

## **ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE RESFRIAMENTO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO COM USO DE TINTAS FRIAS NA REGIÃO DE RIALMA – GO**

**Janaíne Mônica de Oliveira Sousa**

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. monica.janaine@gmail.com

**Pedro Augusto Silva Oliveira**

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. pedro\_2596@hotmail.com

**Vinicius Fernandes Felix**

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. viniciusf.felix@hotmail.com

### **Resumo**

Os pavimentos, por ocuparem extensas faixas dos centros urbanos, sendo constituídos por materiais pouco refletivos, contribuem significativamente com o fenômeno das ilhas de calor, que é caracterizado pela elevação das temperaturas do ar e das superfícies expostas ao sol, e se mostra prejudicial para a qualidade de vida das populações. Este trabalho analisou os efeitos da aplicação de tintas frias sobre um trecho de pavimento asfáltico da cidade de Rialma – GO, buscando obter uma redução considerável de sua temperatura superficial, com custo que viabilize a execução desse procedimento em áreas maiores, a fim de melhorar o microclima local. Para tanto, procedeu-se com a aplicação de dois exemplares de tintas refletivas em faixas de 10 m<sup>2</sup>, separadas entre si por um intervalo de 1 m de distância. Após a secagem, efetuou-se a aferição, em triplicata, das temperaturas das superfícies analisadas – bem como do pavimento em estado natural –, com um termômetro infravermelho, em dia ensolarado. Registrou-se também a temperatura ambiente, mensurada por um termômetro digital. As aferições de temperatura repetiram-se semanalmente – em dias com clima similar e horário fixado entre 12:00 h e 15:00 h –, de modo a obter-se cinco mensurações. Após a coleta de dados, realizou-se a comparação entre a eficiência e os custos de aplicação dos revestimentos analisados. Verificou-se para ambas as tintas uma redução superior a 21 °C, em média, da temperatura superficial, com custos de aplicação por metro quadrado de R\$ 11,40 e R\$ 13,79, sendo que a tinta de menor custo apresentou desempenho superior nos dias com maiores temperaturas médias do pavimento. Os resultados obtidos foram comparados com dados do projeto de resfriamento urbano da cidade de Los Angeles, comprovando a eficácia dessa técnica que, porém, ainda encontra no custo elevado uma barreira para sua aplicação na região.

**Palavras-Chave:** ilhas de calor; pavimento asfáltico; tintas frias; desempenho térmico.

## **1. Introdução**

As zonas urbanas, em geral, são afetadas pelo fenômeno das ilhas de calor, que é marcado pela elevação das temperaturas do ar e das superfícies expostas ao sol. Tal fenômeno se mostra prejudicial para a qualidade de vida nos centros urbanos, ocasionando, além do desconforto, maior consumo de energia, queda na qualidade do ar, maior incidência de enchentes e o aumento de transtornos de saúde entre a população, entre outros fatores que são sentidos com maior intensidade em dias calmos e claros, nos quais uma maior taxa de energia solar é absorvida pelas superfícies<sup>1</sup>.

Os pavimentos, por ocuparem extensas faixas das áreas urbanas e serem constituídos por materiais pouco refletivos<sup>1</sup>, apresentam uma significativa contribuição para a ocorrência do fenômeno das ilhas de calor<sup>2</sup>, influenciando diretamente o aumento da temperatura do ar nas cidades. Esse efeito pode ser reduzido através da substituição dos materiais convencionais utilizados na pavimentação por materiais frescos, que apresentam refletância solar igual ou superior a 25%<sup>1</sup>. A refletância solar, ou albedo, pode ser definida como a medida quantitativa da refletividade solar total de uma superfície, ou ainda como a razão entre a luz solar refletida e a incidente<sup>3</sup>.

