

ESCOLA LOURENÇO CASTANHO

EFEITOS POTENCIAIS DO ALBEDO EM UM CÂNION URBANO DE SÃO PAULO

Lucas Macellaro Andreoni
Vitor Faia Vasconcelos Ramos

Orientadora: Andrea Vasconcellos
Coorientador: Sérgio Tadeu Meirelles
São Paulo
Novembro de 2021

RESUMO

O fenômeno da urbanização provoca significativas modificações em seu ecossistema original, formando as Ilhas de Calor Urbano (ICU), caracterizadas por diferenças de temperatura entre áreas rurais e urbanas. Os impactos dessas formações foram documentados no consumo de energia, qualidade do ar e saúde humana, promovendo a redução de serviços ecossistêmicos, como mudanças na regulação do clima em microescala. Dentre os fatores que alteram o microclima, destaca-se o albedo - índice que mede a capacidade de refletância de materiais - aumentando a absorção de energia e modificando a temperatura do ar nas cidades. Materiais com um alto índice de albedo podem manter as superfícies com uma temperatura mais baixa, reduzindo os efeitos das ICU. Num cenário de crescimento urbano desordenado, com intensificação da verticalização de grandes cidades, como São Paulo, é necessário o entendimento dos impactos causados por esses processos para estratégias de mitigação. A pesquisa busca compreender como o albedo pode atuar no microclima. Para tanto, desenvolvemos um modelo experimental de duas maquetes com índices de albedo opostos de um cânion urbano do centro de São Paulo. Na coleta dos dados de temperatura foi feito um circuito de arduíno em ambas as maquetes com 4 termistores dispostos em diferentes estratos do cânion. Os resultados possibilitam a compreensão dos efeitos relacionados a absorção de energia e aumento da temperatura na cidade e da influência do albedo nas superfícies prediais, para uma perspectiva de contribuição de estudos de microclima urbano. Espera-se que o albedo possa ter importância na composição dos fatores que influenciam a dinâmica climática e que seu entendimento possa compor diretrizes ecológicas da urbanização mais específicas, e intervenções vinculadas ao Plano Diretor, no que concerne ao desenvolvimento de cidades sustentáveis, de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

Palavras-chave: Albedo; Cânions Urbanos; Ilhas de calor urbano; Planejamento urbano.

ABSTRACT

The phenomenon of urbanization causes significant modifications in its original ecosystem, forming Urban Heat Islands (UHI), characterized by temperature differences between rural and urban areas. The impacts of these formations have been documented in energy consumption, air quality and human health, promoting the reduction of ecosystem services, such as changes in climate regulation at the micro scale. Among the factors that alter the microclimate is the albedo - an index that measures the reflectance capacity of materials - increasing energy absorption and modifying the air temperature in cities. Materials with a high albedo index can keep surfaces at a lower temperature, reducing the effects of UHI. In a scenario of disorderly urban growth, with intensification of verticalization in large cities such as São Paulo, understanding the impacts caused by these processes is necessary for mitigation strategies. This research seeks to understand how the albedo can act on the microclimate. To this end, we developed an experimental procedure with two models with opposite albedo indexes of an urban canyon in downtown São Paulo. To collect the temperature data an Arduino circuit was made with both models with 4 thermistors placed in different layers of the canyon. The results make it possible to understand the effects related to energy absorption and temperature increase in the city and the influence of albedo on building surfaces, for a perspective of contributing to urban microclimate studies. It is expected that the albedo may have importance in the composition of the factors that influence the climate dynamics and that its understanding may compose more specific urbanization ecological guidelines, and interventions linked to the cities Master Plan, regarding the development of sustainable cities, according to the UN Sustainable Development Goals (SDGs).

Key-words: Urbanization; Albedo; Urban Canyons; Urban Heat Islands (UHI); Global warming; Urban Planning; Sustainability.

SUMÁRIO

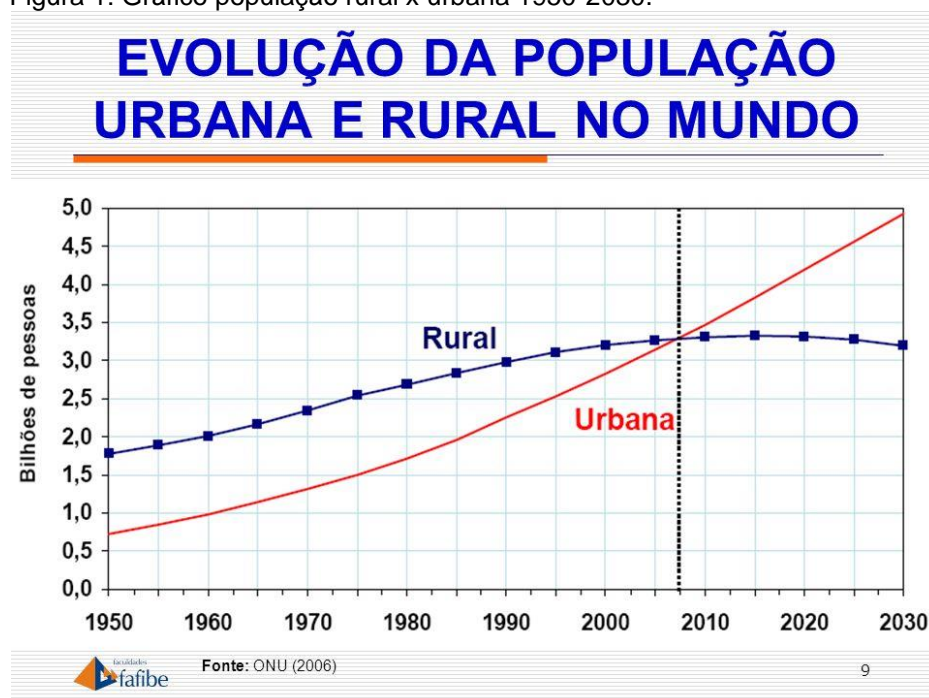
1	INTRODUÇÃO	4
1.1	Contextualização	4
1.2	Impactos da urbanização no ambiente	5
1.3	O conceito de albedo.....	6
1.3	A necessidade de se criar alternativas.....	6
1.4	Sustentabilidade	6
1.5	Objetivo	7
1.6	Justificativa	8
1.7	Problematização.....	10
1.8	Hipótese	10
2	METODOLOGIA.....	12
2.1	Escolha do local	12
2.2	Coleta de dados para construir as maquetes.....	13
2.3	Construção das maquetes	14
2.4	Montagem das ferramentas necessárias para a coleta de dados	16
2.4.1	Montagem do circuito	17
2.4.2	Calibragem dos sensores	18
3	HISTÓRICO DO PROBLEMA.....	20
3.1	História da urbanização brasileira.....	20
3.2	Urbanização x temperatura.....	22
3.2.1	Áreas construídas aumentam a temperatura do ar	22
3.2.2	Maior emissão de gases do efeito estufa.....	22
3.3	Formação de ilhas de calor urbano (icu).....	24
3.4	Ilhas de calor urbano e o albedo.....	24
4	RESULTADOS	27
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	32
6	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A urbanização é um processo relativamente recente, que teve início primeiramente na Europa durante o decorrer dos séculos XVIII e XIX (SOMEKH, 2014). As atividades econômicas passaram a se basear essencialmente na indústria e no comércio, assim tornando as atividades campesinas desvalorizadas, dificultando a sobrevivência daqueles que dependiam da atividade rural para sobreviver e dos próprios camponeses que perderam os seus ofícios. Isso foi atraindo as pessoas para as cidades, e desde então os espaços urbanos vêm sendo mais atraentes.

Figura 1: Gráfico população rural x urbana 1950-2030.



Fonte: ONU (2006)

O gráfico acima (figura 1) feito pela ONU em 2006 mostra como a população urbana continua crescendo exponencialmente. Em 2007, a população mundial urbana superou a rural, e tendo em vista a estimativa da ONU e o caráter expansionista do capitalismo, a diferença se agravou e continua a se agravar com o passar dos anos.

No Brasil a situação não é diferente, o IBGE publicou em 14 de julho de 2017 uma matéria que apontou que a população rural brasileira era de 15,28%. Portanto, a

população urbana chega a 84,72%, o que corresponde a aproximadamente 185 milhões de brasileiros. Ainda se baseando no mesmo levantamento do IBGE, o sudeste é a região com o maior percentual de população vivendo em cidades, sendo cerca de 93%.

Além da substituição da cidade pelo campo, outro fator que contribui fortemente para a expansão urbana é o acentuado crescimento populacional; de acordo com o gráfico da ONU, em 2030 aproximadamente mais de 5 bilhões de pessoas habitarão a Terra, porém com o intenso crescimento populacional já ultrapassamos esta marca mais de 10 anos antes. O jornal El País publicou um documento no dia 15 de julho de 2020 estimando um aumento de aproximadamente 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, ou seja, o planeta Terra terá aproximadamente 9,7 bilhões de habitantes em 2050. Esse aumento exponencial da população dependerá de planejamento urbano ordenado para não agravar ainda mais os problemas ambientais já existentes nas cidades.

