

REVESTIMENTOS PAVIMENTARES NOS PROJETOS DE REQUALIFICAÇÃO DE ESPAÇOS PÚBLICOS URBANOS E O CONFORTO TÉRMICO:

Estudo de caso do Setor Hospitalar Local Norte e Sul – Brasília/DF

Juliana Linder de Oliveira Iahn
Centro Universitário de Brasília - CEUB
Gustavo Alexandre Cardoso Cantuária
Centro Universitário de Brasília - CEUB

Resumo: É no espaço público urbano onde as atividades ao ar livre dos cidadãos acontecem. O conforto térmico nesses espaços é um dos principais indicadores que proporcionam a sua fruição, atratividade e habitabilidade. Considerando-se que as propriedades térmicas e de permeabilidade dos tipos de materiais de pavimentação utilizados possuem forte relação com a intensidade de calor no espaço público, esta pesquisa tem como objetivo a investigação de elementos que contribuam do tratamento dos pavimentos para o conforto térmico dos usuários por meio de estudos microclimáticos comparativos da implantação dos projetos de requalificação do Setor Hospitalar Local Sul e do Setor Hospitalar Local Norte em Brasília. Esses setores foram escolhidos pois passam por um processo de intervenção urbanística, a qual inclui a mudança dos materiais de cobertura do solo. Os procedimentos metodológicos deste trabalho se baseiam na revisão de literatura (revestimentos nos espaços públicos e suas propriedades, clima urbano, implicações dos pisos no microclima e proposta de desenho bioclimático), análise de variáveis ambientais (temperatura e umidade relativa do ar), análise da temperatura superficial dos espaços selecionados, além da análise de cenários simulados no *software* ENVI-met 5.0. Os resultados mostraram que a temperatura dos materiais no período de chuva possui um comportamento distinto em relação ao período de seca e constante relação com o aumento de temperatura de acordo com o material e a situação de sol ou sombra. Na seca, materiais “frios” tiveram melhor desempenho quando exposto ao sol, o Piso Fulget, por exemplo, foi 5°C mais frio que o asfalto às 15h. Já na época de chuva, os materiais permeáveis e naturais apresentaram melhor comportamento, em que o Pisograma registrou temperatura média de 36,2°C às 15h, 22°C mais frio do que o Asfalto. Quanto as simulações, simulou-se dois cenários com o uso de pavimentos “frios” e permeáveis e o uso de vegetação adicional, e revelaram zonas de até 1,5°C mais frescas dependendo do tipo de pavimento. Assim, a simulação corroborou com a investigação experimental, pois possibilitou estimar as propostas bioclimáticas como mecanismo de resfriamento dos espaços públicos. Ainda, esta pesquisa teve como resultado uma base de apoio para a escolha do pavimento nos projetos de intervenção urbanística adaptados ao clima que proporcionem conforto térmico aos usuários.

Palavras-chave: Revestimento Pavimentar, Conforto Térmico Microclimático, Espaço Público Urbano, Projetos de Requalificação, Temperatura Superficial.

1. INTRODUÇÃO

Na escala construtiva, os projetos dos espaços públicos devem ser cuidadosamente elaborados, garantindo que as pessoas caminhem, pedalem e tenham um convívio social. Quanto aos pavimentos, a combinação dos materiais que o revestem deve facilitar os percursos, trazer segurança, conforto e acessibilidade e, ainda, amenizar as sensações térmicas. Todavia, no processo de materialização do espaço público, os materiais de construção têm a alta capacidade de absorver e re-

irradiar calor, além de favorecerem para o declínio da evaporação, por serem impermeáveis.

O uso de materiais adequados no planejamento urbano contribui para reduzir as temperaturas de superfície que afetam as trocas térmicas com o ar. Quanto à essa adaptação, a escolha do tipo de revestimento do pavimento em projetos de urbanização deveria estar condicionada às características do meio, além disso, aproveitar as qualidades superficiais dos materiais constituintes.

A concepção bioclimática do espaço público adota critérios objetivos quanto a adoção dos tipos de materiais que o compõe. Segundo Doulos et al (2004), o papel dos materiais de construção é decisivo para a redução dos ganhos térmico e do superaquecimento. No Brasil, as características de desempenho dos materiais de revestimento pavimentar como parte da estratégia de mitigação do calor em áreas urbanas ainda são pouco exploradas. Portanto, torna-se importante a ampliação de conhecimento na área, a fim de subsidiar os projetos de urbanização para a melhoria das condições de conforto térmico e de salubridade nos espaços urbanos.

Assim, propõe-se investigar a contribuição do tratamento dos pavimentos para o conforto térmico dos usuários por meio de estudos microclimáticos, nos projetos de requalificação de espaços públicos urbanos. A escolha da cidade de Brasília, como área de estudo, ocorre principalmente pelo momento em que se executa vários projetos de revitalização de espaços públicos, os quais incluem o tratamento dos pavimentos nesses espaços.

2. PAVIMENTOS E SUAS IMPLICAÇÕES MICROCLIMÁTICAS

O comportamento dos materiais é decisivo no ganho térmico, e são determinados pelas características radiativas e térmicas, sendo o albedo (coeficiente de refletância) e a emissividade os mais significativos (DOULOS; SANTAMOURIS; LIVADA, 2004). A porcentagem de energia refletiva de volta para a atmosfera, depende das características do material e da cobertura da superfície, assim mais radiação será absorvida e mais calor emitido pela superfície dependendo do pavimento empregado.

Nos espaços públicos os materiais de construção empregados apresentam menor albedo, maior capacidade calorífica e valor elevado de condutividade térmica em relação ao solo natural. Tais características resultam na modificação do balanço de radiação, influenciando sobretudo, no aumento da temperatura e na umidade do ar, o que prejudica a qualidade bioclimática do espaço.

