



Guilherme Leone Santos

Ilhas de Calor: Análise e estratégias para mitigação dos efeitos no estacionamento do BarraShopping na cidade do Rio de Janeiro, Brasil

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Marcelo Roberto Ventura Dias de Mattos Bezerra

Rio de Janeiro,
abril de 2021



Guilherme Leone Santos

**Ilhas de calor: análise e estratégias
para mitigação dos efeitos no
estacionamento do BarraShopping na
cidade do Rio de Janeiro, Brasil.**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre pelo Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e
Ambiental da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão
Examinadora abaixo.

Prof. Marcelo Roberto Ventura Dias de Mattos Bezerra
Orientador
Departamento de Arquitetura e Urbanismo – PUC-Rio

Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego
Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente (NIMA) – PUC-Rio

Prof. Thiago Leitão de Souza
UFRJ

Rio de Janeiro, 15 de abril de 2021

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

Guilherme Leone Santos

Graduou-se em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estácio de Sá (UNESA), em 2014. Desde 2015 atua profissionalmente na elaboração de projetos de arquitetura, elaboração de orçamentos e acompanhamento de obras.

Ficha Catalográfica

Santos, Guilherme Leone

Ilhas de calor : análise e estratégias para mitigação dos efeitos no estacionamento do BarraShopping na cidade do Rio de Janeiro, Brasil / Guilherme Leone Santos ; orientador: Marcelo Roberto Ventura Dias de Mattos Bezerra. – 2021.

76 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2021.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Civil e Ambiental - Teses. 2. Engenharia Urbana e Ambiental - Teses. 3. Clima urbano. 4. Ilhas de calor. 5. Mitigação. 6. Barra da Tijuca. 7. BarraShopping. I. Bezerra, Marcelo Roberto Ventura Dias de Mattos. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. III. Título.

CDD: 624

Aos meus pais, Jorge e Maria, por sempre acreditarem em mim e serem
meu porto seguro.

Ao meu irmão Bernardo por ter me incentivado a profissão de arquiteto.

Aos meus tios Dimas e Angelina, pelo carinho e serem meu exemplo de
resiliência

As minhas primas Giulia e Natalia pelas boas doses de alegria e humor.

A minha esposa Bruna por todo amor e por sempre me fazer olhar a
vida por outras perspectivas.

A minha “filha emprestada” Sophia pelo carinho, e que me mostra
todos os dias que preciso ser melhor.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço a Deus, primeiramente, pela oportunidade de cursar este mestrado e por tantas coisas boas que ele me concedeu.

Aos meus pais Maria e Jorge pelo carinho e por sempre se esforçarem para me dar tudo de melhor.

Aos meus tios Dimas e Angelina, e minhas primas Giulia e Natália pelo carinho e pelo bom humor sempre.

Ao meu irmão Bernardo pelo incentivo durante todo o meu percurso acadêmico.

A minha esposa Bruna, parceira de uma vida, pelo amor e carinho, e por sempre me apoiar em todos os momentos, e me mostrar que sempre devo persistir nos obstáculos que a vida me reserva.

A minha filha Sophia pelo amor e carinho incondicionais, e ser fonte infinita de tantas risadas.

Ao meu orientador Marcelo por todo tempo, paciência empregados neste trabalho.

Aos meus amigos do mestrado Felipe, Pedro, Haylander e Jorge pelo apoio durante o curso.

A minha amiga Letícia, sem ela este trabalho não seria possível.

Resumo

Leone Santos, Guilherme; Bezerra, Marcelo de Mattos (Orientador). **ilhas de calor: Análise de estratégias para mitigação dos efeitos no estacionamento do BarraShopping na cidade do Rio de Janeiro, Brasil.** Rio de Janeiro, 2021.76p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Os padrões atuais de desenvolvimento urbano produzem uma série de impactos, que acarretam em consequências para o clima das cidades. A falta de um planejamento atento à questão ambiental, vem ocasionando problemas na qualidade de vida humana, tal como o desenvolvimento do fenômeno das Ilhas de calor urbanas (ICU). Diante desta problemática, este estudo analisa a evolução do fenômeno no estacionamento do BarraShopping (Barra da Tijuca, Rio de Janeiro), com o enfoque na mitigação das Ilhas de calor em estacionamentos a nível de escala microclimática, objetivando o desenvolvimento de soluções que visam melhorar o desempenho ambiental do meio urbanizado. A metodologia da pesquisa foi desenvolvida com base no referencial teórico, na análise de temperaturas de superfície, com utilização de imagens de satélite para delimitação do local de estudo e visitas ao local a fim de registrar as temperaturas durante as horas mais quentes do dia. Após a análise das medições, conclui-se que fatores como a alta densidade construída, a falta de vegetação e grande quantidade de materiais de superfície com alta absorção de radiação solar acarretam mudanças nos elementos climáticos aumentando a temperatura. Diante desses dados, foi possível traçar estratégias para a mitigação do fenômeno, como a combinação da mudança de pavimentos e inserção de arborização, respondendo melhor à redução de temperatura de superfície.

Palavras-chave

Clima urbano. Ilhas de calor. Mitigação. Barra da Tijuca. BarraShopping.

Extended Abstract

Leone Santos, Guilherme; Bezerra, Marcelo de Mattos (Advisor). **Urban heat Islands: Analysis of strategies to mitigate the effects on the parking of BarraShopping in the city of Rio de Janeiro, Brazil.** Rio de Janeiro, 2021.76p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The urban heat islands (ICU) are the most evident example of climate changes inadvertently caused by man, having been observed in practically all cities in the world. This thermal pattern suggests the existence of a warmer urban center, since the materials used in urban and suburban areas absorb and retain more heat than the sun than natural materials in less urbanized rural areas.

The Brazilian practical experience in mitigating the effects of heat islands has been constantly evolving, with substantial research in the academic area, pointing to the importance of the issue in the Brazilian urban panorama. Most of this scientific production turns to theoretical models, in most cases, punctual. As a result of urban expansion, the importance of urban climate studies is debated and, in this context, they are fundamental for the understanding of ICU in the regional climate, through scales of analysis, integrating the environmental quality of the citizen.

When thinking, on a scale closer to daily life, studies on urban microclimates come into play. When correlating to the field of architecture and urbanism, we can understand the urban microclimate as a change in the climate of an area on a small urban scale, being formed according to the influence of the natural environment and the built environment (Duarte, 2015).

Evaluating this scenario, this dissertation seeks to evaluate the microclimatic conditions around Barrashopping, more specifically its parking, and propose mitigating measures for the phenomenon of heat islands in its surroundings.

In the public space, pedestrians are subject to variations in environmental comfort and discomfort, being constantly influenced by the surrounding urban landscape and the surrounding buildings that are naturally heated and cooled, releasing energy in the surrounding urban environment, in the form of heat.

Responsible for much of the earth's energy, solar radiation is responsible for meteorological processes, not requiring material means for propagation.

As Howard (1833) noted long ago, urban areas heat up faster, and retain heat for longer, while in less urbanized areas heat exchanges occur faster, accentuating urban areas with greater calorific potential. According to Martins (2014), cities bring together people, activities, natural and artificial elements, randomly arranged in their physical space, like a mosaic.

In the context of urban centers, the capacity that urban surfaces have to reflect (albedo) in their function and form also stands out, with the configuration of the urban fabric being an important variable, as it is possible to evaluate the potential of an urban area in absorbing solar radiation

Another point to be considered in the study of the Heat Islands, is the urban geometry of the place. Depending on it, it will be possible to check the changes in ventilation flows, height of buildings, (Wide x Height ratio), responsible for shading or not the surroundings. Within urban geometry, it is important to highlight the urban canyons - space between facades, soil and roofs, - responsible for hindering the process of cooling urban areas after sunset.

The environmental degradation of cities is linked to densely urbanized areas. The intense urbanization process resulted in problems with respect to environmental degradation, examples of which are the cities of Rio de Janeiro, São Paulo and Belo Horizonte, where the urban expansion was such that it radically influenced the ecology of the cities, becoming so complex that it is necessary to look for alternatives to rebalance the ecosystem of cities. With that in mind, some cities think of ways to mitigate. This is the case of the city of Medellín, which adopted the strategy of transforming 18 streets and 12 waterways into green corridors through the “Green Corridors” project, reducing the heat accumulation in the urban infrastructure, in order to deal with the impacts of heat islands, regulating the high season temperatures.

The Heat Islands characterized as air domes that cover the city, and can be classified as an anthropogenic climatic modification (result of human action), manifesting through the increase in temperature caused by physical characteristics such as the densification of buildings and concentration of materials with great energy potential. Gartland (2010) reports 5 common characteristics of heat islands:

- Different behavior from rural, non-urbanized areas, being generally warmer after sunset compared to rural areas, it is cooler after dawn, and the air in the “urban canopy” can (space below trees and buildings) to be 6° C warmer than in rural areas.
- High air temperatures due to the heating of urban surfaces. Artificial surfaces end up absorbing more heat from the sun than natural surfaces.
- More developed areas and with less vegetation tend to have a higher temperature, it is the most intense heat island as the cities grow.
- The differences in air temperature and the surface tend to be more evident when the day is calm and clear (without blocking the sun).
- Heat islands present warmer air in the "boundary layer" - an air layer up to 2,000 m high, creating columns of hot air over cities and temperature inversions.

As stated before, anthropogenic heat is defined as the heat derived from human activities and one of those responsible for the heat islands. They come from numerous sources:

- Heat derived from buildings
- Industrial processes
- automotive vehicles
- humans

To determine the amount of anthropogenic heat produced in a region, it is necessary to add the amount of energy produced (commercial, residential, industrial, and transport) and divide by study area.

Due to the heat exchanges and changes mentioned above, an equation called "energy balance" explains how energy is transferred to the Earth's surface. Based on the first law of thermodynamics, the equation says that energy is never lost, it just changes. The equation, originally developed for gaseous systems, can be used in any system that involves heat, work or internal energy variation (Gartland, 2010).

$$\mathbf{Convection + Evaporation + Heat storage = Anthropogenic heat + Radiation balance}$$

More recent studies show that the anthropogenic heat gain is greater nowadays due to the increased use of energy. This increase occurred simultaneously with the growth of urban areas. Studies show that densely populated urban areas point to large gains in anthropogenic heat. Without an effective escape of the energy provided by evaporation, cities are forced to store more and more energy during the day.

In addition to causing an increase in temperature, the heat islands negatively affect the urban environment in several ways, as they also contribute to the increase in air pollution, with effects on the health of the population, causing respiratory and cardiovascular diseases in addition to sunburn and dehydration, possibly leading to death. In the case of cities in South America, we can add these effects to the increase in cases of Leptospirosis and Dengue, as the high temperatures in urban centers provide the possibility of new pandemics.

Also in the Heat Islands chapter, an analysis of Rio de Janeiro, where the object of study is located, is necessary. The city of Rio has a very heterogeneous soil, which results in large temperature differences within the territory.

A study carried out by the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), on temperature variations in the metropolitan region of Rio, using MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) data, the test exposes the results of the analysis carried out during the day in all seasons, making a mapping throughout the year, and characterizing the seasonal variation of the Heat Islands.

In the summer period, the commercial and urban residential areas reached surface temperatures close to 50°C, because in this period, the sun is in a more perpendicular position in relation to the land, resulting in greater surface heating.

In the winter and autumn seasons, the climate tends to be milder in the city. In the autumn, the temperatures captured in the area were around 20° in the morning, with a peak of 40° at 13 hrs. At night, the recorded values were below 20° C. In the winter season cold masses enter, causing the temperature to drop. In the morning temperatures were detected approaching 25° C, in the early afternoon, 13 hrs rise to 35° C and reach a peak of 40° C at 16 hrs. At night, temperatures are below 15° C.

In the spring, regime of the rains, the temperatures in the southwest of Brazil undergo another change. The period is marked by the transition from the dry to the

rainy season. Humidity and temperature increase, intensifying the occurrence of rain showers in the late afternoon.

The data collected point to the formation of intense heat islands in the passage of the satellite at 10 hrs. At 13 hrs it is possible to detect temperatures close to 50° C. The last two passages of the satellite are 2 hrs and 5 hrs in the morning, in this interval, the temperatures vary between 20 and 25° C, revealing that little is the amount of heat that is dissipated in the interval of 3 hours. Thus, the authors indicate that every year there is the formation of heat islands over almost the entire municipal region of Rio de Janeiro of the same intensity.

When talking about heat islands in large cities, we must address the damage to the environment caused by the intense use of urban space. The West Zone, more specifically Barra da Tijuca, has been undergoing an intense process of urban land use. According to Instituto Pereira Passos (IPP, 2013) the population in 2000 was 174,353 inhabitants, in 2010 the value rose to 300,823 inhabitants and the estimate for the year 2020 is the continuous increase, reaching close to 400,000 inhabitants, this brings a greater demand by housing and consequently a decrease in the natural soil layer.

Soon after discovering the ICUs in the metropolitan region of Rio de Janeiro, it was time to talk about the historic route in Barra da Tijuca. Lúcio Costa's Pilot Plan aimed to sector the circulation, housing, work and recreation areas and to create widely spaced residential nuclei and wide avenues without traffic lights and without signposts. A neighborhood designed to facilitate the transit of different types of transport, including automobiles that were spreading more and more across the landscape.

In the 1980s, there was a real estate boom, intensifying the construction of projects for commerce, services and leisure. The 90's were marked by residential developments, which expressed the evolution of private condominiums. In the meantime, the image of the region has been consolidated as a privileged place for leisure and tourism, with the launch of new entertainment options. Its great avenues were organized to accommodate the growing traffic of motor vehicles, receiving traffic lights and speed controllers. Residential towers, as well as supermarkets and shopping malls attracted attention by attracting new residents and workers.

In order to understand and verify the phenomenon of heat islands in the neighborhood, satellite images were used, and from them the natural parameters

related to the use of urban land were analyzed, being made compatible through the use of thermal images from the LANDSAT series satellites.

As criteria were used for the research, the urban evolution in the Barra da Tijuca neighborhood of the last decades, together with the images. By analyzing the data obtained, we were able to verify the evolution of heat over the years. In a comparison of the year 84 (first year of data) with 2018, we can see that the maximum and minimum temperatures increased by 17.7 degrees during 34 years, and when observing the thermal image, we can see foci of heat concentration in several neighborhood points, with emphasis on the object of study. At Barrashopping, temperatures pass 44 degrees.

As previously mentioned, Barra da Tijuca is one of the neighborhoods in Rio de Janeiro that has a large number of shopping malls and shopping centers. The neighborhood's biggest lever was in the 1980s, at the same time that the first shopping malls in Rio started their construction.

BarraShopping was opened in 1981, and was the first major mall in the neighborhood to be installed. At the time it was a milestone in the development process, which contributed to the occupation and growth of the place.

The mall has more than 700 stores, offering a variety of services, including: food courts, leisure and shopping areas. It underwent 7 expansions, and in its last, a high standard medical center was installed. The mall today has a gross leasable area of more than 70,000 m² and a parking area with more than 6000 spaces.

Its parking is divided into two levels: the Americas sector - sector level with Avenida das Américas and which recently underwent an expansion now has a basement - and the Lagoa sector, located at the rear of the mall, which has access to Av. Luís Carlos Prestes, near Lagoa da Tijuca.

The first analysis of the parking lot was carried out using photographs on the Google Earth platform, where it was possible to observe that most of the car park's composition is covered by asphalt, with some vegetation points along the perimeter. After checking the images, it was time to go to the site to measure the surface temperatures. The temperatures were measured in the same places on different dates, so it was possible to draw up a table in order to establish a comparison of the materials over the days. In view of the results obtained, we were able to pass on the solutions for the mitigation of parking lots.

The first alternative for reducing temperatures was to replace the existing pavement with solutions that allow soil permeability and reduce heat absorption. The darker floors have a 25% solar reflectance, reaching temperatures of 65° C or more under the summer sun, whereas the cooler floors have temperatures reduced by 15°C. In possession of this information, we opted for an interlocked floor in the circulation of vehicles, as they are made of cement - a material lighter than asphalt - absorbs less heat and because they are porous, they enable a faster heat exchange with the environment.

In the area of car spaces, the installation of the Pisograma was recommended. Being a mixture of hollow concrete blocks with a part in grass, it not only has the properties of concregrama (mentioned above) improved, but also has a higher drainage rate, allowing the flow of water to the water table.

In order to verify the feasibility of the proposal, the cost of implementing each one was verified. A company was consulted to find out the cost of material and labor values. Therefore, it was decided to divide the project into phase 01 and phase 02, in order to reduce costs. The first phase was the parking at the Américas level, with an approximate area of 18,000 m² of interlocking, and 10,600 m² of tram space in the spaces.

Phase 02 includes the installation of the floors on the Lagoa Level. Phase 02 has an area greater than that of phase 01, and a higher cost as a consequence, which can be broken down into another phase if necessary.

Table 1: Summary of floors proposal

PHASE 01	MATERIAL	MATERIAL M ²	LABOR	TOTAL	MALL ÁREA	TOTAL
	INTERLOCK	R\$ 30,00	R\$ 40,00	R\$ 70,00	18.000 M ²	R\$ 1.260.000,00
CONCREGRAMA	R\$ 45,00	R\$ 40,00	R\$ 85,00	10.600 M ²	R\$ 901.000,00	
TOTAL PHASE 01						R\$ 2.161.000,00
PHASE 02	MATERIAL	MATERIAL M ²	LABOR	TOTAL	MALL ÁREA	TOTAL
	INTERLOCK	R\$ 30,00	R\$ 40,00	R\$ 70,00	34.000 M ²	R\$ 2.380.000,00
CONCREGRAMA	R\$ 45,00	R\$ 40,00	R\$ 85,00	12.000 M ²	R\$ 1.020.000,00	
TOTAL PHASE 02						R\$ 3.400.000,00

Coverings were also planned for the parking spaces on the two levels of parking. The photovoltaic panels were designed to help generate energy for the mall

and help shade the spaces. Since the present work has the objective of mitigating heat islands, it was decided to limit the area of panels, obtaining the installation of 7,343 solar panels, producing a total of 367,150 Kw / h per month. The total installation of the system would be in the amount of approximately BRL 11,000,000 by dividing this amount by the savings (estimating BRL 1 = 1Kw / h), the payback of the installation would be 30 months.

The second cover thought was the Car shadings with tensioned tarpaulins. These membranes are easy to maintain, quick to install and block part of the incident sunlight (30% to 75%). To price this type of coverage, a budget was raised based on modules of 4, 3 and 2 slots. Having in hand the cost of each module, the next step was to quantify the modules used in the project in order to obtain the total spent on the solution.