Apesar dos efeitos consideráveis do resfriamento dos pavimentos na atenuação das ilhas de calor, o custo elevado e a vida útil das soluções empregadas podem se caracterizar como uma barreira para a aplicação dessa tecnologia em larga escala. Um aspecto importante a se ressaltar é a relação entre a temperatura superficial e a durabilidade dos pavimentos, uma vez que temperaturas menores tendem a potencializar seu desempenho<sup>4 5</sup>. A suscetibilidade térmica do asfalto, ou seja, a perda de consistência e de ductibilidade em função do aumento da temperatura, caracteriza-se como um dos principais requisitos de qualidade a serem avaliados em um projeto de pavimentação<sup>6</sup>. Com a atual expectativa de vida dos pavimentos asfálticos, variando entre seis e vinte anos, caso a redução das temperaturas seja capaz de estender sua durabilidade em um único ano a mais, os custos totais reduzir-se-iam consideravelmente, tornando compensativas as despesas extras incorridas com as técnicas de resfriamento<sup>1</sup>.

Uma das estratégias utilizadas para melhorar o desempenho térmico dos pavimentos é a aplicação de camadas de materiais refletivos sobre a superfície existente. Os materiais refletivos, ou materiais frios, são aqueles que apresentam baixas absorptâncias e altas emissividades, e quando usados como revestimento no envelope construtivo permitem a redução das temperaturas das edificações<sup>7</sup>. A alteração das propriedades dos materiais constituintes da envoltória das habitações implica também na melhoria do conforto térmico em seu interior<sup>8</sup>, sendo essa relação ainda mais intensa nas edificações térreas, nas quais a temperatura do solo é determinante para o resultado das trocas de calor do ambiente<sup>9</sup>.

No mercado da construção civil brasileira, verifica-se a disponibilidade de uma gama de tintas frias, que são comumente utilizadas no revestimento de coberturas residenciais. Contudo, as pesquisas acadêmicas relacionadas à mitigação dos efeitos das ilhas de calor no panorama urbano do país, apesar de serem substanciais, se mostram restritas, em sua maioria, a modelos teóricos, verificando-se poucos casos de experiências práticas que resultem em intervenções efetivas, evidenciando-se uma lacuna no mercado editorial brasileiro quanto a publicações referentes a essa temática<sup>10</sup>.

Diante desses apontamentos, este trabalho analisou os efeitos da aplicação de tintas frias sobre um trecho de pavimento asfáltico da cidade de Rialma – GO, buscando obter uma redução considerável de sua temperatura superficial, com custo que viabilize a execução desse procedimento em larga escala, a fim de minimizar os efeitos do fenômeno da ilha de calor urbana e, conseqüentemente, melhorar o microclima local.

## **2. Metodologia**

### **2.1. Pesquisa bibliográfica**

Durante o levantamento bibliográfico consultaram-se livros, revistas científicas, teses, dissertações, artigos, manuais, relatórios, normas técnicas e sites relacionados às temáticas das ilhas de calor, pavimentação asfáltica, tintas frias e desempenho térmico, buscando-se referenciais de experiências práticas de resfriamento de pavimentos, a fim de compará-los com os dados obtidos.

### **2.2. Estudo de campo**

Realizou-se um levantamento junto a onze lojas de materiais de construção da região de Rialma – GO, a fim de se averiguar a disponibilidade e os custos das tintas frias e proceder-se com a aquisição de dois exemplares, de marcas distintas, para utilização na etapa de pesquisa experimental.

### 2.3. Pesquisa experimental

Para a realização do experimento, a fim de minimizar-se o desgaste causado pelo fluxo de veículos e pedestres sobre o pavimento, escolheu-se uma faixa de rua em um loteamento em implantação às margens da rodovia GO 480, no município de Rialma – GO, como mostrado na Figura 1, onde as etapas de pavimentação asfáltica ainda não foram concluídas.

**Figura 1:** Vista aérea do local com indicação do ponto de realização do experimento.



Fonte: [11]

Antes da aplicação das tintas, em conformidade com as orientações da NBR 13245/2011<sup>12</sup>, bem como com as indicações dos fabricantes<sup>13 14</sup>, procedeu-se com a escovação e a lavagem do trecho do pavimento em análise com detergente neutro, com o intuito de remover partículas soltas, matérias orgânicas e outras substâncias indesejáveis eventualmente presentes na pista.

