

# ESTUDO DE ILHAS DE CALOR DA CIDADE DE MANAUS NO PERÍODO DE AGOSTO E SETEMBRO DOS ANOS DE 2002 E 2009

Samara Augusta Rosa Bilby

Lucélia Sousa e Souza

Nadryele Leitão Rocha

Orientadora: Neila Maria Cavalcante da Silva

Universidade Nilton Lins

Engenharia Ambiental

08/17

## RESUMO

*Este artigo é sobre o fenômeno da ilha de calor (IC) para avaliar o processo de urbanização e propõe o estudo de ilhas de calor na Cidade de Manaus, isto é a comparação de fatores naturais e urbanos com o aumento de temperatura em Manaus. O clima de Manaus é tropical úmido de monções com temperatura média compensada anual de 26,7 °C e umidade do ar relativamente elevada durante o ano, com médias mensais entre 79% e 88%. Usando como parâmetro meteorológico a temperatura do ar. Os valores foram obtidos em alguns bairros na área urbana da cidade: Cidade Nova, Tancredo Neves, Petrópolis, São Francisco, Aleixo e Adrianópolis, esses apresentam temperatura de 42°C e alguns locais podem ser superiores. Já em áreas que apresentam um conforto térmico possuem temperaturas de 34 a 36° que se destacam os bairros do Tarumã, Puraquequara, Ponta Negra e Distrito Industrial. O ano escolhido para pesquisa foi o de 2009 nos meses de agosto e setembro, esse período apresentou o menor índice pluvial e como consequência maior temperatura (Côrrea, 2013). Em pesquisa feita pelo IBGE em 2012, Manaus está como a segunda cidade menos arborizada do País, possuindo mais de 1 milhão de habitantes com apenas 25,3% de área arborizada, e essa falta de vegetação causa impacto significativo ao clima. Uma forma de mitigar esse impacto é um plano de arborização da cidade e pesquisas de novos materiais para utilização de construção e pavimentação que absorvam menos calor e isso pode ser feito utilizando a Economia Solidária. A Economia solidária tem objetivo pluridimensional, pois não limita a geração de trabalho e renda, mas também cogitam no espaço público construído através de um ambiente social justo e sustentável (considerando a saúde e bem estar da população).*

**Palavras-chave:** Clima Urbano, Temperatura da Superfície, Ilha de Calor da Cidade de Manaus, Economia Solidária.

## ABSTRACT

*This article is about the phenomenon of heat island (HI) to evaluate the urbanization process and proposes the study of heat islands in the city of Manaus, that is, the comparison of natural and urban factors with the Increase in temperature in Manaus. The climate of Manaus is considered humid tropical monsoon with average annual compensated temperature of 26.7 °C and relatively high humidity during the year, with monthly averages*

*between 79% and 88%. Using as a meteorological parameter the air temperature. The values were obtained in some neighborhoods in the urban area of the city: Cidade Nova, Tancredo Neves, Petrópolis, São Francisco, Aleixo and Adrianópolis, these have a temperature of 42°C and some places may be higher. In areas that appear to have a thermal comfort, temperatures range from 34 to 36 degrees, with the districts of Tarumã, Puraquequara, Ponta Negra and the Industrial District. The year chosen for research was that of 2009 in the months of August and September. This period was chosen because it had the lowest rainfall index and consequently the highest temperature (Correa, 2013). In a survey conducted by the IBGE in 2012, Manaus is the second least-wooded city in the country, with more than 1 million inhabitants with only 25.3% of wooded area. And the lack of vegetation cause significant impact on the climate. One way to mitigate this impact is to plan for afforestation and research of new resources for the use of construction and paving that absorb less heat and can be used in Solidarity Economy. The Solidarity Economy has a multidimensional objective, there is no division of labor and income, but there is no public space built through a fair and sustainable social environment (considering the health and well-being of the population).*

**Keywords:** Urban Climate, Surface Temperature, Heat Island of the City of Manaus, Solidary Economy

## INTRODUÇÃO

A história de Manaus segundo Nogueira (2007) começa em 1669, com a construção do Forte de São José do Rio Negro, e registra dois momentos de acentuada importância econômica e social: o primeiro, com o ciclo da borracha, entre a última década do século XIX e o segundo, a partir de 1967, com a implantação da Zona Franca de Manaus.

A Zona Franca de Manaus (ZFM) pode ser apontada como o marco para o crescimento econômico e populacional da cidade. Pois crescimento populacional da cidade de Manaus deu um salto significativo depois da criação da ZFM, grande parte devido ao êxodo rural. Essa migração se deve a busca pela uma melhor qualidade de vida, muito ligada à possibilidade de emprego. Como consequência gerou um crescimento urbano desordenado, não por falta de planejamento, mas pelas medidas tomadas não conseguirem acompanhar tal crescimento.

