



Ilhas de calor e seu diferencial térmico entre o asfalto e o concreto

Franco, Gabriel Henrique ¹
Stelin, Carlos Gustavo Ojeda ²
Orientador: Prof. Me. Rafael Augusto³
Universidade São Francisco

RESUMO: Com o advento da industrialização, o êxodo rural foi impulsionado por ofertas de emprego nas indústrias, mecanização agrícola e busca por melhores condições de vida, resultando em crescimento desordenado das cidades. Esse avanço levou à formação de ilhas de calor urbanas, áreas com temperaturas mais altas devido à concentração de edifícios, pavimentos e falta de áreas verdes. As ilhas de calor têm impactos negativos, como problemas de saúde e aumento na demanda de energia. O albedo, a capacidade de refletir luz solar, é crucial, com superfícies mais claras refletindo mais luz do que superfícies escuras. O concreto e o asfalto, amplamente utilizados na construção urbana, retêm calor, contribuindo para ilhas de calor. Estratégias de mitigação incluem o uso de materiais reflexivos e o aumento de áreas verdes. Um experimento comparativo entre as retenções térmicas do asfalto e do concreto, considerando fatores como cor (albedo), foi realizado, medindo as temperaturas ao longo de cinco dias.

Palavras-chave: ilhas de calor, albedo, asfalto, concreto

INTRODUÇÃO

Com o surgimento da industrialização, vários fatores contribuíram com o êxodo rural: A eclosão de ofertas de empregos nas indústrias, a mecanização das atividades do campo que substituiu inúmeros operários, a busca por uma melhor condição de vida, além de outros fatores atrativos. A população brasileira que, no entanto, era predominantemente rural, passa a migrar de maneira significativa para o meio urbano (MARICATO, 2003).

Desde então, as cidades cresciam de maneira brusca e desordenada, nos locais que eram antes extensas áreas verdes, se transformaram em grandes áreas cinzas de concreto impermeável. Esse crescimento significativo, em conjunto com a escassez de políticas governamentais e um deficiente planejamento urbano gera consequências, tanto sociais quanto ambientais como, a escassez de saneamento básico, o desenvolvimento da violência urbana, da favelização, da poluição das águas e do ar, o aumento do emprego informal, além dos transtornos provocados pelas enchentes (MARICATO, 2003).

Nas áreas com elevada densidade de áreas construídas e pavimentadas e baixa densidade de áreas verdes, como as que ocorrem em centros urbanos, nota-se elevação da temperatura do ar local.

Sendo assim essa pesquisa tem o objetivo de identificar o diferencial térmico entre dois tipos de pavimentos, através da análise do pavimento rígido e a influência térmica do concreto em conjunto com a análise do pavimento flexível e a influência do asfalto. Do ponto de vista

¹ Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

² Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

³ Professor Mestre Orientador, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Campus Bragança Paulista.

ambiental, a escolha de cores pode influenciar a absorção de calor e, conseqüentemente, a temperatura da superfície do pavimento. Essa consideração pode ter impactos no consumo de energia para resfriamento, especialmente em áreas urbanas, contribuindo para práticas mais sustentáveis.

Haja visto que a existência de vias de circulação é um fator imprescindível nas cidades de hoje, o experimento realizado nesta pesquisa busca comparar de forma objetiva a retenção térmica entre o asfalto e o concreto, e possivelmente verificar-se se a questão cromática é o diferencial ou se o material em si é que tem maior influência na retenção de calor, comprovando, portanto, o fator albedo.

As ilhas de calor

Este fenômeno é conhecido como ilha de calor, caracterizado pela elevação das temperaturas do ar e das superfícies do meio urbano em relação às do entorno rural próximo. A presença e o desenvolvimento das ilhas de calor urbanas são negativos para o meio ambiente, pois provocam alterações na umidade do ar, precipitação e ventos e intensificam o fenômeno conhecido como aquecimento global (GARTLAND, 2011).

Segundo Gartland (2011), Ilhas de calor são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais calor do sol do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas. Existem duas razões principais para esse aquecimento. A primeira é que a maior parte dos materiais de construção é impermeável e estanque, e por essa razão não há umidade disponível para dissipar o sol do ar, desde que esteja devidamente hidratada a segunda é que a combinação de materiais escuros de edifícios e pavimentos com a configuração tipo cânion absorve e armazena mais energia solar.