Em seguida, considerando-se a largura da rua, de aproximadamente 6,8 m, efetuou-se a demarcação de três faixas de análise com dimensões de 5 m x 2 m cada, totalizando área igual a 10 m<sup>2</sup>, centradas na pista e distantes 90 cm do meio-fio em ambos os lados. As faixas foram separadas entre si por um intervalo de 1 m de distância, com o intuito de evitar que as características refletivas de algum dos revestimentos afetassem a temperatura das regiões adjacentes.

Foram utilizados, para fins de análise de desempenho, duas tintas frias de cor branca: o Revestimento Refletivo Nanothermic 1, doravante denominado Tinta 1 (Figura 2a), e a Tinta Acrílica Brilhante Metalatex Eco Telha Térmica Premium, doravante denominada Tinta 2 (Figura 2b). Ambas as tintas adquiridas possuem volume nominal igual a 3,6 l, sendo indicadas para aplicação em áreas de até 10 m<sup>2</sup>.

**Figura 2:** (a) Tinta 1 e (b) Tinta 2.

(a) (b)



Fonte: [15] [16]

Após um intervalo de aproximadamente 15 h desde a lavagem do pavimento, estando as superfícies completamente secas, iniciou-se a pintura, com rolo de lã sintética, seguindo-se os procedimentos previstos pela NBR 13245/2011<sup>12</sup> e pelos fabricantes dos produtos<sup>13 14</sup>. Para a Tinta 2, a pintura se deu em três camadas de 1,2 l de tinta com acréscimo de 120 ml de água para diluição, respeitando-se um intervalo de aplicação de 4 h entre demãos. Para a Tinta 1, a orientação do fabricante consistia na aplicação em duas camadas de 1,8 l de tinta com acréscimo de 180 ml de água para diluição, também com intervalo de 4 h entre demãos. Contudo ao proceder-se com a pintura, verificou-se que o conteúdo real da embalagem não correspondia ao volume nominal indicado no rótulo. A falha foi comunicada à empresa responsável pelo produto, porém diante da impossibilidade de aquisição de outro exemplar em tempo hábil para a execução do experimento, o trecho revestido com as duas camadas foi reduzido para uma área de aproximadamente 5 m<sup>2</sup>.

O acesso ao trecho pintado permaneceu vedado durante o período de secagem das tintas. Em uma das faixas demarcadas o pavimento foi mantido em seu estado natural. A Figura 3 apresenta uma visão das três faixas após a pintura.

**Figura 3:** Pavimento após a aplicação das tintas.



Fonte: Próprios autores (2021)

Decorrido intervalo de aproximadamente 17 h desde a aplicação da última demão de tinta, encontrando-se as superfícies devidamente secas, aferiu-se, em triplicata, as temperaturas das três faixas por meio de um termômetro infravermelho. Registrou-se também a temperatura ambiente através de um termômetro digital. Ambos os termômetros utilizados apresentam resolução de 0,1 °C.

As aferições repetiram-se semanalmente, em dias ensolarados com clima similar e horário fixado entre 12:00 h e 15:00 h, obtendo-se cinco mensurações.

Ao fim da coleta de dados em campo, procedeu-se com a sua tabulação, cálculo dos valores médios e de dispersão, análises gráficas e comparação por meio do software LibreOffice<sup>17</sup>, verificando-se a eficiência e os custos dos revestimentos aplicados, e comparando-os com os dados obtidos através da pesquisa bibliográfica.

### **3. Resultados e discussão**

#### **3.1. Pesquisa bibliográfica**

Por meio das leituras realizadas, verificou-se que, por se tratar de uma tecnologia relativamente nova, a construção de pavimentos frescos, bem como as técnicas de adaptação de pavimentos convencionais com vistas à diminuição de suas temperaturas, ainda são pouco conhecidas e estudadas no ramo da indústria da pavimentação, constatando-se também a inexistência de normativas que obriguem os pavimentos a atenderem padrões de cor ou de refletância solar<sup>1</sup>. Entretanto, identificou-se um projeto pioneiro de resfriamento urbano executado na cidade de Los Angeles no ano de 2019, onde implantaram-se diferentes técnicas para arrefecimento do pavimento em cerca de trinta e cinco quarteirões contíguos do município, realizando-se

posteriormente a análise do benefício proveniente desse empreendimento para o conforto térmico dos bairros onde foi realizado<sup>18</sup>.