Doulos, Santamouris e Livada (2004) compararam o desempenho térmico de 93 materiais de pavimentação comumente usados em espaços abertos. Para um mesmo material as temperaturas variaram de 33,4°C e 54°C, em que o valor mínimo foi observado para a cor branca e o máximo para a preta. Quanto à textura, superfícies mais lisas apresentaram temperaturas mais baixas que superfícies rugosas. Altas temperaturas foram observadas em superfícies de seixo rolado na cor preta e cinza, na ordem de 45°C. Quanto ao tipo de material mármore, pedras e mosaicos eram mais frios que os outros materiais.

Assim, materiais 'frios' podem ser caracterizados como aqueles que têm a superfície lisa e de cor clara com materiais feitos de mármore, pedra e mosaicos (matéria prima natural). Da mesma forma que materiais quentes podem ser definidos aqueles que têm uma superfície áspera e de cor escura e com materiais feitos de seixo e pedra de pavimentação.

Dimoudi et al. (2014) monitoraram a flutuação térmica da cidade de Serres na Grécia, local onde utiliza-se materiais tradicionais da construção civil. As simulações da substituição por materiais 'frios' acompanhada de outras técnicas mitigadoras resultaram na redução de temperatura média da superfície das ruas em até 6° C.

Assim, o uso de materiais 'frios' contribui para a redução da temperatura do ar devido aos fenômenos de transferência de calor. No entanto, materiais 'quentes' são utilizados para estruturas urbanas ao invés do 'frio', tanto por razões de estética, conforto e econômicas, quanto por mau planejamento.

Além das propriedades térmicas e radiativas, as propriedades de permeabilidade dos materiais de revestimento dos pavimentos também influenciam no desconforto térmico humano nos espaços. A substituição de solo natural e vegetação por superfícies impermeáveis, como o asfalto e concreto, diminuem o efeito de resfriamento do ar pela evaporação, aumentando ainda mais a temperatura da superfície. A impermeabilidade dos pavimentos reduz a possibilidade de liberação de calor por evapotranspiração. A parte absorvida por uma superfície é usada como calor latente para evaporação da água nela contida, enquanto a energia restante é conduzida ao seu interior (ROMERO, 2011).

Como proposta mitigadora, considera-se os materiais de revestimento permeáveis como tecnologia eficaz. As pesquisas sobre pavimentos permeáveis estão direcionadas para o aumento da capilaridade, constando que sua resposta

térmica depende da disponibilidade de água para evaporação, resfriando os pavimentos (SANTAMOURIS, 2013).

Estudos realizados na China demonstraram a eficácia dos pavimentos permeáveis no conforto térmico urbano por meio do resfriamento evaporativo (WANG et al., 2018). Após testarem dois tipos de materiais permeáveis (concreto permeável e o bloco de cerâmica drenante), os resultados indicaram que os pavimentos com alta força capilar pode melhorar o conforto térmico acima dos pavimentos em até 3°C.

Visto isso, pode-se destacar a influência direta no microclima urbano dos materiais incorporados à infraestrutura urbana. Nos espaços públicos urbanos o uso de materiais apropriados, como os materiais 'frios' e permeáveis, associados ao uso intensivo de vegetação, pode gerar condições de conforto, especialmente em cidades com clima quente e seco como Brasília.

3. O DESENHO BIOCLIMÁTICO PARA ESPAÇOS PÚBLICOS

No atual contexto urbano de intensa transformação do espaço natural, a relação entre as dinâmicas da vida e o meio ambiente têm tomado cada vez mais rumos opostos, especialmente no centro das grandes cidades. Diante disso, surge a concepção bioclimática do espaço público.

O termo refere-se como a harmônica relação entre o ambiente construído e o sítio natural, e consiste numa concepção arquitetônica voltada ao controle das condições climáticas a modo de satisfazer exigências de conforto do ser humano (OLGYAY, 1963). A concepção bioclimática do espaço público objetiva o conforto e salubridade por meio de diretrizes, estratégias e técnicas sustentáveis de controle dos agentes físico-naturais de cada sítio urbano (ROMERO, 2015). A escolha do pavimento adequado faz parte dessas estratégias para o conforto térmico.

Em pesquisa recente sobre a influência dos materiais pavimentares no aquecimento do ar, DJEKIC et al. (2018), entre diferentes estratégias de mitigação e adaptação destaca: o controle solar que incluam sistemas de sombreamento como pérgulas e tendas; o sombreamento de árvores que reduzam a temperatura radiante dos materiais; e os materiais de revestimento frios e mais permeáveis.

Assim, o desenho bioclimático leva em consideração o conforto térmico dos usuários como um elemento importante na proposta do desenho urbano, pois busca evitar situações em que as pessoas não passem tempo nesses espaços, devido às condições climáticas inadequadas.

4. O CONTEXTO DE BRASÍLIA

Brasília, capital do Brasil, está localizada na Região Centro-Oeste do país, a 1070 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima do Distrito Federal é tropical de altitude e, sua pluviosidade é caracterizada pela marcante sazonalidade. Cerca de 90% da precipitação ocorre na estação das chuvas (outubro a março), enquanto na estação seca (abril a setembro) raramente chove mais que 9mm/mês. (BRASÍLIA, 2020).

As temperaturas médias anuais variam entre 19°C e 23°C. O período mais quente ocorre em setembro e outubro, na qual a média histórica das temperaturas mais altas chega a 30°C. O período mais frio ocorre em junho e julho, meses em que as temperaturas mais baixas chegam a 13°C.

Quanto ao contexto urbanístico, inaugurou-se a cidade em 1960, tornando-se um marco na história do planejamento urbano. O projeto de Lucio Costa ficou conhecido pelo nome de Plano Piloto e, foi assumidamente concebido sob os princípios urbanísticos prescritos pelos Congressos Internacionais da Arquitetura Moderna – CIAM. Esses princípios traduziram-se em quatro escalas urbanas: a monumental, a residencial, a bucólica e a gregária. As escalas urbanas juntamente com os demais princípios já consagrados no projeto urbano de Brasília, são pilares fundamentais e constituem sua singularidade e excepcionalidade (BOTELHO, 2009).

Passados 60 anos de sua inauguração, hoje se faz necessário algumas correções e adaptação ao que se refere a demanda atual, especialmente as ruas e calçadas, pois é sobre elas que as pessoas se deslocam. Todavia, deve-se levar em consideração o patrimônio moderno da cidade de Brasília.

