



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

Viviane Li Xiao Shan

INFRAESTRUTURA VERDE EM ÁREAS URBANAS:
Os efeitos da radiação solar em um estudo prático no bairro Humaitá

Rio de Janeiro
2018



UFRJ

Viviane Li Xiao Shan

**INFRAESTRUTURA VERDE EM ÁREAS URBANAS:
Os efeitos da radiação solar em um estudo prático no bairro Humaitá**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientadora: Prof^a. Elaine Garrido Vazquez

Rio de Janeiro
2018

CIP - Catalogação na Publicação

S524i Shan, Viviane Li Xiao
Infraestrutura verde em áreas urbanas: os efeitos da radiação solar em um estudo prático no bairro Humaitá / Viviane Li Xiao Shan. -- Rio de Janeiro, 2018.
108 f.

Orientadora: Elaine Garrido Vazquez.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, 2018.

1. Infraestrutura verde. 2. Aquecimento global.
3. Radiação solar. I. Vazquez, Elaine Garrido, orient. II. Título.



UFRJ

Viviane Li Xiao Shan

**INFRAESTRUTURA VERDE EM ÁREAS URBANAS:
Os efeitos da radiação solar em um estudo prático no bairro Humaitá**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof^a. Elaine Garrido Vazquez, D.Sc., Poli/UFRJ

Prof^a. Rosane Martins Alves, D. Sc., Poli/UFRJ

Prof^a. Sylvia Meimaridou Rola D.Sc., FAU/UFRJ

Rio de Janeiro
2018

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar.

Aos meus pais, que sempre se esforçaram para me dar oportunidades, mesmo se colocando em segundo plano.

Ao Felipe, pelo apoio incondicional e por sempre estar ao meu lado.

Agradeço a Elaine Garrido, minha professora e orientadora, que acreditou neste trabalho, me orientou e me deu forças.

Agradeço aos participantes do grupo de pesquisa, Renan, Cristiano, Guilherme, Nelson e principalmente ao Fernando, idealizador do projeto, sempre solícito.

Obrigada também ao PEU pelos conhecimentos que adquiri e aos colegas de turma que contribuíram para tornar essa caminhada mais leve.

RESUMO

SHAN, Viviane Li Xiao. **Infraestrutura verde em áreas urbanas: Os efeitos da radiação solar em um estudo prático no bairro Humaitá.** Rio de Janeiro, 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

A urbanização tardia e sem planejamento somada à relação exploratória do homem com a natureza ao longo dos anos, intensificaram e aceleraram o processo de degradação do meio ambiente, comprometendo a presente e futura geração. O uso de infraestruturas cinzas e as atividades econômicas do homem contribuíram para o aumento de superfícies impermeáveis afetando não apenas no ciclo hídrico, mas também nas temperaturas das cidades com os efeitos das ilhas de calor. Desde a década de 1970, o fenômeno do aquecimento global passou a ser uma das questões ambientais mais discutidas e, diante da complexidade do assunto, e dada a relevância desse tema para a vida no planeta, o presente estudo tem como objetivo discutir sobre o uso de infraestrutura verde em centros urbanos como solução para minimizar os efeitos da radiação solar, potencializados pela ação do homem. Nesta pesquisa é apresentada a análise de um estudo prático em uma parcela do bairro Humaitá, no Rio de Janeiro, na qual é avaliada a influência de áreas verdes quanto aos efeitos da radiação solar. Este estudo pode comprovar uma real diminuição da radiação solar em virtude da presença de áreas verdes, como revelado na análise comparativa entre duas ruas com diferentes coberturas arbóreas. Esse resultado mostra que o aumento de áreas verdes contribui para a melhoria da qualidade de vida do entorno e, conseqüentemente, para o meio ambiente urbano mais preservado.

Palavras-chave: Infraestrutura verde, Aquecimento Global, Radiação solar.

ABSTRACT

SHAN, Viviane Li Xiao. **Green infrastructure in urban areas: The effects of solar radiation in a practical study in the Humaitá neighborhood.** Rio de Janeiro, 2018. Master's Thesis – Urban Engineering Program, Polytechnic School, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

The late urbanization without planning combined with the exploratory relationship between man and nature over the years intensified and accelerated the process of environmental degradation, compromising the present and future generation. The use of grey infrastructures and man's economic activities contributed to the increase of impermeable surfaces affecting not only the water cycle but also the temperatures of cities with the effects of the heat islands. Since the 1970s, the phenomenon of global warming has become one of the most discussed environmental issues and, given the complexity of the subject, and given the relevance of this theme to life on the planet, this study aims to discuss the use of infrastructure green in urban centers as a solution to minimize the effects of solar radiation, potentiated by man's actions. In this research is presented the practical study analysis in a part of the Humaitá neighborhood, in Rio de Janeiro, in which the influence of green areas on the effects of solar radiation is evaluated. This study can prove a real decrease in solar radiation due to the presence of green areas, as revealed in the comparative analysis between two streets with different tree coverings. This result shows that the increase of green areas contributes to the improvement of the quality of life of the surroundings and, consequently, for the urban environment more preserved.

Keywords: Green Infrastructure, Global Warming, Solar Radiation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Emissões de CO ₂ (em 10 ⁶ toneladas métricas) no Brasil.....	15
Figura 2 – Série histórica da Temperatura Global do Ar de 1850 a 2017.....	16
Figura 3 – Efeito estufa natural favorável à vida na terra.....	23
Figura 4 - Efeitos do aquecimento global no Glacial MacCarty, no Alasca.....	24
Figura 5 – Efeito estufa provocado pelo homem.....	25
Figura 6 – Emerald Necklace Park, Boston.....	33
Figura 7 – Complexo de parques que formam o Emerald Necklace, Boston.....	33
Figura 8 – Distribuição de energia emitida pelo sol.....	37
Figura 9 – Espectro eletromagnético.....	38
Figura 10 – Fenômeno da absorção e reflexão da radiação solar na Terra.....	39
Figura 11 - Gráfico de Temperatura: Fenômeno da Ilha de Calor.....	42
Figura 12 - Dissipação da energia solar em uma única árvore suprida com água.....	44
Figura 13 – Efeito regulador da vegetação em radiações de grande comprimento de onda.....	45
Figura 14 – Localização do bairro do Humaitá, na Zona Sul do Rio de Janeiro.....	50
Figura 15 – Características de Uso do Solo: lotes residenciais do bairro do Humaitá, RJ.....	51
Figura 16 – Demarcação da área de estudo.....	52
Figura 17 – Rua David Campista com a marcação dos pontos de medição e das árvores.....	54
Figura 18 – Percurso de Medições e localização dos Pontos de Medição.....	55
Figura 19 – Exemplo de ficha de medição de fatores climáticos.....	58
Figura 20 – Distribuição e critério de numeração das árvores da Rua Humaitá, no trecho compreendido entre o Largo dos Leões e o Largo do Humaitá.....	59
Figura 21 – Exemplo de ficha individual de árvore do inventário botânico.....	61
Figura 22 – Identificação do objeto de estudo.....	62
Figura 23 – Vista da entrada da Rua Viúva Lacerda.....	64
Figura 24 – Distribuição e critério de numeração das árvores da Rua Viúva Lacerda.....	64
Figura 25 – Vista da entrada da Rua João Afonso.....	65
Figura 26 – Distribuição e critério de numeração das árvores da Rua João Afonso.....	65
Figura 27 – Luminância média anual (LUX) por PM da Rua Viúva Lacerda.....	66
Figura 28 – Luminância média anual (LUX) por PM da Rua João Afonso.....	67
Figura 29 - Radiação média anual (W/m ²) por PM da Rua Viúva Lacerda.....	69
Figura 30 – Radiação média (W/m ²) por estação do ano.....	70
Figura 31 – Corte transversal no PM-1.....	71
Figura 32 – Corte transversal no PM-2.....	71
Figura 33 – Corte transversal no PM-3.....	72
Figura 34 – Corte transversal no PM-4.....	72
Figura 35 – Corte transversal no PM-5.....	73
Figura 36 – Legenda de cores por índice UV.....	73
Figura 37 - Radiação média anual (W/m ²) por PM da Rua João Afonso.....	74
Figura 38 – Radiação média (W/m ²) por estação do ano.....	74
Figura 39 – Corte transversal no PM-1.....	75
Figura 40 – Corte transversal no PM-2.....	76
Figura 41 – Corte transversal no PM-3.....	76
Figura 42 – Corte transversal no PM-4.....	77
Figura 43 – Corte transversal no PM-5.....	77
Figura 44 – Legenda de cores por índice UV.....	78
Figura 45 – Luminância x Radiação por rua.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Concentrações globais de alguns Gases de Efeito Estufa geradas por atividades humanas.....	26
Tabela 2 – Classificação dos países com maior emissão de CO ₂	26
Tabela 3 – Características dos raios ultravioletas.....	38
Tabela 4 – Níveis de índice UV e recomendações de proteção.....	46
Tabela 5 – Distribuição e total de árvores cadastradas no Inventário Florístico.....	58
Tabela 6 – Estações solares e sombreadas dos PM's da Rua Viúva Lacerda.	66
Tabela 7 – Estações ensolaradas e sombreadas dos PM's da Rua João Afonso.	67
Tabela 8 – Índice UV da Rua Viúva Lacerda.....	73
Tabela 9 – Índice UV da Rua João Afonso.	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fenômenos decorrentes do processo de urbanização e suas consequências para o ambiente natural.	14
Quadro 2 – Possíveis impactos decorrentes do aquecimento global.	28
Quadro 3 – Serviços e funções do ecossistema.	32
Quadro 4 – Divisão da área de estudo e locação dos pontos de medição.....	53
Quadro 5 – Termo-Higrômetro.	56
Quadro 6 – Luxímetro.	56
Quadro 7 – Radiômetro.	57
Quadro 8 – Indivíduos arbóreos dos PM's da Rua Viúva Lacerda.	68
Quadro 9 – Identificação dos indivíduos arbóreos dos PM's da Rua João Afonso.	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APAC – Área de Proteção Ambiental e Cultural

CAIT - Climate Analysis Indicators Tool

CFC – Clorofluorocarboneto

CH₄ – Metano

CO₂ – Gás carbônico

CPTEC/INPE – Centro de Previsão de Tempo e de Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

CRU-UEA – Climatic Research Unit University of East Anglia

GEE – Gases de Efeito Estufa

H₂O – Água

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IUV – Índice Ultravioleta

N₂ – Nitrogênio

N₂O – Óxido nitroso

O₃ – Ozônio

OMM - Organização Meteorológica Mundial

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

R-UV – Radiação Ultravioleta

SO₂ – Dióxido de enxofre

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

USGS - United States Geological Survey

UV - Ultravioleta

WWF – World Wide Fund

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	APRESENTAÇÃO DO TEMA	13
1.2	OBJETIVO	20
1.3	JUSTIFICATIVA.....	21
1.4	METODOLOGIA.....	21
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	AQUECIMENTO GLOBAL.....	23
2.2	INFRAESTRUTURA VERDE	30
2.3	A RADIAÇÃO SOLAR E OS EFEITOS DAS ILHAS DE CALOR.....	37
2.3.1	Radiação solar	37
2.3.2	Ilhas de calor	41
2.3.3	Índice ultravioleta	45
3	MATERIAIS E MÉTODOS	48
3.1	ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO.....	48
3.1.1	Contexto histórico	48
3.1.2	Caracterização do bairro Humaitá	50
3.2	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	52
3.3	FREQUÊNCIA E PERCURSO DE MEDIÇÕES	54
3.4	MEDIÇÃO DE FATORES CLIMÁTICOS	55
3.5	INVENTÁRIO FLORÍSTICO	58
3.6	MÉTODO DE ANÁLISE DO PARÂMETRO DA RADIAÇÃO SOLAR	62
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA RADIAÇÃO SOLAR	64
4.1	ETAPA 1 – ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO	64
4.1.1	Rua Viúva Lacerda	64
4.1.2	Rua João Afonso	65
4.2	ETAPA 2 – IDENTIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO ENSOLARADA OU SOMBREADA	
	66	
4.2.1	Rua Viúva Lacerda	66
4.2.2	Rua João Afonso	67

4.3 ETAPA 3 – IDENTIFICAÇÃO DOS INDIVÍDUOS ARBÓREOS	67
4.3.1 Rua Viúva Lacerda.....	67
4.3.2 Rua João Afonso	68
4.4 ETAPA 4 – ANÁLISE DOS DADOS DAS MEDIÇÕES DE RADIAÇÃO SOLAR 69	
4.4.1 Rua Viúva Lacerda.....	69
4.4.2 Rua João Afonso	74
4.4.3 Rua Viúva Lacerda X Rua João Afonso.....	78
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
APÊNDICES	88
ANEXOS	101

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Com a modernização das indústrias e dos processos de produção após a Revolução Industrial, a sociedade passou a se desenvolver mais rapidamente, gerando crescimento econômico e populacional.

Desde meados do século XX, o crescimento urbano acelerado no Brasil resultou em uma ocupação das cidades sem o devido planejamento. Este crescimento demográfico, ocorrido especialmente nas cidades de médio e grande porte, desencadeou uma série de problemas ao ambiente, ocasionado pelo resultado do aumento sem medida da malha urbana, da verticalização, do uso intensivo do solo nas áreas centrais, do aumento das áreas impermeabilizadas, da substituição de áreas verdes por áreas construídas, entre outros (NINCE, 2013).

Essas alterações levam a graves consequências econômicas e sociais, sobretudo, problemas relacionados à sustentabilidade do meio ambiente urbano com comprometimento das condições urbano-ambientais.

Segundo Nince (2013), os impactos nas áreas urbanas envolvem ilhas de calor, poluição do ar, variações no regime de precipitações, maior geração de calor, inversões térmicas, desconforto térmico, aumento no consumo de energia, modificações na ventilação e na umidade, além de possivelmente comprometer o equilíbrio térmico em uma escala maior.

No Quadro 1, destacam-se as diversas mudanças ocorridas nos ambientes naturais, derivadas do processo de urbanização e responsáveis pelo empobrecimento da capacidade regenerativa do ambiente urbano.

Quadro 1 - Fenômenos decorrentes do processo de urbanização e suas consequências para o ambiente natural.

Fenômenos decorrentes do processo de urbanização	Consequências para o ambiente natural	
Impedimento da permeabilização das superfícies	Redução da disponibilidade hídrica do solo e do ar.	
Despejo de nutrientes em corpos d'água	Eutrofização, assoreamento e anoxia, resultando em queda da qualidade da água e alteração do ciclo	
Emissão de gases na atmosfera	Poluição do ar	Ozônio (O ₃): afeta populações vegetais em áreas além da zona urbana.
		Dióxido de Enxofre (SO ₂): altera populações de líquens, que são importantes como espécie pioneira devido à capacidade de fixação de nitrogênio (N ₂) no substrato.
	Aquecimento do ambiente urbano	Dióxido de carbono (CO ₂) e Metano (CH ₄): têm capacidade de reter e refletir radiação de ondas longas.
Remoção da vegetação nativa	Alterações climáticas locais; aceleração da perda de nutrientes e sedimentos do solo (erosão); redução da diversidade biológica e das funções dos ecossistemas, tornando-o insustentável e inviável.	
Deposição de resíduos em lixões ou aterros	Impedimento do retorno dos nutrientes reciclados aos locais de origem, resultando em empobrecimento do solo; acúmulo de substâncias que podem causar contaminação do solo e de águas subterrâneas.	

Fonte: MODNA, 2004.

As cidades abrigam a maior parte das atividades econômico-financeiras, sociais e culturais, sendo áreas de grande concentração populacional e de crescente demanda de energia, recursos naturais e matérias-primas (BARBOSA, 2009).

No entanto, o crescimento da população e o modelo de desenvolvimento capitalista adotado pela humanidade acarretaram em um cenário de consumo exagerado dos recursos naturais e de queima massiva de combustíveis fósseis, tanto na agricultura, quanto na indústria e no comércio.

De acordo com Rocha (2003), essas ações provenientes de atividades econômicas e industriais causaram diversas alterações na biosfera, provocando, principalmente, o aumento vertiginoso da concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE). Dentre esses gases, destaca-se o gás carbônico (CO₂), cujas emissões no Brasil são causadas pela utilização de diferentes tipos de combustíveis e que cresceram exponencialmente entre 1950 e 1990, como pode ser visto na Figura 1.

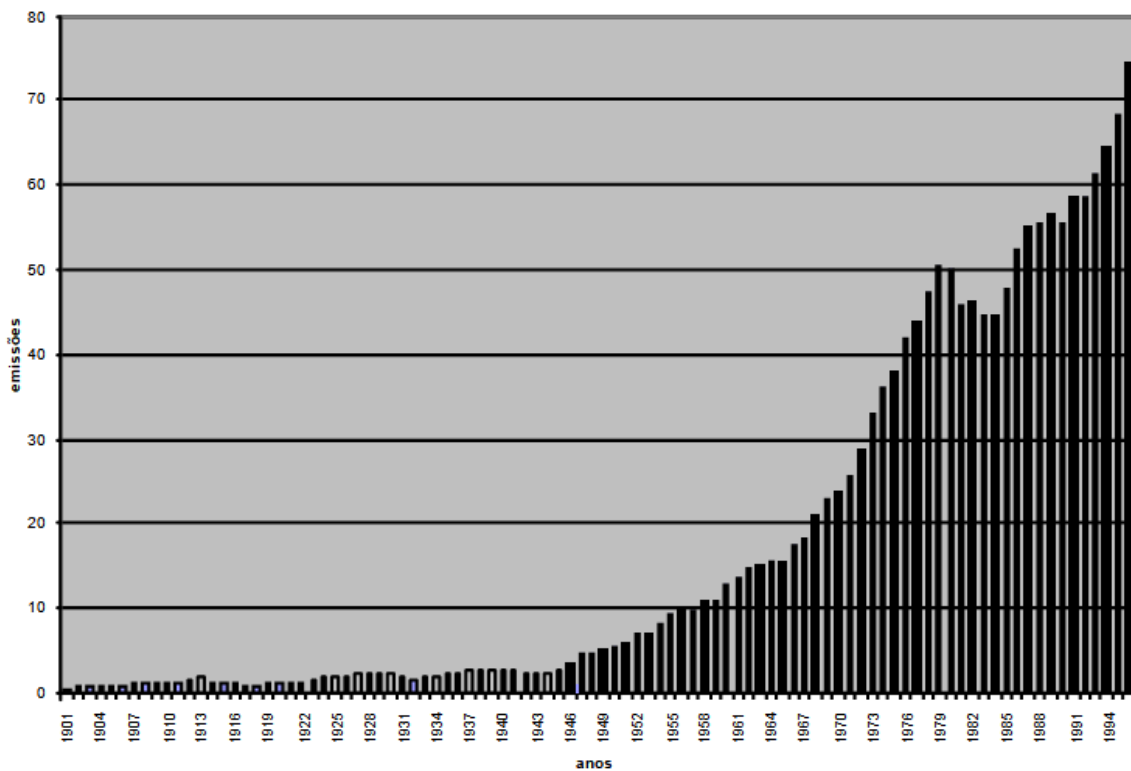


Figura 1 – Emissões de CO₂ (em 10⁶ toneladas métricas) no Brasil.
 Fonte: Marland et al., 1999, *apud* Rocha, 2003.

Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas – ONU, seis bilhões de pessoas habitavam o planeta no ano 2000, dentre as quais aproximadamente 50% do total habitavam em áreas urbanas, e a previsão para 2050 é de que sete em cada dez pessoas residam em área urbanas em todo o mundo (BARBOSA, 2009).

De acordo com Modna (2009), a remoção da vegetação para dar lugar a edificações e superfícies pavimentadas implica na anulação de diversos serviços ambientais. As principais modificações climáticas das cidades são: maior incidência de radiação solar direta, aumento da temperatura do ar, redução da umidade, modificação da direção dos ventos, aumento da emissão de radiação de onda longa, alteração dos ciclos de precipitação (ABREU, 2008; CHEBEL et al., 2011 *apud* MARTELLI e SANTOS JR, 2015).

Como as construções são feitas com materiais de alta absorção de calor, as áreas urbanas tendem a sofrer com temperaturas mais altas, uma vez que parte da radiação solar é reemitida pelas superfícies das construções, aumentando o aquecimento do ar, fenômeno conhecido como ilha de calor. Além do ar quente e seco favorecer a incidência de doenças respiratórias, contribui também para o aumento da sensação de desconforto e a fim de combater o calor, a tendência é de que aumente também os gastos energéticos com climatizadores artificiais (ABREU, 2008; MODNA, 2009).

A temperatura do planeta vem aumentando ao longo do último século, conforme relatórios emitidos pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013). Este fato está relacionado às atividades antrópicas, sendo as emissões de gases de efeito estufa uma das causas principais para essas mudanças climáticas.

A Figura 2 demonstra a série histórica da temperatura global do ar de 1850 a 2017. A década de 1990 foi a mais quente desde que as primeiras medições, no fim do século XIX, foram efetuadas. Até o final do século XX, o ano de 1998 foi o mais quente desde o início das observações meteorológicas em 1861, com 0,54°C acima da média histórica de 1961-90. Já no século XXI, percebe-se que o período de 2001 a 2010 (variação de 0,49°C acima da média de 1961-90) foi 0,21°C mais quente que a década de 1991 a 2000 (variação de 0,28°C acima da média de 1961-90). Os anos de 2015 e 2016 são nitidamente os mais quentes, com variação de 0,76°C e 0,80°C, respectivamente, seguido pelo ano de 2017, com 0,68°C acima da média. (CLIMATIC RESEARCH UNIT UNIVERSITY OF EAST ANGLIA – CRU-UEA, 2018).

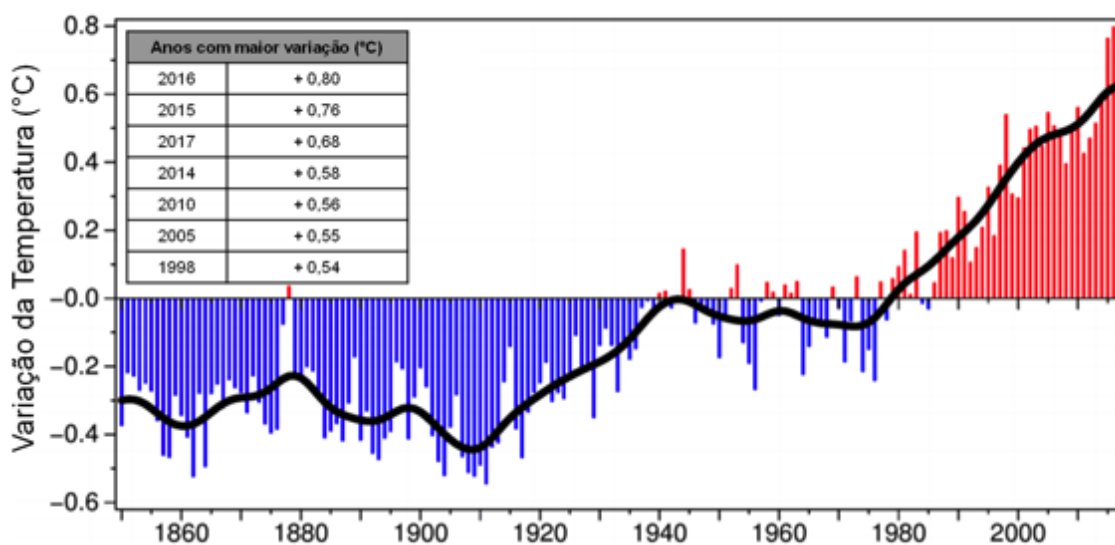


Figura 2 – Série histórica da Temperatura Global do Ar de 1850 a 2017.
Fonte: CRU-UEA, 2018.

Existem evidências de que a frequência de eventos extremos, como secas, enchentes, ondas de calor e de frio, furacões e tempestades têm aumentado e afetado diferentes partes do planeta, produzindo significativas perdas econômicas (IPCC, 2007a). Pode-se mencionar no Brasil, a seca da Amazônia em 2005 e as secas no Sul do Brasil em 2004, 2005 e em 2011. São ainda relatados outros impactos relacionados, como alterações na biodiversidade, aumento no nível do mar, redução da produção agrícola e da geração de energia hidrelétrica (TOMASELLA et al., 2010; SANCHES et al., 2013 *apud* RIO, 2014).

No Oceano Atlântico o aumento da temperatura ocorre há algumas décadas, sendo o ponto mais acentuado a região impactada pela maior incidência da radiação ultravioleta sobre o Polo Sul e pelo efeito estufa que se ampliou a partir da segunda metade do século XX (GRIMM & SAMPAIO, 2012). Segundo o IPCC (2014), o oceano tem absorvido mais de 80% do calor que foi acrescido nos últimos tempos e a previsão é de que a água superficial dos oceanos aumente, no mínimo, 4°C nas próximas décadas.

Com o aumento da temperatura terrestre, é previsto também que os impactos causados pelas mudanças climáticas afetarão o mundo como um todo, atingindo toda a espécie viva no planeta, inclusive a população humana.

As recentes mudanças climáticas, especialmente o aumento da temperatura, já estão afetando globalmente sistemas físicos (clima, recursos hídricos, nível do mar), biológicos (ecossistemas naturais, distribuição de espécies), agrícolas (culturas anuais e perenes), assim como a sociedade (saúde humana, disponibilidade hídrica, transporte fluvial, desastres naturais). Independentemente de suas origens, estas mudanças produzem impactos que poderão ter amplos reflexos no meio ambiente, na agricultura e especialmente sobre a saúde e bem-estar da população humana, lembrando que os sistemas biológicos são vulneráveis às mudanças climáticas, e alguns serão prejudicados irreversivelmente (MARENGO, 2007; SANTOS et al., 2013 *apud* RIO, 2014).

Segundo Jacobi (2005), foi no início dos anos de 1970 que começaram a surgir as transformações no debate sobre o desenvolvimento e o meio ambiente, a fim de mostrar a finitude no interior do modo de produção capitalista e seus impactos globais.