### 3.2. Estudo de campo

Na pesquisa junto às lojas de materiais de construção da região de Rialma – GO, constatou-se a indisponibilidade de tintas frias em oferta, confirmando-se assim, também na cidade em estudo, que os benefícios proporcionados pelo uso dos revestimentos refletivos ainda são ignorados por grande parte dos profissionais do mercado da construção<sup>1</sup>. Procedeu-se então com a compra dos dois exemplares de tintas em lojas virtuais, fato que agregou custos consideráveis ao seu valor final devido às taxas de frete.

### 3.3. Pesquisa experimental

A Tabela 1 relaciona as médias da temperatura superficial do asfalto aos respectivos valores de temperatura ambiente registrados em cada um dos dias e horários, destacando dois intervalos específicos de análise.

Tabela 1: Comparação entre as temperaturas

Dia	Hora	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura Superficial (°C)	Intervalo
1	12:22	35,5	63,033	-
8	15:00	36,3	61,767	2
16	13:17	34,3	53,100	1
22	14:14	34,5	60,533	1
29	13:58	32,2	59,600	2

Fonte: Próprios autores (2021)

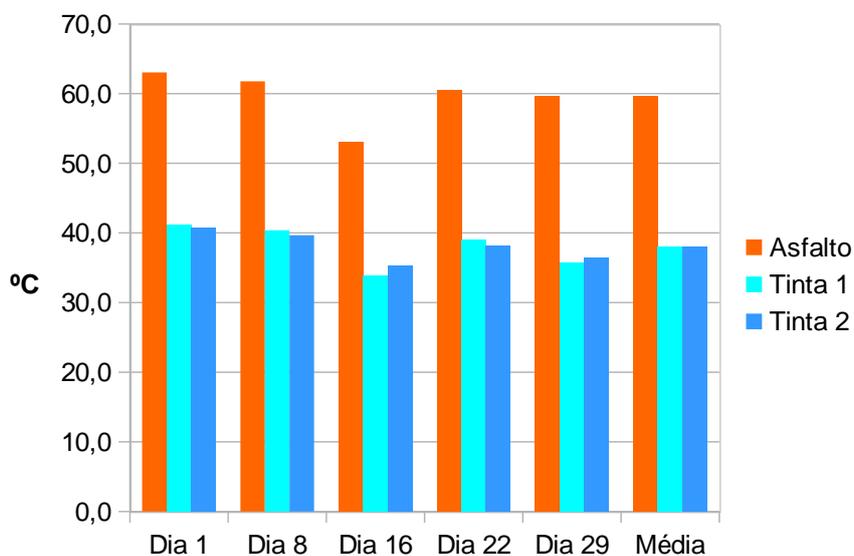
Contraopondo-se os dados referentes aos dias 16 e 22, doravante denominado intervalo 1, com as variações verificadas entre os dados dos dias 8 e 29 – intervalo 2 –, percebe-se uma diferença considerável da temperatura superficial registrada no intervalo 1, da ordem de 7 °C, para valores muito próximos de temperatura ambiente; situação não verificada no intervalo 2, apesar da diferença de mais de 4 °C na temperatura ambiente. Considerando-se ainda que a diferença entre os horários de medição para ambos os intervalos é de aproximadamente 1 h, depreende-se que a temperatura superficial aparenta não estar diretamente associada a nenhum dos dois fatores: temperatura ambiente e horário de aferição. Tal fato pode ser explicado pela influência de outras variáveis ambientais não consideradas neste estudo, como a ação dos ventos sobre o processo de convecção do calor das superfícies para o ar<sup>1</sup>.

Diante destas constatações, procedeu-se com a análise das temperaturas aferidas para as diferentes superfícies desconsiderando-se eventuais interferências da temperatura ambiente e do horário sobre a eficiência dos revestimentos. O Gráfico 1 apresenta uma comparação entre os valores médios de temperatura superficial, do asfalto natural e com a aplicação das tintas, nos cinco dias de aferição, como também as médias gerais.

