XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ILHAS DE CALOR EM BRASÍLIA

Marta Romero
Professora Titular, Arquiteta, romero@unb.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília, Caixa Postal 04431, Brasília – DF, CEP 70904-970, Tel.: (61) 3107-7445 http://www.lasus.unb.br

RESUMO
O lugar de Brasília foi escolhido principalmente por suas condições climáticas, e o Plano Piloto desenvolvido pelo urbanista Lucio Costa possui características bioclimáticas que são verdadeiras lições sobre planejamento urbano resiliente ao calor extremo, assim como as soluções arquitetônicas e os projetos modernistas adotadas por Niemeyer. Porém, o crescimento desordenado tem alterado sensivelmente o clima do Distrito Federal. As pesquisas realizadas no Laboratório de Sustentabilidade aplicada à Arquitetura e ao Urbanismo - LaSUS da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Brasília nos últimos anos mostram uma diminuição significativa do conforto na cidade. Em nossos estudos sobre as formas de monitoramento do fenômeno ilhas de calor, foram utilizadas imagens termais provenientes de sensoriamento remoto. Após o geoprocessamento dos dados das áreas amostrais definidas, a análise do campo térmico urbano no DF apresenta-se composta por: i) classificações supervisionadas dos materiais de superfície (software Quantum Gis); ii) fator W/H (largura da caixa da rua / altura dos edifícios), segundo uma base teórico numérica; iii) imagens de satélite termais, tais como transectos e imagens da câmera termográfica. Confirmada a existência de correlação estatística entre os materiais de revestimentos das superfícies urbanas e as temperaturas de Brasília - DF, algumas considerações podem ser feitas. Primeiro, as áreas que têm maior porcentagem de vegetação rasteira, asfalto ou solo exposto, apresentaram as temperaturas mais altas e as correlações são mais fortes. As superquadras com maior porcentagem de cobertura vegetal densa apresentaram as temperaturas mais amenas. Apesar de forte, a correlação destas áreas é a de menor valor entre as áreas do Plano Piloto, o que confirma que as correlações são ainda mais fortes nas áreas onde os materiais de superfície contribuem com aquecimento. Nossos resultados mostram que políticas de adaptação efetivas para diminuir o armazenamento de calor no tecido urbano constituem um verdadeiro seguro para a sobrevivência desta cidade patrimônio da humanidade.
Palavras-chave: ilhas de calor urbanas, Brasília, políticas de adaptação.

ABSTRACT
The location of Brasília was chosen primarily due to its climatic conditions, and the Pilot Plan developed by urban planner Lúcio Costa entails bioclimatic features that are truly lessons on urban planning resilient to extreme heat, as are the architectonic solutions adopted by Niemeyer. However, uncontrolled urban sprawl has significantly altered the climate of the Federal District. Researches carried out by the LaSUS Lab in the last few years have shown a significant decrease of comfort in the city. In our studies about how to monitor the urban heat island phenomenon, thermal images from remote sensing were used. After the geoprocessing of the data from the chosen sample areas, the analysis of the urban thermal field of the Federal District is composed by: i) supervised classification of the surface materials (software Quantum Gis); ii) W/H factor (Width of the street / building height), according to a theoretical numeric base; iii) thermal satellite images such as transects and thermographic camera images. After the statistical correlation between the surface materials and the temperatures in Brasilia was confirmed, some conclusion can be drawn. First, the areas with greater percentage of grass, pavement or exposed soil presented the highest temperatures and the correlations were stronger. The Superblocks, with greater percentage of dense vegetation, presented lower temperatures. Although the correlation for these areas was strong, it also presents the lowest values amongst the areas of the Pilot Plan, which confirms that the correlations are even stronger in the areas where the surface materials contribute to warming. Our results show that effective adaptation policies to decrease heat storage in the urban fabric represent a safeguard for the future survival of this world heritage city.
Keywords: Urban Heat Island, Brasília, adaptation policies

1. INTRODUÇÃO

O sítio que abriga Brasília foi escolhido por suas condições climáticas, e o Plano Piloto resultado do concurso para a capital possui características bioclimáticas que tem se demonstrado exemplar para um urbanismo resiliente ao calor extremo, assim como projetos modernistas adotados por Niemeyer segundo comprovação de Teixeira, 2018. Mas, as formas de ocupação posteriores mudaram em menos de sessenta anos o clima do Distrito Federal.

A planta de suas superquadras implementou um cinturão de 20 metros de vegetação de grande porte ao redor dos edifícios e ao redor das quadras, além de áreas verdes livres e pilotis que facilitam a mobilidade. Pensamos que a reintrodução de cobertura vegetal densa é a principal estratégia de adaptação para áreas urbanas, mas em concordância com os preceitos do patrimônio arquitetônico modernista, que tendo tido seu nascimento mais recente em comparação a outros períodos históricos, ainda está em processo de incorporação de valores e reconhecimento por parte da população em geral. A arquitetura moderna é um produto cultural em processo de elaboração de protocolos de proteção e reabilitação. Oscar Niemeyer usa o fundo como um espaço que define as figuras, ou seja, se comporta como um espaço-lugar, sendo tão importante quanto os personagens. Aqui o vazio faz parte dos espaços, tanto quanto os elementos materiais de sua arquitetura, assim sendo não podem ser recomendadas arborizações como em outras cidades, então o desafio é diminuir o armazenamento de calor no tecido urbano, utilizando a ventilação também.

Em Brasília, os setores centrais diferem das *superquadras* residências em materiais, formas e temperaturas: a Asa Norte é mais quente que a Asa Sul e os bairros Sudoeste e Noroeste, com suas percentagens menores de área exposta e vegetação, apresentam temperaturas mais altas que as Asas Sul e Norte. O uso e a ocupação do solo como parte da estratégia de adaptação em áreas urbanas ainda são pouco explorados no Brasil. Os riscos de mudança climática ainda não são plenamente visíveis e reconhecidos pela sociedade, incluído os governantes, que, assim, não veem valor no investimento pautado no princípio da precaução.