Em busca de uma forma de solucionar esta questão ambiental, a Organização das Nações Unidas (ONU) iniciou uma série de encontros em conferências internacionais para discutir sobre o tema. Como resultado desses debates, alguns instrumentos de mercado foram propostos para auxiliar os países industrializados a reduzirem suas emissões de GEE, visando não somente à redução dos custos da mitigação do efeito estufa, assim como ao estabelecimento do desenvolvimento sustentável em países subdesenvolvidos (ROCHA, 2003).

Em 1972, A ONU promoveu a Conferência de Estocolmo para discutir a questão ambiental em âmbito planetário e inseriu a discussão na agenda internacional. Nasceu, na década desse encontro, uma corrente que se relacionava à crítica ambientalista ao modo de vida contemporâneo. Com isso, o ecodesenvolvimento ou o desenvolvimento sustentável propunha um modelo que harmonizasse os aspectos econômicos, sociais e ambientais. E, em 1973, foi utilizada pela primeira vez o conceito de ecodesenvolvimento, para caracterizar uma

concepção alternativa de desenvolvimento, tendo como pressuposto a existência de cinco dimensões de sustentabilidade: social, econômica, ecológica, espacial e cultural (JACOBI, 2005).

Os recursos naturais vêm sendo explorados de forma descontrolada ao longo dos últimos anos, impactando diretamente no futuro do planeta e, é diante disso que se mostra a necessidade da participação da sociedade como um todo.

O consumo consciente, reciclagem, redução de resíduos despejados no meio ambiente, diminuição do uso de tipos de energia que agridam o meio ambiente, dentre tantas outras coisas, podem e devem ser feitas por cada um visando não apenas o controle do aquecimento global, mas também a melhoria da qualidade de vida do planeta, pensando em manter o meio ambiente preservado e os recursos naturais utilizados racionalmente (MARCHIORETO-MUNIZ, 2010).

O conceito de sustentabilidade é definido por ações e atividades humanas que atendam às necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações, ou seja, está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, no qual os recursos naturais são utilizados de forma inteligente, garantindo a sua manutenção no futuro (SHAN, 2015).

É de extrema importância que os planejadores urbanos não se envolvam apenas com as questões do planejamento do espaço urbano. Há a necessidade de um aprofundamento quanto às funções ecológicas das áreas verdes, em termos do emprego de espécies adequadas e de quantidade de indivíduos necessária ao melhoramento do ambiente (GÓMEZ et al., 1998 *apud* MODNA, 2004). Um dos benefícios seria o melhoramento no clima, já que a vegetação arbórea contribui para a diminuição da temperatura do ar, da velocidade dos ventos e da evaporação da água do solo.

Dentro deste panorama a construção civil busca encontrar técnicas compensatórias e práticas sustentáveis, de forma a minimizar o impacto da ação do homem no meio ambiente (SHAN, 2015).

Desde que se confirmou a crise no cenário energético mundial, a arquitetura passou a desempenhar um papel ainda mais importante, pois pode através da correta utilização de recursos naturais, oferecer aos seus usuários não somente um edifício mais confortável e saudável, como também eficiente energeticamente. Assim, o uso de estratégias passivas de resfriamento deveria ser o ponto de partida quando se visa projetos adequados a climas quentes como é o caso do Brasil (MORAIS & LABAKI, 2014 *apud* GARCIA, 2015).

Segundo estudo de Baldessar (2012), a preocupação com o meio ambiente está espalhada por toda a sociedade, em cada atitude ou movimento social. Quanto mais se aumenta a preocupação em relação ao meio ambiente, mais se aumenta a busca pelo desenvolvimento de um modelo, não só econômico, social e ambiental, como também político e cultural, visando o equilíbrio das necessidades em todas essas esferas.

Diante disso, a questão da sustentabilidade inserida na arquitetura, trouxe mais critérios aos seus projetos, como por exemplo, o impacto ecológico de novas edificações no meio em que serão construídas. Esses critérios envolvem o que está à volta, recursos naturais, qualidade ambiental interna, manutenção e aspectos socioeconômicos. Os benefícios precisam estar concentrados em minimizar gastos energéticos e aproveitar recursos naturais de modo a criar edificações que agridam menos o meio ambiente, como argumenta Baldessar (2012).

A infraestrutura verde consiste numa rede ecológica urbana que remodela a paisagem e recompõe o ecossistema urbano ao tentar imitar os processos naturais, objetivando o aumento da sustentabilidade e resiliência do meio urbano e priorizando o ambiente natural, os usuários dos mesmos e as interações entre eles (HERZOG, 2013).

Para que o crescimento seja sustentável, é necessário que as cidades passem a usufruir de uma infraestrutura verde melhor e mais eficiente que a atual. Antes disso, deve-se, primeiro, avaliar alguns aspectos importantes para a população nas esferas social, econômica e ambiental.

Nos dias atuais, existem muitos elementos que podem transformar processos de trabalhos comuns em sustentáveis, bem como a sua implementação final. A preferência por construções sustentáveis que utilizam sistemas inteligentes possibilita o menor consumo de água e luz. Além disso, planos que visam o gerenciamento de resíduos, utilização de energia limpa, diminuição das emissões de gases de efeito estufa e melhorias na mobilidade urbana contribuem para que os centros urbanos tendam a se tornar cidades sustentáveis.

De acordo com Dige (2015), as infraestruturas verdes podem assegurar múltiplas funções e benefícios num mesmo espaço. As funções podem ser ambientais, auxiliando na conservação da biodiversidade ou na adaptação às alterações climáticas; sociais, melhorando a drenagem de água e aumentando os espaços verdes; e econômicas, contribuindo com a criação de emprego e com a valorização dos imóveis. O contraste com as soluções baseadas na infraestrutura convencional, também conhecida como infraestrutura cinza, que geralmente desempenham uma única função, como a drenagem ou o transporte, torna as infraestruturas verdes apelativas pelo seu potencial para resolver vários problemas em simultâneo. A

infraestrutura cinza tradicional continua a ser necessária, mas pode ser reforçada por soluções naturais.

Considerando a drenagem como um dos grandes problemas urbanos, as infraestruturas verdes apresentam-se como uma solução muito relevante, uma vez que podem ser utilizadas para reduzir a quantidade de águas pluviais que entram nas redes de esgotos e nos lagos e rios, graças às capacidades naturais de retenção e absorção que têm a vegetação e os solos. Os benefícios das infraestruturas verdes podem incluir também, nesse caso, um maior sequestro de carbono, a melhoria da qualidade do ar, a atenuação do efeito de ilha de calor e a criação de mais espaço para acolher habitats de flora e fauna selvagens e atividades de lazer. Além disso, os espaços verdes também enriquecem a paisagem cultural e histórica, conferindo identidade aos lugares e cenários das zonas urbanas e periurbanas onde as pessoas vivem e trabalham (DIGE, 2015).

Segundo Mendonça e Assis (2001), Costa e Araújo (2003), Nikolopoulou (2004), Silva e Corbella (2004), Ananian, Fontes e Silva (2005), Callejas e Nogueira (2013), o aumento de áreas com vegetação é indicado como medida para melhoria das condições de conforto térmico em espaços abertos a partir do aumento de áreas sombreadas, funcionando como um filtro para a radiação solar (PONTES, 2018).

Avaliando pelo aspecto financeiro, o uso de infraestruturas verdes é questionado. Contudo, como afirma Dige (2015), além dos múltiplos benefícios já mencionados, elas são frequentemente menos caras, mais sólidas e mais sustentáveis que a infraestrutura cinzenta, proporcionando diferentes benefícios às economias locais, ao tecido social e ao ambiente em geral.

1.2 OBJETIVO

O objetivo geral do presente estudo é apontar a importância da infraestrutura verde para minimizar os efeitos da radiação solar em ambiente urbano.

Esta pesquisa foi realizada através de uma análise dos resultados de estudo prático em uma parcela do bairro Humaitá, no Rio de Janeiro, na qual será avaliada a influência de áreas verdes quanto ao conforto térmico, somente considerando o parâmetro de radiação solar.

1.3 JUSTIFICATIVA

O processo de urbanização e o modelo econômico capitalista adotado intensificaram a exploração dos recursos naturais e aceleraram a degradação do meio ambiente, em uma proporção na qual a demanda é muito maior do que a natureza consegue repor.

O uso de infraestruturas cinzas como vias, estacionamentos e edificações contribuíram para o aumento de superfícies impermeáveis afetando não apenas o ciclo hídrico, pois impedem a infiltração da água no solo, mas também aumentando as temperaturas das cidades. Os componentes dos materiais utilizados nessas construções são de alta absorção de radiação, contribuindo para uma maior incidência de calor e, conseqüentemente, provocando os efeitos das ilhas de calor, assunto que será melhor abordado mais adiante.

Enchentes, deslizamentos, poluição do ar e das águas, congestionamentos de trânsito, alto consumo de energia e de recursos naturais, emissão de gases de efeito estufa e aquecimento global são os principais problemas vivenciados nos grandes centros urbanos. O impacto da ação do homem na natureza é imensurável, mas é diante deste cenário que a sociedade se vê em busca de estratégias que contribuam para a mitigação dos efeitos adversos da urbanização acelerada.

Nesse contexto, a implantação de infraestruturas verdes contribui para minimizar alguns dos principais problemas ambientais urbanos, pois proporcionam alternativas sustentáveis que consomem menos energia, protegem e aumentam a biodiversidade e ainda previnem ou diminuem a poluição das águas, do ar e do solo, entre outros benefícios, de forma que as cidades ecologicamente projetadas, com espaços verdes públicos bem planejados e de fácil acesso, propiciam melhor qualidade de vida para toda a população urbana (ELMQVIST, 2010 *apud* HERZOG, 2010).

1.4 METODOLOGIA

A metodologia adotada para este estudo refere-se à análise quantitativa e qualitativa da radiação solar em um estudo prático realizado na escala de bairro na cidade do Rio de Janeiro e pode ser dividida em três etapas: conceitos, estudo prático e análise dos dados.

A etapa inicial se refere à parte conceitual do trabalho, na qual foi feita a revisão bibliográfica do tema para embasar o estudo, sendo abordadas as ideias sobre aquecimento global, radiação solar, ilhas de calor e infraestrutura verde.

Em seguida, na segunda etapa foi feito o levantamento de campo, que consistiu num inventário das espécies arbóreas existentes na área do objeto de estudo, e no levantamento de dados das medições dos fatores bioclimáticos de cada ponto pré-determinado. As medições foram efetuadas semanalmente, durante um período de 12 meses, aproximadamente, e os fatores aferidos foram a temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho, temperatura do bulbo úmido, umidade relativa do ar, luminância e radiação solar, sendo este último, o parâmetro a ser analisado neste estudo.

A terceira e última fase da metodologia abrangeu a análise e avaliação do desempenho da infraestrutura verde do Humaitá com base nas medições do parâmetro da radiação solar.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é composto por cinco capítulos, nos quais o conceito de infraestrutura verde é exposto e evidenciado em um estudo prático.

No primeiro capítulo é apresentada uma breve contextualização dos temas abordados na presente pesquisa, seguido pelo objetivo e pela justificativa para o estudo, bem como a metodologia aplicada para o desenvolvimento do trabalho e a estruturação do mesmo.

O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica do tema, explicitando os conceitos acerca dos efeitos do aquecimento global e da radiação solar, bem como a infraestrutura verde pode influenciar nesses dois aspectos.

O terceiro capítulo refere-se ao método utilizado para o desenvolvimento da pesquisa, no qual é caracterizado o estudo prático.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos e a análise dos dados, seguido pelo último capítulo, que revela as considerações finais do estudo, indicando a validação do método empregado e a contribuição do trabalho para a pesquisa científica.

Por fim, seguem as referências bibliográficas, o apêndice com as tabelas de medições e o anexo com as fichas do inventário florístico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AQUECIMENTO GLOBAL

O aquecimento global começou no séc. XIX, na Inglaterra, durante a Revolução Industrial, mas segundo Garcia (2015), a sua intensidade não era tão significativa. No entanto, à medida que a sociedade de consumo foi crescendo, a queima de combustíveis fósseis, os desmatamentos e as queimadas aumentaram, causando conseqüentemente, maior lançamento de gases na atmosfera.

Nesse período, nos anos de 1800, já era de conhecimento dos físicos que certos gases na atmosfera prendiam o calor emitido pela superfície terrestre, evitando que ele voltasse ao espaço. Este fenômeno natural conhecido como efeito estufa contribui para manter o planeta aquecido, condição para garantir a vida na Terra (PEARCE, 2002 *apud* SBRUZZI, 2010).

O gás carbônico (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e o vapor d'água (H₂O) são responsáveis pelo efeito estufa, sendo o vapor d'água e o dióxido de carbono (CO₂) os gases essenciais para a manutenção da uniformidade da temperatura. Misturando-se à atmosfera, cria-se um bloqueio que mantém a energia emitida pelo Sol, em forma de luz e radiação, acumulada na superfície e na atmosfera terrestres, como uma estufa, aumentando a temperatura do planeta, representado no esquema da Figura 3 (DANTAS 2009; SBRUZZI, 2010).

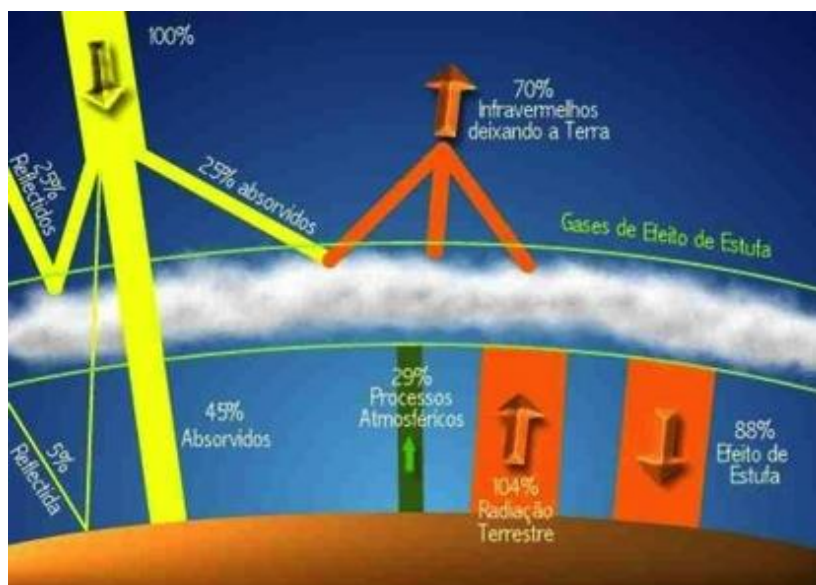


Figura 3 – Efeito estufa natural favorável à vida na terra.

Fonte: SBRUZZI, 2010.

Dessa forma, é possível manter o planeta com uma temperatura média de 14°C, sendo que sem o efeito estufa, a temperatura média do planeta seria de -19°C. Isso evita que o planeta se torne como a Lua, por exemplo, um local tórrido de dia e gélido durante a noite, inviabilizando a presença de vida (SBRUZZI, 2010; MARCHIORETO-MUNIZ, 2010).

Por outro lado, conforme Sbruzzi (2010) alerta, o efeito estufa em excesso, causa um superaquecimento que pode levar a consequências graves, como o derretimento de parte das calotas polares e a consequente elevação do nível dos oceanos, inundando o litoral dos continentes e eventualmente pequenos países insulares inteiros (SBRUZZI, 2010). Segundo Dantas (2009), o aquecimento global provocou a elevação de 10 cm a 20 cm no nível dos oceanos e diminuiu as regiões glaciais do planeta, como, por exemplo, em algumas zonas do Ártico, cuja cobertura de gelo encolheu até 40% em décadas recentes (Figura 4).

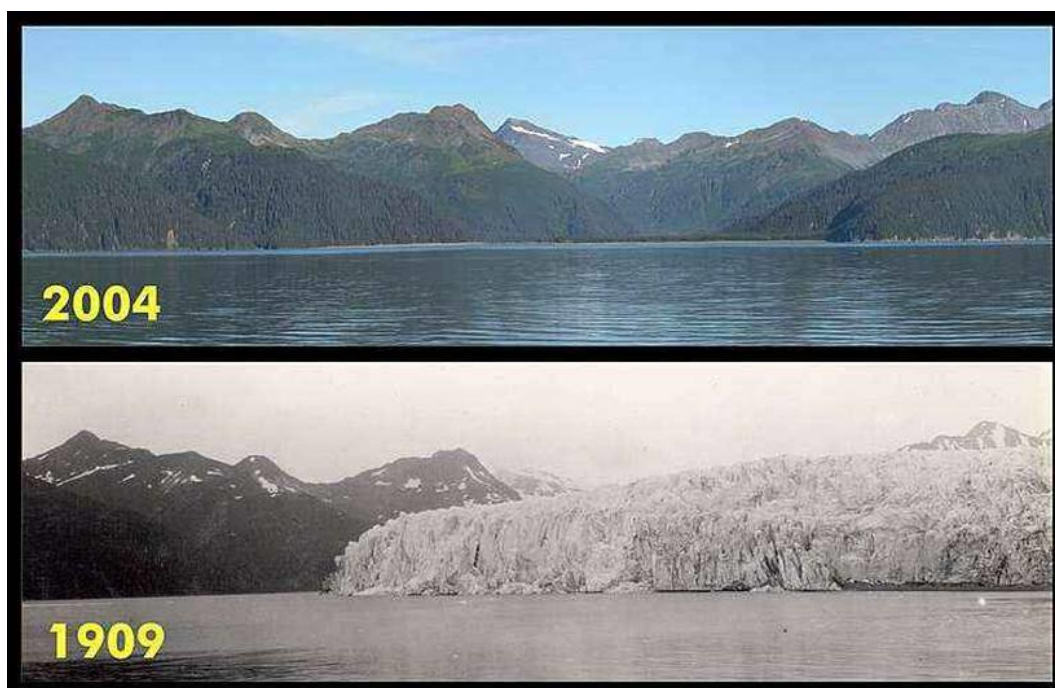


Figura 4 - Efeitos do aquecimento global no Glacial MacCarty, no Alasca.
Foto: Ulysses Sherman Grant, 1909; Bruce F. Molnia, 2004 – United States Geological Survey, USGS.
Fonte: <https://www.em.com.br>, acesso em janeiro de 2018.

A quantidade de dióxido de carbono no ar é o termômetro natural do planeta e o desequilíbrio se dá quando o volume de gás adicionado à atmosfera é maior que a capacidade natural de absorção pela natureza (SBRUZZI, 2010).

Estima-se que 75% das emissões destes gases vêm da queima de combustíveis fósseis, como o petróleo, o carvão e o gás natural, utilizados para a produção de energia nas indústrias e nos transportes. Os outros 25% provieriam das queimadas das florestas e do agronegócio

(tanto agricultura como criação de rebanhos), sendo que no Brasil, o desmatamento é o principal responsável pelas emissões de GEE. DANTAS, 2009; SBRUZZI, 2010.

Segundo a World Wide Fund, WWF-Brasil, (2010), o aquecimento global é resultado do lançamento excessivo de gases de efeito estufa, sobretudo o dióxido de carbono (CO_2), na atmosfera. Esses gases formam uma espécie de cobertor que a cada dia fica mais espesso e impede a saída de radiação solar, tornando o planeta mais quente, como ilustrado no esquema da Figura 5.



Figura 5 – Efeito estufa provocado pelo homem.
Fonte: SBRUZZI, 2010.

O crescimento populacional também contribui diretamente com o aumento da emissão de gases de efeito estufa. Segundo pesquisa realizada pelo Departamento de Planejamento Energético da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), além das queimadas e derrubadas de florestas, o fenômeno do efeito estufa envolve diferentes processos, como respiração, emissão do dióxido de carbono no uso dos clorofluorocarbonetos (CFC's), processos orgânicos que liberam metano, atividades que passam por algum processo de fermentação e acidentes como vazamentos de gás ou petróleo. No caso do metano, que é vinte vezes mais potente que o dióxido de carbono, o gás é produzido por aterros e lixões e pela ação de certas bactérias que são encontradas nas entranhas de animais ruminantes como ovelhas e vacas (SBRUZZI, 2010).

A Tabela 1 indica as concentrações de alguns gases gerados por atividades humanas durante o período de 1750 a 1998.

Tabela 1 – Concentrações globais de alguns Gases de Efeito Estufa geradas por atividades humanas.

	CO₂ (gás carbônico)	CH₄ (metano)	N₂O (óxido nitroso)
Concentração em 1750	280 ppm	700 ppb	270 ppb
Concentração em 1998	365 ppm	1745 ppb	314 ppb
Taxa de alteração ^a	1,5 ppm /ano ^b	7,0 ppb/ano ^b	0,8 ppb/ano
Residência na Atmosfera (anos)	50 – 200	12	114

Legenda: ppm = partes por milhão; ppb = partes por bilhão.

a – Calculada durante o período de 1990 a 1999.

b – A taxa para CO₂ tem flutuado entre 0,9 e 2,8 ppm/ano e para CH₄, entre 0 e 13 ppb/ano durante o período de 1990 a 1999.

Fonte: ROCHA, 2003.

É preciso salientar que os países desenvolvidos são os que mais contribuem para o aumento da concentração dos GEE, como pode ser visto na Tabela 2 da classificação dos maiores responsáveis pelas emissões de CO₂.

Tabela 2 – Classificação dos países com maior emissão de CO₂.

Ranking	1990	2000	2010
1	Estados Unidos	Estados Unidos	China
2	União Europeia (28)	União Europeia (28)	Estados Unidos
3	China	China	União Europeia (28)
4	Rússia	Rússia	Índia
5	Índia	Índia	Rússia
6	Japão	Japão	Japão
7	Alemanha	Alemanha	Brasil
8	Ucrânia	Brasil	Alemanha
9	Reino Unido	Canadá	México
10	Canadá	Reino Unido	Canadá
11	Brasil	Austrália	Indonésia
12	França	México	Irã
13	Itália	Indonésia	Coréia do Sul
14	Austrália	Itália	Reino Unido
15	México	Coréia do Sul	Austrália
16	Polônia	França	África do Sul
17	Indonésia	Irã	Arábia Saudita
18	Kazaquistão	Ucrânia	Itália
19	África do Sul	Espanha	França
20	Coréia do Sul	Polônia	Polônia

Fonte: Climate Analysis Indicators Tool - CAIT, 2018.

Porém, ao incluir as queimadas e desmatamentos, o Brasil passa a estar entre os seis primeiros emissores de GEE (Moutinho e Bueno, 2002). Estima-se que existam de 10.000 a 25.000 toneladas de carbono para cada quilômetro quadrado de floresta tropical, sendo que, com as queimadas, cerca de 2/3 deste carbono seria transformado em CO₂ (REZENDE et al., 2001 *apud* ROCHA, 2003).

A alteração da concentração dos GEE poderá desencadear um aumento da temperatura média no planeta entre 1,4 e 5,8°C nos próximos cem anos (IPCC, 2001a).

Haverá o aumento da incidência de enchentes em decorrência da maior evaporação e do maior nível das chuvas. O El Niño, por causa da crescente quantidade de calor na atmosfera tropical e no oceano, ocorrerá com maior facilidade. Os ciclones tropicais ficarão mais intensos já que haverá um fornecimento maior de energia em virtude do calor mais elevado, de forma a aumentar as chuvas e os ventos fortes, tempestades violentas e perturbação nas regiões costeiras. Estima-se que, entre 50 e 90% das geleiras alpinas sumirão e, conseqüentemente, com a elevação do nível do mar, centenas de milhões de pessoas em todo o mundo, principalmente em ilhas, serão ameaçadas, pois se houver um aumento de 80cm no nível do mar como está sendo previsto pelo IPCC, será inundado 2/3 das Ilhas Marshall e Kiribati, no Pacífico, por exemplo (PEARCE, 2002 *apud* MARCHIORETO-MUNIZ, 2010).

Ainda de acordo com Pearce (2002) *apud* Marchioreto-Muniz (2010), em relação aos ecossistemas, pesquisadores temem que o aumento da temperatura ultrapasse a velocidade de adaptação da natureza. Com o acréscimo da temperatura, muitas formas de plantas já estabelecidas há tempos não conseguirão se estabilizar, devido à falta de água e à proliferação de pragas. Estudos britânicos prevêem a Amazônia mais quente e mais seca, sujeita a grandes incêndios, podendo chegar a se parecer com um deserto. Tais mudanças na vegetação, no ciclo hidrológico e ecológico colocariam a vida de muitas espécies animais a beira da extinção.

Em 1988 foi criada uma organização científico-política, o Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, no âmbito das Nações Unidas (ONU) pela iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Contava com a participação de cientistas de 130 países, no intuito de desenvolver uma percepção de que a ação humana poderia ter uma forte influência sobre o aquecimento do planeta e, que seria necessário acompanhar então atentamente este processo. Desde então, o

painel já emitiu cinco relatórios, sendo o principal e mais completo realizado em 2007, dividido em três partes (IPCC; DANTAS, 2009).

Segundo o IPCC (2001b), os impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes do aquecimento global afetarão todos os países, porém, serão sentidos de maneira diferenciada. O Quadro 2 resume algumas previsões desses impactos em diversas regiões do mundo.

Quadro 2 – Possíveis impactos decorrentes do aquecimento global.

Região	Prováveis impactos
1. África	<ul style="list-style-type: none"> a. Diminuição da produção agrícola b. Diminuição da disponibilidade de água na região do Mediterrâneo e em países do sul c. Aumento dos vetores de diversas doenças d. Aumento da desertificação e. Extinção de animais e plantas
2. Ásia	<ul style="list-style-type: none"> a. Diminuição da produção agrícola b. Diminuição da disponibilidade de água nas regiões árida e semi-árida c. Aumento do nível do mar deverá deslocar dezenas de milhões de pessoas
3. Austrália e Nova Zelândia	<ul style="list-style-type: none"> a. Diminuição da disponibilidade de água b. Extinção de animais e plantas
4. Europa	<ul style="list-style-type: none"> a. Desaparecimento de geleiras nos Alpes b. Aumento da produção agrícola em algumas regiões c. Impactos no turismo
5. América Latina	<ul style="list-style-type: none"> a. Diminuição da produção agrícola b. Aumento dos vetores de diversas doenças c. Extinção de animais e plantas
6. América do Norte	<ul style="list-style-type: none"> a. Aumento da produção agrícola em algumas regiões b. Aumento dos vetores de diversas doenças
7. Polar	<ul style="list-style-type: none"> a. Diminuição da calota polar b. Extinção de animais e plantas
8. Pequenas ilhas	<ul style="list-style-type: none"> a. Aumento do nível do mar deverá deslocar dezenas de milhões de pessoas b. Diminuição da disponibilidade de água c. Diminuição da atividade pesqueira d. Diminuição no turismo

Fonte: ROCHA, 2003.