1.2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NO AMBIENTE

O crescimento, a reestruturação, a verticalização e o adensamento dos espaços urbanos, se feito sem planejamento, podem trazer impactos ao meio ambiente. Dentre esses impactos podemos citar: a degradação dos meios hídricos e atmosféricos, esgotamento da camada de ozônio, alterações dos ciclos biogeoquímicos, mudanças nos padrões de precipitação, e alterações na temperatura (MIYAMOTO, 2020). São diversas as maneiras com que a urbanização pode influenciar esse último tópico listado, sendo algumas dessas:

- A teoria de que áreas construídas aumentem a temperatura do ar
- Emissão de gases do efeito estufa
- Diversos fatores urbanos levam a formação de ilhas de calor urbano (ICU)
- Impactos na distribuição dos ventos
- Destruição de fatores naturais que estabilizam a temperatura

A maneira com que cada um desses tópicos influencia na temperatura será explicada com devida atenção no capítulo 3.2. Existem estudos que relacionam esses tópicos com o índice de albedo, e o foco do presente trabalho é testar essa relação.

1.3 O CONCEITO DE ALBEDO

O albedo é o fator que mede a capacidade de um material de refletir radiação solar. Quanto maior for o valor do albedo maior a capacidade de reflexão da radiação solar. Materiais com alto valor de albedo são os de cores claras, e os de baixo albedo são os de cores escuras. Por refletir a radiação, os objetos claros possuem uma temperatura superficial mais baixa, e movimentos convectivos sobre eles podem levar a um resfriamento da atmosfera. O mesmo acontece ao contrário: materiais de coloração escura e baixo albedo seguram radiação e portanto, tem uma superfície quente com o potencial de aquecer a atmosfera¹ (Dominique, 2015). Deve-se esclarecer que uma cidade não possui obrigatoriamente albedo baixo, mas quando for o caso pode estar contribuindo negativamente à atmosfera.

1.3 A NECESSIDADE DE SE CRIAR ALTERNATIVAS

Ao longo da história da humanidade, o clima sempre afetou a disponibilidade de recursos naturais necessários para a vida humana e para o cotidiano urbano (OJIMA, 2013). Assim, qualquer alteração ao clima (conjunto de condições meteorológicas de uma atmosfera, incluindo a temperatura) tem o potencial de afetar o homem. No livro “Uma verdade inconveniente”² mostra como as consequências da mudança climática que vão além da escassez de recursos são desastrosas para o planeta e para a população. Desta maneira, se tornaria necessário intervir nas causas das mudanças como o aumento de temperatura pelo bem da sustentabilidade.

1.4 SUSTENTABILIDADE

Não se pode negar os benefícios que os meios urbanos trazem para a humanidade; neles são realizadas atividades econômicas, administrativas e políticas que influenciam as localidades próximas, além da variedade de serviços e do conforto que oferecem aos moradores.

¹ Dominique (2015)

² Al Gore (2006)

Assim, problematizando o modo como a expansão urbana vem sendo feita, porém respeitando os benefícios do desenvolvimento urbano, deve-se buscar o desenvolvimento sustentável. Segundo Leonardo Boff, em seu artigo publicado em 2002 "*História da sustentabilidade*", esse conceito surge com Carl von Carlowitz em 1713 como uma alternativa para controlar a escassez de recursos na Europa. O conceito de desenvolvimento sustentável foi usado pela primeira vez na Assembléia Geral das Nações Unidas em 1979³, e foi definido pela primeira ministra da Noruega Gro Brundland no documento *Nosso Futuro Comum* da seguinte maneira:

"sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades". Deve-se esclarecer que essa definição de Brundland vai ser a qual vamos nos referir ao usar no trabalho o termo "sustentabilidade".

Assim, deve-se buscar maneiras de desenvolver a urbanização sem que sejam causados danos ao meio ambiente. Desta maneira, a sustentabilidade estaria sendo alcançada.

1.5 OBJETIVO

Os cânions urbanos, que têm o nome baseado em certas formações montanhosas de desfiladeiros, designam locais onde há abundância de grandes edifícios, construídos próximos uns aos outros.

O nosso estudo propõe analisar se existe diferença entre cânions urbanos em diferentes índices de albedo, em relação à capacidade de absorver a energia, de modo a reduzir ou aumentar as ilhas de calor. Buscamos analisar como o albedo pode interferir no microclima, assim, tentando apontar maneiras de mitigar os efeitos da urbanização em direção a uma dinâmica mais sustentável. Os objetivos específicos são:

- Verificar a existência da diferença na temperatura do ar entre cânions urbanos com diferentes índices de albedo;
- Verificar a diferença na temperatura na altura do pedestre entre cânions urbanos com diferentes índices de albedo;

³ Boff (2002)

- Analisar se o plano diretor de São Paulo possui diretrizes que buscam especificamente pensar no microclima urbano.
- Examinar a importância do entendimento de parâmetros biológicos e como sua integração a ciências sociais poderiam auxiliar a diretrizes mais integradas dentro do ambiente urbano

1.6 JUSTIFICATIVA

Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC)⁴, a temperatura média global aumentou cerca de 1,1°C e a previsão é que esse número aumente ainda mais nos próximos anos. Como já explicado no trabalho, o desenvolvimento urbano está contribuindo para esse aumento da temperatura de diversas maneiras. Ao analisar os efeitos em duas condições diferentes de urbanização, estamos apontando possíveis estratégias para um planejamento urbano que não potencialize esses efeitos. Uma vez que indicado por um experimento como o controle do albedo pode melhorar o clima das cidades, pode-se intervir a partir disso e atuar contra esse aumento prejudicial nas temperaturas.

Com base nos dados do IBGE, de projeção populacional, e da AES Eletropaulo, de energia consumida, foi feita pela *rede nossa são paulo* um cálculo da média mensal de eletricidade consumida, em kwh, por habitante, por mês. Esse valor tem aumentado ao longo dos últimos anos, podendo trazer consequências ambientais. O aumento na temperatura do meio urbano se relaciona com o maior consumo energético pois, para evitar o desconforto térmico, a população tende a usar recursos que diminuem o estresse térmico como ar condicionado ou ventiladores. Alguns desses aparelhos podem gerar grandes despesas energéticas, contribuindo, pois, para o desbalanço.

Assim, devemos destacar a importância do planejamento urbano e consideração por uma arquitetura que privilegie as condições locais e características morfológicas de maneira a promover melhores condições para o conforto térmico, com menor demanda energética interna dos prédios. Segue como exemplo para isso o projeto de construção de um prédio de 23 andares ao lado do mirante Santana, uma das principais estações meteorológicas do país. Contrariando uma lei de 1971, o

⁴ 2008

edifício proposto pela obra seria mais alto que a estação, podendo interferir em suas medidas. Além disso, o meteorologista Marcelo Schneider diz que, por conta da sua altura, a construção intensifica as ilhas de calor e bloqueia as correntes de vento. Desta maneira, podemos concluir que essa falta de consideração com os aspectos morfológicos durante o planejamento da malha arquitetônica da cidade pode causar prejuízos às condições morfológicas do local.

Durante a pesquisa nos propusemos a estudar como o albedo pode afetar o conforto térmico do pedestre. Segundo Lamberts e Xavier⁵, o estudo do conforto térmico é especialmente importante por três motivos: a satisfação e bem estar do homem, a performance humana e a conservação de energia. A relação com o segundo tópico pode ser feita pois, segundo os autores, o desconforto causado por calor ou frio, reduz a performance humana. Para o terceiro tópico da lista, o autor argumenta que grande parte das pessoas vivem em ambientes condicionados. Assim, conhecendo as condições e os parâmetros relativos ao conforto térmico dos ocupantes do ambiente, evitam-se desperdícios com calefação e refrigeração, muitas vezes desnecessários.

Nosso estudo também busca se articular com os princípios da “Carta da Terra”, documento lançado pela ONU no ano 2000 com o objetivo de gerar uma sociedade sustentável global fundada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e numa cultura de paz. Os princípios da carta que um estudo que aponta maneiras de tornar a sociedade mais sustentável contempla ou mostra caminhos para tal são os seguintes:

“3. Construir sociedades democráticas que sejam justas, participativas, sustentáveis e pacíficas.”

“6. Prevenir o dano ao ambiente como o melhor método de proteção ambiental e, quando o conhecimento for limitado, assumir postura de precaução. “

“8. Avançar o estudo da sustentabilidade ecológica e promover o intercâmbio e aplicação ampla do conhecimento adquirido.”