Segundo Araújo (2008), em 2004, Manaus chegou à 4<sup>a</sup> posição no ranking das cidades mais ricas do Brasil. De acordo com a prefeitura do município, em poucos anos Manaus evoluiu da categoria de médio porte para metrópole, trazendo em si todos os problemas que essa condição traz. Em apenas um ano (2001 para 2002) Manaus registrou a maior taxa de crescimento populacional do país, 2,54%. De acordo com números do IBGE (2012), sendo a média nacional de 1,3%.

De acordo com Nogueira (2007), até a década de 80 do século XX, Manaus possuía 37 bairros, hoje esse quadro mudou, atualmente encontram-se classificados aproximadamente 63

bairros. Segundo dados da Revista Exame (2010) no ano de 2000 apresentava população de 1.405.835 que saltou para 1.802.525 em 2010 um crescimento de 22%.

A Frota rodoviária teve um aumento significativo no ano de 2012 em comparação ao ano de 2001. Segundo relatório do Observatório das Metrópoles (2013), Manaus foi a metrópole que apresentou o maior aumento da frota de veículo durante esse período, crescimento de 159,7%, chegando há 387 mil automóveis.

Essas mudanças rápidas e não controladas causaram impactos ambientais significativos, como a troca de vegetação por centros urbanos, muitos autores afirmam que a mudança no uso do solo possui ligação direta com as mudanças no clima e no microclima nos centros urbanos. Isso faz com que os centros urbanos se tornem mais quentes em comparação a uma área rural, esse fenômeno é chamado de Ilhas de Calor (IC).

Lucena,(2013) descreve ilha de calor urbano como calor característico das áreas urbanas, quando comparadas aos seu arredores (não – urbanizados) e, geralmente, refere-se ao aumento de temperatura do ar, mas pode igualmente referir-se ao calor relativo da superfície ou materiais de superfície ou materiais superficiais, dessa maneira a intensidade de ilhas de calor é calculada pela diferença de temperatura entre a área urbana e área rural.

Pivetta (2012), mostra que a diferença de temperatura entre as partes mais urbanizadas da metrópole amazonense e uma área de floresta distante cerca de 30 quilômetros, a Reserva Biológica do Cuieiras atinge picos de temperatura de 3°C em 5 dos 12 meses do ano.

Com isso, o presente estudo se propôs a estudar as ilhas de calor em bairros de Manaus, entre os anos de 2002 e 2009.

## OBJETIVO

### Objetivo geral

Estuda da ocorrência de ilhas de calor da cidade da Manaus, através de comparação de imagens de temperaturas de superfície utilizando a ferramenta de geoprocessamento entre os anos de 2002 e 2009.

### Objetivos específicos

- Verificar a ocorrência de Ilhas de calor na Cidade Manaus em comparação com os anos de 2002 e 2009;
- Analisar as possíveis causas da ocorrência da Ilha de Calor;

- Propor medidas de mitigação dos impactos negativos causados por esse fenômeno.

## METODOLOGIA

Manaus é a capital do Estado do Amazonas e está situada no ponto médio de 3°8' de latitude Sul e 60°01' de longitude Oeste, possuindo uma elevação média de 21 m em relação ao nível médio do mar (Souza, 2012). Apresenta clima Equatorial, ou seja, quente e úmido. Alguns autores consideram o período chuvoso de janeiro a junho, e de julho a dezembro os meses que não apresentam índices pluviométricos elevados com relação aos outros meses, sendo considerados o período de verão. Rocha e Rolim (1984) fizeram um estudo em dados do Instituto Nacional de Metrologia (INMET) localizado na cidade de Manaus no período de 1964 a 1963, nesse estudo foi observado que os meses que apresentaram maior precipitação foram janeiro, fevereiro, março e abril, destes, o que apresentou o maior índice foi o mês de Março, com 330,7 mm. Os meses de julho, agosto, setembro, outubro são os que apresentaram menores índices pluviométricos, sendo o mês de setembro com menor índice, de 68,9 mm e a maior temperatura (38°C).

Este artigo tem seu estudo voltado para a temporada de 2002 e 2009 nos meses de agosto e setembro, por ser época que apresentou menor índice de precipitação com intuito de verificar a ocorrência da ilha de calor que tendência ser mais intensa nesse período. Com Metodologia baseada na proposta de Côrrea (2013) quando propõe o estudo de ilhas de calor na cidade de Manaus: aspectos observacionais e de modelagem, isto é, a comparação de fatores naturais e urbanos com o aumento de temperatura em Manaus utilizando as ferramentas de geoprocessamento.

Foram utilizados dados de temperatura de superfície (TS) cedidos pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA), do setor de geoprocessamento da unidade de ensino. Os dados utilizados neste trabalho são do sensor MODIS do satélite AQUA na resolução 1 km por 1 km, para o período de 2002 e 2009 nos meses de agosto e setembro.

O sensor utilizado para tal pesquisa foi o sensor MODIS lançado pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) em 2002, através do LP DAAC (Land Processes Distributed Active Archive Center), disponível em: <[https://lpdaac.usgs.gov/get\\_data/data\\_pool](https://lpdaac.usgs.gov/get_data/data_pool)> e possuem alta confiabilidade (Côrrea, 2013). Ressalta-se que todos dados remotos correspondem ao horário de passagem do satélite (13h30min-hora local).