Como exposto no Quadro 2, a grande maioria dos impactos será negativa, trazendo enormes prejuízos para a humanidade.

Diante desse cenário, foi promovido o primeiro encontro de ambientalistas na Noruega em 1972, para tratar de aquecimento global, camada de ozônio e desmatamento. No entanto, apenas na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC), estabelecida na Rio-92, que foram determinadas estratégias para minimizar o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio.

Essa Convenção deu origem ao Protocolo de Quioto, compromisso global de redução das emissões de gases que causam o efeito estufa, assinado em 1997, no Japão. O objetivo principal do tratado era estabilizar e reduzir a emissão de gases de efeito estufa e assim combater o aquecimento global e suas possíveis consequências. Essa iniciativa é considerada como o maior tratado sobre o meio ambiente e de maior importância lançado até hoje (SBRUZZI, 2010).

O Protocolo que envolvia 163 nações, estabeleceu que os países desenvolvidos deveriam reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa em pelo menos 5,2% em relação aos níveis apresentados em 1990. Essa meta global deveria ser atingida no período de 2008 a 2012, implicando, entre outras coisas, nos países para que buscassem formas alternativas de energia, uma vez que combustíveis fósseis, como o petróleo, eram os principais causadores do efeito estufa (SBRUZZI, 2010).

Os Estados Unidos eram considerados o país com maior potência industrial do mundo e, conseqüentemente, maior poluidor. Por acreditarem que a redução da emissão de gases poluentes poderia dificultar o crescimento da produção industrial do país, os EUA acabaram dificultando o progresso do acordo, abandonando o protocolo em 2001, por decisão do então presidente, George W. Bush (SBRUZZI, 2010).

Em fevereiro de 2005, com a adesão da Rússia, atingiu-se um número de países signatários e o protocolo entrou em vigor (BORSARI, 2009). No entanto, para os especialistas, as resoluções de Quioto atingiriam apenas a camada mais superficial do problema do aquecimento global, tendo em vista que a redução necessária seria de no mínimo 60% da emissão, sendo que para os mais radicais, seria necessário eliminar totalmente a emissão de CO₂ o mais rápido possível (DANTAS, 2009).

Segundo Dantas (2009), no final de 2008, o governo brasileiro lançou o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, que talvez tenha como principal mérito o próprio reconhecimento do problema, já que foi a primeira vez que o país assumiu um plano. Segundo o documento divulgado, o objetivo geral do plano era identificar, planejar e coordenar as

ações e medidas que possam ser empreendidas para diminuir as emissões de gases de efeito estufa geradas no Brasil, além de implantar as medidas necessárias à adaptação da sociedade civil aos impactos que ocorrerão devido à mudança do clima.

Conforme exposto por Sbruzzi (2010), com o Protocolo de Quioto próximo ao seu prazo de expiração, em 2012, os países signatários se preocuparam com os termos do seu substituto. E em 2009, foi realizada a 15ª Conferência das Partes (COP-15) em Copenhague, considerado o mais importante da história recente dos acordos multilaterais ambientais, por ter como objetivo inicial, justamente, estabelecer o tratado que substituiria o Protocolo de Quioto. Apesar da conferência não ter resultado em um acordo unânime, como esperado, foi produzida uma carta de intenções com conteúdo vinculativo e sem metas firmes de redução de emissões, assinada por representantes de Estados Unidos, União Europeia, Brasil, África do Sul, Índia e China, totalizando mais de cem países. O documento foi então chamado de Acordo de Copenhague.

Em 2015, foi realizada a COP-21 em Paris, na qual foi aprovada por 195 países, o primeiro acordo de extensão global para reduzir as emissões dos GEE e minimizar os impactos das mudanças climáticas. O acordo destinado a substituir o Protocolo de Quioto, começará a ser aplicado em 2020 e tem o objetivo de manter a temperatura média do planeta limitada ao aumento de 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais até o fim deste século. Mais de 160 países já ratificaram a participação no pacto, incluindo China e Estados Unidos, sendo que cada membro pode implementar internamente, metas individuais a serem atingidas. No caso do Brasil, a meta é reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 37% até 2025, tomando como base os níveis de 2005.

Para o IPCC, os países poderiam diminuir ainda mais os efeitos maléficos do aquecimento global, estabilizando em um patamar razoável as emissões de carbono até 2030, sendo que isto custaria apenas 3% do PIB (produto interno bruto) mundial (IPCC; DANTAS, 2009).

2.2 INFRAESTRUTURA VERDE

A urbanização dos grandes centros se deu através do uso de infraestrutura cinza monofuncional, com ruas projetadas visando à circulação de veículos, sistemas de esgotamento sanitário e drenagem desenhadas para o rápido escoamento da água e do esgoto, telhados com a única funcionalidade de proteger edificações e grandes áreas asfaltadas

destinadas para estacionamento de carros. A infraestrutura cinza interfere e bloqueia as dinâmicas naturais, que além de ocasionar consequências como inundações e deslizamentos, suprime áreas naturais alagadas/alagáveis e florestadas que prestam serviços ecológicos insubstituíveis em áreas urbanas (FARR, 2008; HERZOG, 2009 *apud* HERZOG, 2010).

Além disso, o enfoque no desenvolvimento urbano baseado nos automóveis levou ao espraiamento urbano sobre áreas que deveriam ter sido preservadas, como margens de corpos d'água, encostas íngremes, baixadas e áreas alagadas e ecossistemas naturais que fornecem serviços ecológicos essenciais para a sustentabilidade das cidades (HOUGH, 1994 *apud* HERZOG, 2010).

Tanto as preocupações com o meio ambiente quanto com os seres humanos impulsionaram a formulação do conceito da infraestrutura verde. A atenção para a inter-relação cidade-natureza foi aumentando e alterando o seu foco de atuação, na medida em que a percepção ambiental e os conhecimentos dela decorrentes foram evoluindo (BENEDICT; MCMAHON, 2006).

A infraestrutura verde visa à conservação da biodiversidade ao reforçar a coerência e resiliência dos ecossistemas, contribuindo simultaneamente para a adaptação às alterações climáticas e reduzindo a vulnerabilidade da ocorrência de catástrofes naturais. O conceito de infraestrutura verde também contribui para a criação de uma economia sustentável ao manter os serviços dos ecossistemas e ao mitigar os efeitos adversos das infraestruturas do transporte e energia e do desenvolvimento econômico em geral.

No Quadro 3 estão listadas diversas categorias de serviços e bens provenientes dos ecossistemas, que representam para as populações humanas benefícios derivados, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas, destacando que a regulação climática, tema deste trabalho, é um serviço de relevância.

Quadro 3 – Serviços e funções do ecossistema.

Serviços do Ecossistema	Funções do Ecossistema	Exemplos
Regulação de gases	Regulação da composição química da atmosfera	Balanco O ₂ /CO ₂ , camada de O ₃
Regulação climática	Regulação da temperatura global, precipitação e outros processos climáticos mediados biologicamente em escala global ou local	Regulação de gases estufa
Regulação de perturbações	Integridade do ecossistema frente a flutuações ambientais	Respostas do habitat a variações ambientais controladas por estruturas vegetais
Regulação das águas	Regulação dos fluxos hidrológicos	Provisões de água para uso agrícola ou industrial
Suprimento de água	Armazenamento de água	Provisões de água em aquíferos, bacias e represas
Controle de erosão e retenção de sedimentos	Retenção de solos	Prevenção de assoreamento de corpos d'água
Formação de solo	Processos de formação de solos	Desgaste de rochas e acúmulo de matéria orgânica
Ciclagem de nutrientes	Armazenamento, processamento e aquisição de nutrientes	Fixação de nitrogênio e de outros nutrientes
Tratamento de resíduos		Controle de poluição e desintoxicação
Polinização	Movimento de gametas vegetais	Polinizadores para garantir a reprodução vegetal
Controle biológico	Regulação da dinâmica trófica das populações	Equilíbrio entre populações de produtores e consumidores
Refúgio	Habitat para populações permanentes e transientes	Habitat pra espécies migratórias
Produção de alimentos	Porção da produção primária consumida como alimento	Pescado, frutos, colheitas, caça
Materiais brutos	Porção da produção primária consumida bruta	Madeira, combustíveis e forragem
Recursos genéticos	Fonte de materiais biológicos e produtos	Espécies ornamentais, medicinais e de interesse científico
Recreação	Atividades recreativas	Ecoturismo, pesca
Cultural	Usos não comerciais	Valores estéticos, artísticos, educacionais, espirituais e científicos do ecossistema

Fonte: MODNA, 2004.

As árvores, essenciais na infraestrutura verde, têm funções ecológicas insubstituíveis, pois contribuem significativamente para prevenir erosão e assoreamento de corpos d'água; promovem a infiltração das águas das chuvas, reduzindo o impacto das gotas que compactam o solo; capturam gases de efeito estufa; são o *habitat* para diversas espécies promovendo a biodiversidade, além de mitigar efeitos de ilhas de calor. A floresta urbana consiste no somatório de todas as árvores que se encontram na cidade, em parques e praças, ruas e fragmentos de matas (Hough, 1984 e 1994; Newman et al., 2009). O ideal é conectar estes espaços para que integrem uma infraestrutura verde, como por exemplo, parques arborizados que podem ser articulados por conexões lineares como ruas verdes (FORMAN, 1995; BENEDICT & MCMAHON, 2006; AHERN, 2007 *apud* HERZOG, 2010).

Um dos primeiros trabalhos em que houve o enfoque em conciliar sustentabilidade e resiliência da paisagem urbana com o desenvolvimento da cidade foi executado nas últimas duas décadas do século XIX. Frederick Law Olmsted projetou o emblemático *Emerald Necklace* (Colar de Esmeraldas), em Boston, representado nas Figuras 6 e 7.



Figura 6 – Emerald Necklace Park, Boston.
Fonte: <http://www.touristsbook.com>, acesso em março de 2018.



Figura 7 – Complexo de parques que formam o Emerald Necklace, Boston.
Fonte: <https://www.bostoncentral.com>, acesso em março de 2018.

Esse projeto consistiu numa rede de parques interligados pelas matas ciliares dos rios Stony Brook e Muddy, que foram recuperadas a fim de restabelecer a dinâmica hídrica aliada a um sistema de esgotos. Permanece (parcialmente, pois foi cortado por avenidas) até os dias de hoje como um modelo multifuncional, que alia o controle de enchentes com qualidade do ar, das águas e do solo, proteção da biodiversidade, circulação de pessoas (bicicletas e caminhadas), amenização do clima, recreação e lazer (Spirn, 2002 *apud* HERZOG, 2010).

Outro exemplo é no Rio de Janeiro, o caso do replantio de mata nativa no maciço da Tijuca ainda no século XIX pelo Major Archer, que teve por objetivo conservar os mananciais de água da cidade (Frischenbruder e Pellegrino, 2004). A floresta se regenerou ao longo do tempo e hoje mantém a temperatura da cidade mais amena. É multifuncional, permite atividades esportivas, lazer e recreação, ainda abriga sítios histórico-culturais. Além de fornecer inúmeros serviços ecológicos para a cidade e seus habitantes, como a contenção de encostas, diminuição de enchentes, e de abrigar uma grande biodiversidade urbana (HERZOG, 2010).

A infraestrutura verde está relacionada ao planejamento e gestão ambiental urbano, sendo uma maneira de mitigar os efeitos da urbanização, dar resiliência aos ecossistemas urbanos para enfrentar os desafios das mudanças climáticas, além de contribuir para a transição a uma economia de baixo carbono. Suas tipologias são consideradas como elementos estruturadores da paisagem urbana, visto que no contexto dos ecossistemas urbanos, permite a conjugação do sistema verde (vegetação) com o sistema azul (sistemas hídrico e de drenagem) por meio de inúmeras soluções técnicas, incorporando o *retrofit* (renovação) e a adaptação da infraestrutura existente (HERZOG, 2010; BENINI, 2015).

Segundo Benini (2015), quando o planejamento urbano é concebido a partir dos princípios que norteiam a infraestrutura verde, é possível a incorporação de diversos componentes da natureza aos espaços urbanizados, contribuindo para minimizar os mais diversos impactos ambientais decorrentes do próprio processo de urbanização, colaborando significativamente para construção da sustentabilidade urbana.

Idealmente, a infraestrutura verde deve ser planejada antes da ocupação, assim áreas frágeis e de grande valor ambiental podem ser conservadas, como: áreas alagadas, margens dos rios e córregos, encostas instáveis com risco de deslizamento e fragmentos de ecossistemas nativos. A integração desses espaços na infraestrutura verde irá garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos, como água e ar limpos, estabilização de encostas de forma natural, prevenção de enchentes e deslizamentos, conexão de fluxos hídricos e bióticos,

prevenção de assoreamento entre outros (BOLUND, 1999; HERZOG, 2009; ELMQVIST, 2010).

A infraestrutura verde consiste em intervenções de baixo impacto na paisagem e alto desempenho, com espaços multifuncionais e flexíveis, que possam exercer diferentes funções ao longo do tempo - adaptável às necessidades futuras (AHERN, 2009). Visa também, buscar oportunidades de transportes alternativos não poluentes que estimulam uma vida urbana ativa e saudável, e promover o uso de energias renováveis sempre que possível. Esses espaços ganhos dos veículos são devolvidos para os cidadãos para que ruas voltem a ser lugares vivos, de encontros sociais e com comércio e serviços ativos (JACOBS, 1992). O planejamento da infraestrutura verde integra os diversos meios de transporte, de maneira a permitir que pedestres e bicicletas utilizem transporte de massa de forma bem articulada e confortável. A inserção de paisagens urbanas produtivas – agricultura urbana em diversas escalas e agroflorestas -, deve ser considerada no planejamento da infraestrutura ecológica urbana, e incentivada em todos os locais possíveis (BEATLEY, 2000; HERZOG, 2010; IMBERTI, 2010).

Para Benedict e McMahon (2002a), a infraestrutura verde é balizada por 7 (sete) princípios: a primeira é de que a infraestrutura verde deve integrar os instrumentos de conservação, visando o planejamento dos espaços verdes, com o objetivo de minimizar os impactos adversos dos processos de desenvolvimento; o segundo prevê a necessidade da elaboração de Projetos de Infraestrutura Verde antes que a cidade se desenvolva, ou seja, que o desenvolvimento já se dê segundo diretrizes definidas; o terceiro propõe que a infraestrutura verde seja um elemento de conectividade dos espaços, para que estes funcionem em rede, ou seja, adotando um sistema ecológico; o quarto princípio parte da ideia de que a infraestrutura verde pode ser usada para iniciativas de qualquer abrangência ou escala; o quinto valoriza uma abordagem multidisciplinar, que contemple conhecimentos oriundos da biologia da conservação, ecologia da paisagem, planejamento urbano e regional, arquitetura da paisagem, geografia, engenharia civil, dentre outras, objetivando o de sistemas de infraestruturas verdes; no sexto a viabilização da infraestrutura verde deve ser prevista no orçamento público, a exemplo das demais obras de infraestruturas convencionais; o último princípio orienta o envolvimento organizações públicas e privadas para a implantação da infraestrutura verde (BENINI, 2015).

Bem planejada, implementada e monitorada a infraestrutura verde pode se constituir no suporte para a resiliência das cidades. Pode ser um meio de adaptar e regenerar o tecido urbano de modo a torná-lo resiliente aos impactos causados pelas mudanças climáticas e

também preparar para uma economia de baixo carbono. Ela aumenta a capacidade de resposta e recuperação a eventos climáticos, propicia mudança das fontes de energias poluentes ou de alto custo para fontes renováveis, promove a produção de alimentos perto da fonte consumidora, além de melhorar a saúde de seus habitantes ao possibilitar transportes ativos como caminhada e bicicleta (HERZOG, 2010).

Para que o planejamento e projeto da infraestrutura verde sejam de fato eficientes e eficazes, é preciso ter uma abordagem sistêmica, abrangente e transdisciplinar. Depende de um levantamento detalhado dos aspectos abióticos, bióticos e culturais. Inicialmente é preciso fazer um mapeamento dos condicionantes geológicos, geomorfológicos, hídricos (de preferência ter a bacia hidrográfica como unidade de macroplanejamento), climáticos, da cobertura vegetal, dos sistemas de drenagem e esgotamento sanitário, e uso e ocupação do solo. Também é importante conhecer a biodiversidade local. Levantar dados e mapas históricos de uso e ocupação do solo, de hábitos e da cultura local. O processo deve ser dinâmico e flexível, além de efetivamente participativo contando com representantes de todos os segmentos da sociedade que serão afetados pelo projeto. É necessário identificar os anseios e problemas trazidos pela comunidade, em busca de novas ideias fruto da vivência e experiência do lugar. Esse engajamento dos usuários no desenvolvimento do planejamento e projeto é essencial para que a infraestrutura verde seja sustentável no longo prazo (RIBEIRO, 2001; BOUCINHAS, 2007; COSTA et al., 2007).

Desta forma, a infraestrutura verde permite a conciliação e integração de processos naturais como alternativa adequada aos problemas ambientais urbanos, a exemplo da drenagem urbana, contribuindo desse modo, para melhoria da qualidade ambiental em cidades (BENINI, 2015).

Com isso, planejar, projetar e monitorar uma infraestrutura verde proporciona diversos serviços ecossistêmicos essenciais para a sustentabilidade urbana de longo prazo, contribuindo na redução de enchentes e deslizamentos, na captura de carbono, na melhoria na qualidade das águas e na saúde da população, além dos consequentes benefícios econômicos (HERZOG, 2010).

2.3 A RADIAÇÃO SOLAR E OS EFEITOS DAS ILHAS DE CALOR

2.3.1 Radiação solar

Praticamente toda a energia recebida pela Terra é de origem solar, sendo que pode-se dizer que o Sol emite energia em praticamente todos os comprimentos do espectro eletromagnético permeados pelas diversas linhas de absorção (CORRÊA, 2003).

A radiação solar é a energia transmitida pelo sol (motor de todo o sistema de vida terrestre) sob a forma de ondas magnéticas.

Apesar de não ser absoluta, a radiação que atinge o solo pode ser subdividida em raios caloríficos (infravermelho), raios dotados de atividade química (ultravioleta) e raios visíveis, conforme ilustrado na Figura 8. Mas, do ponto de vista ecológico, somente as radiações infravermelha e ultravioleta têm sua influência conhecida (LIMA, 2018).

Cerca de 44% de toda a energia emitida se concentra entre 400 e 700nm, denominado espectro visível de energia. O restante é dividido entre radiação ultravioleta (< 400nm) com 7%, infravermelho próximo (entre 700 e 1500nm) com 37% e infravermelho (> 1500nm) com 11%. Menos de 1% da radiação emitida concentra-se acima da região do infravermelho, como microondas e ondas de rádio, e abaixo da região ultravioleta, como raios X e raios γ . (NESME-RIBES e THUILLIER, 2000 *apud* CORRÊA, 2003).

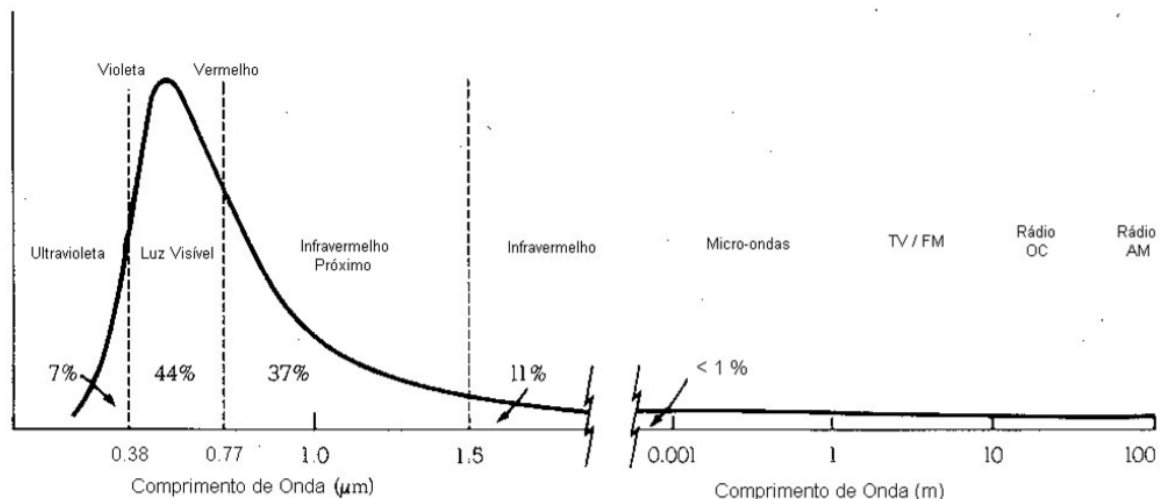


Figura 8 – Distribuição de energia emitida pelo sol.
Fonte: CPTEC/INPE.

A radiação ultravioleta (R-UV) é a parte do espectro eletromagnético referente aos comprimentos de onda entre 100 e 400 nm e de acordo com a intensidade que a R-UV é absorvida pelo oxigênio e ozônio e, também pelos efeitos fotobiológicos, costuma-se dividir a região UV em três intervalos, como observado no espectro da Figura 9 e conforme explicitado na Tabela 3.

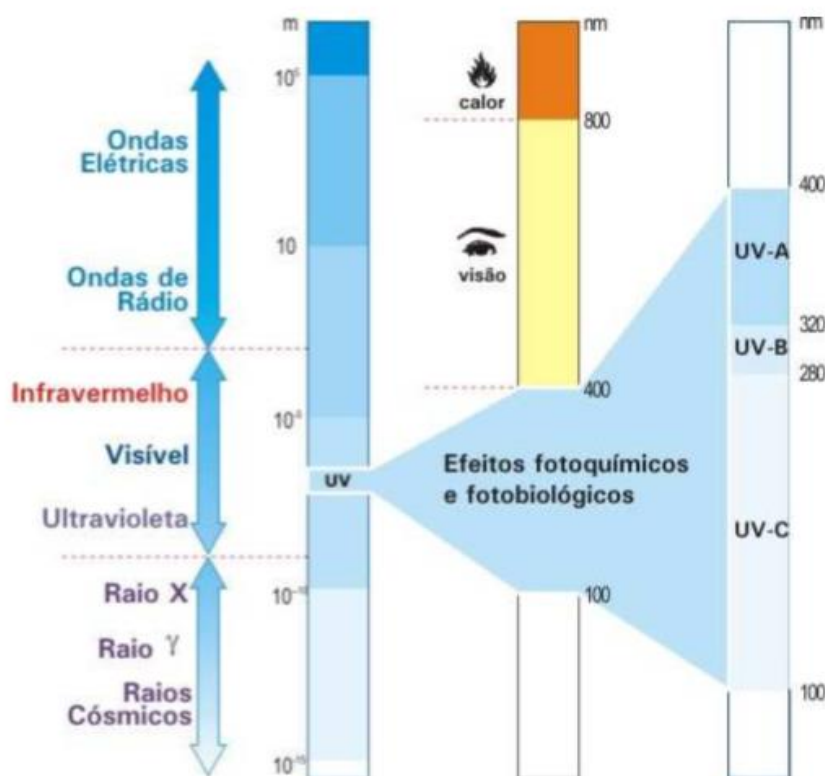


Figura 9 – Espectro eletromagnético.
Fonte: CPTEC/INPE.

Tabela 3 – Características dos raios ultravioletas.

Raios	Intervalo espectral (nm)	Características
UVC	100 - 280	Completamente absorvida pelo O ₂ e O ₃ estratosférico e, portanto, não atinge a superfície terrestre. É utilizada na esterilização de água e materiais cirúrgicos.
UVB	280 - 320	Fortemente absorvida pelo O ₃ estratosférico. É prejudicial à saúde humana, podendo causar queimaduras e, a longo prazo, câncer de pele.
UVA	320 - 400	Sofre pouca absorção pelo O ₃ estratosférico. É importante para sintetizar a vitamina D no organismo. Porém o excesso de exposição pode causar queimaduras e, a longo prazo, causa o envelhecimento precoce.

Fonte: CPTEC/INPE.

A quantidade de energia que penetra na atmosfera é praticamente constante, variando de 1,98 a 2 calorias por centímetro quadrado, por minuto (DAJOZ, 1983 *apud* LIMA, 2018).

Segundo Romero (2000), à medida que a radiação penetra na atmosfera terrestre, sua intensidade é reduzida e sua distribuição espectral é alterada em função da absorção, reflexão e difusão dos raios solares pelos diversos componentes do ar, conforme esquema da Figura 10.