A identificação das ICU pode ser realizada por diversas abordagens que dependerão da escala, recursos e objetivo da análise. Gartland (2010) cita algumas abordagens utilizadas para medição e monitoramento, sendo as mais comuns as estações fixas, transectos móveis e sensoriamento remoto. O sensoriamento remoto é utilizado neste trabalho para observação da variação da temperatura de superfície na cidade. Cardoso e Amorim (2017) na pesquisa realizada em Presidente Prudente trabalham transectos móveis em episódios de verão e inverno para medir os dados de temperatura do ar na elaboração de um mapa com as potenciais zonas climáticas locais – ZCLs (STEWART, OKE, 2012). Os resultados apresentaram correlação positiva, indicando que há uma relação entre morfologia urbana, cobertura do solo e atmosfera local, com temperaturas do ar mais elevadas nas ZCLs compactas e densamente construídas.

O sensoriamento remoto pode ser empregado em metodologias aplicadas às pesquisas de clima urbano, principalmente para ilhas de calor urbanas de superfície. Existem duas classificações de monitoramento das diferenças de temperaturas urbanas: Ilhas de Calor de Superfície e Ilhas de Calor Atmosférica (EPA, 2008). É importante destacar que as imagens termais de satélite possibilitam o monitoramento das temperaturas de superfície, enquanto as temperaturas obtidas em estações meteorológicas são temperaturas atmosféricas. No contexto do clima urbano, e dos processos de trocas térmicas observados, o monitoramento das Ilhas de Calor de Superfície é fundamental.

Dentre os sensores mais utilizados em trabalhos científicos estão o Ikonos, Modis, Aster e a série Landsat, (utilizadas neste estudo). Em estudos de temperaturas intra-urbanas, a partir do uso das informações de bandas termais, pode-se obter detalhes da distribuição da temperatura superficial da malha urbana e fazer correlações com uso do solo, forma urbana, presença de corpos d'água e áreas verdes, por exemplo.

Em Brasília, Baptista (2003) utilizou em trabalhos pioneiros sensoriamento remoto em áreas urbanas em dois períodos distintos e chegou a identificar uma variação de 10ºC no decorrer de 17 anos. Trata-se da urbanização ao lado do Parque Nacional de Brasília, a Vila Estrutural, onde as temperaturas em 1984, estavam na faixa de 17 a 18ºC e, em 2001, na faixa de 27 a 28ºC. O autor também identificou a relação entre aumento de temperatura superficial e crescimento urbano em diversas outras áreas do DF. São elas: 1ºC no Setor Comercial Sul do Plano Piloto, 2ºC nas áreas centrais de Taguatinga e de Ceilândia, 3ºC na cidade de Sobradinho e a ex-Colônia Vicente Pires, 5ºC no Paranoá, Samambaia e Lago Oeste e 9ºC em Brazlândia (BAPTISTA, 2010).

Assim, Baptista, Bias e Lombardo (2003) inserem o Distrito Federal nas discussões sobre o fenômeno das ilhas de calor, sendo que os trabalhos desenvolvidos atualmente no LASUS buscam a sequência e a ampliação destas análises, utilizando também o sensoriamento remoto como ferramenta, desmistificando e disseminando o método de utilização no meio dos arquitetos e urbanistas (Werneck,

Romero, 2018), discutimos também, em mesa redonda, coordenada pela autora e composta por Magda Lombardo, Elen Vianna, José Medeiros, esses resultados no V Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo – V ENANPARQ realizado em Salvador em 10/2018, com as experiências acumuladas elaboramos e-book acerca de mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas (ROMERO, et al, 2019). Visto que o uso de ferramentas de geotecnologias em análises termais urbanas mostrou-se eficiente (ROMERO, VIANNA, 2018), optamos pelo geoprocessamento de ortofotos e de imagens termais urbanas, as quais envolvem as mesmas variáveis de interesse, sendo elas: as temperaturas das superfícies urbanas, os materiais de revestimentos destas superfícies e as formas urbanas.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar uma análise de trabalho com métodos de sensoriamento do campo térmico realizado na cidade de Brasília para identificar o armazenamento de calor caracterizando ilha de calor. Buscamos identificar as relações entre os materiais de superfície, as temperaturas e a morfologia urbana ao comparar áreas amostrais do Plano Piloto de Brasília – DF.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Análise dos Materiais de Superfície utilizando Classificação Supervisionada;
2. Análise da Morfologia Urbana com base no fator W/H/L;
3. Análise do Campo Térmico Urbano utilizando ferramentas de Geotecnologia, tais como sensoriamento remoto e as imagens termográficas.

3.1. Análise dos Materiais de Superfície utilizando Classificação Supervisionada

No trabalho de Vianna (2018) aluna de doutorado do PPGFAU e minha orientanda, foram definidos nove materiais de superfície: copa de árvores, relvado, solo exposto, asfalto, sombra, água, laje, telha, cinza, e telha cerâmica, uma vez que correspondem à predominância de materiais existentes nas superfícies urbanas encontradas na cidade, estabelecidos como padrão mediante apoio do referencial teórico, ver as Figuras 1, 2 e 3. Estes materiais irão influenciar nas características térmicas locais e por consequência, no processo de formação das ilhas de calor.

A classificação supervisionada realizada por Viana (2018) adotou o método *Random Forest*. Posteriormente foi validada para a verificação da confiabilidade dos resultados obtidos. As bases para a comparação entre a classificação e a verdade terrestre são as ortofotos de agosto de 2015 cedidas pelo NUGET – Núcleo de Geoprocessamento e Topografia da Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal.