As ilhas de calor, também conhecidas como "*heat islands*" em inglês, são áreas urbanas que apresentam temperaturas significativamente mais altas do que as áreas rurais circundantes. Esse fenômeno ocorre devido a uma combinação de fatores, incluindo o aumento da concentração de edifícios, pavimentos asfaltados e concreto, bem como a redução da vegetação e a presença de fontes de calor antropogênicas, como veículos e sistemas de aquecimento. As ilhas de calor têm sido objeto de estudos e pesquisas em diversas disciplinas, incluindo a climatologia, geografia urbana e engenharia.

Essas áreas mais quentes podem ter impactos negativos na qualidade de vida das pessoas, contribuindo para problemas de saúde, como insolação e exaustão pelo calor, além de aumentar a demanda por energia para resfriamento. Para mitigar os efeitos das ilhas de calor, estratégias de planejamento urbano sustentável, como o aumento de áreas verdes, a criação de parques urbanos, a promoção de coberturas verdes e o uso de materiais de construção reflexivos, são frequentemente empregadas. Além disso, tecnologias de monitoramento climático e modelagem computacional são usadas para estudar e prever a evolução das ilhas de calor e suas interações com o clima local.

Albedo

Segundo Coackley (2003), 'Albedo' é uma palavra de origem latina que significa 'brancura'. O albedo de uma superfície é a fração da luz solar incidente que a superfície reflete. A radiação que não é refletida é absorvida pela superfície. A energia absorvida eleva a temperatura da superfície, provoca a evaporação da água, derrete e sublima a neve e o gelo, e energiza a troca de calor turbulento entre a superfície e a camada mais baixa da atmosfera. O albedo da superfície é um elemento fundamental na detecção remota das propriedades da superfície e atmosféricas a partir do espaço.

O albedo é uma medida que descreve a capacidade de uma superfície refletir a luz solar. É representado em uma escala de 0 a 1, onde 0 indica que a superfície absorve toda a luz incidente, e 1 indica que a superfície reflete toda a luz. Superfícies mais claras, como a neve e o gelo, tendem a ter albedos elevados, refletindo a maior parte da luz solar e contribuindo para resfriar o ambiente. Em contraste, superfícies escuras, como asfalto e florestas, tendem a ter albedos mais baixos, absorvendo mais calor solar e contribuindo para o aquecimento local.

O albedo desempenha um papel fundamental na regulação do clima, afetando o balanço de energia da Terra. Mudanças no albedo devido a atividades humanas, como o desmatamento ou a expansão urbana, podem ter impactos significativos nas temperaturas locais e globais, bem como nos padrões climáticos. Portanto, o estudo do albedo é essencial para compreender as interações entre o sistema climático e as superfícies terrestres.

O Concreto

O concreto é um material amplamente utilizado na construção civil, mas também tem a capacidade de reter calor devido à sua alta densidade e capacidade térmica. Quando exposto à radiação solar, o concreto absorve calor e armazena essa energia térmica. À noite, ou quando as condições climáticas são mais frias, o concreto libera gradualmente o calor armazenado, elevando as temperaturas locais. Esse fenômeno é particularmente evidente em ambientes urbanos, onde edifícios, pavimentos e estruturas de concreto são abundantes.

A retenção de calor pelo concreto contribui para a formação de ilhas de calor urbanas, elevando as temperaturas nas áreas metropolitanas. Esses aumentos de temperatura podem ter impactos negativos na qualidade do ar, no consumo de energia para resfriamento e na saúde das pessoas. Portanto, estratégias de planejamento urbano que visam reduzir a retenção de calor pelo concreto incluem o uso de materiais de construção mais reflexivos, como revestimentos de superfície mais claros, e o aumento de áreas verdes para minimizar os efeitos das ilhas de calor.

O Asfalto

Consideramos nesta pesquisa "asfalto" como sendo o material que compõe a última camada do pavimento flexível, o revestimento. O revestimento tem sua composição através de uma mistura de agregados minerais de diferentes dimensões, podendo também ter fontes variáveis que são incorporados a ligantes asfálticos.