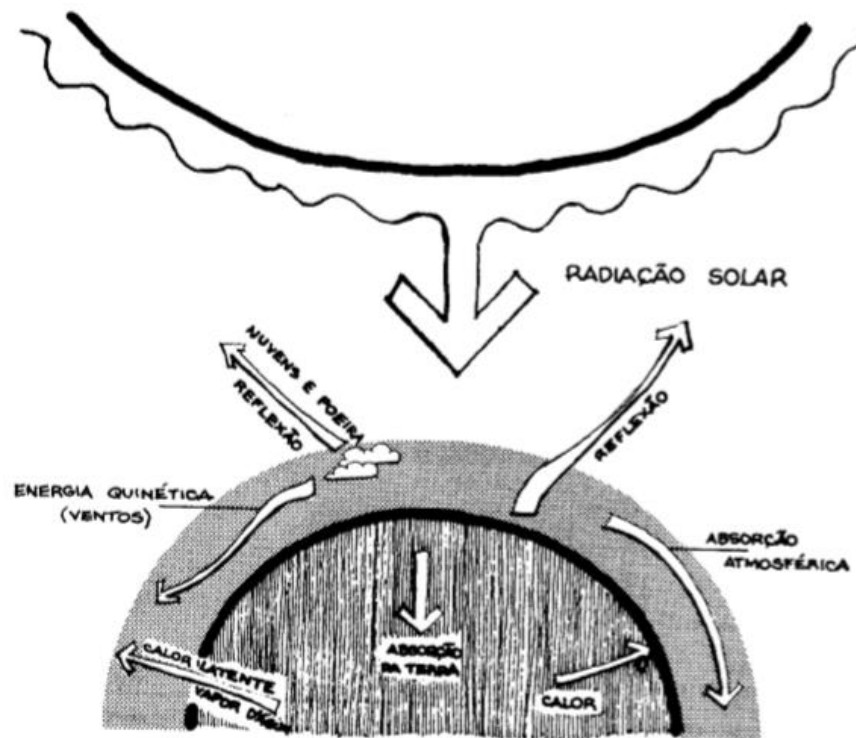


Figura 10 – Fenômeno da absorção e reflexão da radiação solar na Terra.
Fonte: Crowther (1977).

O ozônio absorve a maior parte dos raios ultravioletas e aqueles de menor comprimento de onda, fazendo com que uma pequena parcela chegue à superfície da terra. Os vapores d'água e o dióxido de carbono absorvem grande parte dos raios infravermelhos, reduzindo sua carga térmica. Ao atravessar a atmosfera, a radiação é dispersada, em parte devido à ação da poeira e de outras moléculas em suspensão, em parte porque é refletida difusamente a partir da fração inferior das nuvens (Olgyay, 1963). Uma parcela da radiação solar que penetra na atmosfera é refletida pela superfície da terra ou pelas nuvens, outra é absorvida pelos níveis inferiores da atmosfera, produzindo um aumento da temperatura do ar (ROMERO, 2000).

Conforme o estudo de Lima (2018), a quantidade de energia que chega ao solo varia em função da duração do dia, da qualidade e transparência do ar, além do ângulo de

incidência dos raios solares. A energia que atinge as superfícies terrestres varia, portanto, de acordo com a época do ano, com a diferença de latitude e de altitude das localidades.

De acordo com a WWF-Brasil, a camada de ozônio é composta do gás O₃ e envolve o planeta Terra com uma frágil camada que protege animais, plantas e seres humanos dos raios ultravioleta emitidos pelo Sol. Na superfície terrestre, o ozônio contribui para agravar a poluição do ar das cidades e a chuva ácida. Mas, nas alturas da estratosfera, entre 25 e 30 km acima da superfície, é um filtro a favor da vida. Sem ele, os raios ultravioletas poderiam aniquilar todas as formas de vida no planeta (SBRUZZI, 2010).

No sentido de controlar a emissão dos gases CFC's, responsáveis pelo buraco na camada de ozônio, as Nações Unidas aprovaram o Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, em 1987. Desde então, os países desenvolvidos já eliminaram o uso desses gases, utilizados principalmente em aerossóis e sistemas de refrigeração. O Brasil assumiu o compromisso de banir totalmente o uso desses gases nas empresas até o ano de 2010 (SBRUZZI, 2010).

Segundo Figueiredo (2016), o sol ilumina de forma desigual as várias partes da superfície da terra. Esse fato, associado aos diferentes coeficientes de absorção da radiação solar dos diferentes tipos de solos e águas da superfície da terra, ocasiona uma desigual distribuição da energia solar, cujos efeitos são o aparecimento dos movimentos de massa de ar e de águas (correntes marinhas) e as trocas de matéria e energia entre o ar, o mar e a terra (por exemplo, a evaporação da água dos mares, as chuvas, etc).

As regiões tropicais e subtropicais da Terra recebem de 2,4 a 4 MW/h de energia solar por metro quadrado anualmente. O processo de fotossíntese utiliza menos de 1% desta quantidade de energia. Assim, mais de 99% da energia solar que chega à Terra é refletida, absorvida e conduzida através do solo e de outros materiais, reemitida como radiação de ondas longas pelas superfícies, despendida na ocorrência da evapotranspiração (calor latente) e percebida como calor sensível (POKORNY, 2001 *apud* MODNA, 2004; BARBOSA, 2009).

A presença de superfícies impermeáveis acelera o escoamento da água que estaria disponível para evaporação e a radiação solar absorvida promove o aquecimento do solo, que passa a emitir radiação de ondas longas. Estas são fortemente absorvidas pelos aerossóis, pelo CO₂ e pelo vapor d'água presentes no ar atmosférico. Dessa maneira, dá-se o aquecimento do ar, percebido na forma de calor, elevando sua temperatura, e, conseqüentemente, a de seu entorno. Além disso, as edificações propiciam o armazenamento de radiação de ondas curtas

pela incidência solar direta e por meio de múltiplas reflexões sofridas pelos raios solares ao encontrarem as superfícies das edificações, o que favorece o aumento de energia solar absorvida (MODNA, 2004; BARBOSA, 2009).

2.3.2 Ilhas de calor

Mudanças na água e na vegetação influenciam na distribuição da energia solar e, conseqüentemente, no microclima e no mesoclima (dependendo da extensão do desmatamento e da área da drenagem), pois muito da energia solar é convertida em calor.

Pokorný (2001) relata que a mudança na dissipação de energia em um dia ensolarado provocada pela drenagem de uma área de 100 ha é comparável à energia contida em um trem carregado com carvão. Disto resulta aumento da temperatura do ar e da amplitude térmica, queda dos valores de umidade do ar, mudanças no padrão de precipitação de chuvas e do transporte de partículas na atmosfera (MODNA, 2004).

O clima de uma dada região é determinado pelos padrões de variações de diversos elementos e suas combinações. Os principais elementos climáticos, quando o conforto humano e projeto de construção estão sendo consideradas, são a radiação solar, temperatura do ar, umidade, vento e precipitação (GIVONI, 1976 *apud* GARCIA, 2015)

A modificação do espaço, em forma de verticalização das edificações, impermeabilização do solo e redução das áreas verdes, causa alterações nos atributos climáticos locais, interferindo no conforto e desempenho térmico das edificações. Dentre essas mudanças, ressalta-se a existência de ilhas de calor que surgem por adensamento de construções na envoltória de determinado local (MODNA, 2004; GARCIA 2015).

Abreu (2008) afirma que a partir de um estudo na capital paulista e através das imagens de satélite na faixa do infravermelho, verificou-se que a ilha de calor formada se localizava em regiões de alta concentração de edifícios e com pouca vegetação, como ilustrado no gráfico da temperatura da Figura 11. Também constatou que as diferenças de temperatura entre a zona rural e a central chegam a ser superiores a 10°C.

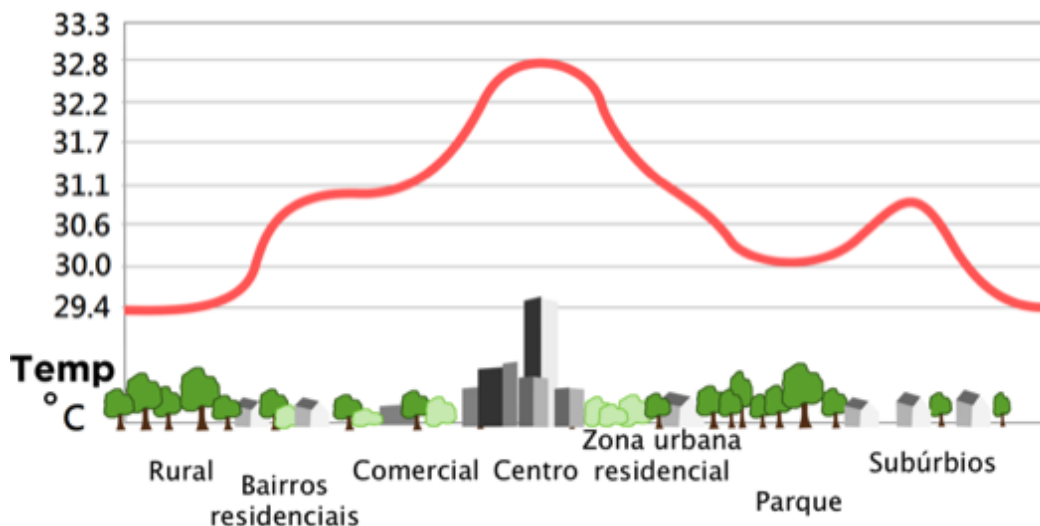


Figura 11 - Gráfico de Temperatura: Fenômeno da Ilha de Calor.
Fonte: FIGUEIREDO, 2016.

Lowry (1988) destaca que a diferença do balanço energético entre o ambiente com cobertura vegetal e o ambiente urbano é que, neste último, há uma entrada adicional de energia proveniente das atividades industriais, tráfego de veículos e sistemas de ar condicionado (MODNA, 2004).

O campo térmico urbano configura-se, portanto, por apresentar mais aquecido do que o ambiente rural circunvizinho, devido, sobretudo, à densidade de massa edificada e às propriedades físicas dos materiais de construção do ambiente urbano, apresentando maior capacidade de armazenamento de calor. Além disso, a geometria dos prédios e a excessiva ocupação do solo contribuem para a estagnação e a canalização do ar, com a formação de uma superfície de grande aspereza. Esses fatores contribuem para a alteração do balanço de energia no ambiente urbano e, conseqüentemente, para a conformação de seu campo térmico, o qual tende a apresentar bolsões de ar mais aquecido sobre as áreas mais adensadas – fenômeno denominado ilhas de calor (LOMBARDO, 1985 *apud* BARBOSA, 2009).

O gradiente horizontal de temperatura do ar tende a aumentar das áreas rurais e suburbanas na direção do centro da cidade. As edificações e superfícies pavimentadas, segundo Peterson (1971) e Mota (1995), absorvem e armazenam grandes quantidades de radiação solar, devido à sua geometria e alta admitância térmica, ao contrário do solo coberto com vegetação das áreas rurais. Na cidade, pouca quantidade desta energia é usada para evaporação, uma vez que há baixa disponibilidade hídrica neste ambiente, decorrente do rápido escoamento das águas pluviais e ausência de vegetação. À noite, a cidade libera o calor

acumulado durante o dia, fazendo com que também nesse período as temperaturas sejam mais elevadas que nas áreas de entorno (MODNA, 2004).

O fenômeno das ilhas de calor está se tornando cada vez mais intenso nas áreas urbanas, modificando o microclima dessas áreas, agravando os fenômenos climáticos e causando todos os tipos de danos (GARCIA, 2015).

Um dos efeitos mais nefastos das ilhas de calor nos ambientes urbanos está na mudança da intensidade das chuvas. Na cidade de São Paulo foi constatada a interferência do ar quente — proveniente do aquecimento das superfícies pavimentadas urbanas — na distribuição das chuvas. A massa de ar úmido, oriunda do Oceano Atlântico, tenderia a seguir a circulação do ar quente, subindo para regiões mais altas da atmosfera. Em consequência, o vapor d'água se precipitaria sobre as regiões mais aquecidas da cidade e não sobre seus mananciais. Disto resultariam dois tão conhecidos fenômenos típicos de São Paulo: enchentes e, paradoxalmente, falta de água para abastecimento público (VIVEIROS, 2004 *apud* MODNA, 2004).

A redução dos materiais de alta absorção de calor utilizadas nas construções e o incremento de áreas verdes no entorno contribuem para a mitigação dos efeitos negativos das ilhas de calor. É possível reduzir a temperatura do ar em áreas urbanas, diminuir a demanda de energia para sistemas de refrigeração e reduzir a poluição atmosférica (PRADO & FERREIRA, 2005 *apud* GARCIA, 2015).

A vegetação auxilia na diminuição da temperatura do ar, absorve energia, favorece a manutenção do ciclo oxigênio-gás carbônico essencial à renovação do ar. Um espaço gramado pode absorver maior quantidade de radiação solar e, por sua vez, irradiar uma quantidade menor de calor que qualquer superfície construída, uma vez que grande parte da energia absorvida pelas folhas é utilizada para seu processo metabólico, enquanto em outros materiais toda a energia absorvida é transformada em calor.

Segundo Akbari et al. (2001), as árvores interceptam a radiação solar antes que a mesma aqueça as edificações, além de resfriarem o ar por evapotranspiração, que é um dos fatores que levam à retirada de energia percebida como calor do ambiente (Figura 12). Por se tratar de um fenômeno endotérmico, a evapotranspiração promove um efeito de resfriamento e umidificação do ar nos ambientes urbanos, segundo Mota (1995).

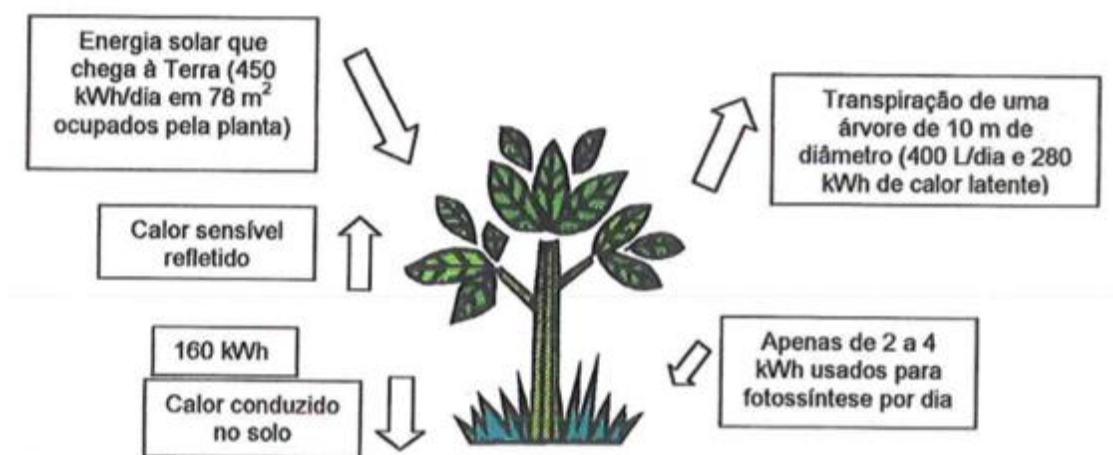


Figura 12 - Dissipação da energia solar em uma única árvore suprida com água.
Fonte: MODNA, 2004.

Pokorný (2001) relata que o próprio crescimento das árvores auxilia a retirada de dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera, contribuindo globalmente para a redução do efeito estufa. Isto levaria a uma economia de eletricidade usada para fins de refrigeração, já que segundo Akbari et al. (2001), a demanda por eletricidade aumenta de 2 a 4% para 1°C de elevação na temperatura do ar, estimando que 5 a 10% da eletricidade seja gasta na refrigeração de edificações (MODNA, 2004).

Ometto (1981) explica que as moléculas de vapor d'água na atmosfera compõem uma estrutura que interage com a radiação emitida pelas superfícies. Ele tem a propriedade de armazenar energia e, graças à sua capacidade de movimentação junto com o ar atmosférico, exerce a função de "equalizador de energia do meio", uma vez que ameniza as trocas de energia.

Em estudo sobre o efeito da vegetação na atenuação do calor, ShashuaBar & Hoffmann (2000) mostram evidências de que as principais variáveis a afetarem a temperatura do ar são áreas sombreadas por árvores, que atenuam o aquecimento do solo pela radiação solar e o efeito secundário da temperatura do ar circundante a estas áreas. O efeito de umidificação do ar se mostra proporcional ao de resfriamento.

O estudo realizado por Dimoudi & Nikolopoulou (2003), com base em simulações do comportamento microclimático com diferentes texturas urbanas, obtiveram resultados interessantes sobre o efeito da vegetação nas temperaturas do ar de edificações. Segundo o modelo, quanto mais as dimensões da área verde são aumentadas, mais a temperatura do ar nas imediações é diminuída (MODNA, 2004).

Os espaços verdes possuem grande capacidade de absorção da radiação solar e, conseqüentemente, irradiam menos calor que outros materiais, uma vez que a folhagem retém uma significativa parcela da energia sequestrada pelo processo da fotossíntese (ROMERO, 2000).

No mesmo sentido, outro fenômeno interessante é ocasionado pelas copas das árvores, que atuam como escudos solares (Figura 13), proporcionando o sombreamento necessário para a formação de ar mais fresco e, igualmente, a proteção suficiente para a diminuição da emissão de radiação infravermelha do solo (IZARD e GUYOT, 1980; *apud* FIGUEIREDO, 2016).

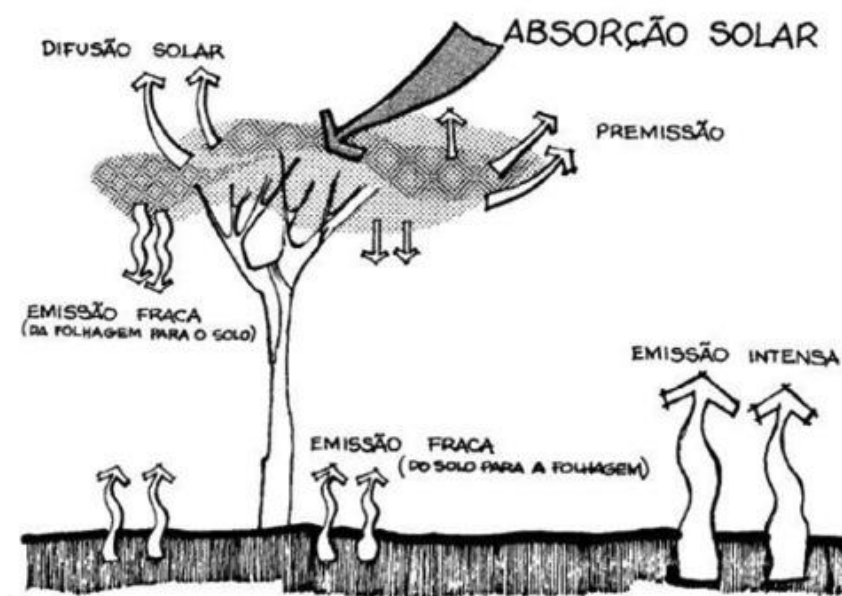


Figura 13 – Efeito regulador da vegetação em radiações de grande comprimento de onda.
Fonte: ROMERO, 2000.

2.3.3 Índice ultravioleta

Para garantir uma uniformidade na divulgação de informações, foi estabelecido um índice para quantificar a radiação ultravioleta biologicamente ativa: o índice ultravioleta (IUV) (VANICEK *et al.*, 2000 *apud* CORRÊA, 2003).

De acordo com o CPTEC/INPE, O Índice Ultravioleta (IUV) é uma medida da intensidade da radiação UV, relevante aos efeitos sobre a pele humana, incidente sobre a superfície da Terra.

O IUV representa o valor máximo diário da radiação ultravioleta, ou seja, no período referente ao meio-dia solar, o horário de máxima intensidade de radiação solar. Como a cobertura de nuvens é algo muito dinâmico e variável, o IUV é sempre apresentado para uma condição de céu claro que, na maioria dos casos, representa a máxima intensidade de radiação.

O IUV é um fator de conversão para a irradiância eritêmica, de modo que 1 IUV é equivalente a 0,025 W/m².

O índice é apresentado como um número inteiro e de acordo com recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), esses valores são agrupados em categorias de intensidades, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Níveis de índice UV e recomendações de proteção.

Índice UV	Nível	Proteção
1 a 2	Baixo	Não há necessidade de proteção
3 a 5	Moderado	Há necessidade de proteção: use filtro solar, camiseta e chapéu.
6 a 7	Alto	Há necessidade de proteção: use filtro solar, camiseta e chapéu.
8 a 10	Muito alto	Há necessidade de proteção intensa: use filtro solar, camiseta e chapéu com proteção solar, óculos escuros. Não saia no sol perto do meio-dia.
11 a 14	Extremo	Há necessidade de proteção intensa: use filtro solar, camiseta e chapéu com proteção solar, óculos escuros. Não saia no sol perto do meio-dia.

Fonte: CPTEC/INPE.

Se devidamente divulgado, o IUV é considerado como um parâmetro eficiente de alerta para os efeitos nocivos causados pela superexposição ao Sol (LONG *et al.*, 1996; EMMONS E COLDITZ, 1999 apud CORRÊA, 2003).

Conforme Corrêa (2003), a radiação ultravioleta em intensidade inapropriada, pode causar sérios danos ao ser humano como queimaduras, envelhecimento precoce, depleção do sistema imunológico, cânceres de pele e catarata. Além do ser humano, culturas vegetais, ecossistemas terrestres e aquáticos e materiais inorgânicos também sofrem efeitos danosos decorrentes da exposição excessiva à radiação solar.

No Brasil, o câncer de pele é considerado um problema social relevante, representando cerca de 20% de todos os casos de câncer diagnosticados. Diante dessa realidade, programas

eficazes de prevenção e esclarecimento, que visam conscientizar a população sobre os efeitos nocivos da radiação solar, podem ter um enorme impacto na saúde pública. Além dos benefícios à população, esses programas podem diminuir custos significativos para o sistema de saúde, reforçando outros setores da economia (Emmons e Colditz, 1999). Um exemplo disso são as atuais campanhas realizadas na Austrália, que investem aproximadamente US\$ 0,08 por habitante, por ano, enquanto os custos diretos do tratamento do câncer da pele são estimados em US\$ 5,70 por habitante, no mesmo período de tempo (AIHW, 2002 *apud* CORRÊA, 2003).

Os fatos aqui apresentados mostraram que a R-UV exerce influência relevante sobre a vida na Terra, podendo, principalmente, acarretar prejuízos para a saúde dos seres humanos, com consequências que se estendem às esferas sociais e econômicas. Por estas razões, os estudos sobre os fenômenos envolvendo esse tipo de radiação são de relevante importância, tanto para minimizar eventuais prejuízos à saúde, como para aprimorar o conhecimento sobre o papel desempenhado por diversos fenômenos climáticos e meteorológicos (CORRÊA, 2003).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho faz parte de um grupo de pesquisa de alunos da UFRJ, envolvendo alunos de Engenharia Civil e Ambiental de graduação e de alunos de mestrado do Programa de Engenharia Urbana (PEU), da Escola Politécnica, sendo continuidade de pesquisa já realizada anteriormente por Lima (2018) e Figueiredo (2016).

Trata-se aqui de um estudo prático cujo principal objetivo é avaliar o desempenho ambiental e térmico da infraestrutura verde em uma parcela do bairro do Humaitá, localizada na Zona Sul do Rio de Janeiro.

O trabalho de campo foi feito ao longo do ano de 2016 e 2017, completando 13 meses, e foi dividido em dois segmentos: inventário florístico e conforto térmico. O inventário florístico refere-se ao cadastramento dos indivíduos arbóreos da região estudada. E o conforto térmico se refere através de medições semanais de fatores climáticos dos pontos predeterminados da área de estudo como temperatura do ar, temperatura de orvalho, temperatura do bulbo úmido, umidade relativa do ar, luminância e radiação solar.

3.1 ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Contexto histórico

Durante a colonização, os índios chamavam a região de Itaóca, devido a uma gruta existente na atual Rua Icatu. Mais tarde, a principal via do bairro recebeu o nome de Humaitá, em homenagem aos seis monitores que, na operação Passagem de Humaitá, ocorrida no contexto da Guerra do Paraguai, obtiveram êxito em ultrapassar a Fortaleza do Humaitá, dando nome ao bairro, como é conhecido hoje (LUCENA, 2017).

Por volta de 1650, grande parte da área pertencia a Clemente José Martins de Matos, Vigário-Geral do bispado. No final do século XVII, o proprietário construiu uma capela dedicada a São Clemente, a qual existiu até o início do século XX, no local onde hoje está a Rua Viúva Lacerda. Em seguida, abriu um caminho que cortava a propriedade para ter acesso à capela, hoje conhecida como rua São Clemente (PRADO, 2013; LUCENA, 2017).

Após a morte do religioso, suas terras foram loteadas e vendidas, surgindo, assim, algumas chácaras com residências para veraneio das famílias mais abastadas, principalmente comerciantes. O acesso particular à quinta de D. Clemente se tornou um logradouro público para atender às novas propriedades. No entanto, até o início do século XIX, a área era praticamente despovoada e considerada rural (PRADO, 2013).

Em 1809, oito meses após a chegada de D. João VI ao Brasil, a freguesia de São João Batista da Lagoa, englobando Botafogo, Humaitá e parte de outros bairros da Zona Sul, foi elevada à categoria de paróquia, atendendo a uma solicitação dos moradores locais (PRADO, 2013).

A região possuía características de um ambiente campestre e ainda um clima ameno. Carlota Joaquina, buscando refúgio da moradia real na Quinta da Boa Vista, em São Cristóvão, resolveu erguer uma de suas residências na Praia de Botafogo, esquina com a atual Rua Marquês de Abrantes, encantada com a vista da Baía, o que contribuiu para valorizar o bairro (HENRIQUE, 2004; SANTOS, 2008 *apud* CAMINHA, 2013).

Conforme afirma Abreu (2006), já na primeira metade do século XIX a região começou a obter *status* de moradia oficial, pois as antigas chácaras de fim de semana da aristocracia foram transformando-se gradualmente em local de residência permanente. As classes mais abastadas e os estrangeiros buscavam o lugar, pois se tratava de uma área periférica próxima ao centro urbano além de possuir características ambientais privilegiadas, como o clima e a paisagem. CAMINHA, 2013;

O processo de ocupação do solo aconteceu para atender a uma demanda cada vez maior por parte das pessoas que não queriam mais morar no Centro. E o processo de urbanização, que incluía o transporte regular e serviços públicos básicos, que se iniciou em Botafogo em meados do século XIX, atraiu ainda mais os aristocratas, que se instalaram, em especial, nas ruas recentemente abertas (CADERMAN e CADERMAN, 2004). CAMINHA, 2013

Conforme explicitado por Lucena (2017), no século XIX a região se destacava pela produção de peças de cerâmica, gerando um movimentado comércio que contribuiu no desenvolvimento da área.