Em síntese, do ponto de vista dos materiais de superfícies urbanas, nota-se que no Plano Piloto predomina a presença de vegetação, tanto do relvado, quanto das copas de árvores, nos espaços que configuram a denominada escala bucólica da cidade (que não inclui os setores Noroeste e Sudoeste, assim como a escalas Monumental do Plano Piloto estudadas). Devido ao período seco, o relvado citado transfoma-se em solo exposto, o que influencia a elevação das temperaturas nestes locais, caracterizando-os como ilhas de calor. Em termos dos materiais construtivos utilizados nos edifícios, observamos que devido aos grandes afastamentos e às baixas densidades do Plano Piloto, a influência destes é menor do que a da vegetação.

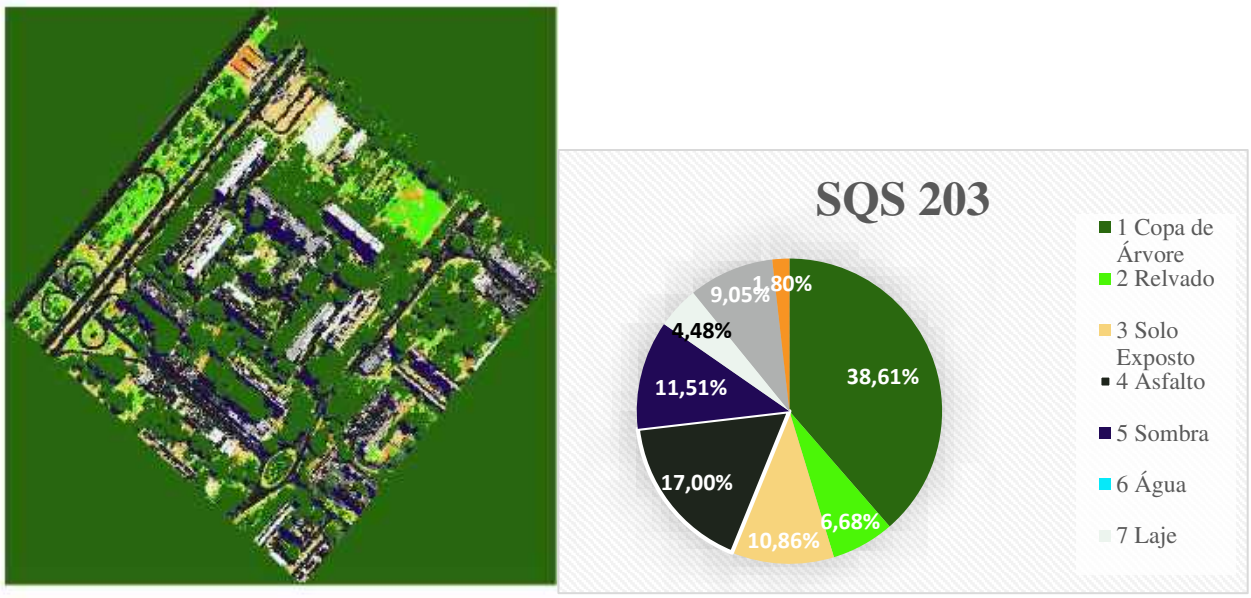

Figura 1 – Super Quadra Sul 203 - SQS 203 Classificação dos materiais de superfície (VIANNA, 2018).



Figura 2 – Ministérios 2 Classificação dos materiais de superfície (VIANNA, 2018)

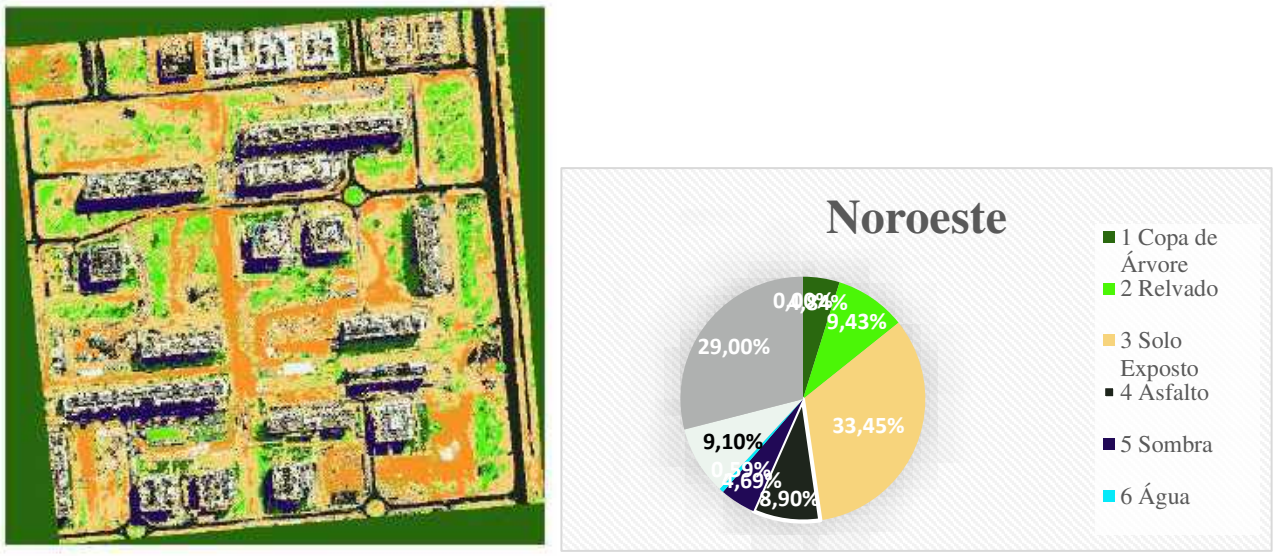

Figura 3 – Bairro Noroeste Classificação dos materiais de superfície (VIANNA, 2018)

3.2. Análise da Morfologia Urbana com base no fator W/H/L

Para caracterizar a morfologia urbana das áreas e relacioná-la ao campo térmico urbano, o fator W/H/L traz as variáveis relevantes ao processo, conforme indicação da Figura 4. Seguem a continuação exemplos das análises de superquadras e do espaço da Esplanada dos Ministérios.