Neste sentido, o PPCUB - Plano de Preservação do Conjunto Urbanístico de Brasília, prevê a qualificação urbanística de espaços públicos das cidades de forma a intensificar a dinâmica urbana e promover a conservação contínua desses espaços de acordo com as escalas urbanas; e paisagística, por meio de estratégias que promovam o conforto bioclimático.

O Projeto de Requalificação do Setor Hospitalar Local Sul (SHLS) e do Setor Hospitalar Local Norte (SHLN), tem o objetivo de requalificar o setor e fomentar o uso de transporte público e dos pedestres, o projeto diminuiu o tamanho das faixas de rolamento, disciplinou os estacionamentos, mudou a textura dos pavimentos, instalou pergolados, plantou árvores, entre outras mudanças. Quanto aos pisos, propôs-se pavimentos mais permeáveis e 'frios'. Quanto ao SHLS, a requalificação foi executada

em 2020. Já o SHLN, o projeto de requalificação se encontra em fase de elaboração e aprovação.

5. METODOLOGIA

Para alcançar a amplitude do objetivo da pesquisa, que relacionam o tratamento dos pavimentos nos espaços públicos e o microclima urbano, desenvolveu-se uma investigação dentro da perspectiva qualitativa com procedimentos técnicos de estudo de caso sugeridos e embasados na concepção teórica.

O estudo de caso se deu por meio de coleta de dados em pontos escolhidos nos setores em questão. Realizou-se as medições das variáveis climáticas (Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) – T_a ; Umidade relativa do ar (%) - %RH; Temperatura de Superfície ($^{\circ}\text{C}$) – T_s) durante três dias consecutivos, às 9h, 15h e 21h, nos meses de setembro e janeiro, estes pertencentes ao período seco e chuvoso.

Fez-se as medições em 6 (três) pontos, 3 em cada setor, nos espaços públicos adjacentes aos hospitais, os quais foram contemplados pela proposta de nova pavimentação. Além de contemplar os tipos de revestimentos existentes, procurou-se escolher os pontos que fossem representativos, conforme classificação de Romero (2015): A- Zonas de sombra durante o dia e abertas durante a noite; B – Zonas de sombra durante o dia e cobertas durante a noite; e C – Zonas abertas.

Esta pesquisa também se interessou em realizar simulações microclimáticas com uso do software Envi-MET. Dividiu-se a etapa de simulação em três fases sequenciais: fase preparatória, fase de modelagem e fase de simulação. Para tal, simulou-se três cenários: o cenário original, anterior à intervenção; o Cenário Modificado, com a proposta de intervenção; e o Cenário Verde, o qual inclui mais arborização, proposta pelos projetos. Para uma análise comparativa se extraiu os parâmetros de Temperatura do ar e Temperatura de superfície.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. Variáveis físicas

Observou-se, para cada ponto de medição, os materiais de revestimentos do pavimento, analisados em função do impacto da incidência de radiação solar próximo da superfície e os efeitos de resfriamento do ar pela evaporação. As figuras 1 e 2 apresentam a distribuição desses materiais, bem como a fotografia aérea e local de cada ponto nos setores estudados.