Table 2: Summary of Carshading

CAR SHADING			
PARKING SPOTS	Material + labor	QTD	VALUE (BRL)
4	R\$ 9.116,60	90	R\$ 820.494,00
3	R\$ 7.354,90	21	R\$ 154.452,90
2	R\$ 4.938,30	1	R\$ 4.938,00
TOTAL			R\$ 979.884,90

As a last mitigating measure, it was suggested the inclusion of green areas that can be used by shoppers. In view of the contribution to the quality of environmental life, directly helping to reduce temperatures in cities.

The vegetation not only influences the microclimate due to shading, but also because of evapotranspiration. The combined effect of this phenomenon, added to the shading, leads to lower air temperatures during the summer days. Studies indicate effects of local cooling at an average of 5° C for various types of urban afforestation, including parks, streets with trees and green facades.

Keywords

Urban climate. Heat islands. Mitigation. Barra da Tijuca. BarraShopping.

Sumário

1	Introdução	18
1.1	Objetivo	19
1.2	Estruturação do trabalho	20
2	Ilhas de calor	21
2.1	Conceituando o clima	21
2.1.1	Escalas Climáticas	22
2.1.2	Microclima	24
2.1.3	Radiação Solar no ambiente urbano	25
2.1.4	Geometria Urbana	26
2.1.5	Influência das áreas verdes no clima	27
2.2	Ilhas de calor: Uma questão para as cidades	29
2.3	O Rio de Janeiro, uma análise do clima	35
3	A Barra da Tijuca	38
3.1	Percurso histórico do bairro e a mobilidade urbana	38
3.2	Constatação das Ilhas de calor na Barra	41
3.3	Histórico dos Estacionamentos	44
3.4	Barra Shopping	46
4	Estudo de caso estacionamento do Barra Shopping	48
4.1	Metodologia	48
4.2	Entendimento do Problema	50
4.3	Desenvolvimento do estudo de caso	53
4.3.1	Soluções para pisos	53
4.3.2	Soluções para coberturas	56
4.3.3	Inclusão de áreas verdes e bicicletário	62
4.4	Análises e conclusões	66
5	Considerações Finais	69
6	Referências bibliográficas	71

Lista de figuras

Figura 1: Esquema das áreas climáticas no meio urbano	23
Figura 2: Balanço de energia da Terra	25
Figura 3: Esquema de representação de um Cânion Urbano	27
Figura 4: Esquema da ilha de calor urbana para diferentes tipos de perfil urbano	29
Figura 5: Interferência do homem resulta na má qualidade do ar no Rio de Janeiro	31
Figura 6: APA das Tabebuias corre o risco de virar Brejo	37
Figura 7: Plano Piloto da Barra da Tijuca	39
Figura 8: Ocupação urbana: 1970 x 2020	39
Figura 9: Sobreposição de Imagem termal do eixo Ayrton Senna ao Plano Piloto elaborado por Lúcio Costa	43
Figura 10: Estacionamento Aerotown.	45
Figura 11: Estacionamento Via Parque	45
Figura 12: Estacionamento BarraShopping	47
Figura 13: Imagem aérea do estacionamento do Barrashopping	51
Figura 14: Esquema de assentamento do intertravado	53
Figura 15: Corte esquemático da pavimentação em pisograma	54
Figura 16: Estacionamento BarraShopping Nível Américas	55
Figura 17: Estacionamento BarraShopping Nível Lagoa	56
Figura 18: Croquis estacionamento Nível Américas	58
Figura 19: Implantação das células fotovoltaicas no Shopping	58
Figura 20: Estacionamento UFPR	59
Figura 21: Instalação dos sombreadores	61
Figura 22: Áreas destinadas aos sombreadores	61
Figura 23: Proposta conceitual estacionamento nível Lagoa	63
Figura 24: vista do estacionamento nível Lagoa	63
Figura 25: vista do estacionamento nível Lagoa	64
Figura 26: Estacionamento antigo do Supermercado	65
Figura 27: Proposta Carparks 2.0	65
Figura 28: Perspectiva Carparks 2.0	65
Figura 29: Setorização Shopping	67

Figura 30: Kids park atualmente	67
Figura 31: Croquis da Proposta células fotovoltaicas no estacionamento nível lagoa	68
Figura 32: Resumo das intervenções propostas	68

Lista de tabelas

Tabela 1: Albedo dos Materiais urbanos	26
Tabela 3: Temperaturas da Barra da Tijuca através dos anos	44
Tabela 5: Aferições no estacionamento do BarraShopping	52
Tabela 7: Custos e materiais da Fase 01	55
Tabela 9: Custos e materiais da Fase 02	56
Tabela 11: Material e mão de obra dos sombreadores	60
Tabela 13: Quantitativo dos sombreadores	62

1 Introdução

No contexto urbano brasileiro a degradação ambiental ocorre em decorrência de diversos fatores. Entre esses, podemos destacar os planos urbanísticos de meados do século XX, uma vez que tendem a privilegiar os meios de locomoção rodoviários, de médio porte ou mesmo individual. Essa opção de desenvolvimento produz impactos diretos relacionados ao clima urbano.

A partir dessas escolhas, a transformação urbana implicou em mais emissões de poluentes e calor, na redução da cobertura natural (vegetação) e em modificações nos padrões de uso e ocupação do solo. Soma-se a isso características térmicas dos materiais urbanos, contribuindo para alterações no clima local em direção de uma condição climática potencialmente mais quente, entre os quais é importante destacar o fenômeno das Ilhas de Calor. É no ambiente urbano que é possível notar as maiores alterações (Monteiro e Mendonça, 2015).

Essa alteração de clima, observada nas cidades, é a Ilha de Calor Urbana (ICU) que, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental Norte-americana (Environmental Protection Agency, 2008), caracteriza-se por áreas urbanas mais quentes que os arredores menos urbanizados, rural.

Contudo, essa variação não se restringe à relação entre urbano e rural, uma vez que é possível identificar variações entre diferentes zonas nas áreas urbanas de uma cidade. As temperaturas costumam ser ainda mais elevadas em regiões centrais, com grandes edificações, intenso fluxo de trânsito, acentuada pavimentação e com ampla oferta de estacionamentos.

Os estacionamentos necessários para suprir os núcleos comerciais e de prestação de serviços, além de serem catalisadores dos problemas de mobilidade urbana, se tornaram ao longo dos anos, verdadeiros “oásis” de calor.

Exercendo um grande impacto no bem-estar do homem, é essencial pensar o microclima urbano como a escala de análise mais próxima do cotidiano. Esta equivalência, pode ser vista como a variação do clima de uma pequena área

constituída pela influência das configurações dos ambientes naturais e construídos (Mascaró e Mascaró, 2009).

Com relação ao desconforto ambiental ocasionado pela mudança da paisagem urbana, e sentido pelos pedestres expostos ao espaço público, Corbella e Yannas (2015), dizem que: “[...] aquecidos ou resfriados, naturalmente ventilados ou mecanicamente controlados, os edifícios irão liberar no ambiente urbano ao seu redor a energia utilizada em sua operação, sob a forma de calor”.

Tendo em vista o atual cenário, este trabalho busca analisar as condições microclimáticas geradas nos estacionamentos, assim como medidas mitigadoras para as disfunções térmicas constatadas, tendo como estudo de caso a área de estacionamento do BarraShopping, limitando-se a discutir os efeitos negativos das Ilhas de calor por sua relevância em climas tropicais, e os impactos que as ações de mitigação podem propagar, explorando oportunidades de resfriamentos das cidades.

1.1 Objetivo

Entre as zonas da cidade do Rio de Janeiro, que vivenciam esse fenômeno, o presente trabalho propõe uma análise da formação das ilhas de calor na Barra da Tijuca, especificamente, a partir do estudo de caso do estacionamento do BarraShopping, isso porque entendemos que a urbanização da Barra da Tijuca, baseada no modelo modernista de desenvolvimento (disperso e genérico) combinado a um tecido urbano fragmentado pela privatização do espaço é um caso de formação de ilhas de calor.

A escolha desse objeto, também se justifica pelo crescente aumento no número de moradores no bairro, em torno de 47%, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Esse crescimento teve como consequência um aumento do número de automóveis nas ruas, que por sua vez, amplia a necessidade de mais vagas de estacionamento. Outro fator importante para a eleição do estacionamento do BarraShopping é que esse constitui uma das maiores áreas de estacionamento asfaltado do bairro.

Além disso, considerando os desafios de amenizar os efeitos do clima urbano - melhorar o conforto térmico humano, reduzir o consumo energético, entre outros

- julga-se necessário compreender melhor como o ambiente urbano pode ser afetado por agentes naturais e construídos. Esse movimento permite ao profissional mergulhar nas reais necessidades do projeto a ser executado. Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho é contribuir para o estudo sobre a mitigação das Ilhas de calor urbanas (ICU) nos estacionamentos e, através deles, os ambientes que circunvizinham o problema.

1.2 Estruturação do trabalho

A presente dissertação é composta por 4 capítulos, mais referências bibliográficas. O primeiro e presente capítulo, configura a introdução do trabalho, abordando a importância dos estudos na área das ilhas de calor, assim como os impactos que a interferência humana causa no meio ambiente.

O segundo capítulo, caracteriza o clima e o microclima e descreve todos os fatores contidos. Depois faz-se uma definição das ilhas de calor, suas características e impactos. Por fim, elaborou-se uma análise do clima do Rio de Janeiro com base em estudos anteriores.

O terceiro capítulo trata do bairro da Barra da Tijuca trazendo um breve histórico do bairro, desde o Plano Piloto até os dias atuais. No referido capítulo também se realiza um histórico das temperaturas, mostrando como o processo de urbanização do bairro ao longo dos anos, está ligado ao aumento das temperaturas.

No quarto capítulo, é apresentada a metodologia proposta a fim de se justificar as escolhas das soluções para o presente trabalho. A seguir, no entendimento do problema, é feita uma medição de pontos específicos do estacionamento. Por último propõe-se as medidas mitigadoras, analisando a sua viabilidade no projeto.

A importância deste trabalho está nos aspectos mitigatórios do fenômeno, visto que a interferência do homem na natureza cada vez mais afeta as cidades a nível macro e “microclimático”. Além disso, não são somente as variações extremas de temperatura, que causam riscos à saúde e ao bem-estar das pessoas. Uma boa leitura a todos.

2 Ilhas de calor

Antes de definirmos propriamente o que é uma ilha de calor, é necessário ponderar sobre alguns elementos mais gerais como clima e microclima. Visto isso, buscou-se reunir estudos de alguns autores que trataram do tema, a fim de melhor entendermos o fenômeno, suas causas e consequências para a comunidade.

2.1 Conceituando o clima

A definição para clima é: A sucessão de diferentes estados do tempo que se repetem e se sucedem na atmosfera ao longo do ano em determinada região. Os elementos climáticos são divididos quanto à atuação na escala do clima: os fatores climáticos globais dão origem ao macro clima e os fatores climáticos locais dão origem ao microclima, porém os elementos climáticos agem em conjunto (Romero, 2013).

Podemos listar como fatores climáticos globais:

- **Radiação Solar:** Energia transmitida pelo sol. É responsável por todo o sistema de vida terrestre.
- **Latitude, longitude e altura:** Coordenadas que determinam a localização de um ponto na superfície terrestre.
- **Ventos:** Consequência das variações barométricas, são correntes de convecção na atmosfera que tendem a igualar o aquecimento das diferentes zonas.
- **Massas de Água e Terra:** Responsáveis por impactos característicos no clima, as massas continentais de terra produzem grandes variações ao longo da mesma latitude. Já as penínsulas e baías tendem a possuir climas fortemente influenciados pelos corpos d'água adjacentes,

enquanto as ilhas podem apresentar climas estáveis e desvios mínimos das características referentes a suas latitudes.

- Topografia: Resultado dos processos orgânicos e geológicos. As regiões mais acidentadas, possuem microclimas mais variados.
- A presença ou a ausência de água: a concentração de umidade do solo, drenagem e posição do lençol freático, são variáveis importantes da superfície. Quanto mais acidentadas são as regiões, maiores são as variações e as especificidades dos microclimas, possuindo características únicas.
- Vegetação: A vegetação contribui de forma significativa para os microclimas, porque através da fotossíntese, libera vapor d'água e estabiliza os efeitos do clima sobre seus arredores, reduzindo os extremos ambientais.

Romero (2013) ainda define elementos climáticos locais, os que condicionam, determinam e dão origem aos microclimas (clima que se verifica em um ponto restrito das cidades, bairros e etc.).

2.1.1 Escalas Climáticas

A definição das escalas climáticas se torna essencial na delimitação do objeto de estudo sobre o clima urbano. A cidade no seu todo modifica as condições do clima, resultando em diferenças no clima entre sua área urbana e sua área rural. Este clima modificado prevalece na Camada de Limite Urbana, localizada acima dos telhados da cidade (Werneck, 2018).

Existem quatro escalas climáticas distintas, sendo três delas aplicadas ao meio urbano: a Mesoescala, Escala Local e Microescala que podem englobar desde o tamanho de bairros (km²), até a cidade como um todo. Sob circunstância vertical, elas são elencadas de acordo com as trocas térmicas. Para o estudo de intervenções Urbanas e Ilhas de calor, devemos olhar com atenção para a Microescala, onde se encontra a Camada de Dossel Urbano, localizada entre o solo e o nível das

coberturas, sendo influenciada pelos aspectos tridimensionais da forma urbana, nos processos de formas de calor, onde pode produzir condições microclimáticas variadas (Werneck, 2018).

A camada de Dossel Urbano (ver figura 01) é definida como a coluna de ar que se estende do solo até a altura média dos edifícios. Os aspectos tridimensionais da geometria urbana nos processos de troca de calor contribuem para o aprisionamento da radiação incidente, dificultando a circulação de ar. A falta de vegetação altera a divisão dos fluxos de energia na superfície, fazendo com que haja uma redução da evaporação do solo e fluxo de calor latente, e conseqüentemente, aumentando o fluxo de calor sensível, Conforme Oke (1987), aponta em seu livro *Boundary Layer Climates (Climas da camada limite)*.

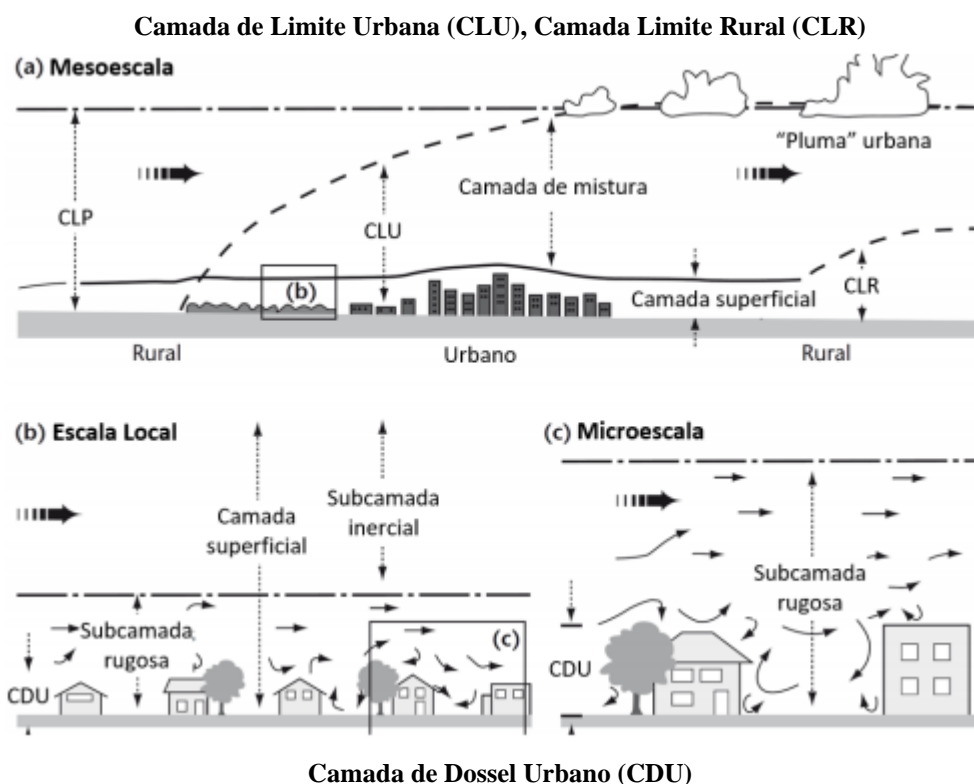


Figura 1: Esquema das áreas climáticas no meio urbano

Fonte: Adaptado de OKE (2006)

A fim de indicar níveis de análises e reforçar a importância dos fenômenos a serem tratados de forma associada à produção dos espaços através das práticas sociais vigentes no cotidiano da sociedade urbana, foi elaborado um diagnóstico para a cidade de São Paulo visando o Zoneamento dos Climas Urbanos. Desta

forma, as delimitações dos níveis de análise seguem associadas tanto à um processo físico quanto a produção do espaço construído (Tarifa e Armani, 2000):

- **Nível 01** - engloba a mancha urbana contínua da metrópole;
- **Nível 02** - unidades topoclimáticas, onde as diferenças estão associadas aos padrões de uso do solo bem como às diferenças constatadas na concentração de poluentes atmosféricos decorrentes dos meso e topoclimas naturais e urbanos;
- **Nível 03** - do habitar, do viver e do trabalhar, onde interessam os ambientes microclimáticos, tanto internos às edificações, como externos a elas, na rua, na praça ou no trabalho.

2.1.2 Microclima

A partir do entendimento do clima geral das cidades, necessita-se a compreensão a nível microclimático, entendendo o clima em ponto restrito com variações dos padrões de vento, umidade, radiação solar e temperatura, causada por elementos naturais de topografia, vegetação ou elementos construídos (Romero, 2013). Jan Gehl (2015) por sua vez, complementa dizendo que: “pode ser tão pequeno como uma única rua, em reentrâncias e recuos, ou em torno de um banco no espaço público”.

Cunha (2006) diz que a constituição do microclima inclui” uma relação integradora os aspectos luminosos e acústicos, inseparáveis no espaço construído”. Alguns elementos que constituem influências críticas sobre o microclima formado dentro das cidades são: a densidade urbana, as geometrias das ruas do tipo “cânions”, o albedo das superfícies e as propriedades térmicas dos materiais, a presença de água, as massas de vegetação existentes. (Corbella e Yannas, 2003).

A maior parte das cidades compreendem um mosaico de áreas mais quentes como bairros de alta densidade de construção e tráfego de veículos e outras mais frescas como áreas verdes e corpos d 'água. Sendo assim, é incorreto o termo microclima urbano no singular para designar uma estrutura tão diversificada (Alcoforado et al, 2006).