A SQS 108 é considerada quadra modelo da cidade, localizada na Asa Sul de Brasília. As zonas de uso dividem-se entre área comercial e residencial, entremeadas pela escala bucólica de expressivas áreas verdes. Os blocos de apartamentos têm seis pavimentos e pilotis. Segundo a classificação que propus para classificar a percepção dos edifícios e seus entornos imediatos, Romero (2011, p. 93), a relação W/H na SQS 108 indica ambiente urbano de recolhimento para fatores W=H e W=3H, e na SQS 213 indica ambiente urbano de recolhimento para fatores W=H e W=3H.

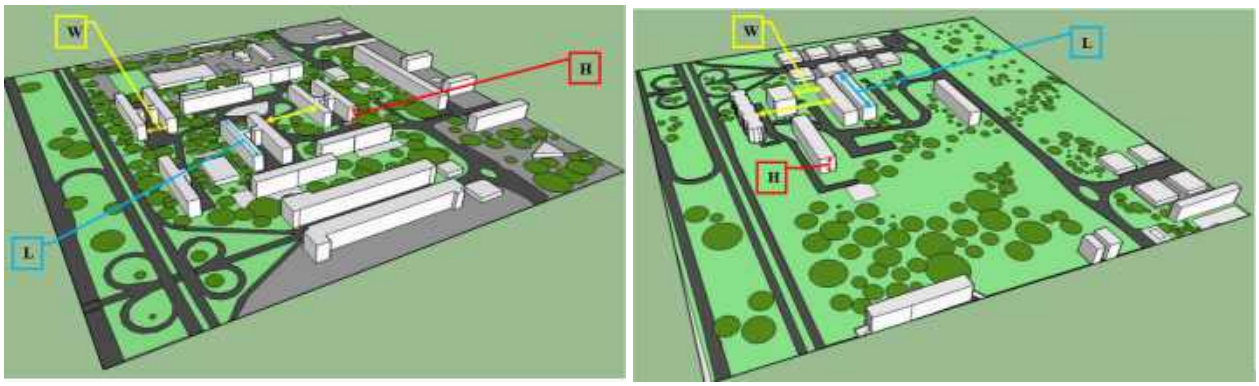

Figura 4 – SQS 108 Fator W/H/L e SQS 213 Fator W/H/L

A Esplanada dos Ministérios, lugar simbólico da Capital Federal, exerce importante influência sobre o campo térmico urbano do Plano Piloto. A extensa área entre os edifícios, aberta, vazia, própria para abrigar as manifestações populares, é também grande área de vegetação rasteira de relvado, que no período seco do ano alcança elevadas temperaturas. Segundo a mesma classificação antes citada Romero (2011), a relação W/H na área indica dois tipos de ambientes urbanos: ambiente de recolhimento para fator W=2H e ambiente expansivo para o W≥4H (W=5H e W=10H). A SQN 207 (única superquadra ainda sem urbanização na Asa Norte) indica ambiente de recolhimento na área comercial, com o fator W=2H, e ambiente expansivo na área sem ocupação, com o fator W≥4H, ver Figura 5.

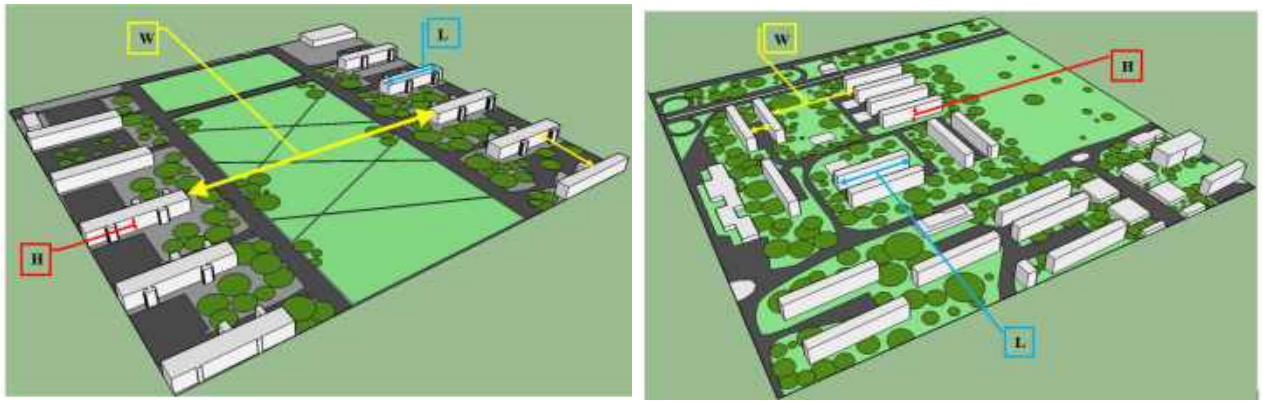

Figura 5 – Esplanada dos Ministérios Fator W/H/ e SQN 207 Fator W/H/L

3.3. Análise do Campo Térmico Urbano utilizando ferramentas de Geotecnologia

Para a análise térmica foram obtidas imagens Landsat e o processamento das Imagens Termais (banda 10 do Landsat 8) foi realizado com o software ENVI. As imagens correspondem aos meses de fevereiro e agosto de 2016. A análise multisazonal dos resultados visuais e as análises de correlações estatísticas podem ser visualizadas no exemplo da Figura 6 que mostra os Mapas Termais e os Transectos da SQS 206, uma das quadras do Plano Piloto trabalhadas.

