



**CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL**

CLÁUCIO RICCELLI SILVA DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA COBERTURA DO SOLO NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE
URBANA: O CASO DE GUARULHOS-SP**

Orientador: Prof. Dr. Anderson Targino da Silva Ferreira

Guarulhos

2017

CLÁUCIO RICCELLI SILVA DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA COBERTURA DO SOLO NA TEMPERATURA DA
SUPERFÍCIE URBANA: O CASO DE GUARULHOS-SP**

Dissertação apresentada ao Centro de pós-graduação e pesquisa da Universidade de Guarulhos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Análise Geoambiental.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Targino da Silva Ferreira

Guarulhos

2017

Universidade de Guarulhos
Centro de pós-graduação e pesquisa
Mestrado em Análise Geoambiental

**INFLUÊNCIA DA COBERTURA DO SOLO NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE
URBANA: O CASO DE GUARULHOS-SP**

Cláudio Riccelli Silva dos Santos

Dissertação apresentada ao Centro de pós-graduação e pesquisa da Universidade de Guarulhos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Análise Geoambiental.

Julgada em: __/__/__

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

AGRADECIMENTOS

O caminhar de um homem não está pautado nos seus esforços individuais, mas sim, na construção de uma rede de informações, amizades e aprendizados coletivos que o tornam mais resistentes a dor de dias curtos e a escuridão de noites frias e longas. E é nesse pensamento de uma dívida coletiva, que venho por meio desta apresentar meus mais sinceros agradecimentos.

É com imenso prazer que me ponho a pensar em toda a trajetória desta etapa da minha vida e a rever os obstáculos que foram ultrapassados para chegar neste momento de agradecer.

Primeiramente agradeço à Universidade de Guarulhos (UNG) pela oportunidade de integrar o Programa de Mestrado em Análise Geoambiental, bem como à coordenadora Profa. Dra. Regina de Oliveira Moraes Arruda pelo apoio à realização da pesquisa.

Agradeço aos meus professores do Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da UNG, em especial meu orientador Dr. Anderson Targino da Silva Ferreira, conterrâneo, nordestino, jovem de grande valor intelectual e moral, que não permitiu minha desistência no meio da caminhada, ao qual tenho muito respeito e admiração; ao Dr. Antônio Manoel dos Santos Oliveira, que por sucessivas vezes me fez acreditar em um mundo mais fácil, bonito e colorido, com suas aulas profundas intelectualmente, porém leves e agradáveis; ao Dr. SAAD, pelos conhecimentos e pela oportunidade de integrar mais uma vez esse corpo docente; ao professor Dr. Alex Ubiratan Goossens Peloggia, por seu entusiasmo e conhecimentos muito convenientes em suas aulas de campo; enfim, a todos os professores que participaram dessa jornada; em especial, ao querido e presente professor Willian Queiroz, responsável técnico pelo Laboratório de Geoprocessamento e pela confecção de mapas extremamente úteis e usáveis no decorrer deste trabalho que muito me auxiliaram ao longo do desenvolvimento desta tarefa.

Aos meus colegas de curso, pelas conversas, debates e apoio moral, que sempre me auxiliaram e incentivaram a prosseguir.

À minha família, por ter me garantido um lar saudável repleto de paz e harmonia, onde eu pudesse viver feliz e seguro de meu potencial e, em particular, ao meu pai, Antônio Cláudio dos Santos, que mesmo longe sempre esteve ao meu lado me ensinando com bons exemplos, me apoiando e me respeitando não somente como um filho, mas, sobretudo como homem.

A minha mãe Maria da Graças Silva dos Santos, que como pedagoga e orientadora educacional, muito entende sobre a importância de aprimorar e ampliar os conhecimentos adquiridos ao longo da vida, motivou por vezes, mesmo inconscientemente.

Aos meus irmãos Antônio Cláudio dos Santos Júnior e Clauber Roberto Silva dos Santos, que por vezes me blindaram das influências negativa do mundo externo, cuidando do irmão mais novo com muito afinho e dedicação.

Aos meus filhos Eduarda Lima dos Santos (Duda) e Pedro Lima dos Santos (Predovisk) que a cada dia me motivam com abraços e sorrisos espontâneos, reacendendo a certeza de um futuro melhor para todas as pessoas.

A minha tia Maria de Lordes (Malú) que nas ausências de minha mãe assumia seu papel, me colocando muitas vezes para dormir, com suas histórias engraçadas e repetidas, que eu fazia questão de escutar mais outra vez.

A minha querida esposa, Aline Sousa Lima dos Santos, mulher de valor imensurável, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando, incentivando e me fazendo crescer um pouco a cada novo dia, ocupando-se por vezes do papel de pai, quando da minha ausência.

Meus mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram de maneira direta ou indireta na elaboração deste trabalho e em especial: a Deus por ter me proporcionado a vida a alegria de cursar uma Universidade de boa qualidade e me ter feito seguir os caminhos honestos e justos para conquistar minhas vitórias e derrotas.

RESUMO

O rápido crescimento urbano na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), assim como em Guarulhos, é pautado tanto pelo mercado imobiliário formal, com seus grandes projetos de estruturação do solo urbano, quanto por ocupações inacabadas e irregulares. Essa dinâmica é caracterizada por uma expansão e verticalização desordenada, bem como, pela eliminação considerável de áreas com extensas faixas de cobertura vegetal, que entre outros, são importantes ferramentas na regulação e amenização dos microclimas urbanos. Como consequência, os problemas mais comuns nas cidades são: o aumento da temperatura e a má circulação do ar no meio urbano que amplificam o problema da ilha de calor urbano, influenciando na distribuição de energia de superfície e o balanço de radiativo no meio urbano. Foi observado uma grande diferença na temperatura de superfície (TS) para o município de Guarulhos ao longo do ano de 2015, ao se analisar imagens termais fica claro uma dicotomia existente entre a sua porção centro-ocidental LCZ (Local Climate Zone) (classes 1 e 4), que apresenta médias mais elevadas durante todo o ano, superiores a 42°C, mesmo nos meses de outono e inverno e o limite dos extremos norte e nordeste LCZ (classes A e B), que mesmo no período do verão, representam ilhas de frescor. Nesse contexto, a necessidade de estudos aplicados ao planejamento e reordenamento da configuração das cidades torna-se cada vez mais necessários, visto que, apenas a configuração da geometria urbana, já é fator suficiente, na alteração de elementos climáticos como, por exemplo, da temperatura aparente da superfície, que segundo Organização Mundial de Saúde (OMS) é índice de grande importância no que tange a verificação dos aspectos relacionados com a qualidade ambiental do meio urbano. Desta forma, a presente proposta visa o estudo do fenômeno da Ilha De Calor Urbano (ICU) dentro dos diversos setores urbanos de Guarulhos, que serão distribuídos segundo seu enquadramento dentro das LCZ Medindo os impactos socioambientais na população, além de analisar os aspectos da temperatura com as variáveis que envolvem o tipo de cobertura da terra e atividade humana, assim como, a estrutura e paisagem urbana.

Palavras-Chave: Ilha de Calor Urbano; Sustentabilidade Urbana; Temperatura Aparente da Superfície; Impactos Socioambientais; Planejamento Urbano; Zona Climática Local (ZCL).

ABSTRACT

The rapid urban growth in the Metropolitan Region of São Paulo (SPM), as well as in Guarulhos, is based both on the formal real estate market, with its large urban land structuring projects, and on unfinished and irregular occupations. This dynamics is characterized by a disordered expansion and verticalization, as well as by the considerable elimination of areas with extensive vegetation cover areas, which among others are important tools in the regulation and mitigation of urban microclimates. As a consequence, the most common problems in cities are: temperature increase and poor air circulation in urban areas that amplify the problem of the urban heat island, influencing the distribution of surface energy and the radiative balance in the urban environment. It was observed a great difference in the surface temperature (TS) for the municipality of Guarulhos during the year 2015, when analyzing thermal images it is clear a dichotomy existing between its center-west portion LCZ (Local Climate Zone) (classes 1 And 4), which presents higher mean throughout the year, higher than 42 ° C, even in the autumn and winter months and the limit of the north and northeast ends LCZ (classes A and B), which even in the summer, Represent islands of freshness. In this context, the need for studies applied to the planning and reordering of city configuration becomes more and more necessary, since only the configuration of urban geometry is already a sufficient factor in the alteration of climatic elements, such as the Surface temperature, which according to the World Health Organization (WHO) is an index of great importance in the verification of aspects related to the environmental quality of the urban environment. In this way, this proposal aims to study the phenomenon of the Island of Urban Heat (ICU) within the various urban sectors of Guarulhos, which will be distributed according to their classification within the LCZ. Measuring socio-environmental impacts in the population, besides analyzing the aspects of temperature With the variables that involve the type of land cover and human activity, as well as the structure and urban landscape.

Keywords: *Island of Urban Heat; Urban Sustainability; Apparent Surface Temperature; Socio-environmental Impacts; Urban planning; Local Climate Zone (ZCL).*

ÍNDICE DA DISSERTAÇÃO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DA DISSERTAÇÃO	viii
LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xiii
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	14
1.1 APRESENTAÇÃO	15
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
1.4.1 Ilha de calor urbano (ICU)	20
1.4.2 Sensoriamento remoto orbital.....	21
1.4.3 Impactos socioambientais, sustentabilidade e planejamento urbano	23
1.5 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
1.5.1 Área de estudo	26
1.5.2 Relevo do município de Guarulhos	27
1.5.3 Geologia do município de Guarulhos.....	28
1.5.4 Hidrografia do município de Guarulhos.....	30
1.5.5 Clima do município de Guarulhos.....	30
CAPÍTULO 2 – A ILHA DE CALOR URBANA E SUA RELAÇÃO COM O USO DO SOLO EM GUARULHOS-SP	33
RESUMO	34
ABSTRACT	34
2.1 INTRODUÇÃO	35
2.2 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA.....	35
2.2.1 Localização.....	35
2.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	37
2.3.1 Diferença entre o espaço rural e o espaço urbano	37

2.3.2 Sensoriamento remoto	39
2.3.3 Ilhas de calor.....	41
2.3.4 Desenvolvimento urbano sustentável	44
2.4 MATERIAIS E MÉTODOS	45
2.4.1 Geração de imagens de temperaturas da superfície °C (TS)	46
2.4.2 Mapeamento do uso e ocupação do solo	48
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
2.5.1 Temperatura da superfície de Guarulhos.....	49
2.5.2 Zonas climáticas locais (ZCL) e temperaturas médias da superfície de Guarulhos (TS).....	52
2.6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	55
2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1. Padrões da classificação termal.....48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. – Perfil esquemático de uma ICU..	21
Figura 1.2. – Esquema de captação de imagens por sensoriamento remoto...	22
Figura 1.3. – Localização do município de Guarulhos.....	26
Figura 1.4. – Mapa Hipsométrico de Guarulhos....	28
Figura 1.5. – Perfil geológico-geomorfológico do estado de São Paulo	28
Figura 1.6. – Mapa geológico do município de Guarulhos..	29
Figura 1.7. – Mapa geomorfológico do município de Guarulhos..	29
Figura 1.8. – Mapa das bacias hidrográficas do município de Guarulhos.....	30
Figura 1.9. – Climograma do município de Guarulhos.	31
Figura 1.10. – Gráfico das temperaturas do município de Guarulhos.	32
Figura 2.1. – Bairros de Guarulhos...	36
Figura 2.2. – Cena original das Imagens do satélite MODIS	46
Figura 2.3. – Tipo de cobertura do solo segundo a classificação de Stewart & Oke (2012)....	49
Figura 2.4. (a) - Imagem diurna da temperatura da superfície de Guarulhos no verão.....	50
Figura 2.4. (b) - Imagem diurna da temperatura da superfície de Guarulhos no outono.....	51
Figura 2.4. (c) - Imagem diurna da temperatura da superfície de Guarulhos no inverno.....	51
Figura 2.4. (d) - Imagem diurna da temperatura da superfície de Guarulhos na primavera.....	52
Figura 2.5. - Classes de Zonas Climáticas Locais do município de Guarulhos.....	54
Figura 2.6. - Classificação da Ilha de Calor (IC) de Guarulhos para as estações do ano.....	54

LISTA TABELAS

Tabela 1.1 - Média térmica de Guarulhos.....	32
Tabela 2.1 – Controle de Qualidade dos <i>pixels</i> da imagem (CQ).....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
APA	Área de Proteção Ambiental
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTG	Cabuçu – Tanque Grande
DERSA	Departamento Rodoviário S/A
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	<i>Environmental Protection Area</i>
EUPS	Equação Universal da Perda de Solos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICU	Ilha de Calor Urbano
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
NSMR	<i>North Stretch Metropolitan Roadway</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Fósforo
PIV	Programa Ilhas Verdes
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PPMAG	Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental
PROSUP	Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Nível Superior
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RMTN	Rodoanel Metropolitano Trecho Norte
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SEB	Serviços Ecológicos da Biosfera
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TAS	Temperatura da Superfície
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
UNG	Universidade de Guarulhos
VEG	Cobertura da Terra
ZCL	Zonas Climáticas Locais

CAPÍTULO 1
INTRODUÇÃO GERAL

1.1 APRESENTAÇÃO

Independentemente das diversas opiniões que giram em torno da problemática poluição, é fato que a mesma acompanha a natureza social, portanto, é consequência direta da existência do ser humano, sendo com isso, impossível de ser evitada por completo. As interações entre o homem e o meio sempre alteram direta ou indiretamente suas características originais, contudo, a escolha de um ou outro tipo de atividade, assim como modelos de ocupação das cidades, pode significar numa maior ou menor alteração no meio físico natural e possíveis consequências indesejadas. (FELLENBERG, 2003). Poluição é qualquer alteração provocada no meio ambiente, que pode ser um ecossistema natural ou agrário, um sistema urbano ou até mesmo em microescala. O termo poluição deriva do latim “*poluere*”, que significa “sujar” (FERREIRA, 1988).

Seguindo essa lógica de raciocínio, deve-se com o tempo tentar buscar alternativas que minimizem essa presença antrópica, diminuindo seus efeitos e atenuando possíveis catástrofes ecológicas, porém, é fato que não se pode deixar de coexistir (homem e natureza) e muito menos frear o constante aumento da utilização desses recursos naturais, entretanto, pode-se dar um novo direcionamento, criando atitudes menos agressivas e talvez sustentáveis de aproveitamento. (VEIGA, 2010). Etimologicamente, a palavra sustentável tem origem no latim “*sustentare*”, que significa sustentar, apoiar e conservar, sendo portanto uma característica ou condição do que é sustentável, passível de sustentação (VEIGA, 2010). O verbo sustentar equivale a evitar a queda, manter o equilíbrio, dar ou obter os recursos necessários à sobrevivência ou à manutenção, garantir e fornecer os meios necessários para a realização e continuação de uma atividade. (HOUAISS, 2009).

Algumas atividades são mais prejudiciais do que outras, causam por vezes efeitos irreparáveis e devem ser evitadas ou substituídas, como é o caso da utilização de fontes energéticas tradicionais que se utilizam de combustíveis fósseis como o carvão mineral e o petróleo, assim como a manutenção de um modelo industrial também tradicional, baseado em uma produção em larga escala e com geração de excedentes. (VEIGA, 2005).

O processo de urbanização mundial vem ocorrendo de forma anômala, desigual e em escalas temporais divergentes. No caso específico dos países desenvolvidos, centrais ou nortistas, o evento está associado a “Revolução Industrial”, portanto é mais

antigo e de maiores proporções, concentrando grades cidades e aglomerados que por vezes formam grandes áreas metropolitanas, que ao crescerem de forma continua horizontal tiveram seus limites confundidos por um processo de conturbação, criando a ausência de espaços, o que gerou uma nova modalidade de ocupação do solo, formado por grandes construções verticais, compactas e de elevada altura, dando origem a um conglomerado de arranha-céus, cheios de vidros, concreto e calor, cercados por ruas pavimentadas e pouca área verde, conhecidas comumente como cidades. Locais que concentram mais de 50% da população mundial. (POPULATION REFERENCE BUREAU, 2007).

Não obstante, os países subdesenvolvidos, apesar de terem iniciado seus processos de urbanização muito depois dos países desenvolvidos, esse processo vem sendo realizado de forma tão acelerada, que os problemas nas cidades que por ventura apareciam ao longo de várias décadas no primeiro mundo, concentram-se em poucos anos nos países periféricos, tornando-os mais complicados e difíceis de resolver. Para Andrade (1981, p. 277), a cidade “é um centro de relações de pessoas de outras áreas – do campo e de outras cidades – e que vêm a ela a fim de adquirir bens expostos à comercialização e usar serviços que nela são fornecidos”. Assim, a cidade, pela natureza e diversidade dos serviços prestados, passa a tornar-se um centro de relações. George (1983, p. 137) considera que “a cidade constitui uma unidade demográfica e, como tal, deve ser definida e analisada”. O autor destaca, também, que o estudo demográfico das cidades permite revelar dados interessantes que possibilitam analisar a força de trabalho, o mercado de consumo, as necessidades de infraestrutura e de serviços.

Segundo Edwards (2008), conforme os recursos naturais se escasseiam, a capacidade científica e de projeto deve se expandir, pois o desenvolvimento sustentável exige novos conhecimentos e novas tecnologias. Tais tecnologias como, por exemplo, as células fotovoltaicas, fachadas inteligentes, paredes e tetos verdes, não devem ser apenas eficientes e inteligentes, devem ser, logicamente, benéficas ao meio ambiente e socialmente aceitáveis.

Apesar de toda importância do estudo do clima, decorrente do aumento populacional, apenas, na década de 1970, começam a surgir publicações e trabalhos voltados para áreas pobres do planeta (JAUREGUI, 1993 e MONTEIRO, 1984)

O conhecimento sobre a estrutura em áreas urbanas é de grande relevância para as várias aplicações climatológicas, bem como também com campos relacionados, tanto através da descrição do formato (cobertura da superfície, materiais e geometria), quanto

pela função metabólica (troca de energia, albedo, água e materiais). Ayoade (1998) afirma que o maior impacto ocasionado pela sociedade sobre o clima acontece nas áreas urbanas, pois as variedades de ambientes urbanos, apesar de apresentarem uma das menores áreas espaciais, proporcionam também diversas variações de condições climáticas (temperatura e umidade do ar).

O clima urbano é proveniente da modificação substancial do clima local que, em relação às condições climáticas das demais áreas circunvizinhas, apresenta maior quantidade de calor e modificação na composição da atmosfera (TUCCI, 2002 apud SANTOS, 2011).

Por conseguinte, uma questão a ser tratada, são os efeitos gerados por essa urbanização a longo e a curto prazo, sobretudo, aquelas relacionadas a formação de climas específicos, denominados microclima urbanos ou ilhas de calor ,grosso modo, apresenta temperaturas bem diferentes de suas áreas periféricas, motivadas, por alguns elementos que seguem: grande quantidade de concreto, asfalto, concentração de pessoas, fábricas, automóveis, construções muito próximas e de elevada altura e por fim, a ausência de áreas verdes, (AYOADE, 1998). Para Teza & Baptista (2005). A concentração de poluentes, maior nos centros urbanos, também é um fator causador desse impacto.

Segundo Stewart e Oke (2012) a descrição de uma cidade em termos de seu tipo de vizinhança com a utilização do esquema de Zona Clima Local (LCZ) é essencialmente genérica e culturalmente neutra, devendo-se ampliar o estudo além da compreensão dos efeitos da temperatura do ar local, ou temperatura aparente da superfície (TAS).

O sensoriamento remoto orbital é ferramenta fundamental no reconhecimento da distribuição de energia e calor sobre a superfície, constituindo-se como forma eficiente de análise e levantamento de dados, da variação do padrão espacial da temperatura da superfície (TS) e a sua relação com o uso da terra e a vegetação urbana (WENG et al., 2007; XIAO et al., 2007; YUAN & BAVER, 2007; ZHANG et al., 2009; LI et al., 2009; BUYANTUYEV & WV, 2010; ZHOU et al., 2011; DENG & WV, 2013).