Para ambas as tintas, identificou-se uma redução superior a 21 °C, em média, da temperatura superficial com relação ao pavimento em estado natural. Considerando-se a precisão do termômetro utilizado para as aferições, pode-se afirmar que a eficiência média de resfriamento das duas tintas foi equivalente. Percebeu-se também uma melhor eficiência de resfriamento da Tinta 2 em dias com temperatura superficial do asfalto superior a 60 °C – condição observada com maior frequência –, verificando-se efeito contrário para a Tinta 1. Ressalta-se que tal performance verificada para a Tinta 1, pode estar associada à sua aplicação em área menor.

Notou-se ainda que, no dia de menores temperaturas superficiais da série de pontos analisada, o nível de redução da temperatura por ambas as tintas foi significativamente menor. Acredita-se que esses resultados se devem ao fato de o desempenho dos revestimentos refletivos estar associado à quantidade de radiação incidente sobre eles, de modo que, havendo maior incidência sobre a superfície, conseqüente há maior reflexão.

**Gráfico 1:** Temperaturas superficiais ao longo dos dias.



Fonte: Próprios autores (2021)

Conforme os dados fornecidos pelos fabricantes das tintas frias<sup>13 14</sup>, ambas apresentaram rendimento médio estimado de 2,8 m<sup>2</sup>/l, com custo de aplicação por metro quadrado de R\$ 13,79 para a Tinta 1 e de R\$ 11,40 para a Tinta 2. Tendo em vista que se verificou para a Tinta 2 um nível de resfriamento superior na maioria dos dias analisados, e ainda que esta apresentou uma economia de 17,33% em relação a Tinta 1, pode-se defini-la como a opção mais eficaz, quanto ao custo-benefício, entre os dois revestimentos avaliados.

### 3.4. Análise comparativa

Em uma análise do desempenho de três tecnologias de pavimentos frescos aplicadas na cidade de Los Angeles<sup>19</sup>, verificou-se no intervalo de tempo entre 12 h e 15 h, para uma temperatura ambiente máxima de 29,4 °C, que o trecho de melhor desempenho entre os analisados apresentou valor de temperatura superficial cerca de 5 °C menor que a temperatura do asfalto comum, sendo esta aproximadamente igual a 36 °C. Comparando-se unicamente o nível de resfriamento alcançado, constatou-se que as tintas analisadas no presente estudo apresentaram melhores resultados, devendo-se, porém, levar em consideração a diferença significativa entre a temperatura média do pavimento nos dois casos.

Com relação aos custos, o Escritório de Serviços de Rua da cidade de Los Angeles adotou como referência orçamentária<sup>20</sup> para os projetos de aplicação de tintas frias sobre pavimentos já existentes, um custo estimado por metro quadrado entre R\$ 3,44 e R\$ 5,73 para execução completa do serviço, considerando-se os valores atuais de correção monetária. Nesse quesito, percebeu-se grande discrepância para com os custos de aplicação aqui obtidos, onde se verificam valores cerca de duas vezes maiores para a aquisição exclusiva da matéria-prima.

## 4. Conclusão

Consideram-se relevantes os resultados apresentados pelos revestimentos refletivos analisados, sendo que o seu desempenho na redução da temperatura superficial do pavimento mostrou-se condizente com os valores indicados pelos fabricantes, atingindo inclusive níveis superiores aos esperados com base nos referenciais bibliográficos consultados<sup>1</sup>.

Tendo em vista a comprovada influência exercida pelos pavimentos sobre a temperatura do ar nas cidades<sup>2</sup>, acredita-se que a aplicação destas tintas frias em áreas maiores resultaria em uma significativa amenização dos efeitos da ilha de calor urbana e na consequente melhoria do microclima da região de Rialma – GO. Todavia, o alto custo – decorrente em grande parte da escassez de matéria-prima –, assim como o desconhecimento a respeito dessa tecnologia, verificados na região, ainda se apresentam como barreiras para

a realização de tal empreendimento. O avanço das pesquisas sobre essa técnica deve contribuir para promover a conscientização da população local quanto aos seus benefícios, como também para viabilizar sua implantação efetiva. Pondera-se ainda que a eventual aplicação em larga escala tende a diminuir os custos, fazendo com que as soluções de resfriamento dos pavimentos se tornem mais acessíveis.