O primeiro passo foi fazer a aquisição dos dados de temperatura de superfície da cidade de Manaus utilizando as informações do sensor MODIS, em seguida a seleção e organização dos dados. O passo dois foi tratar dessas informações através da elaboração de programas científicos (MATLAB) utilizando linguagem de programação com o intuito de navegar na imagem de satélite a fim de selecionar a área de estudo e extrair os pontos a serem estudados.

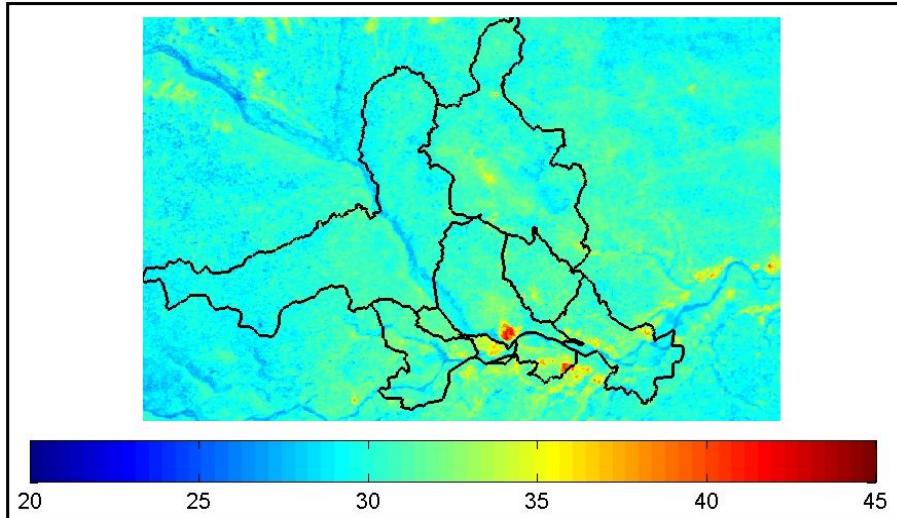
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Em 1960 foi implantada em Manaus pelo governo de Getúlio Vargas a Política de Integração Nacional (PIN) que tinha como objetivo integrar a Amazônia no comércio Nacional e Internacional, e possuía visão que a floresta era uma barreira para o desenvolvimento e que deveriam ser substituídas por estradas e desmatadas, ou seja, deveria ser povoada (Araújo, 2008).

Hoje Manaus possui a maior densidade demográfica do Estado do Amazonas de acordo com dados divulgados pelo IBGE (Diário Oficial da União, 2012) Manaus possui mais da metade da população do Amazonas representando 51,8% dos habitantes. E conforme Lombardo (1984), os problemas ambientais atingem maior significado, tendo-se como referência a grande concentração de poluentes no ar e na água, e degradação do solo e subsolo, em consequência de uma intensa atividade urbana.

O avanço da industrialização e urbanização são indicadores de que o desenvolvimento foi alcançado, mas a consequência de ter atingido esse patamar é degradação geral do meio urbano que afeta a qualidade de vida nos centros urbanos.

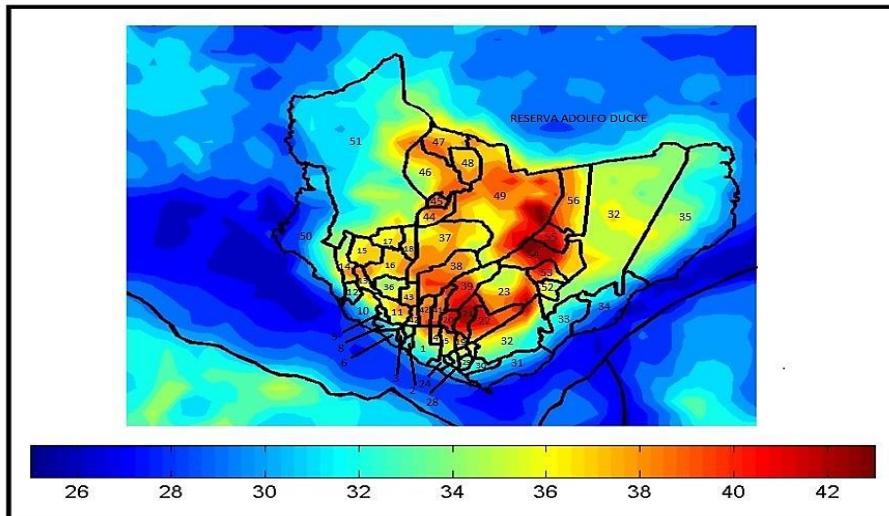
Um dos impactos gerados devido esse crescimento são as alterações que ocorrem no clima urbano que gera desconforto para a população a imagem da temperatura de superfície coletada através do satélite AQUA (figura 1) mostra como a temperatura da cidade de Manaus se destaca com aproximadamente 42°C em relação aos municípios com baixa densidade demográfica no período de agosto e setembro no ano 2009.