A proposta de utilização do sensoriamento remoto como ferramenta de planejamento, vem ganhando uma grande aceitação na comunidade de climatologia urbana, como tipologia padrão para a classificação das aparências urbanas em uma escala local, contribuindo com a identificação de pontos quentes, denominados (ICU) ou ilhas de calor urbana, responsáveis pela formação de um subtipo climático específico

de áreas afins. Mudanças na temperatura da superfície continental urbana podem ocasionar efeitos significantes sobre o tempo e o clima local (KALNAY & CAI, 2003).

Associada a essa tecnologia, desde então, tem sido aplicado estudos de mapeamento que oferecem uma abordagem propícia baseada na análise de imagens multiespectrais, temporais e térmica remota (BECHTEL e DANEKR, 2012; LELOVICS *et al.* 2014). Permitindo a ampliação do método e aplicabilidade do mesmo em outras cidades, possibilitando a geração de um produto de base de dados mundiais.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo fazer um mapeamento do padrão térmico da superfície que estabeleça um método de diferenciação entre as características das porções norte e sul do município de Guarulhos-SP, definindo parâmetros de análise entre a temperatura aparentes da superfície (TAS) e as classes de cobertura do solo e por fim, sugerir um planejamento urbano estratégico baseado e alinhado na aplicabilidade do método LCZ (Local Clima Zone) e as imagens de satélites, tendo como resultado a criação de um censo físico da cidade e a apresentação de conceitos para o desenvolvimento da metodologia LCZ a partir de dados de sensoriamento remoto.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA

Conforme o Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2013) a superfície da Terra poderá aquecer entre 2,6°C e 4,8°C ao longo deste século. O instituto de meteorologia do Reino Unido (*Met Office*), prevê que o ano de 2016 terá um aumento da temperatura média global de 1,14 °C (MET OFFICE, 2016).

Um cenário mais pessimista é apresentado por Chou *et al.* (2014) que apontam a até 2099, um aumento da temperatura média do ar de até 8° C em algumas regiões do Brasil como, a Centro-Oeste, Sul e Sudeste. Os autores (*op. cit.*) estimam ainda que eventos climatológicos extremos (chuva e seca) ocorram com maiores frequências e amplitudes. Somado a isso, teremos um acréscimo da população urbana de 54 para 66 por cento até 2050 em todo o planeta (ONU, 2015).

Esse crescimento, no que trata da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), assim como em Guarulhos, é pautado principalmente pelo aquecimento do mercado imobiliário formal e pelos grandes projetos de estruturação do solo urbano, tais como as obras de ampliação do Aeroporto, do Corredor Metropolitano e do Trecho Norte do

Rodoanel Metropolitano (IACOVINI, 2013). No entanto, essa dinâmica é caracterizada por uma expansão e verticalização desordenada, bem como, pela eliminação radical da cobertura vegetal (OLIVEIRA *et al.* 2010), que entre outros, são prestadoras dos Serviços Ecossistêmicos (SE) de regulação e amenização do clima urbano (ALCAMO *et al.*, 2003). Como consequência, os problemas mais comuns nas cidades são: o aumento da temperatura (ilha de calor) e a má circulação do ar no meio urbano (LANDSBERG, 1981; LOMBARDO, 1985; OKE, 1987; ALCOFORADO, 1992).

Segundo Lombardo (1985), a Grande São Paulo apresenta uma ilha de calor associada à malha urbana, com diferenças de até 10° C em relação ao seu entorno composto por florestas, represas e montanhas. Para a saúde humana, a elevação da temperatura somada à falta de ventilação no meio urbano, potencializam o desconforto térmico e auxiliam na estagnação da dispersão do material particulado inaláveis, acarretando em doenças cardíacas, renais, diabetes, hipertensão e até a morte (HUANG *et al.*, 2012; LIU *et al.*, 2015) refletindo-se em pesado ônus para a saúde pública (CANÇADO *et al.*, 2006).

Nesse contexto, a necessidade de estudos aplicados ao planejamento urbano, visando as variáveis que afetam o clima urbano como a temperatura da superfície e a vegetação são de grande importância para a verificação dos aspectos relacionados com a qualidade ambiental do meio urbano (ELIASSON, 2000; MILLS, 2006; PRATA-SHIMOMURA, 2015).

Desta forma, a presente proposta visa o estudo do fenômeno da Ilha De Calor Urbano (ICU) dentro dos diversos setores urbanos de Guarulhos, avaliando os impactos socioambientais na população, além de analisar os aspectos da temperatura aparente da superfície (TAS) com as variáveis que envolvem o tipo de geometria urbana e atividade humana, assim como, a estrutura e paisagem urbana (LOPES, 2006; STEWART & OKE, 2012).

Subsidiando assim, ações corretivas e/ou preventivas na minimização dos efeitos resultantes do processo de urbanização e direcionando a tomada de decisões sobre diretrizes climáticas para a ocupação da cidade (SCHERER *et al.*, 1999; MILLS, 2014).

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal deste estudo é avaliar a influência da cobertura do solo na temperatura da superfície urbana do Município de Guarulhos-SP.

Os objetivos específicos podem ser definidos como:

- Fazer um mapeamento das zonas climáticas locais (ZCL) do município de Guarulhos;
- Caracterizar a o uso e ocupação do solo;
- Analisar aspectos construtivos e a geometria da cidade;
- Identificar as regiões de ICU (Ilha de Calor urbana);
- Identificar as regiões de Ilha de Frescor;
- Mensurar a aplicabilidade do sensoriamento remoto como instrumento de planejamento urbano;
- Estabelecer parâmetros para futuros estudos de identificação de microclima urbano.

1.4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.4.1 Ilha de Calor Urbano (ICU)

A ilha de calor urbana é o fenômeno de modificação climática mais obvio da urbanização e tipicamente noturno (LANDSBERG, 1981; OKE, 1987; GRIMMOND *et al.*, 2010) A área de transição entre o meio rural e o urbano apresenta um significativo gradiente de temperatura, com uma diferença horizontal média de aproximadamente 4° C / km² (OKE, 1987). Segundo Lopes (2006) existem três tipos de ICU, em função da camada atmosférica: i) A ICU das superfícies que tem contato com a atmosfera urbana inferior, porque é geralmente observada a partir de instrumentos de Sensoriamento Remoto (SR); ii) a ICU da atmosfera urbana inferior (*urban canopy layer*), entre o nível do solo e o nível médio do topo dos edifícios; iii) a ICU da atmosfera urbana superior (*urban boundary layer*), que se sobrepõe à anterior e se estende por vezes até à atmosfera livre: trata-se da parte superior da camada limite urbana, em que as características de temperatura, humidade, turbulência e composição da atmosfera são influenciadas pela presença da cidade (OKE, 1995).

No caso da ICU da atmosfera urbana inferior, a mais estudada e conhecida, os ritmos térmicos urbanos e rurais são diferenciados no final da tarde, período do dia em que a temperatura decresce mais rapidamente em meio rural, devido ao mais intenso

arrefecimento radiativo. Assim, a intensidade máxima da ICU (ΔT_{u-r}) cresce rapidamente após o pôr-do-sol, atingindo o seu ápice entre 3 a 5 horas depois. Para Oke (1982), a ICU é consequência da modificação urbana no que diz respeito a energia de superfície e o balanço de radiativo. Maior absorção da radiação solar devido à reflexão múltipla e aprisionamento de radiação através da construção de paredes e superfícies verticais na cidade. Maior retenção de radiação infravermelha em cânions de rua devido ao restrito fator de visão de céu (Figura 1.1).

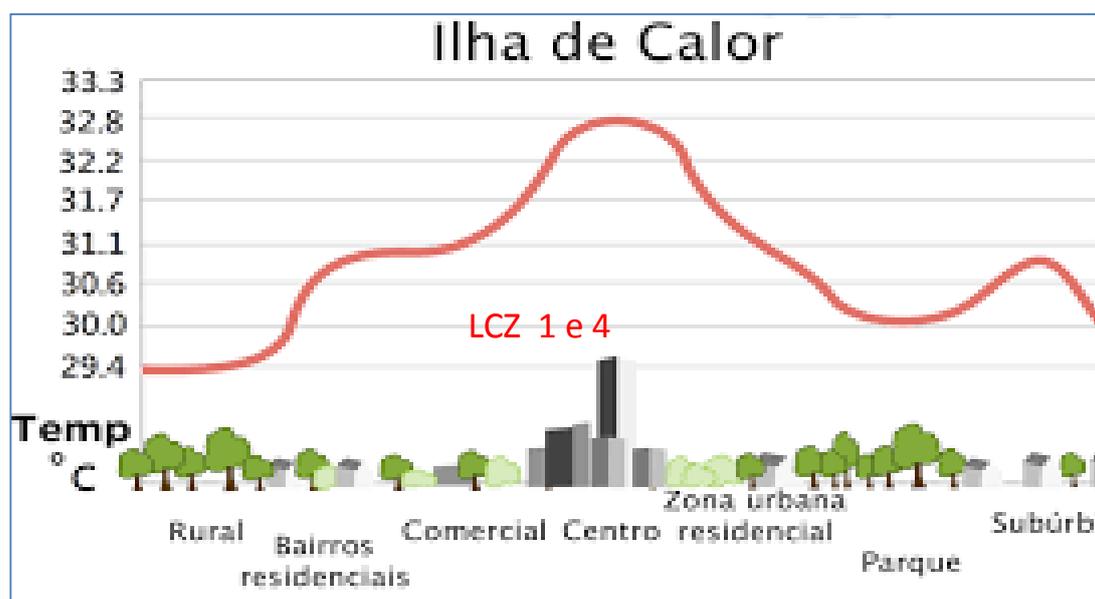


Figura 1.1 - Perfil de uma Ilha de Calor.

Fonte: <http://escolaeducacao.com.br/o-clima-nas-cidades-ilhas-de-calor>.

1.4.2 Sensoriamento remoto orbital

Segundo Lillesand e Kiefer (1994), sensoriamento remoto é a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto (alvo), área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação. Para Rees (1990) é obtenção de informação sobre um determinado alvo sem contato direto com ele, para Curran (1985) corresponde ao uso de sensores de radiação eletromagnética (REM) para registrar imagens que podem ser interpretadas para fornecer informação útil sobre o ambiente.

Pesquisas sobre detecção do campo térmico, através do Sensoriamento Remoto (SR) orbital, em áreas urbanas têm sido desenvolvidas para diversos fins, entre eles, o da variação do padrão espacial da Temperatura Aparente da Superfície (TAS) e sua

relação com o uso da terra, vegetação urbana e ilha de calor urbano (LI *et al.*, 2014; LIN *et al.*, 2015; MOHAN & KANDYA, 2015).

Segundo Voogt & Oke (2003), dados da TAS são de primordial importância para o estudo da climatologia urbana, pois modulam a Temperatura do Ar (TAr) nas camadas mais baixas da atmosfera urbana e controlam, entre outros, o intercâmbio de energia que afetam o conforto dos moradores da cidade. Mais do que isso, as imagens termais de SR orbital, podem ser consideradas como indicadores da presença maior ou menor de condições de conforto térmico (OLIVEIRA *et al.*, 2010), proporcionado pela presença da vegetação, dos corpos de água e de regulação térmica para o bem-estar humano (ALCAMO *et al.*, 2003).

Nos últimos anos, a capacidade de obtenção de dados da TAS por SR orbital tem evoluído em aplicações ambientais, através de métodos como: i) Índice da Temperatura da Vegetação (STISEN *et al.*, 2007), ii) técnica de rede neural (MAO *et al.*, 2008), e iii) métodos estatísticos empíricos (MA *et al.*, 2015). Este último método, tem apresentado fortes correlações com baixos erros médios quadrados entre a TAS e a geometria urbana do local observado.

Nesse sentido, os produtos de SR orbital, além de terem a vantagem do baixo custo de aquisição, constituem fontes de dados em séries temporais contínuas e com abrangência espacial sinóptica, com escalas espaço-temporais adequadas às pesquisas sobre os fenômenos dinâmicos e abrangentes (FERREIRA *et al.*, 2013).

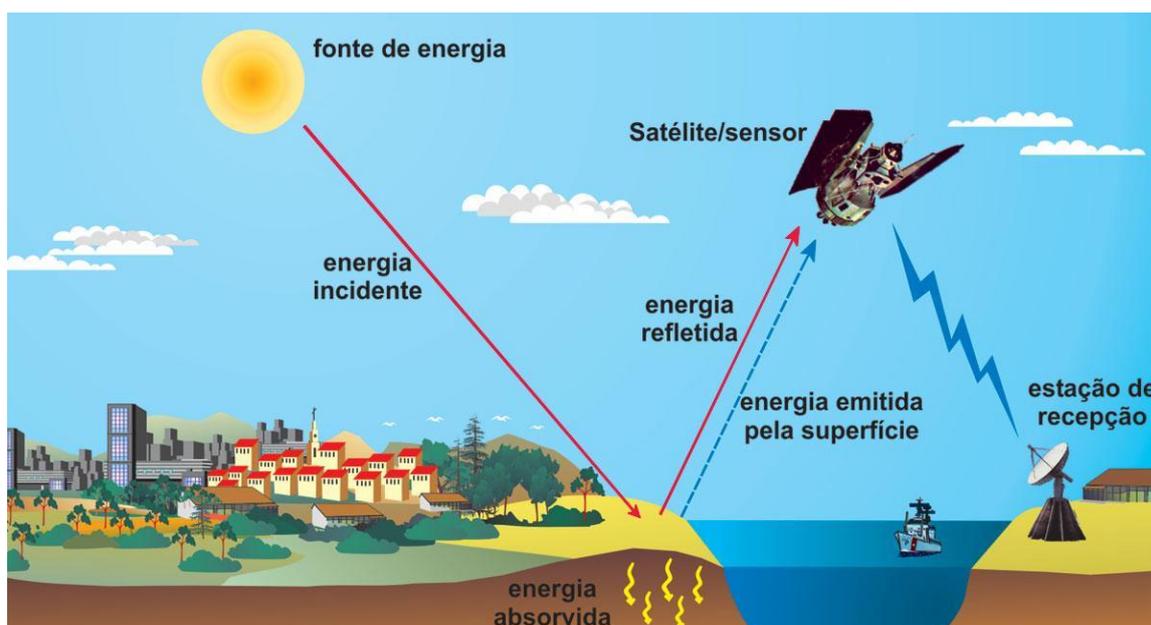


Figura 1.2 - Esquema de captura de imagens por sensoriamento remoto.
 Fonte: <https://www.parquedaciencia.com.br>

1.4.3 Impactos socioambientais, sustentabilidade e planejamento urbano

Os impactos ambientais são alterações do meio ambiente físico que atingem diretamente a qualidade de vida, a saúde humana, a economia de uma região e por vezes a dignidade das pessoas. Os impactos socioambientais possuem vertentes e níveis diferenciados de impacto, contudo, a sua origem está ligada diretamente a ocupação espontânea e irregular dos espaços naturais pelo homem, de maneira agressiva e rápida. (PORTANOVA, 1994).

Segundo Macedo, (2004), Machado (2005), Leff (2006) e Naess (2007), o processo migratório do espaço rural para o urbano acarreta em um inchaço populacional e crescimento desordenado, comprometendo o aumento da capacidade de carga em áreas verdes, além da geração de grandes problemas socioambientais. Contudo, existe uma divergência conceitual que deve ser abordada na tentativa de aclarar os fundamentos epistemológicos que é a diferenciação, dicotomia, existente entre o espaço rural e o espaço urbano, partindo do pressuposto que as anuências são subjetivas, criam-se critérios variados os quais podem mudar de uma região para outra, baseada em interesses políticos, administrativos, históricos, econômicos e culturais.

Dentre as alicerces de fundamentação, baseadas em Tulik (2004) pode-se citar:

- 1- Oposição entre o rural e urbano – Baseia-se na primazia dos setores da economia, considerando áreas urbanas, aquelas onde a população economicamente ativa (PEA) está concentrada nos setores secundário (indústria) e terciário (serviços), enquanto a zona rural tem economia baseada na agricultura, extrativismo e pecuária, ou seja, com (PEA) concentrada no setor primário da economia;
- 2- Tamanho e características demográficas – Leva-se em consideração a população absoluta (número total de habitantes), a densidade demográfica (população relativa) e as concentrações ou aglomerações de construções habitacionais ou comerciais. No caso específico dos Estados Unidos, as áreas com população absoluta superior a dez mil habitantes já são por regra, consideradas urbanas, enquanto na Alemanha, áreas com adensamento populacional inferior a 100 habitantes por quilômetros quadrado são consideradas rurais;

- 3- Delimitação do perímetro urbano – É um conceito de cunho político-administrativo, determinado, sobretudo pelas prefeituras segundo uma legislação específica de cada município. É utilizada como critério para estabelecimento do IPTU (Imposto Predial Territorial Urbano), pela prefeitura, ITR (Imposto Territorial Rural), pelo INCR (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), como base para o estabelecimento da cobrança de impostos, o que , gera uma guerra de interesses fiscais dentro dos diversos órgãos públicos.

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) essas áreas podem ser diferenciadas através do perímetro, onde a zona urbana inclui o perímetro urbano de uma cidade, área isolada ou vila dotada de serviços, enquanto a zona rural corresponde a área externa ao perímetro urbano e inclui aglomerações rurais.

Para Solow (2000), as inovações tecnológicas são capazes de reduzir a problemática da finitude dos recursos naturais, tais como exemplos, a adoção de energias renováveis, estação de tratamento de água, investimentos em transportes públicos híbridos, mapeamento de áreas de risco em áreas urbanas, entre outros.

Leff (2001) destaca que para reverter o quadro de crise ambiental há a necessidade de revalorização do ambiente urbano através de ações como: i) Regular o uso e ocupação do solo e o ordenamento do território, contribuindo para a melhoria das condições de vida da população, mediante promoção da equidade, eficiência e qualidade ambiental; ii) Promover o desenvolvimento institucional e o fortalecimento da capacidade de planejamento e gestão democrática da cidade, incorporando no processo a dimensão ambiental urbana e assegurando a efetiva participação da sociedade, e; iii) Desenvolver e estimular a aplicação de instrumentos econômicos no gerenciamento dos recursos naturais, visando à sustentabilidade urbana.

Com a Constituição de 1988, a construção em área urbana passou a ser regida, principalmente, pelas leis municipais de uso e ocupação do solo urbano, respeitadas as diretrizes e princípios gerais estabelecidos nas leis federais, naquilo que não for contrário à Constituição (MILARÉ, 2004). Trata-se da lei 6.766, de 19/12/1979 (alterada pela Lei 9.785, de 29/01/1999) que, segundo Meirelles (1996; 2003) objetiva estabelecer as diversas utilizações convenientes às variadas partes da cidade e a localizar em áreas adequadas as diferentes atividades urbanas que afetam a comunidade, classificando-os em zonas perimetrais urbanas, que perpassa pelas áreas residencial, indústria e comercial.

Nesse contexto, o planejamento permite que a sociedade civil organizada, juntamente com o gestor público, embasada legalmente num Plano Diretor Municipal, busquem a melhoria da qualidade de vida urbana (MARQUES, 2005) no sentido de reduzir os impactos socioambientais urbanos. Através de um conjunto de diretrizes, objetivos e metas a serem cumpridas em um determinado período de tempo preestabelecido, envolvendo o desenvolvimento socioambiental, uso e ocupação ordenada e planejada do solo urbano, acesso à infraestrutura e serviços públicos básicos. Todo esse planejamento deve levar em consideração as consequências das possíveis intervenções antrópicas no ambiente e logo, apresentar alternativas ou propostas para reduzir as consequências da ação humana (GONZALES *et al.*, 1985).

As raízes do planejamento urbano remontam ao trabalho dos primeiros urbanistas, que insurgiu contra as consequências advindas da intensa urbanização causada pela Revolução Industrial (HALL, 2002, CHOAY, 2003).

A história de um povo é inseparável da região que ele habita, e que o ser humano foi, ao longo do tempo, o discípulo fiel ao solo. O estudo deste solo contribuirá a esclarecer o caráter, os modos, e as tendências dos habitantes (LA BLACHE, 1994).