3.3.1 Imagens Termográficas

A pesquisa realizada apresenta na Figura 7, a título de exemplo, imagens obtidas com a câmera termográfica Flir Thermal Imaging Camera for R&D: SC620, de áreas de estudos definidas em Brasília, nos pontos mais

aquecidos do campo térmico, observados nos mapas termais realizados para a cidade. As imagens obtidas com a câmera termográfica permitem observar as temperaturas das superfícies urbanas sob o ponto de vista do pedestre, relacionando o campo térmico na escala local e assim relacioná-las com o fator W/H, o qual caracteriza morfologicamente as respectivas áreas.

Verificam-se temperaturas mais amenas devido à presença de vegetação (16ºC) nas áreas próximas às fachadas dos edifícios residenciais – cerca de 24ºC – e temperaturas mais elevadas – até 30ºC – no estacionamento (asfalto). As temperaturas mais elevadas entre as fachadas dos edifícios comerciais (24ºC) e 32ºC (no asfalto) são devidas principalmente às grandes áreas impermeabilizadas, ver Figura 8.

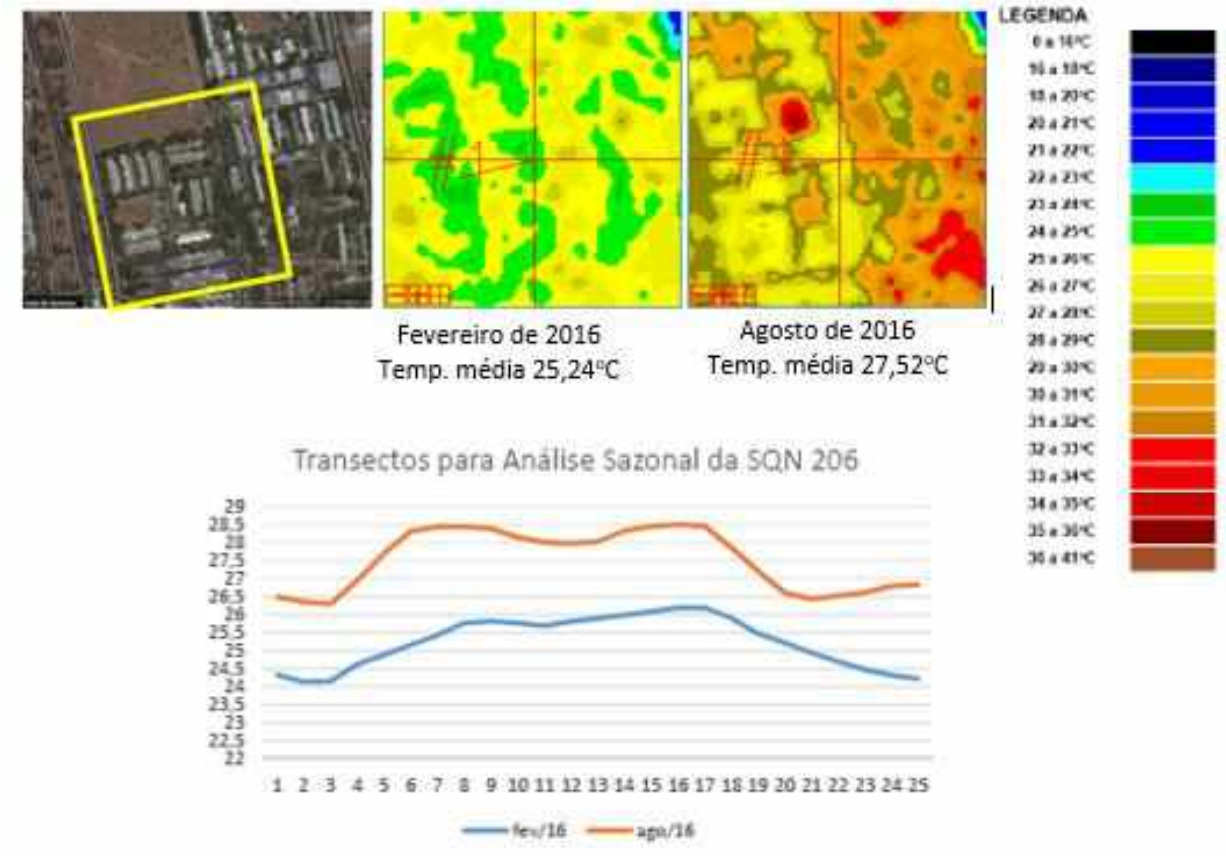

Figura 6 – Campo Térmico da SQS 206

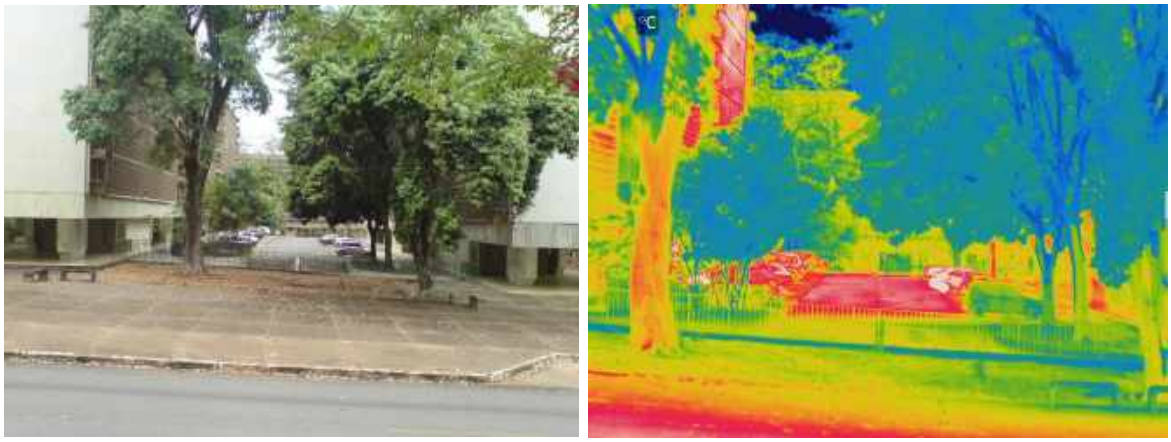

Figura 7 – Imagem fotográfica e termal da Residencial SQN 206 (VIANNA, 2018)