**Figura 1** – temperatura da superfície da região metropolitana de Manaus no período de agosto e setembro do ano de 2009 com resolução de 1 km por 1 km.

As interferências causadas no ambiente devido à ocupação do solo competem para a geração do estresse térmico em determinados locais urbanos que como consequência aumentam a temperatura do local. Segundo Gartland (2010), Ilhas de Calor são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retém mais calor do sol do que matérias naturais, que são geralmente utilizados em áreas rurais. A autora considera dois pontos importantes para esse aquecimento no material. O primeiro é que a maioria desses materiais são impermeáveis logo não há umidade disponível para dissipar o calor do sol. O segundo ponto é a cor do material, pois os materiais de cor escura absorvem mais energia solar.

O estudo da temperatura de superfície para o ano de 2002 (figura 2), com as médias de temperatura dos meses de agosto e setembro mostra que a temperatura mais elevada foi em áreas com maior demografia e com pouca vegetação.



**Figura 2** – Temperatura da superfície de Manaus no período de agosto e setembro de 2002, resolução de 1 km por 1 km.

A tabela 1 Identifica as zonas e bairros da Cidade de Manaus conforme numeração da figura 2.

Zona	Bairros
Zona Sul	1-Centro; 2-Nossa Senhora Aparecida; 3-Presidente Vargas; 4-Praça 14 de Janeiro; 5-Cachoeirinha; 19-Raiz; 20-Raiz; 21-Petrópolis; 22-Japiim; 24-Educandos; 25-Santa Luzia; 26-Morro da Liberdade; 27-Betânia; 28-Colônia Oliveira Machado; 29-São Lázaro; 30-Crespo; 31-Vila Buriti
Zona Centro-Sul	37-Flores; 38-Parque 10 de Novembro; 39-Aleixo; 40-Adrianópolis; 41-Nossa Senhora das Graças; 42-São Geraldo; 43-Chapada
Zona Norte	44-Colônia Santo Antônio; 45-Novo Israel; 46-Colônia Terra Nova; 47-Santa Etelvina; 48-Monte das Oliveiras; 49-Cidade Nova
Zona Oeste	6-São Raimundo; 7-Glória; 8-Santo Antônio; 9-Vila da Prata; 10-Compensa; 11-São Jorge; 12-Santo Agostinho; 13-Nova Esperança; 14-Lírio do Vale; 50-Ponta Negra; 51-Tarumã
Zona Centro-Oeste	15-Planalto; 16-Alvorado; 17-Redenção; 18-Bairro da Paz; 36-Dom Pedro I
Zona Leste	23-Coroado; 32-Distrito Industrial; 33-Mauazinho; 34-Colônia Antônio Aleixo; 35-Puraquequara; 52-Armando Mendes; 53-Zumbi dos Palmares; 54-São José Operário; 55-Tancredo Neves; 56-Jorge Teixeira

**Tabela 1** – Identificação das zonas e bairros da Cidade de Manaus.

**Fonte:** Araújo; Desmoulière; Levino,2014.

Foram escolhidos três bairros de cada zona para cálculo da intensidade da ilha de calor, tomando como referência rural a reserva Adolfo Ducke que para esse período apresentou média de temperatura de 29°C. A tabela 2 mostra os resultados de intensidade das ilhas de calor para o ano de 2002.

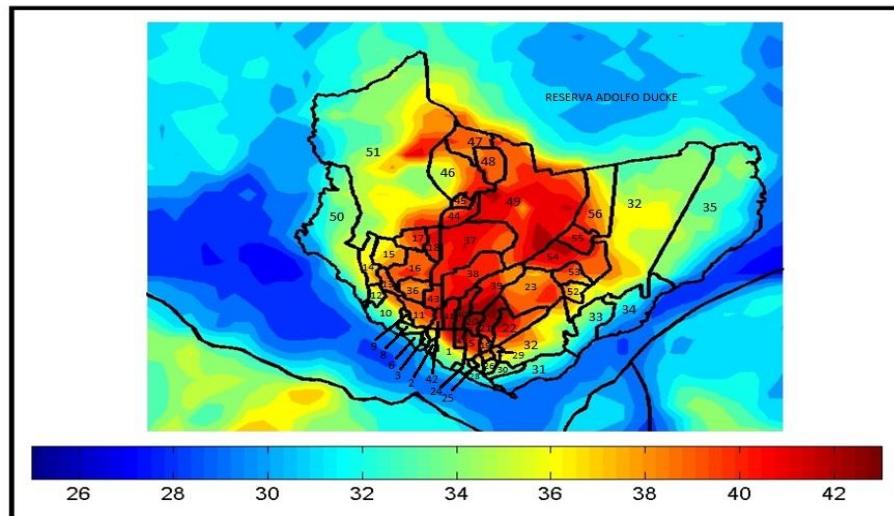
Zona	Bairro	Temperatura Bairro (°C)	IC (°C)
SUL	4	38	9
	20	40	11
	21	42	13