Infelizmente não caberá aqui estudar ou discutir todas as dimensões explicativas e interpretativas dessa busca pela memória urbana, que caracteriza os dias atuais, mas é importante constatar, entretanto, que ela é multifacetada e que nem sempre é motivada por razões de identidade (FOWLER, 1992). Desde o século XIX que se descobriu que a imagem urbana é mercadoria, que ela pode ser mercantilizada e pode dar grandes lucros, notadamente com a especulação imobiliária (KEARNS 1993; PHILO, 1993).

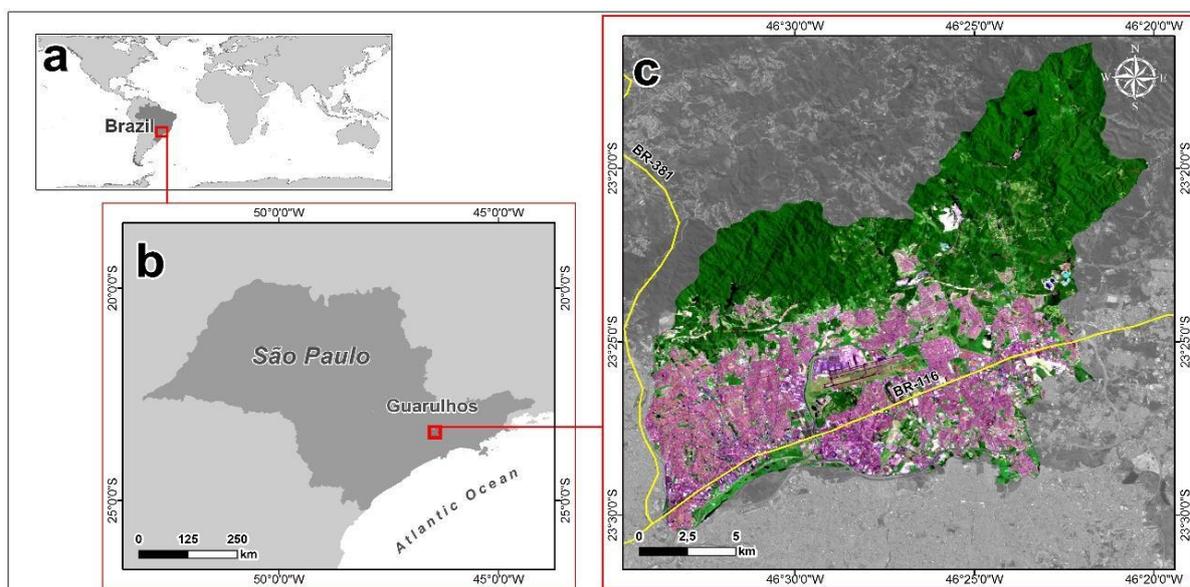
Não foram poucos os casos de cidades europeia que, já em plena era industrial, se transformaram em (ou voltaram a ser) burgos medievais murados para melhor atrair os visitantes. Isso sem falar de “cidades”, cuja herança é totalmente artificial, posto que foram criadas do nada e com o objetivo precípua de dar lucros. É o caso de Saint Augustine, na Flórida Norte-americana, verdadeiro parque de diversões que, pretensamente, reproduz a harmonia seiscentista da fundada pelos espanhóis (HALL, 2007).

Entretanto, a adesão a valores ambientalistas não se exprime automaticamente em práticas. A própria difusão do discurso “sustentabilista” se deve menos ao proselitismo de atores “ambientalizados” que à existência de constrangimentos políticos e morais que impedem o reconhecimento de posições ambientalmente incorretas e sua validação (Costa, Alonso e Tomioka, 2000).

1.5 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1.5.1 Área de estudo

Segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), Guarulhos é o segundo maior município paulista em população, com mais de 1.221.979 habitantes. Localizado a nordeste da região metropolitana de São Paulo (RMSP), o município tem uma área de aproximadamente 319,15 km² e está localizado entre os paralelos 23° 16' 23,8" Sul / 23° 30' 33,6" Sul e meridianos 46° 20' 06,9" Oeste / 46° 34' 39,1" Oeste, ou seja, o município encontra-se na latitude do Trópico de Capricórnio, que passa na altura do km 215 da Rodovia Presidente Dutra, no bairro de Cumbica (figura 1.3). Tem como limite ao norte, os municípios de Mairiporã e Nazaré Paulista, a nordeste, Santa Isabel, a leste, o município de Arujá, a sudeste, Itaquaquecetuba e a sudeste, sul, oeste e noroeste, a capital homônima do estado: São Paulo (ANDRADE et al, 2008).



1.5.2 Relevo

O município de Guarulhos está sobre o Planalto Atlântico que corresponde a uma grande unidade geomorfológica do relevo do Brasil meridional e do Estado de São Paulo. Na região específica de estudo podemos notar a predominância de morros e montanhas, especialmente ao norte, na região do Tanque Grande e do núcleo Cabuçu, pelo fundo de vale, em paralelo com a planície fluvial do Cabuçu distribuem-se morrotes.

A região de Guarulhos ocupa a zona de contato entre as colinas de São Paulo do Planalto Paulistano, onde ocorrem relevos de morrotes baixos e de colinas pequenas com espigões locais; e a Serra de São Roque, que é constituída por morros arredondados, mar de morros, morros com serras restritas e serras alongadas, segundo Oliveira *et al.* (2009).

Existem algumas altitudes significativas no município de Guarulhos conforme descreve (Gomes 2008) **Figura 1.4:**

- Altitude Máxima: 1.422m do Espigão da Serra de Itaberaba ou Pico do Gil.
- Altitude Média: 850m.
- Altitude Mínima: 660m que se localiza na Foz do Ribeirão Jaguari, com o rio Jaguari na divisa de Guarulhos, Santa Isabel e Arujá.

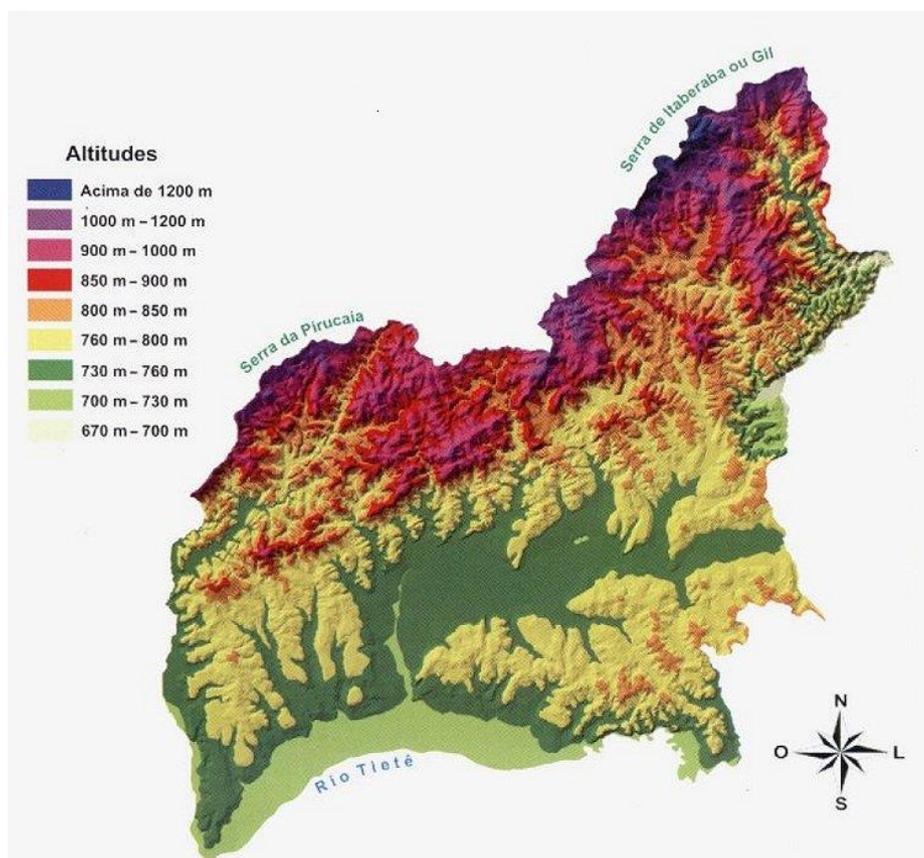


Figura 1.4 - Mapa Hipsométrico de Guarulhos (Oliveira *et al.*, 2009).

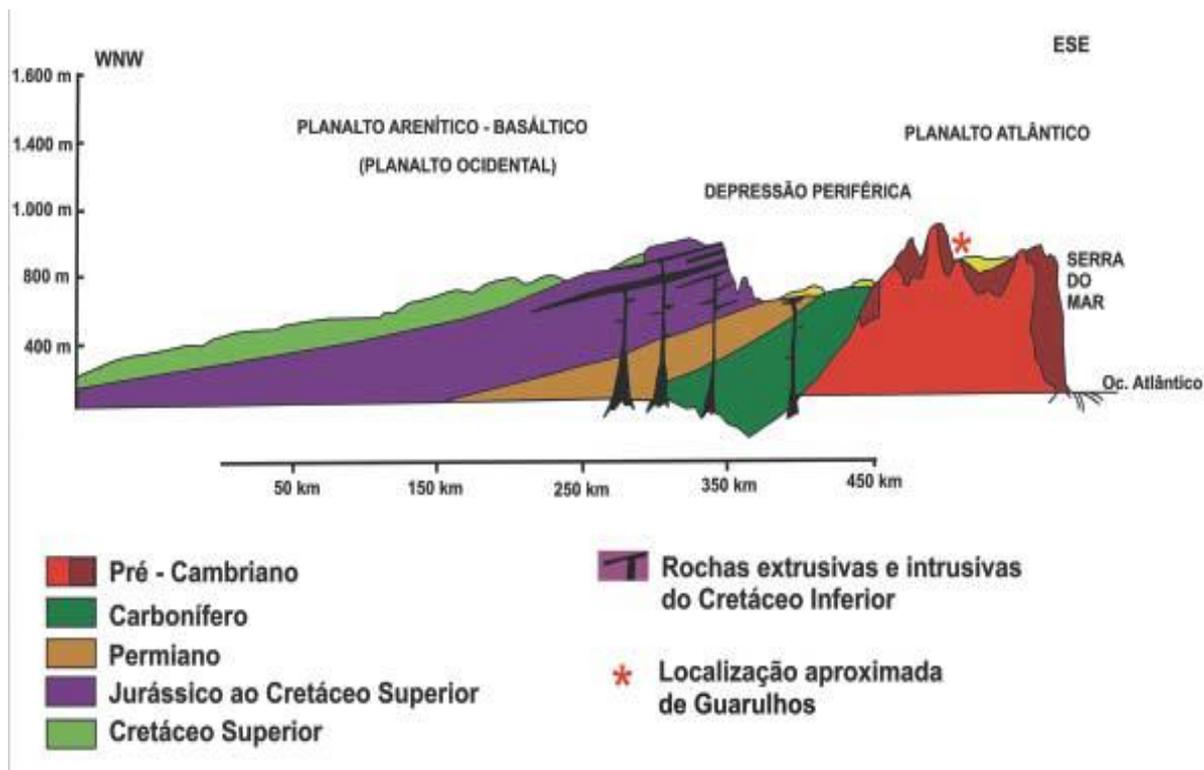


Figura 1.5 - Perfil geológico-geomorfológico no Estado de São Paulo (modificado de AB' SABER, 1956).

1.5.3 Geologia

Existe na região o predomínio de metassedimentos, metavulcânicas e rochas graníticas como o gnaiss. Os metassedimentos são os de maior ocorrência, sobretudo na área limite da Zona de defesa na região do Cabuçu. As metavulcânicas predominam na região das chácaras Cabuçu e do Recreio São Jorge enquanto as graníticas predominam numa faixa na região do inverno até o Tanque Grande, ocorrem também no fundo do vale do Cabuçu.

Segundo (ANDRADE, 2008). O substrato geológico onde está localizado o município de Guarulhos é constituído por dois conjuntos geológicos: os terrenos do embasamento cristalino do pré-cambriano, localizados, principalmente, ao norte do território, os quais são formados por rochas magmáticas, tais como os granitos e dioritos e metamórficas, como os migmatitos, anfíbolitos, micaxistos, filitos e quartzitos; e os terrenos sedimentares do Cenozoico, períodos Terciário e Quaternário, que correspondem à porção sul do município e referem-se aos aluviões nos fundos dos vales relacionados principalmente aos rios Tietê, Cabuçu de Cima e Baquirivu-Guaçu, incluindo, ainda, os depósitos de encosta (colúvios) e as coberturas pedológicas (solos) de forma generalizada. **Figura 1.6.**

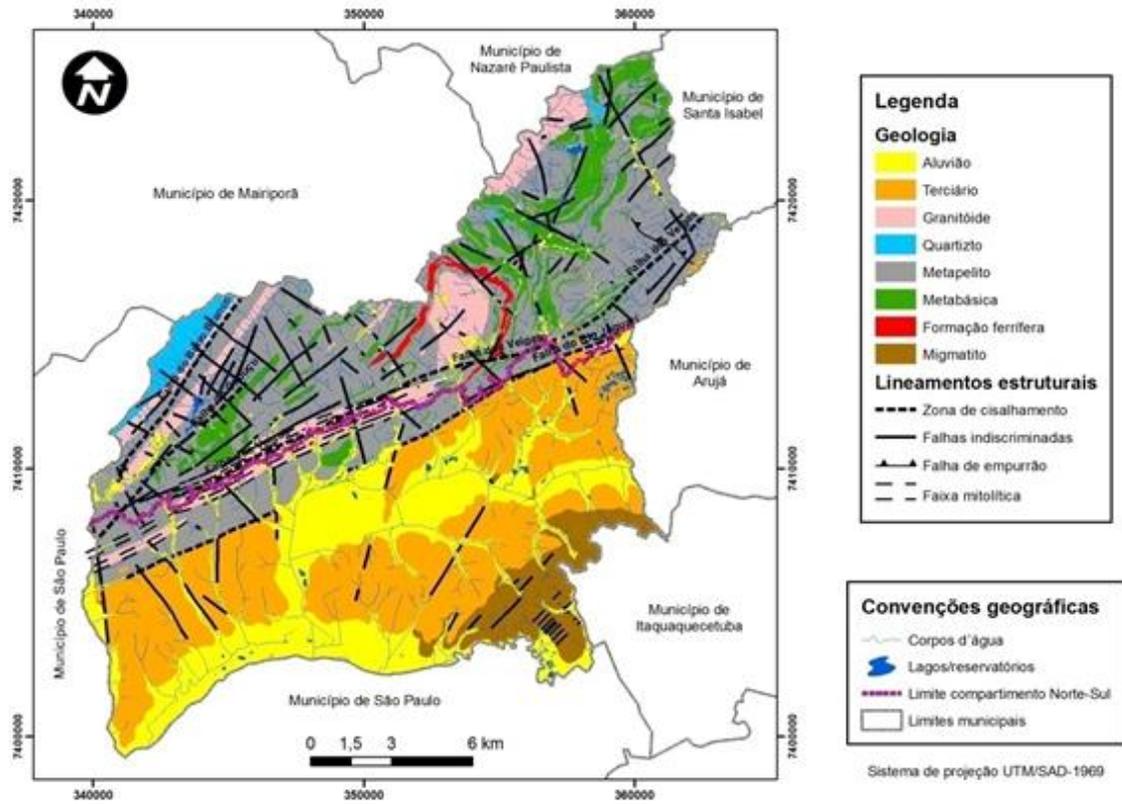


Figura 1.6 - Mapa geológico de Guarulhos. (Oliveira *et al.*, 2009.).

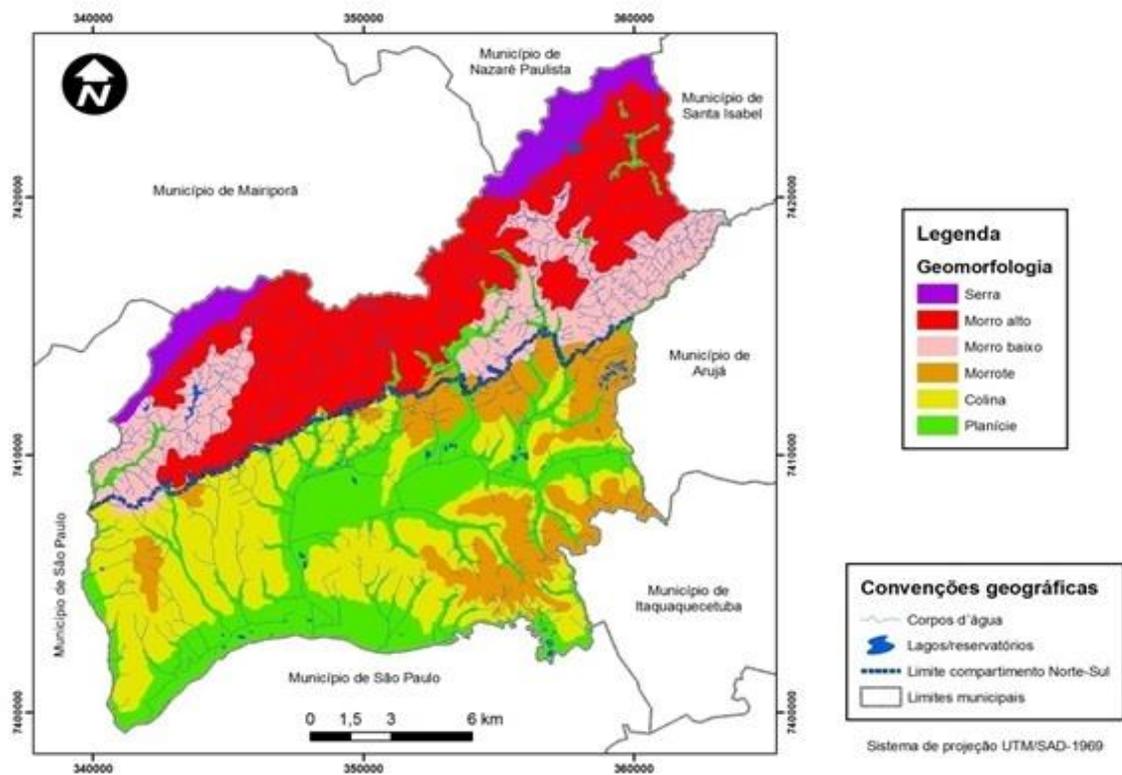


Figura 1.7 - Mapa geomorfológico de Guarulhos. (Oliveira *et al.*, 2009).

1.5.4 Hidrografia

O município de Guarulhos é servido por duas grandes bacias hidrográficas: a do Tietê e a do Paraíba do Sul. Em relação a primeira, Guarulhos está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI do Alto Tietê com uma área de, aproximadamente, 259km², que corresponde a 80,9% do município.