2.1.3 Radiação Solar no ambiente urbano

Vista como maior fonte de energia da Terra, a Radiação Solar é responsável pelos processos meteorológicos, afetando componentes como temperatura, pressão, vento, chuva, umidade, etc.). É uma variável essencial nos estudos térmicos das cidades e seus edifícios. Essa radiação, não necessita de um meio material para se propagar. Ora se comporta de maneira corpuscular (fóton), ora é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética (Esch, 2015).

Corpos com temperaturas mais elevadas, como o Sol, transmitem radiação térmica em ondas curtas. A radiação recebida passa pela atmosfera, sendo parte dela (ondas curtas) refletida pelas nuvens de volta para o espaço, enquanto a outra fração é transmitida para a superfície terrestre, que por sua vez, reflete uma porção dessa radiação direta (em média 3%) e absorve o restante. A outra parte da radiação emitida pelo Sol é absorvida pelas nuvens e emitida como radiação de onda longa, como com as ondas curtas, parte é transmitida para a terra, e parte retorna para o espaço (Werneck, 2018), conforme demonstra o esquema a seguir:

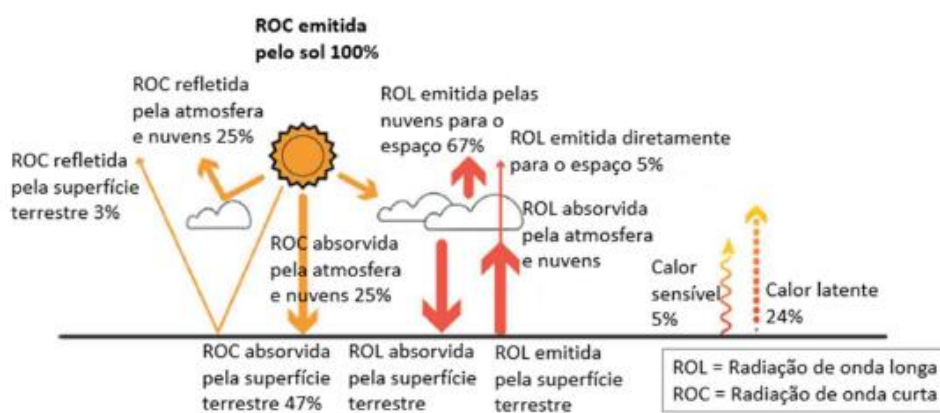


Figura 2: Balanço de energia da Terra

Fonte: Esch, 2015 p.87

Em sua passagem pela atmosfera, a radiação solar sofre um processo de decomposição que forma um espectro magnético de diferentes comprimentos de onda. Existem dois aspectos importantes que relacionam radiação solar e geometria urbana: o albedo da superfície e o acesso solar. O albedo (que também é chamado de refletância solar) é a fração refletida da radiação solar (Oke, 2006).

As superfícies urbanas apresentam albedos diferentes em sua função e forma. A configuração do tecido urbano pode alterar o valor do albedo urbano bloqueando sua radiação solar através do sombreamento. Desse modo, os dois aspectos citados podem determinar o potencial de uma área urbana em absorver radiação solar (Oke, 1987).

Tabela 1: Albedo dos Materiais urbanos

Superfície	Albedo
Asfalto (novo - antigo)	0.05 - 0.2
Paredes:	
Concreto	0.035 - 0.10
Tijolo cor clara	0.30 - 0.50
Coberturas:	
Aço Galvanizado	0.35
Alumínio branco	0.80
Área Urbana (média)	0.15

Fonte: Adaptado de Santamouris (2001, p.162).

Tradução do autor

No período noturno, com a ausência da radiação solar direta, o meio urbano começa a dissipar todo o calor acumulado durante o dia. O acúmulo de calor é limitado pela geometria da cidade que, à noite, limita o resfriamento do ar em comparação ao meio rural. Dessa forma as ilhas de calor não são criadas somente porque o ar urbano é aquecido rapidamente, mas também porque a energia térmica acumulada durante todo durante todo um período de sol, demora a ser dissipada. (CNRM - France, 2017).

2.1.4 Geometria Urbana

Um ponto importante que tem ação direta no fluxo de ventilação, é a geometria urbana. A alteração do fluxo de ventilação, emissão de radiação de ondas longas (ROL) para a atmosfera e a absorção de energia por meio de suas superfícies

aquecidas (EPA, 2008). Outro aspecto importante de impacto direto nas superfícies e edificações relacionado à geometria urbana é a chamada relação Wide/height (Distância entre edifícios/ altura dos edifícios), sendo esta proporcional à elevação dos edifícios e o espaço entre eles (Romero, 2013)

O esquema a seguir (figura 3) mostram os cânions urbanos: Espaços entre fachadas, solo, telhados, plano imaginário entre os telhados, e o volume de ar entre este espaço. As travessias, variações de altura dos prédios e elementos especiais como praças e outros ambientes similares, causam um fenômeno adicional aos cânions urbanos. Os “cânions”, encontrados em áreas com edifícios altos, dificultam o arrefecimento de áreas urbanas, principalmente após o pôr do sol, porque o ar urbano é resfriado mais lentamente durante a noite (Esch, 2015).



Figura 3: Esquema de representação de um Cânion Urbano

Fonte: Esch, 2015 p.33

O vento é uma variável importante nas trocas térmicas dos espaços abertos, sendo responsáveis pelas trocas térmicas e também na questão da qualidade do ar. A produção e o transporte dos poluentes pelas cidades é um problema, havendo casos de lançamento de poluentes em áreas com fluxo nulo entre as edificações, levando assim a um aumento de concentração para valores prejudiciais à saúde (Mascaró e Mascaró; 2009).

2.1.5 Influência das áreas verdes no clima

Definir padrões de qualidade significa expressar objetivos para determinar a qualidade do meio ambiente e identificar metas que se deseja alcançar, manter ou eliminar (Sewell, 1978).

Em contrapartida às mudanças drásticas da paisagem, a natureza reage às manipulações do Homem, provocando desastres ambientais de elevados custos

sociais, à medida que interferem na qualidade de vida dos habitantes (Lombardo, 1985).

Fenômenos como ilhas de calor, poluição do ar, inundações e desabamentos passam a fazer parte do cotidiano, sobrepondo mais um fenômeno aos demais, fazendo a população se confrontar com a natureza alterada e conviver com seus recorrentes problemas (Nucci, 2008).

O processo de degradação ambiental nas cidades está majoritariamente presente nas áreas densamente urbanizadas. Nas metrópoles brasileiras, o intenso processo de urbanização, desencadeou sérios problemas de degradação ambiental. Nas cidades como o Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte, o crescimento urbano se deu com tamanha intensidade que não só afetou o espaço ocupado pela cidade, como também extrapolou o nível regional. A causa disso são os desequilíbrios crescentes, que compelem a natureza uma sobrecarga que altera radicalmente a ecologia das cidades, especialmente aqueles em que o planejamento urbano não pode suprir seu crescimento.

A problemática do meio ambiente é tão complexa que tem se buscado uma interdisciplinaridade para discutir a questão urbana. Torna-se urgente e necessário o aprofundamento no estudo dos problemas ambientais das metrópoles (e seus ecossistemas saturados), para que possam ser propostas ações que minimizem seus efeitos, a fim de colaborar para a preservação dos recursos naturais remanescentes e melhorar a qualidade de vida do cidadão. A fim de reverter esse quadro, algumas ONGs buscam medidas mitigadoras. É o caso da cidade de Dallas no Texas, onde o governo mapeou as partes da cidade mais afetadas pelo efeito das ilhas de calor, e juntamente com as organizações The Nature Conservancy, Trust for Public Land e Texas trees foundation se uniram com a comunidade e fizeram um plantio com a ajuda de voluntários do bairro. Outras cidades também enfrentam o aumento das temperaturas e o impacto das ilhas de calor, um pouco mais ao Sul do hemisfério, a cidade de Medellín também tem adotado estratégias para regular as altas temperaturas da estação. Para lidar com o aquecimento, as autoridades da cidade transformaram 18 ruas e 12 hidrovias em paraísos verdes, o projeto “Green Corridors” (Corredores Verdes), promoveu a arborização das rotas, permitindo a redução no acúmulo de calor na infraestrutura urbana. A iniciativa venceu o prêmio Ashden de Refrigeração Baseada na Natureza, que é apoiado pelo programa Kigali de eficiência de Refrigeração, em parceria com a iniciativa Sustainable Energy for

All (Alcaldía de Medellín, 2019). Tendo detalhado os fatores que compõem o clima urbano, a seguir vamos conceituar as ilhas de calor.

2.2

Ilhas de calor: Uma questão para as cidades

As ilhas de calor configuram-se como fenômeno derivado das ações antrópicas sobre o meio ambiente urbano, em termos de uso do solo e condicionantes de meio físico e seus atributos geológicos. A urbanização acaba por afetar significativamente o clima urbano, considerando o aumento das superfícies de absorção térmica, impermeabilização dos solos, alterações na cobertura vegetal, concentração de edifícios que terminam por barrar os ventos e a contaminação da atmosfera através dos gases emitidos por atividades humanas (ver figura 4) (Gartland, 2010).

Os primeiros estudos sobre calor urbano aconteceram em 1818, quando Luke Howard (1833) constatou que a cidade à noite apresentava uma maior temperatura do ar em relação ao seu entorno, atribuindo esse fenômeno à falta de umidade para a evaporação. Posteriormente, Emilien Renou fez descobertas similares em Paris durante a segunda metade do século XIX, (Renou, 1862), e Wilhelm Schmidt em Viena no século XX (Schmidt, 1929). Os estudos sobre o clima urbano em latitudes tropicais só começaram a ser desenvolvidos na década de 1970.

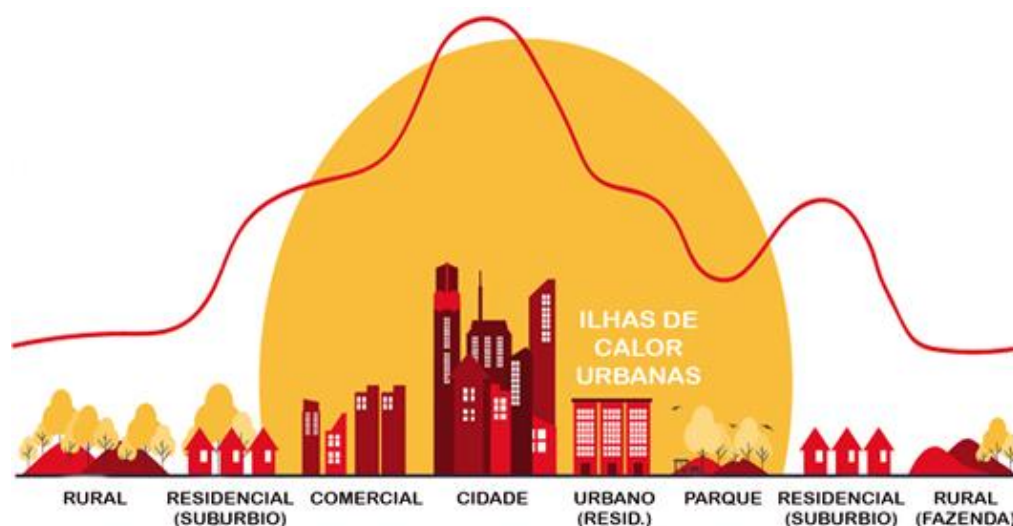


Figura 4: Esquema da ilha de calor urbana para diferentes tipos de perfil urbano

Fonte: <https://www.blogs.unicamp.br/energiaeambiente/tag/ilha-de-calor-urbana/>
(acesso em 23/05/2020 às 11:46 h)

Todavia, apesar da temporalidade distinta, os estudos de maneira geral, chamam a atenção para a relação entre o aumento da população urbana e as alterações no clima das cidades, destacando o fenômeno das ilhas de calor (Jauregui, 1993).

As Ilhas de calor são caracterizadas como uma cúpula de ar quente que cobre a cidade, podendo ser classificadas como uma modificação climática de ordem antropogênica, ou seja, o resultado da ação humana, especialmente no ambiente urbano. Elas manifestam-se através do aumento de temperatura provocado características físicas tais como adensamento das construções, concentração de materiais de grande potencial energético de emissividade e refletância. Igualmente, a atividade humana pode colaborar com a ocorrência desse fenômeno. (Camargo, 2007; Amorim, 2009)

Gartland (2010) diz que em geral, as ilhas de calor apresentam 5 características comuns:

- As ilhas de calor têm um comportamento diferente das áreas rurais não urbanizadas. Ilhas de calor são geralmente mais quentes após o pôr do sol se comparadas às áreas rurais e mais frescas após o amanhecer. O ar no “dossel urbano” abaixo das copas das árvores e edifícios, pode ser até 6° C mais quente do que o ar em áreas rurais.
- As temperaturas do ar são elevadas em virtude do aquecimento das superfícies urbanas. As superfícies artificiais absorvem mais calor proveniente do sol do que as superfícies naturais.
- Áreas mais desenvolvidas e com menos vegetação, tendem a ter a temperatura mais elevada, e as ilhas de calor tendem a ser mais intensas conforme o crescimento das cidades.
- As diferenças entre as temperaturas do ar e da superfície tendem a ser mais evidentes quando o dia está calmo e claro.
- Ilhas de calor apresentam ar mais quente na chamada “camada Limite” - camada de ar de até 2.000 m de altura, criando colunas de ar quente sobre as cidades, e inversões de temperatura.

Considerada uma anomalia térmica, as ilhas de calor resultam do crescimento urbano, no que diz respeito a alteração da superfície de acordo com composição de

seus materiais e da atmosfera que favorece a absorção do fluxo de radiação solar (Camargo, 2007).

O calor Antropogênico (figura 5) é definido como o calor derivado das atividades humanas, proveniente de inúmeras fontes:

- Calor derivado dos edifícios
- Processos Industriais
- Veículos automotores
- Seres humanos



Figura 5: Interferência do homem resulta na má qualidade do ar no Rio de Janeiro

Fonte: <https://pagina22.com.br/>

(acesso: 22/05/2020 às 16:00 h)

Para se determinar a quantidade de calor antropogênico produzido em uma região, deve-se somar toda a quantidade de energia produzida (comercial, residencial, industrial e transporte) e dividir pela área da região de estudo. (Gartland, 2010).

Em consequência das trocas de calor e alterações apresentadas no balanço de energia, uma equação chamada “balanço de energia” explica como a energia é transferida para a superfície terrestre. A equação baseada na primeira lei da termodinâmica (da conservação da energia) diz que a energia nunca é perdida. Esta equação serve para os sistemas gasosos, mas pode ser aplicada em qualquer sistema que envolva calor, trabalho e variação da energia interna. Isso significa que toda energia absorvida pela superfície por meio da radiação ou do calor antropogênico não é perdida, ela vai para algum lugar. Essa energia irá aquecer o ar acima da

superfície, ou será evaporada com a umidade, ou poderá ser armazenada pelos materiais em forma de calor (Gartland, 2010).

$$\textit{Convecção + Evaporação + Armazenamento de calor =} \\ \textit{Calor Antropogênico + Saldo de radiação}$$

A Convecção é a Energia transferida de uma superfície sólida para uma fluida (líquido ou gás), no caso da superfície terrestre, para o ar acima dela. A convecção aumenta quando os ventos apresentam velocidades elevadas, quando existe turbulência no ar acima de superfícies mais ásperas e quando as diferenças entre as temperaturas das superfícies e do ar são maiores (Gartland, 2010).

O processo de evaporação é a ação que ocorre a partir da superfície terrestre em forma de vapor d'água. A água presente em solos úmidos ou superfícies molhadas se transforma em vapor quando é aquecida pelo sol ou por outras fontes de calor. O vapor d'água sobe para atmosfera, levando consigo a energia solar. O termo evaporação também pode se referir à *evapotranspiração*, um recurso que as plantas utilizam para se manterem frescas. O Armazenamento de calor depende de duas propriedades dos materiais: a *condutividade térmica* e a *capacidade calorífica*. Materiais com maior condutividade térmica são mais aptos para direcionar o calor para seu interior. Materiais com grande capacidade calorífica são capazes de armazenar mais calor em sua massa. À medida que mais calor é armazenado, a temperatura do material aumenta (Gartland, 2010).

A parcela de Calor Antropogênico representa o calor “produzido pelo homem” que é gerado por edifícios, equipamentos ou pessoas. Em muitas áreas, especialmente áreas rurais e suburbanas, a quantidade de calor antropogênico é pequena em comparação aos outros componentes da equação de equilíbrio. Em áreas densamente urbanizadas, o calor antropogênico é mais elevado e pode ser uma influência significativa na formação de ilhas de calor. Por fim temos o saldo de radiação que se divide em quatro processos de radiação distintos que acontecem na superfície terrestre:

$$\textit{Saldo de Radiação = Radiação Solar Global - Radiação Solar} \\ \textit{Refletida + Radiação Atmosférica - Radiação da Superfície}$$

A radiação solar global, representa a quantidade de energia radiada pelo sol. Isso, obviamente, pode variar dependendo da estação do ano, da hora do dia (zero à noite), da nebulosidade e do nível de poluição atmosférica. O segundo subitem - a Radiação Solar Refletida- é a quantidade de energia refletida a partir de uma superfície, de acordo com o grau de refletância do material. Materiais que possuem alta refletância solar (materiais brancos e brilhantes aplicados nas coberturas, por exemplo), refletem a maior parte da radiação que incide sobre eles, ao passo que superfícies escuras, como coberturas asfálticas absorvem a maior parte da radiação solar. A Radiação Atmosférica: é o calor emitido por partículas presentes na atmosfera (gotículas de vapor d'água, nuvens, poluição e poeira). Quanto mais partículas estiverem presentes, mais energia será emitida, tornando a atmosfera mais quente. O último elemento que compõe o Saldo de radiação é a *Radiação da Superfície*. O calor que irradia a partir de uma superfície. Uma superfície relativamente mais quente, irradia mais energia (Gartland, 2010).

Estudos recentes mostram que o ganho de calor antropogênico é maior nos dias de hoje, devido ao aumento da utilização de energia. Esse aumento ocorreu simultaneamente ao crescimento das áreas urbanas. Estudos em áreas urbanas densamente povoadas apontam para grandes ganhos de calor antropogênico. Cidades como Tóquio, mostram que o ganho de calor antropogênico pode ir de 40 a 100% da energia solar global (Ichinose et al.,1999). Sem o escape de energia imediato proporcionado pela evaporação, as áreas urbanas e suburbanas são forçadas a armazenar cada vez mais energia durante o dia. A energia armazenada é gradualmente liberada de volta à atmosfera durante à noite, principalmente por meio de emissões radiantes aumentadas e em menor escala, por meio da convecção aumentada. Apesar de nem todas as cidades apresentarem níveis de evaporação reduzidos, elas ainda podem sofrer com as ilhas de calor e decorrência de outras causas (Gartland, 2010).