Para contemplar os princípios da “Carta da Terra”, é necessária uma maior integração entre os conhecimentos das ciências sociais e ecologia. De acordo com Andrade (2014)

as contribuições da ciência ecológica e o pensamento sistêmico transdisciplinar ainda não são incorporados nos estudos

⁵ 2002

urbanos no âmbito acadêmico, havendo, portanto, um distanciamento dos estudos das ciências sociais e as ciências ecológicas, entre o Planejamento urbano, Desenho urbano e Ecologia.

Essa interlocução é importante pois a ecologia é uma disciplina holística, que possui raízes nas ciências biológicas, físicas e sociais, cuja meta é unir as ciências sociais às ciências biológicas⁶.

1.7 PROBLEMATIZAÇÃO

Assim, chegamos nas seguintes perguntas problema que centra os objetivos da nossa pesquisa:

O albedo pode interferir no microclima urbano e na temperatura de cânions urbanos, aumentando o desconforto térmico e o consumo energético e ampliando os efeitos das ilhas de calor?

A utilização de parâmetros biológicos, como o conhecimento do índice de albedo, podem auxiliar na gestão de planejamento urbano, visando uma maior integração entre ciências biológicas e ciências sociais?

1.8 HIPÓTESE

Pesquisas prévias à nossa, como a de Giordano (2015), Oke (2002) e Lombardo (1985), podem trazer previsões dos resultados para algumas de nossas perguntas: a temperatura seria um pouco mais elevada em cânions urbanos de albedo predominantemente baixo, aumentando o desequilíbrio energético naquele local .

Uma superfície com albedo alto reflete uma maior proporção da radiação solar que incide, causando uma redução da quantidade de energia absorvida, resultando em uma temperatura superficial mais baixa. Os processos convectivos podem ajudar a dissipar o ar aquecido pela atmosfera, mas como os cânions urbanos são estreitos, parte da radiação refletida pela superfície e provavelmente será absorvida ali mesmo e a convecção poderá não ser suficiente para mudar a temperatura local. Como, ainda

⁶ ANDRADE, 2014.

sim, parte do calor vai conseguir sair do cânion, o ambiente de albedo alto possivelmente apresentará temperaturas menos elevadas em relação ao de albedo baixo, que absorverá maior radiação incidente. A diferença talvez seja pequena, cerca de 0.5°C a 1°C como foi relatado por Giordano (2015). Essa diferença levaria à conclusão de que o albedo pode interferir na dinâmica energética de cânions urbanos, podendo resultar na potencialização dos efeitos das ilhas de calor.

Segundo Giordano (2015), a diferença seria incapaz de influenciar no conforto térmico dos pedestres, porém a radiação refletida pelo ambiente claro possivelmente também. Pode ser que a radiação sendo refletida diretamente nos pedestres cause uma sensação térmica mais quente.

Por fim, levantamos a hipótese de que a falta de estudos microclimáticos sobre a influência dos diferentes componentes do clima - como temperatura, umidade e o albedo - em escala local, aliada a uma ausência de interlocução entre ecologia e as ciências sociais, leva a uma supressão de diretrizes mais específicas relacionadas ao planejamento urbano, como o Plano Diretor das cidades, retardando ações que possibilitem a cidade ser um ecossistema mais sustentável.

2 METODOLOGIA

A metodologia se baseia em um modelo experimental que simula o efeito do albedo em quatro quarteirões específicos do centro da cidade de São Paulo que formam um pequeno cânion da cidade. Foram construídas duas réplicas em maquetes do lugar escolhido, sendo a diferença entre elas a coloração; uma foi pintada de preto fosco (albedo baixo) e a outra de branco brilhante (albedo alto). Após a construção das maquetes foram medidas a temperatura nelas utilizando quatro sensores de temperatura integrados (termistores) em cada maquete. Para a obtenção das medidas, controle e aquisição dos dados foi empregado um sistema baseado na plataforma Arduino Uno. Para a aferição dos valores, as medidas foram comparadas com aquelas obtidas por um termômetro de mercúrio.

Os dados foram coletados durante sete dias, com ambas as maquetes posicionadas ao ar livre durante doze horas na orientação correspondente ao cânion original no centro de São Paulo. As medidas de luminosidade, temperatura do ar e temperatura dos termistores nas maquetes foram aferidas cinco vezes ao longo do dia, com intervalos de duas horas entre as coletas de dados.

2.1 ESCOLHA DO LOCAL

Ao escolher o cânion urbano a ser especificamente analisado, desejávamos as seguintes características: Um local com bastante densidade urbana, com intensa verticalização e prédios com diferentes alturas, para podermos analisar formas de urbanizações diferentes mesmo que em um espaço restrito; um local antigo que ao longo de sua história tenha passado por diversas fases de urbanização, para podermos analisar se o albedo foi considerado nelas; uma área com trânsito de pedestres para que fosse possível pensar no conforto térmico deles.

Um dos locais que se adequa às características listadas são os arredores da rua São Bento e do edifício Martinelli (primeiro arranha-céu de São Paulo). Seguem aqui imagens para exatificar o local:

Figura 2: Imagem da R. São Bento.



Fonte: Google Maps.

Figura 3: Imagem da R. São Bento.



Fonte: Google Earth.

2.2 COLETA DE DADOS PARA CONSTRUIR AS MAQUETES

Após a escolha do local, tivemos que buscar dados para começar a construção das maquetes que foram usadas para tentar simular o efeito da mudança do albedo na Rua São Bento. No dia 14 de junho o grupo foi no lugar para medir a altura dos edifícios, a largura e inclinação das ruas. Os outros dados necessários para construir as maquetes (relativos a formato, posição e volume) foram acessados pelos aplicativos *Google maps* e *Google earth* que tiram essas medidas por meio de satélites precisos.

A nossa coleta de dados foi baseada em estimativas, com exceção das medidas das larguras das calçadas, que foram medidas com o uso de uma trena. Para as estimativas dos prédios foi utilizado como referência a altura conhecida do prédio Martinelli, que possui 105 metros de altura, os outros edifícios tiveram suas medidas estimadas a partir dele. Para medir a inclinação das ruas, anotamos quanto as nossas alturas diferiam da parte mais alta para a mais baixa, assim podendo representar essa diferença na escala desejada para a maquete. As alturas das construções foram estimadas considerando o padrão de para cada andar construído em São Paulo (3 metros) e comparando com edifícios com a altura divulgada, como por exemplo o martinelli.

É importante destacar que possíveis imprecisões nas nossas estimativas não devem interferir na pesquisa por representar um modelo que pode ser extrapolado para outras áreas em condições similares. Na maquete construída, cada 5 metros da realidade são representados como 1cm, assim uma imprecisão de 1 metro representa apenas 2 milímetros na maquete, sendo desprezível para o nosso estudo. Em adição, muitos prédios foram medidos em comparação com os outros, mantendo assim a proporção das medidas, que é o importante para medidas que serão representadas em uma escala.

2.3 CONSTRUÇÃO DAS MAQUETES

Tendo todos os dados necessários, começamos a construção das maquetes. A escala que julgamos mais apropriada para maquetes que se adequem ao tamanho dos sensores de temperatura e que sejam de um tamanho possível de se operar dentro delas, foi de 1cm para cada 5 metros.

Projetamos essa escala na superfície plana de madeira onde cada maquete seria construída utilizando o *Google Maps*, assim já representando todos os formatos das construções que depois seriam inseridas.

Figura 4: representação da Base da Maquete Preta com as marcações dos prédios.



Fonte: elaboração própria.

Para representar as inclinações das ruas, colocamos pequenas rampas de madeira na parte inferior da placa, de maneira a alterar o relevo de forma correspondente com a realidade na escala 5m:1cm. O resultado foi o seguinte:

Figura 5: imagem parte de baixo da maquete de albedo alto.



Fonte: elaboração própria.

Os edifícios foram construídos utilizando papel isopor prensado para o corpo da construção e papelão para o que representaria o telhado. O papel isopor prensado foi a melhor alternativa para representar os prédios pois é um material consistente o suficiente para manter a estrutura erguida, enquanto ainda é maleável o suficiente para poder ser recortado e colado em suas devidas peças. A construção foi feita de maneira manual pelo grupo no espaço da Escola Lourenço Castanho.

Com as duas réplicas das maquetes construídas, precisávamos diferenciar o albedo delas para simular o mesmo cânion urbano com diferentes índices de albedo. Para isso pintamos uma das maquetes com tinta branco brilhante (albedo alto) e a outra de preto fosco (albedo baixo).

Figura 6: imagem do integrante Lucas Andreoni pintando a maquete de albedo baixo.



Fonte: elaboração própria.

