

Analysis of the environmental temperature according to the type of soil surface in the city of Manaus

Jayne Rodrigues de Souza¹, Fernando dos Reis Aragão², Marcos Raiker Printes Ferreira³, Antonio Estanislau Sanches⁴, David Barbosa de Alencar⁵, Jorge Almeida Brito Junior⁶

¹Eng. Civil – Grupo de Pesquisa em Biotecnologia Translacional - Faculdade Campo Real - Guarapuava-PR.

²Mestre - Programa de Pós-graduação em Química - Universidade Estadual do Centro Oeste - Guarapuava-PR.

³Mestre – Grupo de pesquisas em geotecnia (GEOTEC) – Universidade Federal do Amazonas - Manaus - AM.

⁴Doutor – Departamento de Agrimensura – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus - AM.

^{5,6}Doutor, Pesquisador do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – ITEGAM – Manaus - AM

Email: durinezio@gmail.com.br, ferreira_mrp@yahoo.com.br, david002870@hotmail.com, jorgebritojr@gmail.com

ABSTRACT

Received: July 19th, 2018.

Accepted: August 01th, 2018.

Published: September 30th, 2018.

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The pavement is a structure conditioned to numerous factors capable of altering its physical and chemical form, being able to contribute or not to its good performance. The traffic, the climate, the characteristics of the materials that make up the pavement and the maintenance processes used, are preponderant for the determination and dimensioning of surface layers that are increasingly resistant to the elements of the day-to-day. The asphalt mixtures are composed of petroleum residues and present with dark pigmentation, which contributes to the absorption of solar radiation, being able to be determined by the Albedo index. It is valid the understanding of the relation between surface temperature and ambient temperature, since Manaus is one of the cities of the country that suffers most solar incidence, because it is near the equator. For the above, in this study, it is intended to demonstrate through temperature surveys in five different types of paved surfaces: Concrete, Asphalt Sand Machined to the Hot, Asphalt Concrete Machined to the Hot. Unpaved: grass and soil area, with distinct locations, these measures 1.5m from the ground. Data were collected at three different times, namely at 8 am, 12 a.m. and 5 p.m.

Keywords: Floor, ambient temperature, surface temperature.

Análise da temperatura ambiental em função do tipo de superfície do solo na cidade de Manaus

RESUMO

O pavimento é uma estrutura condicionada a inúmeros fatores capazes de alterarem sua forma física e química, podendo contribuir ou não para o bom desempenho deste. O tráfego, o clima, as características dos materiais que compõem o pavimento e dos processos de manutenção empregados, são preponderantes para a determinação e dimensionamento de camadas superficiais cada vez mais resistentes as intempéries do dia-a-dia. As misturas asfálticas são compostas por resíduos de petróleo e se apresentam com pigmentação escura, o que contribuem para absorção de radiação solar, podendo ser determinado pelo índice de Albedo. É válido o entendimento da relação entre temperatura superficial e temperatura ambiente, uma vez que Manaus é uma das cidades do país que mais sofre incidência solar, por situar-se próximo a linha do equador. Pelo exposto, neste estudo, pretende-se demonstrar através de levantamentos de temperatura em cinco diferentes tipos de superfícies Pavimentada: Concreto, Areia Asfalto Usinado à Quente, Concreto Asfáltico Usinado à Quente. Não pavimentada: área grama e solo, com localizações distintas, estas medidas a 1,5m do solo. Os dados foram coletados em três horários distintos, a saber, às 8h, 12h e às 17h.

Palavras – chave: Pavimento, temperatura ambiente, temperatura superficial.

I INTRODUÇÃO

Os pavimentos são estruturas projetadas para garantir a trafegabilidade da população, a se destacar pelo direito de ir e vir, como, quanto ao aumento da economia através de vias de escoamento de insumos. O crescimento populacional e o anseio por expansão territorial têm feito com que a infraestrutura de pavimentação se destaque em meio ao canteiro de obras que se tornou as grandes metrópoles, tal como é hoje Manaus. Desta forma, é imprescindível a importância do estudo sobre as cidades e os impactos ambientais provenientes da expansão urbana, em especial, a temperatura, fator que muito tem se discutido em todo o mundo. Os pavimentos e temperatura, são dois assuntos bem comuns, devido ao fato do material componente principal ser derivado do petróleo e sua reação ocorrer a alta temperatura, para a formação do ligante asfáltico.