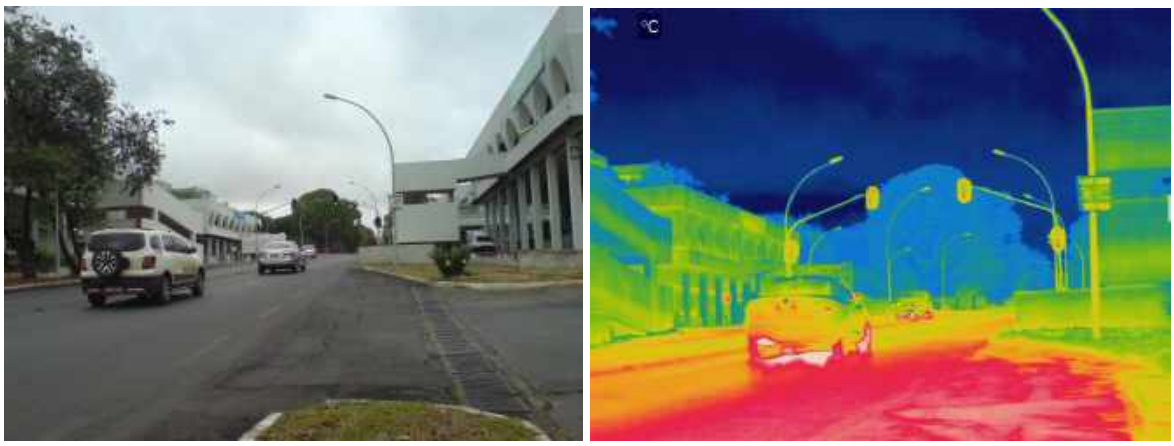

Figura 8 – Imagem fotográfica e termal do comércio local da SQN 206 (VIANNA, 2018)

4. RESULTADOS

4.1 Correlação dos dados referentes aos materiais de superfície urbana, resultantes da Classificação Supervisionada, com as Temperaturas provenientes do Sensoriamento Remoto

Para fins de verificação da confiabilidade dos resultados obtidos com a classificação supervisionada dos materiais superficiais, foi aplicada a estatística Kappa, por meio da qual obteve-se o valor de 99,96%. Analisando a influência que os materiais de superfície exercem nas temperaturas, e diante do que foi abordado sobre o processo de formação das Ilhas de Calor Urbanas em Brasília - DF, é possível notar que onde encontramos as maiores porcentagens de certos materiais, também encontramos as maiores temperaturas, e portanto estabelecemos as correlações entre estes dois fatores. O raciocínio estatístico, então, considera a correlação entre o ranking das porcentagens dos materiais e o ranking das temperaturas nos meses de fevereiro e agosto de 2016, ver Tabela 1.

Para correlacionar os dados dos 9 tipos de materiais de superfície urbana, definidos na pesquisa de cada área, com cerca de 25 pontos de temperaturas obtidas nos processamentos das imagens termais, fez-se necessário alguns ajustes.

O primeiro ajuste consistiu em verificar a importância de cada material de superfície urbana em sua respectiva área, e se as porcentagens eram significativas. A partir desta primeira análise houve a exclusão da água das correlações, o que reduziu o número de materiais para 8. Em algumas áreas, onde a telha cerâmica apresentou porcentagem 0 (zero), também foi excluída, o que reduziu o número de materiais para 7, nestes casos.

O segundo ajuste foi em relação às temperaturas obtidas nos transectos, as quais identificavam cerca de 25 pontos em cada área de análise, e por isso tiveram que ser reduzidas para 8 temperaturas médias em alguns casos, ou 7 temperaturas médias em outros.

Houve uma análise de exceção, que foi a área denominada Ministérios III, na qual consideramos o material Pedra Portuguesa, de porcentagem significativa nesta área, e que não é identificado nas demais áreas analisadas.

A seguir o exemplo de correlação entre materiais de superfície urbana e as temperaturas da área Ministérios I. O coeficiente de Correlação (R) para as temperaturas do mês de agosto é 0,96 e para o mês de fevereiro é 0,97, o que significa dizer que ao utilizarmos os materiais de superfície para explicar as temperaturas 100 vezes, iremos acertar entre 96 e 97 vezes.

Na Tabela 1 foram destacadas em verde as áreas de temperaturas mais amenas, onde predomina o material copa de árvores e, destacadas em amarelo, as áreas de temperaturas mais elevadas, onde predomina o material relvado, o qual no período seco transforma-se em solo exposto. Em relação à morfologia das áreas analisadas, neste estudo caracterizada pelo fator W/H (ver destaques em amarelo na Tabela 1), temos entre as temperaturas mais elevadas a predominância de ambientes expansivos ($W \geq 4H$); e entre as temperaturas mais amenas a predominância de ambientes de recolhimento. Assim, no contexto climático de Brasília, as melhores proporções W/H estão entre 0,95 e 2,95 ($W \leq 3H$).