Centro-Sul	38	39	10
	39	40	11
	40	39	10
Norte	47	38	9
	48	36	7
	49	38	9
Oeste	13	36	7
	14	36	7
	51	32	3
Centro-Oeste	15	36	7
	18	36	7
	16	36	7
Leste	54	42	13
	55	40	11
	35	34	5

**Tabela 2-** Intensidade de Ilhas de calor (IIC) – Ano 2002

A maior IIC ocorreu nos bairros de Petrópolis e São José Operário, com diferença de temperatura de 13°C. E nos bairros da Raiz, Aleixo e Tancredo Neves o resultado encontrado foi de 11°C. Sendo que no Aleixo a área do bairro que apresentou temperatura de 35°C foi área verde da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Para o ano de 2009, foi feito o mesmo estudo com os meses a supracitados. O resultado encontrado segue através da figura 3 que mostra elevação de temperatura em 73% dos bairros.



**Figura 3** – Temperatura da superfície da Cidade de Manaus no ano de 2009 para os meses de agosto e setembro resolução de 1 km por 1 km.

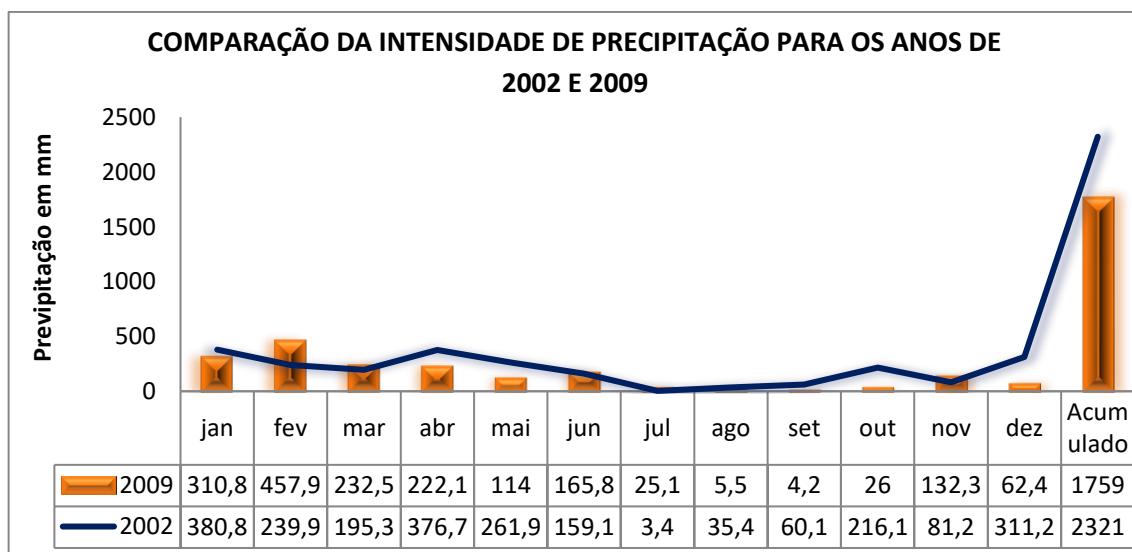
A tabela 3 apresenta a intensidade da ilha de calor encontrada para os 3 bairros escolhidos de cada zona relacionando com a temperatura de superfície de Reserva Adolfo Ducke de 30°C conforme a imagem termal.

Zona	Bairro	Temperatura (°C)	IIC (°C)
Sul	4	42	12
	20	41	12
	21	42,5	13,5
Centro-Sul	38	40	11
	39	41	12
	40	41	12
Norte	47	39	10
	48	39	10
	49	40	11
Oeste	13	39	10
	14	36	7
	51	36	7
Centro-Oeste	15	36	7
	18	40	11
	16	39	10
Leste	54	42	13
	55	40	11
	35	34	5

**Tabela 3 - Intensidade de Ilha de Calor (IIC) - Ano 2009**

A IIC que continua em destaque são os bairros de Petrópolis com 13,5°C e São José Operário com 13°C. Os bairros Praça 14 de Janeiro, Raiz, Aleixo e Adrianópolis apresentaram diferença de temperatura de 12°C.

Nota-se que houve um aumento de temperatura de 1°C para área da Reserva Adolfo Ducke com relação ao ano de 2002. Esse aumento de temperatura pode estar associado ao fato desse período ter apresentando menor índice de precipitação comparado ao ano de 2002. O gráfico 1 compara os valores de precipitação dos anos de 2002 e 2009.