O tempo de duração de um pavimento, determina-se através do seu correto dimensionamento e escolha dos materiais apropriados que compõem seu substrato. A influência de fatores climáticos, às solicitações de um tráfego cada vez mais pesado e intenso têm se refletido e cooperado para a rápida deterioração das estruturas de pavimentos, contribuindo para que a vida útil desta estrutura venha a ser minimizada, necessitando de constantes manutenções em curtos espaços de tempo, elevando, sobretudo, os custos do processo executivo.

Por seu caráter, altamente necessário ao desenvolvimento urbano, o pavimento tornou-se alvo de muitos pesquisadores que buscam novas tecnologias e materiais de pavimentação adequados, que venham a minimizar o calor latente e a alta sensação térmica das grandes metrópoles, uma vez, que o pavimento compõe considerável área de atuação.

Manaus destaca-se por utilizar, em escala maior, a mistura Areia Asfalto Usinada à Quente – AAUQ, constituída por uma argamassa de agregado miúdo (em comum, areia, ligante e fíler), devido à escassez de material pétreo nas proximidades da capital, o que elevaria muito o custo em termos de logística para transportar este material até a capital. Se comparado ao Concreto Asfáltico Usinado à Quente – CAUQ, a mistura AAUQ, apresenta maior viabilidade econômica e é menos ofensiva ao meio ambiente, apresentando ainda uma negativa de não possuir comportamento mecânico satisfatório quando submetido ao tráfego pesado e a altas temperaturas.

Assim, pretende-se neste estudo fazer um levantamento de dados da temperatura em cinco diferentes superfícies. Neste sentido analisamos as superfícies em duas condições: pavimentada (com areia Asfalto Usinada à Quente – AAUQ, Concreto Asfáltico Usinado à Quente – CAUQ e Concreto) e não pavimentada (Área gramada e solo). As superfícies encontravam-se próximas umas das outras, para estabelecer uma relação entre elas. Cada uma delas teve sua temperatura ambiente medida a 1,5m acima da superfície para assim ser confrontada com a temperatura superficial medida. Os dados foram coletados em três horários, 8h, 12h e 17h.

II REFERENCIAL TEÓRICO

II.1 O CLIMA

O clima segundo o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, pode ser considerado o “tempo médio”, ou de uma forma cientificamente precisa, pode ser definido como a “descrição estatística em termos de média e variabilidade de quantidades relevantes durante determinado período de tempo”. Essas

quantidades são geralmente variações de superfície como temperatura, precipitação e vento.

A caracterização climática se obtém através de uma série de levantamento de dados em um determinado período médio de tempo, para isso é necessário o conhecimento do comportamento de algumas grandezas físicas denominadas elementos climáticos, como: temperatura, umidade relativa do ar, direção do vento, insolação, velocidade do vento, precipitação entre outros. São agentes, que determinam, em cada ponto, o regime vigente para cada elemento como: altitude, vegetação, massas de ar, continentalidade etc.

Segundo a Organização Meteorológica Mundial – OMM [1], clima num sentido restrito, é um estado médio do tempo, calculado normalmente com período de mais de 30 anos de informações. Em um sentido mais amplo é o estado, incluindo as descrições estatísticas do sistema global.

Conforme [2], as informações obtidas a partir de estações meteorológicas, que normalmente registram as variáveis atmosféricas, determinando a temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação, entre outras, são determinantes para conceituar o clima.