Combinados a falta de umidade, os materiais de construção possuem propriedades que tendem a potencializar a formação das ilhas de calor. As duas principais propriedades que contribuem para o armazenamento de calor são a *condutividade térmica* e a *capacidade calorífica*. No primeiro caso, a variação ocorre no sentido do potencial em conduzir calor para o interior de um material. No segundo, avalia-se o armazenamento. A combinação dessas propriedades, chamada difusividade, é um indicador importante para avaliar a facilidade para o calor

penetrar o objeto. Quanto maior a difusividade térmica, mais profunda é a penetração e maior a quantidade de calor absorvido. Nesse caso as temperaturas se mantêm mais constantes com o tempo. Índices baixos indicam que apenas uma camada mais fina é aquecida e que as temperaturas tendem a oscilar mais rapidamente (Gartland, 2010).

Os valores de condutividade térmica e capacidade calorífica, tendem a variar significativamente de material para material. Em termos de difusividade térmica, materiais encontrados na natureza e em áreas rurais tendem a apresentar menor índice, ao passo que áreas urbanas apresentam maior difusividade. Isso amplia o armazenamento de calor durante o dia e sua lenta liberação durante a noite. No Rio de Janeiro, além das atividades descritas anteriormente, podemos incluir outros aspectos como: retirada da cobertura vegetal e impermeabilização do solo, dois fatores que contribuem para a modificação do sítio urbano e para o aumento dos balanços energéticos aliados às altas temperaturas dos trópicos (Gartland, 2010).

O acúmulo do saldo de radiação em áreas urbanas é maior do que em áreas rurais. Essa diferença ocorre em razão de diversos fatores: menor refletância solar dos materiais urbanos, geometrias urbanas mais restritivas e altos níveis de poluição. O termo *saldo de radiação*, inclui a radiação solar atmosférico incidente e as radiações emitidas a partir das superfícies (Gartland, 2010). A maioria dos materiais encontrados em áreas rurais, refletem maiores quantidades de energia solar do que os materiais comuns ao ambiente urbano, ou seja, não retém o calor. Como indicado anteriormente, pavimentos e coberturas asfálticas, por exemplo, possuem baixos valores de refletância solar. A utilização predominante desses materiais diminui a refletância solar total, ou seja, uma maior parcela da energia solar é absorvida nas áreas urbanas. Isso, por sua vez, contribui para aumentar os níveis de *saldo de radiação* durante o dia, contribuindo para a formação das ilhas de calor (Vukovich, 1983).

As ilhas de calor afetam o ambiente urbano negativamente de inúmeras formas, pois além de elevar a temperatura, contribuem para o aumento da poluição do ar apresentando efeitos significativos sobre a saúde da população. Seus impactos negativos podem causar doenças e até a mortalidade em alguns casos. Um estudo descobriu que as ondas de calor urbanas resultaram em 14,800 mortes em Lyon, no ano de 2003 e 700 mortes em Chicago no ano de 1995 (Argaud et al, 2007, Semenza et al 1996).

O fenômeno resulta em desconforto térmico, insolação, queimaduras solares, desidratação, problemas respiratórios e agravamento de doenças cardiovasculares. As altas temperaturas modificam a espessura do sangue, taxas de colesterol e frequência cardíaca. No caso das cidades da América do Sul, podemos somar estes efeitos ao aumento de casos de Leptospirose e Dengue, devido às altas temperaturas dos centros urbanos que se mostram propícias para a possibilidade de desenvolvimento de novas pandemias (EPA, 2016). Portanto apresentaremos a seguir uma reflexão sobre o caso do Rio de Janeiro.

2.3

O Rio de Janeiro, uma análise do clima

Ao falar de condições climáticas, é possível verificar que a intensidade da urbanização afeta diretamente o clima. Apesar de variar de cidade para cidade em função do uso do solo, do processo de crescimento urbano e das características geológicas do local, as diferenças na superfície, passam a contribuir para a alteração do balanço de energia, criando espécies de “bolsões” sobre as áreas urbanas, aos quais denominamos Ilhas de Calor.

A cidade do Rio de Janeiro apresenta seu uso do solo bastante heterogêneo, o que acaba por favorecer as grandes diferenças de temperatura dentro do território. A formação das Ilhas de calor acontece principalmente em bairros mais urbanizados (Data Rio, 2020). Do ponto de vista climatológico, a cidade encontra-se sob influência da maritimidade, de forma a condicionar o comportamento de temperatura e disponibilidade da umidade.

Um estudo realizado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (Pereira Sena, De Almeida França, Peres, 2014), sobre as variações de temperaturas na região metropolitana do Rio de Janeiro, utilizou-se os dados do sensor MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer). A partir disso, foi feita uma análise agrupando os resultados auferidos em diferentes estações do ano permitindo a caracterização da variação sazonal das Ilhas de calor.

O ensaio expõe resultados das análises realizadas durante o dia em todas as estações, fazendo um mapeamento das temperaturas ao longo do ano. No período de verão, evidencia-se que as zonas comercial e residencial urbana apresentam temperaturas de superfície próximas a 50°C. Nesse período, a inclinação dos raios

solares incidentes sobre a região, estão mais próximos da vertical do que em outras estações, resultando em uma maior taxa de aquecimento da superfície.

Nas estações de Outono e inverno o clima tende a ser mais ameno na cidade. No outono, as temperaturas captadas pela manhã giravam em torno dos 20°C, tendo atingido seu pico de 40°C às 13h. À noite, foram registrados valores abaixo dos 20°C.

Na estação de inverno, a concentração de chuvas para a região Sudeste é menor se comparada ao resto do ano. Ao longo da estação é comum a entrada de frentes frias de baixa intensidade. Logo depois, ocorre a entrada das massas de ar frio, provocando a queda da temperatura. Na parte da manhã, as temperaturas registradas aproximam-se dos 25°C. No início da tarde, sobem para 35°C alcançando o pico de 40°C às 16 horas. À noite (madrugada), as temperaturas diminuem chegando a 15°C.

Na primavera, o regime das chuvas e as temperaturas no sudoeste do Brasil sofrem outra mudança. O período é marcado pela transição da estação seca para a chuvosa. A umidade e a temperatura aumentam e intensificam a ocorrência de pancadas de chuva ao final da tarde.

Os dados coletados nesta estação mostram a formação de ilhas de calor intensas na passagem do satélite às 10 horas. Às 13 horas, é possível detectar temperaturas beirando os 50°C. O Satélite faz mais 2 passagens, sendo elas as 2 horas e 5 horas da manhã, nesse intervalo as temperaturas variam entre 20 e 25 graus, revelando que pouco calor é dissipado nesse intervalo de 3 horas entre as captações. Dessa forma, os autores indicam que durante todo o ano há a formação de Ilhas de calor sobre quase toda a região municipal do Rio de Janeiro com a mesma intensidade.

Um outro fenômeno que se verifica é o agrupamento das ilhas de calor, formando verdadeiros arquipélagos. Novas áreas quentes somam-se com as áreas antigas. Tal situação pode ser verificada em alguns pontos da Zona Oeste, onde a urbanização tem se intensificado. (Lucena, 2012).

Portanto, a ilha de calor é um fenômeno relativamente complexo. Resultado da complicada natureza das áreas urbanas, dos padrões meteorológicos e da maneira como esses fatores interagem. Tende a apresentar características típicas, mas a intensidade e a ocorrência variam de acordo com cada localidade.

Quando falamos das ilhas de calor nas grandes cidades, não podemos deixar de abordar os danos ao meio ambiente causados pelo intenso uso do espaço urbano. O INEA (2017) identificou que no ano de 2016 o Rio de Janeiro foi a cidade do estado com mais situações de desmatamento. Ao todo somam 78 pontos, sendo a maioria concentrada em bairros da Zona Oeste. Segundo esse mesmo estudo, o fenômeno estava relacionado ao processo de loteamento e outros empreendimentos imobiliários.

A Zona Oeste, mais especificamente a área da Barra da Tijuca, vem sofrendo um intenso processo de uso do solo urbano. Segundo os dados do Instituto Pereira Passos (IPP, 2013), a população da Barra da Tijuca em 2000 era de 174.353 habitantes. Já no ano de 2010, esse valor subiu para 300.823 moradores. A estimativa para o ano de 2020, é que este número suba ainda mais, chegando perto dos 400.000 habitantes, aumentando assim a procura por moradia, consequentemente contrastando com a redução de sua área verde e trazendo alterações do clima local (figura 6). A partir desta constatação vamos especificar melhor o caso mais à frente.



Figura 6: APA das Tabebuias corre o risco de virar Brejo

Fonte: <https://oglobo.globo.com/rio/bairros/area-de-protecao-ambiental-na-barra-da-tijuca-corre-risco-desaparecer-alertam-ambientalistas-23843719>.

(acesso em : 22/05/2020 às 13:20 h)

3

A Barra da Tijuca

3.1

Percurso histórico do bairro e a mobilidade urbana

Na década de 1960, o Rio Janeiro experimentou um período de profunda transformação na sua estrutura urbana, visivelmente através da ampliação das áreas de ocupação. Tal movimento pode ser associado a uma tentativa de compensar a “perda de status econômico” ocasionada pela transferência da capital federal para Brasília. Nesse sentido, foram realizadas inúmeras obras para assegurar o desenvolvimento urbano e a tradição histórica e cultural da cidade. Comumente, impulsionado por objetivos econômicos, o processo de estruturação das cidades objetiva a maximização da rentabilidade mediante a valorização do preço da terra, tendendo a provocar diversos impasses no que diz respeito a manutenção da qualidade do ambiente urbano. (Nunes -Ferreira, 2014).

A expansão tem se direcionado a Zona Oeste, sobretudo para o bairro da Barra da Tijuca, tendo como ponto de partida o plano elaborado pelo arquiteto Lúcio Costa (figura 7). Esse projeto tem sido colocado em prática orientado por duas vertentes. Por um lado, o poder público como um dos seus principais agentes na produção do espaço urbano atua por meio de investimentos nas funções essenciais do espaço urbano; por outro, o capital privado, cujas ações visam a rentabilidade, utiliza o projeto de Lucio Costa e suas modificações para atender as necessidades do mercado imobiliário (figura 8).

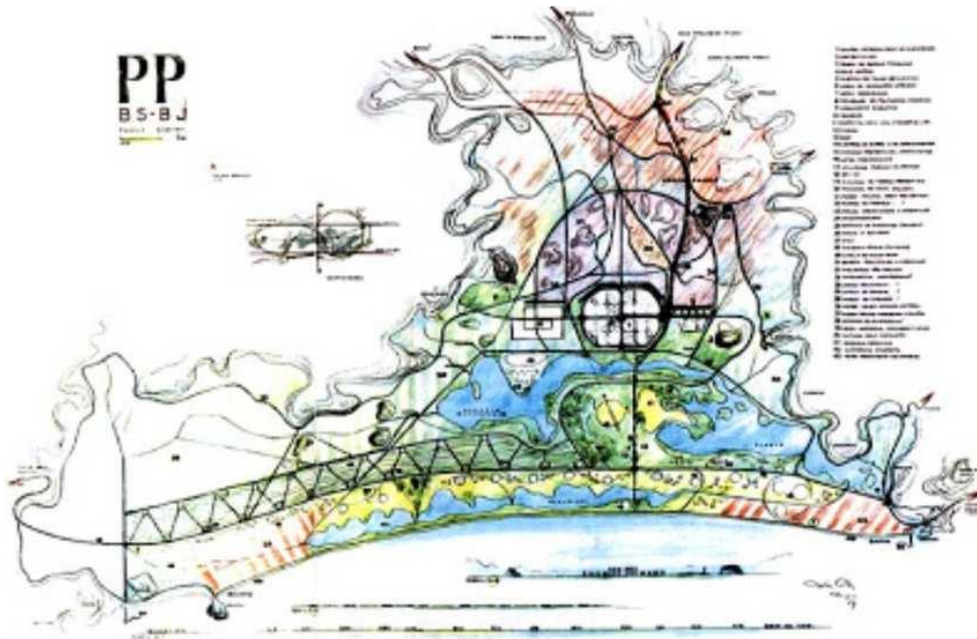


Figura 7: Plano Piloto da Barra da Tijuca

Fonte: <https://www.researchgate.net>.

(acesso: 28/05/2020 às 17:21 h).



Figura 8: Ocupação urbana: 1970 x 2020

Fonte: <https://www.facebook.com/barradatijuca.memórias/photos>

(acesso: 28/05/2020 às 17:21 h).

Os investimentos em infraestrutura foram balizados pelo Plano Piloto, que organizou o bairro através da divisão / setorização em áreas de: circulação, moradia, trabalho e recreação. Para isso, foram criados núcleos residenciais espaçados, e avenidas largas sem sinalização. Um bairro planejado para facilitar o trânsito de diferentes tipos de transporte, incluindo os veículos automotivos que cada vez mais, começavam a se multiplicar pela paisagem. Desse modo, a região surgia como futuro núcleo da cidade, ou seja, um centro metropolitano de convergência e irradiação, reestruturando o espaço da urbe (Cardoso, 1989).

No início da década de 70, a cidade vivenciou a prática do *Urban Sprawl*, (urbanização dispersa em português) que atingiu diretamente a Barra da Tijuca. Tal dinâmica é inspirada pelas ocupações dos subúrbios norte-americanos de classe média, com suas autoestradas, shoppings e condomínios fechados. Entre seus principais aspectos, está o uso intensivo do transporte automotivo individual, característica que pode ser atribuída tanto como consequência como causa, devido às grandes distâncias necessárias a serem percorridas entre as diferentes esferas da vida cotidiana (trabalho, residência, compras) (Nunes -Ferreira, 2014).

A Barra da Tijuca vem vivenciando transformações desde épocas passadas. Podemos iniciar falando de quando o bairro sofreu um “boom” Imobiliário a partir dos anos 80 intensificando a construção de empreendimentos imobiliários destinados ao comércio, serviços e lazer. Podemos destacar ainda neste período o surgimento dos apart-hotéis, tipo de edificação que mescla o uso residencial e turístico, atraindo a atenção do setor imobiliário e contribuindo para a estruturação do bairro. Por sua vez, a década de 90 é marcada por novos empreendimentos residenciais, que procuram expressar a evolução dos condomínios privados. Nesse meio tempo, consolidou-se a imagem da região como um lugar privilegiado de lazer e turismo, com o lançamento de novas opções de entretenimento. Suas grandes avenidas foram organizadas para dar vazão ao crescente tráfego de automóveis, ganhando também semáforos e controladores de velocidade. Grandes torres comerciais, residenciais, bem como os supermercados e os shopping centers, chamaram a atenção, atraindo novos moradores e trabalhadores (Rezende, 2004).

Recentemente o bairro teve todas as atenções voltadas para si, quando foi palco de uma grande parcela dos eventos ocorridos nas Olimpíadas. Com este evento de grande magnitude ocorrido na cidade, foi fundamental o bairro passar por uma reestruturação urbana, aumentando a quantidade de hotéis para abrigar os

turistas vindos de todos os lugares. Para levar todos os espectadores para toda a cidade, foram necessários grandes investimentos no setor de infraestrutura Urbana. (Ramalho et al, 2017).

A primeira fase do BRT foi inaugurada em 2012, com o trajeto que liga a Barra da Tijuca ao Bairro de Santa Cruz, em sequência veio a ampliação da via para Campo Grande e Paciência, já o transcarioca foi inaugurado em 2014. O corredor liga o terminal Alvorada, na Barra da Tijuca, ao Aeroporto Tom Jobim, na ilha do governador.

Inicialmente estimado para uma média de 220 mil passageiros/ dia, estima-se que o BRT hoje transporte por dia 450 mil passageiros, relativamente altos, principalmente por se tratar de um investimento relativamente novo: nele já são feitas 8 mil viagens diárias com uma frota de 440 ônibus. Outro grande investimento importante para o bairro, foi a chegada do metrô ao Jardim Oceânico transportando por dia 140 mil pessoas, 46% a menos do que o esperado (Programa Internacional de Cooperação Urbana (IUC), 2020).

Em contraste com as inúmeras intervenções destacadas, cabe lembrar que o projeto de Lúcio Costa permanece inacabado. Contudo, um dos traços marcantes do plano inicial é um marco na estrutura do bairro: a centralidade do automóvel como meio de transporte essencial para o deslocamento.

Esse rápido crescimento, evidenciou vários problemas que na época de projeto não foram considerados importantes. O projeto não é compatível com um sistema de transporte público eficiente, o que leva o usuário a preferir sempre o transporte individual. Seu traçado não oferece uma segunda opção de deslocamento de um ponto a outro, sendo necessário sempre utilizar a via principal, o que acarreta em engarrafamentos. Suas grandes distâncias não permitem o pedestre se locomover a pé, multiplicando os gastos com infraestrutura.

3.2 Constatação das Ilhas de calor na Barra

A fim de compreendermos o fenômeno das ilhas de calor no local, utilizamos imagens de satélite, fundamental para a realização deste trabalho. A partir delas foram analisados os parâmetros naturais (temperaturas) referentes ao uso do solo

urbano, compatibilizados através do uso das imagens termais de satélites (ver figura 9).

As informações dos satélites meteorológicos fazem parte do grupo de satélites de sensoriamento remoto e monitoramento do meio ambiente, da série LANDSAT 5, 7 e 8. A plataforma em questão é uma parceria de trabalho entre o Laboratório de Estudos da Dinâmica do Clima Urbano de Regiões Metropolitanas - DCLURME (Departamento de Geografia/ UFRRJ) e do Laboratório de análise de Satélites Ambientais - LASA (Departamento de Meteorologia/ UFRJ).

Como critérios, foram utilizados para a pesquisa a evolução urbana no bairro da Barra da Tijuca das últimas décadas, junto às imagens. Para as análises de uso do solo, foram utilizados mapas disponibilizados pela prefeitura do Rio de Janeiro, sobrepostos com imagens da plataforma Google Earth, para assim estimarmos com mais precisão a quantidade de estacionamentos em M^2 que temos espalhados pelo bairro. A principal premissa foi a de analisar a distribuição espacial do uso do solo e sua contribuição nas variações de temperatura no bairro da Barra da Tijuca, correlacionando esses dados com as temperaturas obtidas através dos mapas termais.

A partir do mapa com as legendas de usos, podemos analisar o uso do solo e concluir que a característica principal do bairro é predominantemente residencial, com pontos centralizados de comércio. O fato da setorização das áreas comerciais serem tão concentradas, influencia diretamente na demanda das áreas de estacionamento, pois ao condensar em grandes áreas o comércio em um bairro que o uso do automóvel é indispensável, necessita-se de grandes áreas para o uso de estacionamento.