FIGURA 1 – Distribuição dos materiais de revestimento no SHLS

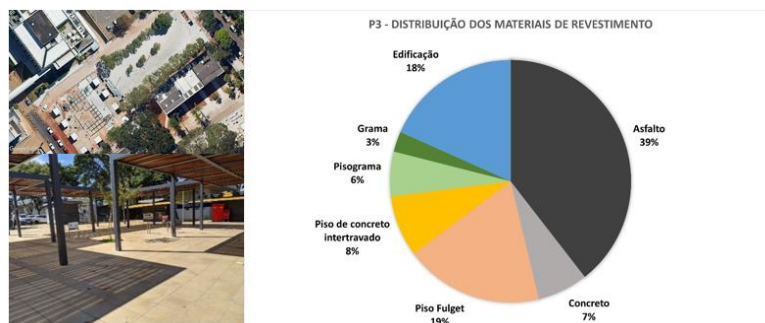
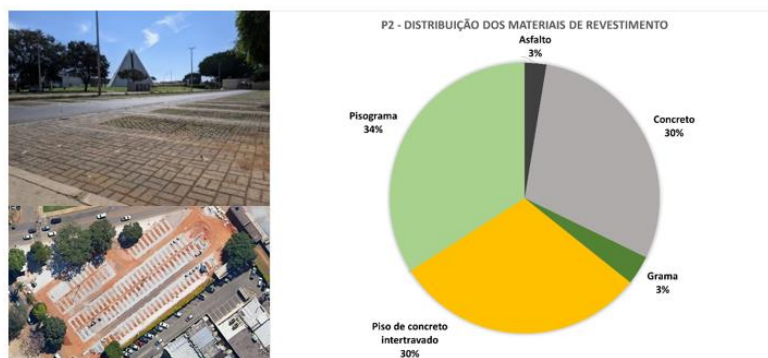
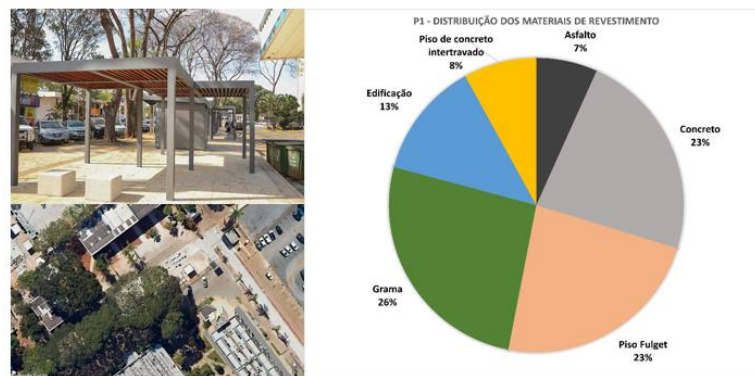
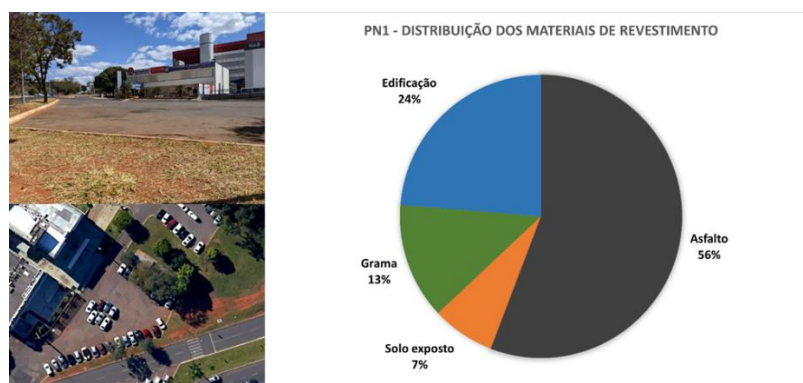
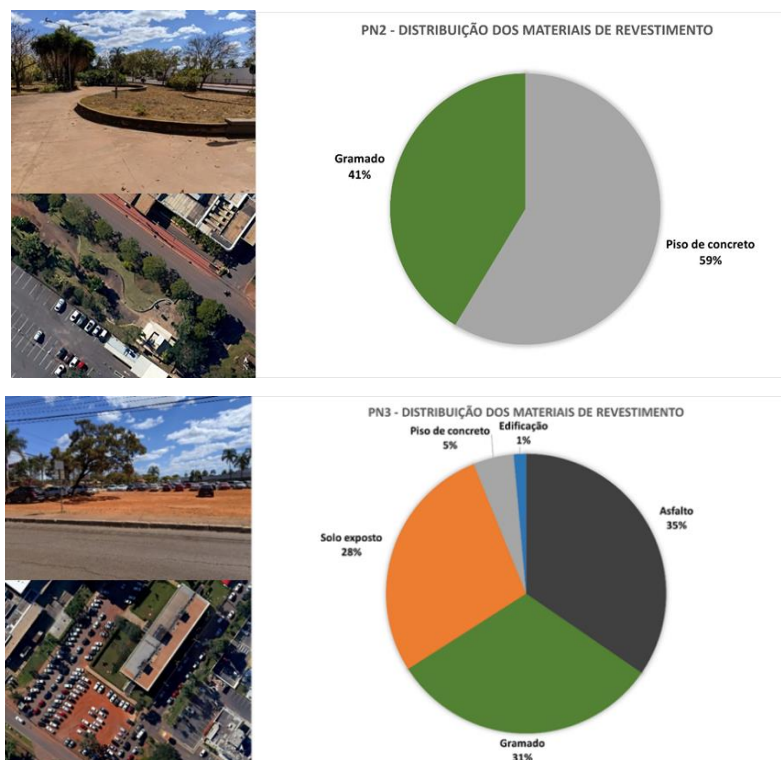


FIGURA 2 – Distribuição dos materiais de revestimento no SHLN





6.2. Variáveis ambientais

A pesquisa demonstrou o potencial de refrescamento por meio da vegetação. Tanto no período de seca quanto no de chuva, o PS1, ponto sombreado por árvores de alta densidade foliar, registrou temperatura 3,8°C menor do que o PS3 às 15h, e maior umidade. Atribui-se a esse refrescamento o processo de evapotranspiração, maior mecanismo pelo qual as árvores contribuem para diminuir a temperatura urbana, além do mecanismo de sombreamento, que intercepta parte da radiação no processo de fotossíntese e na refletância.

No processo de levantamento das variáveis climáticas e sua relação com o piso existente, quanto à temperatura do ar, não foi possível estimar o potencial de resfriamento do ambiente, primeiramente pela impossibilidade de coletar os dados antes e depois das intervenções no mesmo setor; e, na tentativa de comparar os pontos, por serem espaços abertos muito próximos o ar se “mistura”, logo a diferença de temperatura entre os pontos se dava principalmente pelo decorrer do tempo, em que se elevava a temperatura. Em contrapartida, as medições de temperatura de superfície apresentaram resultados satisfatórios.

Conforme os Gráficos 1, 2 e 3, a temperatura dos materiais no período de chuva possui um comportamento distinto em relação ao período de seca e constante relação com o aumento de temperatura de acordo com o material e a situação de sol ou sombra.