Joaquim Marques Batista de Leão, em 1825, adquiriu a fazenda da Olaria, mais tarde a subdividindo em loteamentos. Em 1953 seus herdeiros doaram à Câmara uma rua, a Marques, e um Largo, o dos Leões, onde ficava a mansão da Família Leão. O antigo Largo da Olaria se tornou o Largo do Humaitá, na junção com o prolongamento da rua Voluntários da Pátria. As chácaras nas encostas, ao pé do Corcovado e do morro da Saudade, seriam loteadas, surgindo diversas ruas. Na década de 1960, foi removida a grande favela Macedo Sobrinho (onde mais tarde, reflorestada, criou-se o Parque Natural Municipal da Saudade) e a rua e o largo do Humaitá foram alargados, facilitando a ligação com a Lagoa (PRADO, 2013; LUCENA, 2017).

Em função do dinamismo do bairro, suas ruas internas passaram a ser ocupadas por imigrantes e pessoas menos abastadas, que construía casas modestas e lojas de pequeno

comércio. Assim, a região foi estabelecendo usos comerciais e de serviços ao longo de seus eixos. Diferentes atividades e camadas sociais passaram a conviver harmoniosamente no mesmo espaço urbano (PRADO, 2013).

Na segunda metade do século XIX, os últimos donos de fazendas desmembraram suas propriedades em chácaras e sítios, forçando o surgimento de mais ruas e a construção de novos palacetes e casarões (PRADO, 2013).

O bairro atualmente encontra-se praticamente unificado ao Botafogo, pelo eixo representado pelas ruas Humaitá, São Clemente e Voluntários da Pátria. Possui um caráter residencial, sendo um dos poucos bairros da Zona Sul que ainda possui um grande número de casas tradicionais e antigas, algumas delas tombadas pelo patrimônio histórico, salvas pela criação da Área de Proteção do Ambiente Cultural do Humaitá (APAC), pelo Decreto nº 26.268 de 20 de Março de 2006.

3.1.2 Caracterização do bairro Humaitá

O bairro do Humaitá está localizado na Zona Sul do Rio de Janeiro, com os limites vizinhos a Botafogo, Jardim Botânico, Lagoa, Copacabana, Alto da Boa Vista e Santa Teresa como ilustrado na Figura 14. Atualmente, de acordo com o Censo de 2010, o Humaitá contabiliza um total de 6.546 domicílios e uma população de 13.285 habitantes (Bairros Cariocas, 2018).

A área territorial é de 105,45 hectares, sendo 53% considerada área urbanizada e 47% não urbanizada. A paisagem natural é constituída por uma parcela da Floresta da Tijuca (Mata Atlântica) e o bairro é delimitado pelos morros do Corcovado e da Saudade.



Figura 14 – Localização do bairro do Humaitá, na Zona Sul do Rio de Janeiro.
Fonte: Elaborado pela autora pelo Google Maps, 2018.

Para esta pesquisa optou-se pela avaliação da Infraestrutura Verde de uma parcela do bairro do Humaitá.

A escala do bairro estabelece um contexto imediato para aqueles que moram na cidade. Um contexto de bairro forte, muitas vezes evidenciado pelas particularidades da quadra e da rua, inclui e expressa a grande complexidade da vida cotidiana. (WALL e WATERMAN, 2012 *apud* FIGUEIREDO, 2016).

Nesse caso, os elementos morfológicos da escala de bairro são ruas, praça, quarteirões, eventuais jardins, etc, e os elementos da escala de rua são árvores, edifícios, traçados e estruturas verdes.

A escolha da área objeto da pesquisa ocorreu devido às particularidades de uso do solo do bairro e em função das características de seu micro parcelamento. As disparidades nas larguras das caixas das ruas, dimensões dos passeios e a ausência ou presença de arborização são facilmente perceptíveis.

Como explicitado por Lima (2018), as tipologias heterogêneas são acentuadas pelo fato de alguns logradouros terem sido projetados em conformidade com os parâmetros urbanísticos do período colonial. Deste modo, as ruas com os atributos coloniais são estreitas, possuem caixas com dimensões inferiores a 11m, lotes residenciais com áreas até 110m² (áreas vermelhas da Figura 14) e passeios com largura insuficiente para o plantio de árvores. No contexto oposto, as outras ruas apresentam características adequadas ao desenho urbano biofílico, possuem arborização densa, lotes residenciais com área superior a 240m² (áreas amarelas da Figura 15), caixas de rua largas (maiores que 19m) e passeios com dimensões apropriadas.

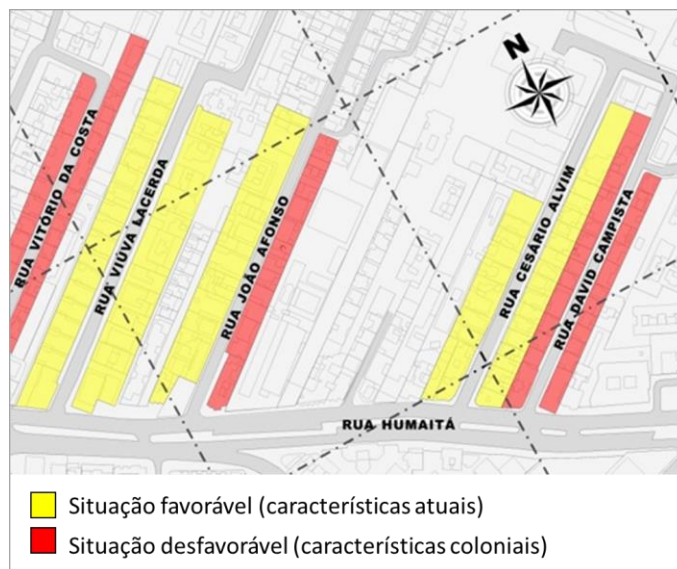


Figura 15 – Características de Uso do Solo: lotes residenciais do bairro do Humaitá, RJ.
Fonte: Adaptado de LIMA, 2018.

Em situação desfavorável estão as Ruas David Campista, João Afonso e Vitório da Costa. No entanto, as ruas Cesário Alvim e Viúva Lacerda apresentam características mais modernas e foram urbanizadas considerando o uso do elemento vegetal com distinção estrutural (LIMA, 2018).

Deste modo, a escolha do Humaitá como área de estudo ocorreu em consequência desse conjunto de logradouros, com características geográficas, geológicas e bioclimáticas semelhantes, mas com tipologias urbanas diferentes.

3.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi dividida em cinco segmentos distintos, ilustrados na Figura 16. O primeiro segmento é a Rua Humaitá, a via principal que corta longitudinalmente o bairro, e os demais segmentos são compostos pelas Ruas David Campista, Cesário Alvim, João Afonso e Viúva Lacerda.

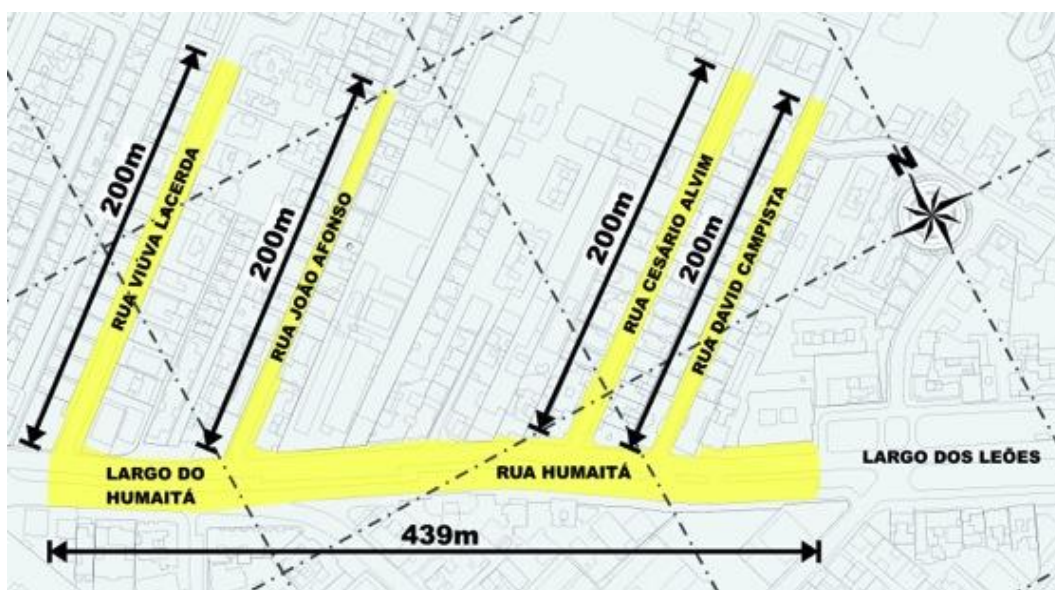


Figura 16 – Demarcação da área de estudo.
Fonte: LIMA, 2018.

No Quadro 4, a seguir, estão especificados os segmentos escolhidos para o estudo, seus respectivos logradouros e os critérios utilizados para a locação dos Pontos de Medição (PM).

Quadro 4 – Divisão da área de estudo e locação dos pontos de medição.

Segmento	Descrição	Critérios para a locação dos Pontos de Medição
1 e 2	Rua Humaitá (trecho iniciando no Largo dos Leões e finalizando na Rua Viúva Lacerda)	Demarcados a cada 50m ao longo do canteiro central e ao longo da calçada nordeste, totalizando 13 pontos de medição.
3	Rua David Campista	Demarcados a cada 50m ao longo da calçada sudeste, totalizando 5 pontos de medição
4	Rua Cesário Alvim	Demarcados a cada 50m ao longo da calçada sudeste, totalizando 5 pontos de medição
5	Rua João Afonso	Demarcados a cada 50m ao longo da calçada sudeste, totalizando 5 pontos de medição
6	Rua Viúva Lacerda	Demarcados a cada 50m ao longo da calçada sudeste, totalizando 5 pontos de medição

Fonte: PONTES, 2018 *apud* LIMA, 2018.

Conforme explicitado no estudo de Lima (2018), a locação dos Pontos de Medição (PM) foi efetuada de acordo com a orientação dos logradouros e tipologias de urbanização. A escolha da calçada sudeste das ruas transversais, para a demarcação dos PM, ocorreu em função da urbanização da Rua João Afonso. Pelo fato de ser quase toda desprovida de arborização, o único atributo da Rua João Afonso para mitigar os fatores de conforto desfavoráveis é o sombreamento provindo das edificações. Nesse contexto, a escolha da calçada noroeste para o caso da R. João Afonso seria totalmente inadequada, pois tanto o passeio como parte do arruamento se encontrariam ensolarados no horário das medições.

A seguir, como exemplo, as estações da Rua David Campista foram determinadas partindo do início da numeração da rua e distando de aproximadamente 50 m entre estações consecutivas. Foi utilizada tinta vermelha para marcá-las, sempre no meio fio da calçada ou junto à gola das árvores. Um mapa representativo (Figura 17) ilustra a Rua David Campista, mostrando as árvores numeradas com números ímpares do lado esquerdo da rua e com números pares do lado direito, além das estações marcadas com pontos vermelhos.

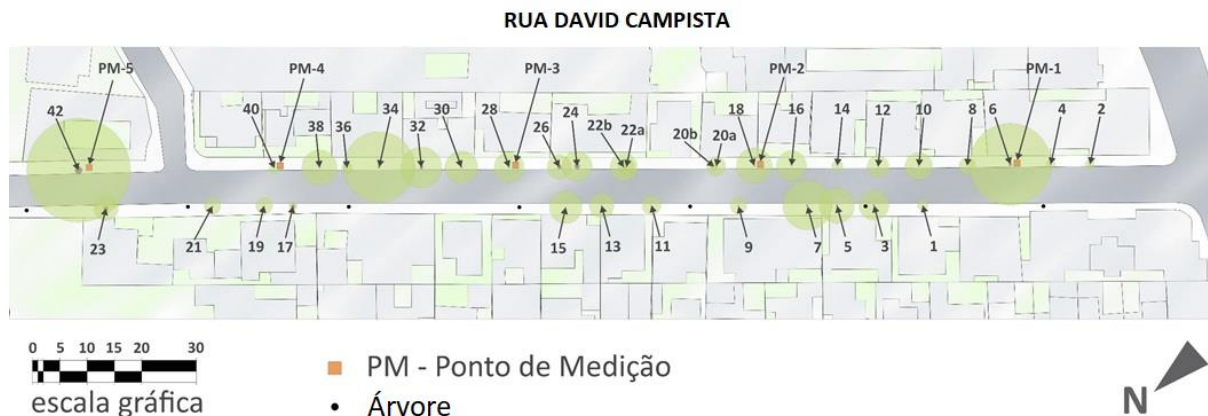


Figura 17 – Rua David Campista com a marcação dos pontos de medição e das árvores.
Fonte: FIGUEIREDO, 2016.

3.3 FREQUÊNCIA E PERCURSO DE MEDIÇÕES

A pesquisa de campo foi feita durante um período de 13 meses, tendo início em 4 junho de 2016 e término em 16 julho de 2017, mas para a análise dos dados do presente estudo, foi considerado o período de 25 de junho de 2016 a 18 de junho de 2017 de modo a garantir uma amostragem completa das quatro estações do ano. As medições eram feitas semanalmente, com o intuito de se realizar um total de quatro medições mensais. Os dias chuvosos foram evitados para preservar os equipamentos e, sempre que possível, as datas perdidas eram repostas nas semanas seguintes.

As medições sempre iniciavam no mesmo horário, por volta das 9h20, com duração média do trabalho de campo de 2 horas e 10 minutos. Durante o horário de verão, o início das medições foi ajustado para 10h20, a fim de garantir condições semelhantes.

Conforme exposto na Figura 17, a primeira medição tinha início no Ponto de Medição Humaitá 1 (PM H1), localizado no canteiro central da Rua Humaitá, e prosseguia na direção oeste, passando pelos demais pontos até o PM H8. A partir deste local, a rua era atravessada e, na calçada oposta, no PM H9 tinha início o segmento 2 do percurso, finalizando no PM H13.

Os segmentos 3, 4, 5 e 6 das medições eram iniciados na sequência indicada na Figura 17, nos respectivos PM1 de cada rua. Nas ruas transversais foram locados 5 PM na calçada sudeste, sendo os pontos iniciais de cada logradouro sempre demarcados sob a copa da primeira árvore existente. Esta particularidade, fez com que os primeiros PM de cada rua transversal tivessem locações diversas e, portanto, suas cotas em relação às esquinas variavam de acordo com a presença do primeiro elemento arbóreo de porte significativo. Contudo, a partir da marcação deste primeiro ponto, o afastamento entre os demais obedecia um

distanciamento aproximado de 50m. A única exceção a esta regra ocorreu na Rua João Afonso, onde o PM J5 foi locado a aproximados 20m do PM J4 em função de uma obstrução temporária na calçada (LIMA, 2018).

O percurso e a locação dos Pontos de Medição (PM) estão assinalados na Figura 18. O trajeto está sinalizado por setas verdes, que indicam a direção de cada segmento do percurso. Cada segmento, por sua vez, está identificado com numeração na cor amarela. Os PM estão numerados de acordo com o logradouro e figuram como retângulos na cor laranja.



Figura 18 – Percurso de Medições e localização dos Pontos de Medição.
Fonte: LIMA, 2018.

3.4 MEDIÇÃO DE FATORES CLIMÁTICOS

Os fatores climáticos considerados na medição são: temperaturas do ar, do ponto de orvalho e do bulbo úmido, umidade relativa do ar, oscilação da radiação solar e da luminância nos logradouros. Os equipamentos utilizados para realizar as medições são ilustrados e explicados nos quadros 5, 6 e 7 a seguir.

Quadro 5 – Termo-Higrômetro.

TERMO-HIGRÔMETRO:	
MODELO: HT-350, Instruthem.	
DEFINIÇÃO: Aparelho responsável pela medição de umidade e diferentes tipos de temperatura do ambiente estudado.	
	
VARIÁVEIS CORRESPONDENTES	DEFINIÇÃO
Umidade (em %)	Relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação).
Temperatura (em °C)	Indica o grau de intensidade do calor em um determinado território.
Ponto de Orvalho (em °C)	Temperatura na qual o vapor de água presente no ar atmosférico começa a condensar e virar "orvalho".
Bulbo úmido (em °C)	Tipo de medida de temperatura que reflete as propriedades físicas de um sistema constituído pela evaporação da água no ar. Seria a temperatura do líquido no processo de evaporação.

Fonte: FIGUEIREDO, 2016.

A utilização do Termo-Higrômetro para medições não necessitou de equipamentos de apoio. As únicas precauções necessárias para obter boas amostras era manter o aparelho imóvel e esperar estabilização da medida a ser tirada.

Quadro 6 – Luxímetro.

LUXÍMETRO:	
MODELO: LD-400, Instruthem	
DEFINIÇÃO: Equipamento que mede a intensidade de luz que chega ao seu sensor.	
	
VARIÁVEL CORRESPONDENTE	DEFINIÇÃO
Luminância (em LUX)	Luminância é uma grandeza de luminosidade, representada pela letra E, que faz a relação entre o fluxo luminoso que incide na direção perpendicular a uma superfície e a sua área. Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente.

Fonte: FIGUEIREDO, 2016.

O Luxímetro deveria estar nivelado e imóvel para que a medida coletada fosse representativa. Para isso, foi necessário o uso de uma superfície plana para apoiar o aparelho, além de um instrumento nivelador (Nível de Bolha) para garantir que os raios de sol incidissem da mesma forma em todas as medições.

Quadro 7 – Radiômetro.

RADIÔMETRO:	
MODELO: MES-100, Instruthem	
DEFINIÇÃO: O Radiômetro é um equipamento que mede o fluxo de radiação eletromagnética.	
	
VARIAVEIS CORRESPONDENTES	DEFINIÇÃO
BTU	BTU é o acrônimo de British thermal unit ("unidade térmica britânica"), uma unidade de medida não-métrica utilizada principalmente nos EUA, mas também utilizada no Reino Unido. É uma unidade de energia.
W/m²	Unidade de potência dividida por área. É uma forma de se medir a intensidade da radiação eletromagnética.

Fonte: FIGUEIREDO, 2016.

Assim como o Luxímetro, o Radiômetro necessitava estar imóvel e nivelado para que as amostras fossem representativas. Portanto, um nível e uma superfície plana de apoio foram utilizados nas medições.

Para melhor representatividade, as medidas foram coletadas de forma simultânea com todos os equipamentos, a fim de coletar dados fiéis às localidades e aos horários em questão. Durante as medições foi necessário que pelo menos uma pessoa operasse um aparelho e uma outra pessoa fizesse as anotações nas fichas.

A ficha de medição de fatores climáticos possui campos de preenchimento para as seguintes informações: nome da rua, data, horário de aferição das medidas e espaços vazios para os valores encontrados nas diferentes unidades, conforme Figura 19.

RUA:						DATA:		
HORA DA MEDIÇÃO	ESTAÇÃO	FATORES CLIMÁTICOS						
		TEMP. AR (°C)	TEMP. ORV (°C)	TEMP. BULBO (°C)	UMIDADE (%)	RADIAÇÃO (W/m²)	RADIAÇÃO (Btus)	LUMIN. (LUX)
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
RUA:						DATA:		
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							

Figura 19 – Exemplo de ficha de medição de fatores climáticos.

3.5 INVENTÁRIO FLORÍSTICO

Foi elaborado um inventário dos indivíduos arbóreos existentes ao longo do percurso das medições dos fatores climáticos. Nesse contexto, o cadastramento de campo apresentado foi elaborado com o grau de classificação de “Inventário para Plano de Manejo”, do tipo “Censo”, onde todos os indivíduos de um determinado nível ou espectro biológico são cadastrados (SILVA; PAULA NETO, 1979; CAMPOS, 1993, MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003 *apud* LIMA, 2018).

O inventário florístico do bairro do Humaitá resultou no cadastramento total de 163 indivíduos arbóreos, conforme a distribuição exibida na Tabela 5.

Tabela 5 – Distribuição e total de árvores cadastradas no Inventário Florístico.

Distribuição das árvores cadastradas	
Logradouros	Quantidade
Rua David Campista	35
Rua Cesário Alvim	33
Rua João Afonso	8
Rua Viúva Lacerda	36
Rua Humaitá	51
Total	163

A principal intenção do cadastramento foi a avaliação do estado geral de cada indivíduo arbóreo, com o objetivo de elaborar um sistema para analisar o desempenho do atual arboreto, conforme analisado por Lima (2018).

O planejamento adotado para o cadastramento das árvores foi dividido por logradouro, com a finalidade de reunir as informações referentes à localização do elemento vegetal, além das dimensões do seu fuste, altura, inclinação, condições fitofisiológicas e fitopatológicas. Outros aspectos também foram levantados com intuito de avaliar a adaptação de cada indivíduo às “pressões” exercidas pelo meio urbanizado (SILVA; PAULA NETO, 1979; CAMPOS, 1993, MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003 *apud* LIMA, 2018).

A primeira etapa do Inventário foi o levantamento das árvores existentes no percurso de medições, separados por lado par ou ímpar da rua. (Figura 20).



Figura 20 – Distribuição e critério de numeração das árvores da Rua Humaitá, no trecho compreendido entre o Largo dos Leões e o Largo do Humaitá.


Fonte: LIMA, 2018.

Conforme explicitado na pesquisa de Lima (2018), o perímetro do tronco de cada árvore foi medido com trena a uma altura de aproximadamente 1,5 m do nível do solo. As inclinações das árvores, bem como o quadrante do tronco, foram determinadas por meio do aplicativo de celular *Bubble Level* a uma faixa de altura aproximada de 1,0 a 1,5 m do nível do solo. Os diâmetros das copas foram medidos com passos dos alunos do grupo e convertidos em distância, considerando um passo médio de 70 cm. As idades aproximadas das árvores foram determinadas por estimativas feitas pelo especialista e arquiteto paisagista

Fernando Acylino, integrante do grupo de pesquisa, levando em consideração a espessura do tronco, a altura da árvore, a espécie e as condições físicas.

As informações coletadas foram transferidas para as fichas individuais de cada árvore, que possuem campos para serem preenchidos com as seguintes informações: espécie, nome popular, família, altura, perímetro do tronco, inclinação e quadrante do tronco, diâmetro da copa, idade aproximada e condições físicas da árvore.

Todos os parâmetros listados anteriormente podem ser vistos no exemplo de reprodução de ficha de campo (Figura 21).

Rua Cesário Alvim				Árvore No. 34	
Espécie: <i>Lafoensia glyptocarpa</i> Koehne		Nome Popular: Mindiba-rosa, mirinduva		Família: Lythraceae	
Altura: 10 a 12m	Perímetro do Tronco: 1,77 m	Inclinação e Quadrante do Tronco: <3° - No prumo	Diâmetro da Copa: 7 m	Idade Aproximada: 55 a 60 anos	
					

Identidade, Valência Ecológica e Valor Econômico						Árvore No. 34	
Identidade:							
(A) Espécie autóctone, com ocorrência frequente no sul da Bahia e no norte do Espírito Santo.							
(B) Natural do bioma de Floresta Subtropical Pluvial Ombrófila Densa da Mata Atlântica.							
(C) Idade estimada: 55 a 60 anos							
(E) A espécie permite associações com a fauna e flora, dos tipos comensalismo e mutualismo (maior diversidade). Fenologia: Floresce a partir do mês de junho até meados de agosto - Frutifica nos meses subsequentes, de setembro a novembro. Espécie semidecídua.							
(F) A sua madeira é pesada, dura, de boa durabilidade quando protegida do solo e umidade. É utilizada na marcenaria, na construção civil e carpintaria. Categoria da madeira: C2.							
(G) Altura entre 10 e 12 m.							
Pontuação de acordo com tabela de Valência Ecológica:							
A	B	C	D	E	F	G	
15	30	35	0	(5 + 6 + 6 + 5) = 22	12	15	
Total parcial = 129 pts							
Questões de Adaptação e Associação ao meio urbano:							
(H) A Gola está dimensionada incorretamente para a espécie e para a idade atual. As raízes não estão contidas pela gola, e Passeio/Meio-fio estão destruídos pelas raízes.							
(I) O indivíduo está com inclinação entre 0 e 7,5°, e a Copa está equilibrada.							
(J) O indivíduo está em conflito com as edificações e com a rede de telecomunicações.							
(K) A árvore está parcialmente desnutrida.							
(L) Presença de formigueiro nas raízes e de formigas no tronco. Não se encontram vestígios de ataque insetos ou de parasitas. Não há presença de hemiparasitas. Há presença relativa de cupim, broca ou similares.							
(M) Presença de ramos secos e estiolados. A casca dos ramos encontra-se parcialmente íntegra.							
(N) O tronco encontra-se higino, com presença de epífitas.							
(O) A árvore necessita de poda.							
Observações: Necessidade de manutenção para podas fisiológicas e culturais e, também, de tratamento fitossanitário.							
Pontuação de acordo com tabela de Valência Ecológica:							
H	I	J	K	L	M	N	O
(0 + 0) = 0	(15 + 25) = 40	(-15 -5) = -20	8	(-15 -5) = -20	(-10 -10 +10)=-10	(20+20)= 40	10
Total parcial = 40 pts							
Valor Econômico do indivíduo arbóreo por metragem cúbica madeira:							
Perímetro do tronco	Diâmetro do tronco	Altura	Categoria da madeira	Coefficiente de desdobramento	m ³	Valor do m ³	Valor econômico
1,77 m	0,5634	11,0m	C-2	36,80%	6,1975	28,56	R\$ 177,00
PONTUAÇÃO TOTAL DA ÁRVORE 34 DA R. CESÁRIO ALVIM => (129 + 40) = 169 pontos							
VALOR ECONÔMICO DA ÁRVORE => R\$ 177,00							

Figura 21 – Exemplo de ficha individual de árvore do inventário botânico.
Fonte: FIGUEIREDO, 2016.

3.6 MÉTODO DE ANÁLISE DO PARÂMETRO DA RADIAÇÃO SOLAR

Para o presente estudo o parâmetro a ser analisado foi a radiação solar e o método proposto foi dividido em quatro etapas que serão descritas a seguir.