Ao cruzarmos os dados térmicos com o mapa de uso e cobertura do solo fornecido pela Prefeitura do Rio de Janeiro, conclui-se que existem diversos focos de calor extremo distribuídos pela avenida das Américas, inclusive na própria via, porém um trecho de destaque no bairro, é o corredor da Avenida Ayrton Senna, local de maior concentração de comércio. Neste trecho, encontram-se a maioria dos grandes comércios do bairro. O objeto de estudo, localiza-se no início do trecho, e notavelmente reserva mais da metade de sua área para o estacionamento.

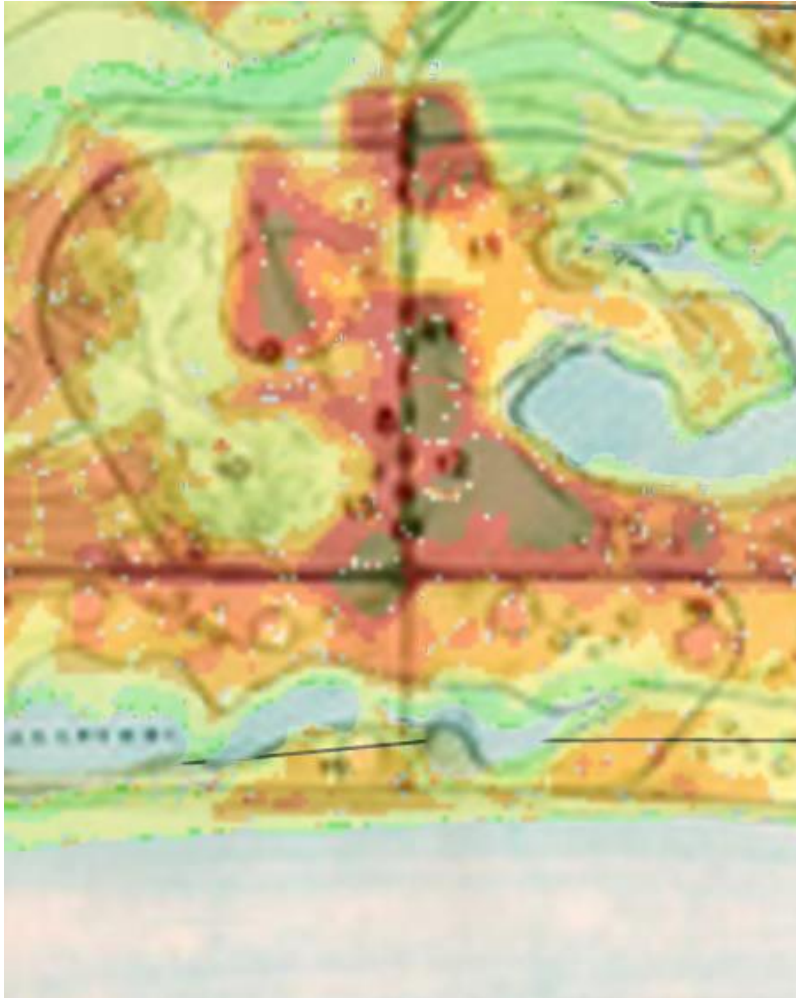


Figura 9: Sobreposição de Imagem termal do eixo Ayrton Senna ao Plano Piloto elaborado por Lúcio Costa

Fonte: <http://climatologia.com.br/mapa>

(acesso: 05/06/2020 às 15:21 h)

Fazendo uma breve análise dos dados obtidos, podemos ver no esquema abaixo (tabela 2) a evolução do calor ao longo dos anos. Em um comparativo do ano de 1984 (primeiro ano de dados) com 2018, podemos verificar que as temperaturas máximas e mínimas aumentaram, evoluindo em 17,7 graus durante 34 anos. Observando os mapas térmicos, podemos ver focos de concentração de calor em diversos pontos do bairro, com destaque para o nosso objeto de estudo. No BarraShopping, as temperaturas ultrapassam os 44 graus.

Tabela 2: Temperaturas da Barra da Tijuca através dos anos

BARRA DA TIJUCA			
ANO	MÍN (°c)	MÁX (°C)	MEDIA (°C)
1984	4,7	47,8	21,9
1985	9,5	33,8	22,5
1986	11,2	50,1	33,2
1987	19,0	40,4	29,0
1988	16,0	51,0	34,6
1990	15,1	50,3	33,4
1991	13,6	38,8	27,5
1992	1,8	43,0	24,0
1993	15,8	43,4	27,8
1994	17,4	52,6	30,4
1995	9,6	45,7	29,7
1996	15,1	41,6	26,0
1997	12,2	30,1	21,9
1998	13,1	44,7	28,4
1999	8,1	47,0	26,5
2000	8,1	47,0	26,5
2001	11,3	35,9	23,3
2002	20,2	32,9	25,8
2003	7,3	45,8	24,8
2004	16,7	46,4	29,1
2005	11,3	41,5	21,4
2006	-4,8	37,6	24,1
2007	13,1	55,1	29,9
2008	9,6	38,1	22,7
2009	3,8	46,4	25,7
2010	6,5	43,5	20,7
2011	14,4	47,2	26,5
2012	19,4	43,6	28,6
2013	23,1	43,5	33,2
2014	15,3	47,3	32,5
2015	23,8	48,3	33,8
2016	6,7	41,1	27,5
2017	22,3	47,5	32,4
2018	22,4	52,3	32,0

Fonte: <http://climatologia.com.br/mapa>

(acesso: 05/07/2020 às 15:00 h)

3.3 Histórico dos Estacionamentos

Ao analisarmos pelo ponto de vista do cidadão que reside ou visita o bairro, se mostra inevitável a necessidade do automóvel para a locomoção. Por sua vez, os grandes centros de comércio e lazer (shoppings e supermercados) necessitam se estruturar para receber uma grande quantidade de automóveis, gerando grande lucro para as administradoras desses equipamentos (figuras 10 e 11). O resultado que se vê, são centenas de estacionamentos projetados para receber a maior quantidade possível de carros visando o lucro.



Figura 10: Estacionamento Aerotown.

Fonte:Google maps

(acesso: 28/06/2020 às 17:28 h)



Figura 11: Estacionamento Via Parque

Fonte:<http://renta.com.br/portfolio/expansao-via-parque-shopping/>

(acesso: 28/06/2020 às 18:00 h)

De uma maneira geral, os primeiros *estacionamentos* surgiram nas décadas de 20 e 30, quando o número de carros começou a aumentar e os carros passaram a ganhar maior destaque no espaço público, especialmente nos polos econômicos. Esta imposição do carro no espaço compartilhado, atrapalha a segurança e a vida das cidades. Tendo em vista essa necessidade, foram criados *locais para estacionar* em todo tipo de empreendimento imobiliário que se possa imaginar. Toda viagem

começa e termina em algum *estacionamento*. Os donos de automóveis planejam suas viagens pensando na sua necessidade de estacionar (de preferência próximo ao seu destino), o que acaba por intensificar o tráfego local na busca por uma vaga. Os locais de estacionamento deixaram de ser uma solução para ser um desafio para a mobilidade urbana e sustentabilidade, pois os veículos emitem uma quantidade grande de gases poluentes, e as coberturas do solo, geralmente asfalto e concreto, absorvem e irradiam muito calor, e a noite dificultam a dissipação do calor armazenado ao longo do dia (Lamas, 2014).

3.4 Barra Shopping

A Barra da Tijuca é um dos bairros do Rio de Janeiro que contam com uma grande quantidade de shoppings e centros de comércio, considerada por muitos, um “paraíso” dos shoppings, lazer e entretenimento.

A grande ocupação do bairro foi alavancada na década de 1980, na mesma época em que os primeiros shoppings centers do Rio de Janeiro iniciaram suas construções. O bairro na época contava com espaços amplos e terrenos com potencial, logo, se tornou o local ideal para a implantação de diversos shoppings centers e modernos centros comerciais.

Inaugurado em 1981, o primeiro grande Shopping do Bairro a se instalar foi o Barra Shopping. Na época um marco no processo de desenvolvimento, contribuindo para a ocupação e crescimento do local. Desde sua inauguração, o shopping conta com mais de 700 lojas que oferecem uma variedade de serviços, dentre eles: praças de alimentação, áreas de lazer e compras. Passou por 7 expansões, a última delas incluiu novas lojas e um centro médico de alto padrão, que somam mais de 50 clínicas especializadas. O Barra Shopping tornou-se um dos maiores polos de comércio e serviços do país. Com uma área bruta locável de mais de 70.000 m² o shopping conta com uma área de estacionamento com mais de 6.000 vagas (figura 12). (Multiplan, 2020)



Figura 12: Estacionamento BarraShopping

Fonte: <https://www.skyscrapercity.com>

(acesso: 28/16/2020 às 17:21 h)

4 Estudo de caso estacionamento do Barra Shopping

4.1 Metodologia

A fim de propor uma metodologia para o estudo de caso desta pesquisa, foram pensadas técnicas de acordo com a complexidade do fenômeno estudado, que envolve escalas da organização climática, desde a regional até microclimas, como também a organização do espaço

Etapa 01 - Entendimento do problema

Os parâmetros pensados para o entendimento das ilhas de calor reúnem diversas informações. Inicialmente deverá ser realizada uma análise comparativa dos dados, obtida através de instituições oficiais. Imagens termais tiradas por satélites, comparadas ao mapa de uso do solo para se verificar os pontos onde ocorrem maior foco de calor.

Uma vez constatado o problema, visitas ao local devem ser realizadas para obter, mas informações, iniciadas por um levantamento fotográfico para registrar a situação atual. Logo após deve ser realizado um levantamento dos materiais de recobrimento verificando quais serão retirados e quais permanecerão.

Para um melhor entendimento do comportamento dos materiais, é necessário realizar a medição das temperaturas durante no mínimo 1 ano. As medições podem ser realizadas por meio de termômetros fixos, imagens termais por satélite ou drone, ou termômetros industriais infravermelho. Um outro ponto que deve ser levado em consideração são os locais de execução das medições. Deverá ser feita uma malha, e a quantidade de pontos será determinada de acordo com o tamanho do estacionamento.

Etapa 02 – Levantamento das soluções

A etapa 02 consistirá em uma pesquisa das soluções para a mitigação. Uma pesquisa de referência no mercado deve ser feita para avaliar materiais com pouca capacidade de armazenamento e maior dissipação de calor. Deve se levar em consideração também a viabilidade, efetividade e estética. Uma vez que as soluções cumpram estes requisitos, deverão ser levantados orçamentos dos materiais e mão de obra, por no mínimo 3 empresas diferentes.

Etapa 03 – Desenvolvimento das soluções

Tendo as soluções sido decididas, é hora de desenvolvê-las no local. Antes de implementá-las, deve ser avaliado o melhor local de implantação de cada solução. Um ponto importante abordado nas bibliografias, é a combinação das soluções que se mostram mais efetivas. Mudanças no piso, associadas a instalação de coberturas, tendem a ser mais eficientes no resfriamento do entorno.

Devido a pandemia não foi possível seguir todos os pontos da metodologia listada anteriormente. Para o presente trabalho, inicialmente foi feita uma análise do mapa de uso do solo do bairro da Barra da Tijuca juntamente com imagens termais retiradas dos satélites da série LandSat e um levantamento do histórico das temperaturas para se verificar o aumento de calor no bairro através dos anos.

Depois de definido o local de intervenção, passou-se para a fase de visitas, que consistiram em elaboração de inventário fotográfico para identificar os materiais existentes, e na medição das temperaturas em 4 pontos distintos, durante 2 meses, para verificar o comportamento dos materiais através dos dias.

O passo seguinte foi procurar formas mais efetivas de mitigação. Analisando a bibliografia anteriormente revisada, deu-se prioridade a tipos de recobrimentos naturais, porosos e de cor mais clara juntamente com coberturas que bloqueassem parcial ou totalmente a radiação emitida.

A partir da definição das soluções, devem ser pensadas formas de relação entre elas. A parte superior do estacionamento se revelou propícia para a instalação das placas solares devido ao subsolo existente. A solução de mudança dos pisos, foi adotada para todo o perímetro do shopping. Visto que a geometria dos pisos é

irregular, pode ser um pouco difícil utilizar saltos, porém, esta pesquisa, teve como objetivo a mitigação do fenômeno das ilhas de calor.

Para a parte inferior do estacionamento (Nível Lagoa) foram pensadas ampliações das áreas verdes, aumento da arborização e implantação das coberturas em lona verde, aumentando a área de sombreamento do local e consequentemente diminuindo a temperatura de superfície e do ar.

4.2 Entendimento do Problema

Situado entre as duas principais avenidas do bairro (Avenida das Américas com Avenida Ayrton Senna), o shopping possui localização estratégica tanto para quem vem da Zona Norte quanto, Zonas Sul e Oeste. As pessoas que tem a possibilidade acabam optando pela utilização dos automóveis para se locomover pois o transporte público do bairro não oferece o conforto e a segurança do veículo particular, logo, não é de se surpreender que ao logo nas primeiras horas do dia, grande parte do *estacionamento* do shopping já esteja ocupado, seja por clientes, empregados ou até mesmo donos dos consultórios, podendo esse número de ocupação aumentar ao longo do dia, e nos finais de semana, se tratando de umas das maiores atrações do bairro, (somente perdendo para a praia nos dias ensolarados) atingir todo seu potencial.

O estacionamento do Barra Shopping (figura 13) divide-se em dois níveis: o setor Américas - setor nivelado com a Avenida das Américas que recentemente sofreu uma expansão e agora conta com um subsolo - e o setor Lagoa, localizado na parte posterior do shopping e que tem como acesso a Av. Luís Carlos Prestes, próxima a lagoa da Tijuca.

Ao fazermos uma breve análise do shopping através de fotografias de satélite, é possível observar que a maior parte do perímetro é recoberta por manta asfáltica. Com relação à vegetação, o trecho américas se mostra escasso, apenas contando com pouca quantidade de vegetação rasteira, que influencia no acúmulo de calor no perímetro do estacionamento. Já no trecho lagoa, temos uma quantidade maior de árvores, porém, não se mostram efetivas.

Depois da avaliação por satélite, foi a vez de ir ao local. Foram feitas diversas aferições, a fim de constatar o fenômeno. As medições foram feitas sempre nos

mesmos locais, para fazer a comparação das diferentes temperaturas encontradas no local. Primeiro analisamos a temperatura do asfalto exposto ao sol e o asfalto sombreado, depois seguimos para uma área de intertravado, próxima a nova expansão shopping, e por último fizemos a medição do solo com recobrimento natural, sombreado. As medições foram colocadas em uma tabela (ver tabela 03) indicando o dia em que as temperaturas foram conferidas, o material de recobrimento do solo, a cor da legenda pertencente e por último a temperatura registrada.



Figura 13: Imagem aérea do estacionamento do Barrashopping

Fonte: Googlemaps

(acesso: 05/12/2020 às 16:21 h)

Tabela 3: Aferições no estacionamento do BarraShopping

DIA	MATERIAL	LOCAL	°C
14/12/2020	ASFALTO EXPOSTO SOL		61 C*
	ASFALTO SOMBREADO		39 C*
	INTERTRAVADO EXPOSTO		40 C*
	GRAMA (SOMBREADA)		30 C*
15/12/2020	ASFALTO EXPOSTO SOL		58 C*
	ASFALTO SOMBREADO		33 C*
	INTERTRAVADO EXPOSTO		36 C*
	GRAMA (SOMBREADA)		28 C*
16/12/2020	ASFALTO EXPOSTO SOL		58C*
	ASFALTO SOMBREADO		37 C*
	INTERTRAVADO EXPOSTO		39 C*
	GRAMA (SOMBREADA)		26 C*
17/12/2020	ASFALTO EXPOSTO SOL		55 C*
	ASFALTO SOMBREADO		38 C*
	INTERTRAVADO EXPOSTO		41 C*
	GRAMA (SOMBREADA)		32 C*
14/01/2021	ASFALTO EXPOSTO SOL		57 C*
	ASFALTO SOMBREADO		33 C*
	INTERTRAVADO EXPOSTO		37 C*
	GRAMA (SOMBREADA)		30 C*
15/01/2021	ASFALTO EXPOSTO SOL		52 C*
	ASFALTO SOMBREADO		28 C*
	INTERTRAVADO EXPOSTO		30 C*
	GRAMA (SOMBREADA)		19 C*
16/01/2021	ASFALTO EXPOSTO SOL		66 C*
	ASFALTO SOMBREADO		40 C*
	INTERTRAVADO EXPOSTO		44 C*
	GRAMA (SOMBREADA)		33 C*
17/01/2021	ASFALTO EXPOSTO SOL		64 C*
	ASFALTO SOMBREADO		45 C*
	INTERTRAVADO EXPOSTO		49 C*
	GRAMA (SOMBREADA)		31 C*

Fonte: Autor

Portanto, diante do quadro geral descrito até aqui e os elementos específicos do estacionamento do Barra Shopping, as propostas serão norteadas a partir de 4 ações centrais que se desdobram em ações gerais e específicas.

4.3 Desenvolvimento do estudo de caso

4.3.1 Soluções para pisos

A primeira alternativa para a mitigação é a substituição da pavimentação existente por soluções que permitam a permeabilidade do solo, e diminuam a absorção de calor. Quanto mais escura a cor dos pavimentos, menor é a capacidade de refletância solar. Pavimentos mais escuros, possuem em média a refletância solar em 25%, podendo chegar a temperaturas de 65°C ou mais sob o sol de verão. Pavimentos mais frescos, possuem temperaturas reduzidas em 15°C ou mais (Asaeda et al, 2000).

A partir disso optamos por um piso intertravado na circulação de veículos. A escolha justifica-se por dois motivos: O primeiro porque o bloco de cimento intertravado por ser mais claro, comparativamente ao asfalto acumula pouco de calor. Eles ainda podem resfriar mais, adicionando a sua mistura agregados e aglutinantes de cor mais clara, podendo alcançar uma refletância solar de até 80% (Levinson e Akbari, 2001).

Os blocos de concreto intertravados, são blocos pré fabricados, que juntos podem formar diferentes tipos de desenhos. Os blocos maciços e segmentados, são feitos para suportar grandes cargas, uma vez que o formato do intertravado ajuda na distribuição do peso pelos blocos. Eles estão disponíveis em diversos formatos e cores (figura 14).

