foi realizada a etapa de criação do banco de dados georreferenciado com imagens orbitais e dados vetoriais e o processamento dos dados, o que permitiu através da linguagem de programação realizar uma análise geográfica, abrangendo “operações de manipulação, consulta espacial e apresentação” (FARIAS, *et al.*, 2012).

A quantificação das áreas verdes foi realizada por técnica de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) no SPRING, versão 5.2.6, através de operações de análise em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrica (LEGAL). A partir da divisão de quatro categorias de vegetação, são elas, gramínea, herbáceo-arbustiva, mista e arbórea, estas foram individualizadas e, posteriormente foi calculada a extensão de cada categoria.

Para a aquisição da temperatura da superfície, é necessário a conversão do sinal digital proveniente do satélite em radiância ($w/m^2.sr.\mu m$) e, posteriormente, a transformação em temperatura, expressa pelas equações a seguir:

$$L = \left[\frac{(L_{\max} - L_{\min})}{(NC_{\max} - NC_{\min})} \right] * (NC - NC_{\min}) + L_{\min}$$

$$\text{Temp}(^{\circ}\text{C}) = \left\{ \frac{K1}{\ln [K2/L] + 1} \right\} - 273.15$$

Em que L_{\max} e L_{\min} representa o valor de máxima e mínima radiância escalonados pelo sensor (localizado no arquivo descritor das imagens), NC_{\max} representa o nível de cinza máximo, NC_{\min} representa o nível de cinza mínimo, NC representa o nível de cinza de cada pixel da imagem, $K1$ e $K2$ são constantes de calibração para a banda do infravermelho termal (10,4 – 12,5 μm) (LORENA, *et al.*, 2013).

5.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada permite quantificar a vegetação em uma determinada superfície terrestre a partir da razão entre diferença da reflectância de duas bandas, vermelho e Infravermelho próximo, e a soma das mesmas, como descrito na fórmula a seguir:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IVP} - \text{V}}{\text{IVP} + \text{V}}$$

Em que IVP é o valor da energia eletromagnética na banda referente ao Infravermelho próximo; e V é o valor da energia eletromagnética da banda referente ao vermelho (VELASCO *et al.*, 2007).

O NDVI pode variar de 0 (referente à deficiência de cobertura vegetal) a 1,0 (relativo às áreas com grande cobertura vegetal) baseando-se na assinatura espectral das plantas. Os dados de NDVI adquiridos foram distribuídos em cinco classes, 0 a 0.2: indica deficiência de vegetação, com predominância de áreas construída ou solos expostos; 0.2 a 0.4: equivale ao um baixo índice; 0.4 a 0.6: compreende um índice médio; 0.6 a 0.8: indica um índice médio-alto, 0.8 a 1: equivale a um alto índice de vegetação, com presença de uma vegetação arbórea densa.

Este índice vegetal apresenta uma banda significativa, em locais com cobertura vegetal mais densa e uniforme nota-se uma coloração mais clara; já em

locais com baixa cobertura vegetal a coloração é cinza e onde não há vegetação, como solo exposto ou centros urbanos, a tonalidade é um cinza-escuro/preto. (ARAÚJO *et al.*, 2010; ROSEMBACK *et al.*, 2005).

Dessa maneira, por ressaltar a diferença do comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros elementos da superfície, vale ressaltar a utilização desse índice em uma vasta gama de estudos geográficos, não só na estimativa da vegetação, mas como também em outras áreas ambientais, como avaliação de queimadas, controle de secas e entre outras aplicações.

6. RESULTADOS

No processo de mapeamento foram definidas quatro classes de áreas verdes, são elas: gramíneas, herbáceo-arbustiva, misto (quando há mais de uma classe) e floresta (arbórea). A Figura 2 apresenta o resultado do mapeamento da área verde no município de São João del-Rei no mês de julho de 2015, nota-se que a distribuição é de forma heterogênea, apresentando mais de um tipo de categoria vegetal.