GRÁFICO 1- Gráfico comparativo da temperatura média dos materiais às 9h SHLS

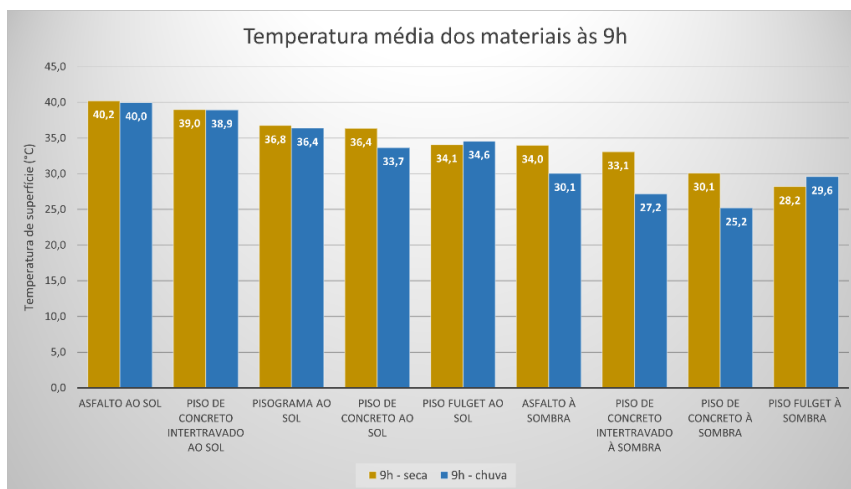


GRÁFICO 2- Gráfico comparativo da temperatura média dos materiais às 15h SHLS

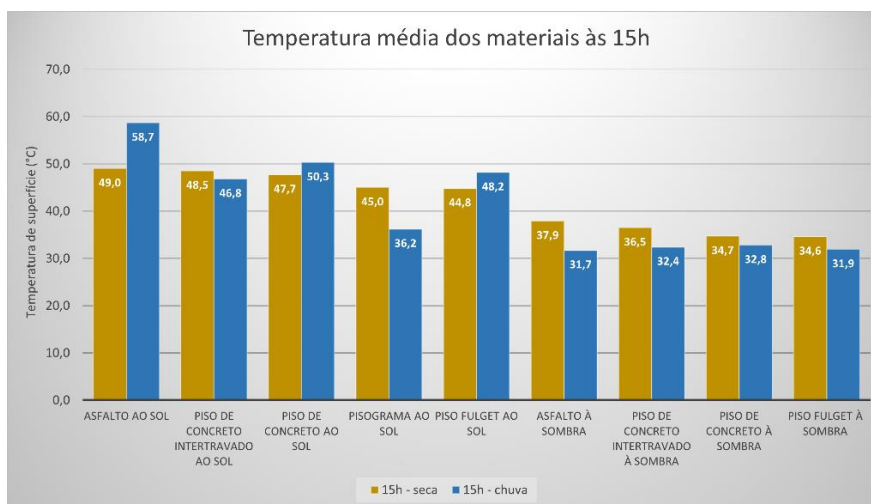
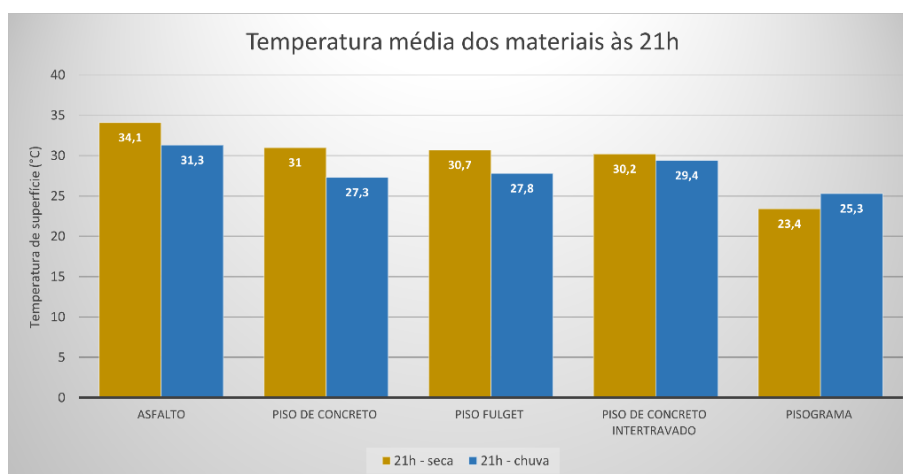


GRÁFICO 3 - Gráfico comparativo da temperatura média dos materiais às 21h SHLS



Dentre os materiais 'frios', o Piso Fulget apresentou melhor desempenho quando exposto ao sol, 5°C mais fresco que o asfalto às 15h, horário mais crítico para o pedestre e, dentre os permeáveis, o Pisograma, o qual às 15h registrou temperatura

média de 36,2°C, 22°C mais frio do que o Asfalto. Destaca-se também o Piso de Concreto Intertravado, que era 12°C mais frio do que o Asfalto. Ressalta-se que nos dois períodos, o Pisograma apresentou menor temperatura às 21h, revelando que sua parcela natural (solo e grama) pode contribuir para a mitigação das ilhas de calor urbano.

A análise dos pisos em situação de exposição solar e de sombra demonstrou o potencial de refrescamento ocasionado pelo sombreamento da copa das árvores e das pérgolas, em que os pisos eram mais quentes quando expostos sol. O sombreamento reduz a absorção da radiação solar da superfície e diminui a transferência de calor sensível pra ar. O Piso Fulget quando sombreado por árvores registrou uma temperatura de 27,15°C, e quando sombreado pelas pérgolas, 36,15°C, isso demonstra que a copa das árvores tem maior potencial de bloqueio da luz solar.