As misturas asfálticas consistem em materiais com características visco elásticas. A mistura mais utilizada no Brasil é o Concreto Asfáltico (CA), mais conhecido como o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), sendo tal mistura composta, basicamente, pelo cimento asfáltico e agregados de dimensões variadas, que tem sua dosagem e aquecimento variando conforme a densidade que é buscada. (BERNUCCI ET AL., 2006)

O asfalto, comumente utilizado em estradas e áreas urbanas, é conhecido por reter calor devido à sua capacidade de absorver e armazenar energia térmica. Quando exposto à radiação solar, o asfalto aquece, e essa energia é gradualmente liberada, elevando as temperaturas locais, especialmente durante a noite. Esse efeito de retenção de calor pelo asfalto contribui significativamente para a formação de ilhas de calor urbanas, onde as áreas urbanas são mais quentes do que as áreas circundantes.

A retenção de calor pelo asfalto pode ter consequências como aumento da demanda por resfriamento nas áreas urbanas, desconforto térmico e riscos para a saúde. Estratégias de mitigação incluem a promoção de superfícies mais claras e refletivas, como pavimentos de concreto branco ou a instalação de pavimentos permeáveis, que permitem que a água penetre,

reduzindo a absorção de calor. Além disso, o aumento de áreas verdes e arborização urbana também ajuda a contrabalançar os efeitos do asfalto quente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para verificar-se a diferença de comportamento entre os materiais, decidiu-se fazer placas para serem utilizadas como corpos de prova, foram ao todo 3 placas, destas, duas peças asfálticas ambas utilizando-se o asfalto traço 4, que é composto de brita 1; pedrisco; pó de pedra e cal CH 1

Figura 1 – Placas Asfálticas Feitas na usina da EBAM



Fonte:EBAM

Uma das placas foi mantida normal, a outra placa foi pintada da cor do concreto e foi produzida uma placa de concreto. As três placas medem 40 x 40 cm.

Figura 2 – Placa Asfáltica pintada de Cinza



Fonte: Próprio autor.

Figura 3 - Placa de Concreto.



Fonte: Próprio autor.

Foram feitas avaliações de temperatura das 3 placas expostas ao sol ao longo de 5 dias, buscou-se fazer o levantamento de hora em hora, mas nos eventos de pluviosidade, não foram feitas aferições por receio de danificar-se o equipamento.

Figura 4 - Placas posicionadas em local de alta incidência de luz solar, foram colocadas placas de madeira para evitar-se a troca entre as placas e o solo.



Fonte: Próprio autor.

Figura 5 – Aferições de temperatura sendo feitas nas placas



Fonte: Próprio autor.

Para este experimento foi utilizado o Termômetro infravermelho KLX GM320 e a temperatura ambiente foi obtida com o mesmo termômetro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram coletados e concatenados em uma tabela para análise

Figura 6 - Dados de temperaturas em Graus Celsius

Data	Hora	Ambiente	Concreto	Asfalto	Asfalto Pintado
05/10/2023	08:05	23,8	23,8	23,8	23,8
05/10/2023	09:15	28,1	30	38,7	36,5
05/10/2023	10:15	30,1	33,1	45,5	41,5
05/10/2023	11:30	34,7	37,5	51,1	44,6
05/10/2023	12:15	32,7	37,1	47,2	43,1
05/10/2023	13:15	35,4	40,1	55	48,7
06/10/2023	08:05	24,5	23,8	23,8	23,8
06/10/2023	09:30	30,8	30,7	42,4	41,5
06/10/2023	10:40	35	32,3	47,6	47,3
06/10/2023	11:40	38,3	38,6	58,5	48,5
06/10/2023	12:40	36,7	39,6	58,4	56,8
06/10/2023	13:40	37,1	42,7	62	57,3
06/10/2023	14:41	34,3	40,8	52,1	49,9
07/10/2023	09:00	29	29,2	31,4	31,4
07/10/2023	10:15	30,4	34,8	46,5	42,6
07/10/2023	11:15	29,3	34,9	45,5	44,5
07/10/2023	12:30	27,9	30,9	38,1	38,3
07/10/2023	14:00	26,2	25,4	25,4	26,3
09/10/2023	07:30	20,8	20,1	20,1	20,1
09/10/2023	08:30	21	20,7	21,5	21
09/10/2023	09:30	21,5	21,3	22,2	21,8
09/10/2023	10:40	28,5	25,9	33,2	31,6
09/10/2023	15:30	24	26,2	36,2	32,2
09/10/2023	16:20	26,7	24,8	30,5	29,8
10/10/2023	07:58	21,3	20,2	22,3	21,7
10/10/2023	09:50	22	23,2	30	27,8
10/10/2023	11:20	33,8	37,5	53,3	49,2
10/10/2023	12:00	29,5	38	58,8	53,6
10/10/2023	13:00	32,7	40,4	63	58
10/10/2023	14:05	38,1	43,9	70,4	63,5