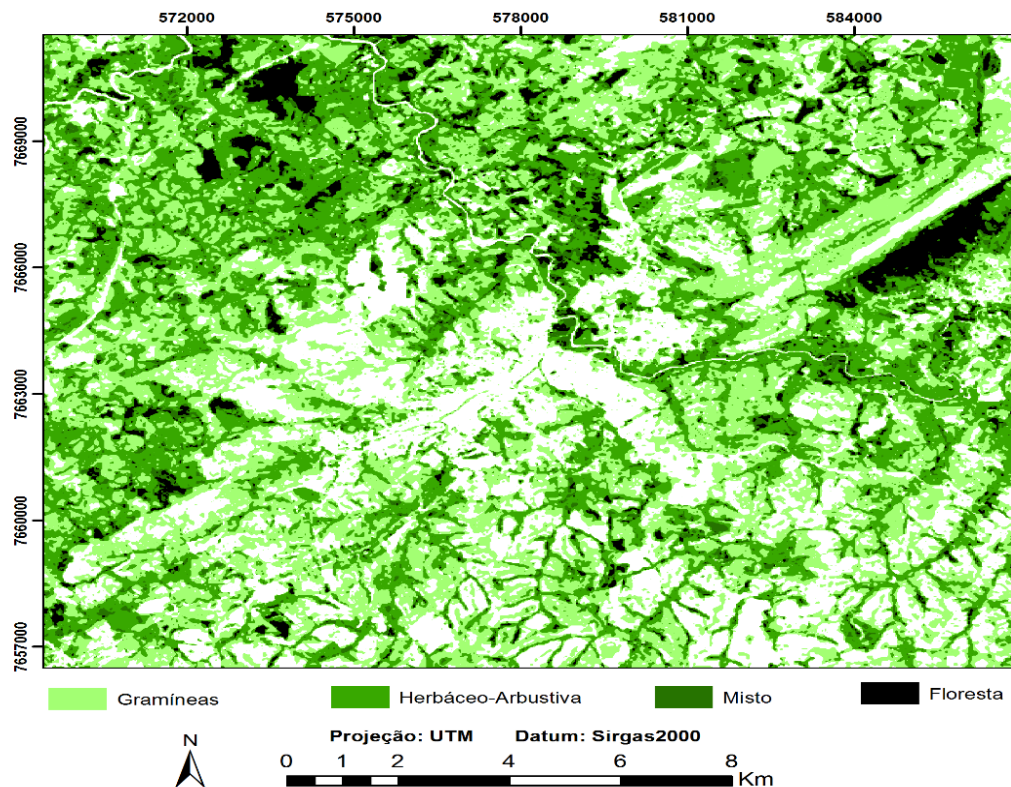


Figura 2 - Mapeamento das áreas verdes no município de São João del-Rei.

Após o fatiamento dos dados através do NDVI, nota-se nos gráficos da Figura 3 a frequência da distribuição da vegetação nas quatro classes definidas. Percebe-se que no intervalo de 0 até 0,3 hectares a classe de vegetação mista apresenta o maior percentual com 82,74%, em seguida floresta (74,03%), gramíneas (72,03%) e herbáceo-arbustiva (71,49%).