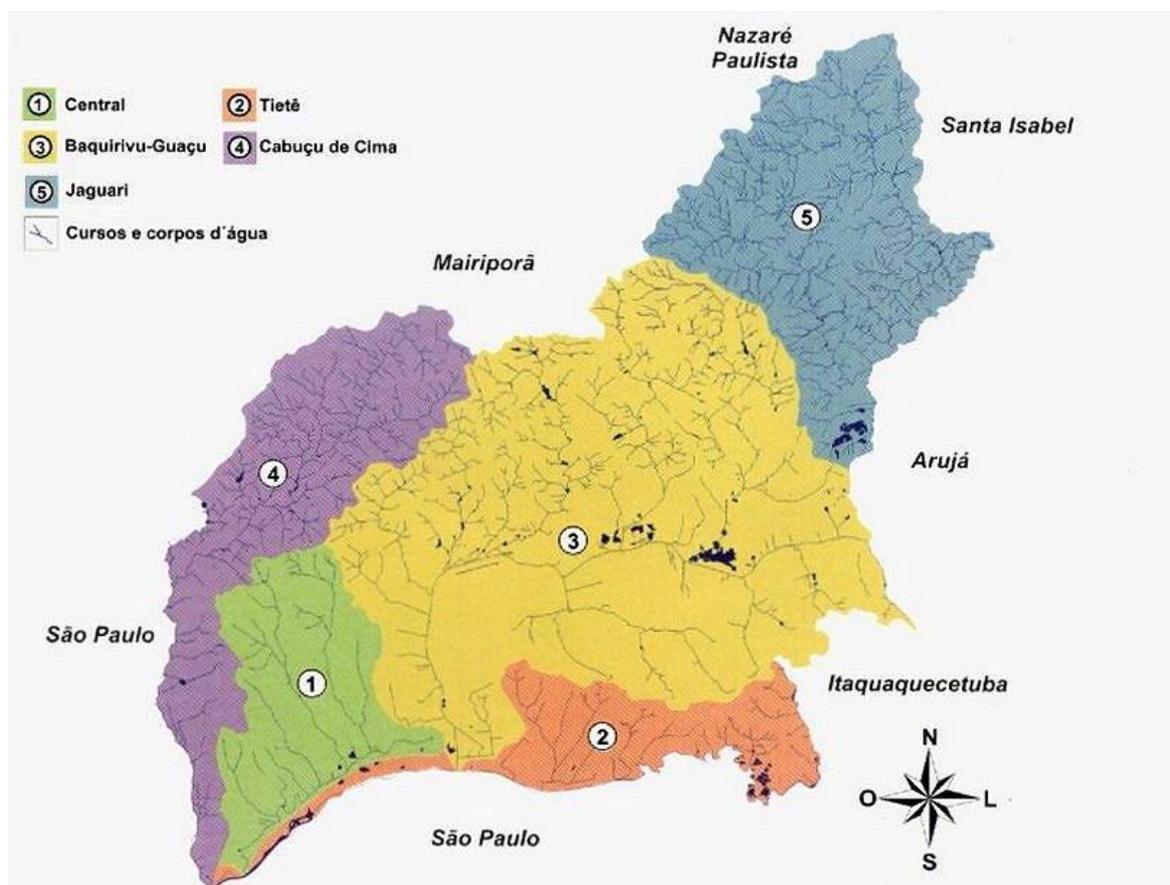


Figura 1.8- Mapa das Bacias Hidrográficas de Guarulhos. . Fonte: Laboratório de geoprocessamento da UNG 2016. Disponível em: <http://www.guarulhos.org/>

1.5.5 Clima

A região de Guarulhos possui uma particularidade em relação a suas condições atmosféricas, pois recebe influência de duas zonas climáticas, a zona tropical e a zona temperada sul, caracterizando, portanto um clima mesotérmico brando úmido, com um a dois meses secos, com médias anuais entre 18° C e 19° C graus, onde nos meses do inverno as médias são de 15° C enquanto nos meses do verão ficam entre 23° C e 24° C

e pluviosidade entre 1.250 e 1.500 mm ano, com chuvas concentradas no verão e períodos de seca no inverno. Segundo a classificação de *Köppen* (MINER, 1989) corresponde a um clima subtropical, com temperatura média anual de 19° C, umidade relativa do ar média anual de 81,1%, precipitação pluviométrica anual média de 1.470 mm e ventos dominantes ESE. No verão a temperatura máxima média do ar alcança cerca de 33° C (INMET, 2016) **Tabela 1.1.**

Comparando o mês mais seco com o mês mais chuvoso verificamos que existe uma diferença de precipitação de 205 mm. As temperaturas médias, durante o ano, variam 6.5° C.(**Figura 1.9**). Observe também uma precipitação média de 33 mm do mês de Julho, que é o mês mais seco. Com uma média de 238 mm o mês de Janeiro é o mês de maior precipitação, com uma temperatura média de 21.6° C, Janeiro é o mês mais quente do ano (**Figura 1.9**). Em Julho, a temperatura média é 15.1° C, e corresponde a temperatura média mais baixa de todo o ano (**Figura 1.10**).

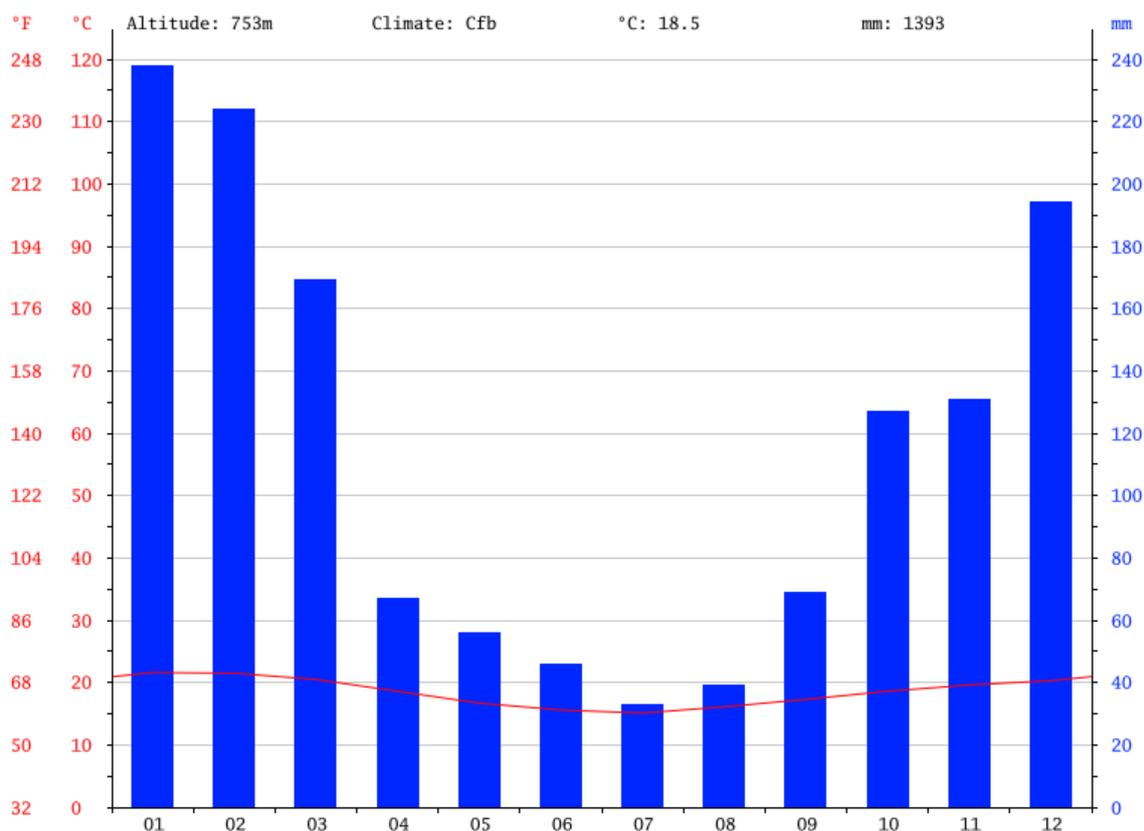


Figura 1.9 - Climograma de Guarulhos.
 Fonte: <https://pt.climate-data.org/location/764109/>

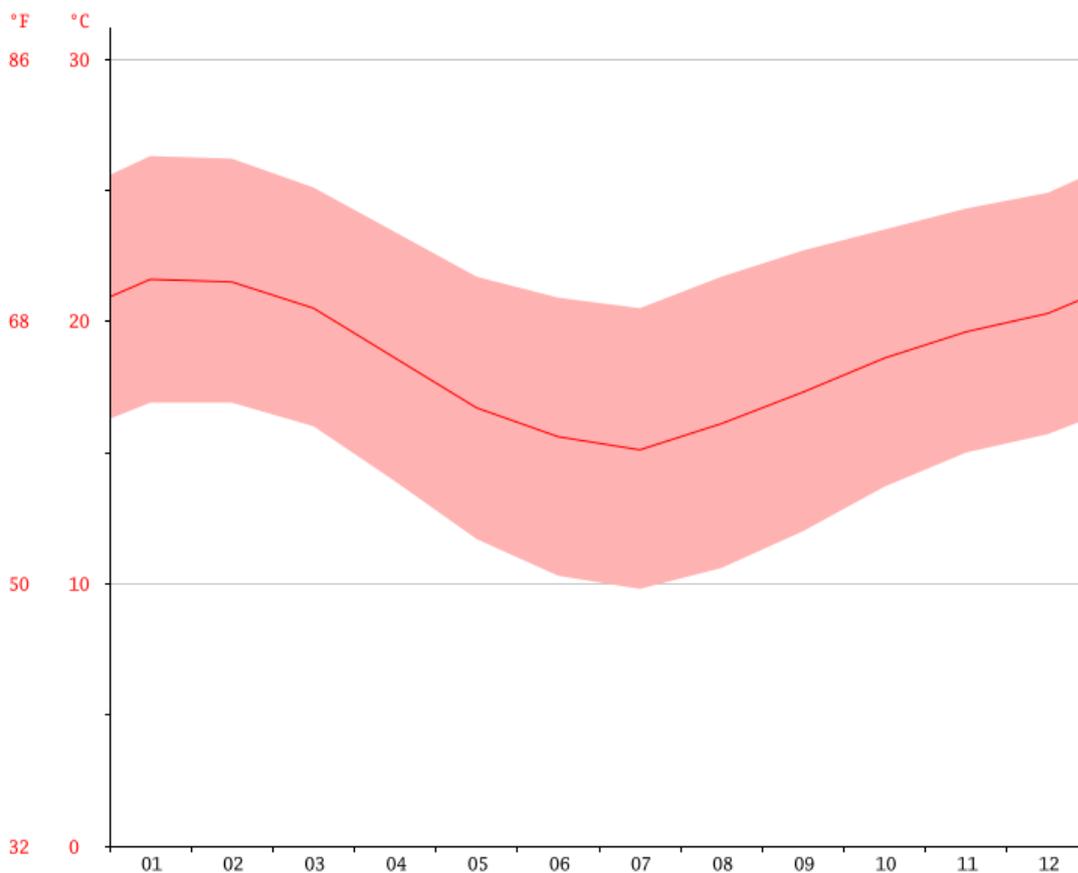


Figura 1.10 - Gráfico das temperaturas de Guarulhos.
Fonte: <https://pt.climate-data.org/location/764109/>

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	21.6	21.5	20.5	18.6	16.7	15.6	15.1	16.1	17.3	18.6	19.6	20.3
Temperatura mínima (°C)	16.9	16.9	16	13.9	11.7	10.3	9.8	10.6	12	13.7	15	15.7
Temperatura máxima (°C)	26.3	26.2	25.1	23.4	21.7	20.9	20.5	21.7	22.7	23.5	24.3	24.9
Temperatura média (°F)	70.9	70.7	68.9	65.5	62.1	60.1	59.2	61.0	63.1	65.5	67.3	68.5
Temperatura mínima (°F)	62.4	62.4	60.8	57.0	53.1	50.5	49.6	51.1	53.6	56.7	59.0	60.3
Temperatura máxima (°F)	79.3	79.2	77.2	74.1	71.1	69.6	68.9	71.1	72.9	74.3	75.7	76.8
Chuva (mm)	238	224	169	67	56	46	33	39	69	127	131	194

Tabela 1.1 - Média Térmica de Guarulhos Fonte: **Fonte: <https://pt.climate-data.org/location/764109/>**

CAPÍTULO 2

A ILHA DE CALOR URBANA DE SUPERFÍCIE E SUA RELAÇÃO COM O USO DO SOLO: ESTUDO DE CASO DE GUARULHOS-SP.

A ILHA DE CALOR URBANA DE SUPERFÍCIE E SUA RELAÇÃO COM O USO DO SOLO: ESTUDO DE CASO DE GUARULHOS-SP.

The surface urban-heat island and its relationship to the use of soil: study on Guarulhos-SP case.

RESUMO: O objetivo deste estudo é analisar o padrão térmico da temperatura aparente da superfície (TAS) do município de Guarulhos (SP) e estabelecer com isso um método de diferenciação entre suas diversas regiões. Definindo possíveis ações sobre a influência do microclima urbano no cotidiano da sociedade, de sua economia e possivelmente de seu planejamento territorial ambiental estratégico urbano, além de mensurar a aplicabilidade do método Local Climate Zone (LCZ) sobre as imagens do “Google Earth”. Para isso, utilizou-se como metodologia o estudo descritivo transversal através do levantamento bibliográfico, pesquisa de campo, análise de imagens e mapas, tanto de temperatura quanto do uso e cobertura da terra, sensoriamento remoto, geoprocessamento e comportamento da geometria urbana. Foi observado um elevado grau de aglomerações urbanas na porção meridional do município, com tipos de prédios e cobertura da terra bem definidos e que interferem diretamente no comportamento térmico local, tanto em suas médias quanto em suas amplitudes, chegando a atingir temperaturas superiores a (40° C), enquanto na porção norte, as temperaturas não ultrapassam em média (20° C), o que podemos concluir uma relação de direta proporcionalidade entre aglomeração urbana e temperatura, o que facilita a formação de ilhas de calor (UHI), visto que, nessas áreas existe uma tendência de desestabilização dos coeficientes térmicos, seja em relação às médias (superiores a 35° C) seja em relação as suas amplitudes térmicas (Δt).

Palavras-chave: Zonas Climáticas, Temperatura Aparente da Superfície, Ilhas de Calor, Métodos, Guarulhos.

ABSTRACT: *The objective of this study is to analyze the thermal standard of surface temperature (TAS) of the city of Guarulhos (SP) and establish a method of differentiation between its different regions. Defining possible actions on the influence of the urban microclimate on the daily life of society, its economy and possibly its urban strategic environmental territorial planning, as well as measuring the applicability of the Local Climate Zone (LCZ) method on "Google Earth" images. For this, the cross-sectional descriptive study was used as a bibliographical survey, field research, image and map analysis, both temperature and land use and coverage, remote sensing, geoprocessing and urban geometry behavior. A high degree of urban agglomerations was observed in the southern portion of the municipality, with well defined types of buildings and land cover, which directly interfere in the local thermal behavior, both in their averages and in their amplitudes, reaching temperatures above 40 ° C), while in the northern part, the temperatures do not exceed on average (20 ° C), which we can conclude a relation of direct proportionality between urban agglomeration and temperature, which facilitates the formation of heat islands (UHI), seen That in these areas there is a tendency to destabilize the thermal coefficients, either in relation to the means (above 35 ° C) or in relation to their thermal amplitudes (Δt).*

Keywords: *Climate Zones, Apparent Surface Temperature, Heat Islands, Methods, Guarulhos.*

2.1 INTRODUÇÃO

As cidades são locais que concentram mais de 50% da população mundial (POPULATION REFERENCE BUREAU, 2007) e representa atualmente a síntese dos problemas da sociedade contemporânea, já que, é nela, onde se faz o grande desequilíbrio dos elementos da natureza, sobretudo, através da apropriação e utilização de maneira inadequada desses recursos.

Contudo, por ser um fato de origem social, sua ocorrência está associada a própria existência do homem como agente modificador. Adaptando os espaços de acordo com sua cultura, nível de tecnologia e anseios pessoais.

Dentre as alterações decorrentes da construção dos espaços humanizados, o clima, talvez seja o elemento mais sensível a essas intervenções, visto que, fora observado, ao longo de vários anos, uma forma peculiar de clima, originado nas áreas de maior concentração antrópica.

Apesar de toda importância do estudo climático a partir do aumento populacional, somente na década de 1970 que começaram a existir publicações voltadas às áreas mais pobres do planeta (JAUREGUI, 1994 e MONTEIRO, 1984).

Partindo desse pressuposto, o presente trabalho tem por objetivo fazer um mapeamento das zonas climáticas locais (ZCL) do município de Guarulhos, utilizando como base a malha do setor censitário proposto pelo IBGE, os mapas de cobertura da terra e a relação multitemporal da temperatura aparente da superfície (TAS) e os aspectos construtivos da cidade, analisando os impactos socioambientais da ICU nos diversos setores urbanos de Guarulhos. Definido ações sobre a influência do microclima na sociedade e na economia da região, sua importância para o planejamento ambiental urbano, auxiliando no programa ilhas verdes (PIV), assim como, mensurar a aplicabilidade do método sobre as imagens do “Google Earth”, apontando possíveis intervenções locais como parâmetros a serem utilizados na redução dos efeitos gerados pelas mudanças climáticas a níveis mundiais estabelecendo com isso um método indutivo no combate as ICU.

2.2 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA

2.2.1 Localização

Guarulhos é um dos 39 municípios que compõem a região metropolitana de São Paulo (RMSP), região economicamente mais importante do Brasil., que consiste num agrupamento de municípios limítrofes, com o objetivo de integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum (Art. 25, § 3º). É a segunda cidade em população absoluta do estado e a 12ª do país, com aproximadamente 1.221.979 habitantes segundo dados do censo do IBGE (2010). Tem área aproximada de 341 km² e faz limite com os seguintes municípios: São Paulo, Mairiporã, Nazaré Paulista, Santa Izabel, Arujá e Itaquaquecetuba. Localiza-se entre os paralelos 23°16'23" e 23°30'33" de latitude Sul e entre os meridianos 46°20'06" e 46°34'39" de longitude Oeste. É cortado pelo Trópico de Capricórnio na altura do km 215 da rodovia Presidente Dutra (BR-116), no bairro de Cumbica (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Possui uma estrutura geológica predominantemente metassedimentar, relevo de morros, montanhas e fundo de vale que influenciam diretamente no clima subtropical.

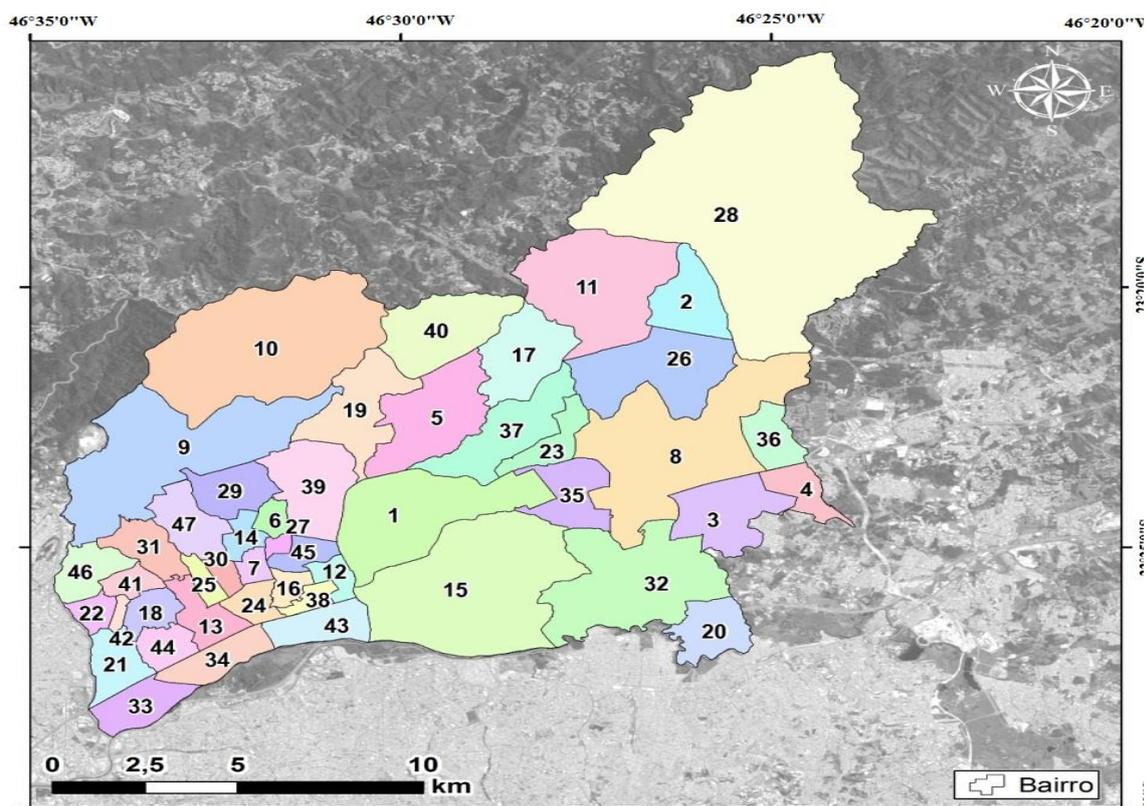


Figura 2.1- Bairros de Guarulhos: Os números de 1 a 47 representam os bairros de Guarulhos: 1 - Aeroporto; 2 - Água Azul; 3 - Água Chata; 4 - Aracília; 5 - Bananal; 6 - Bela Vista; 7 - Bom Clima; 8 - Bonsucesso; 9 - Cabuçú; 10 - Cabuçú de Cima; 11 - Capelinha; 12 - Cecap; 13 - Centro; 14 - Cocaia; 15 - Cumbica; 16 - Fátima; 17 - Fortaleza; 18 - Gopoúva; 19 - Invernada; 20 - Itaim; 21 - Itapegica; 22 - Jd. Vila Galvão; 23 - São João; 24 - Macedo; 25 - Maia; 26 - Mato das Cobras; 27 - Monte Carmelo; 28 - Morro Grande; 29 - Morros; 30 - Paraventi; 31 - Picanço; 32 - Pimentas; 33 - Ponte Grande; 34 - Porto da Igreja; 35 - Presidente Dutra; 36 - Sadokim; 37 - Lavras; 38 - São Roque; 39 - Taboão; 40 - Tanque Grande; 41 - Torres Tibagy; 42 - Tranquilidade; 43 - Várzea do Palácio; 44 - Vila Augusta; 45 - Vila Barros; 46 - Vila Galvão; 47 - Vila Rio.