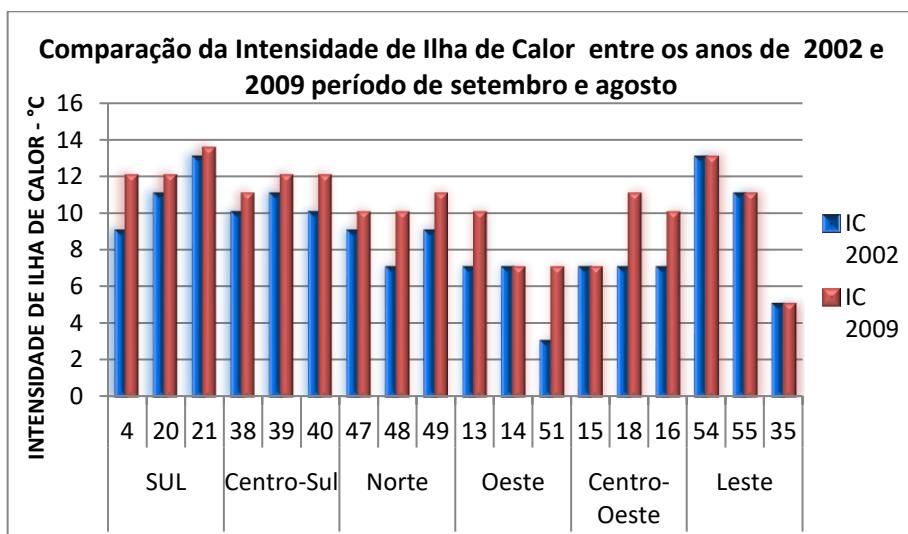
**Gráfico 1** - Comparação da intensidade de precipitação para os anos de 2002 e 2009.

**Fonte:** Banco de dados do INMET,2016.

O ano de 2002 que apresentou 186 dias com chuva e no total de 2321,1 mm e em agosto e setembro foi no total de 12 dias de precipitação. E em 2009 conforme a figura 1 foram 155 dias com precipitação no total de 1758,6 mm e nos meses referenciados foram apenas 3 dias de chuva.

Esse indicador para o ano de 2009 garante a ocorrência de mais dias claros e calmos, ou seja, o céu sem muita presença de nuvens e com diminuição da velocidade do vento. Segundo Gartland (2010), o calor gerado da ilha de calor é sentida com maior intensidade nos dias mais calmos e claros, pois mais energia solar é capturada em dias claros.

Filho e Abreu (2010) descrevem o processo de reflexão das nuvens segundo os autores elas têm capacidade de reenviar para o espaço 20% da radiação incidente. Verificamos que em dias claros essa radiação é recebida pela superfície terrestre. O gráfico 2 faz a comparação das IIC dos anos em estudo e notas que os valores encontrados foram maiores para o ano de 2009, esse fator pode ser associado por ter sido um mês seco que intensifica o aumento de temperatura nas cidades por apresentar dias com menores presença de nuvens e ventos com baixa velocidade.



**Gráfico 2** - Comparação da Intensidade de Ilha de Calor entre os anos de 2002 e 2009 no período de setembro e agosto.

Outro ponto analisado é que os bairros periféricos apresentaram temperatura menores do que no centro urbano (locais onde possuem mais atividades antrópicas). Oke (1974) desenhou o aspecto das ilhas de calor dos grandes centros urbanos, propondo que o local da cidade com maior atividade antrópica, se distingue por ser mais quente que os bairros

residenciais periféricos. O perfil clássico da ilha de calor é descrito pelo autor, onde o centro o urbano da cidade se destaca como “pico” (peak) da ilha de calor e conforma a temperatura vai diminuído gradualmente conforme cresce a distância do centro que Oke (1974) o chamou de “plateu” e a fronteira entre a área urbana e a rural é apresenta uma queda brusca de temperatura que o denomina de “penhasco” (cliff).

Lombardo (1985) descreve as possíveis causas da ilha de calor são originadas pela ação antrópica, principalmente por conta dos elementos que constituem a cidade, como: remoção da cobertura vegetal, impermeabilização do solo através de espessas camadas asfálticas e de cimento, que impossibilitam a infiltração da água das chuvas, modificando o regime de escoamento superficial e de evaporação d’água do solo, o que implica na redução da umidade relativa do ar.

Em pesquisa feita pelo IBGE em 2012, Manaus está como a segunda cidade menos arborizada do País, possuindo mais de 1 milhão de habitantes com apenas 25,3% de área arborizada (IBGE, 2012). Áreas urbanizadas que possuem pouca vegetação o ar tende a ser mais seco, pois o processo de transpiração das árvores refresca ar, libera umidade e aumenta a umidade relativa do ar. Pivetta (2012) relata em seu estudo que a área urbanizada de Manaus se tornou mais seca que áreas rurais, a umidade relativa do ar nas zonas centrais da capital amazonense foi, em média, 1,7% menor do que nas matas adjacentes. E essa diferença foi maior no período chuvoso, segundo os dados analisados, pois a cidade chegou a ser 3,5% mais seca que a área vegetada.

O solo pavimentado possui baixa absorção de água da chuva, fazendo com que essa água seja coletada pelo sistema de drenagem que a remove rapidamente maior parte, ficando apenas uma pequena parcela para ser utilizada na evaporação. Esse mecanismo faz as o solo liberarem água para o ar como forma de dissipar o calor do ambiente que é mais ocorrente em áreas rurais. A Tabela 3 lista as possíveis causas da ilha de calor urbana conforme Lucena(2013), citado por VOOGT(2002).