GRÁFICO 4- Gráfico comparativo da temperatura média dos materiais às 9h SHLN

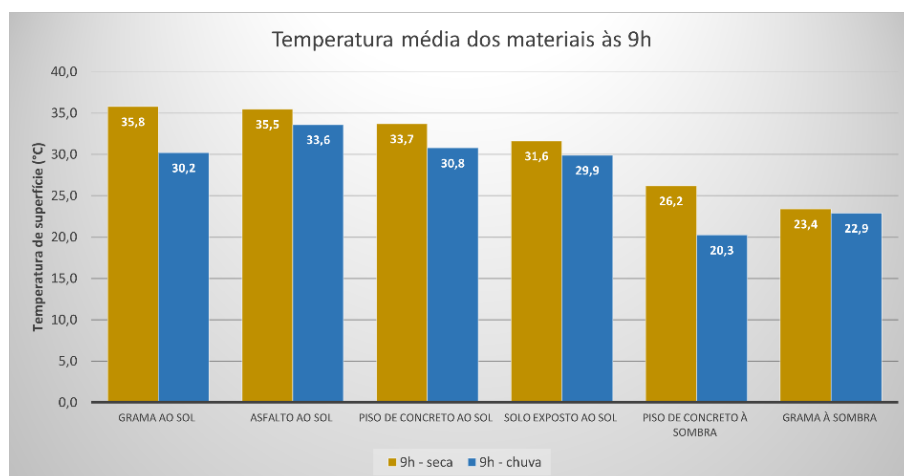


GRÁFICO 5- Gráfico comparativo da temperatura média dos materiais às 15h SHLN

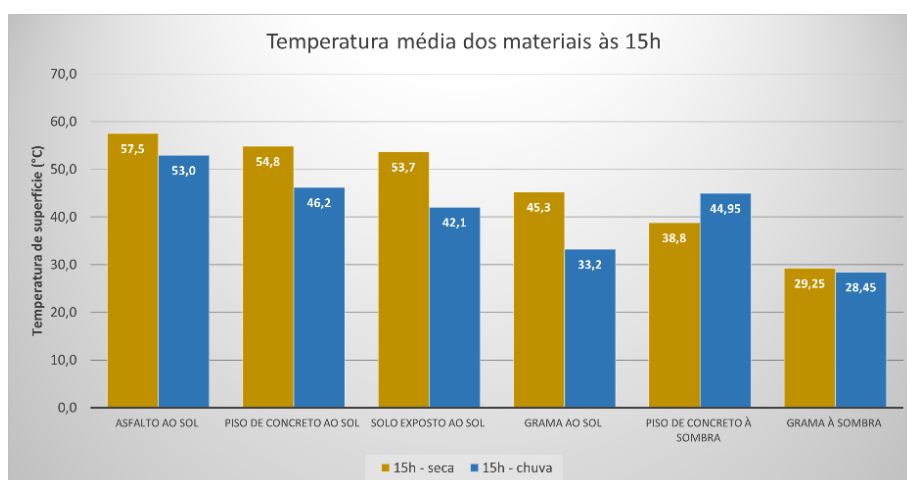
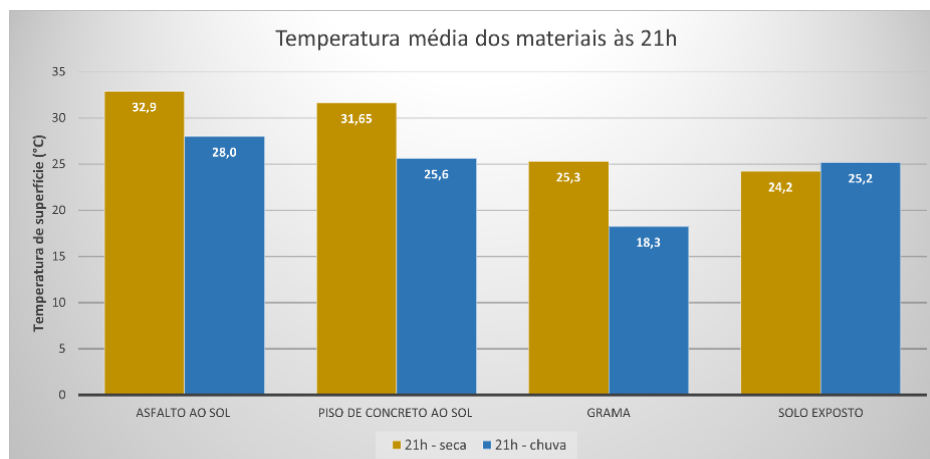


GRÁFICO 6- Gráfico comparativo da temperatura média dos materiais às 21h SHLS



Referente à Grama, avaliada no PN1 e PN2, essa no período da seca, no qual também se encontrava seca e de cor acinzentada, apresentou temperatura média próxima à 45°C às 15h, temperatura aproximada dos materiais industriais, porém quando em condição de sombreamento registrou temperatura média próxima à 29°C. Para o período de chuva a Grama apresentou temperatura por volta de 33°C, no mesmo horário. Logo, a Grama precisa estar verde e úmida para assim aproveitar seu potencial de resfriamento.

6.3. Simulações

Quanto à construção dos cenários, o cenário original foi construído com as características originais antes das intervenções. Em geral, as vias e estacionamentos eram asfaltados, com calçadas de concreto, algumas áreas gramadas com solo exposto e pouca arborização. Construiu-se o cenário modificado com pavimentos frios (maior albedo) e permeáveis. Desconsiderou-se a nova arborização proposta, para que fosse possível estimar o potencial dos pisos no resfriamento do ambiente. O cenário verde foi elaborado para estudar a combinação de técnicas do pavimento de maior reflexão do Cenário Modificado com o sombreamento das superfícies por meio de vegetação e pérgolas.

As simulações geraram mapas de Temperatura do Ar (°C) e de Temperatura de Superfície (°C), dezoito mapas por ponto, os quais foram organizados por horário e ponto a cada cenário. Pela grande quantidade de dados de saída, este artigo apresenta os mapas gerados para o Ponto 3 do SHLS (Figura 4). Escolheu-se esse ponto devido troca do piso asfáltico por “frio”; pela proposta de modificação de uso, de estacionamento para praça; e pela cobertura da área com pérgulas.

Os mapas de Temperatura do ar (°C) apresentam uma escala de cor do azul escuro (menor temperatura) ao magenta (maior temperatura). Já a escala de temperatura dos mapas de Temperatura de Superfície (°C) segue apenas a cor vermelho, do vermelho claro (menor temperatura) ao vinho (maior temperatura). A figura (Figura 3) abaixo exemplifica essas escalas de cores.