Fonte: GUARULHOS (2015).

2.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A história de um povo é inseparável da região que ele habita, e o que o ser humano foi, ao longo do tempo, o discípulo fiel do solo. O estudo deste solo contribuirá esclarecer o caráter, os modos, e as tendências dos habitantes (LA BLACHE, 1994, p 16).

Infelizmente, não caberá aqui, estudar ou discutir todas as dimensões explicativas e interpretativas dessa busca pela memória urbana, mas sim, entender sua aparência paisagística atual, desmistificando a dinâmica social que a produz e a deixou com essa configuração, a fim de poder caracterizar seu uso, detalhar suas formas, texturas, rugosidades, geometria, organização espacial, matérias e consequências climatológicas, ou seja, entender a formação do espaço geográfico, que segundo Milton Santos em seu livro, “*Metamorfose do Espaço Habitado*” é resultado das manifestações humanas, suas construções e modo de vida sobre os elementos naturais. Considerando que cada sociedade produz seus espaços de acordo com suas necessidades, tempo histórico, materiais e conhecimentos adquiridos (SANTOS, 2008).

Para uma abordagem clara deste ensaio científico, buscou-se fundamentá-lo a partir de uma conjuntura de conceitos que seguiam uma ordem de raciocínio que facilite a construção de possíveis definições, como é o caso da diferenciação das áreas urbana das áreas rurais que segundo Oke (2006) podem ser distinguidas a partir da taxa de impermeabilização ou (área construída) da superfície, que melhor pode ser vista na proposta elaborada por Stewart (2007; 2009), assim como o entendimento do sensoriamento remoto e suas respostas espectrais, bem como, por metodologias adequadas, como a LCZ (Local Clima Zone) pode-se identificar áreas dentro da cidade como possíveis pontos de formação de ilhas de calor, auxiliando na melhoria da qualidade de vida da população a partir de possíveis sugestões de interferências no planejamento do plano diretor, a fim de promover um desenvolvimento sustentável.

2.3.1 Diferenças entre o espaço rural e o espaço urbano

Na concepção de Sorokin, Zimmerman e Galpin (1981), entre o rural e o urbano existiriam nove diferenças fundamentais:

- diferenças ocupacionais

- as diferenças ambientais;
- as diferenças no tamanho das comunidades;
- as diferenças na densidade populacional;
- as diferenças na homogeneidade e na heterogeneidade das populações;
- as diferenças na diferenciação, estratificação e complexidade social;
- as diferenças na mobilidade social
- as diferenças no sistema de integração social;
- as diferenças na direção da migração.

Lefebvre (2001) afirma que a relação cidade-campo “mudou profundamente no decorrer do tempo histórico, segundo as épocas e os modos de produção: ora foi profundamente conflitante, ora mais pacífica e perto de uma associação. Mais ainda, numa mesma época manifestam-se relações bem diferentes”. Para Lefebvre (1991), para “conhecer um objeto ou um fenômeno é necessário justamente não considerá-lo como sendo isolado, não deixa-lo passivamente no *hic et nunc*, no aqui e no agora. É investigar suas relações, suas causas.”, ou seja, a compreensão da cidade não está em si, mas sim na sua relação com o meio rural.

Por conseguinte, façamos algumas analogias comparativas a fim de não prevalecer a subjetividade do autor, visto que , muitos são os critérios utilizados para estabelecer essa diferenciação entre meio urbano e meio rural:

a. Oposição entre campo e cidade: Baseiam-se na primazia dos setores da economia, considerando cidade, ou áreas urbanas, aquelas onde a população economicamente ativa (PEA) está concentrada nos setores secundário e terciário, enquanto a zona rural, ou campo, tem sua economia baseada nas atividades primárias;

b. Tamanho e características demográficas: Leva em consideração a população absoluta (número total de habitantes), densidade demográfica (população em relação a área) e concentração ou aglomerações de construções;

c. Delimitação do perímetro urbano: É um conceito político-administrativo determinado pelas respectivas prefeituras segundo a legislação de cada município, utilizando como critério para estabelecimento do imposto predial territorial urbano (IPTU), pela prefeitura, e o imposto territorial rural (ITR), pelo Instituto Nacional de

Colonização e reforma Agrária (INCRA). O que, acaba gerando uma “guerra” de interesses fiscais e tributários dentro dos diversos órgãos.

Segundo o (IBGE) essas áreas se diferenciam através do perímetro, onde a zona urbana inclui o perímetro urbano de uma cidade; área isolada ou vila dotada de serviços, enquanto zona rural corresponde à área externa ao perímetro urbano e inclui aglomerações rurais.

2.3.2 Sensoriamento remoto

Interpretação eletromagnética de imagens do meio físico, talvez seja, uma ideia inicial para o entendimento do estudo do sensoriamento remoto. Para (LILLESAND & KIEFFER, 1994) é a arte e a ciência de estudar a matéria sem ter contato físico com a mesma, baseando-se somente da interação da radiação eletromagnética com a matéria.

Mather (1987) trata como uma medida à distância da assinatura espectral da superfície da Terra e da atmosfera, enquanto simploriamente (BARRET & CURTIS, 1992) veem como ciência de observação à distância.

Sensoriamento remoto é o uso de sensores de radiação eletromagnética para registrar imagens do meio físico que possam ser interpretadas de modo a gerar informações úteis (CURRAN, 1995).

Para o estudo do meio urbano o sensoriamento remoto é de grande valia na identificação de zonais termiais, visto que, o comportamento espectral varia de acordo com a capacidade de refletância de cada objeto, originando assinaturas específica para cada um deles.

A composição mineralógica ou química, o tamanho das partículas, o tamanho das células ou dos espaços intercelulares, o teor de umidade e a rugosidade, são exemplos de objetos e superfícies que apresentam albedo diferenciado, com maior ou menor absorção de calor.

Segundo Jensen (2010) O entendimento de algumas assinaturas, ou comportamentos espectrais são de grande relevância ao estudo do meio físico local como é o caso das:

- Assinatura da água;
- Assinatura do solo nu;
- Assinatura do solo construído;
- Assinatura da vegetação.

Jensen (2010) descreve que a emissividade de um determinado objeto pode ser influenciada pelos seguintes fatores:

- Cor;
- Composição química do objeto;
- Teor de umidade;
- Rugosidade superficial;
- Grau de compactação do solo;
- Campo de visada;
- Comprimento de onda;
- Ângulo de visada.

Segundo Fialho (2009) o sensor do satélite capta a intensidade da radiação eletromagnética emitida pelos diferentes objetos presentes na superfície e que para obter sua temperatura é necessário estimar as emissividades para cada objeto imageado.

Segundo Fialho e Azevedo (2009), existem diferenças entre ilhas de calor, em relação às diversas técnicas de monitoramento que levam a medidas de temperatura do ar ou da superfície, e que permitem observar fenômenos diferentes tais quais observados por Fialho (2009), que subdividiu a ilha de calor em:

- Ilha de calor atmosférica, que leva em consideração diferença entre os tipos de uso e cobertura da terra, além da topografia e localização da área. A ilha de calor atmosférica é mais evidente no período noturno, é medida através da temperatura do ar em transectos móveis ou pontos fixos;

- Ilha de calor Vertical, é um modelo proposto por OKE (1981), dividida em camada intra urbana (UCL- Urban Canopy Layer) e camada limite urbano (UBL- Urban Boundary Layer). A camada intra urbana estende-se desde a superfície até o nível dos telhados das edificações. É detectado em micro escala. Já a camada limite urbano estende-se acima do nível dos telhados, verificada em mesoescala, dependente das características da rugosidade urbana, velocidade dos ventos, poluição.

- Ilha de calor de Superfície tem como principal ferramenta o uso dos recursos do sensoriamento remoto que resulta na estimativa da temperatura aparente de superfície.

De acordo com Mendonça (1994, p. 51), “O campo térmico das cidades, enquanto subdivisão do clima urbano tem sido aquele no qual mais se tem empregado as imagens de satélites, notadamente no estudo das ilhas de calor urbano (...)”. Isto se deve ao desenvolvimento de satélites com alta resolução espacial como é o caso das imagens produzidas pelo satélite Landsat 5 e 7 (banda 6- canal termal infravermelho – resoluções espaciais de 120 e 60 metros, respectivamente) que vem se tornando importante ferramenta no estudo da configuração e da variação térmica no ambiente intra-urbano de cidades de médio e pequeno porte.

A utilização de dados de sensoriamento remoto captados na região do infravermelho termal permite a Minerva, 6(3): 273-278 274 BARBOSA & VECCHIA realização de estudos do comportamento térmico das diferentes tipologias de cobertura do solo pelo fornecimento de informações relativas à temperatura aparente da superfície (Land Surface Temperature – LST).

Conforme Mendonça (2003, p.188), “(...) satisfatório para a identificação e análise do uso e ocupação do solo, da distribuição das construções, da biodiversidade, da morfologia, da funcionalidade, da poluição, etc”. Na literatura internacional, é vasta a aplicabilidade destes recursos, derivados de satélites, na identificação da termografia infravermelha das cidades. Oke & Voogt (2003) afirmam que o aparecimento da tecnologia de Sensoriamento Remoto Termal, através de satélites e de plataformas em aeronaves, permitiu novas possibilidades de observações sobre as ilhas de calor urbano, bem como a compreensão de suas causas e combinações com os arranjos urbanos.

Contudo, não cabe aqui, diferenciar os diversos comportamentos existentes, mas sim, mostrar, que a interpretação deles é objeto de estudo do sensoriamento remoto, e que a sua aplicabilidade em identificar ilhas de calor está, sobretudo, baseada nas diferentes composições do meio físico e material, tanto das áreas urbanas, quanto, das áreas rurais, pois ambas, geram produtos espectrais diferenciados.

2.3.3 Ilhas de calor

O clima de uma região corresponde a um aspecto físico da natureza determinado pela influência de uma série de manifestações caracterizadas ou denominadas de fatores climáticos, estes, ao atuarem, agem diretamente, sobre os elementos climáticos, variando, por conseguinte, a atmosfera baixa (troposfera), entretanto, essa apreciação só pode atingir uma acepção mais segura, pós-estudo do comportamento do tempo atmosférico ao longo de vários anos, criando tipos e subtipos climáticos.

As modificações das superfícies naturais para dar lugar à urbanização geram um fenômeno conhecido como Ilha de Calor Urbana (ICU), definida classicamente na literatura como uma anomalia térmica caracterizada pelo aumento da temperatura do ar (T_{ar}) nas áreas centrais de uma cidade em relação à temperatura das áreas periféricas (Oke, 1973; Cermak *et al.*, 1995, p. 81; Peng *et al.*, 2012). A ICU é um dos impactos ambientais decorrentes da urbanização mais estudados na literatura, afetando, tanto as grandes metrópoles (Lombardo, 1985; Lucena *et al.*, 2013; Yang *et al.*, 2010; Dousset *et al.*, 2011; Fujibe, 2011; Frey *et al.*, 2011), quanto cidades de porte médio (aquelas com população entre 100 mil e 500 mil habitantes) (Targino *et al.*, 2013; Amorim *et al.*, 2009).

As ilhas de calor podem, portanto, serem qualificadas como regiões que sofrem efeitos sugeridos pela influência direta da ocupação do homem através das aglomerações urbanas (verticais e horizontais); elevada densidade demográfica (povoamento), grande concentração de veículos automotores, falta de áreas verdes, excesso de fábricas, disposição dos prédios (geometria urbana), impermeabilização dos solos e utilização demasiada de materiais que contribuem com a instabilidade térmica (vidro, asfalto, concreto e metais).

Dentre as características de urbanização que contribuem ao desenvolvimento de ICU destacam-se a geometria urbana (Kruger *et al.*, 2011), a substituição de áreas verdes por superfícies impermeáveis e com maior potencial de absorção de calor (Gallo *et al.*, 1993; Weng *et al.*, 2004), e incremento dos níveis de poluentes no ar (Lai e Cheng, 2009). A geometria urbana contribui com o aprisionamento da radiação incidente e dificulta a circulação do ar (Kruger *et al.*, 2011). A falta de vegetação altera a partição dos fluxos de energia na superfície, reduzindo a evaporação do solo e o fluxo de calor latente e, conseqüentemente, aumentando o fluxo de calor sensível (Peng *et al.*, 2012; Imhoff *et al.*, 2010; Hu e Jia, 2010).

Como afirma Lombardo (1985) “o processo de urbanização produz uma mudança radical na natureza e nas propriedades da cidade. Essa transformação envolve mudanças na geometria da radiação e da insolação, causando anomalias verificadas na temperatura do espaço urbano e repercutindo, assim, no seu perfil térmico”.

De acordo com Lombardo (1985), a maior quantidade de vegetação implica na mudança do balanço de energia, devido à necessidade das plantas absorverem a radiação solar em função de seus processos vitais. Todavia, a remoção da vegetação para dar lugar às edificações e superfícies pavimentadas prejudica as condições

ambientais, diminuindo, por exemplo, o sombreamento que impede o aquecimento do ar derivado da remissão da radiação solar pelas superfícies. O ar quente e seco contribui para o aumento da sensação de desconforto e favorece a incidência de problemas respiratórios.

No geral, nessas regiões, formam-se climas específicos, denominados microclimas urbano, que agem diretamente na troposfera inferior, causando distorções quanto ao padrão climático da região, seja em relação a amplitude térmica (Δt) ou a média térmica ($\frac{\sum t}{nt}$), alterando a capacidade de absorção de energia solar durante o dia e remissão de energia terrestre durante a noite, o que modifica sua inclinação refletiva ou (albedo), mudando fundamentalmente seu balanço energético.

Weng (2004) considera que atualmente, vários são os instrumentos e métodos de identificação de uma ilha de calor, como exemplos mais habituais temos os registradores contínuos do ar e umidade relativa, balões meteorológicos, imagens de satélites e sensoriamento remoto, contudo, de pouco valeriam, se não estabelecer um parâmetro comparativo, feito substancialmente a partir da diferenciação das áreas urbanas centrais das áreas urbanas periféricas, ou urbanas e rurais.

Howard (1883), utilizando-se estações meteorológicas urbanas e rurais em Londres, constatou-se que a noite a cidade apresentava temperaturas mais elevadas em relação aos seus entornos, justificada em parte, pela diferença de calor específico do material das construções de uma região e o tipo de construção.

Muitas foram as contribuições ao longo da história ao estudo do fenômeno, além dos já citados anteriormente, pode-se destacar após a década de 1950 os climatologistas T.J Chandler, Helmut Landsberg e Tim Oke, que convergiram para a ideia de caracterização do efeito como sendo de gênese antrópica, mostrando a variação que pode chegar a (12°) de uma região para outra e concordam tratar de um acontecimento restrito, limitado e de influência meramente local.

Com isso, todavia, pode-se verificar no geral, que as cidades, apresentam uma falta de planejamento, o que reflete diretamente em uma inadequação dos espaços construídos, com raras exceções, às condições climáticas locais, tendo, como resultado, ambientes termicamente desconfortáveis e que exigem grande consumo de energia para a sua utilização de forma adequada às atividades humanas. (Silveira, 2007).

2.3.4 Desenvolvimento urbano sustentável

Em sumo, o art. 3º da lei 6.938/81 define o meio ambiente como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abrigam e regem a vida em todas as suas formas.

Alinhado a Constituição Federal, outros instrumentos foram criados como, por exemplo, a “Política Nacional do Meio Ambiente” com o objetivo de definir o elemento de legalidade e ilegalidade de qualquer atividade que tenha repercussão sobre a qualidade do meio ambiente. Dentre as regulações contidas na Lei n.º 6.938/81, em seu artigo 2º estão descritos os princípios orientadores na busca do cumprimento de seus objetivos, elencados em seus incisos que são os seguintes:

“Art. 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

- I – ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;*
- II – racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;*
- III – planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;*
- IV – proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;*
- V – controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;*
- VI – incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso nacional e a proteção dos recursos ambientais;*
- VII – recuperação de áreas degradadas;*
- VIII – proteção de áreas ameaçadas de degradação;*
- IX – educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente”.*

Tendo em vista o aumento significativo da apropriação dos espaços e elementos naturais pelo homem, as leis ao longo da história do estado democrático de direito tiveram que sofrer várias adaptações e ementas, pois, é evidente, que tentar fazer com que essa expansão retroceda é utopicamente impossível, contudo, é viável sim, criar

modelos que associem crescimento a preservação, desenvolvimento econômico e equilíbrio ambiental, o que legitima o princípio do desenvolvimento sustentável.

Trennepohl (2010) diz que o princípio do desenvolvimento sustentável contempla a dimensão humana, física, econômica, política, cultural e social em harmonia com a proteção ambiental. Logo, como requisito indispensável para tal desenvolvimento, todos devem cooperar na tarefa essencial de erradicar a pobreza, de forma a reduzir as disparidades nos padrões de vida e melhor atender às necessidades da maioria da população do mundo.

Portanto, a ideia é buscar inserir a vida social, dinâmica das pessoas nas entranhas da natureza, respeitando seu equilíbrio, evitando com isso alterar de maneira significativa, ao ponto que perca por completo suas características originais. Não se trata de um estado permanente de harmonia, mas de um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras. (FGV, 1988) Para a resolução nº 369/2007, do CONAMA, o equilíbrio é atingido quando se leva em conta todas as condições ambientais, no sentido legal do termo, como as influências e interações de ordem física, química e biológica, que permitem abrigar e reger a vida em todas as suas formas.

2.4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada na elaboração desse trabalho contou com as seguintes etapas:

- i- Levantamento bibliográfico
- ii- Aquisição e seleção de imagens orbitais
- iii- Interpretação e georreferenciamento das imagens orbitais
 - a. Imagem de temperatura da superfície
 - b. Mapeamento do uso e cobertura do solo
- iv- Análise da ICU (Ilha de Calor Urbana) de Superfície
- v- Correlação entre os aspectos construtivos (Geometria Urbana) e o comportamento climático (TAS).

2.4.1 Geração das imagens de Temperatura da Superfície °C (TS)

Os mapas de temperatura de superfície foram elaborados tendo como base, imagens do satélite AQUA (sensor MODIS). Todo o processamento das imagens foi realizado utilizando-se a ferramenta *Model Build* do ArcGis – versão 10.2.

As imagens do sensor MODIS - *Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*, presente nos satélites TERRA e AQUA, possuem resolução espacial de 1km e são disponibilizadas, *online*, pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos na extensão *.HDF (USGS, 2017).

As imagens de Temperatura da Superfície (TS) foram derivadas dos produtos MYD11A1 (AQUA), canal 32 (11.770 - 12.270 μm) adquiridas às 13:30h, conjuntamente com a banda de qualidade (JUSTICE *et. al.*, 2002), Figura 2.2.