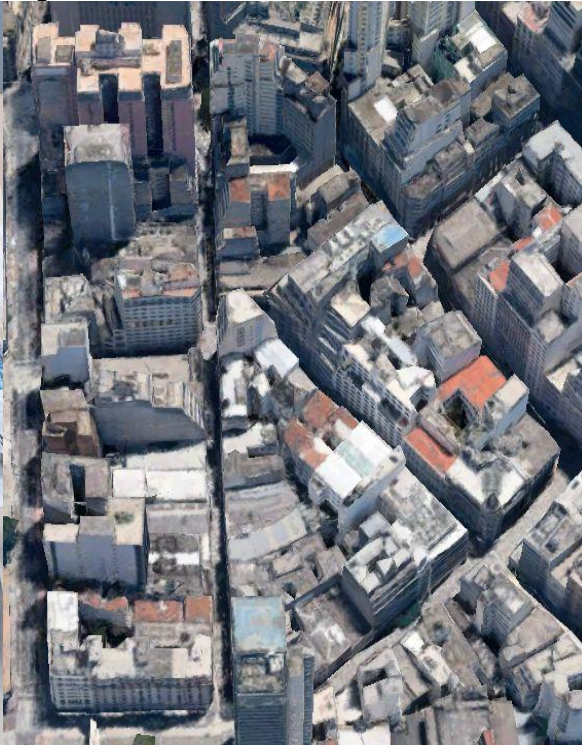
Concluídos, os modelos ficaram muito semelhantes à realidade. Segue uma comparação entre a maquete escura e uma foto tirada por satélites com o aplicativo *Google earth*:

Figura 7: Maquete de albedo baixo.



Fonte: elaboração própria.

Figura 8: Foto de satélite.



Fonte: Google Earth.

2.4 MONTAGEM DAS FERRAMENTAS NECESSÁRIAS PARA A COLETA DE DADOS

Para coletar os dados de temperatura dentro das maquetes foi utilizada uma placa de arduino Uno para ambas as maquetes. O circuito contém oito termistores que foram distribuídos nos mesmos lugares para ambas as maquetes, logo quatro sensores por maquete, em diferentes estratos do cânion. O primeiro lugar escolhido para deixar os sensores foi no centro do cânion em um local mais elevado, para medir a temperatura do ar e possivelmente detectar a formação de ICU's. Para evitar que estes sofram efeito da radiação incidida sobre eles ao tentar medir a temperatura do ar, revestimos os sensores com tinta branca fosca. Optamos por colocar um dos termistores na altura dos pedestres, para eventualmente analisar o possível desconforto térmico causado pela mudança do albedo. Os outros dois locais foram escolhidos com o objetivo de realizar a coleta em locais diversificados da maquete, portanto um deles em um local mais verticalizado e o outro em um local menos verticalizado.

2.4.1 Montagem do circuito

Na montagem do circuito eletrônico os termistores (sensores de temperatura) foram soldados a fios de cabo paralelo de 1 mm e ligados a somente uma placa de arduino Uno.

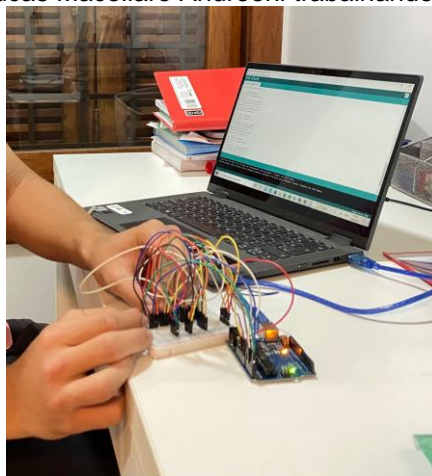
Após a montagem do circuito, foi feito o código do arduino, fizemos o código de um sensor e ao testarmos tivemos um resultado positivo, por isso repetimos o código para os demais sensores e ao final disso tínhamos o código pronto.

Figura 9: Imagem circuito de arduino protótipo.



Fonte: elaboração própria.

Figura 10: Imagem integrante Lucas Macellaro Andreoni trabalhando na programação do protótipo.



Fonte: elaboração própria.

Figura 11: O integrante Lucas Andreoni fazendo a solda do fio dos sensores.



Fonte: elaboração própria.

Figura 12: Imagem solda entre sensor e fio cabo paralelo.



Fonte: elaboração própria.

2.4.2 Calibragem dos sensores

Ao terminar a montagem do circuito era necessário que os sensores fossem calibrados, para que isto acontecesse nós realizamos três medições, utilizando um recipiente com um bom isolamento térmico, tal como o interior de uma garrafa térmica. A garrafa foi preenchida com água com diferentes temperaturas. Na primeira medição, a temperatura da água era gelada (16.9°C) e as medidas de cada termistor

coletadas para aferição da média para cada um. Esse processo foi repetido mais duas vezes, porém com a temperatura da água diferente, uma mais quente (36.2°C) e outra ainda mais quente (42.4°C). Após tirarmos as medidas e as médias de cada termistor foi criada uma fórmula para cada um dos sensores a partir de uma regressão da reta dada no excel, para que ao colocar as fórmulas no código do arduino a temperatura já saísse calibrada. E as fórmulas foram as seguintes:

$$\text{Sensor 2} = 0,0649x - 6,796$$

$$\text{Sensor 3} = 0,0661x - 8,7007$$

$$\text{Sensor 4} = 0,0653x - 7,0914$$

$$\text{Sensor 5} = 0,0655x - 7,5589$$

$$\text{Sensor 6} = 0,0656x - 8,4423$$

$$\text{Sensor 7} = 0,0809x - 22,403$$

$$\text{Sensor 8} = 0,0706x - 12,999$$

$$\text{Sensor 9} = 0,0784x - 20,695$$

Sendo x o valor dado pelo sensor.

3 HISTÓRICO DO PROBLEMA

3.1 HISTÓRIA DA URBANIZAÇÃO BRASILEIRA

Até meados do século XX, grande parte da população brasileira vivia em zonas rurais. Com a expansão da industrialização, as cidades se tornaram grandes pólos de atração por conta da maior oferta de emprego e da melhor qualidade de vida. Isso causou um fenômeno de êxodo rural que futuramente apenas se intensificou.

A partir de 1950, esse processo ganhou forças (como mostrado no gráfico abaixo), e uma possível explicação são as propostas feitas pelos governos de Getúlio Vargas e Juscelino Kubistchek com suas políticas desenvolvimentistas. Juscelino fez com que o Brasil crescesse muito em tão pouco tempo que ficou conhecido pela icônica frase “50 anos em 5”.

Figura14: Evolução da população brasileira.



Fonte: IBGE.

Ao longo dos anos, os planos de urbanização foram apresentando propostas diferentes, e segundo Pacheco e Azevedo (2019) podem ser divididos em cinco fases:

A primeira fase foi de 1875 até 1930. Apesar de na época ainda não existir nenhuma denominação formal de “planejamento urbano”, o período foi marcado por planos que tentavam “embelezar as cidades”. A ideia era remover os cortiços e deixar

os espaços urbanos mais bonitos e parecidos com os modelos europeus. Segundo as autoras, também existia a tentativa de romper com o passado colonial e começar uma modernização. Muitas das reformas eram para tornar as ruas mais largas, e geralmente as intervenções ficavam restritas a áreas específicas da cidade, como o centro. A estrutura fundiária limitava a posse da terra pela compra, assim ex-escravos e a população que não podiam realizar essas compras passaram a ocupar áreas periféricas de forma irregular e sem nenhum planejamento.

Os chamados “planos de conjunto” marcaram a segunda fase, que ocorreu entre os anos de 1930 até 1965. Esses planos passaram a se preocupar com o território de uma forma mais ampla, e não com apenas determinadas regiões. Foi durante esse período que foram criadas as primeiras normas sobre uso e ocupação do solo e a articulação dos bairros com o centro a partir de sistemas de transporte. Pode-se dizer que foi quando foi percebida a necessidade de planejar as cidades de forma consciente. Um exemplo é o plano de avenidas em São Paulo que abordou diversos aspectos do ambiente urbano, como legislação urbanística, habitação, ordenamento territorial.

A terceira fase foi entre os anos de 1965 e 1971. Durante esse período, os planos deixaram de se restringir ao espaço físico do território, e começaram a tocar em questões econômicas e sociais.

Os planos da terceira fase eram muito extensos e detalhados, portanto durante os anos de 1971 até 1992 buscaram simplificar o conteúdo desses documentos. Essa busca acabou deixando os textos curtos demais, ocultando conflitos de interesses em relação ao espaço urbano. Em 1988, uma nova constituição foi estabelecida e essa reconhecia os planos diretores como principal instrumento para a implementação da política de desenvolvimento e expansão municipal

A última fase (1992-2001) foi marcada pelo Estatuto da Cidade em 2001. O Estatuto da Cidade, instituído em 2001, obrigou cidades com mais de 20 mil habitantes a seguirem princípios e diretrizes nos planos diretores, estabelecendo assim o “direito à cidade sustentável”.