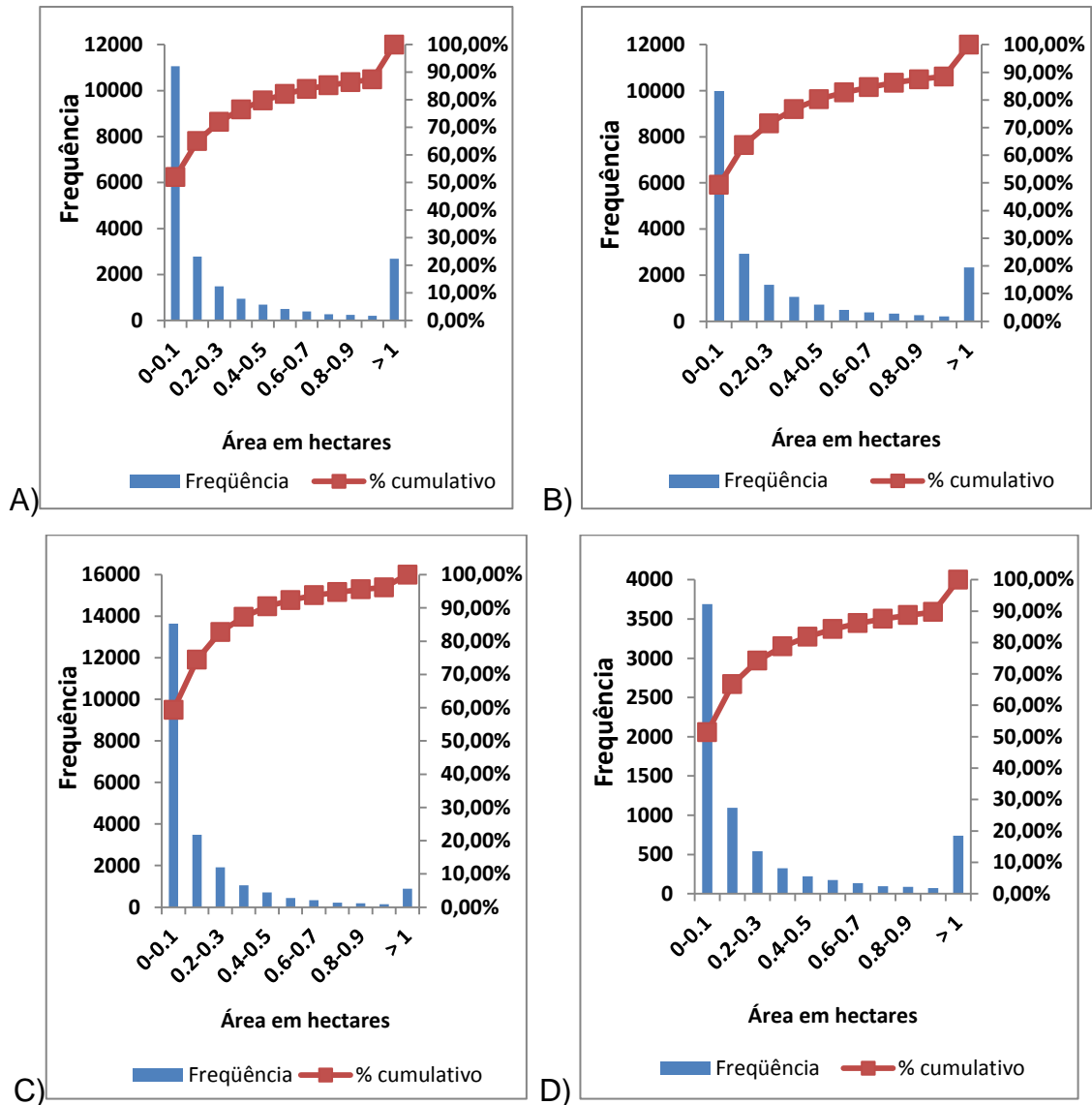


Figura 3 - Distribuição de vegetação gramínea (A), herbáceo-arbustiva (B), mista (C) e arbórea (D) na área de estudo.

Apesar da vegetação mista ser predominante no intervalo analisado, apenas 3,83% correspondem a áreas maiores que um hectare, enquanto gramíneas, herbáceo-arbustiva e arbórea se caracterizam por apresentar áreas mais extensas, onde o valor encontrado é de 12,61%, 11,51% e 11,29% respectivamente (Figura 3). Os gráficos revelam que apenas 13% das áreas vegetadas encontram-se acima de um hectare, pois a maior parte das áreas verdes do município são menores e fragmentadas.

Após a estimativa da área verde e a conversão do sinal digital proveniente do satélite em temperatura, foi possível analisar que a presença da vegetação influencia na variabilidade do campo térmico. Conforme a Figura 4, na área urbana do município onde não existe cobertura vegetal, a temperatura pode variar de 298,88 a 301.48 graus kelvin, sendo mais elevada comparada a área vegetada (Figura 4), contribuindo assim para formação das “ilhas de calor”. Observa-se na imagem de satélite que existe uma concentração no interior da área urbana de temperaturas mais elevadas, mas também existem grandes áreas de solo exposto, mais afastadas do centro urbano, com temperatura alta.