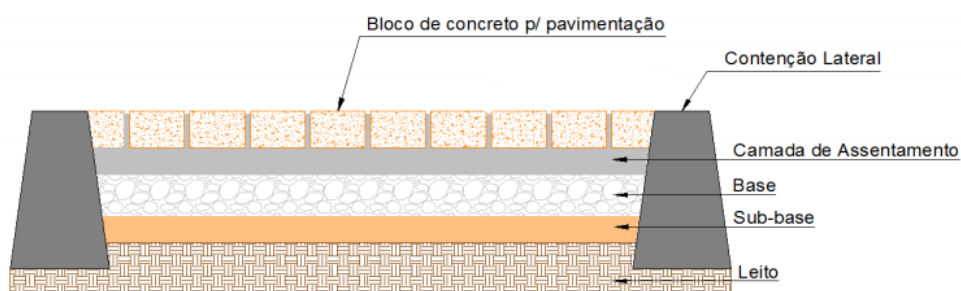


Figura 14: Esquema de assentamento do intertravado

Fonte: SINAPI- Caixa

(acesso: 05/12/2020 às 16:21 h)

Na área das vagas, por sua vez, recomenda-se a instalação do pisograma (figura 15). Por serem uma mistura de blocos de concreto vazado com uma parte de grama no meio, os blocos de pisograma são uma ótima escolha para a área das vagas. Conforme dito antes, o concreto possui maior reflexividade e é mais poroso favorecendo trocas de calor mais rápidas. Alia-se a isso a permeabilidade da terra, permitindo que a água das chuvas entre e esfrie o solo mais rapidamente. De acordo com o fabricante, o pisograma deve ser aplicado sobre uma camada de 4 a 6 cm de espessura acima do solo original, e o preenchimento dos quadriláteros devem ser preenchidos com terra vegetal até a borda superior e a seguir serem recobertos com grama.

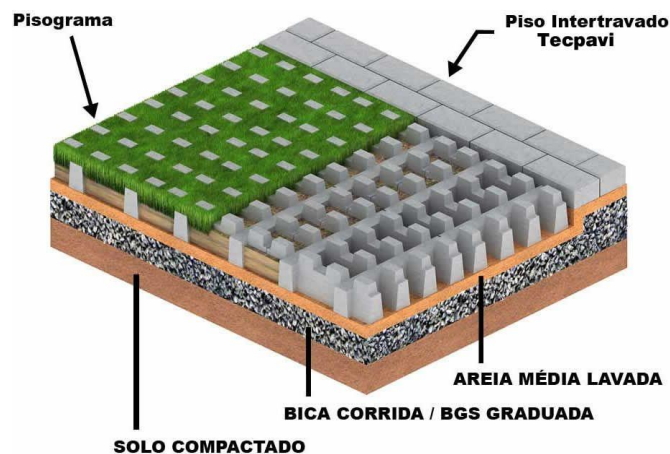


Figura 15: Corte esquemático da pavimentação em pisograma

Fonte: SINAPI- Caixa

(acesso: 05/12/2020 às 17:36 h)

De acordo com dados de fornecedores, os blocos de concreto intertravados são instalados sobre uma base de agregados convencionais sobre a qual é inserida uma camada de leito de areia. A instalação não necessita de areia ou argamassa para a fixação dos blocos, devido aos justos encaixes que as peças proporcionam, sendo assim eles podem ser facilmente removidos para reparos ou para substituição. Por serem de fácil remoção, podem ser reaproveitados.

Estimativas de custo

A fim de quantificar e tornar essas soluções viáveis ao shopping, foi verificado o custo de implementação de cada uma. Foi consultada uma empresa X (tabela 4) para saber o custo dos valores de material e mão de obra. Sendo assim, optou-se por dividir o projeto em fases, dividindo assim os custos em porções menores. A primeira fase é o estacionamento que fica no nível Américas (figura 18), com uma área de aproximadamente 18.000 m² de intertravado, e 10.600 m² de pisograma na área das vagas.

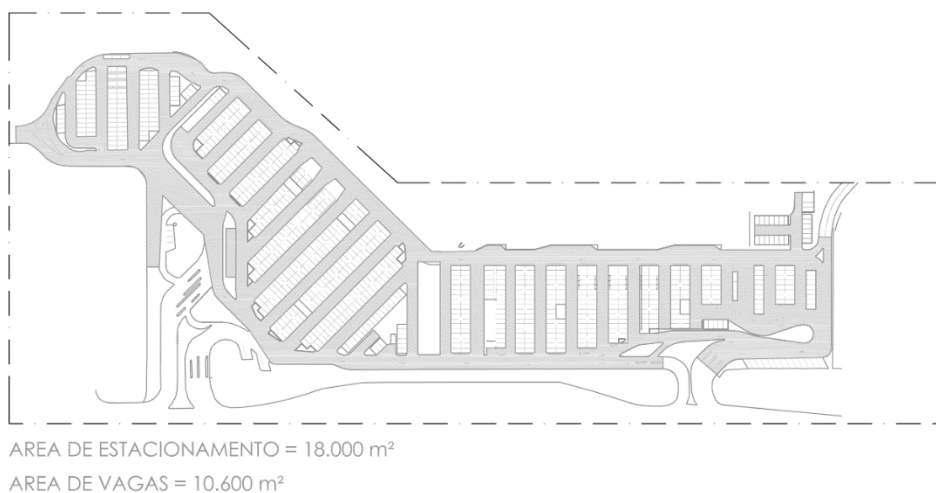


Figura 16: Estacionamento BarraShopping Nível Américas

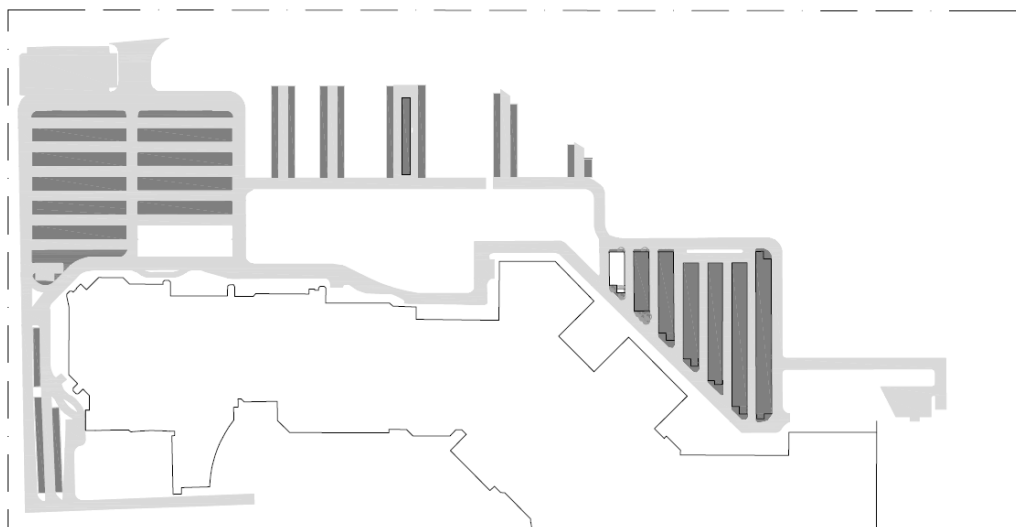
Fonte: Barra Shopping, adaptado pelo autor

Tabela 4: Custos e materiais da Fase 01

	MATERIAL	MATERIAL M ²	MÃO DE OBRA	TOTAL	ÁREA SHOPPING	TOTAL
FASE 01	INTERTRAVADO	R\$ 30,00	R\$ 40,00	R\$ 70,00	18.000 M ²	R\$ 1.260.000,00
	CONCREGRAMA	R\$ 45,00	R\$ 40,00	R\$ 85,00	10.600 M ²	R\$ 901.000,00
	TOTAL FASE 01					R\$ 2.161.000,00

Fonte: Autor

A fase 02 compreende a instalação dos pisos no estacionamento do nível Lagoa (figura 17). A área em questão possui uma metragem superior ao da fase 01, e conseqüentemente um custo mais elevado, podendo ser desmembrada se necessário em mais uma fase. A seguir foi inserido na tabela a metragem quadrada a fim de obter o valor total da fase (tabela 5).



ÁREA DE ESTACIONAMENTO = 34.000 m²

ÁREA DE VAGAS = 12.000 m²

Figura 17: Estacionamento BarraShopping Nível Lagoa

Fonte: Barra Shopping, adaptado pelo autor

Tabela 5: Custos e materiais da Fase 02

FASE 02	MATERIAL	MATERIAL M ²	MÃO DE OBRA	TOTAL	ÁREA SHOPPING	TOTAL
	INTERTRAVADO	R\$ 30,00	R\$ 40,00	R\$ 70,00	34.000 M ²	R\$ 2.380.000,00
CONCREGRAMA	R\$ 45,00	R\$ 40,00	R\$ 85,00	12.000 M ²	R\$ 1.020.000,00	
TOTAL FASE 02						R\$ 3.400.000,00

Fonte: Autor

4.3.2 Soluções para coberturas

Placas fotovoltaicas

Uma medida geral prevista é a instalação de painéis fotovoltaicos no estacionamento do Shopping. Para quantificar o volume de painéis necessários para abastecer o Shopping, devemos ter uma estimativa de gastos com a conta de luz. De acordo com a empresa responsável por construir a usina elétrica do Village Mall, a área disposta para a construção do complexo, foi de 240 mil m², o equivalente a 24 campos de futebol. Segundo a empresa, o empreendimento será responsável por 100% do abastecimento energético do Shopping e proporcionará uma economia de 5,5 milhões por ano, sendo assim, faz-se uma conta inversa para se ter uma média dos meses:

$$5.500.000 / 12 \text{ meses} = \text{R\$ } 459.000$$

Notavelmente o espaço físico do BarraShopping é superior. Ao fazer uma comparação de suas Áreas brutas locáveis (ABL) Sua estrutura é em média 3 vezes maior (77.268 m², contra 26.888 m²) do que a do VillageMall (Multiplan, 2012). Adotando o triplo da média do VillageMall, consegue-se chegar em um valor aproximado da conta de luz do Barrashopping.

$$459.000 \times 3 = \text{R\$ } 1.377.000$$

De acordo com dados do fornecedor, uma placa fotovoltaica de 400 W gera energia equivalente a 50 KW/h mês. Adotando o valor da energia em 1 real = 1KW/h pelo valor gerado, divide-se o valor achado pela geração de placas para poder-se estimar a quantidade de placas fotovoltaicas necessárias para abastecer o Shopping:

$$1.377.000 / 50\text{KW/h} = 26.740 \text{ placas Solares}$$

Esta solução foi pensada para os dois níveis (ver figuras 18 e 19). A fim de melhorar a temperatura de superfície do local, propõe-se a criação de uma cobertura com painel de placas fotovoltaicas. Os painéis fotovoltaicos auxiliam na geração de energia para o próprio shopping e conseqüentemente abrigam os automóveis do sol excessivo. Com isso, temos a proteção dos veículos, a geração de economia de energia elétrica. Como consequência, o resfriamento do entorno do shopping que pode, por sua vez, reduzir a demanda do uso dos aparelhos de ar condicionado. Neste trecho a existência de um subsolo impede a colocação de árvores com copas frondosas, por isso descartamos o uso de vegetação. Visto que o presente trabalho tem como objetivo a mitigação das ilhas de calor, e o benefício da eficiência energética e mais um ponto positivo, optou-se por limitar a área dos painéis, conseguindo instalar o total de 7.343 placas solares, produzindo um total de 367.150 KW/h por mês. Uma sugestão para o aumento da economia de eletricidade, seria a implantação das placas no telhado, visto a área construída do Shopping.

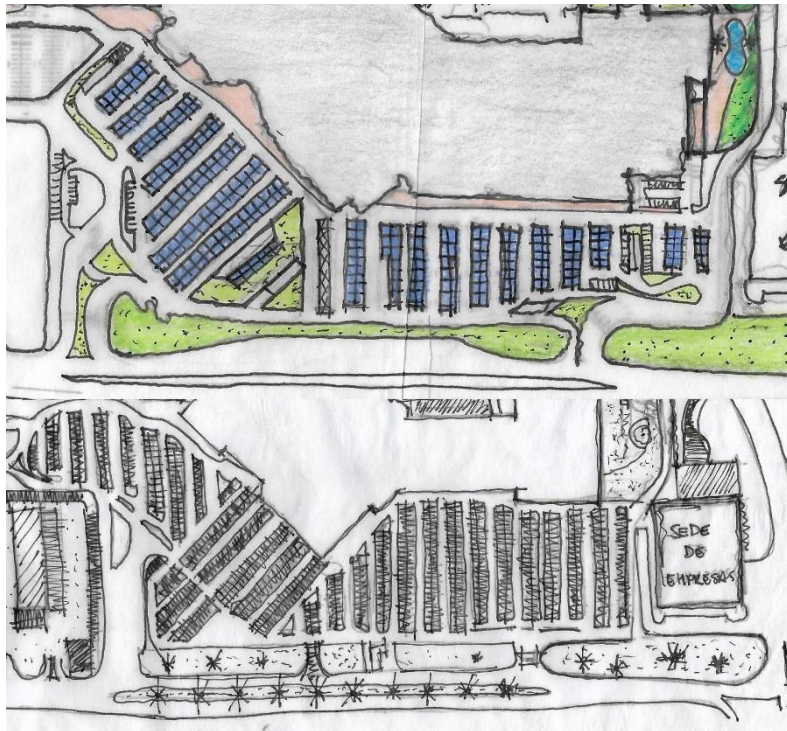


Figura 18: Croquis estacionamento Nível Américas

Legenda: Desenho preto e branco: antes/ desenho colorido: depois

Fonte: Autor

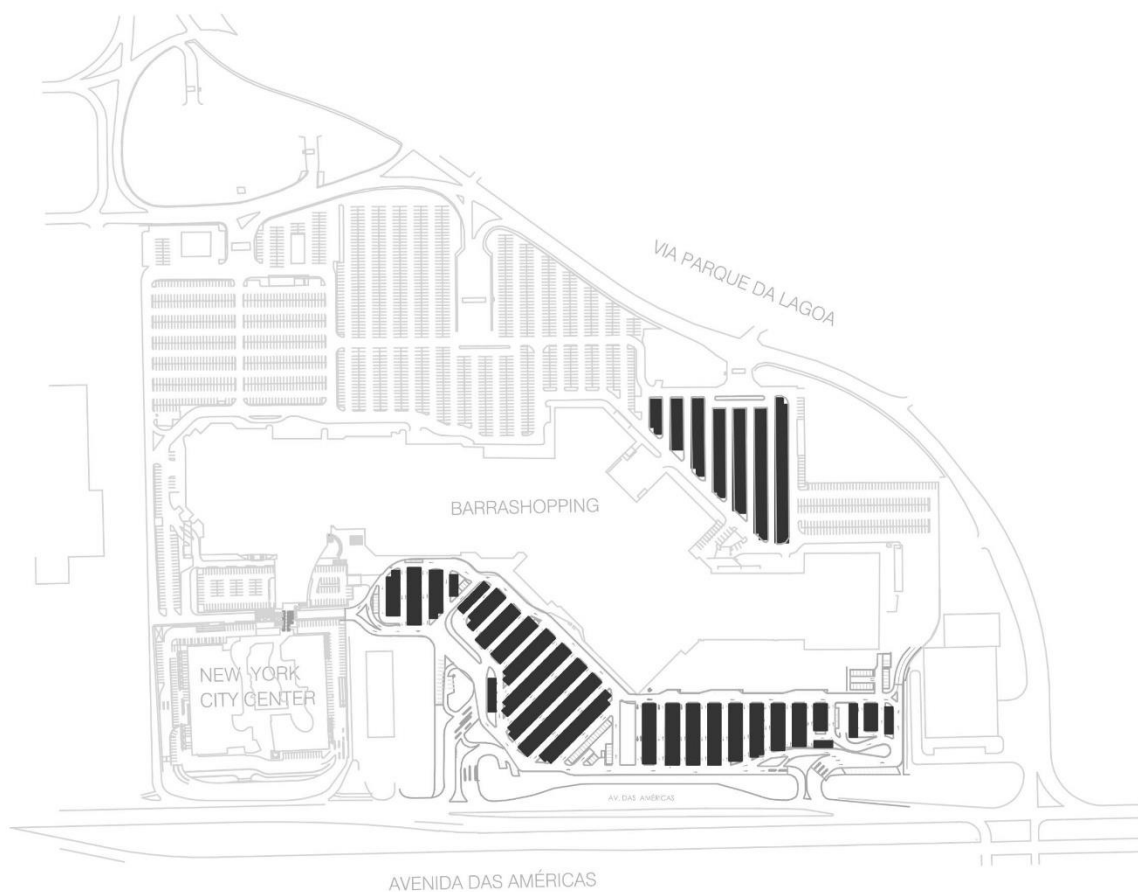


Figura 19: Implantação das células fotovoltaicas no Shopping

Fonte: Autor

Estimativa de custo e Payback

Como dito anteriormente, considerando o valor da energia em 1Kw/h = 1 real, conseguimos o abatimento na conta de aproximadamente 367.150 reais. Visto que o custo para a implantação de um kit com as especificações acima, custa em média 1.500,00 reais, o valor total de implantação do sistema seria aproximadamente R\$11.000.000. Dividindo o valor encontrado teremos o payback em:

$$11.000.000 / 367.150 = 30 \text{ meses}$$

A prática de instalação de painéis vem se tornando mais frequente a cada dia. A Universidade Federal do Paraná em Curitiba implantou a maior usina fotovoltaica em carport (Sobre estacionamento) do Brasil (figura 20). Foram instalados 2.376 painéis sobre as 375 vagas do estacionamento do setor de Ciências Biológicas, além de outros 538 painéis sobre os prédios de Engenharia Química e Elétrica. O sistema terá uma capacidade de produção energética de 1,3 mil MWh/ ano, a estimativa é que a faculdade economize a soma de 1,5 milhão com energia (UFPR; 2020).



Figura 20: Estacionamento UFPR

Fonte: <https://www.ufpr.br>

(acesso: 05/01/2021 às 17:21 h)

Lonas tensionadas para estacionamento

Outra cobertura adotada foram as lonas tensionadas. Essas membranas permitem a passagem parcial da luz, bloqueando as radiações vermelha e ultravioleta. Parte da Luz do sol é refletida quando atinge a membrana (30% a 75%), parte é absorvida (10% a 60%) e a outra parte penetra no espaço coberto (5% a 20%), podendo estas porcentagens variarem de acordo com as cores escolhidas (Santomauro; 2008). Além de filtrar a luz solar incidente nos carros, podemos citar como pontos positivos:

- Fácil limpeza
- Durabilidade (em média 5 anos)
- Instalação fácil e rápida

De acordo com dados do fabricante, as tramas do polímero permitem a circulação do ar, o que permite uma significativa redução das temperaturas (entre 9°C e 12°). Para quantificar este tipo de cobertura, entramos em contato com uma empresa Y, responsável pelo orçamento que teve como base a cobertura de 4,3 e 2 vagas. Tendo em mãos o custo das coberturas, o passo seguinte foi calcular a quantidade de módulos utilizados no projeto (tabela 6), a fim de obter o valor total gasto com a solução.