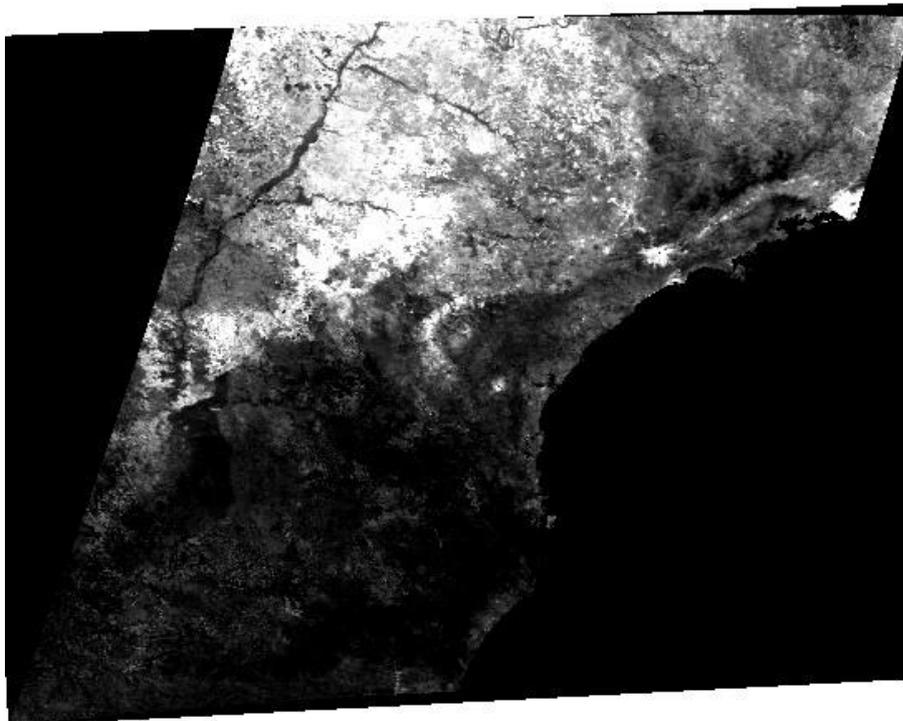


Figura 2.2 - Cena original das imagens do satélite MODIS para fins explicativos da tecnologia utilizada.

As imagens adquiridas, diariamente (21/dez/2014 a 21/dez/2015), foram convertidas em médias anual e sazonais para o ano de 2015 (verão, outono, inverno e primavera), para todo o município de Guarulhos.

Cada imagem possui na sua composição, valores de *pixels* originais (Números Digitais) que foram convertidos para valores de Temperatura da Superfície (TS°C),

conforme a Equação 1 (WAN, 2013) e em função da banda de Controle de Qualidade (CQ) da imagem (**Tabela 2.1**):

$$TS^{\circ}C = (ND * 0,02) - 273,15$$

(1)

Onde, o ND é o “Número Digital” referente ao *pixel* da imagem.

A banda de Controle de Qualidade é utilizada, como uma “máscara”, para excluir os *pixels* que representam áreas com interferências, como por exemplo, nuvens, gases atmosféricos, entre outros.

Valor do pixel	Qualidade	Valor do pixel	Qualidade
0	OK	65	Aceitável / passível de avaliação
1	OK	69	Aceitável / passível de avaliação
2	Rejeitado	81	Aceitável / passível de avaliação
3	Rejeitado	85	Aceitável / passível de avaliação
5	OK	129	Rejeitado
17	Aceitável / passível de avaliação	133	Rejeitado
21	Aceitável / passível de avaliação	145	Rejeitado
64	OK	149	Rejeitado

Tabela 2.1 - Controle de Qualidade dos *pixels* da imagem (CQ).

Fonte: adaptado de Wan (2013).

Para a determinação da Ilha de Calor de superfície urbana (IC), foram utilizadas as diferenças das temperaturas da superfície das classes de cobertura do solo em relação aos maciços verdes adjacentes, de modo a determinar o valor do delta de temperatura (ΔT). Quando os valores de amplitude térmica se apresentam superiores a $8^{\circ}C$ ($\Delta TS > 8^{\circ}C$) considera-se a região como foco de Ilha de Calor de Superfície Forte (F), valores de amplitude térmica variando entre $5^{\circ}C$ e $7,9^{\circ}C$ ($5^{\circ}C < \Delta TS \leq 7,9^{\circ}C$) considera-se Ilha de Calor de Superfície Moderada (M), enquanto, valores de amplitude térmica inferiores a $4,9^{\circ}C$ ($\Delta TS \leq 4,9^{\circ}C$) são considerados Ilha de Frescor de Superfície (Fr).

Para a área de estudo, o maciço florestal da porção norte de Guarulhos, foi tomado como parâmetro de referência para o cálculo do delta de temperatura (Classes de cobertura do solo “A”) que foi de $25,59^{\circ}C$. Desta forma, análogo a Barros e

Lombardo (2016), as divisões contemplaram três unidades, representadas no Quadro 2.1.

Unidade	Escala de valores (ΔTS)	LCZ (Classes)	Bairros Guarulhos
Ilha de Calor de Superfície Forte (F)	$\Delta TS > 8^\circ C$	1 e 4	Vila Barros, Bela Vista Bom Clima e Cocaia
Ilha de Calor de Superfície Moderada (M)	$5^\circ C < \Delta TS \leq 7,9^\circ C$	3 e 6	Lavras, Taboão, Bananal, Morros.
Ilha de Frescor de Superfície (Fr)	$\Delta TS \leq 4,9^\circ C$	A e B	Morro Grande, Capelinha Água Azul, Tanque Grande Fortaleza, Cabuçú de Cima.

Quadro 2.1 - Padrões da classificação termal. (Adaptado do município de Guarulhos-SP). Fonte: Autor

2.4.2 Mapeamento do uso e ocupação do solo

O mapeamento do padrão da cobertura do solo foi gerado em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), *software* ArcGIS 10.2 do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos (Lab. GEOPRO - UNG), por meio da classificação supervisionada pelo classificador Máxima Verossimilhança.

Esse classificador baseia-se em critérios estatísticos de média, variância e covariância, de modo que o cálculo estima a probabilidade de um pixel pertencer a uma classe pré-definida (amostras de treinamento) (JENSEN, 2005). As amostras de treinamento serão aquelas representativas dos 17 tipos de padrão geométrico (volume e altura) de cobertura do solo (**Figura 2.3**), bem como da combinação deles, de acordo com Stewart & Oke (2012).

A classificação terá como base as imagens orbitais multiespectrais de 18/04/2015 do satélite Landsat-8 sensor OLI (USGS, 2015), correspondente às faixas do infravermelho médio, infravermelho próximo e do visível.

A avaliação da exatidão da classificação do mapa de cobertura do solo será realizada por meio da técnica analítica do índice kappa (k , Equação 1), que, a partir de áreas de referência (n) distribuídas aleatoriamente na imagem, calcula a medida da diferença e a probabilidade de concordância entre os valores de referência e da classificação, utilizando como referência no mínimo 50 polígonos representativos de cada classe mapeada (CONGALTON & GREEN, 2009).

$$k = N \sum X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i} / N^2 - \sum X_{i+} X_{+i} \quad (1)$$

Onde, X_{ii} é a concordância observada; X_{i+} e X_{+i} (produto das marginais) é a concordância esperada, e N é o total de elementos observados.

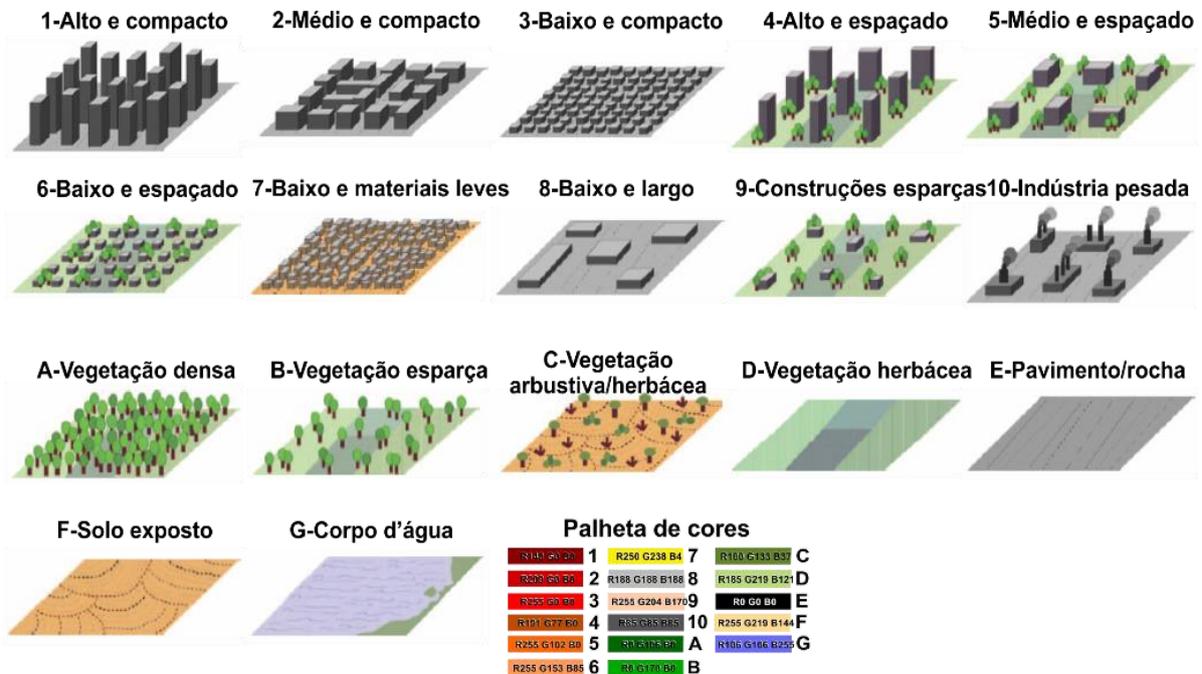


Figura 2.3 - Tipos de cobertura do solo segundo a classificação de Stewart & Oke (2012)

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.5.1 Temperaturas da Superfície de Guarulhos (TS)

O gradiente de temperatura da superfície medido através da banda termal do satélite MODIS, apresentou os menores valores espaciais para o verão em torno de 17° C, estes estão concentrados nos limites do extremo norte e nordeste (Serra da Cantareira), em consonância com os municípios de Mairiporã e Arujá, concentrados nos bairros Morro Grande, Capelinha, Água Azul, Tanque Grande, Fortaleza e Cabuçu de Cima.

Os valores intermediários, ou seja, aqueles que estão entre as máximas e as mínimas apresentaram variação entre 26,6° C e 34,6° C estão predominantemente concentradas ao norte dos bairros de Morros, Taboão, Lavras, Bonsucesso e Sadokin e ao sul dos bairros Cabuçu, Invernada e Bananal.

Os maiores valores de temperatura da superfície medidos foram superiores a $42,42^{\circ}\text{C}$ e forma um anel em torno da área centro-ocidental do território municipal, com uma maior representatividade dos bairros Vila Barros, Bela Vista, Bom Clima e Cocaia.

Esse análise anterior pode ser observada através da interpretação da figura 2.4, onde (a), correspondente a estação do verão, (b) outono, (c) inverno e (d) primavera. No caso específico do verão figura 2.4 (a), às temperaturas mais altas ficaram em torno de 43°C e as mínimas em torno de 17°C , a primeira, observada, sobretudo nas (LCZ) de classes 1 e 4, onde existe uma predominância de prédios altos e as mínimas nas de classes A e B, onde a vegetação é dominante, o que confirma uma clara distinção entre ilhas de calor e ilhas de frescor.

A mesma interpretação cabe as outras estações do ano, como exemplo de ratificação vamos usar a figura 2.4 (c), que se trata de imagem termal obtida no período do inverno e que supostamente seria uma condição diametralmente oposta à do primeiro exemplo. Nela podemos observar, que as LCZ de classes 1 e 4 continuam apresentando as maiores temperaturas aparentes da superfície (TAS), enquanto as LCZ de classes A e B, comportam-se conforme o exemplo anterior, apresentando as menores médias.

Com isso, podemos estabelecer um gradiente termal que indica que os efeitos das aglomerações urbanas verticalizadas podem ser observados ao longo de todo o ano, pontuando, negativamente a influência antrópica na composição e ou formação dos microclimas urbanos, identificados ora por ilhas de calor, ora por ilhas de frescor.

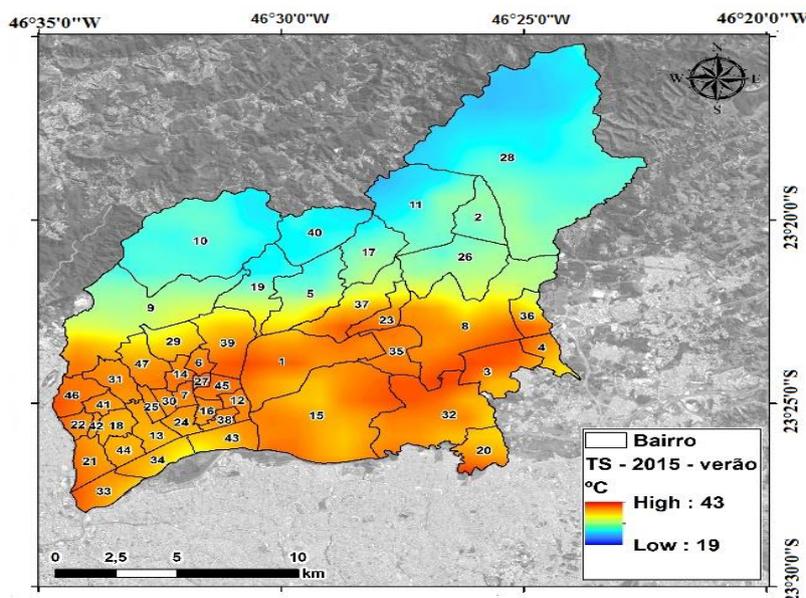


Figura 2.4 (a) - Imagem diurna da temperatura da superfície de Guarulhos no verão. Fonte: Autor.

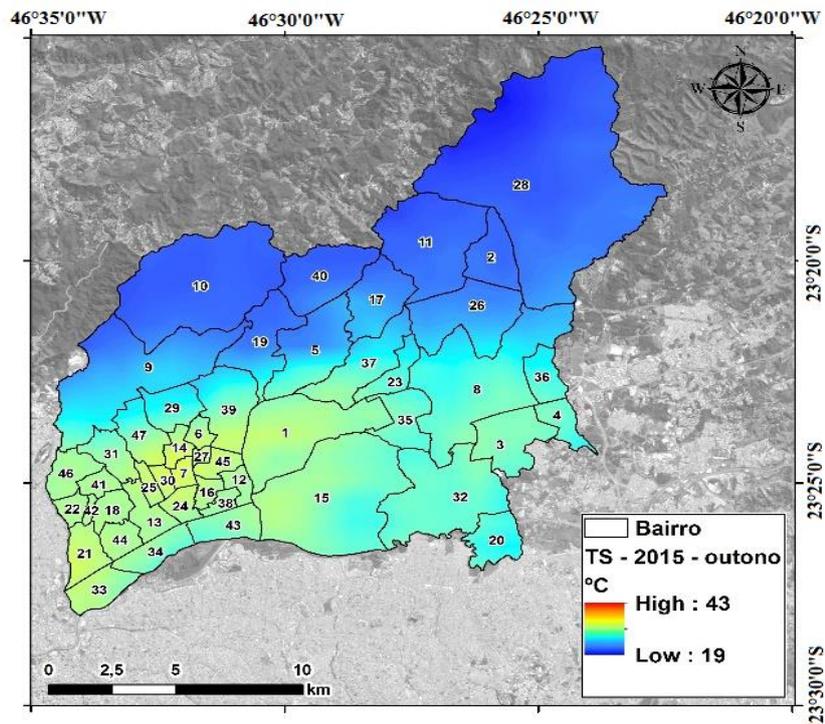


Figura 2.4 (b) - Imagem diurna da temperatura da superfície de Guarulhos no outono. Fonte Autor.

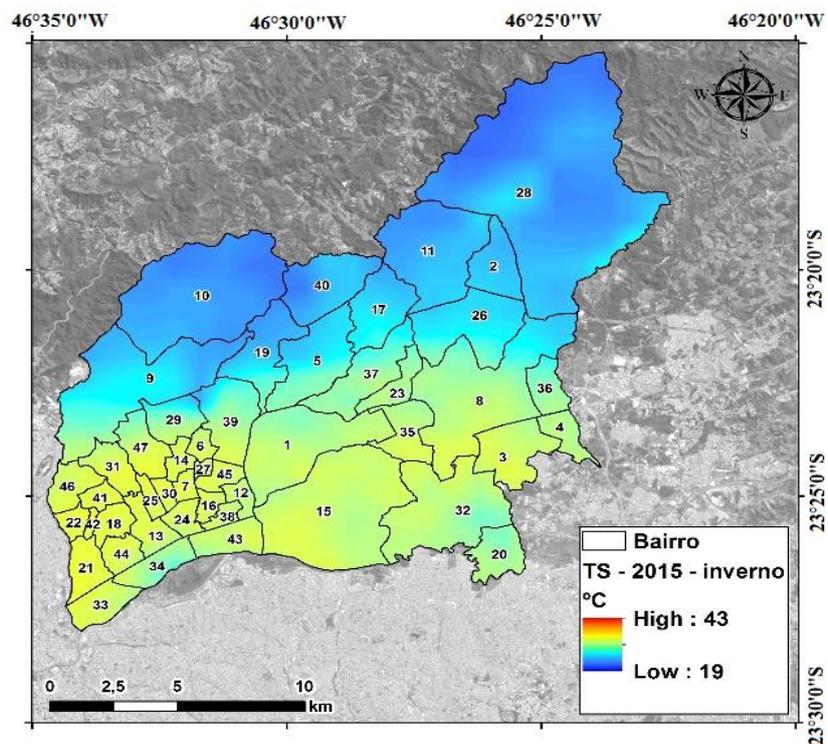


Figura 2.4 (c) - Imagem diurna da temperatura da superfície de Guarulhos no inverno. Fonte: Autor

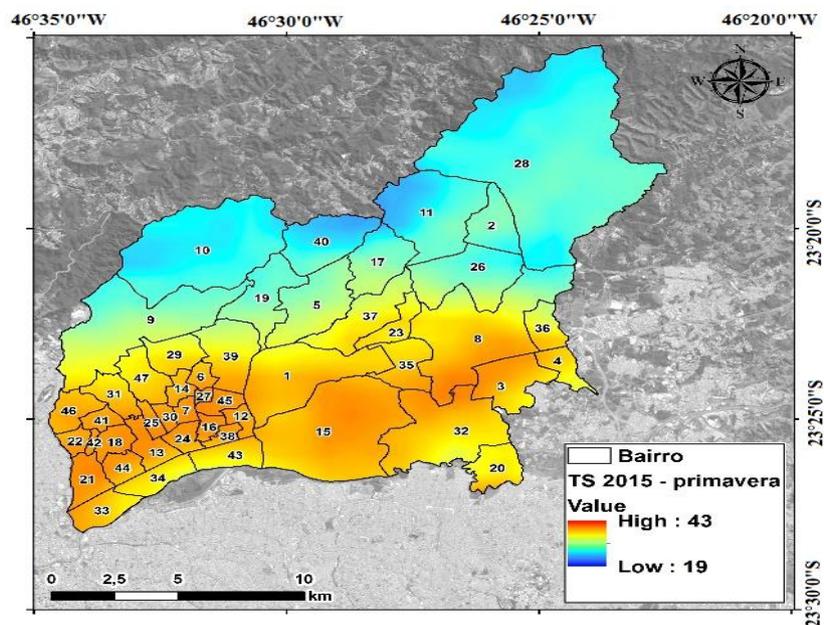


Figura 2.4 (d) - Imagem diurna da temperatura da superfície de Guarulhos na primavera. Fonte: Autor

2.5.2 Zonas Climáticas Locais (ZCL) e Temperaturas Médias da Superfície de Guarulhos (TS)

De modo geral, a avaliação do resultado da exatidão da classificação do mapa de uso e cobertura do solo, pelo índice *kappa* (Equação 1), apontou um coeficiente de 0,85, considerado excelente segundo a classificação de Landis & Koch (1977). Este coeficiente refletiu a alta sensibilidade do mapa em classificar as feições reais do terreno.