FIGURA 3- Exemplo de escala

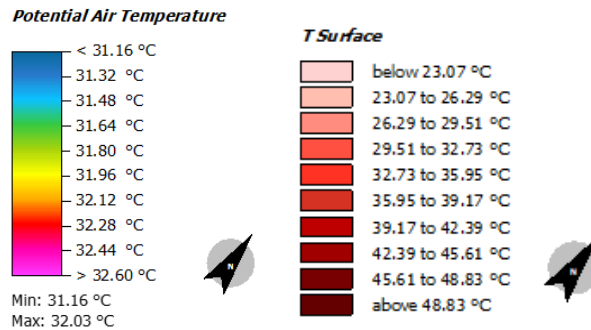
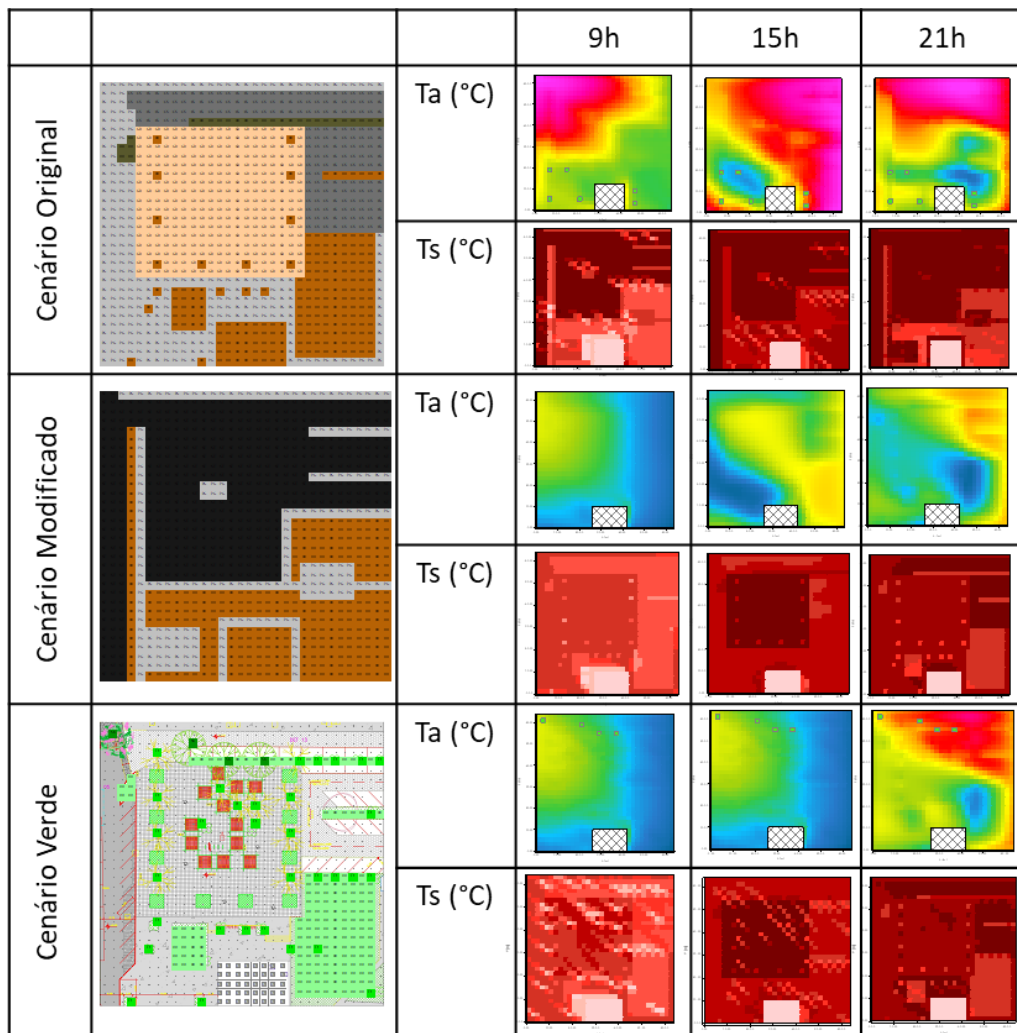


FIGURA 4- Cenários e mapas de temperatura do ar e temperatura de superfície no Ponto 3 do SHLS.



Quanto à temperatura do ar, as simulações revelaram zonas de até 1,5°C mais frescas dependendo do tipo de pavimento. Zonas cobertas por Asfalto e Piso de Concreto eram mais quentes que as cobertas por Piso Fulget, Pisograma e Piso de Concreto Intertravado.

Os resultados da redução da temperatura da superfície foram superiores quando comparados à redução da temperatura do ar, demonstrando ser o parâmetro de maior impacto. Essas reduções eram esperadas uma vez que se alterou as propriedades térmicas dos pavimentos, com substituição dos materiais convencionais (Asfalto e Concreto) por materiais frios (Piso Fulget e Piso de Concreto) e permeáveis (Pisograma e Piso de Concreto Intertravado).

As maiores temperaturas foram encontradas no Asfalto, representado pela cor vinho, e as menores sob o Pisograma, Piso Fulget, e o Piso de concreto intertravado, ainda pelas áreas sombreadas pelas árvores. Em alguns casos, quando comparado ao Cenário Original, às 15h, o Cenário Modificado apresentou redução de temperatura de até 10,15°C, e no Cenário Verde de até 17,69°C.

Conforme a Figura 4, para o Ponto 3, no período da manhã, os pisos propostos em substituição ao Asfalto (Piso Fulget, Piso de Concreto e Concreto Intertravado) apresentaram temperaturas mais baixas, na ordem de 10°C.

Destaca-se o efeito pontual do sombreamento das árvores, que reduz a absorção solar da superfície e diminui a transferência de calor sensível para o ar. Ainda, observou-se para o período noturno o potencial da vegetação, pois com os mesmos pisos que o Cenário modificado, a temperatura desses foi mais baixa, mitigando a formação de ilhas de calor.

6.4. Tabela Síntese

Favorecendo um melhor entendimento e comparação dos materiais de pavimentação elaborou-se a Tabela 1, que compila os dados levantados em pesquisa bibliográfica e pesquisa in loco, permitindo uma sistematização que facilita a comparação dos materiais.

TABELA 1 - Tabela síntese das características dos materiais estudados

Tabela síntese das características dos materiais estudados						
Material	Revestimento	Permeabilidade	Albedo	Temperatura Superficial		Preço (R\$/m ²)
				Seca	Chuva	
Betume	Asfalto	i	q	7	7	R\$ 1.243,60
Concreto	Piso de concreto (moldado in loco ou em placas pré-moldada)	i	m	4	6	R\$ 92,79
	Piso de concreto estampado	i	m			R\$ 196,91
	Bloco intertravado	s	m	5	4	R\$ 79,46
	Pisograma	p	m	3	2	R\$ 146,56
Resinado	Piso Fulget	i	f	1	5	R\$ 125,31
Natural	Gramma	p	m	2	1	R\$ 12,93
	Solo exposto	p	m	6	3	R\$ -
Pétreos	Pedra Portuguesa cor clara	s	f			R\$ 187,75
	Paralelepípedo	s	m			R\$ 257,59
	Granitina em placas	i	m			R\$ 386,93
	Gravilha cor clara (Brita)	p	f			R\$ 175,46
	Gravilha cor escura (Brita)	p	q			R\$ 175,46
Hidráulicos	Ladrilho Hidráulico	i	m			R\$ 114,30