Fonte: Próprio autor.

Conforme pode ser observado, nota-se que o concreto teve em média um aquecimento $10,71^{\circ}\text{C}$ inferior ao asfalto e uma variação média de $3,08^{\circ}\text{C}$ superior a temperatura ambiente, o que indica que, conforme a tese inicial, sim, o uso de concreto como meio de pavimentação ajuda, e muito a mitigar a questão das ilhas de calor urbanas e o conforto térmico e pode ser uma solução para implementação de novas infraestruturas urbanas em regiões mais áridas haja visto um potencial menor de reflexão do calor.

Observou-se que já na primeira hora da primeira medição enquanto a temperatura subiu $4,3^{\circ}\text{C}$, o concreto teve um acréscimo de $1,9^{\circ}\text{C}$ superior enquanto o asfalto sem pintura se aqueceu $10,6^{\circ}\text{C}$ graus acima do ganho de temperatura ambiente estando o pintado cerca de $2,2^{\circ}\text{C}$ mais frio que o asfalto sem pintura O que significa que o ganho de calor apenas nesta primeira hora foi cerca de 44,2% maior no Concreto em comparação à temperatura ambiente mas o do asfalto foi 246,5% e o com pintura teve um aumento de 195,3% em relação ao ganho de temperatura ambiente.

A grata surpresa neste experimento foi observar-se que o asfalto pintado da mesma cor do concreto também apresentou uma redução na temperatura absorvida em média em 2,59°C, mas o curioso foi que a tinta também reduziu a velocidade de perda de calor do asfalto pintado em relação ao não pintado, como pode ser observado dia 7/10/2023 às 12h quando houve uma redução de cerca de 2°C da medição anterior, mas a placa pintada perdeu 1,2°C a menos que a placa asfáltica não pintada. (7,4 °C contra 6,2 °C) dado que chamou a atenção que indica que a membrana de tinta existente no asfalto pode estar atuando como isolante térmico.

Com estes resultados chegou às seguintes observações acerca das variações:

Figura 7 – Variações de temperatura medias.

Variacao Média - Ambiente x Concreto	2,11
Variação media - Ambiente X Asfalto	12,34
Variação media - Ambiente X Asfalto Pintado	9,75
Variação Media - Concreto X Asfalto	10,59
Variação Media - Concreto X Asfalto Pintado	7,64
Variação Média - Asfalto X Asfalto Pintado	-2,59
Desvio Padrão - Ambiente x Concreto	3,08
Desvio padrão - Ambiente X Asfalto	9,89
Desvio Padrão - Ambiente X Asfalto Pintado	8,04
Desvio Padrão- Concreto X Asfalto	7,56
Desvio Padrão - Concreto X Asfalto Pintado	5,75
Desvio Padrão - Asfalto X Asfalto Pintado	2,67

Fonte: Próprio autor.

Observou-se também pode ter havido alguma falha na metodologia aplicada talvez na escolha de materiais isolantes para evitar-se a propagação de calor do solo para as placas ou talvez variações por contas de nuvens ou sombras no local do experimento haja visto que não foi criado um ambiente laboratorial perfeito e sim deixadas as placas em um local de alta incidência solar em uma área urbana, de modo a simular uma realidade cotidiana para ter-se uma solução mais próxima do esperado observar-se na aplicação urbanística da pavimentação ora escolhida. Mas observou-se que em dias diferentes com temperaturas similares, houve uma acumulo diferente de calor por parte das placas, haja visto que a absorção de calor é um conjunto de 3 Fatores: 1- a transferência de calor já definida na física, 2 – A absorção de luz pelo corpo e este experimento falhou em mensurar a quantidade de luz que estava sendo emitida para poder gera uma formula mais precisa acerca da quantidade de calor que os corpos absorvem de acordo com a variação de temperatura e de acordo com a incidência solar e 3 – A umidade relativa do ar já que a umidade é fator chave na troca térmica, portanto sendo necessária uma matriz quadrupla de análise (Objeto x Temperatura x Incidência de Luz Solar x Umidade) e não uma simples matriz dupla (Objeto x Temperatura) como o foi feito.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises de incidência de luz solar se tornaram mais comuns recentemente devido à pressões para a produção de energia limpa, sendo recomendado a futuros pesquisadores que se utilizem de um piranômetro e um higrômetro como assessórios para avaliações futuras.