3.2 URBANIZAÇÃO X TEMPERATURA

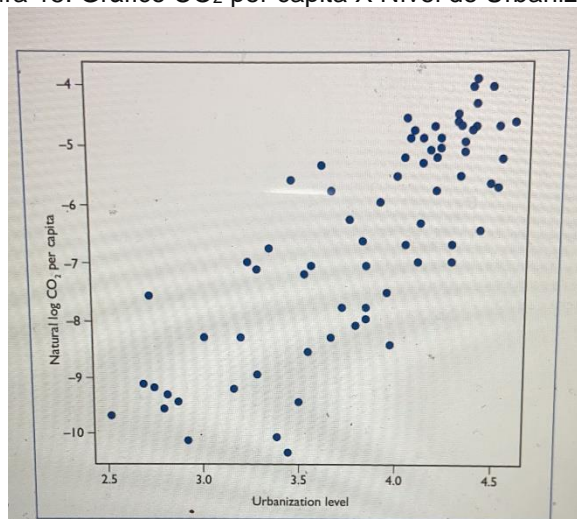
Como já comentado na introdução, existem algumas maneiras com que a urbanização contribui para o aumento da temperatura. Algumas dessas serão explicadas nos próximos itens.

3.2.1 Áreas construídas aumentam a temperatura do ar

Segundo Duarte (2003) áreas construídas aumentam a temperatura do ar, isto porque a escassez de áreas verdes, altas emissões de poluentes atmosféricos e presença de materiais civis que absorvem e conservam mais calor por um tempo maior do que os naturais, faz com que as temperaturas desses locais sejam superiores às das áreas menos urbanizadas. A autora testou e criou um índice para medir a relação entre a ocupação do local e a maior temperatura do ar. Esse índice que serve como indicador que representa a proporção entre a densidade construída e os elementos naturais é a razão entre a taxa de ocupação multiplicada pelo coeficiente de aproveitamento e a somatória entre as variáveis superfícies de água e vegetação.

3.2.2 Maior emissão de gases do efeito estufa

A *United Nations Human Settlements Programme* em 2011 propôs que quanto maior o nível de urbanização do local, maior a quantidade de gases do efeito estufa (GEE), por conta das indústrias e das despesas energéticas do cotidiano humano. O gráfico abaixo demonstra isso.

Figura 15: Gráfico CO₂ per capita X Nível de Urbanização.

Fonte: *United Nations Human Settlements Programme* 2011.

Os GEE são gases que absorvem uma parte dos raios do sol e os redistribuem em forma de radiação na atmosfera, aquecendo o planeta em um fenômeno chamado efeito estufa. A tabela mostra as cidades que mais emitem esses gases per capita e nela se encontram 2 representantes brasileiros: São Paulo e Rio de Janeiro.

Figura 16

City	GHG emissions per capita (tonnes of CO ₂ eq) (year of study in brackets)	National emissions per capita (tonnes of CO ₂ eq) (year of study in brackets)
Washington, DC (US)	19.7 (2005)	23.9 (2004)
Glasgow (UK)	8.4 (2004)	11.2 (2004)
Toronto (Canada)	8.2 (2001)	23.7 (2004)
Shanghai (China)	8.1 (1998)	3.4 (1994)
New York City (US)	7.1 (2005)	23.9 (2004)
Beijing (China)	6.9 (1998)	3.4 (1994)
London (UK)	6.2 (2006)	11.2 (2004)
Tokyo (Japan)	4.8 (1998)	10.6 (2004)
Seoul (Republic of Korea)	3.8 (1998)	6.7 (1990)
Barcelona (Spain)	3.4 (1996)	10.0 (2004)
Rio de Janeiro (Brazil)	2.3 (1998)	8.2 (1994)
São Paulo (Brazil)	1.5 (2003)	8.2 (1994)

Source: Dodman, 2009

Fonte: Dodman (2009)

3.3 FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR URBANO (ICU)

Vidal e Amorim (2016) mostraram evidências da formação de ilhas de calor no espaço urbano. Ao comparar as temperaturas entre o meio rural e o ambiente urbano concluíram que a urbanização pode gerar “bolsões de ar quente”.

Segundo Maciel (2018), a verticalização e a densidade urbana afetam a dinâmica dos ventos, o que acaba afetando a temperatura do ar e, conseqüentemente, o conforto térmico. Isso acontece pois as edificações servem como barreiras para a ventilação que incide na cidade, o que impede o resfriamento convectivo.

Segundo Costa (1982), diversos fatores naturais estabilizam a temperatura ambiente, e sem eles a variação térmica seria muito mais ampla. O autor alega que esses fatores seriam: movimentação das águas, movimentação do ar, composição da vegetação, taxa de evaporação, nuvens e a crosta terrestre. Tendo em vista que a construção de cidades exige a supressão de parte dos elementos da natureza e a transformação desses recursos, a urbanização contribui para uma maior instabilidade climática e, portanto, variação de temperatura.

3.4 ILHAS DE CALOR URBANO E O ALBEDO

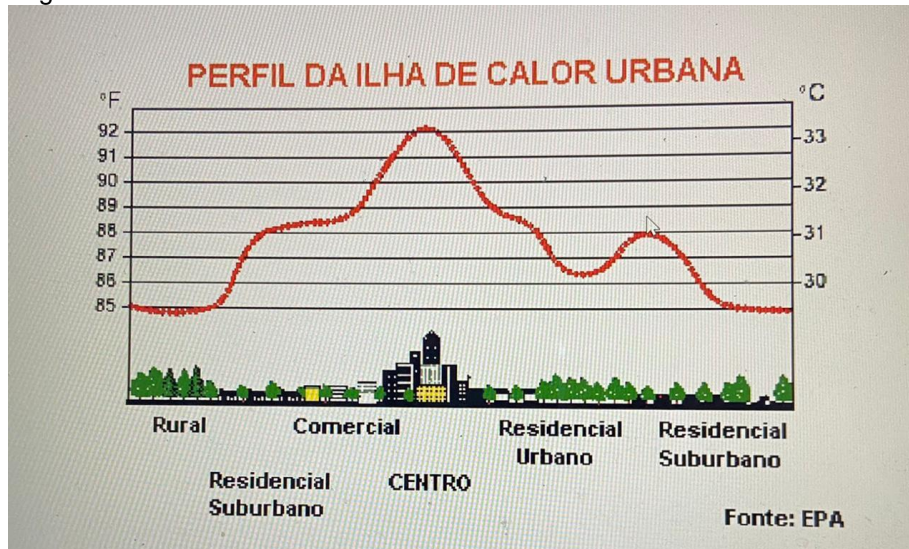
A ilha de calor urbano (ICU) é um fenômeno relacionado à alta concentração de temperatura em determinado local. Por definição pode ser entendida como:

Caracterizada por uma cúpula de ar quente que cobre a cidade, a ilha de calor urbana (ICU) é a manifestação do aumento das temperaturas causado por características físicas (alta densidade de construções, concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e reflectância) e as atividades urbanas (Amorim et al., 2009, p. 2)

Muitos estudos já confirmaram a existência de temperaturas mais elevadas nos centros urbanos, sustentando a ideia da presença de ICUs. Podemos citar como exemplo a pesquisa de Vidal e Amorim (2016) que já foi comentado na introdução. A pesquisa calculou a diferença térmica entre um centro urbano e um rural, relatando a presença de uma ilha de calor no urbano e concluindo que aquela população sofre mais com o desconforto térmico. A imagem abaixo não faz parte do estudo de Vidal

e de Amorim, porém representa o mesmo princípio; Áreas de intensa urbanização apresentam cúpulas de ar quente, se destacando dos arredores.

Figura 17



Fonte: EPA

Existem vários fatores para se atribuir a formação das ICUs. Para Lombardo (1985) alguns desses seriam: A transformação de energia dentro da cidade, que pode ser fruto da geometria urbana e dos materiais usados para a construção; a falta de resfriamento, que pode ser fruto da falta de áreas verdes; e a produção de energia antropogênica. OKE (2002) concorda com ele ao dizer que a causa da ICU vem da interferência do urbano no balanço de energia da superfície terrestre, em particular o aumento da absorção de energia solar em forma de calor. O albedo é o fator que mede o quanto um material reflete a radiação solar, podendo ser quantificado em uma escala de 0 a 1: sendo 0 um material que absorve toda a radiação e 1 aquele que a reflete totalmente. Materiais de cores claras possuem albedo alto enquanto os de cores escura possuem albedo baixo. Portanto, os materiais escuros contribuem para a absorção de calor na cidade e supostamente, contribuem para a formação de ICUs.