Legenda								
Permeabilidade		Albedo			Temperatura superficial	Preço (R\$/m ²)**		Caso prático
Permeável	p	Frio	$\rho > 0,5$	f	Ranking*	Barato	<150	Validado
Semi-permeável	s	Quente	< 0,25	q	1 - menor temperatura	Médio	150<p<300	Não Validado
Impermeável	i	Médio	$0,25 < \rho < 0,5$	m	7 - maior temperatura	Caro	p>300	

* Tendo como referência a temperatura superficial do asfalto coletada às 15h

** Base na Tabela SINAP/2021

Dentre os materiais avaliados, considerando a adaptação bioclimática, o Asfalto teve o desempenho menos satisfatório. Quanto à permeabilidade, ele é impermeável, assim como o Piso de Concreto e o Piso Fulget. Quanto à refletividade, o Asfalto é considerado um material “quente”, pois apresenta albedo menor que 0,25. Ainda, para a temperatura de superfície, esse piso registrou a maior temperatura às 15h, tanto na época chuvosa, quanto na seca, por isso assumiu o último lugar no ranking. Segundo o SINAPI, o asfalto parece ter o maior valor por m².

Os pisos de concreto, são classificados como impermeável, com exceção do Piso de Concreto Intertravado e do Pisograma. Este é permeável porque é vazado com plantio de gramínea e, aquele apresenta um sistema de juntas, o que o torna semipermeável. Quanto à refletividade, esses pisos apresentam valores de albedo entre 0,25 e 0,5, ou seja, nem são considerados nem “quente” nem “frio”. O Pisograma na época de chuva, assumiu o segundo lugar, só ficando atrás da Grama. Pela classificação de preço, são considerados pisos baratos, todavia exigem manutenção regular.

O Piso Fulget é um piso de material resinado, impermeável, e dentre os validados o único piso classificado como material “frio”. Quanto à temperatura de superfície, apresentou a menor temperatura na época de seca, assumindo o primeiro lugar no ranking. Ainda, referente ao preço, é considerado um material barato.

7. CONCLUSÕES

Por meio do levantamento de dados, pôde-se destacar na escala microclimática a influência dos dois períodos anuais característicos, um seco e outro chuvoso, visto o comportamento distinto dos materiais de revestimento dos pavimentos frente à água.

Os resultados mostraram que a temperatura dos materiais no período de chuva possui um comportamento distinto em relação ao período de seca e constante relação com o aumento de temperatura de acordo com o material e a situação de sol ou sombra. No período de seca, os materiais com menor albedo apresentaram maior temperatura quando expostos ao sol, e os materiais com maior albedo eram mais frios. Já no período de chuva, os materiais permeáveis e naturais tinham melhor comportamento, isso porque a água retida fica disponível para evaporação e resfriamento do pavimento.

Quanto ao processo de simulação, os resultados desse corroboraram com a investigação experimental, pois possibilitou estimar as propostas bioclimáticas como mecanismo de resfriamento dos espaços públicos, visto que foi possível simular cada ponto antes e depois da intervenção, para o mesmo dia, no mesmo horário. Pelos resultados das simulações, apenas com a troca de piso já se tem um efeito de refrescamento na temperatura do ar, todavia, associada à vegetação, a mitigação do calor pode ser potencializada

Os resultados sobre a utilização de pavimentos frios e permeáveis confirmam, no que diz respeito a redução da temperatura de superfície, o que já foi levantado por

pesquisas sobre o assunto em outros contextos climáticos. Logo a implantação desses pisos, sob ponto de vista da redução de temperatura do ar e da temperatura de superfície, pode ser adotada. Além dos revestimentos, deve-se propor sombreamento por meio de arborização e instalação de pérgulas, visto que sua implantação proporcionou uma redução pontual de temperatura ainda maior.

A partir do que foi exposto, reforça-se que as características térmicas, radiativas e de permeabilidade dos materiais que compõe os revestimentos dos pavimentos utilizados em espaços públicos devem ser pensadas de forma a beneficiar a ambiência térmica do pedestre. O parâmetro de Temperatura de Superfície (Ts) foi o mais indicado para esse tipo de análise, além dos índices de conforto térmico (não estimados nesta pesquisa). As ações que promovem o uso de vegetação no contexto estudado são indicadas pois reduzem o ganho de calor e assim as trocas térmicas entre o corpo humano e o ambiente. Neste sentido os projetos de requalificação de espaços públicos, que adotam uma estratégia combinada de pavimento frio e permeável e arborização de média densidade, entrega condições melhores do que apenas pavimentos frios e permeáveis. Mesmo com temperaturas do ar um pouco mais baixas devido a troca de piso, com arborização adicional o potencial de mitigação do calor a nível microclimático é mais promissor.

Por fim, os resultados da presente pesquisa devem ser traduzidos em ações viáveis de planejamento urbano, na assimilação por parte do pesquisador, de seu papel no planejamento dos espaços de convívio.

REFERÊNCIAS

BOTELHO, L. A. O princípio das escalas no plano urbanístico de Brasília: sentido e valor além de proporção. In: [LEITÃO, F.]. **BRASÍLIA 1960-2010: Passado, presente e futuro**. 1. ed. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2009. p. 87–97.

DIMOUDI, A. et al. “Use of cool materials and other bioclimatic interventions in outdoor places in order to mitigate the urban heat island in a medium size city in Greece”. **Sustainable Cities and Society**. v. 13, p. 89–96, 2014.

DJEKIC, J. et al. “Thermal comfort of pedestrian spaces and the influence of pavement materials on warming up during summer”. **Energy and Buildings**, v. 159, p. 474–485, 2018.

DOULOS, L.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. “Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials”. **Solar Energy**, v. 77, n. 2, p. 231–249, 2004.

OLGYAY, V. **Design with climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism**. Princeton: Princeton University Press, 1963.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura do lugar: uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília**. 1. ed. São Paulo: Nova Técnica Editorial, 2011.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. 4a ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2015.

SANTAMOURIS, M. "Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat". **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 224–240, 2013.

WANG, J. et al. "Experimental investigation on the influence of evaporative cooling of permeable pavements on outdoor thermal environment". **Building and Environment**, v. 140, n. January, p. 184–193, 2018.