Tabela 1 - Ranking entre as temperaturas relativas aos materiais predominantes

	Área	Temp.Med. Fevereiro	Temp.Med. Agosto	Mat. Pred	W/H ≤4H) Recolhimento	W/H (W≥4H) Expansivo
1	SQS 203	24,64	26,92	Copa de árvore	0,95	4,76
2	SQS 108	24,97	27,19	Copa de árvore	0,95 e 2,95	
3	Taguatinga		27,24	Telha Cinza	2,50	
4	Aguas Claras		27,39	Solo Exposto	0,83 e 1,77	
5	SQN 206	25,24	27,52	Copa de arvore	1,05	5,0
6	SQN 213	24,61	27,65	Copa de arvore	1,43 e 2,85	
7	Sobradinho I		27,68	Solo Exposto	3,33	6,67
8	Ministérios III	24,97	27,74	Telha Cinza	2,03	
9	Setor Noroeste		28,2	Solo Exposto	1,25 e 1,67	
10	Setor Sudoeste		28,21	Solo Exposto	1,67 e 3,81	
11	Itapoá		28,32	Telha Cinza	2,67	
12	Setor Taquari		28,34	Relvado		
13	Gama		28,34	Telha Cinza	0,71 e 2, 17	
14	Ministérios II	25,62	29,21	Relvado		5,33
15	Sobradinho II		29,59	Telha cerâmica		5
16	Ministérios I	26,37	30,66	Relvado		10,33
17	SQN 207	25,52	30,72	Relvado	2,4	19,43

4.2 Síntese dos resultados das correlações entre materiais e temperaturas

A área Ministérios I e a SQN 207 têm maior porcentagem de vegetação rasteira e asfalto, o que está refletido nas temperaturas mais altas; e na sequência das temperaturas elevadas, temos o Setor Noroeste com maior porcentagem de solo exposto. Observamos que as correlações são ainda mais fortes nas áreas que apresentam altas temperaturas (Tabela 1, coluna Temp. Med. Agosto).

A SQS 203, representando as superquadras, tem maior porcentagem de copa de árvore e, por conseguinte, as temperaturas mais amenas. Apesar de forte, a correlação desta área é a de menor valor entre as áreas do Plano Piloto, o que confirma que as correlações são ainda mais fortes nas áreas onde os materiais de superfície contribuem com o aquecimento.

4.3 Síntese das combinações entre materiais de superfície e fator W/H/L

Na SQN 206, o material de revestimento de superfície urbana com maior porcentagem é Copa de Árvore – 28,29%; fatores W=H e W=5H, indicando ambientes de recolhimento e expansivo, respectivamente.

Na SQN 213, o material de revestimento de superfície urbana com maior porcentagem é Copa de Árvore – 33,89%; fatores W=H e W=3H, indicando ambientes de recolhimento. As temperaturas das superfícies ficam equilibradas ao longo do período seco e chuvoso. Esta Superquadra identifica-se com as áreas urbanas lindeiras a Parques e/ou áreas de preservação, com presença abundante de arborização.

Na SQS 108, o material de revestimento de superfície urbana com maior porcentagem é Copa de Árvore – 33,73%; fatores W=H e W=3H, indicando ambientes de recolhimento.

Na SQS 203, o material de revestimento de superfície urbana com maior porcentagem é Copa de Árvore – 38,61%; fatores W=H e W=3H, indicando ambientes de recolhimento. A presença de vegetação densa proporciona temperaturas amenas e traz equilíbrio térmico ao longo dos períodos seco e chuvoso do ano. Assim como a SQS 108, a SQS 203 é também uma típica Superquadra da Asa Sul, contudo, apresenta cerca de 1ºC a menos de temperatura nos períodos seco e chuvoso do ano. Entre outros fatores, o principal motivo identificado para esta diferença de temperatura é a porcentagem de Copas de Árvores.

Na SQN 207, o material de revestimento de superfície urbana com maior porcentagem é o Relvado – 29,39%; fatores W=2H, na área comercial e W≥4H, em toda a área desocupada, indicando ambientes de recolhimento e expansivo, respectivamente.

Na Área dos Ministérios I, o material de revestimento de superfície urbana com maior porcentagem é o Relvado – 27,28%; para o fator W=2H a indicação de ambiente de recolhimento e para o fator W≥4H (W=5H e W=10H) ambiente expansivo. Esta área abrange os edifícios dos Anexos e seus respectivos estacionamentos, o que torna o cenário árido e de temperaturas mais elevadas.

Na Área dos Ministérios II, o material de revestimento de superfície urbana com maior porcentagem é o Relvado – 35,33%; para o fator W=2H a indicação de ambiente de recolhimento e para o fator W≥4H (W=5H e W=10H) ambiente expansivo. As extensas áreas verdes, de vegetação rasteira (relvado), as quais no período das chuvas conferem uma paisagem inigualável à Brasília, no período seco, contudo, transformam-se em áreas aquecidas.

Na Área dos Ministérios III, que abrange o Congresso Nacional, o material de revestimento de superfície urbana com maior porcentagem é o Telha Cinza – 20,91%; para o fator W=2H a indicação de ambiente de recolhimento e para o fator W≥4H (W=5H e W=10H) ambiente expansivo. Trocamos a variável telhado cerâmico por Pedra Portuguesa – 9,05% - material característico desta área, que é simbólica da Capital Federal,

4.4 Correlação dos fatores W/H de cada área de estudo com as Temperaturas provenientes do Sensoriamento Remoto

A correlação entre o fator W/H e as temperaturas (de agosto) das superfícies urbanas em Brasília é forte e crescente, sendo o coeficiente de correlação (R) 0,94. O coeficiente de determinação R^2 indica que 89,21% das vezes, o fator W/H explica a temperatura da superfície urbana.

A correlação entre o fator W/H e as temperaturas (de fevereiro) das superfícies urbanas em Brasília é moderada e crescente, sendo o coeficiente de correlação (R) 0,65. O coeficiente de determinação R^2 indica que 42,94% das vezes, o fator W/H explica a temperatura da superfície urbana.