A primeira etapa refere-se à escolha do objeto de estudo, que para a análise da radiação, optou-se por comparar duas ruas com características arbóreas heterogêneas, mas com mesmo tipo de pavimentação, sendo a Rua Viúva Lacerda e a Rua João Afonso, destacadas na Figura 22.

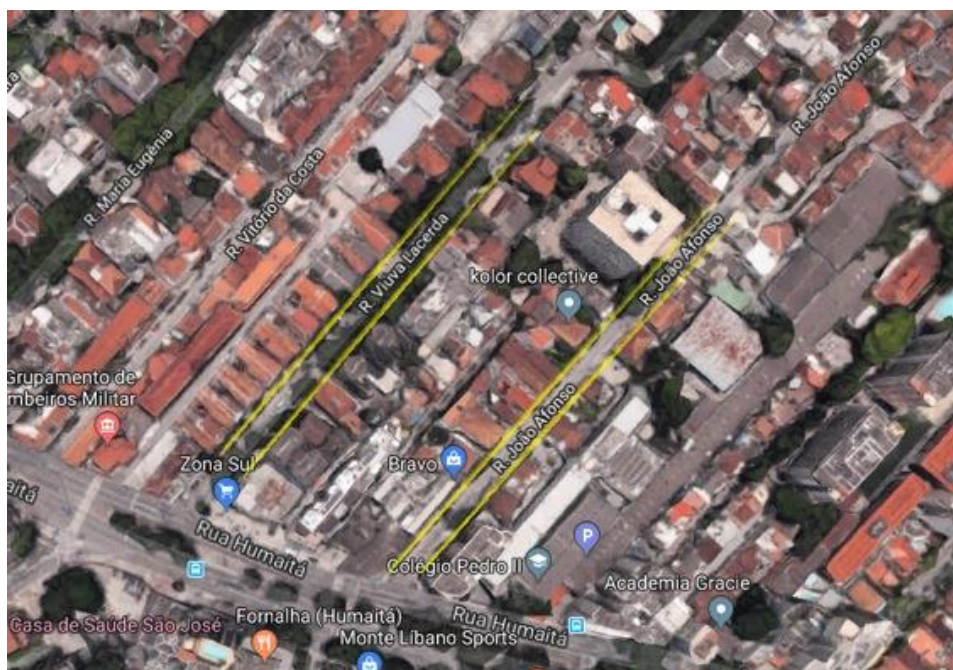


Figura 22 – Identificação do objeto de estudo.
Fonte: Google Maps, 2018.

A segunda etapa consistiu na identificação dos pontos de medição, classificando-os de acordo com a estação, sombreada ou ensolarada. Essa identificação foi feita com base nos resultados da pesquisa de Lima (2018): os pontos de medição com média de luminância abaixo de 15.000 LUX foram considerados como estações sombreadas e para valores superiores foram considerados como estações ensolaradas.

A terceira etapa consistiu na utilização das informações de diâmetro da copa, da altura e da espécie dos indivíduos arbóreos extraídos do inventário florístico de cada rua elaborado na pesquisa de Lima (2018). Considerando apenas os indivíduos arbóreos situados nos pontos de medição predeterminados.

Por fim, na última etapa foi feita uma análise dos dados das medições de radiação solar. Inicialmente essa análise foi feita considerando a média anual da radiação para cada PM

e, em seguida, foi considerada a radiação média por estação, para cada PM. Ainda nesta etapa foram elaborados um corte transversal para cada ponto de medição para uma melhor análise do parâmetro da radiação solar, levando-se em consideração seu entorno imediato. Em seguida, os dados de radiação (W/m^2) foram convertidos para IUV a fim de verificar a diferença do nível de intensidade entre cada rua. Por último, em uma visão macro, foi avaliada a média anual dos parâmetros das duas ruas escolhidas: luminância e radiação solar. A partir dos dados coletados e considerando o perfil de cada rua, os resultados serão expostos no próximo capítulo.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA RADIAÇÃO SOLAR

4.1 ETAPA 1 – ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO

Como descrito anteriormente, para melhor aproveitamento deste estudo, foram escolhidas duas ruas para a análise do desempenho da infraestrutura verde. Considerando a diferença na quantidade de indivíduos arbóreos presentes em cada rua, foram escolhidas a Rua Viúva Lacerda, com 36 árvores distribuídas de forma homogênea, e a Rua João Afonso, com a cobertura mais heterogênea composta por apenas 8 árvores.

4.1.1 Rua Viúva Lacerda

A Rua Viúva Lacerda apresenta uma quantidade considerável de indivíduos arbóreos ao longo da via, criando uma cobertura homogênea devido ao dossel uniforme que é formado, conforme pode ser visto na Figura 23 e no esquema da distribuição das árvores na Figura 24.



Figura 23 – Vista da entrada da Rua Viúva Lacerda.



Figura 24 – Distribuição e critério de numeração das árvores da Rua Viúva Lacerda.
Fonte: LIMA, 2018.

Todos os pontos de medição foram locados sob a copa das árvores, distanciados em 50m de um PM para outro, conforme critério predefinido, perfazendo um total de 5 pontos de medição.

4.1.2 Rua João Afonso

A Rua João Afonso, diferente da Viúva Lacerda, possui uma cobertura bastante heterogênea, com poucas árvores e muito exposta, como pode ser visto nas Figuras 25 e 26. Além disso, a calçada da rua é bastante estreita, impossibilitando a arborização da rua.



Figura 25 – Vista da entrada da Rua João Afonso.



Figura 26 – Distribuição e critério de numeração das árvores da Rua João Afonso.

Apenas o PM-1 está locado sob a copa de uma árvore, enquanto todas as outras estão expostas a céu aberto. Apesar da distância predefinida entre cada PM ser de 50m, houve uma

exceção no caso do PM-5, que está a 25m do PM-4, por motivo de obstrução temporária do passeio no início das medições.

4.2 ETAPA 2 – IDENTIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO ENSOLARADA OU SOMBREADA

4.2.1 Rua Viúva Lacerda

Com base nos dados de luminância na Figura 27, percebe-se que o PM-2 apresenta valor muito mais abaixo se comparado aos outros pontos, apesar de estar situado em local semelhante aos demais. E como os pontos apresentam média anual abaixo de 15 mil LUX, todos foram considerados como sombreados, como exposto na Tabela 6.

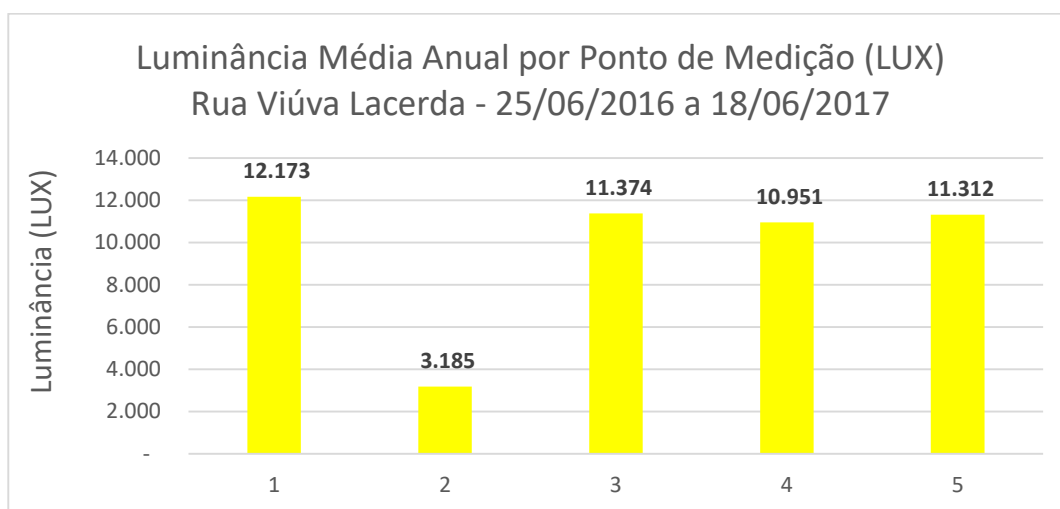


Figura 27 – Luminância média anual (LUX) por PM da Rua Viúva Lacerda.

Tabela 6 – Estações solares e sombreadas dos PM's da Rua Viúva Lacerda.

RUA VIÚVA LACERDA			
PONTO DE MEDIÇÃO	ÁRVORE	LUX	ESTAÇÃO
PM-1	4	12.173	Sombreada
PM-2	18	3.185	Sombreada
PM-3	24	11.374	Sombreada
PM-4	32	10.951	Sombreada
PM-5	38	11.312	Sombreada

4.2.2 Rua João Afonso

Com base nos dados de luminância na Figura 28, percebe-se que os pontos de medição apresentam resultados bem diversificados, sendo o PM-1 e o PM-3 os pontos com menor valor, ambos abaixo da média anual de 15 mil LUX, apesar de que apenas o PM-1 é de fato sombreado. O PM-3 também está exposto a céu aberto, no entanto, a diferença em relação aos outros PM's pode ser justificada pela proximidade do PM-3 com um trecho arborizado.

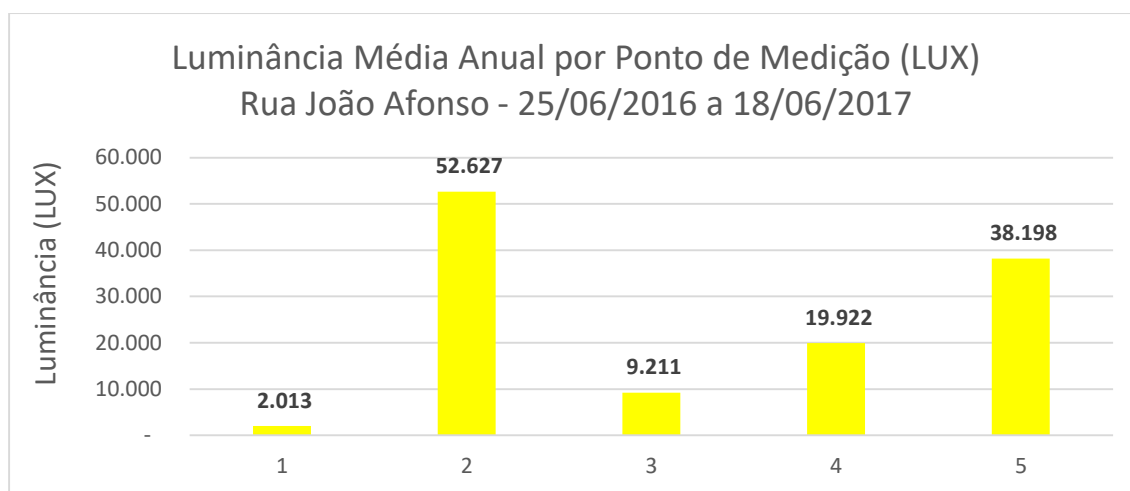


Figura 28 – Luminância média anual (LUX) por PM da Rua João Afonso.

As estações ensolaradas e sombreadas estão identificadas na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7 – Estações ensolaradas e sombreadas dos PM's da Rua João Afonso.


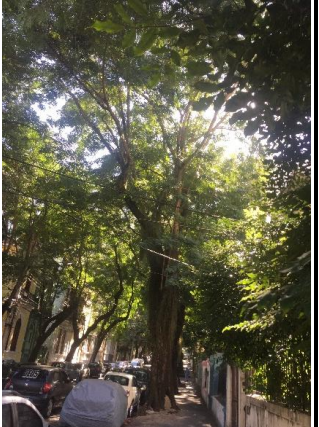



RUA JOÃO AFONSO			
PONTO DE MEDIÇÃO	ÁRVORE	LUX	ESTAÇÃO
PM-1	2	2.013	Sombreada
	4		
PM-2	Não há	52.627	Ensolarada
PM-3	Não há	9.211	Sombreada
PM-4	Não há	19.922	Ensolarada
PM-5	Não há	38.198	Ensolarada

4.3 ETAPA 3 – IDENTIFICAÇÃO DOS INDIVÍDUOS ARBÓREOS

4.3.1 Rua Viúva Lacerda

A identificação dos indivíduos arbóreos nos pontos de medição da Rua Viúva Lacerda se encontra no Quadro 8.

Quadro 8 – Indivíduos arbóreos dos PM's da Rua Viúva Lacerda.

INDIVÍDUOS ARBÓREOS NOS PONTOS DE MEDIÇÃO					
RUA VIÚVA LACERDA					
PM-1		PM-2		PM-3	
Árvore	4	Árvore	18	Árvore	24
Espécie	<i>Senna siamea</i>	Espécie	<i>Senna siamea</i>	Espécie	<i>Senna siamea</i>
Diâmetro da Copa	14,40 m	Diâmetro da Copa	15,80 m	Diâmetro da Copa	8,80 m
Altura	17,00 m	Altura	15,00 m	Altura	19,00 m
					
PM-4			PM-5		
Árvore	32	Árvore	38		
Espécie	<i>Senna siamea</i>	Espécie	<i>Ptychosperma macarthurii</i>		
Diâmetro da Copa	18,80 m	Diâmetro da Copa	3,50 m		
Altura	19,00 m	Altura	7,00 m		
					

4.3.2 Rua João Afonso

A identificação dos indivíduos arbóreos dos pontos de medição da Rua João Afonso se encontra no Quadro 9.

Quadro 9 – Identificação dos indivíduos arbóreos dos PM's da Rua João Afonso.

INDIVÍDUOS ARBÓREOS NOS PONTOS DE MEDIÇÃO			
RUA JOÃO AFONSO			
PM-1			
Árvore	2	Árvore	4
Espécie	<i>Dypsis lutescens</i>	Espécie	<i>Clitoria fairchildiana</i>
Diâmetro da Copa	6,50 m	Diâmetro da Copa	18,50 m
Altura	8,50 m	Altura	10,00 m
			

4.4 ETAPA 4 – ANÁLISE DOS DADOS DAS MEDIÇÕES DE RADIAÇÃO SOLAR

4.4.1 Rua Viúva Lacerda

A Figura 29 representa a média anual da radiação por ponto de medição e percebe-se que o comportamento da radiação pode ser correlacionado ao gráfico da luminância, em que o PM-2 também apresenta valores muito abaixo se comparados com os outros pontos.

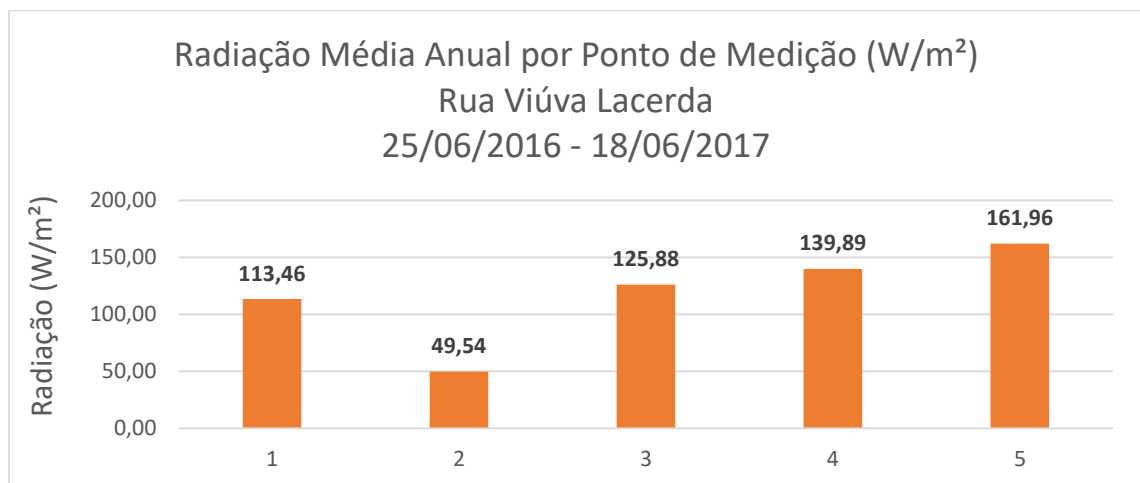


Figura 29 - Radiação média anual (W/m^2) por PM da Rua Viúva Lacerda.

Esse comportamento também é esperado quando a análise é feita por estação do ano (Figura 30). Mesmo com a mudança das condições climáticas, verifica-se que, ao longo de um ano, os níveis de radiação no PM-2 não oscilam tanto como nos outros PM.

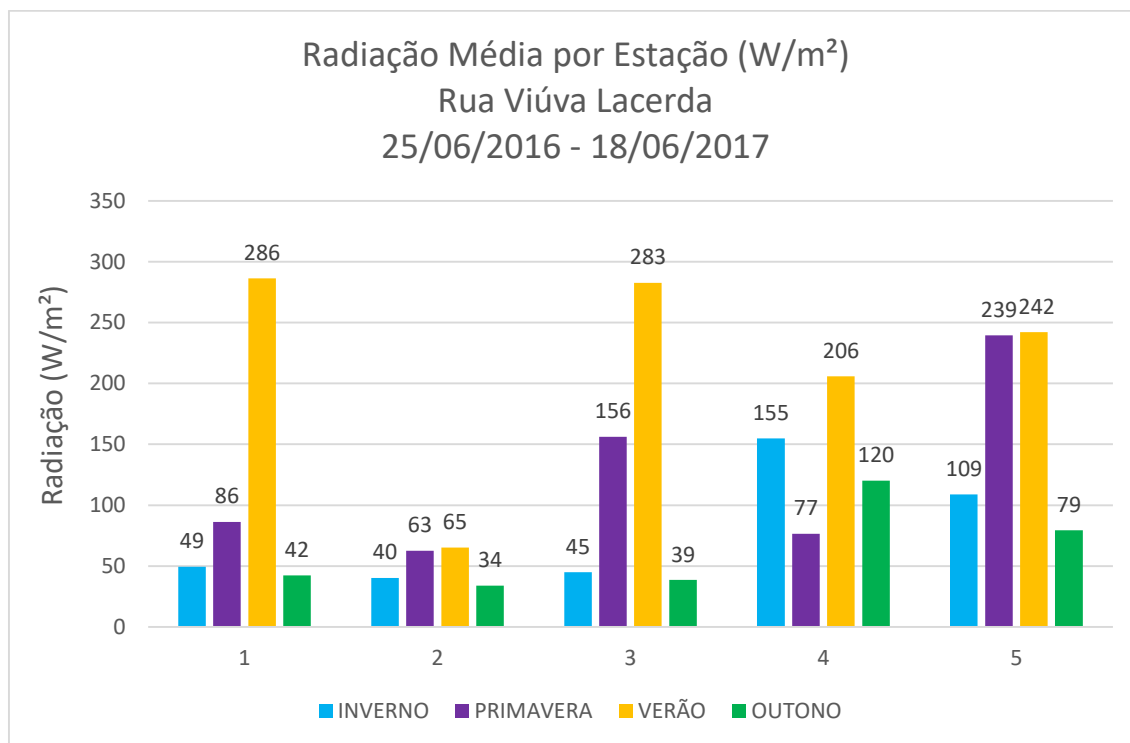


Figura 30 – Radiação média (W/m²) por estação do ano.

Tratando de radiação, deve ser considerado que o entorno pode influenciar diretamente no resultado, uma vez que a infraestrutura cinza reflete parte da radiação e a vegetação auxilia na absorção.

A seguir, serão apresentados os cortes transversais em cada PM para entender melhor o comportamento em cada ponto.

Como já analisado anteriormente, todos os pontos da rua são sombreados, mas o PM-1, além de estar embaixo de uma copa de árvore densa, ainda é encoberto pela presença de um prédio alto e grande (Figura 31), que proporciona sombra até o lado oposto da rua. Outro ponto que deve ser considerado é o tamanho do passeio, pois contribui para um melhor resultado de conforto térmico. No entanto, é importante lembrar que por estar próximo à rua Humaitá, o PM-1 pode estar sob sua influência.

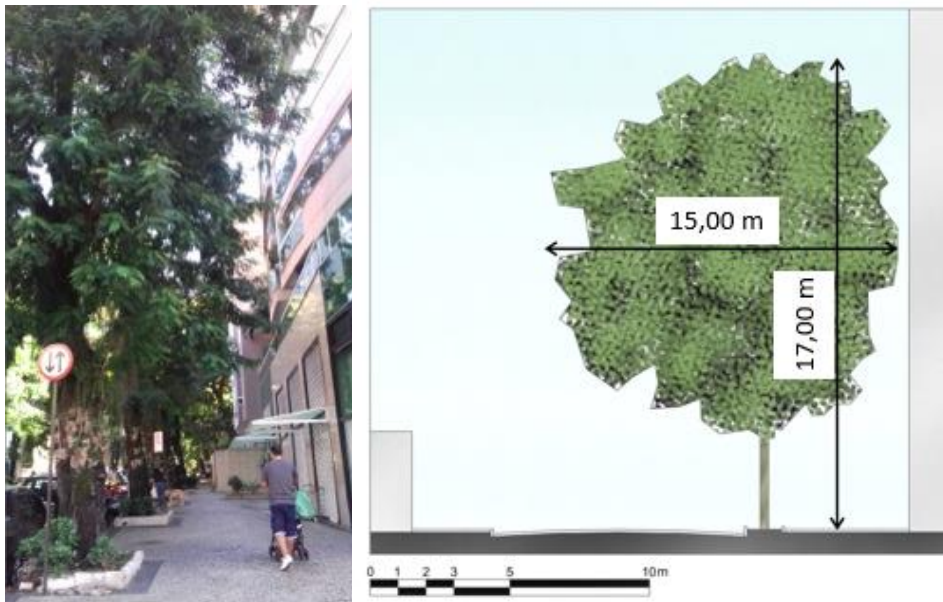


Figura 31 – Corte transversal no PM-1.

O PM-2 foi o que apresentou melhores resultados e isso se deve à sua localização, em meio a dois grandes grupos de árvores, como mostrado anteriormente na Figura 24. O perfil da Figura 32 mostra o tamanho da copa da árvore e além disso, por estar no meio de um dossel, todas as copas estão soldadas, impedindo a passagem da incidência solar, contribuindo para o resultado.

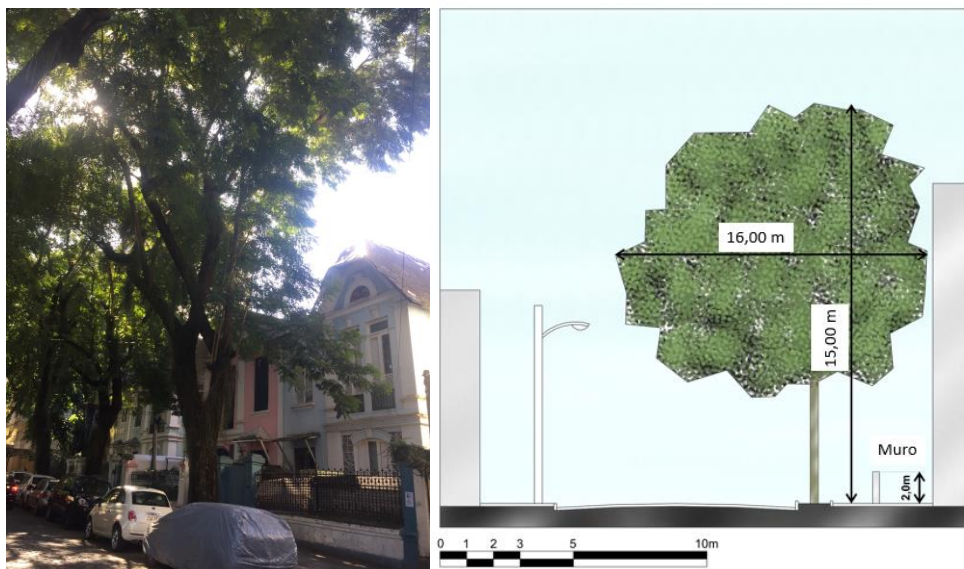


Figura 32 – Corte transversal no PM-2.

O PM-3 está sob uma copa de diâmetro menor (Figura 33), se comparado com as outras árvores. Além disso, pela sua localização na Figura 24, verifica-se que há uma área aberta, tornando-o um ponto mais exposto.

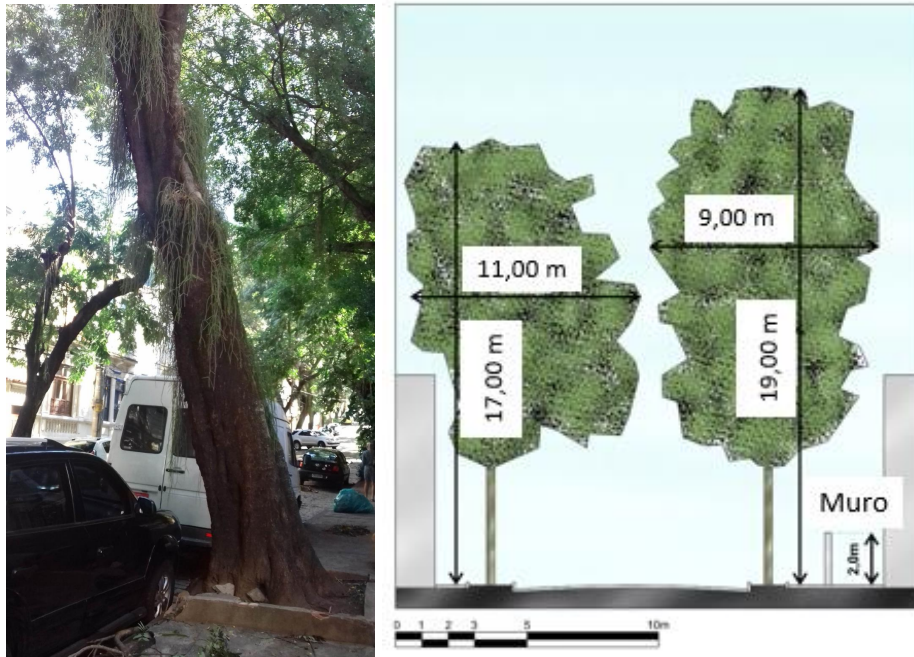


Figura 33 – Corte transversal no PM-3.