Causa	Descrição
Superfície Urbana	A ampliação da superfície conduz ao aquecimento devido a uma maior absorção solar. Construções pouco espaçadas reduzem o fator de visão do céu e reduzem a perda de calor radiativo particularmente à noite. A cobertura das construções reduz a perda de calor convectiva da superfície e próxima da superfície do ar.
Propriedades Térmicas	Materiais de construções urbanas têm uma superfície termal maior, ampliando sua capacidade de estocar e suportar calor.
Condições da Superfície	A impermeabilização da superfície urbana por construções e pavimentação reduz a evaporação, ou seja mais energia é canalizada em calor sensível ao invés de latente (calor retornado pela evaporação da água).

Calor antropogênico	Calor liberado por uso de energia urbana em construções e veículos e pelos próprios habitantes da cidade
Efeito Estufa	A atmosfera poluída e mais quente emite mais radiação em direção à superfície da cidade. A umidade urbana reforçada pode também contribuir para esse efeito.

**Tabela 3** - lista as possíveis causas da ilha de calor urbana

**Fonte:** Lucena(2012), citado por VOOGT(2002).

As consequências sentidas por esse fenômeno atingem diretamente na qualidade de vida da população, pois intensifica a formação do smog fotoquímico que afeta a saúde da população (doenças respiratórias e circulatórias, mas frequentes em crianças e idosos) e gera desconforto térmico sendo necessária utilização de ar-condicionado tendo como consequências mais consumo de energia elétrica.

O smog fotoquímico ocorre devido a ocorrência de ventos sinóticos fracos, pois uma vez que fortes ventos misturariam o ar da cidade e das áreas rurais como consequência diminuiriam o contraste de temperatura. Nessas condições o aquecimento relativo a cidade pode promover uma circulação conectiva do ar, ou seja, o ar relativamente quente ascende sobre o centro da cidade e é trocado por ar frio e mais denso. A coluna de ar ascendente acumula aerossóis sobre a cidade formando uma nuvem de poeira (poluentes), que podem se tornar muitas vezes, mais concentrados sobre uma área urbana do que sobre as áreas rurais (Lucena,2013). E é essa nuvem de poluentes que causam os efeitos negativos sobre a saúde da população.

A problemática do desconforto térmico vem trazendo preocupação nos centros urbanos uma vez que as reações ao frio e ao calor envolvem também questões de saúde pública, pois abrange qualidade de vida da sociedade. Segundo Souza e Nery (2012) se a temperatura média de radiação do ambiente for superior à temperatura do corpo humano este ganhará calor por radiação. Por outro lado, se a temperatura média de radiação do ambiente for inferior ao corpo humano este perderá calor por radiação.

Com essa preocupação a Organização Mundial de Meteorologia (1987), criou o Diagrama de Conforto Humano (figura 5). Conforme Souza e Nery (2012) o diagrama considera como termicamente confortável para o ser humano os teores de umidade variando entre 30,0% e 80,0%, dentro da faixa de 8,0°C e 33,0°C, sendo que entre 8,0°C e 20,0°C é necessário ambiente ensolarado e para temperaturas variando de 26,0°C a 33,0°C faz-se necessário ambiente ventilado para obter uma sensação termicamente agradável. O mesmo apresenta situações de muito frio a muito quente, bem como situações de muito seco a muito úmido, o que tende a acarretar diferentes configurações de desconforto térmico para a população.



**Figura 5** – Diagrama de Conforto Humano.

Fonte: INMET,2009.

Para minimizar esses impactos gerados é necessária a pesquisa de alternativas de matérias para pavimentação e construção que gerem maior refletância solar e baixa absorção de calor. Gartland (2010) sugere em sua obra para cobertura de construção de pequeno porte podem ser utilizados materiais como policloreto de Vinila (PVC) e Poliofina termoplástica (TPO), possuem cor branca e reluzente e valores de refletância solar maiores que 70%. Em comparação com as telhas feitas de feltro ou fibra de vidro cuja a refletância solar dessas varia entre 5 e 25% e a temperatura dela pode chegar a 90°C sob sol, temos um diferença de 45% de refletância. Para as coberturas metálicas a refletância solar está entre 20 e 60% mas geralmente chegam a se aquecer de 50 a 70% sob o sol.

E Lucena (2013) também sugere a utilização de coberturas verdes ou teto jardim, que é um jardim cultivado sobre um telhado, mas para instalação dessa cobertura deve se levar em conta a resistência a plataforma do telhado que deve suportar o peso das plantas, solo úmido e pessoas. Os benefícios desse tipo de cobertura é o arrefecimento do ar e a temperatura do telhado se mantém abaixo de 50°C, o outro benefício é a economia de energia, pois a temperatura interna do edifício tende a ser menor também logo gastará menos energia no arrefecimento.