Figura 18: Índices de albedos de materiais urbanos.

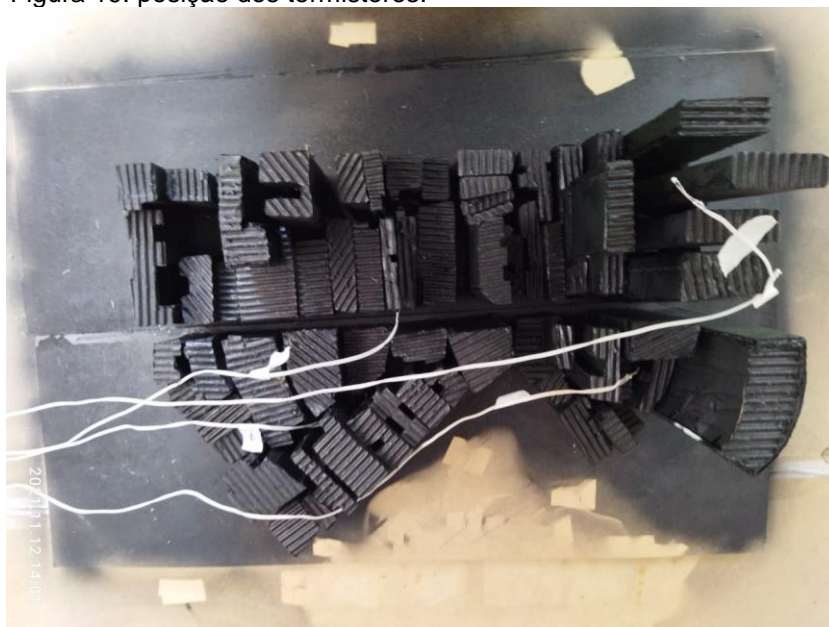


Fonte: EPA

4 RESULTADOS

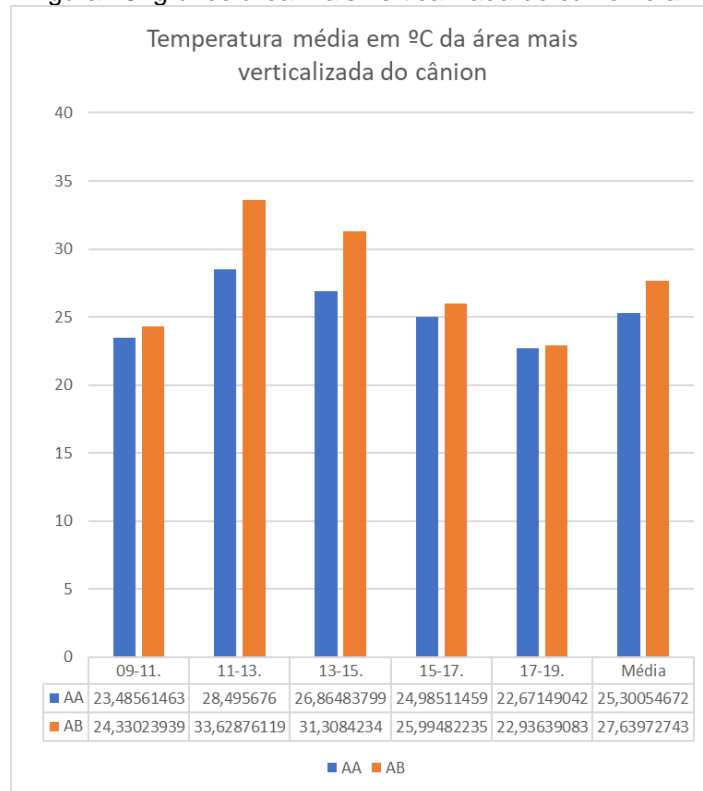
Cada dia de coleta foi dividido em 5 medições de 2 horas. As maquetes e os sensores permanecem posicionados durante todo o tempo, essas divisões foram feitas apenas para manter controle das condições meteorológicas que variam ao longo do dia. Em seguida, foram obtidas as médias de cada medição, assim como uma média das médias. Os termistores nomeados de S2 a S5 foram posicionados na maquete de albedo alto (AA), e os demais na maquete de albedo baixo (AB), sendo que os sensores 2 e 6 foram colocados entre casas, 3 e 7 entre prédios, 4 e 8 no correspondente a rua São Bento, e 5 e 9 no topo do edifício Martinelli. A imagem abaixo mostra exatamente onde cada sensor foi posicionado, e em seguida encontram-se os gráficos com as medidas.

Figura 19: posição dos termistores.



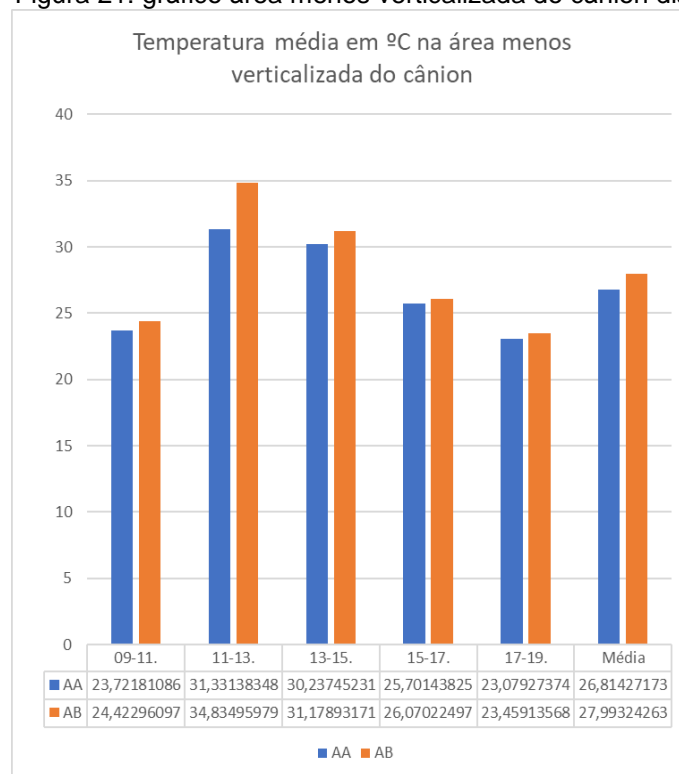
Fonte: elaboração própria.

Figura 20: gráfico área mais verticalizada do cânion dia 1.



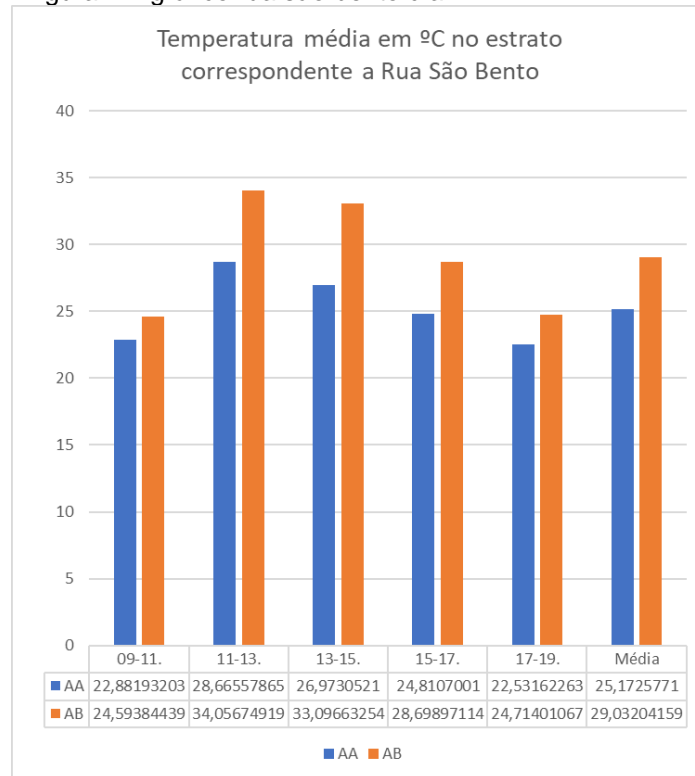
Fonte: elaboração própria.

Figura 21: gráfico área menos verticalizada do cânion dia 1.