No município de Guarulhos existe um predomínio da (ZCL) de classe “A” (**Figura 2.5**), com área aproximada de 11.148,52 ha, corresponde a uma grande região que sofre influência direta e indireta da serra da Cantareira, abrange bairros como o Cabuçu de Cima, Tanque Grande, Capelinha e Morro Branco, apresenta vegetação em sua maioria densa porem por vezes aparece espaçada. Suas médias anuais giram em torno de 26 ° C em quanto suas menores temperaturas superficiais ocorreram no outono, 23° C e suas maiores temperaturas da superfície são registradas no verão, 36° C.

Outra área de grande importância territorial no município de Guarulhos é a ZCL de classe-3, com cerca de 4.856,08 ha e localizada em praticamente em toda extensão centro-ocidental e centro-oriental, engloba bairros muito povoados, como é o caso do Centro, Pimentas, Nova Cumbica, Vila Galvão e parte sul do bairro Cabuçu. No verão, suas temperaturas máximas superficiais desses bairros podem atingir marcantes 42° C,

enquanto no inverno, registram-se temperaturas máximas próximas aos 24° C, contudo se considerarmos a sua média térmica anual, a mesma fica aproximadamente em 34° C (**Figura 2.5**).

As demais ZCLs, mesmo territorialmente de menor extensão, atuam ativamente na composição climática, dando origem a microclimas urbanos, visto que, parte delas, como é o caso das ZCLs classes 1, 4 e 10, representam a síntese das estruturas e mecanismos que compõem uma cidade. As classes 1 a 4 fazem referência direta ao modo de habitação, enquanto que as classes 8 e 10, representam um *modus operandi* da economia local (**Figura 2.5**).

Analisando em conjunto as classes que caracterizam o ambiente construído (ZCLs 1 a 10, na figura 2.5a), foi possível observar que as classes de 1 a 4, 8 e 10, estiveram ao longo de todo o ano de 2015, com TS cerca de 8° C (*ilha de calor forte*) mais elevadas que as áreas de vegetação arbórea (ZCL “A”) localizadas na porção norte do município (**Figura 2.5**). Com as classes 5 e 7, apontando um $\Delta TS^{\circ}C$ moderado ($5^{\circ}C \leq \Delta TS^{\circ}C < 8^{\circ}C$), sendo as classes 3 e 9 as únicas a se encontrarem numa *ilha de frescor* ($\Delta TS^{\circ}C < 5$).

Durante a estação do verão, o $\Delta TS^{\circ}C$ das áreas construídas, encontra-se praticamente todo ele imerso numa *ilha de calor forte*. Com exceção da ZCL 9, que por se tratar de uma classe que ocorre predominantemente na zona rural na forma de pequenas chácaras ou sítios, esta foi a única classe que apresentou *ilha de frescor* durante todas as estações de 2015 (**Figura 2.6**).

No outono, assim como no inverno, as baixas temperaturas da superfície estão relacionadas principalmente aos dias mais curtos com menor exposição aos raios solares, assim como, ao avanço de frentes frias vindas do polo sul (YNOUE *et al*, 2017). Este conjunto de fatores, proporcionam uma *ilha de frescor* em praticamente todo o município durante os meses de abril a setembro, com exceção das classes 1 a 5, 8 e 10, que mesmo durante esses meses frios apresentaram uma ilha de calor moderada (**Figura 2.6**).

Na primavera, com o retorno dos dias mais longos com maior exposição da superfície terrestre ao sol, nota-se o reaparecimento de áreas com *forte ilha de calor*, devido as altas temperaturas da superfície em boa parte das classes de ZCLs, com algumas classes apresentando *ilha de calor moderada* e algumas exceções de *ilha de frescor*. Esta última, observada apenas na zona rural do município, representada pelas classes de ZCL 9 e A (**Figura 2.5**).

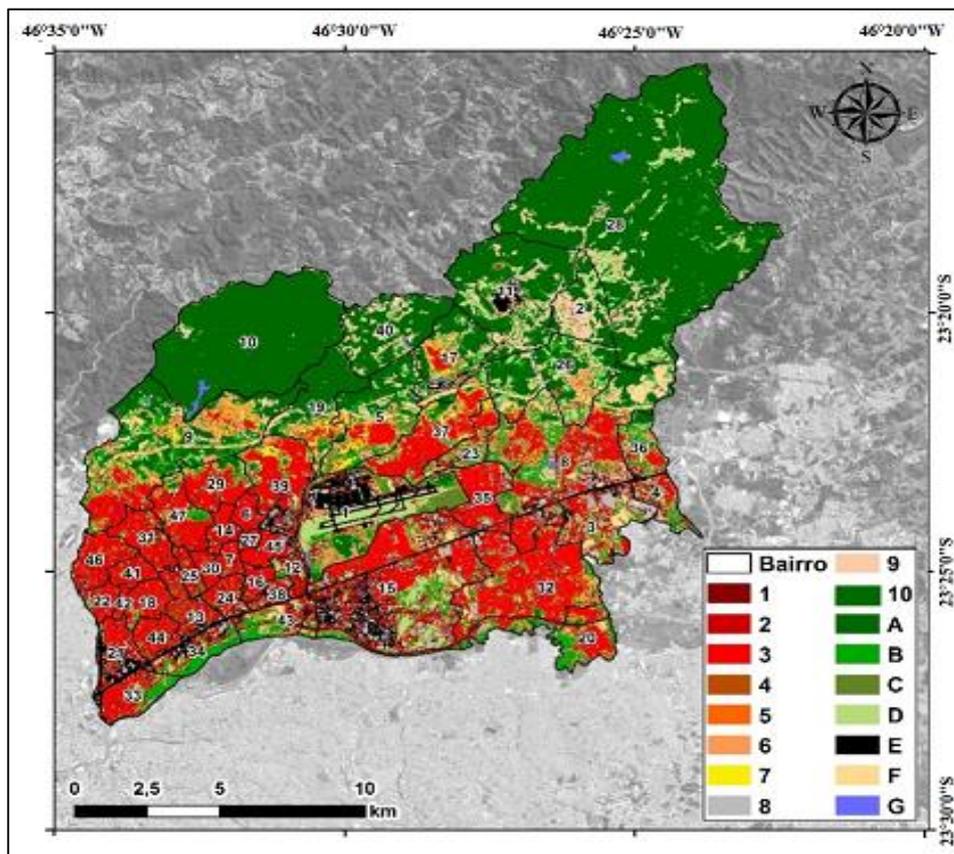


Figura 2.5 - Classes de Zonas Climáticas Locais do município de Guarulhos.
Fonte: Autor

ZCL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A	B	C	D	E	F	G
Média 2015																	
$\Delta TS^{\circ}C$	8,0	8,7	8,4	9,0	7,8	4,6	5,7	8,5	0,9	8,1	0,0	4,9	6,8	5,4	8,5	5,7	2,7
IC	F	F	F	F	M	Fr	M	F	Fr	F	Fr	Fr	M	M	F	M	Fr
Verão 2015																	
$\Delta TS^{\circ}C$	12,4	13,2	12,8	13,2	12,3	8,4	9,7	13,1	3,5	12,7	2,3	8,7	11,2	9,3	12,9	9,7	5,7
IC	F	F	F	F	F	F	F	F	Fr	F	Fr	F	F	F	F	F	M
Outono 2015																	
$\Delta TS^{\circ}C$	3,3	3,9	3,6	4,2	3,0	0,5	1,4	3,6	-2,6	2,9	-3,3	0,8	2,1	1,2	4,1	1,4	-1,1
IC	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr
Inverno 2015																	
$\Delta TS^{\circ}C$	5,6	6,2	5,9	6,5	5,3	2,5	3,5	6,0	-0,2	5,6	-1,2	2,9	4,5	3,3	5,9	3,6	1,2
IC	M	M	M	M	M	Fr	Fr	M	Fr	M	Fr	Fr	Fr	Fr	M	Fr	Fr
Primavera 2015																	
$\Delta TS^{\circ}C$	10,8	11,5	11,2	11,9	10,5	6,9	8,1	11,5	2,9	11,1	2,2	7,3	9,3	8,0	11,1	8,2	5,1
IC	F	F	F	F	F	M	F	F	Fr	F	Fr	M	F	F	F	F	M

Figura 2.6 - Classificação da Ilha de Calor (IC) de Guarulhos para as estações do ano de 2015, onde F, M e Fr significam respectivamente: Forte, Moderado e Fraco. Fonte: Autor.

2.6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O trabalho apresentou a utilização da metodologia das Zonas Climáticas Locais na caracterização de espaços específicos dentro do município de Guarulhos-SP, levando em consideração as suas temperaturas superficiais (TS), o calor específico dos materiais, as características construtivas e a sua geometria urbana, a fim de identificar possíveis áreas focos ou em processo de formação de ilhas de calor urbana.

A percepção da heterogeneidade do processo de ocupação e uso do solo, as diferenças entre as áreas centrais e periféricas, a utilização de alguns materiais nos equipamentos urbanos como o asfalto, o concreto, o vidro e o metal e a disposição de sua geometria urbana foi amplamente observada através das zonas climáticas locais, apontando o município de Guarulhos características relacionadas a uma taxa de ocupação do terreno de 60%, fator visão médio de 0,6 e fluxo antropogênico de 125 w/m². Com temperaturas médias da superfície em torno de 33,8° C nas áreas urbanizadas LCZ 1 e 4 e de 30° C nas áreas que margeiam os centros urbanos e nas zonas rurais.

As classes 1 e 4, 8 e 10, de análise da (LCZ) para o ano de 2015 no município de Guarulhos, mostrou uma média térmica superior em 8°C em relação a outras áreas, sobretudo aquelas ligadas a LCZ classe A, área rica em vegetação arbórea e que mesmo nos meses de verão ainda permanecem como ilha de frescor, enquanto, a região centro-oeste, anteriormente citada, mesmo nos períodos do outono e inverno, apresentaram características de ilhas de calor, moderadas, contudo, ilhas de calor.

O estudo mostrou também, que as (LCZ) são instrumentos importantes e confiáveis na avaliação da qualidade ambiental e que associadas interdisciplinarmente podem se tornar ferramentas fundamentais e indispensáveis na avaliação de fenômenos como a concentração de gases e poluentes atmosféricos, assim como também, na análise das alterações de amplitude térmica e conseqüentemente nos seus efeitos nocivos ao ser humano, como por exemplo, aqueles ligados a interferências no aparelho respiratório, que, por conseguinte, podem levar a mortandade. Subordinando com isso à formulação de políticas públicas que interfiram na elaboração e ajuste dos planos diretores nos municípios brasileiros, proporcionando uma melhor adaptação da sociedade às possíveis variações climáticas.

Sugere-se por fim, a aplicabilidade da metodologia (LCZ), associada a imagens de satélites orbitais, assim como a análise do comportamento da circulação atmosférica

com o objetivo de buscar o equilíbrio entre o crescimento das cidades com a sustentabilidade dos ecossistemas urbanos, permitindo uma racionalização dos espaços, aumento das ilhas de frescor inversamente proporcionais as de calor, o que inferiria numa melhoria considerável da qualidade de vida da população das cidades.

2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP. São Paulo, N. 219, 1956.

ALCAMO, J., DOLL, P., HEINRICH, T., KASPAR, F., LEHNER, B., R. OSCH, T., . SIEBERT, S., 20. **Global estimates of water withdrawals and availability under current and future business-as-usual conditions**. Hydrological Sciences Journal: 2003.

ALONSO, A.; COSTA, V. **Por uma sociologia dos conflitos ambientais no Brasil**. In: ALIMONDA, H. Ecologia política: natureza, sociedade y utopia. Buenos Aires: CLACSO, 2002.

ANDRADE, M. R. M. *et al.* **Aspectos fisiográficos da paisagem guarulhense**, In: OMAR, E. (organizador). Guarulhos Tem História Questões Sobre História Natural, Social E Cultural. São Paulo: Ananda, 2008.

BARRET, E.C; CURTIS. **Introduction to Environmental Remote Sensing**. Springer Netherlands, 1992.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 1, p. 160-177, mês. 2016. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/97783>. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2016.97783>.

BUREAU. **World population growth will continue**. Washington 2007.

CANÇADO, J. E. D. et al. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v.32, n.Supl 1, p.S5-S11, 2006.

CHEN, X.L.; ZHAO, H. M.; LI, P. X.; YIN, Z. Y. **Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes**. Remote Sensing of Environment, 2006.

CHOAY, Françoise. **O urbanismo**. 5ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing Environment**, v. 37, p.35-46, 1991. Doi:10.1016/0034-4257(91)90048-B.

COSTA, R. A. and ROSA, R.(1999). **O Uso de Imagens Termiais no Estudo de Ilhas de Calor Urbana: O Caso de Uberlândia - MG.** Proceedings of the 51th Reunião Anual da SBPC. Porto Alegre.

CURRAN. **Imaging Spectrometry: Basic Principles and Prospective Applications.** . New York: Springer Science & Business Media. 1995.

EDWARDS, Jp. **Exploring the full spectrum of macrophage activation.** Nat Rev Immunol. 2008.

FIALHO, E. S. **Ilha de Calor em cidade de pequeno porte: Um caso de Viçosa, Zona da Mata Mineira.** São Paulo, 2009. 259p. Tese (Doutorado em Geografia/Geografia Física) – Universidade de São Paulo.

FIALHO, E. S.; AZEVEDO, T. R. **Refletindo sobre o conceito de ilha de calor.** In: Simpósio brasileiro de geografia física aplicada, 13, 2009, Viçosa: UFV, 2009. V. 1. Disponível em acesso em: 06 fev. 2012.

FOWLER, P. J. **The pastincontemporary society: them, now.** London: Routledge, 1992.

GALLO, K. P.; McNAB, A. L.; KARL, T. R.; BROWN, J. F.; HOOD, J. J.; TARPLEY, J.D. **The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect.** Journal of Applied Meteorology,1993.

GOMES, Gabriela Lúcia da Costa e Castro. **Análise Geoambiental de áreas de risco a escorregamentos nos loteamentos do recreio São Jorge e Novo Recreio, município de Guarulhos – SP.** 2008. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental), Universidade Guarulhos, Guarulhos 2008.

GOOGLE EARTH PRO. **Informações obtidas da página do GOOGLE na internet.** Disponível em: <www.google.com>.Acesso: 01 mar. 2017.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/pt/>. Acessado em: 27 Nov. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Manual técnico de uso da Terra.** Manuais Técnicos em Geociências, número 7. IBGE, 1999.

JENSEN, J. R. **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective.** 3rd Ed., Upper Saddle River: Prentice Hall, Inc., 525p. 2005.

KEARNS, G.; PHILO, C. **Selling places: the city as cultural capital,past and presente.** OXFORD: Programan Press, 1993.

KRÜGER, E. L.; MINELLA, F. O.; RASIA, F. **Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil.** Build Environment, 2011.

LAI, L.W.; CHENG, W.L. **Air quality influenced by urban heat island coupled with synoptic weather patterns.** Science of The Total Environment, v. 407, p. 2724 – 2733, 2009.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-154, 1977.

LANDSBERG, H. *The urban climate*. Academic Press, New York, 1981.

LEFF, Enrique. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder.** Petrópolis: Vozes, 2000.

LEFEBVRE, Henri. **A vida cotidiana no mundo moderno.** São Paulo. Ática. 1991.

LILLESAND, M; KIEFER W. **Remote Sensing and Image Interpretation.** New York, 1994.

LI , L.J., WANG, X.J. **Remote sensing evaluation of urban heat island. And its spatial patten of the Shangai metropolitan area, China.** Ecol. Complex, 2014.

LOMBARDO, M. A.(1985). **Ilha de Calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.** Hucitec. São Paulo.

LOPES, A. **O sobreaquecimento das cidades causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa.** Territorium 15, pp. 39-52, 2006.

MARQUES, José Roberto. **Meio ambiente urbano.** Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005.

MATHER, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images.** John Wiley & Sons, New York, 1987.

MEIRELES, V.H.P. **Estudo do Fenômeno da Ilha de Calor Urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ).** Rio de Janeiro, 2011. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MENDONÇA, F. A.(1997). **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**: Proposição metodológica e sua aplicação a cidade de Londrina/PR. São Paulo: Universidade de São Paulo. (Tese de Doutorado).

NBR ISO 14001. ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso,2004.

MILARÉ, Edis. **Direito do Ambiente**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil** -. 2. ed. -. Rio de Janeiro : IBGE,. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

OKE, T.R., 2006. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites, World Meteorological Organization**. Instrument and Observing Methods Report No. 81.

OKE, T.R. **City size and the urban heat island**. Atmospheric Environment. London, Pergamon, v. 7, p. 769-779, 1973.

OKE, T.R. 1988. **Street design and urban canopy layer climate**. Energy and Building. Amsterdam, Elsevier Science, 11, p. 103-113.

OKE, T.R. **The energetic base of urban heat island**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. London, Elsevier Science, v. 108, p. 1-24, 1982.

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. Cambridge University Press, London, 1987.

OKE, T.R., 2004. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. World Meteorological Organization Instruments and Observing Methods, Report no. 81. Geneva: WMO.

OKE, T.R. 1995. **The Heat Island Characteristics of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects**. In Cermak, J. E. et al. (Eds) Wind Climate in Cities, Kluwer Academic: 81-107.

OKE, T.R. 2005. **Towards better scientific communication in urban climate**. Theoretical and Applied Climatology, 84.

OKE, T. R. **Canyon geometry and the nocturnal urban heat island**: comparison of scale model and field observations. Journal of climatology, v.1, n.1-4, p. 237-254, 1981

OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; et al.. **Guarulhos**: espaço de muitos povos. São Paulo: Nova América, 2007.

OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; ANDRADE, Marcio Roberto Magalhães de; SATO, Sandra Emi; QUEIROZ, William. **Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos**. Guarulhos: Laboratório de

Geoprocessamento da Universidade Guarulhos, 2009. 178 p. 4v. Mapas (Relatório FAPESP - Processo 05/57965-1).

OXFORD. Dicionário Oxford Para Estudantes de Inglês: Inglês-Português/Português-Inglês. Oxford University Press, Incorporated, 1999.

PENG, S.; PIAO, S.; CIAIS, P.; FRIEDLINGSTEIN, P.; OTTLE, C.; BRÉON, F.M.; -, H.; ZHOU, L.; MYNENI, R.B. **Surface urban heat island across 419 global big cities.** Environmental Science & Technology, 2012.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira.** São Paulo: HUCITEC, 1993.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico-informacional.** São Paulo: Hucitec, 2008.

SOROKIN, Pitirim A.; ZIMMERMAN, Carlo C.; GALPIN, Charles J. **Diferenças fundamentais entre o mundo rural e o urbano.** In: MARTINS, José de Souza. Introdução crítica a sociologia rural. São Paulo: Hucitec. 1981

STEWART, I. D. **A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature.** International Journal of Climatology, 2010.

STEWART, I. D. & OKE, T. R. 2012. **Local Climate Zones for Urban Temperature Studies.** Bull. Am. Meteorol. Soc., 93, 1879–1900, doi:10.1175/BAMS-D-11-00019.1.

TARGINO, A. C.; KRECL, P.; CORAIOLA, G. C. **Effects of the large-scale atmospheric circulation on the onset and strength of urban heat islands: a case study.** Theoretical and Applied Climatology, 2013.

VEIGA, José Eli. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**, ed. Garamond, 2005.

VEIGA, José Eli. **Economia socioambiental**, ed. Garamond 2010.

VIDAL DE LA BLACHE, P. **Tableau de Lageographie de La France.** Paris: Hachette, 1903.

WENG, Q.; LU, D.; SCHUBRING, J. **Estimation of land surface temperature – vegetation abundance relationship for urban heat island studies.** Remote Sensing of Environment, 2004.

WENG, Q., LIU, H., & LU, D . **Assessing the effects of land use and land cover pattern on thermal condition using landscape metrics in city of Indianapolis, United states.** Urban Ecosystems, 2007.

XIAO,, R, -B., OUYANG, Z,-Y., ZHENG, H., LI, W, -F., SCHINKE, E. W., & WANG, X -K. **Spatial pattern os impervious surfaces and their impacts on land surface temperature in Beijeng, China.** Jornal of environmental Sciences, 2007.