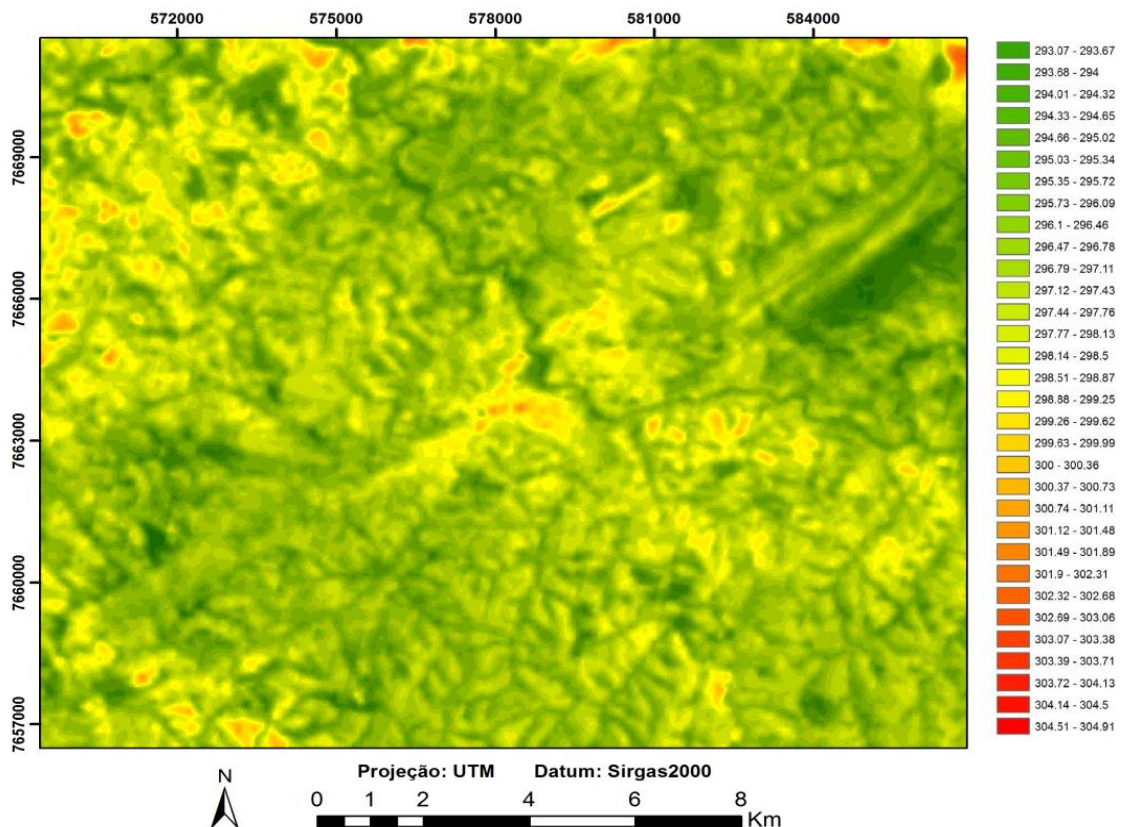


Figura 4 - Variação do campo térmico no município de São João del-Rei.

Com a finalidade de demarcar a área de influência no objeto de estudo, foi criado um buffer, também denominado de zona de tampão, com distância de 2km, no centro São João del-Rei (Figura 5). Ao analisar a zona de tampão empregada, nota-se que há um predomínio da vegetação de gramíneas, seguido da herbáceo-arbustiva e à presença de vegetação mista e arbórea em pequenas proporções de forma pontuais.