Assim como no caso das porcentagens dos materiais, as correlações do fator W/H também são mais fortes com as temperaturas mais altas - do mês de agosto (período seco) – do que no mês de fevereiro (período chuvoso).

5. CONCLUSÕES

Buscamos compreender a influência que os materiais de superfície exercem nas temperaturas, e diante do que foi abordado sobre o processo de formação das Ilhas de Calor Urbanas em Brasília, verificamos que as maiores porcentagens de alguns materiais influenciam as maiores temperaturas detectadas e estabelecemos as correlações.

Os resultados das correlações nos permitem afirmar que o traçado, o qual deu origem ao Plano Piloto estava dotado de intenções assertivas do ponto de vista da qualidade ambiental.

Assim, o primeiro resultado obtido da síntese deste estudo é que ambientes expansivos, com revestimento de superfície essencialmente de relvado tendem a virar uma Ilha de Calor Urbana no período seco do ano. Esta constatação coloca a questão da preservação da escala bucólica de Brasília uma vez que seu espaço simbólico está assegurado pela continuidade do tapete gramado contínuo.

O segundo vem do fato de que as Superquadras, tanto as da Asa Sul, quanto as da Asa Norte, onde a presença de arborização densa proporciona o equilíbrio das temperaturas entre o período seco e o período chuvoso do ano. E, neste caso, quando falamos de amplitude térmica, referimo-nos também às diferenças de temperaturas entre os diferentes materiais de superfície da mesma área, em um único período, seja ele chuvoso ou seco além da diferença natural de temperatura, que ocorre entre os meses de fevereiro e agosto devido a mudança de umidade no ar. Soma-se à isto a configuração urbana de ambientes urbanos de recolhimento, com a proporção equilibrada entre o fator W (largura do cânion) e H (altura dos edifícios), que também favorecem as temperaturas amenas, devido à ocorrência de insolação e ventilação naturais em medidas adequadas. Aqui a continuidade dos espaços fica assegurada uma vez que o edifício está sobre *pilotis*. Desta forma o terreno não é fragmentado; ao contrário, os *pilotis* outorgam ao terreno um espaço externo amplo e contínuo.

As áreas comerciais das Superquadras, de maneira geral, são mais áridas, não têm presença de arborização e os materiais de superfície impermeabilizam o solo.

Confirmada a existência de correlação estatística entre os materiais de revestimentos das superfícies urbanas e as temperaturas de Brasília, as áreas que têm maior porcentagem de vegetação rasteira, asfalto ou solo exposto, apresentaram as temperaturas mais altas e as correlações são mais fortes. As superquadras com maior porcentagem de vegetação arbórea apresentaram as temperaturas mais amenas. Apesar de forte, a correlação desta área é a de menor valor entre as áreas do Plano Piloto, o que confirma que as correlações são ainda mais fortes nas áreas onde os materiais de superfície contribuem para o aquecimento. Parece evidente então propor a estratégia de aumentar vegetação arbórea em parques urbanos, conectada com arborização nas vias, formando uma rede de infraestrutura verde na cidade, e assim contribuir diretamente para a adaptação da população aos eventos climáticos extremos, e também, indiretamente, para a mitigação dos fenômenos de aquecimento urbano, ao diminuir as temperaturas de superfície pelo sombreamento, aumentando as perdas de calor por evaporação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, G. M. de M. **Ilhas Urbanas de Calor.** Scientific American Brasil: Aula Aberta, v. 2, p. 24-31, 2010.

BIAS, E. D. S.; BAPTISTA, G. M.; LOMBARDO, M. A. **Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos**. XI SBSR, Belo Horizonte, p. 1741–1748, 2003

CARDOSO, R., AMORIM, M. **Estimativa da distribuição espacial da temperatura do ar com base em zonas climáticas locais (LCZ) e modelos de regressão.** Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), n. º 12, p. 75-99, 2017

EPA. United States Environmental Protection Agency. *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Washington, 2008.* Disponível em: https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium. Acesso em Agosto de 2017.

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

ROMERO, M. A. B.. **Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília.** Cadernos de arquitetura e urbanismo. Paranoá (UnB), v. 1, p. 67-76, 2010.

ROMERO, M. A.B. **Arquitetura do lugar: uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília**. São Paulo: Nova Técnica Editorial, 2011. 164p.

ROMERO, M. A. B.; VIANNA, E. . **A relação entre os materiais de superfície, a temperatura e a geometria urbana na formação das ilhas de calor. Uso de classificação supervisionada, imagens de satélite e fator w/h/l para o diagnóstico.** In: Pluris 2018, 2018, Coimbra. Anais Pluris 2018, 2018

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. de M. ; LIMA, E. A. de ; WERNECK, D. R. ; VIANNA, E. O. ; SALES, G. de L. . Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2019. v. 1. 151p . http://repositorio.unb.br/handle/10482/34661

STEWART, I. D., and OKE, T. R. **Local Climate Zones for Urban Temperatures Studies.** 2012

TEIXEIRA, E. O. **Os palácios de Oscar Niemeyer. Uma arquitetura modernista e Bioclimática**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília. Orientador: Marta Adriana Bustos Romero. 2018.

VIANNA, E. O. **Campo Térmico urbano. Ilhas de Calor em Brasília-DF.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Orientador: Marta Adriana Bustos Romero. 2018

WERNECK, D. R.; ROMERO, M. A. B. Análise de microclimas urbanos orientada à mitigação de ilhas de calor em áreas de comércio local do Plano Piloto de Brasília - Brasil.. In: 8° Congresso Luso-Brasileiro Para Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável - Pluris, 2018, Coimbra. Atas do Pluris, 2018. v. I. p. 675-688.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece à FAPDF e ao CNPq pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.