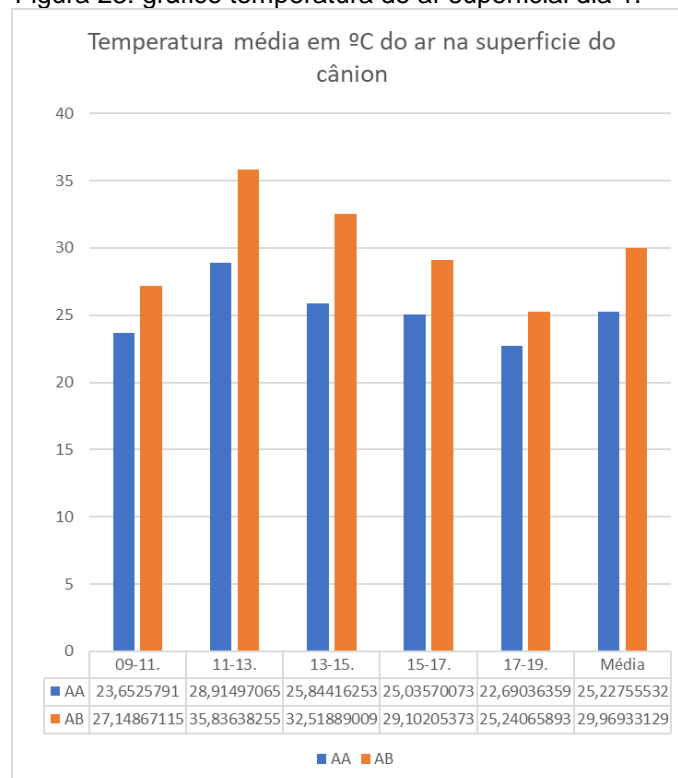
Fonte: elaboração própria.

Figura 22: gráfico rua são bento dia 1.



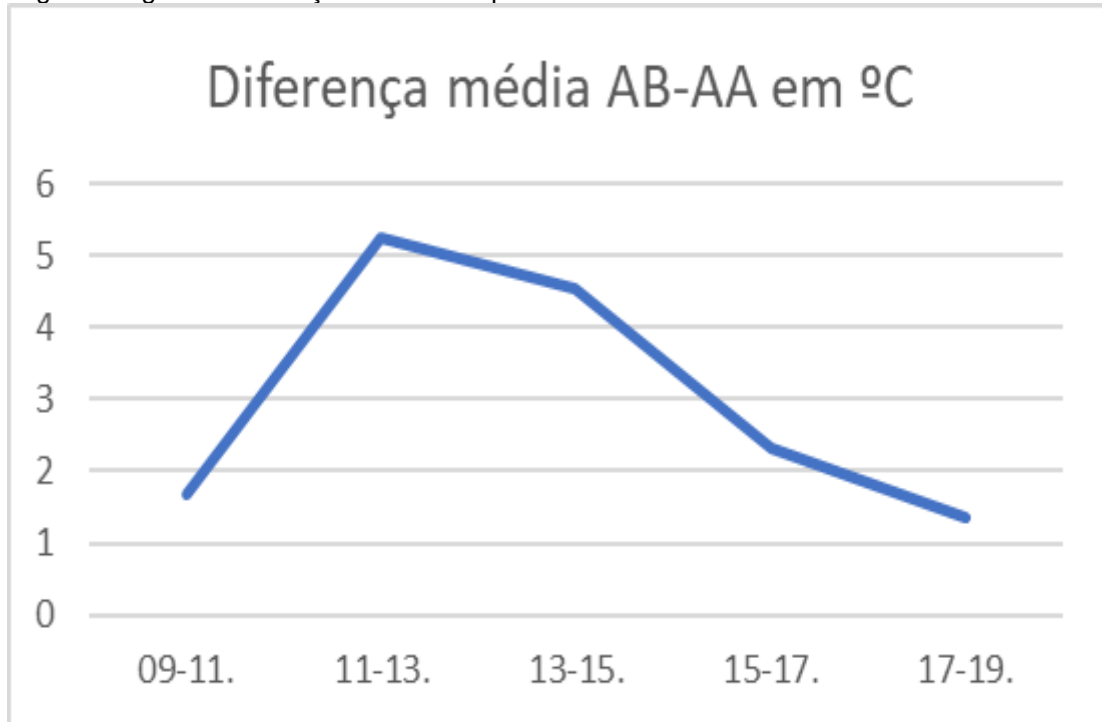
Fonte: elaboração própria.

Figura 23: gráfico temperatura do ar superficial dia 1.



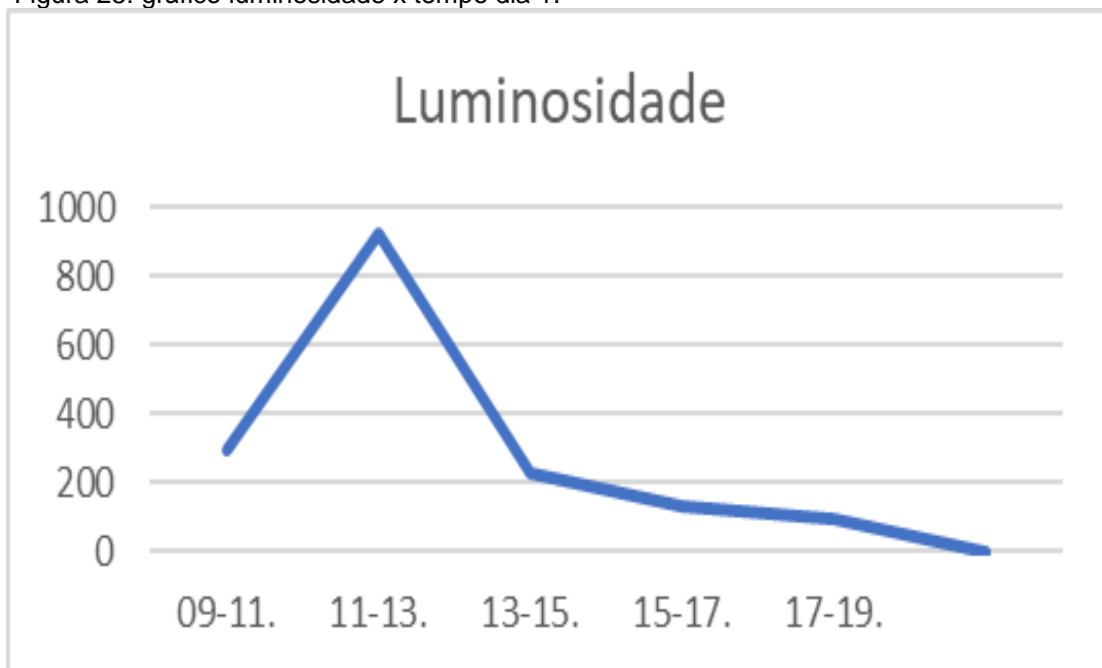
Fonte: elaboração própria.

Figura 24: gráfico diferença média x tempo dia 1.



Fonte: elaboração própria.

Figura 25: gráfico luminosidade x tempo dia 1.



Fonte: elaboração própria.

Tabela 1: condições meteorológicas do primeiro dia de medição

HORÁRIO	LUMINOSIDADE	TEMPERATURA
9-11	29600 lux	22°C
11-13	92700 lux	24°C
13-15	23200 lux	23°C
15-17	13200 lux	21°C
17-19	9600 lux	20°C

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Observando os gráficos, podemos concluir que o cânion urbano de albedo baixo possui temperaturas mais altas, e portanto é mais suscetível a formação de ilhas de calor. O gráfico 7 indica que, em média, a temperatura do ar na superfície foi, em média, aproximadamente 4,6 °C maior por conta da coloração escura. A maior absorção de energia provocada pela mudança do albedo causou um desbalanço energético, levando a uma formação de ICU mais intensa em relação ao cânion de albedo alto. Portanto, nesse aspecto, nossa hipótese foi corroborada. Mesmo na situação de albedo alto o cânion estava mais quente que o seus arredores, por isso dizemos que nessa o fenômeno foi menos intenso em relação ao albedo baixo porém não inexistente.

Os sensores 4 e 8 foram localizados na altura dos supostos pedestres para analisar o desconforto que a variável poderia causar neles. A maquete AA estava, em média, aproximadamente 4°C mais fria que a maquete AB nesse ponto, assim como mostra a figura 22. Isso indica que a mudança do albedo na malha urbana pode causar um esquentamento do ar no nível dos pedestres, o que poderia causar um desconforto para os pedestres. Considerando o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) como um avaliador do conforto humano para o verão, baseado em condições de temperatura e umidade, concluímos que a diferença de aproximadamente 4°C é bastante relevante para o desconforto dos pedestres.

Figura 24: Tabela variação do ITU.