Tabela 6: Material e mão de obra dos sombreadores

SOMBREADORES	
QTD VAGAS	Material + Mão de Obra
4 vagas	R\$ 9.116,60
3 Vagas	R\$ 7.354,90
2 vagas	R\$ 4.938,30

Fonte: Autor

As medidas foram pensadas para o trecho do estacionamento nível lagoa. Além das outras medidas de substituição de pisos já citadas, foi proposto o alargamento dos canteiros, assim há a possibilidade de inserir árvores de copas maiores. O uso combinado das árvores com as coberturas aumenta o sombreamento,

diminuindo a temperatura de superfície dos materiais de revestimento do solo (figura 21).



Figura 21: Instalação dos sombreadores

Fonte: Autor

Estimativa de custo

Os locais escolhidos para a instalação das lonas foram a parte do estacionamento VIP e parte das vagas remanescentes (figura 22). Com base no orçamento recebido da empresa, foi possível quantificar a quantidade de módulos de 4, 3 e duas vagas a serem utilizados nas áreas em questão (tabela 7).

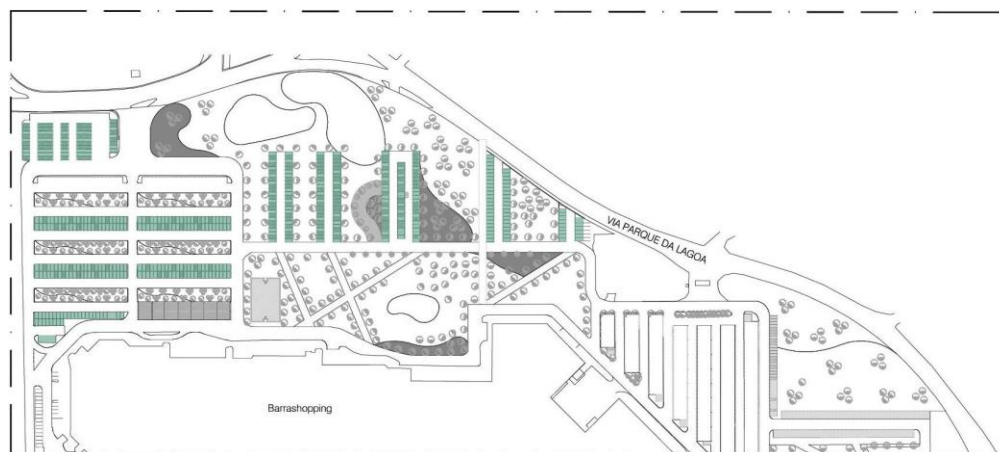


Figura 22: Áreas destinadas aos sombreadores

Fonte: Autor

Tabela 7: Quantitativo dos sombreadores

SOMBREADORES			
Sombreador	Material + Mão de Obra	QTD	Valor (R\$)
4 vagas	R\$ 9.116,60	90	R\$ 820.494,00
3 Vagas	R\$ 7.354,90	21	R\$ 154.452,90
2 vagas	R\$ 4.938,30	1	R\$ 4.938,00
TOTAL			R\$ 979.884,90

Fonte: Autor

4.3.3 Inclusão de áreas verdes e bicicletário

Neste processo sugerimos a inclusão de áreas verdes que possam ter uso pelos frequentadores do shopping, tendo em vista sua contribuição com a qualidade de vida e ambiental, ajudando diretamente na redução da temperatura nas cidades. Árvores, arbustos, recobrimentos naturais, telhados verdes, vegetação vertical, reduzem a incidência de radiação de ondas curtas e também a reflexão incidente nas paredes, vias e superfícies urbanas, conforme vão sombreando-as. O sombreamento proveniente destes elementos, reduzem a temperatura das superfícies especialmente no verão (Robitu et al, 2006), e como resultado, as radiações de ondas longas emitidas por estas superfícies são reduzidas, esquentando menos o entorno.

A vegetação não somente influencia o microclima pelo sombreamento, mas também devido a evapotranspiração, que é a soma da evaporação da água, interceptada pela vegetação, solo, pavimentação ou superfícies construídas. O efeito combinado da evapotranspiração e do sombreamento, levam a temperaturas mais baixas do ar durante os dias de verão. Diversos estudos apontam efeitos de resfriamento local em média 5°C para vários tipos de arborização urbana, incluindo parques, ruas com árvores e fachadas verdes (Taha et al.,1988). O efeito de resfriamento depende do tamanho da área verde. Quanto maior for a área, maior será o arrefecimento. Estima-se que há em média uma redução de 1°C a cada 100m² de área verde (Dimoudi & Nikopoulou, 2003).

Visto que um dos principais problemas dos shoppings é a falta de vegetação - que contribui para o aumento da temperatura de superfície no local - e diminui a permeabilidade do pavimento, recomendamos que se aumente a quantidade de áreas verdes no local uma vez que essas são responsáveis por bloquear parte da radiação

solar que incide na superfície terrestre. Abaixo, (figuras 23, 24 e 25) podemos visualizar melhor o croquis conceitual do estacionamento do nível Lagoa.

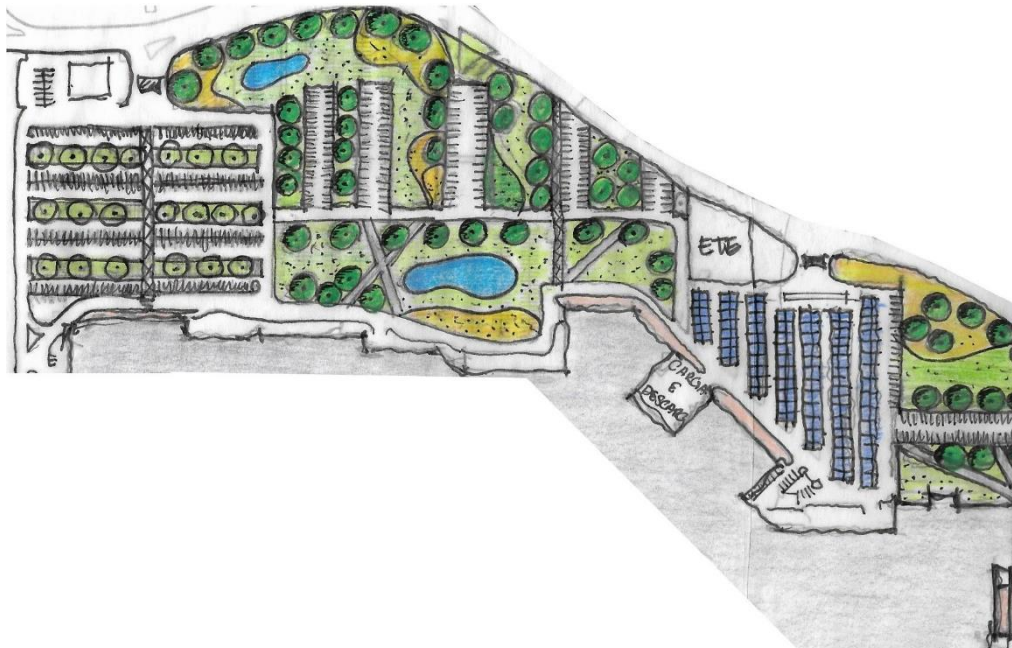


Figura 23: Proposta conceitual estacionamento nível Lagoa

Fonte: Autor

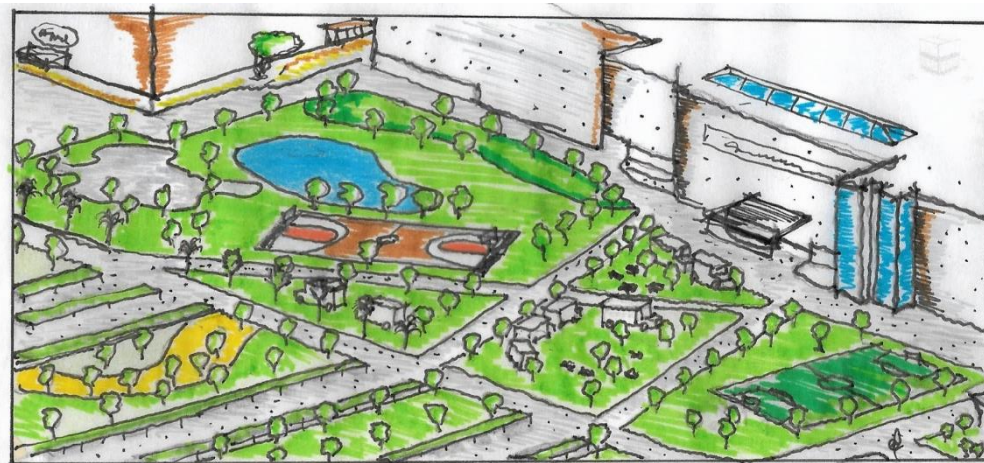


Figura 24: vista do estacionamento nível Lagoa

Fonte: Autor

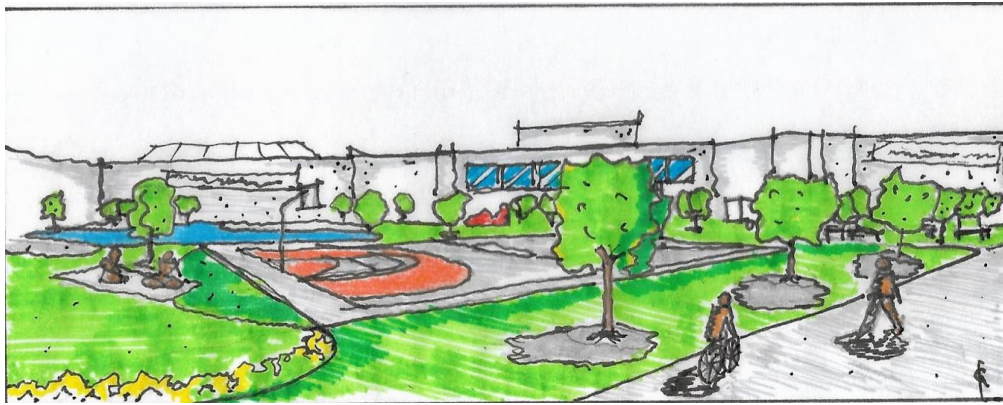


Figura 25: vista do estacionamento nível Lagoa

Fonte: Autor

É evidente o valor da água para a evapotranspiração. Com uma quantidade de água disponível, às diferenças nas temperaturas máximas entre superfícies naturais (vegetação) e construídas, podem atingir 20°C em tempo quente (Herb et al., 2008). Com o tempo úmido, estas diferenças são ainda menores, desde que as superfícies tenham água disponível para a evaporação. (Berthier et al., 2006; Herb et al., 2008).

Para que ocorra a mitigação das Ilhas de calor, é necessário repensar os estacionamentos como são hoje. Um exemplo disso é o projeto criado pelo Studio NAB, o Car Parks 2.0, um espaço ecológico criado em um estacionamento de um supermercado, que repensa as áreas de estacionamento tradicionais e as transforma em um local mais sustentável (figuras 26, 27 e 28). Para transformar o estacionamento em um local sustentável, o escritório transformou os revestimentos estéreis do solo em espaços verdes autônomos, reciclando o asfalto das áreas em terrenos naturais, reintroduzindo a biodiversidade. Foram destinadas áreas para o plantio da agricultura, dando às pessoas a opção de alugar ou vender espaços de plantio. (Archdaily, 2019).

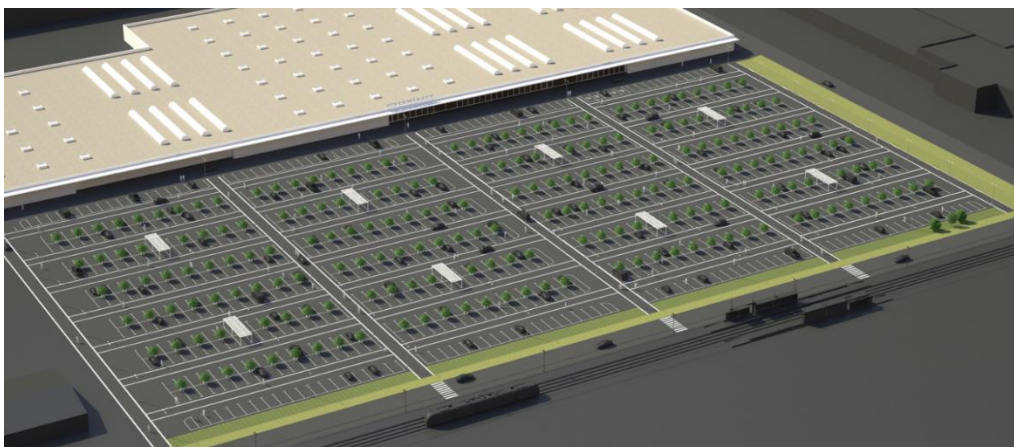


Figura 26: Estacionamento antigo do Supermercado

Fonte: Autor

(acesso em: 26/03/2021 às 12:23 h)



Figura 27: Proposta Carparks 2.0

Fonte: Archdaily

(acesso em: 26/03/2021 às 12:23 h)



Figura 28: Perspectiva Carparks 2.0

Fonte: Archdaily

(acesso em: 26/03/2021 às 12:23 h)

Uma outra sugestão para auxiliar na mitigação das Ilhas de Calor, seria o aumento dos bicicletários. Hoje são poucas as ofertas de vagas para guardar as bicicletas no local. Ao aumentarmos essa possibilidade, incentivamos os moradores das redondezas a optarem pelas bicicletas ao invés de automóveis, utilizando menos recursos e afetando menos o meio ambiente. (Gehl, 2015). Igualmente,

contribuímos para o desenvolvimento de hábitos mais saudáveis que podem gerar benefícios para a saúde e o bem estar dos usuários, e mesmo a redução de custos com o deslocamento.

4.4 Análises e conclusões

Apresentadas as soluções no capítulo anterior, procuramos discorrer sobre as resoluções mais específicas para cada área do estacionamento, levando em consideração os pontos em que estão localizados e suas limitações. Vamos relacionar nossas soluções para as duas zonas de estacionamento do shopping, identificadas como nível Américas e nível Lagoa (figura 29).

Como dito anteriormente, as placas fotovoltaicas foram pensadas para o nível superior, devido ao subsolo construído na última expansão. A solução das placas aliada a troca dos pavimentos por pisos drenantes, garantiria ao Shopping não somente uma área de sombreamento maior, mas também uma redução nas temperaturas de superfície dos materiais devido as rápidas trocas de calor.

No segundo trecho de estacionamento (nível Lagoa), foi proposto o aumento das áreas verdes, fazendo com que as temperaturas dos pavimentos diminuam, pois como antes mencionado, a pavimentação natural absorve menos radiação de ondas curtas, fazendo com que o solo natural não superaqueça. Essa diferença de temperatura pode diminuir ainda mais se inseridas árvores para sombrear o local. Localizado próximo a nova expansão do BarraShopping (kids park), foi proposta a supressão de parte das vagas para que seja a interligação da área do kids park com uma extensa área verde, propício para a realização de eventos ao ar livre. Mantivemos algumas vagas para que o parque seja mais acessível para todos. - Essas vagas podem ser de uso sugerido para gestantes e pessoas com crianças, além daquelas com dificuldades de mobilidade. Independente das vagas exclusivas conforme legislação específica.



Figura 29: Setorização Shopping

Fonte: Google Maps

(acesso em: 28/03/2021 às 22:38 h)

Outra recomendação é inserir árvores na área do Kids Park (figura 30) com o objetivo de fornecer sombra aos brinquedos. Por ser uma área que fica localizada na parte leste do shopping, nos dias de muito sol sofre incidência de calor excessivo na parte da manhã e da tarde, podendo ser utilizada somente na parte da noite quando grande parte do calor armazenado foi dissipado.



Figura 30: Kids park atualmente

Fonte: BarraShopping

(acesso em: 28/03/2021 às 22:38 h)

Como este trecho está localizado na parte inferior do shopping (nível lagoa), propomos a inserção de árvores com grandes copas, aumento da área verde inserindo paisagismo tornando-a mais atraente. Ainda no segundo trecho na parte vizinha ao parque, mantivemos configuração similar à do trecho um, inserindo placas fotovoltaicas na cobertura dos estacionamentos, e preservando vagas para quem ainda quiser optar pelo carro (figura 31).

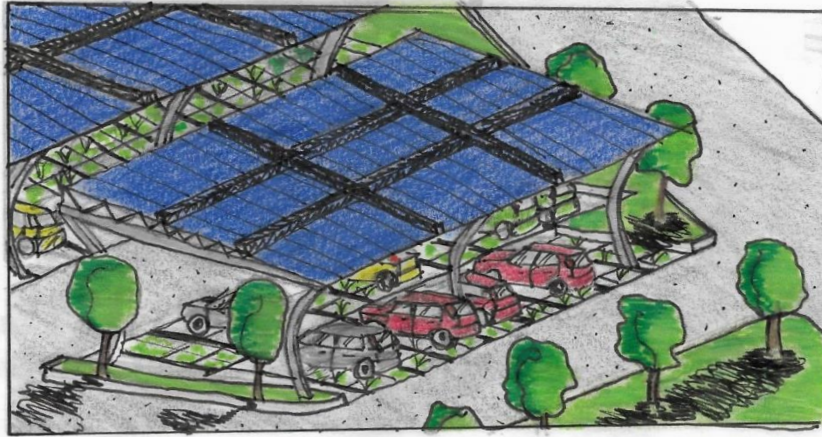


Figura 31: Croquis da Proposta células fotovoltaicas no estacionamento nível lagoa

Fonte: Autor

Por fim, a área de maior impacto - nos arredores estacionamento VIP - onde foram propostos os aumentos de das áreas verdes, espelhos d'água, sombreadores de veículos, fazendo com que as temperaturas das superfícies e consequentemente as de entorno diminuam também. na figura abaixo, foi elaborado um resumo com todas as áreas abordadas, e as respectivas soluções para cada uma.