Entende-se que apesar de conseguir-se com sucesso indicar-se que o concreto retém menos calor que o asfalto, e que a pintura sobre o asfalto ajuda a mitigar a questão da retenção do calor sobre o mesmo, a ausência destes fatores – a incidência de luz solar, e umidade do ar - tornam impossível estabelecer-se uma fórmula para determinar e estimar a quantidade de calor que será acumulada por cada corpo para facilitar futuras modelagens urbanas.

Um estudo mais aprofundado em Colorimetria para entender as cores e suas capacidades de absorção de luz também ajudaria em desenvolvimento de novos produtos para a utilização em asfaltos ajudando assim na sua capacidade de absorção, retenção e dispersão do calor. Alguns estudos como Del Carpio (2014), apresentam um volume significativo de testagem com um amplo espectro de cores e características de pigmentação, além disso o estudo citado destaca também outros fatores como fator da idade do asfalto, haja visto que, com o tempo o asfalto torna-se mais acinzentado por conta de sua composição além disso o estudo referenciado aponta que a questão da rugosidade do pavimento também pode gerar interferência na absorção e reflexão do calor, o que nos leva a concluir que, ainda estamos engatinhando para obtenção de uma composição asfáltica menos quente, torna crucial a adoção de métodos mitigadores mais eficientes tais como a substituição do mesmo pelo concreto e o plantio e árvores.

Desta forma entende-se que há muito o que se avançar para o desenvolvimento de novas tecnologias, mas conseguiu-se, de forma simples e objetiva, comprovar-se que o uso de concreto na pavimentação urbana melhora significativamente o conforto térmico na região onde é utilizado e esse dado pode servir para reforçar no planejamento urbano uma maior recomendação uso do concreto como pavimento em áreas urbanas mais densas onde a arborização se mostra inviável.

REFERÊNCIAS

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 20, n. 1, p. 160-177, mês. 2016. ISSN 2179-0892. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/97783>. Acesso em 06/11/2023.

BAPTISTA, G.M.M. Estudo Multitemporal do fenômeno Ilhas de Calor no Distrito Federal. *Revista Meio Ambiente*, n. 02, p. 03-17, 2002

COAKLEY, J. A. Reflectance and albedo, surface. *Encyclopedia of atmospheric sciences*, p. 1914-1923, 2003. disponível em: https://curry.eas.gatech.edu/Courses/6140/ency/Chapter9/Ency_Atmos/Reflectance_Albedo_Surface.pdf. Acesso em 06/11/2023

DEL CARPIO, Joe Arnaldo Villena et al. Uso de pigmentos de óxidos de metais mistos na pavimentação para a mitigação da ilha de calor urbana. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/128937>. Acesso em 06/11/2023.

DER, Diretoria de Engenharia, Concreto Asfáltico tipo SMA, São Paulo, 02/2007 Disponível em http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/normas/ET-DE-P00-031_A.pdf. Acesso em 06/11/2023

DER, Diretoria de Engenharia, Pavimento de Concreto de Cimento Portland Aplicado com Formas Deslizantes, São Paulo, 02/2007 Disponível em http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/normas/ET-DE-P00-039_A.pdf. Acesso em 06/11/2023



INCROPERA, F. P., DeWitt, D. P. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. [Inglês]. John Wiley & Sons; 6th Edition 2006.

GARTLAND, Lisa. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Oficina de textos, 2011.

MARICATO, Ermínia. Metrópole, legislação e desigualdade. São Paulo. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142003000200013&script=sci_arttext>. Acesso em: 06/11/2023.