Temperatura		Humidade Relativa (%)									
OF	OC	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
70	21,1	64	64	65	66	66	67	68	68	69	70
75	23,9	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
80	26,7	69	70	71	72	73	75	76	77	78	80
85	29,4	71	73	74	76	77	79	80	82	83	85
90	32,2	74	75	77	79	81	82	84	86	88	90
95	35,0	76	78	80	82	84	86	88	90	92	95
100	37,8	79	81	83	86	88	90	93	95	97	100
105	40,6	82	84	87	89	92	95	97	100	102	105

Legenda	
	Sensação de frio
	Nenhum desconforto
	Pequeno desconforto
	Desconforto considerável
	Grande desconforto
	Máximo desconforto

Índice de Temperatura-Umidade

Fonte: fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap3/cap3-4.html

O ITU é dado pela seguinte equação: $ITU = T - 0.55 (1 - UR) (T - 14)$, onde T é a temperatura em celsius e UR a umidade relativa do ar. A tabela acima mostra o quanto esse índice varia de acordo com a temperatura em celsius. Observando-a podemos concluir que, quando a umidade se mantém, a mudança de 4°C possivelmente seria capaz de transformar uma situação de nenhum desconforto para grande desconforto, sendo assim bastante relevante. O aumento do desconforto térmico pode aumentar o uso de recursos energéticos para estabilizar a temperatura, o que causa um aumento do consumo energético com possíveis consequências negativas.

Pudemos também registrar que as diferenças entre as maquetes em cada ponto do cânion se divergiram entre si. Enquanto na área menos verticalizada (sul do cânion) houve uma diferença média de 5,53 °C da maquete de AB para a de AA, na área mais verticalizada (norte do cânion) essa diferença foi de apenas 0,65 °C. Uma possível explicação para isso é a ausência de movimentos convectivos causada pela altura dos prédios. A região ao norte do cânion possui edifícios muito altos que impedem a passagem de ar para dentro do cânion, e sem a movimentação do ar a convecção não acontece. Assim, mesmo que a coloração branca reflita a radiação incidida, o calor não consegue sair, fazendo com que o calor presente no interior dessa área dos dois modelos seja parecido. Já na área sul, a altura dos prédios não impede os movimentos convectivos de acontecerem, deixando que o calor refletido se dissipe na atmosfera. Outra possível explicação seria a menor incidência dos raios solares nas áreas verticalizadas. Além dos grandes edifícios impedirem a passagem da luz para dentro do cânion, a angulação solar faz com que a radiação incida nas paredes por menos tempo.

6 CONCLUSÃO

Assim, a partir dos resultados encontrados, podemos concluir que nossa hipótese foi corroborada e que o albedo pode levar a ampliação dos impactos das ilhas de calor em cânions urbanos. O baixo albedo causa um desbalanço na dinâmica energética, aumentando a absorção de energia e portanto a carga energética recebida ao longo do dia, influenciando na temperatura. Nesse sentido, seria interessante uma aplicação do albedo alto como uma maneira de mitigar esse impacto no microclima. O Plano Diretor de São Paulo não considera esse fator ao propor o novo projeto de urbanização no Vale do Anhangabaú (região central de SP) e nem nas diretrizes relacionadas à construção predial. Os únicos fatores que pensam no microclima estão ligados ao uso de água.

Ao mesmo tempo, os resultados encontrados através de um modelo experimental, permitem extrapolar as análises e prever cenários semelhantes em outras cidades com morfologia e orientação semelhantes ao do

Em adição, seria interessante a aplicação do albedo alto como uma maneira de reduzir o desconforto térmico da população. A análise dos resultados nos mostrou que a diferença na temperatura a nível do pedestre em cânions urbanos é capaz de influenciar no ITU. O maior desconforto térmico leva ao uso de aparelhos que refrescam o ar, como ventilador ou ar condicionado, o que aumenta o consumo energético da cidade, possivelmente agravando alguns impactos ambientais. Assim, conclui-se que a mudança da variável também seria benéfica nesse sentido.

Andrade e Blumenschein (2104) discutem a integração das ciências ecológicas e sociais. Segundo as autoras, existe uma necessidade de se fazer uma abordagem holística para métodos de planejamento e gestão integrada do ambiente urbano para promover sociedades sustentáveis. Elas acreditam que os planos diretores devem reconhecer a integração das esferas econômicas, sociais, e ambientais a favor de um gerenciamento mais sustentável da cidade. A aplicação do albedo alto na malha urbana pode fazer essa união com certa eficiência pois pensa nos impactos ambientais deixados pelo ecossistema urbano e também no conforto e modo de vida da sociedade.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. C. de et al. Attribution of detected temperature trends in southeast Brazil. *Geophysical research letters*. v.46., n.14, p. 8047-14. 28 de julho de 2019.
An Inconvenient Truth. (USA). Davis Guggenheim, 2006.

ANDRADE, L. M. S. BLUMENSCHNEIN, R.N. **A nova Ecologia da Cidade**: uma conexão importante para a ciência do Desenho Urbano. APP Urbana, 2014. UFPA, Belém, 2014.

CABRAL, E. Tendências térmicas urbanas no município de São Paulo: análise das alterações climáticas da cidade de São Paulo (1887 - 1995). In Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília, 1998. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbmfiles/13-a0e09bbef9e2cb171b3767289f6292be.pdf> Acesso em 08.mai.2021.

COSTA, Ennio Cruz da. Física aplicada à construção. Conforto térmico. Cap.8. p.155-160. 4a ed. São Paulo, 2017.

DUARTE, D.; SERRA, G. (2003). Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. *Ambiente Construído*. 3. 7-20.

FIGUEIREDO, Patrícia. **Prédio de 23 andares em obras ao lado do Mirante de Santana pode afetar medições da principal estação meteorológica de SP**. G1 SP. São Paulo, 25 de junho de 2021.

FIORAVANTI, Carlos. 2019 foi o ano mais quente já registrado no Brasil. *Revista Pesquisa Fapesp*. 17 de março de 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2019-foi-o-ano-mais-quente-ja-registrado-no-brasil/>. Acesso em: 20 de outubro de 2021.

GIORDANO, D. E. **Análise dos efeitos do albedo no microclima de cânions urbanos**. 2015. 175 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. Turbulent Heat Fluxes in Urban Areas: observations and a local-scale urban meteorological parameterization scheme (LUMPS). *Journal of Applied Meteorology*, v. 41, n. 7, p. 792-810, jul. 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações – RIPSA – 2ª ed. – Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde, 2008. IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 25 de abril de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações – RIPSA – 2ª ed. – Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde, 2008. IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 25 de abril de 2021

LAMBERTS, R., XAVIER, A. Conforto térmico e stress térmico. Laboratório de eficiência energética em edificações. Florianópolis, Brasil. 2002.

LOMBARDO, M. A. Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

MACIEL, F.T.F.D. **Análise do impacto da verticalização na ventilação natural: estudo de caso em uma fração urbana na região da Guaxuma.** 2018. Trabalho de conclusão de curso (Arquitetura e Urbanismo) - Centro Universitário CESMAC, Maceió.

MIYAMOTO, J., & COLLET, B. G. (2020). Ecologia urbana: conceitos, pré-conceitos e pós-conceitos. *arq.Urb*, (27). <https://doi.org/10.37916/arq.urb.v27i.402>

MORINI, E., TOUCHAEI, A. G., ROSSI, F., COTANA, F., & AKBARI, H. (2018). Evaluation of albedo enhancement to mitigate impacts of urban heat island in Rome (Italy) using WRF meteorological model. *Urban Climate*, 24, 551–566. doi: 10.1016/j.uclim.2017.08.001

OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. 2nd Edition.[S.l.]: [s.n.], 1978.

SALAS, Javier. A humanidade não chegará aos 10 bilhões de pessoas. *El País, Ciência*. 15 de julho, 2020. Acesso em: 16 de junho de 2021. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/ciencia/2020-07-16/a-humanidade-nao-chegara-aos-10-bilhoes.html>

SOMEKH, N. GAGLIOTTI, G. **Evolução Histórica da Verticalização em São Paulo: Balanço e Perspectivas.** Revista do Arquivo Municipal: Departamento do Arquivo Histórico de São Paulo, 1934-. v.205 p.119. São Paulo, 2014.

UN-HABITAT. **Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements.** 2011. Policy Directions - ABRIDGED. Disponível: < <https://unhabitat.org/books/cities-and-climate-change-global-report-on-human-settlements-2011-abridged/> >. Acesso em: 25 de maio de 2021.

VIDAL, M.B.; AMORIM, M.C.C.T. Análise da temperatura do ar e formação das ilhas de calor em bairros com características distintas em Presidente Prudente. **XVIII Encontro Nacional Geógrafos**, São Luís do Maranhão, junho de 2016. Disponível em: http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1467645485_ARQUIVO_artigo_completo_eng_Mayara.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2021.

VILLAÇA, Flávio. **Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil.** In: DEÁK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Ramos (org.) O processo de urbanização no Brasil. São Paulo: EdUSP, 1999. p. 169 – 243.

YANG, J., WANG, Z.-H., & KALOUSH, K. E. (2015). Environmental impacts of reflective materials: Is high albedo a “silver bullet” for mitigating urban heat island? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 830–843. doi:10.1016/j.rser.2015.03.092