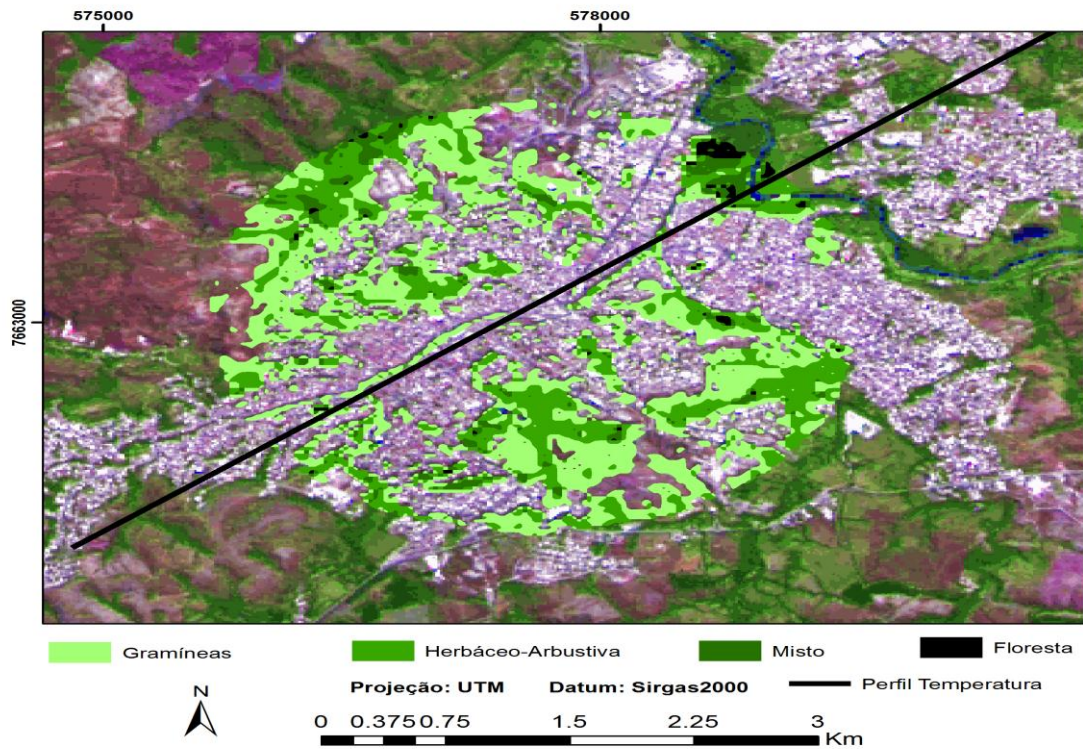


Figura 5 - Distribuição da vegetação no centro urbano da área de estudo e perfil para análise do campo térmico.

Criou-se um perfil para a comparação da temperatura entre as áreas urbanas/solo exposto e as vegetadas (linha preta em destaque na Figura 5) e confirmação da variação do campo térmico. Como pode-se observar na Figura 6, a temperatura na área com vegetação são menores, o mínimo encontrado é 22,39°C, enquanto nas áreas com densidade de construção são mais elevadas, a máxima é de 27,4°C. Ressalta-se que essa temperatura é da superfície e é específica do dia da imagem utilizada.

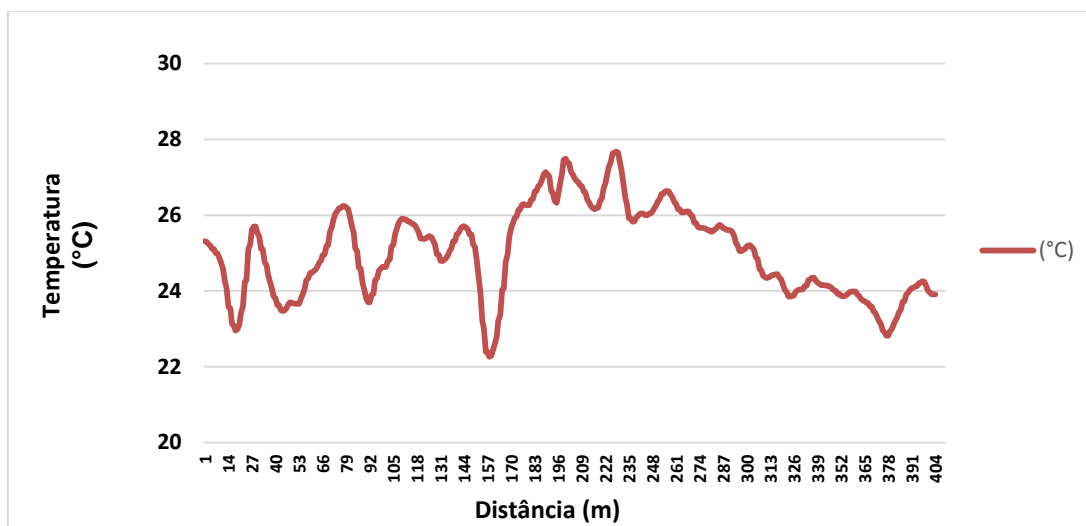


Figura 6 - Índice da temperatura do perfil traçado no centro urbano.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados no presente trabalho demonstram que o geoprocessamento e o sensoriamento remoto são ferramentas eficientes para o monitoramento ambiental. As imagens extraídas por satélites estão em voga, devido ao fácil acesso na hora da aquisição, muitas vezes a divulgação é gratuita, o que possibilita um amplo aparato de atuação em diversos casos de estudo.