Com relação a pavimentação Gartland (2010), cita relata que existem duas maneiras de tornar pavimentos mais frescos, a primeira é o aumento de sua refletância solar e a segunda o aumento da sua capacidade de armazenar e evaporar água, o material mais indicado é o pavimento de concreto, feito de cimento Portland este possui coloração cinza-claro e valores de refletância solar entre 30 e 40% quando novos e com o tempo esse valor reduz para 25 e 35% ao contrário do pavimento asfáltico que possuem refletância solar entre 5 e 10%.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi possível observar a existência de ilhas de calor no centro urbano da cidade de Manaus, sendo seu efeito mais intensificado no período seco, com pouca precipitação, aonde a temperatura de superfície chegou a medir 42°C nos bairros densamente ocupados apresentando intensidade de ilha de calor de 12°C. Os bairros mais afetados apresentam baixo índice de vegetação, áreas com alta concentração de edifícios e ruas 100% pavimentadas.

Nos bairros como Puraquequara, Tarumã e Ponta Negra, onde há fragmentação de floresta e por serem áreas periféricas da cidade a temperatura de superfície encontrada foram de 34 e 36°C (figura 3), com esses resultados podemos afirmar que a arborização da cidade é um dos fatores principais para minimizar o efeito da ilha de calor. Outro fator a ser considerado é a utilização de materiais que possuam alta refletância solar e baixa absorção de calor transmitido pelo Sol.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Emanuelle Silva. **Política de Integração Nacional e Desenvolvimento Urbano Local: O caso da Zona Franca de Manaus, Anais XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP**, Caxambu-MG,– Brasil, de 29 de setembro a 03 de outubro de 2008.

CÔRREA, Polari Batista. **Ilhas de calor na cidade de Manaus: aspectos observacionais e de modelagem**, Manaus, 2013.

**Diário Oficial da União**, 2012, Disponível em:  
[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2012/estimativa\\_dou.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2012/estimativa_dou.shtml)  
 Acesso em: 08.12.16.

**EXAME.com**, Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/manaus-lidera-crescimento-populacional-indica-ibge>> Acesso em: 13.10.2015.

**Escola Educação, O Clima Nas Cidades: Inversão Térmica e Ilhas De Calor**, Disponível em: <<http://escolaeducacao.com.br/o-clima-nas-cidades-inversao-termica-e-ilhas-de-calor>>  
 Acesso em 18.12.2016.

Filho, Luiz Cláudio de Almeida Magalhães; Abreu, João Francisco de, **Ilha Urbana, Metodologia para Mensuração**: Belo Horizonte, uma análise exploratória, Revista de biologia e ciências da terra, volume 10, número 1, 2010.

**GARTLAND, Lisa. Ilhas de calor: como mitigar zonas de Calor em áreas urbanas, Editora Oficina de Texto, São Paulo, 2010.**

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE),** Disponível em <[http://www.inpe.br/queimadas/estatistica\\_estados](http://www.inpe.br/queimadas/estatistica_estados)> Acesso em: 06.12.16

**INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA (INMET),** Diagrama de conforto humano, Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/confortoTermicoHumano>> Acesso em 16.12.16.

**INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA (INMET),** Base de dados. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 25.09.16.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) - Censo 2010,** Disponível em [http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_estatisticas.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm)> Acesso em 27.09.2016.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – Ranking de Arborização, censo 2010,** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/000000.xls&sa=U&ved=0ahUKEwj167zUtv3QAhWCJCYKHZkTBE0QFggEMAA&client=internal-uds-cse&usg=AFQjCNGuelEgpQueSBW12NtjvsCzbdI9vA>> Acesso em 27.11.2016

**LOMBARDO, Magda Adelaide 1984: Contribuição para o conhecimento do clima da Amazônia: O clima de Manaus-AM.** Anais do II Congresso Brasileiro de Meteorologia. pp 143-148

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

**Lucena, Andrews José de, Notas Metrológicas e Conceituais em clima urbano e ilhas de calor,** Revista Continentes (UFRJ), ano 2 nº 2, 2013

**NOGUEIRA, Ana Cláudia Fernandes; SANSON, Fábio; PESSOA, Karen. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais, Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,** Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE, p. 5427-5434, 2007.

**OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. Evolução da frota de automóveis e motos no Brasil.** 2001 – 2012 (Relatório 3), Rio de Janeiro, outubro de 2013.

**OKE, Timothy R. Review of urban climatology:** 1968-1973. Geneva: World Meteorological Organization, 1974, (WMO Technical Note, n. 134).

**PIVETTA, Marcos. Ilhas de Calor na Amazônia: área urbana de Manaus é 3º mais quente do que a floresta.** Revista Pesquisa FAPESP, Ed. 200 outubro de 2012.

ROCHA, E. J. P., ROLIM, P. A. M. 1984: **Contribuição para o conhecimento do clima da Amazônia: O clima de Manaus-AM.** Anais do II Congresso Brasileiro de Meteorologia. pp 161-172.

SILVA, Daniel Araújo. **A função da precipitação no conforto do clima urbano da cidade de Manaus,** Revista Geonorte, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.22 – 40, 2012.

Souza, Diego Oliveira de, **Influência da Ilha de Calor urbana das Cidades de Manaus e Belém sobre o microclima local,** Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, 2012.

Souza, Débora Moreira de; Nery, Jonas Teixeira; **O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica, Revista Geografia (Londrina),** v. 21, n.2. p.65-83, maio/ago. 2012.