A fim de obterem-se estimativas para a variação da temperatura do pavimento em função do tempo, propõe-se a realização de futuras pesquisas com tempos de análise maiores, divididos em intervalos menores, bem como a consideração de outras variáveis não abordadas no presente estudo, tais como a influência dos ventos, da chuva e do trânsito sobre os revestimentos, de modo a obter-se um panorama mais preciso da sua expectativa de vida. Sugere-se ainda a realização de estudos com tintas de tonalidades diferentes, com o intuito de compreender melhor a influência da cor sobre a eficiência de resfriamento, bem como proporcionar, além do conforto térmico, maior conforto visual associado ao uso dos pavimentos refletivos.

## 5. Referências

- [1] GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- [2] POMERANTZ, M. et al. **The Effect of Pavements Temperatures on Air Temperatures in Large Cities**. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000.
- [3] TRICHES, G.; VILLENA, J.; MARINOSKI, D. L. Mistura Asfálticas Coloridas e a Ilha de Calor Urbano. **Boletim Técnico**, 3 ed. São Paulo: SINICESP, 2014.
- [4] KEMP, G. R.; PREDOEHL, N. H. **An Investigation of the Effectiveness of Asphalt Durability Tests** – Final Report. Sacramento: California Department of Transportation, 1980.
- [5] POMERANTZ, M., AKBARI, H.; HARVEY, J. T. **Cooler Reflective Pavements Give Benefits Beyond Energy Savings: Durability and Illumination**. Washington: ACEEE, 2000.
- [6] PETROBRAS. **Asfalto** – Informações Técnicas. Rio de Janeiro, 2015.
- [7] DORNELLES, K. A.; CARAM, R. M.; SICHIERI, E. P. Absortância solar e desempenho térmico de tintas frias para uso no envelope construtivo. **Paranoá**, Brasília, nº 12, p. 55-64, 2014.
- [8] MARQUES, T. H. T. **Influência das propriedades térmicas da envolvente opaca no desempenho de habitações de interesse social em São Carlos, SP**. 2013. Dissertação (Mestrado)--Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- [9] SORGATO, M. J. **Desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente**. 2009. Dissertação (Mestrado)--Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- [10] MONTEIRO, L. M. Apresentação - **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas, de Lisa Gartland. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- [11] GOOGLE LLC. **Google Earth**. Versão 9.135.0.3. Mountain View, 2021. Disponível em: <<https://earth.google.com/web>>. Acesso em: 23 maio 2021.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13245**: Tintas para construção civil - Execução de pinturas em edificações não industriais - Preparação de superfície. Rio de Janeiro, 2011.
- [13] NANOTECH DO BRASIL. **Manual do Procedimento de Aplicação**. Santo André, 2018.
- [14] SHERWIN-WILLIAMS. **Premium** - Metalatex Eco Telha Térmica. Taboão da Serra, 2021. Disponível em: <<https://www.sherwin-williams.com.br>>. Acesso em: 19 fev. 2021.
- [15] NANOTECH DO BRASIL. **Nanothermic 1** – Revestimento térmico. Santo André, 2021. Disponível em: <<https://nanotechdobrasil.com.br/nanothermic-1/>>. Acesso em: 19 fev. 2021.
- [16] LEROY MERLIN. **Tinta Acrílica Brilhante Metalatex Eco Telha Térmica Premium Cerâmica Telha 3,6L**. Villars, 2021. Disponível em: <<https://www.leroymerlin.com.br>>. Acesso em: 19 fev. 2021.
- [17] THE DOCUMENT FOUNDATION. **LibreOffice**. Versão 6.3.7.2. Berlim, 2020.
- [18] LOS ANGELES. Bureau of Street Services. **Cool LA Neighborhoods**. Los Angeles, 2021. Disponível em: <<https://streetsla.lacity.org/cool-la-neighborhoods>>. Acesso em: 23 maio 2021.
- [19] ZAIDI, F. F. **Cool Pavement Evaluation** - Sun Valley, Los Angeles. Los Angeles: UCLA - Institute of Transportation Studies, 2020.
- [20] NICHOLS CONSULTING ENGINEERS. **Cool Pavements Study** – Final Report. Fountain Valley, 2012.