A partir dessas ferramentas, observa-se que há uma relação entre a ausência da vegetação e as áreas de aumento de temperatura. Entende-se que com a mudança do uso do solo, alguns processos antrópicos podem prejudicar a qualidade ambiental, como a urbanização, processo intenso que traz consigo condições adversas à atmosfera local, devido ao seu desordenamento territorial. Considerado como um fator modificador do equilíbrio ambiental e um dos responsáveis pela formação das ilhas de calor.

Com isso, ressalta a importância de se manter a vegetação no interior das cidades, com o intuito de manter o conforto térmico, qualidade de vida da população e principalmente a qualidade ambiental. Torna-se imprescindível à execução de políticas públicas para reverter tal situação, como a implementação de medidas de conservação das áreas que existem e a criação de novas áreas vegetadas, principalmente em regiões com elevados grau de degradação ambiental. E, a execução do plano diretor definido para o município, com uma fiscalização rigorosa, a fim de contribuir no ordenamento territorial de forma consciente e sustentável.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Henrique. O clima urbano – Natureza, escala de análise e aplicabilidade. Finisterra, XI, 80, pp.67-91, 2005.

ARAUJO, I. R.; SILVA, H. P.; LOPES, A. S.; ALENCAR, B. P. B. de; SILVA, H. D. B. da. Cálculo de NDVI no suporte ao estudo da desertificação no município de Orocó-PE. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3., Anais... Recife, SIMGEO, 2010.

BARGOS, D. C; Matias, L.F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.6, n.3, p.172-188, 2011.

BIAS, Edílson de Souza; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello; LOMBARDO, Magda Adelaide. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados landsat e ikonos. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, INPE, p. 1741 – 1748, 2003.

CAPORUSSO, D.; Matias, L.F. Áreas verdes urbanas: avaliação e proposta conceitual. Anais do VIII Seminário de Pós-Graduação em Geografia da UNESP. Rio Claro-SP, 2008.

CARTER, N.; KREUTZWISER, R.D.; LOE, R.C. Closing the circle: linking land use planning and water management at the local level. Land Use Policy, v. 22, n. 2, p. 115-127, 2004.

DA COTA, Daniela Abritta, DIÓRIO, Ana Carolina Dias. Dispersão e fragmentação socioespaciais em São João del Rei, MG: Considerações parciais. Anais: Encontros Nacionais da ANPUR, 15, Recife: ANPUR, 2013.

DALTOÉ, Graciela Aparecida Berté; CATTONI, Edson Luis; LOCH, Carlos. Análises das Áreas Verdes do Município de São José – SC. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis: UFSC, 2004.

DAVID, M.; WALKO, R.L.; AVISSAR, R..Effects of Deforestation on Spatiotemporal Distributions of Precipitation in South America. *J. Climate*, n. 24, p. 2147–2163, 2011.

FARIAS, Alanna Filgueiras Gonçalves de; SOUSA, Ridelson Farias de. Utilização de Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico no Cálculo do NDVI do Município de João Pessoa-PB. *Revista Principia, Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, nº20, João Pessoa, 2012.

FRANKE, R. Scattered Data Interpolation: Test of Some Methods, *Mathematics of Computations*, v. 33, n. 157, p. 181-200, 1982.

GOUVÊA, M R. A. R.; KURKDJIAN, M. L. N. O. O uso de sensoriamento remoto para identificação de ocupações clandestinas (Apoio FAPESP). In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 11, Belo Horizonte, 2003.

GREFEN, K., LÖBEL, J. *Environmental Meteorology*. Kluwer Academic Publishers, 1988.