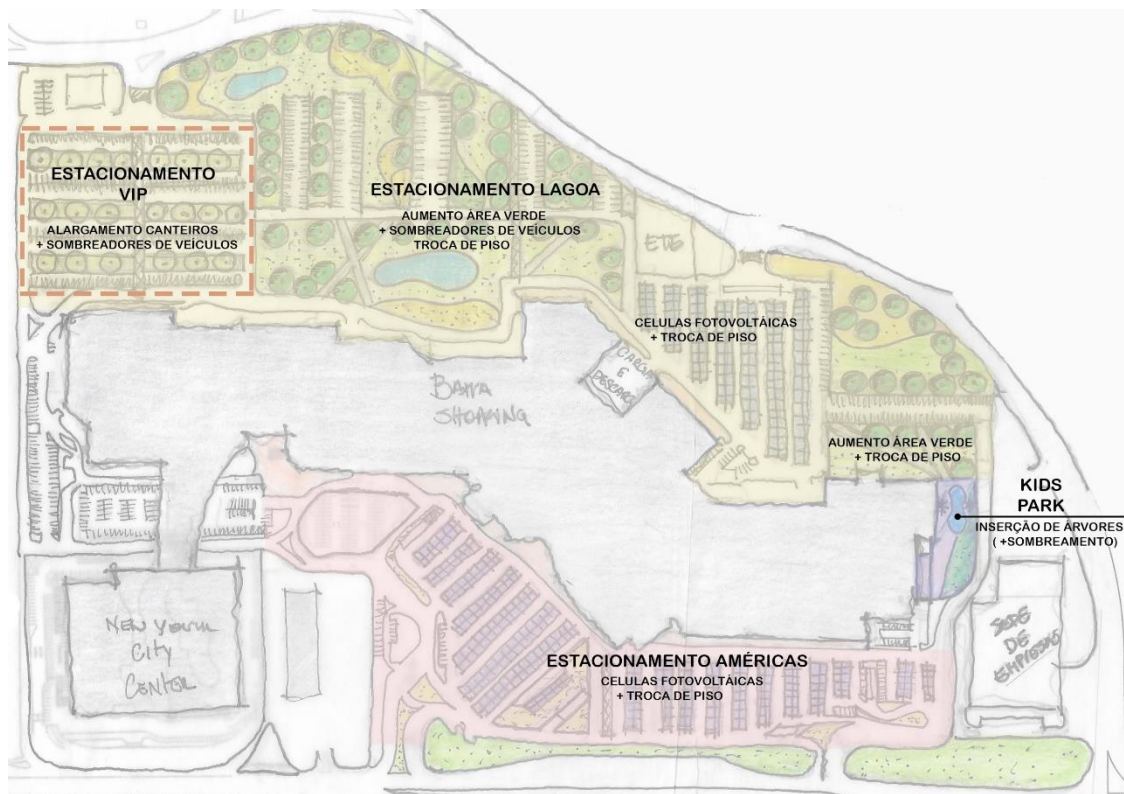


Figura 32: Resumo das intervenções propostas

Fonte: Autor

5 Considerações Finais

As áreas urbanas estão suscetíveis a inúmeros problemas ambientais, estimulando propostas com o enfoque em novas soluções para estes grandes desafios. A ilha de Calor representa um dos problemas mais graves, no que diz respeito às mudanças climáticas em escala local.

Neste trabalho buscou-se explorar oportunidades a fim de promover a mitigação do fenômeno das Ilhas de calor no estacionamento do BarraShopping. Foi objeto de estudo o entorno imediato das áreas do shopping, espaço dedicado ao estacionamento dos veículos automotores.

No primeiro capítulo, buscou-se fazer uma apresentação do tema, analisando os conceitos de clima e seus fatores. Tratou-se também das escalas climáticas, item essencial a ser compreendido na análise das causas das ilhas de calor com foco na cidade do Rio de Janeiro. Foi descrito no capítulo, sobre o aumento de calor nas superfícies, efeitos das emissões de poluentes e substituição das camadas naturais do solo por materiais impermeáveis e suas altas capacidades de armazenamento térmico.

Logo após a consolidação da temática das Ilhas de Calor, passou-se para o percurso histórico do bairro, a fim de melhor entender o processo evolutivo de urbanização da Barra da Tijuca através dos anos, o Plano piloto elaborado por Lúcio Costa, assim como o surgimento dos primeiros centros de comércio e seus estacionamentos.

Após uma análise com base na identificação de áreas urbanizadas que apresentaram uma variação significativa na temperatura de superfície, utilizando imagens do satélite Landsat da série 5, 7, e 8 junto às visitas técnicas a fim de constatar o fenômeno no estacionamento. Sendo assim, foi escolhida a área do BarraShopping como área de estudo.

Logo após a escolha do local de trabalho, foi iniciado um estudo a fim de verificar as melhores soluções em pavimentação e cobertura para a problemática do

shopping. Como sugestão para a mitigação das elevadas temperaturas de superfície, foram escolhidos o Intertravado e o pisograma, pavimentos mais claros e também com maior permeabilidade, fazendo com que a absorção de calor seja menor, e que ocorram trocas mais rápidas entre o meio.

Após decidir o piso, foi a vez de estudar os tipos de cobertura eficientes. Para a redução de calor nos estacionamentos, foram escolhidas sombreadores para carros com lonas tensionadas, que absorvem cerca de 95% dos raios UV e diminuem cerca de 9°C a 12°C em relação à temperatura ambiente. A outra solução para a cobertura de veículos foram os painéis de células fotovoltaicas, que além de fornecer cobertura para os veículos ajudam na redução da demanda energética do Shopping.

Uma medida importante, foi o aumento da área verde do estacionamento e a inclusão de árvores no local. Aumentando o sombreamento, introduzindo áreas com coberturas frescas, consegue-se reduzir o consumo de energia, devido ao arrefecimento natural das construções. Essas ações quando multiplicadas, por uma comunidade, apresenta uma queda no consumo de energia de uma região. Como última medida para auxiliar na mitigação das ilhas de calor, foi proposto o aumento dos bicicletários na área do shopping, a fim de incentivar o público próximo da área e conseqüentemente a diminuição dos carros no local.

Com a mitigação do fenômeno, problemas relacionados ao calor, como estresse térmico, e complicações cardíacas são reduzidos. Problemas respiratórios como a asma são reduzidos devido a melhora do ar, e problemas decorrentes da exposição à luz solar, como o câncer de pele. No caso dos países tropicais, pode se notar a redução no desenvolvimento de novas pandemias.

A relação da cidade com o fenômeno das Ilhas de calor, se mostrou bastante complexa ao longo deste estudo, mostrando que não somente o entorno das edificações são importantes, mas também seus materiais de recobrimento, são responsáveis por grande parte do calor acumulado em seu interior.

Desta forma, considera-se como perspectiva de trabalho futuro o desenvolvimento de um estudo de viabilidade na mitigação das fachadas do Shopping bem como a viabilidade de soluções sustentáveis para o telhado, visando a diminuição das temperaturas, e a eficiência energética do Shopping.

6

Referências bibliográficas

ALCOFORADO, M.J.; ANDRADE, H - *Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modelling attempts*. Theoretical and Applied Climatology, 84:p39-52 , 2006.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. *Modelagem da ilha de calor urbana para cidade pequena (Rancharia-SP) a partir de imagens do satélite Landsat 7 e de medidas da temperatura do ar*. Em: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa

STOUHI, D. *Sustainable Parking Space for an Eco-Responsible Generation*. **Archdaily**, 27 out. 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com/927238/sustainable-parking-space-for-an-eco-responsible-generation>. Acesso em: 16 fev. 2021.

ARGAUD, L. Et al. *Short and long – term Outcomes of Heatstroke following the 2003 Heat wave in Lyon, France*, Estados Unidos, v.167, n.20, p. E1 – E7, ago.2007. Disponível em: www.archinternmed.com. Acesso em : 5 out. 2020.

Takashi A., Vu T. C., Akio W., *Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere*, *Atmospheric Environment*, v, 30, n. 3, P. 413-427, 1996.

BERTHIER, E., DUPONT, S., MESTAYER, P.G. & ANDRIEU, H. *Comparison of two evapotranspiration schemes on a sub-urban site*. **Journal of Hydrology**, Jan, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169406000370> >. Acesso em: 20 nov 2020.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. *Cadernos técnicos de composições para pavimentos intertravados*. ed.004. [S. l.]: Jan 2017. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_754. Acesso em: 13 jan. 2021.

CAMARGO, Suzana. *Jardins verticais e telhados verdes servirão de base para compensação ambiental em São Paulo*. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticias/jardins-verticais-telhados-verdes-servirao-compensacao-ambiental-Sao-Paulo846689.shtml>. Acesso em: 07 de outubro de 2020.

CARDOSO, A. O Espaço do Capital: a Barra da Tijuca e a Grande Incorporação Imobiliária. *Resumos do III Encontro da Associação Nacional de Planejamento Urbano e Regional*, 1989.

DATA RIO. *O Rio visto do Espaço: Ilhas de Calor Urbano e Mudanças Climáticas*. Disponível em: <https://www.datario/datasets/5d9b36b0c4054369b39eb7bf6c2159d7>. Acesso em 7 out. 2020.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos- conforto ambiental*. Rio de Janeiro: Revan, 2003. 288p.

DIMOUDI, A., NIKOLOPOULOU, M. *Vegetation in the urban environment: Microclimatic analysis and benefits*. Energy and Buildings, v.35, n.1, p.69-76, 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778802000816?via%3Dihub>> Acesso em: 15 dez 2019.

DUARTE, D. *O clima urbano e o ambiente construído*. In: Gonçalves, J.; Bode, K. (org.). Edifício Ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Cap. 6, p. 155-179.

EPA, U. S.; Environmental Protection Agency. *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics*. 2008. Disponível online em: <<http://www.epa.gov/heatisland>>. Acesso em: 20 de novembro de 2020.

ESCH, M.P.V. *Designing the urban microclimate*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Ambiente Construído) – Faculdade de Arquitetura e Ambiente Construído, Departamento de Urbanismo, Universidade Tecnológica de Delft, 2015.

FERREIRA, Carlos Eduardo Nunes. *Barra da Tijuca: o presente do futuro*. 1. ed. Rio de Janeiro: E papers, 2014. 151 p.

GARTLAND, L. *Ihas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas* Oficina de Textos, 2010. 248p.

GEHL, J. *Cidade para pessoas*. 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 2015.

GIVONI, B. *Impact of planted areas on urban environmental quality: A review*. Atmospheric Environment. Part B, Urban Atmosphere, v.25 n.3-4, p.289-299,1991. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/095712729190001>> Acesso em: 10 Jan. 2019.

HERB, W.R, *et al*. *Ground surface temperature simulation for different land covers*. Journal of Hydrology, 356 n.3, 327-343, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169408002023>. Acesso em: 20 jan. 2020.

HOWARD, Luke. *The climate of London deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it*. Londres, 1833.

ICHINOSE, T.,H. , HANAKI, K. (1999). *Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo*. Atmospheric Environment n.33.1999. p 3898-3908. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/248343016_Impact_of_anthropogenic_heat_on_urban_climate_in_Tokyo/citation/download>. Acesso em: 05 jul. 2020.

JAUREGUI, E. Mexico city's urban heat island revisited. Erdkunde, Berlin, v. 47, 1993. p.185–195.

KURN, D.M., BRETZ, S.E., HUANG, B., AKBARI, H.. The potential for reducing urban air temperatures and energy consumption through vegetative cooling. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, American Council for an Energy Efficient Economy. Pacific Grove, Califórnia, mai. 1994. Disponível em: <<https://www.osti.gov/biblio/10180633-potential-reducing-urban-air-temperatures-energy-consumption-through-vegetative-cooling>> Acesso em: 8 mar. 2020.

LAETA Felipe de Brito T., PEREIRA CINTRA, D. e DO COUTO FERNANDES, M., 2015. Estudo de ilhas de calor na baixada de Jacarepaguá/RJ a partir do canal termal infravermelho termal do Sensor TM/LANDSAT 5. In: *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*. [online] Rio de Janeiro, pp.752 -758. Disponível em: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/06.27.18.52/doc/p0978.pdf>> Acesso em: 11 Out 2020.

LEVINSON, R., AKBARI H. *Effects of composition and exposure on the Solar Reflectance of Portland cement Concrete*. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, Califórnia. nov. 2002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884602008359>> Acesso em: 6 mai. 2020.

LOMBARDO, Magda Adelaide. *Ilha de Calor nas Metr p les: O exemplo de São Paulo*. 1. ed. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244 p.

LUCENA, Andrews José de. *A Ilha de calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. 2012. 357 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - COPPE/ Programa de Engenharia Civil- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SANTAMOURIS M.; “Appropriate materials for the urban environment” in: *Energy and climate in the urban built environment*. Asimakopulos Mat Santamouris ed.; 2001. 399 p.

MARTA, A. B. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. 4^a reimpressão. Brasília: Editora Unb, 2015. 226p.

MASCAR , L.; MASCAR , J. J. *Ambiência Urbana*. 3^a edi o, Porto Alegre: Masquatro Editora, 2009. 200p.

PREFEITURA DE MEDELLIN. *Medellin’s green corridors received a worldwide recognition*. Medellin, 15 out. 2019. Disponível em: <https://www.acimedellin.org/medellins-green-corridors-received-a-worldwide-recognition/?lang=en>. Acesso em: 9 fev. 2021.

MONTEIRO, C. A. F. E. *Estudio de los climas urbanos en las regiones tropicales de América del s u r: L a c o n t r i b u c i   n b r a s i l e   a*. Em : proceedings tech. conference urban climatology and its applications with special regard to tropical areas. Mexico City, Mexico, 1984. 22p.

MONTEIRO, C. A. F., MENDONÇA, F. *Clima urbano*. 2^a edi o, São Paulo: Contexto, 2015. 191p.

NATIONAL CENTRE FOR METEOROLOGICAL RESEARCH (França). *Urban Heat Island*. In: *Urban Heat Island*. S. l., 2014. Disponível em: <http://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article197>. Acesso em: 16 out. 2020.

NUCCI, José Carlos. *Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: Um estudo de ecologia e planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília*. 2. ed. Curitiba: Humanitas, 2008. 150 p.

OKE, T. R. *Boundary Layer climates*. 2 ed. London: Methuen, 1987.

OKE, T. R. *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observation at Urban Sites*. World Meteorological Organization. Relatório n  81. 2006.

PEREIRA SENA, C. A.; DE ALMEIDA FRANÇA, J. R.; PERES, L. F. *Estudo da Ilha de Calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro Usando Dados do*

MODIS. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 37, p. 111 - 122, 8 fev. 2014. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo>. Acesso em: 29 jan. 2021.

IPP- Instituto Pereira Passos. *Projeção Populacional 2013-2020 para a Cidade do Rio de Janeiro: uma aplicação do método AiBi*. Coleção de Estudos Cariocas, Rio de Janeiro, janeiro 2013.

INEA, Instituto Estadual do Meio Ambiente. *Projeto Olho no Verde: o uso de satélites no monitoramento do desmatamento no Estado do Rio de Janeiro.*, Rio de Janeiro, v. 5, ed. 1, jul./dez. 2017. Disponível em: www.inea.rj.gov.br > Estudos e Publicações >. Acesso em: 5 dez. 2020.

Renou, E. *Differences de Temperature entre Paris et Choisy-le-Roi*. *Annuaire Societé Meteorologique de France*. França, v.10, pg. 105 – 109, 1855.

Rezende, V., L. *O Plano Piloto para a Barra da Tijuca e Baixada de Jacarepaguá*. Rio de Janeiro: CREA-RJ, 2004

Robitu, M., Musy, M., Inard, C. & Groleau, D. *Modeling the influence of vegetation and water ponds on urban microclimate*. *Solar Energy*, v. 80, n 4, p. 435-447, ago. 2005.

ROMERO, M. A. B. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. Brasília: Editora Unb, 2013. 128p.

SANTAMOURIS, M. *Energy and climate in the urban built environment*. 1. ed. London: Routledge, 2001.

SANTOMAURO, Roberto. *Tensoestruturas - desde Uruguay*. Eduardo Folle-Chavannes. Montevideo, Uruguay, 2008.

SCHMIDT, Wilhelm. *A Distribuição da temperatura minima na noite gelada de 12 de Maio de 1927 no município de Viena*. *Progress in Agriculture* 2, 1929. Título Original: *Die Verteilung der Minimum temperature in der Frostnacht des 12 Mai 1927 om Gemeindegebiet von Wien*

Semenza JC, et al. *Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago*. *New England Journal Med*. 1996 Jul 11;335(2):84-90. doi: 10.1056/NEJM199607113350203..

SEWELLG.H. *Administração e controle da qualidade ambiental*. São Paulo. Editora Pedagógica e Universitária. 1978. p. 180-198.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística .Sinopse por setores. Sinopse do censo 2010- Densidade Demográfica Preliminar (Habitantes/ KM2). Disponível em: <https://censo2010;ibge.gov.br/sinopseporsetores/>. Acesso em: 17 jul. 2019.

Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A. & Huang, J. *Residential cooling loads and the urban heat island-the effects of albedo*. *Building and Environment*, V.23,n.4, p.271-283. 1988.

TARIFA, José Roberto; ARMANI, Gustavo. Unidades Climáticas Urbanas da Cidade de São Paulo. Em: *Atlas Ambiental do Município de São Paulo — FASE I*. São Paulo: Secretaria do Verde e do Meio Ambiente e Secretaria de Planejamento, Prefeitura Municipal de São Paulo, 2000.

UFPR. UFPR inaugura a maior usina fotovoltaica em universidade pública do Brasil. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 10 dez. 2020. Disponível em: <https://www.ufpr.br/portalufpr/noticias>. Acesso em: 25 fev. 2021.

US EPA. *Heat Island Impacts* / US EPA. [online] disponível em: <https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-impacts#_ftn4> [acesso em: 14 October 2020].

VIANNA, Elen; ROMERO, Marta. The process of formation of heat islands: a parallel between Brasilia and Singapore. 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island, 30-31 Mai e 1 Jun. 2016, National University of Singapore, Singapore.

MULTIPLAN. *Barrashopping: Ficha técnica*. [S. l.]:janeiro 2010. Disponível em: <https://www.multipplan.com.br/pt-br/shopping-centers/rio-djaneiro/barrashopping>. Acesso em: 20 jan. 2021.

MULTIPLAN. *Village Mall: Ficha técnica*. [S. l.]:janeiro 2012. Disponível em: <https://www.multipplan.com.br/pt-br/shopping-centers/rio-de-janeiro/villagemall>. Acesso em: 20 jan. 2021.

VUKOVICH, Fred. *An Analysis of the ground temperature and reflectivity pattern about St. Louis, Missouri, using HCMM satellite data*. Journal of Climate an Applied Meteorology, Missouri, ed. 22, p. 560-571, Jan. 1983. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/apme/22/4/15200450_1983_022_0560_aaotgt_2_0_co_2.xml?tab_body=pdf> Acesso em: 14 out. 2020.

WERNECK, D.R. *Estratégias de mitigação das ilhas de calor urbanas: estudo de caso em áreas comerciais em Brasília*. 2018. 118 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.