O PM-4, está localizado em frente a uma casa com recuo e de altura mais baixa. Além disso, como pode ser visto na Figura 34, existe uma grande superfície refletora na casa ao lado, aumentando a incidência solar.



Figura 34 – Corte transversal no PM-4.

O PM-5 está sob a copa de uma palmeira, conforme na Figura 35. Apesar do diâmetro da copa ser menor e da folhagem ser mais dispersa, a vegetação que está no entorno influencia e acaba conferindo maior proteção, o que auxilia a minimizar a irradiação.

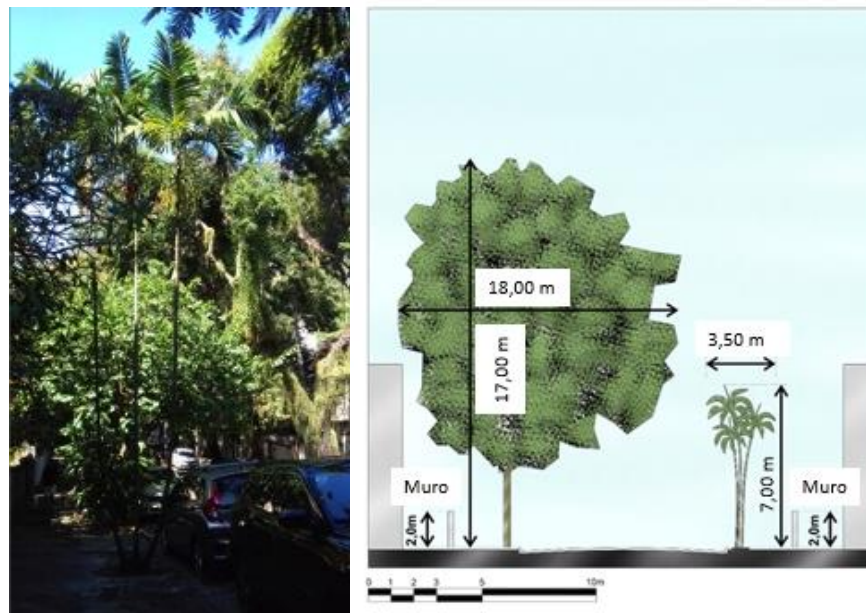


Figura 35 – Corte transversal no PM-5.

Com base nos dados coletados de radiação (W/m^2), considerando que 1 IUUV equivale a $25 mW/m^2$, a Tabela 8 mostra o índice de UV de cada ponto de medição por estação do ano, destacados por cor correspondente à intensidade, conforme legenda na Figura 36.

Tabela 8 – Índice UV da Rua Viúva Lacerda.

ÍNDICE UV							
RUA VIÚVA LACERDA							
ESTAÇÃO	Temperatura Média	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO				
			1	2	3	4	5
INVERNO	20,60	25/06/2016	1,08	0,74	1,20	0,55	0,39
	30,10	16/07/2016	0,86	0,63	0,99	2,70	0,92
PRIMAVERA	21,58	02/10/2016	1,11	0,60	0,54	0,57	1,00
	31,30	12/12/2016	2,72	1,54	2,08	2,29	7,57
VERÃO	28,45	20/01/2017	2,86	1,40	1,10	0,75	2,44
	32,80	19/02/2017	20,05	2,20	11,11	23,42	2,54
OUTONO	21,75	11/06/2017	0,58	0,91	0,78	1,68	1,63
	29,60	14/05/2017	0,69	0,46	0,46	0,46	1,30

CATEGORIA	ÍNDICE ULTRAVIOLETA
BAIXO	< 2
MODERADO	3 a 5
ALTO	6 a 7
MUITO ALTO	8 a 10
EXTREMO	> 11

Figura 36 – Legenda de cores por índice UV.
Fonte: CPTEC/INPE.

Como era esperado, verifica-se que de modo geral, o índice UV da Rua Viúva Lacerda é baixo, havendo picos de maior intensidade na estação do verão, quando as temperaturas médias também são as mais altas.

4.4.2 Rua João Afonso

A Figura 37 representa a média anual da radiação por ponto de medição e percebe-se que o comportamento da radiação pode ser correlacionado ao gráfico da luminância, em que o PM-1 e o PM-3 também apresentam valores muito abaixo se comparados com os outros pontos.

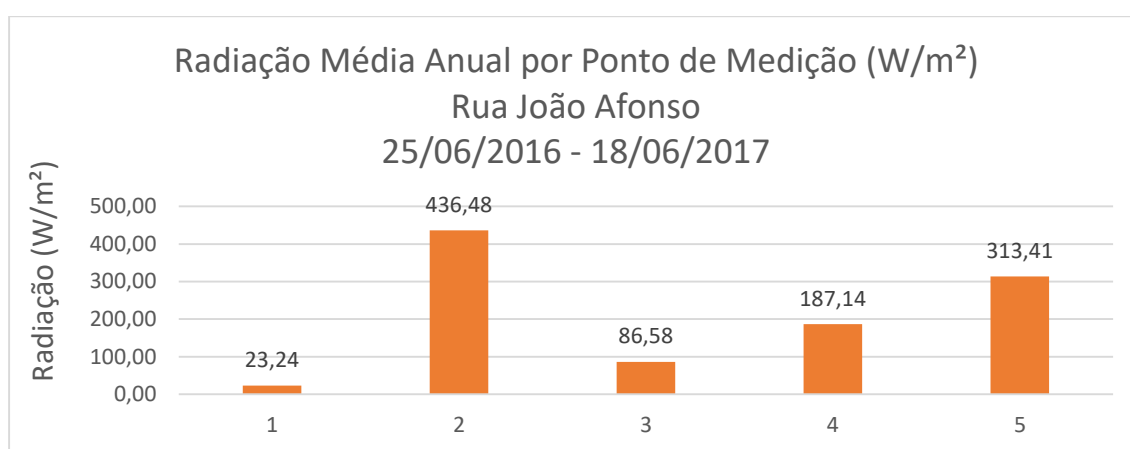


Figura 37 - Radiação média anual (W/m²) por PM da Rua João Afonso.

Esse comportamento também é esperado quando a análise é feita por estação do ano (Figura 38). Mesmo com a mudança das condições climáticas, verifica-se que, ao longo de um ano, os níveis de radiação se comportam de forma semelhante.

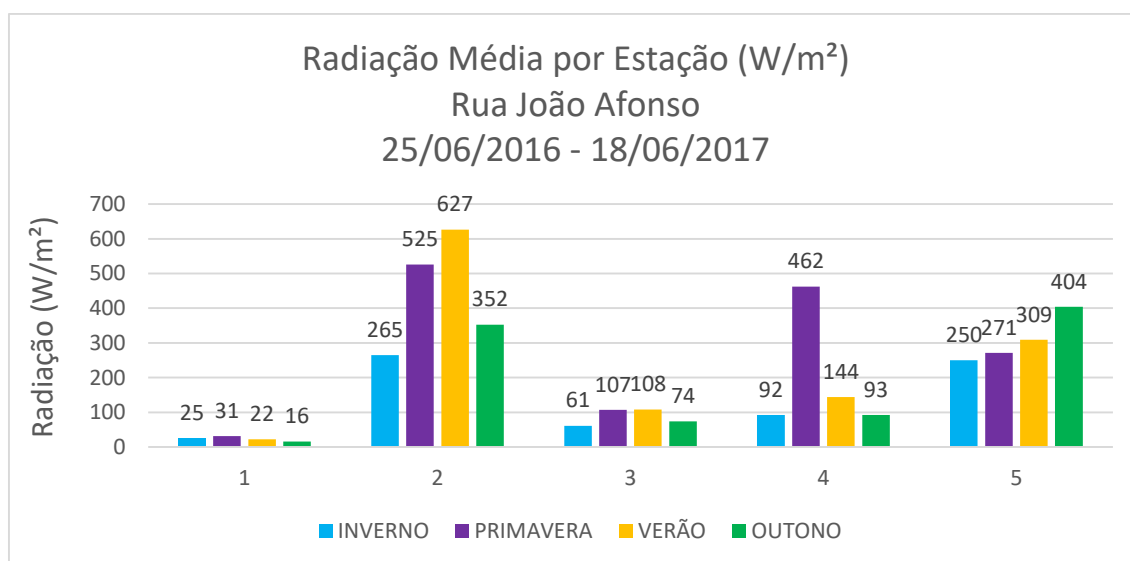


Figura 38 – Radiação média (W/m²) por estação do ano.

Tratando de radiação, deve ser considerado que o entorno pode influenciar diretamente no resultado, uma vez que a infraestrutura cinza reflete parte da radiação e a vegetação auxilia na absorção.

A seguir, serão apresentados os cortes transversais em cada PM para entender melhor o comportamento de cada ponto de medição.

Como já analisado anteriormente, o PM-1 é o único ponto locado abaixo de uma árvore, sendo que o ponto ainda é encoberto pela presença de um prédio alto e grande (Figura 39), que proporciona sombra até o lado oposto da rua. Outra questão que deve ser considerado é o tamanho do passeio, pois é muito estreito, influenciando no conforto térmico.

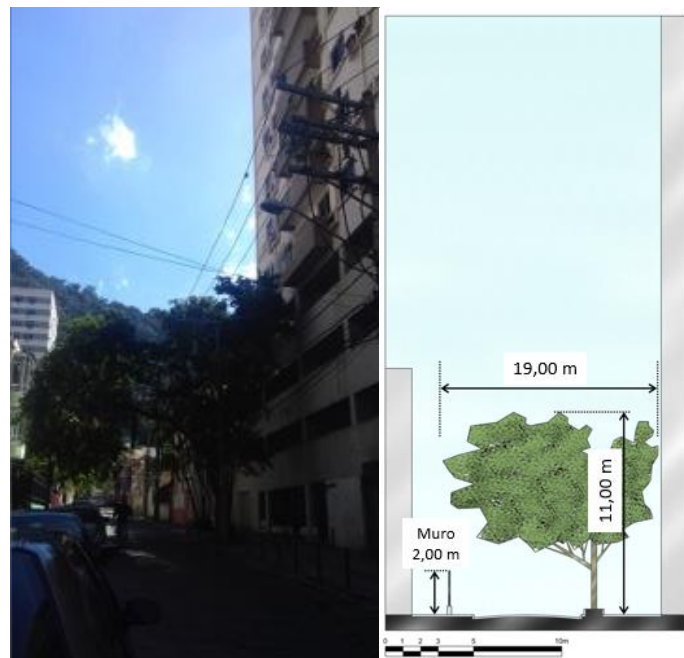


Figura 39 – Corte transversal no PM-1.

O PM-2 foi o que apresentou piores resultados e isso se deve à sua localização, em frente a uma casa de um pavimento, sem nenhuma árvore no entorno, fachada geminada com alto índice de reflexão e ainda a calçada bastante estreita (Figura 40).



Figura 40 – Corte transversal no PM-2.

O PM-3 apesar de não estar locado sob uma copa, é considerada uma estação sombreada em virtude da proximidade com um trecho arborizado. Além disso, deve ser levado em consideração que nos dois lados da rua há a existência de uma casa de 3 pavimentos, sombreando o local, como pode ser visto na Figura 41.



Figura 41 – Corte transversal no PM-3.

O PM-4, está localizado em frente a uma casa de altura mais baixa e sem a presença de elementos arbóreos, sendo uma área muito exposta. Na Figura 42 ainda é possível ver a incidência solar no centro da rua devido à abertura.



Figura 42 – Corte transversal no PM-4.

O PM-5 também é uma estação solar e assim como o PM-4, está localizado em frente a uma edificação de poucos pavimentos. No caso, está alocada em frente à entrada de uma vila, o que indica que há grande exposição, pois não há proteção nem pela infraestrutura nem pelas árvores (Figura 43).



Figura 43 – Corte transversal no PM-5.

Com base nos dados coletados de radiação (W/m^2), considerando que 1 IUUV equivale a $25 mW/m^2$, a Tabela 9 mostra o índice de UV de cada ponto de medição por estação do ano, destacados por cor correspondente à intensidade, conforme legenda na Figura 44.

Tabela 9 – Índice UV da Rua João Afonso.

ÍNDICE UV							
RUA JOÃO AFONSO							
ESTAÇÃO	Temperatura Média	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO				
			1	2	3	4	5
INVERNO	21,30	25/06/2016	0,70	2,94	2,57	3,34	11,33
	31,20	16/07/2016	0,41	1,20	0,92	1,15	6,55
PRIMAVERA	21,90	02/10/2016	0,42	3,57	2,45	2,10	1,32
	32,90	12/12/2016	1,47	25,68	4,34	5,49	6,43
VERÃO	28,90	20/01/2017	0,82	7,83	3,43	3,02	2,50
	33,50	19/02/2017	0,24	19,74	1,14	1,80	1,38
OUTONO	23,60	11/06/2017	0,26	2,46	1,46	1,59	1,37
	30,20	14/05/2017	0,42	10,65	1,24	1,93	12,72

CATEGORIA	ÍNDICE ULTRAVIOLETA
BAIXO	< 2
MODERADO	3 a 5
ALTO	6 a 7
MUITO ALTO	8 a 10
EXTREMO	> 11

Figura 44 – Legenda de cores por índice UV.
Fonte: CPTEC/INPE.

Diferente da Rua Viúva Lacerda, já era esperado que a Rua João Afonso apresentasse índices mais elevados, principalmente no PM-2, que era o pior caso.

4.4.3 Rua Viúva Lacerda X Rua João Afonso

Para comparar as duas ruas, foi considerada a média anual total por rua para os dois parâmetros: luminância e radiação, como mostra a Figura 45.

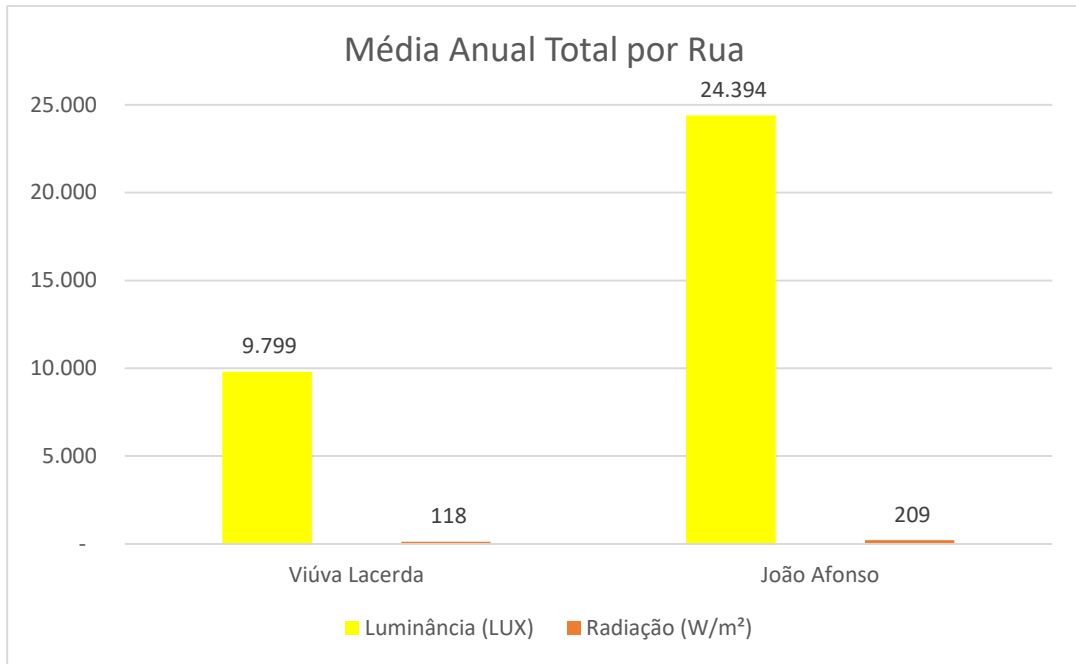


Figura 45 – Luminância x Radiação por rua.

Analisando o gráfico da Figura 45 e as Tabelas 8 e 9, percebe-se que existe uma correlação direta entre os dados. À medida que a luminância é maior, é maior também a incidência solar. Os dois parâmetros associados à presença de áreas verdes no entorno estão influenciando diretamente na índice UV.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário atual de problemas urbanos, meio ambiente degradado, recursos naturais cada vez mais escassos e mudanças climáticas é reflexo da ação desordenada do homem na natureza. A remoção da vegetação para dar lugar a superfícies pavimentadas e edificações implica diretamente na qualidade de vida nos centros urbanos, estes que sofrem com os efeitos do aquecimento global.

Nesse aspecto, a questão da sustentabilidade se tornou o principal desafio para o desenvolvimento social. Assim como em muitos setores da sociedade, a construção civil também agrega práticas sustentáveis aos seus projetos para minimizar os danos ao meio ambiente. Visando atender os princípios básicos da construção sustentável, o setor busca ações que potencializem a recuperação e o equilíbrio do meio ambiente nos grandes centros urbanos.

Para que o crescimento seja sustentável, é necessário que as cidades passem a usufruir de uma infraestrutura verde melhor e mais eficiente que a atual. Como mencionado no presente trabalho, é comprovado que a infraestrutura verde pode assegurar múltiplas funções e benefícios num mesmo espaço, contribuindo não apenas para a questão ambiental, mas também agregando no ponto de vista econômico e social.

Diante disso, esta pesquisa revela de que forma a infraestrutura verde pode mitigar algumas ações do homem no que tange aos efeitos da radiação solar. No estudo prático analisado é visto que a áreas verdes em meio ao ambiente urbano tem papel fundamental quanto à questão do conforto térmico, pois reduzem os efeitos da irradiação solar. Este resultado foi verificado na Rua Viúva Lacerda, que apresentou condições melhores devido à boa cobertura vegetal, conferindo uma camada de proteção, o que impactou no índice UV baixo, diferente da Rua João Afonso.

No entanto, é importante ressaltar que por se tratar de um estudo prático em ambiente externo, algumas interferências devem ser consideradas em virtude da influência das condições de entorno. Além disso, os aparelhos utilizados nas medições são de fato indicados para uso interno, o que também pode ter contribuído para alguns picos nas medições que distorcem o resultado.

Visto isso, este trabalho se mostra como um esforço inicial em pesquisas desse tema e pretende contribuir para a realização de trabalhos futuros, relativos aos benefícios adquiridos com a infraestrutura verde. Para aprofundar o estudo, é interessante dar continuidade no trabalho, expandindo a análise com base em diferentes parâmetros que foram levantados,

além da possibilidade de aplicar o método nas demais ruas do objeto de estudo, a fim de ampliar o alcance dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L.V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2008.

ANANIAN, P.; FONTES, S.G.C.; SILVA, B. Avaliação quanto ao desempenho térmico de equipamento urbano no calçadão de Bauru. In: **VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e IV Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído**, Maceió, 2005, p. 47-54.

BAIROS CARIOCAS - Aplicativo desenvolvido pelo Instituto Pereira Passos (IPP), que oferece uma síntese das informações sobre a Cidade, suas 33 Regiões Administrativas e os 162 Bairros que as compõem. Endereço: <http://pcrj.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=096ae1e5497145838ca64191be66f3e3#>. Acesso em: 12 mar. 2018.

BALDESSAR, S.M.N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. 2012. 124f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BARBOSA, R.V.R. **Estudo do campo térmico urbano de São Carlos (SP): análise da intensidade da ilha de calor urbano em episódio climático de verão**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

BENEDICT, M.A.; MCMAHON, E.T. **Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities**. Washington, D.C.: Island Press, 2006.

BENINI, S.M. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de Tupã/SP**. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

BORSARI, V. **Caracterização das emissões de gases de efeito estufa por veículos automotores leves no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CALLEJAS, I.J.A.; NOGUEIRA, M.C.J.A. **Sensação térmica em ambiente urbano a céu aberto na cidade de Cuiabá-MT**. Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 9, n. 9, p. 1946-1958, fev. 2013.

CAMINHA, J.V. **Botafogo e a sua evolução urbana: um retrospecto**. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

CLIMATIC RESEARCH UNIT UNIVERSIT OF EAST ANGLIA. **Information sheet 1: Global Temperature Record**. Disponível em: <<http://www.cru.uea.ac.uk/documents/421974/1295957/CRU+Info+Sheet+%231+2017.pdf/7700918b-2b9a-9374-1b80-0bd057a96ea8>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

CORRÊA, M.P. **Índice ultravioleta: avaliações e aplicações**. Tese (Doutorado em Ciências) – Departamento de Ciências Atmosféricas, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

COSTA, A.; ARAÚJO, V. Contribuição para a definição de faixas-limite de conforto térmico para ambientes externos. In: **XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído**, Florianópolis, 2006, p. 208-217.

DANTAS, E. **O imaginário do aquecimento global**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

DIGE, G. Infraestrutura verde: viver melhor graças a soluções baseadas na natureza. **European Environment Agency**, Boletim Informativo da Agência Europeia do Ambiente, nº2015/03, 2015. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/pt/articles/infraestrutura-verde-viver-melhor-gracas>>. Acesso em: 13 jan. 2018.

FIGUEIREDO, G.M.V. Estudo Prático de caracterização de Infraestrutura Verde no Bairro do Humaitá, Rio de Janeiro, Brasil. Projeto de Graduação de Engenharia Civil, Escola Politécnica, UFRJ, 2016.

GARCIA, T.S. **Avaliação do conforto térmico dos apartamentos do bnh da cidade de santos**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2015.

GRIMM, A. M.; SAMPAIO, G. Observações ambientais atmosféricas e de propriedades da superfície. **PBMC–Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Base Científica das Mudanças Climáticas: primeiro relatório de avaliação nacional. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil, v. 391, 2012.

HERZOG, C.P. **Guaratiba verde: subsídios para o projeto de infra-estrutura verde em área de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRJ / FAU, 2009.

HERZOG, C.P; ROSA, L.Z. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista LABVERDE**, São Paulo, n. 1, p. 92-115, sep. 2010. ISSN 2179-2275.

HERZOG, C.P. **Cidade para todos: (re)aprendendo a conviver com a natureza**. 1 ed. Rio de Janeiro, Mauad X: Inverde, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Impacts, adaptation and vulnerability. In: MCCARTHY, J.J.; CANZIANI, O.F.; LEARY, N.A.; DOKKEN, D.J.; WHITE, K.S. (Ed.). **Climate change 2001: contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 77-103.

_____. In: METZ, B.; DAVIDSON O.; SWART, R.; PAN, J. (Ed.). **Climate Change 2001: Mitigation**. The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2001a. Cambridge, UK

_____. **Climate Change 2001: The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, 2001b. Cambridge, UK.

_____. Synthesis report. In: TEAM, C.W.; PACHAURI, R.K.; REISINGER, A. (Ed.). **Climate change 2007: contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007a.

_____. The physical science basis. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (Ed.). **Climate change 2007: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007b.

_____. Impacts, adaptation and vulnerability. In: PARRY, M.L.; CANZIANI, O.F.; PALUTIKOF, J.P.; VAN DER LINDEN, P.J.; HANSON, C.E. (Ed.). **Climate change 2007: contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007c.

_____. The physical science basis. In: STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (Ed.). **Climate change 2013: contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

_____. Global and Sectoral Aspects. In: FIELD, C.B.; BARROS, V.R.; DOKKEN, D.J.; MACH, K.J.; MASTRANDREA, M.D.; BILIR, T.E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K.L.; ESTRADA, Y.O.; GENOVA, R.C.; GIRMA, B.; KISSEL, E.S.; LEVY, A.N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P.R.; WHITE, L.L. (Ed.). **Climate change 2014: contribution of working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

JACOBI, P.R. **Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo.** Educação e Pesquisa. São Paulo.2.v.31.p.233-250.mai/ago.2005.

LIMA, F.A.A. **Análise de Infraestrutura Verde no contexto de bairro - Humaitá - Rio de Janeiro – RJ.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2018.

LUCENA, F. **Breve história do bairro do Humaitá.** Diário do Rio. Disponível em <<https://diariodorio.com/breve-historia-do-bairro-do-humaita/>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

MARCHIORETO-MUNIZ, R. **Aquecimento Global: Uma investigação das Representações Sociais e Concepções de alunos da escola básica.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MARTELLI, A; SANTOS JR, A.R. Arborização urbana do município de Itapira – SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. **Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1018-1031, mai./ago. 2015.

MENDONÇA, R. S. R.; ASSIS, E. S. Conforto térmico urbano – estudo de caso do bairro Floresta – Belo Horizonte. In: **VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético**, São Pedro, 2001.

MICHALKA JR, C.. **Ambiente Construído: Reflexões sobre desenvolvimento urbano sustentável.** Rio de Janeiro, 2003. Vol.2.

MODNA, D. **Influência das áreas arborizadas na temperatura e umidade do ar do ambiente urbano de São Carlos - SP.** Dissertação (Mestrado) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

NIKOLOPOULOU, M. **Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach.** Centre for Renewable Energy Sources, EESD, FP5, 2004.

NINCE, P. C. C. **Vegetação e revestimentos urbanos: implicações na sensação térmica dos usuários do campus da UFMT em Cuiabá – MT.** 90f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

PONTES, R.H. **Análise da interação entre conforto térmico e infraestrutura verde do bairro do Humaitá/RJ através do ajuste da carta bioclimática de Olgay para o clima local.** 93f. Monografia do curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

PRADO, L.A.P. **O discreto charme do Humaitá**. Bairros Cariocas. Disponível em <<http://www.multirio.rj.gov.br/index.php/leia/reportagens-artigos/reportagens/453-humaita-um-bairro-onde-tudo-acontece>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

RIO, A. **Aquecimento Global – Impacto na produtividade da cultura da soja e ações estratégicas de manejo para sua minimização em diferentes regiões produtoras do Sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

ROCHA, M.T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ROMERO, M.A.B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. Editora CopyMarket.com, 2000.

SBRUZZI, C.B. **Aquecimento global, mudanças climáticas e o impacto na economia**. Monografia de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SEIXAS, G.T.C. **Climatologia aplicada à Arquitetura: investigação experimental sobre a distribuição de temperaturas internas em duas células de teste**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2015.