HOUGHTON, J.T.; MERA FILHO, L.G.; CALLANDER, B.A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. *Climate Change 1995—The Science of Climate Change. Contribution of Working Group 1 to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: Cambridge, 1996.

KINDEL, A. *A fragmentação Real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

IVAJSIC, D.; KALIGARIČ, M.; ŽIBERNA, I. Geographically weighted regression of the urban heat island of a small city, *Applied Geography*, v. 53, p. 341-353, ISSN 0143-6228, September 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: set. 2016.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *J. Soil Water Conser.*, n. 55, p. 69–78, 2000.

LIMA, A. M. L. P. et al. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2, 1994. São Luiz/MA. Anais... São Luiz: Imprensa EMATER/MA, p. 539 - 553, 1994..

LLARDENT, L. R. A. Zonas verdes y espacios libres en la ciudad. Madrid: Closas Orcoyen, 1982.

LOBODA, Carlos Roberto; ANGELIS, Bruno Luiz Domingos. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. *Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais V. 1 No 1 Jan/Jun. 2005.*

LOBODA, C. R. Estudo das áreas verdes urbanas de Guarapuava PR. 160f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Maringá. Curso de Pós-Graduação em Geografia, Maringá, 2003.

LORENA, Rodrigo Borrego; MARCHIORO, Eberval; HOLS, Schirley. Análise do campo térmico da área urbana do município de Vitória através de dados de sensoriamento remoto. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, abril de 2013.

MAGALHÃES FILHO, Luiz Cláudio de Almeida. Ilha de calor urbana, metodologia para mensuração: Belo Horizonte, uma análise exploratória. Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Tratamento da Informação Espacial, Belo Horizonte, 2006.

MCGUFFIE, K.; HENDERSON-SELLERS, A. Forty years of numerical climate modelling. *International Journal of Climatology*, v. 21, n. 9, p. 1067-1109, 2001.

MONTERO, L.S.; SOUZA, C. M.M.; SCHEIBE, L.F.; KURTEN, G. N.; HORT, M. Análise multitemporal das classes de usos do solo: estudo de caso da área de expansão do perímetro urbano de Blumenau (SC). In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 11, Belo Horizonte, 2003.

MONTEIRO, C. A. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um "clima urbano". *Geosul, Florianópolis*, v. 5, n. 9, p. 80-114, 1990.

MORO, D. Á. A. As áreas verdes e seu papel na ecologia urbana e no clima urbano. *Separata da Rev. UNIMAR, Maringá/PR*, v.1 p. 15-20, 1976.

NEIVA, Henderson da Silva; CATTAE, Julia Fernandes. A ilha de calor e frescor na cidade do rio de janeiro: estudo de caso dos bairros méier e jardim botânico. *Anais do VII CBG, Vitória/ES*, 2014.

OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. London: Methuem & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 372p,1978,.

OKE, TR. The urban energy balance. *Progress in Physical Geography* 12: 471–508, 1988.

OLIVEIRA, T.H., DANTAS, J.G.; GALVÍNCIO, J.D.; PIMENTEL, R.M.M.; BOTLER, M. Análise da Variação Espaço-Temporal das Áreas Verdes e da Qualidade Ambiental em Áreas Urbanas, Recife-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Vol. 07, p.1196-1214, 2014.

ROSEMBACK, R.; FRANÇA, A.M. S.; FLORENZANO, T. G. Análise comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS-2 e TM/LANDSAT-5 em área urbana. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 12, Goiânia, 2005.

SANTOS, M. *Espaço do cidadão*. 3.ed. São Paulo: Nobel, 1997.

SOARES, R. B.; SOARES, C. B. S. S; COSTA, J. A. L; COSTA, S. S; SOARES, R. B. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ OLI. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

VELASCO, G. D. N; POLIZEL, J. L.; COLTRI, P. P.; LIMA, A. M. L. P.; FILHO, D. F. S. Aplicação do índice de vegetação ndvi (normalized difference Vegetation index) em imagens de alta resolução no município de São Paulo e suas limitações. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. Volume 2. Número 3, 2007.

VERGARA, O. R.; CINTRA, J. P.; D'ALGE, J. C. L. Avaliação da exatidão cartográfica de documentos atualizados com imagens orbitais e sistemas de informação geográfica. XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, 2001.