YNOUE, R. Y.; AMBRIZZI, T.; REBOITA M. S.; SILVA, G. A. M. **Meteorologia: noções básicas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

CAPÍTULO 3
CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A motivação para o desenvolvimento da ciência pode partir de vários pressupostos coletivos e individuais, tendo em vista que a necessidade inspira a causa este trabalho teve como um dos seus objetivos o estabelecimento de um referencial na aplicação do método Local Climate Zone (LCZ) para identificar áreas com suas temperaturas anômalas às suas faixas e zonas climáticas.

O estudo foi feito no município de Guarulhos, região metropolitana de São Paulo (RMSP), uma das maiores aglomerações urbanas do país, com aproximadamente 21.242.939 habitantes (IBGE, 2017), o que permitiu a assimilação clara da proposta pensada para cidades de médio e grande porte no que tange o campo térmico estudado por Lombardo (1985), Mendonça (1994) e Amorim (2000).

Para o desenvolvimento desse trabalho, alguns elementos foram analisados em sincronia e paralelamente com os setores denominados de zonas climáticas locais (ZCL), como é o caso, por exemplo, das imagens termais orbitais, o que permitiu identificar a geometria urbana como fator contribuinte significativo na alteração das médias das temperaturas aparentes da superfície (TS) ao longo de todo o ano e por seguinte ao longo das quatro estações climáticas.

A variação térmica observada de forma dicotômica entre as áreas mais centrais e urbanizadas (LCZ- 1-4) chega a diferenças aproximadas de 6° C quando comparadas as áreas mais periféricas e ou rurais. Essa variação, entre áreas de uma mesma cidade, já fora observada anteriormente por Oke (1974) o que acabou por definir climas específicos, dentro de espaços peculiares, com características únicas, denominados de microclimas urbanos. Esse subtipo climático está por vezes associados ao modo de ocupação dos espaços, a densidade construtiva, os materiais utilizados e a presença ou não de áreas naturais, seja relativas à vegetação, seja relativas à presença de água.

Segundo Instituto do Legislativo Paulista da Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (2012), Guarulhos apresenta resultados bastante preocupantes quanto a qualidade de vida da população, segundo os critérios de riqueza, escolaridade e expectativa de vida. Não obstante, segundo a Secretaria Municipal de Saúde, parte dos problemas relacionados à qualidade de vida da população está associada à dinâmica climática da região, que em determinados lugares convergem para problemas pulmonares, de visão e câncer de pele.

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS), alguns índices são adotados para medir o conforto ou desconforto ambiental. Dentre eles podemos citar a umidade relativa do ar (UR) e a temperatura aparente da superfície (TAS), ambas relacionadas diretamente ao uso e ocupação do solo assim como a sua geometria urbana. Em relação à temperatura, o intervalo satisfatório para um conforto térmico para o ser humano flutua entre (20° C e 30° C), enquanto em relação à umidade relativa a variação está compreendida entre (32% e 78%).

Por consecutiva é fato que em algumas regiões as temperaturas do município de Guarulhos atingem índices tanto superiores, quanto inferiores aos intervalos anteriormente mencionados, deixando de oferecer um ambiente agradável e saudável a parte de sua população. Esse microclima formado em determinadas partes do município possui características bem diferentes do que naturalmente deveria ocorrer em uma zona mesotérmica, de clima predominantemente subtropical, tanto em relação as suas médias térmicas, quanto em relação as suas amplitudes térmicas.

Como resultado dessas exceções climáticas podemos citar as LCZs de classe (1 e 4) que correspondem a locais de médias térmicas muito elevadas, denominadas de “hotspots” ou ilha de calor urbana (ICU), fenômeno relacionado e cada vez mais presente em áreas com elevado coeficiente térmico específico, pouco albedo e circulação atmosférica comprometida pela disposição das construções. O que por vezes gera um desconforto na qualidade de vida da população. Enquanto, outras partes do município, apresentam comportamentos diametricamente opostos, com temperaturas abaixo do praxe da zona térmica em questão, LCZ de classes (A e B), que correspondem a ilhas de frescor.

O fenômeno, ilha de calor urbano (ICU), mesmo que isoladamente, produz efeitos consideravelmente nocivos aos ecossistemas locais, contudo, o mesmo, deveras, vem associado a outros acontecimentos, como é o caso da inversão térmica, da concentração de poluentes e da alteração do sentido dos ventos, intensificando ainda mais os efeitos da poluição local.

Dentre as possíveis soluções ou atitudes mitigadoras do efeito ICU podemos apontar: a diminuição da emissão de poluentes atmosféricos em áreas urbanas, o aumento da cobertura foliar, através do plantio de novas áreas e a preservação das antigas, a mudança nos materiais utilizados nas construções, a padronização nas cores da cidade com foco nas mais claras e, portanto com maior albedo (capacidade de reflectância eletromagnética).

No entanto, a melhor maneira de evitar o surgimento de “*hot spots*” é, sem dúvida, acionar o pensamento coletivo, direcionado ao bem comum, através de um planejamento urbano adequado. Pois, grande parte das causas está associada ao crescimento urbano acelerado, pautado nos preceitos capitalistas, de apropriação dos espaços conforme a necessidade econômica e fins especulativos e não de acordo com os preceitos preservacionistas ambientais.

É fato, portanto, que o estudo das (LCZs), associado às imagens termais obtidas via sensoriamento remoto orbital, é eficiente e pode ser utilizado como uma ferramenta na identificação das ilhas de calor urbana e método para ser aplicado como medida de profilaxia na gestão da qualidade ambiental das cidades de médio e grande porte, permitindo com isso, possíveis intervenções de ordem pública no planejamento e reconstrução dos espaços urbanos, garantindo o direito das futuras gerações de se apropriarem de um meio ambiente mais saudável. Por fim, sugere-se a aplicação do método, não como um fim, mas como um meio de orientação para a condução de uma nova perspectiva de crescimento das cidades pautado na alteração mínima do clima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP. São Paulo, N. 219, 1956.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14724**: Informação e documentação -Trabalhos acadêmicos -Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ALCAMO, J., Doll, P., HEINRICH, T., KASPAR, F., LEHNER, B., R . OSCH, T., . SIEBERT, S., 20. **Global estimates of water withdrawals and availability under current and future business-as-usual conditions**. Hydrological Sciences Journal: 2003.

ALONSO, A.; COSTA, V. **Por uma sociologia dos conflitos ambientais no Brasil**. In: ALIMONDA, H. Ecologia política: natureza, sociedad y utopia. Buenos Aires: CLACSO, 2002.

ANDRADE, Manoel Correia. **Geografia econômica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1981.

ANDRADE, M. R. M. et al. **Aspectos fisiográficos da paisagem guarulhense**, In: OMAR, E. (organizador). Guarulhos Tem História Questões Sobre História Natural, Social E Cultural. São Paulo: Ananda, 2008.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

BARRET, E.C; CURTIS. **Introduction to Environmental Remote Sensing**. Springer Netherlands, 1992.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 1, p. 160-177,

mês. 2016. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/97783>. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2016.97783>.

BECHTEL, B.; COAUTHORS, 2015: **Mapping Local Climate Zones for a Worldwide Database of the Form and Function of Cities** . *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, **4**, 199–219, doi:10.3390/ijgi4010199.

BECHTEL, B.; ALEXANDER, P.; BÖHNER, J.; CHING, J.; CONRAD, O.; FEDDEMA, J.; MILLS, G.; SEE, L.; STEWART, I. (2015) **Mapping Local Climate Zones for a Worldwide Database of the form and function of cities**. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **4**, 199 – 219; doi: 10.3390/ijgi4010199.

BRASIL. **Constituição** (1988). **Constituição** da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado **Federal**: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. NOVO CÓDIGO FLORESTAL. Lei nº 12.651 de 2012. O código busca a proteção e uso sustentável das florestas e da vegetação nativa em harmonia com o desenvolvimento econômico. – Retirado de <codigoflorestal.sistemafaep.org.br>. – Acessado em 20/03/2016.

BUREAU. **World population growth will continue. Washington 2007.**

CANÇADO, J. E. D. et al. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v.32, n.Supl 1, p.S5-S11, 2006.

CHEN, X.L.; ZHAO, H. M.; LI, P. X.; YIN, Z. Y. **Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes**. *Remote Sensing of Environment*, 2006.

CHOU, S.C., LYRA, A., MOURÃO, C., DERECZYNSKI, C., PILOTTO, I., GOMES, J., BUSTAMANTE, J., TAVARES, P., *et al.* (2014) Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. **American Journal**

of Climate Change. 3 (5), 512-527. Disponível em: <doi: 10.4236/ajcc.2014.35043>. Acessado em 20.09.2016.

CHOAY, Françoise. **O urbanismo**. 5ª ed. São Paulo: Perspectiva, **2003**.

CONGALTON, R. G.; ODERWALD, R. G.; MEAD, R. G. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate statistical techniques. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 49(12): 1671-1678, 1983.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing Environment**, v. 37, p.35-46, 1991. Doi:10.1016/0034-4257(91)90048-B.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n.369, de 2007**. Brasília. Retirado de: <www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm> Acessado em:20/03/2015.

COSTA, R. A. and ROSA, R.(1999). **O Uso de Imagens Termais no Estudo de Ilhas de Calor Urbana: O Caso de Uberlândia - MG**. Proceedings of the 51th Reunião Anual da SBPC. Porto Alegre.

CUNHA, J. E. B. L and RUFINO, I. A. A.; IDEIÃO, S. M. A.(2009). **Determinação da temperatura de superfície na cidade de Campina Grande-PB a partir de imagens do satélite Landsat 5-TM**. Proceedings of the Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. Natal. Brasil. INPE, p. 5717- 5724.

CURRAN. **Imaging Spectrometry: Basic Principles and Prospective Applications**. . New York: Springer Science & Business Media. 1995.

EDWARDS, Jp. **Exploring the full spectrum of macrophage activation**. Nat Rev Immunol. 2008.

FIALHO, E. S. **Ilha de Calor em cidade de pequeno porte: Um caso de Viçosa, Zona da Mata Mineira**. São Paulo, 2009. Tese (Doutorado em Geografia/Geografia Física) – Universidade de São Paulo.

FIALHO, E. S.; AZEVEDO, T. R. **Refletindo sobre o conceito de ilha de calor**. In: Simpósio brasileiro de geografia física aplicada, 13, 2009, Viçosa: UFV, 2009. V. 1. Disponível em acesso em: 06 fev. 2012.

FOWLER, P. J. **The pastincontemporary society: them, now**. London: Routledge, 1992.

FELLENBERG, Gunter. **Introdução ao controle de poluição ambiental**, ed. Epu, 2003

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação Em Sensoriamento Remoto - Ampliada E Atualizada** 3. ed. Oficina de textos. 2011.

FOWLER, P. J. **The pastincontemporary society: them, now**. London: Routledge, 1992.

GALLO, K. P.; McNAB, A. L.; KARL, T. R.; BROWN, J. F.; HOOD, J. J.; TARPLEY, J.D. **The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect**. Journal of Applied Meteorology, 1993.

GOMES, Gabriela Lúcia da Costa e Castro. **Análise Geoambiental de áreas de risco a escorregamentos nos loteamentos do recreio São Jorge e Novo Recreio, município de Guarulhos – SP**. 2008. Dissertação 9Mestrado em Análise Geoambiental), Universidade Guarulhos, Guarulhos 2008.

GONZALES, S. F. N. **O espaço da cidade contribuição à análise urbana**, São Paulo, 1985.

GOOGLE EARTH PRO. **Informações obtidas da página do GOOGLE na internet.**
Disponível em: <www.google.com>. Acesso: 15 Dez. 2016.

GUARULHOS. Prefeitura de Guarulhos. Disponível em:
<<http://www.guarulhos.sp.gov.br/>> Acesso em: 30 Fev. 2016.

GUARULHOS (Município). Lei nº 6.551, de 24 de agosto de 2009. Institui o programa ilhas verdes – PIV no Município de Guarulhos e dá providências correlatas. Diário Oficial [do] Município de Guarulhos, Guarulhos, SP, 25 ago. 2009. Disponível em: <<http://www.guarulhos.sp.gov.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

GOOGLE EARTH PRO. **Informações obtidas da página do GOOGLE na internet.**
Disponível em: <www.google.com>. Acesso: 01 mar. 2017.

HOUAISS, A. et al. **Dicionário Eletrônico Houaiss 3.0.** Instituto Antonio Houaiss/Objetiva, 2009. CD-ROM

HALL, Peter. **Cidades do amanhã.** ed. Perspectiva, 2007.

HOWARD, L., 1833. **The Climate of London**, vols. I–III. Harvey and Dorton, London
Disponível em: <<http://www.urban-climate.org/>>.

IACOVINI, R. F. G. **Rodoanel Mario Covas: Actors, Arenas and Processes.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, 2013.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/pt/>. Acessado em: 27 Nov. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Manual técnico de uso da Terra. Manuais Técnicos em Geociências**, número 7. IBGE, 1999.

IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Stockholm, 2013.

KALNAY, E.; CAI, M. **Impact of urbanization and land-use change on climate**. Nature, London, 2003.

KEARNS, G.; PHILO, C. **Selling places: the city as cultural capital, past and present**. OXFORD: Programan Press, 1993.

KRÜGER, E. L.; MINELLA, F. O.; RASIA, F. **Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil**. Build Environment, 2011.

LAI, L.W.; CHENG, W.L. **Air quality influenced by urban heat island coupled with synoptic weather patterns**. Science of The Total Environment, v. 407, p. 2724 – 2733, 2009.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-154, 1977.

LANDSBERG, H. *The urban climate*. Academic Press, New York, 1981.

LEFF, Enrique. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes, 2000.

LEFEBVRE, Henri. **A vida cotidiana no mundo moderno**. São Paulo. Ática. 1991.

LILLESAND, M; KIEFER W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. New York, 1994.

LI , L.J., WANG, X.J. **Remote sensing evaluation of urban heat island. And its spatial patten of the Shangai metropolitan area, China**. Ecol. Complex, 2014.

LOMBARDO, M. A.(1985). **Ilha de Calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. Hucitec. São Paulo.

LOPES, A. **O sobreaquecimento das cidades causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa**. Territorium, 2006.

MAO K B, TANG H J, WANG X F, ZHOU Q B, WANG D L (2008). Nearsurface air temperature estimation from ASTER data based on neural network algorithm. **Int J Remote Sens**, 29(20): 6021–6028.

MARQUES, José Roberto. **Meio ambiente urbano**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005.

MATHER, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images**. John Wiley & Sons, New York, 1987.

MEIRELES, V.H.P. **Estudo do Fenômeno da Ilha de Calor Urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ)**. Rio de Janeiro, 2011. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MENDONÇA, F. A.(1997). **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: Proposição metodológica e sua aplicação a cidade de Londrina/PR**. São Paulo: Universidade de São Paulo. (Tese de Doutorado).

MET OFFICE (ESCRITÓRIO DE METEOROLOGIA DO REINO UNIDO). **Disponível em:** <<http://www.metoffice.gov.uk/>>. Acessado em: 22 mar. 2016.

MILARÉ, Edis. **Direito do Ambiente**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.

MILLS, G. **Progress toward sustainable settlements: a role for urban climatology**. Theoretical and Applied Climatology, volume. 2014.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil** -. 2. ed. -. Rio de Janeiro : IBGE,. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

NBR ISO 14001. ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso, 2004.

OKE, T.R., 2004. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.** World Meteorological Organization Instruments and Observing Methods, Report no. 81. Geneva: WMO.

OKE, T.R. **City size and the urban heat island.** Atmospheric Environment. London, Pergamon, v. 7, p. 769-779, 1973.

OKE, T. R. **Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations.** Journal of climatology, v.1, n.1-4, p. 237-254, 1981

OKE, T.R. **The energetic base of urban heat island.** Quartely Journal of the Royal Meteorological Society. London, Elsevier Science, v. 108, p. 1-24, 1982.

OKE, T.R. 1995. **The Heat Island Characteristics of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects.** In Cermak, J. E. et al. (Eds) Wind Climate in Cities, Kluwer Academic: 81-107.

OKE, T.R. 2005. **Towards better scientific communication in urban climate.** Theoretical and Applied Climatology, 84.

OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; et al.. **Guarulhos: espaço de muitos povos.** São Paulo: Nova América, 2007.

OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; ANDRADE, Marcio Roberto Magalhães de; SATO, Sandra Emi; QUEIROZ, William. **Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos.** Guarulhos: Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos, 2009. 178 p. 4v. Mapas (Relatório FAPESP - Processo 05/57965-1).

ONU (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS). Disponível em <http://esa.un.org/unpd/wup/PressRelease/WUP2014_PressRelease.pdf>. Acessado em abril/2016.

OXFORD. **Dicionário Oxford Para Estudantes de Inglês: Inglês-Português/Português-Inglês**. Oxford University Press, Incorporated, 1999.

PENG, S.; PIAO, S.; CIAIS, P.; FRIEDLINGSTEIN, P.; OTTLE, C.; BRÉON, F.M.; -, H.; ZHOU, L.; MYNENI, R.B. **Surface urban heat island across 419 global big cities**. Environmental Science & Technology, 2012.

PORTANOVA, Rogério. **Exigências para uma cidadania ecológica. Alter ágora**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, n° 2, nov. 1994.

REES W. G. **Physical Principles of Remote Sensing**.. Cambridge, New York, 1990

SACHS, I. **Estratégia de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Studio Nobel\ Fundação do Desenvolvimento Administrativo, 1993.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira**. São Paulo: HUCITEC, 1993.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico-informacional**. São Paulo: Hucitec, 2008.

SILVEIRA, Ana Lúcia Camillo. **Parâmetros bioclimáticos para avaliação de conjuntos habitacionais na região tropical subúmida do Brasil**. 2007. Tese (Doutorado) – UNB, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, 2007.

SOROKIN, Pitirim A.; ZIMMERMAN, Carlo C.; GALPIN, Charles J. **Diferenças fundamentais entre o mundo rural e o urbano**. In: MARTINS, José de Souza. Introdução crítica a sociologia rural. São Paulo: Hucitec. 1981.

STEWART, I. D. **A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature**. International Journal of Climatology, 2010.

STEWART, I. D. & OKE, T. R. 2012. **Local Climate Zones for Urban Temperature Studies**. Bull. Am. Meteorol. Soc., 93, 1879–1900, doi:10.1175/BAMS-D-11-00019.1.

STISEN, S; SANDHOLT, I; NORGAARD, A; FENSHOLT, R; EKLUNGH, L. **Estimation of diurnal air temperature using MSG SEVIRI data in West Africa. Remote Sensing of Environment**. University of Copenhagen, 2007.

TARGINO, A. C.; KRECL, P.; CORAIOLA, G. C. **Effects of the large-scale atmospheric circulation on the onset and strength of urban heat islands: a case study**. Theoretical and Applied Climatology, 2013.

TRENNEPOHL, Terence Dorneles. **Direito ambiental empresarial**. São Paulo, Saraiva, 2010.

TULIK, O. **Turismo e repercussões no espaço geográfico**. Turismo em Análise, 2004.

VEIGA, José Eli. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**, ed. Garamond, 2005.

VEIGA, José Eli. **Economia socioambiental**, ed. Garamond 2010.

VIDAL DE LA BLACHE, P. **Tableau de Lageographie de La France**. Paris: Hachette, 1903.

VOOGT, J. A., & Oke, T. R.. **Thermal remote sensing of urban climate. Remote Sensing of Environment**, 2003.

WENG, Q.; LU, D.; SCHUBRING, J. **Estimation of land surface temperature – vegetation abundance relationship for urban heat island studies**. Remote Sensing of Environment, 2004.

WENG, Q., LIU, H., & LU, D . **Assessing the effects of land use and land cover pattern on thermal condition using landscape metrics in city of Indianapolis, United states**. Urban Ecosystems, 2007.

XIAO., R, -B., OUYANG, Z,-Y., ZHENG, H., LI, W, -F., SCHINKE, E. W., & WANG, X -K. **Spatial pattern os impervious surfaces and their impacts on land surface temperature in Beijeng, China.** Jornal of environmental Sciences, 2007.