SILVA, C. A. S.; CORBELLA, O. D. Conforto ambiental urbano – apropriação e análise de dados microclimáticos. In: **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo, 2004.

SITES VISITADOS

<https://www.em.com.br/app/noticia/especiais/educacao/enem/2016/05/11/noticia-especial-enem,761390/efeito-estufa-e-o-aquecimento-global.shtml>. Acesso em: 28 jan. 2018.

<https://www.bostoncentral.com/activities/nature/p956.php> Acesso em: 12 mar. 2018.

<http://www.touristsbook.com/boston/things-to-do/emerald-necklace/>. Acesso em: 12 mar. 2018.

CAIT – Climate Analysis Indicators Tool. Disponível em: <<http://www.wri.org/resources/data-sets/cait-historical-emissions-data-countries-us-states-unfccc>>. Acesso em 26 jun 2018.

CPTEC/INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>. Acesso em 23 jun. 2018.

WWF Brasil. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br/>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – FICHAS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS MEDIÇÕES DE TEMPERATURA DO AR.

APÊNDICE B – FICHAS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS MEDIÇÕES DE LUMINÂNCIA.

APÊNDICE C – FICHAS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS MEDIÇÕES DE RADIAÇÃO SOLAR.

APÊNDICE A - FICHAS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS MEDIÇÕES DE TEMPERATURA DO AR.

TEMPERATURA DO AR (°C)							
RUA VIÚVA LACERDA							
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO					Média
		1	2	3	4	5	
INVERNO	25/06/2016	22,4	21,4	21,3	21	20,5	21,3
	02/07/2016	25,2	24,1	23,9	23,8	24	24
	09/07/2016	23	21,9	21,9	21,7	21,3	21,9
	16/07/2016	32,3	31,1	30,7	30,4	29,6	30,7
	23/07/2016	24,1	23	22,7	22,4	22,5	22,7
	14/08/2016	25,2	24	24,6	24,2	24,3	24,3
	18/08/2016	25,7	25,2	25,5	25	25,8	25,5
	26/08/2016	25,3	24,6	24	26,2	25,7	25,3
	28/08/2016	30,5	27,5	27,8	27,3	27,3	27,5
	03/09/2016	27,7	27,3	25,5	25,2	25,9	25,9
10/09/2016	25,5	24,9	24,3	24,1	24,1	24,3	
PRIMAVERA	02/10/2016	21,9	21,1	20,9	20,9	21,1	21,1
	09/10/2016	24,3	24,2	23,9	23,6	24,3	24,2
	16/10/2016	30,2	29	30,5	30,7	31,1	30,5
	23/10/2016	25,9	25,4	25,2	25,2	26,3	25,4
	06/11/2016	25,2	25,3	25,3	25,1	25,2	25,2
	20/11/2016	23,7	23,2	23,2	23,3	24,8	23,3
	27/11/2016	30,3	29,2	28,9	29	29,8	29,2
	04/12/2016	29,8	29,3	28,7	28,7	29	29
	12/12/2016	31,2	31,6	31,3	31,3	32,1	31,3
18/12/2016	30,3	28,9	28,5	28,1	29,1	28,9	
VERÃO	29/12/2016	29,8	29,7	29,8	29,2	31,3	29,8
	08/01/2017	29,9	29,6	29,5	29,4	29,9	29,6
	15/01/2017	31,3	30,4	29,9	29,7	30,3	30,3
	20/01/2017	29	28	27,9	27,6	28,4	28
	29/01/2017	32,1	31,5	31,2	30,9	32,5	31,5
	05/02/2017	31,6	30,6	30,5	30	30,7	30,6
	12/02/2017	32,8	32	32	31,4	33,3	32
	19/02/2017	34,8	33,3	33,2	33,9	33,6	33,6
	01/03/2017	33,6	32,6	33,3	32,6	33,2	33,2
	05/03/2017	33,1	31,8	31,6	32,5	32,3	32,3
12/03/2017	34,5	32,4	32,3	31,4	31,5	32,3	

TEMPERATURA DO AR (°C)							
RUA VIÚVA LACERDA							
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO					Média
		1	2	3	4	5	
OUTONO	26/03/2017	27,7	26,9	27,3	27,6	27,7	27,6
	02/04/2017	25,7	24,7	24,9	25,7	26,3	25,7
	09/04/2017	27,9	27,8	27,5	27,4	27,3	27,5
	15/04/2017	26,8	26,9	27	26,9	27,1	26,9
	30/04/2017	24,1	24	23,6	23,3	24,2	24
	01/05/2017	24,7	24,5	24,4	24,3	24,2	24,4
	07/05/2017	25,5	25,2	25,1	24,9	25,2	25,2
	14/05/2017	30,6	29,9	29,3	29,3	29,1	29,3
	21/05/2017	23,9	23,7	23,4	23,3	23,5	23,5
	28/05/2017	23	23,2	22,9	22,8	22,9	22,9
	04/06/2017	25,2	25	24,8	24,6	24,8	24,8
	11/06/2017	21,2	21	21,2	20,9	21,3	21,2
	18/06/2017	25,6	25,6	25,6	26,1	25,4	25,6

TEMPERATURA DO AR (°C)							
RUA JOÃO AFONSO							
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO					Média
		1	2	3	4	5	
INVERNO	25/06/2016	21,6	21,3	21	21,2	21,3	21,3
	02/07/2016	24	24,1	24,4	24,8	25,6	24,4
	09/07/2016	21,7	21,8	21,2	21,5	21,9	21,7
	16/07/2016	31,5	31,5	31,2	30,8	30,9	31,2
	23/07/2016	22,6	23	22,1	22,6	23,3	22,6
	14/08/2016	23,8	24,7	24,4	25	25,5	24,7
	18/08/2016	26,2	27,8	26	26,5	27,8	26,5
	26/08/2016	25,3	26,2	25,2	25,8	26,1	25,8
	28/08/2016	28,3	29,6	28,9	28,4	30,7	28,9
	03/09/2016	26,9	27,4	26,4	26,3	26,1	26,4
10/09/2016	24,5	24,8	24,1	24,5	25,4	24,5	
PRIMAVERA	02/10/2016	21,3	21,9	21,6	22	22,1	21,9
	09/10/2016	23,9	24,4	23,9	23,9	24,5	23,9
	16/10/2016	29,6	32,1	31,5	30,2	30,5	30,5
	23/10/2016	25,5	27,9	26,8	25,3	25,5	25,5
	06/11/2016	25,7	25,7	25,8	25,6	25,5	25,7
	20/11/2016	26,1	26,6	26,1	24,6	24,3	26,1
	27/11/2016	29	31,2	29	31,1	32,4	31,1
	04/12/2016	28,8	29,3	28,9	28,9	29,3	28,9
	12/12/2016	31,9	35,6	33,2	31,5	32,9	32,9
	18/12/2016	29,6	31	29,6	30,3	30,1	30,1
VERÃO	29/12/2016	30,2	31,6	31,5	30,9	31,7	31,5
	08/01/2017	30,8	32,2	31,4	30,6	30,5	30,8
	15/01/2017	31,3	34,8	32,9	32	31,6	32
	20/01/2017	28,2	29,9	28,9	29,1	28,9	28,9
	29/01/2017	31,4	35,9	31,9	32,1	32,2	32,1
	05/02/2017	30,9	34	32,7	31,8	32,8	32,7
	12/02/2017	32,4	35,4	33,1	33,1	33,3	33,1
	19/02/2017	33,5	34,5	33,6	32,7	32,9	33,5
	01/03/2017	32,9	34,8	33,5	33,1	33,1	33,1
	05/03/2017	32,2	33,7	31,8	31,7	35,5	32,2
12/03/2017	30,4	35,6	31,5	31,8	34,4	31,8	

TEMPERATURA DO AR (°C)							
RUA JOÃO AFONSO							
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO					Média
		1	2	3	4	5	
OUTONO	26/03/2017	27,1	28,2	27,7	26,6	26,8	27,1
	02/04/2017	26,1	26,8	26,1	25,6	29,4	26,1
	09/04/2017	28,3	29,3	28,4	27,9	28,3	28,3
	15/04/2017	27,6	32,7	28,1	26,8	29,1	28,1
	30/04/2017	23,7	26,5	25,5	24,9	24,5	24,9
	01/05/2017	25,6	31	25,5	25,3	28,6	25,6
	07/05/2017	26	27,6	26,6	27,2	28,6	27,2
	14/05/2017	30,2	30,1	29,8	29,8	29,9	29,9
	21/05/2017	23,9	23,8	23,5	23,7	23,9	23,8
	28/05/2017	23,7	24,2	23,7	23,5	23,8	23,7
	04/06/2017	24,5	27,3	25,5	25,5	27	25,5
	11/06/2017	21,8	25,6	23,6	21,6	23,7	23,6
	18/06/2017	26,4	26,7	26,4	27	28	26,7

APÊNDICE B – FICHAS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS MEDIÇÕES DE LUMINÂNCIA.

LUMINÂNCIA - LUX						
RUA VIÚVA LACERDA						
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO				
		1	2	3	4	5
INVERNO	25/06/2016	5.100	2.500	2.000	2.000	2.200
	02/07/2016	5.400	2.400	3.200	6.400	2.500
	09/07/2016	4.800	1.200	1.700	2.700	2.400
	16/07/2016	4.000	1.400	2.200	4.500	2.800
	23/07/2016	8.800	3.300	2.600	7.000	5.000
	14/08/2016	3.900	1.600	1.600	1.200	3.800
	18/08/2016	4.400	2.500	3.500	1.600	4.300
	26/08/2016	3.220	1.195	1.966	9.800	9.700
	28/08/2016	4.800	2.050	2.410	69.500	4.200
	03/09/2016	11.300	5.600	5.000	5.900	11.500
10/09/2016	12.300	5.600	3.200	2.600	8.000	
PRIMAVERA	02/10/2016	5.890	2.390	2.110	2.300	4.720
	09/10/2016	13.960	7.111	7.120	6.710	16.510
	16/10/2016	4.350	8.810	104.200	8.880	5.440
	23/10/2016	12.800	7.900	10.200	8.800	19.800
	06/11/2016	10.690	4.490	5.770	6.310	17.340
	20/11/2016	7.200	3.300	8.400	4.800	75.500
	27/11/2016	7.800	3.880	5.330	3.690	9.370
	04/12/2016	9.440	7.010	5.320	6.090	17.340
	12/12/2016	12.800	5.800	7.500	7.000	29.600
18/12/2016	5.600	3.160	3.810	2.680	7.800	
VERÃO	29/12/2016	1.220	300	640	330	2.650
	08/01/2017	7.800	2.700	340	3.520	15.510
	15/01/2017	9.700	3.700	5.200	3.800	13.400
	20/01/2017	12.800	4.100	2.900	1.791	8.940
	29/01/2017	6.300	2.800	3.720	2.860	102.800
	05/02/2017	14.400	1.890	11.480	6.000	13.600
	12/02/2017	2.800	11.500	17.100	1.550	2.840
	19/02/2017	97.200	4.930	42.500	95.100	3.600
	01/03/2017	22.100	6.500	71.300	2.300	9.400
	05/03/2017	86.300	1.302	84.400	81.800	6.100
12/03/2017	72.500	3.660	62.700	1.105	10.250	

LUMINÂNCIA - LUX						
RUA VIÚVA LACERDA						
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO				
		1	2	3	4	5
OUTONO	26/03/2017	3.250	840	2.800	2.350	5.410
	02/04/2017	7.500	805	1.950	91.900	4.900
	09/04/2017	4.130	1.460	2.170	2.870	7.080
	15/04/2017	2.650	916	1.261	1.810	3.170
	30/04/2017	9.000	2.900	3.420	4.440	10.780
	01/05/2017	1.770	760	850	2.000	2.290
	07/05/2017	5.700	1.899	1.226	2.720	5.020
	14/05/2017	3.220	1.210	1.050	1.020	4.380
	21/05/2017	5.260	1.370	1.050	880	4.290
	28/05/2017	6.720	1.380	2.350	6.040	6.340
	04/06/2017	2.190	1.040	780	2.000	2.120
	11/06/2017	2.400	1.199	824	2.370	2.150
	18/06/2017	2.330	980	670	1.770	2.220
	MÉDIA ANUAL		12.173	3.185	11.374	10.951

LUMINÂNCIA (LUX)						
RUA JOÃO AFONSO						
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO				
		1	2	3	4	5
INVERNO	25/06/2016	2.600	15.800	10.500	15.400	57.000
	02/07/2016	1.900	15.200	6.200	10.900	49.600
	09/07/2016	1.700	6.900	4.900	8.500	12.500
	16/07/2016	1.600	1.800	3.300	5.500	32.200
	23/07/2016	1.700	9.000	5.000	8.900	13.300
	14/08/2016	2.300	85.000	5.500	9.600	11.000
	18/08/2016	2.200	57.500	7.800	12.300	15.000
	26/08/2016	2.400	94.400	4.950	8.930	92.600
	28/08/2016	1.320	58.400	5.000	7.000	84.100
	03/09/2016	3.640	22.100	13.100	18.000	33.800
	10/09/2016	2.690	12.630	9.530	14.900	21.300
PRIMAVERA	02/10/2016	2.030	18.740	12.970	11.530	7.180
	09/10/2016	5.140	19.200	15.500	18.380	16.150
	16/10/2016	2.140	111.400	6.100	24.500	111.400
	23/10/2016	4.200	28.500	16.900	16.500	13.700
	06/11/2016	3.710	28.500	20.000	17.900	9.600
	20/11/2016	2.960	89.600	10.200	120.700	11.300
	27/11/2016	2.310	109.000	10.500	106.400	107.300
	04/12/2016	2.080	17.460	11.830	15.770	19.360
	12/12/2016	4.690	84.400	22.400	30.400	36.000
	18/12/2016	1.778	109.800	7.800	112.100	6.200
VERÃO	29/12/2016	2.150	32.500	26.700	35.500	24.400
	08/01/2017	3.260	24.700	17.000	18.400	19.800
	15/01/2017	2.570	102.600	15.500	21.900	14.700
	20/01/2017	2.930	35.400	1.600	12.400	11.800
	29/01/2017	2.290	110.100	9.560	13.200	9.400
	05/02/2017	2.270	73.300	11.980	20.500	16.300
	12/02/2017	1.148	108.900	3.600	5.900	110.600
	19/02/2017	881	99.200	4.800	7.400	6.820
	01/03/2017	1.830	70.600	10.000	15.000	11.000
	05/03/2017	1.262	88.800	5.500	8.400	86.500
	12/03/2017	1.150	56.100	9.300	14.300	72.800

LUMINÂNCIA (LUX)						
RUA JOÃO AFONSO						
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO				
		1	2	3	4	5
OUTONO	26/03/2017	763	93.800	3.600	4.500	6.580
	02/04/2017	720	90.300	3.560	8.510	91.200
	09/04/2017	1.013	18.880	14.180	18.360	15.530
	15/04/2017	1.093	84.400	8.450	9.200	84.700
	30/04/2017	1.870	23.800	12.400	15.800	13.200
	01/05/2017	1.120	78.700	3.900	9.400	78.700
	07/05/2017	1.583	16.950	9.310	14.700	85.700
	14/05/2017	1.050	11.430	6.510	6.850	6.030
	21/05/2017	1.110	9.400	9.060	13.030	9.960
	28/05/2017	1.007	16.030	7.240	9.780	19.600
	04/06/2017	780	58.500	3.040	6.480	64.900
	11/06/2017	880	61.900	3.900	6.800	36.300
	18/06/2017	750	6.580	3.820	6.070	61.800
MÉDIA ANUAL		2.013	52.627	9.211	19.922	38.198

APÊNDICE C - FICHAS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS MEDIÇÕES DE RADIAÇÃO SOLAR.

RADIAÇÃO (w/m²)						
RUA VIÚVA LACERDA						
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO				
		1	2	3	4	5
INVERNO	25/06/2016	43,30	29,50	47,80	21,90	15,60
	02/07/2016	37,80	33,50	41,50	81,60	44,60
	09/07/2016	30,40	28,90	49,30	92,50	42,10
	16/07/2016	34,20	25,30	39,50	107,80	36,70
	23/07/2016	62,20	47,90	47,70	92,80	72,70
	14/08/2016	31,30	42,40	37,00	54,60	71,30
	18/08/2016	34,20	45,20	44,00	46,40	82,10
	26/08/2016	31,30	40,90	43,40	307,70	380,70
	28/08/2016	30,50	45,70	47,10	789,90	242,20
	03/09/2016	95,20	47,80	58,10	75,40	139,90
	10/09/2016	113,60	56,50	39,00	33,40	70,00
PRIMAVERA	02/10/2016	44,50	24,10	21,70	22,70	39,90
	09/10/2016	110,00	74,50	80,80	70,80	155,60
	16/10/2016	43,00	57,10	903,70	94,60	101,00
	23/10/2016	102,50	82,40	93,90	94,40	171,60
	06/11/2016	93,50	50,70	60,10	66,80	153,60
	20/11/2016	99,50	71,20	100,90	125,10	1024,00
	27/11/2016	95,90	68,20	82,10	69,40	127,00
	04/12/2016	90,30	70,60	67,90	67,30	179,90
	12/12/2016	108,80	61,40	83,10	91,60	302,60
	18/12/2016	74,80	65,90	67,00	62,60	139,20
VERÃO	29/12/2016	110,20	47,80	82,70	81,10	358,90
	08/01/2017	70,90	43,30	50,80	49,40	149,80
	15/01/2017	79,10	46,90	61,20	48,20	137,20
	20/01/2017	114,40	55,90	43,80	30,10	97,60
	29/01/2017	82,60	77,80	88,70	78,20	966,30
	05/02/2017	135,20	55,50	103,70	94,60	230,70
	12/02/2017	51,10	101,40	150,50	68,60	130,80
	19/02/2017	802,10	88,00	444,40	936,60	101,40
	01/03/2017	226,80	68,90	660,20	69,10	162,90
	05/03/2017	766,70	60,40	772,50	759,60	111,20
	12/03/2017	708,60	72,20	649,30	49,80	216,50

RADIAÇÃO (w/m²)						
RUA VIÚVA LACERDA						
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO				
		1	2	3	4	5
OUTONO	26/03/2017	44,30	41,50	68,20	86,30	54,20
	02/04/2017	63,60	23,80	56,10	854,80	107,90
	09/04/2017	40,90	23,60	37,60	60,60	87,10
	15/04/2017	34,10	46,80	43,10	50,80	89,80
	30/04/2017	88,60	45,60	49,90	58,10	130,80
	01/05/2017	25,10	39,10	36,20	58,70	77,30
	07/05/2017	54,70	47,60	40,20	67,90	105,80
	14/05/2017	27,50	18,40	18,40	18,50	52,00
	21/05/2017	49,60	18,80	17,20	15,50	43,80
	28/05/2017	61,70	30,50	46,80	104,70	94,60
	04/06/2017	19,20	33,90	28,70	63,10	64,60
	11/06/2017	23,30	36,20	31,10	67,00	65,00
	18/06/2017	18,40	35,90	27,50	54,30	59,60
MÉDIA ANUAL		113,46	49,54	125,88	139,89	161,96

RADIAÇÃO (w/m²)						
RUA JOÃO AFONSO						
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO				
		1	2	3	4	5
INVERNO	25/06/2016	28,00	117,40	102,90	133,70	453,30
	02/07/2016	20,90	73,70	56,70	92,70	116,90
	09/07/2016	14,20	46,50	40,90	67,80	257,80
	16/07/2016	16,20	48,10	36,80	45,90	262,10
	23/07/2016	19,90	64,90	53,00	75,20	119,10
	14/08/2016	32,80	483,50	52,80	76,50	77,60
	18/08/2016	21,80	586,80	57,10	79,10	88,00
	26/08/2016	33,40	488,20	50,10	71,70	697,90
	28/08/2016	22,30	700,00	38,80	73,60	345,60
	03/09/2016	41,10	175,30	108,40	160,60	155,50
	10/09/2016	27,00	129,90	77,30	137,70	174,30
PRIMAVERA	02/10/2016	16,70	142,80	98,10	84,10	52,90
	09/10/2016	43,00	166,30	123,30	167,40	130,80
	16/10/2016	18,80	878,00	47,00	887,00	903,10
	23/10/2016	38,60	213,30	128,10	130,00	111,00
	06/11/2016	34,60	202,50	152,50	137,60	94,50
	20/11/2016	34,40	692,90	94,10	1030,00	109,20
	27/11/2016	26,50	879,70	86,20	877,70	855,90
	04/12/2016	19,40	146,00	91,60	142,60	145,10
	12/12/2016	58,90	1027,00	173,40	219,40	257,10
	18/12/2016	20,80	905,60	76,50	947,10	51,20
VERÃO	29/12/2016	30,80	265,80	217,70	296,30	199,80
	08/01/2017	34,20	190,00	133,50	146,90	163,20
	15/01/2017	26,40	897,70	150,30	204,90	121,50
	20/01/2017	32,80	313,30	137,10	120,90	99,80
	29/01/2017	24,00	952,60	93,90	134,40	88,00
	05/02/2017	28,60	614,20	122,40	182,80	155,70
	12/02/2017	13,20	958,30	47,10	67,00	956,50
	19/02/2017	9,70	789,40	45,50	72,10	55,10
	01/03/2017	17,80	455,20	98,40	144,50	114,20
	05/03/2017	12,70	775,80	59,30	86,30	766,80
	12/03/2017	17,00	680,80	86,50	125,10	676,70

RADIAÇÃO (w/m²)						
RUA JOÃO AFONSO						
ESTAÇÃO	DATA	PONTOS DE MEDIÇÃO				
		1	2	3	4	5
OUTONO	26/03/2017	6,80	674,90	23,50	31,70	75,10
	02/04/2017	12,70	797,40	47,30	85,50	829,80
	09/04/2017	15,20	163,90	127,40	166,90	135,60
	15/04/2017	18,20	731,40	57,10	46,60	801,40
	30/04/2017	24,50	198,00	196,80	144,60	113,20
	01/05/2017	20,20	693,70	52,70	92,60	719,40
	07/05/2017	25,90	155,40	118,10	149,70	711,90
	14/05/2017	10,40	98,40	58,30	63,70	54,70
	21/05/2017	15,70	80,80	83,90	117,60	77,20
	28/05/2017	11,40	129,00	59,20	85,90	140,70
	04/06/2017	14,50	386,30	45,20	75,10	467,70
	11/06/2017	16,60	426,10	49,70	77,20	508,60
	18/06/2017	17,20	44,80	39,50	65,80	612,00
MÉDIA ANUAL		23,24	436,48	86,58	187,14	313,41

ANEXOS

ANEXO A – FICHAS DE IDENTIFICAÇÃO DO INVENTÁRIO FLORÍSTICO DA RUA JOÃO AFONSO.

ANEXO B – FICHAS DE IDENTIFICAÇÃO DO INVENTÁRIO FLORÍSTICO DA RUA VIÚVA LACERDA.

ANEXO A – FICHAS DE IDENTIFICAÇÃO DO INVENTÁRIO FLORÍSTICO – RUA JOÃO AFONSO.

Rua João Afonso				Árvore No. 02	
Espécie: <i>Dypsis lutescens</i> (H. wendl.)		Nomes Populares: Areca-bambu	Família: Arecaceae (Palmae)		
Altura: 8,50 m	Perímetro do Tronco: 3,10 m	Inclinação e Quadrante do Tronco: Prumo	Diâmetro da Copa: 6,50m	Idade Aproximada: 22 anos	





Rua João Afonso				Árvore No. 04	
Espécie: <i>Clitoria fairchildiana</i> R. A. Howard		Nomes Populares: Sombra-de-vaca, palheteira		Família: Fabaceae papilionoideae	
Altura: 10,00 m	Perímetro do Tronco: 1,14 m	Inclinação e Quadrante do Tronco: 5° S	Diâmetro da Copa: 18,50m	Idade Aproximada: 36 anos	
					


ANEXO B – FICHAS DE IDENTIFICAÇÃO DO INVENTÁRIO FLORÍSTICO – RUA VIÚVA LACERDA.

Rua Viúva Lacerda				Árvore No. 04	
Espécie: <i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin&Barneby		Nomes Populares: Cássia amarela, Cássia de São		Família: Fabaceae caesalpinoideae	
Altura: 16 - 18 m	Perímetro do Tronco: 2,10 m	Inclinação e Quadrante do Tronco: 6° - NO	Diâmetro da Copa: 14,40m	Idade Aproximada: 42 anos	



Rua Viúva Lacerda				Árvore No. 18	
Espécie: <i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin&Barneby		Nomes Populares: Cássia amarela, Cássia de Sião		Família: Fabaceae caesalpinoideae	
Altura: 14 - 16 m	Perímetro do Tronco: 2,00 m	Inclinação e Quadrante do Tronco: 15° - NO	Diâmetro da Copa: 15,80m	Idade Aproximada: 40 anos	
					

Rua Viúva Lacerda				Árvore No. 24	
Espécie: <i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin&Barneby		Nomes Populares: Cássia amarela, Cássia de São		Família: Fabaceae caesalpinoideae	
Altura: 18 - 20 m	Perímetro do Tronco: 2,48 m	Inclinação e Quadrante do Tronco: 20,6°-SO	Diâmetro da Copa: 8,80m	Idade Aproximada: 45-50 anos	
					

Rua Viúva Lacerda				Árvore No. 32	
Espécie: <i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin&Barneby		Nomes Populares: Cássia amarela, Cássia de Sião		Família: Fabaceae caesalpinoideae	
Altura: 18 - 20 m	Perímetro do Tronco: 2,2 m	Inclinação e Quadrante do Tronco: 26° - O	Diâmetro da Copa: 18,80m	Idade Aproximada: 40 - 45 anos	
					

Rua Viúva Lacerda				Árvore No. 38	
Espécie: <i>Ptychosperma macarthurii</i>		Nomes Populares: Palmeira de Macarthur		Família: Arecaeae (Palmae)	
Altura: 6,00m a 8,00m	Perímetro do Tronco: 1,08 m	Inclinação e Quadrante do Tronco: No prumo	Diâmetro da Copa: 3,50m	Idade Aproximada: 20-25 anos	