O Brasil é um país onde seu clima é muito diversificado, isso ocorre por vários fatores, como a fisionomia geográfica, a extensão territorial, a dinâmica de massas de ar e o relevo. Em especial, a dinâmica de massas de ar é um fator de suma importância porque atua diretamente na temperatura e na pluviosidade, provocando as diferenças climáticas regionais. Levando em consideração a classificação climática de Köppen-Geiger, que se baseia no pressuposto, de que a vegetação natural de cada grande região da terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente, o Brasil é representado conforme o mapa abaixo.

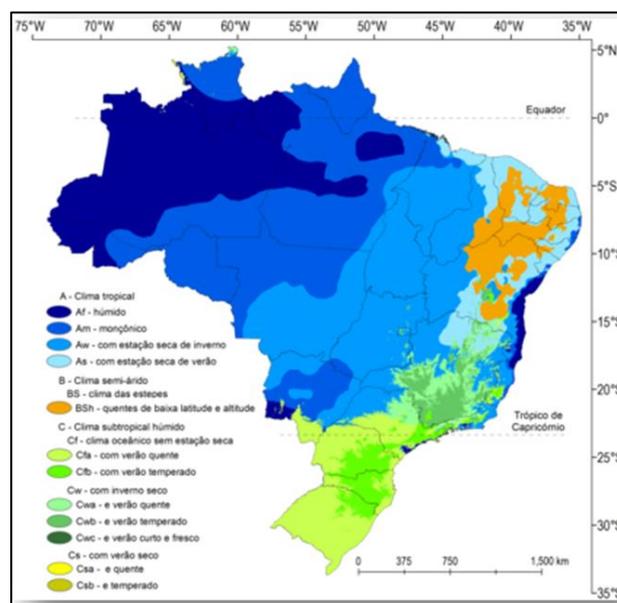


Figura 1: Mapa climático do Brasil de acordo com a classificação climática de Köppen.

Fonte: [3].

Observando-se o mapa da Figura 1, constatamos que no país existem diversos tipos de climas, onde cada região representa tipos distintos de pluviosidade, massas de ar e temperatura. Segundo [4] uma certa região, sobre qual os efeitos combinados de diversos fatores que resultam em um conjunto de condições climáticas ditas homogêneas, são denominados região climática.

Manaus destaca-se por estar na região Norte do país, próximo a linha do equador, determinando como predominante, o

clima equatorial úmido. Conforme dados levantados pelo INMET, num período de 29 anos, as normais climatológicas do Brasil entre 1961-1990, apontam uma média na temperatura máxima e mínima (°C) respectivamente de 31,4°C (Figura 2) e 23,3°C (Figura 3), considerando que a temperatura média compensada anual de Manaus é de 26,7°C (Figura 4). Dados de comprovam que a precipitação média anual na região de Manaus é de 2.307,4mm e os valores de insolação (horas) ao longo do ano também são acima da média brasileira, apresentando média anual superior a 150 horas [5].

Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990															
Temperatura Máxima (°C)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
82331	Manaus	AM	30,5	30,4	30,6	30,7	30,6	31,0	31,3	32,6	32,9	32,8	32,1	31,3	31,4

Figura 2: Temperatura máxima de Manaus
Fonte: [5].

Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990															
Temperatura Mínima (°C)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
82331	Manaus	AM	23,1	23,1	23,2	23,3	23,3	23,0	22,7	23,0	23,5	23,7	23,7	23,5	23,3

Figura 3: Temperatura mínima de Manaus
Fonte: [5].

Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990															
Temperatura Média Compensada (°C)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
82331	Manaus	AM	26,1	25,9	26,0	26,2	26,2	26,4	26,5	27,3	27,7	27,7	27,2	26,6	26,7

Figura 4: Temperatura média compensada de Manaus
Fonte: [5].

II.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Conforme [6], na literatura intitulada “Princípios de Transferência de Calor”, “o calor é transportado ou ‘movido’ basicamente por um gradiente de temperatura; ele flui ou é transferido de uma região de alta temperatura para uma de baixa temperatura”.

O calor é uma forma de energia que é transferido entre dois corpos em virtude de uma diferença de temperatura entre eles. Essa transferência de energia pode ser observada em três formas: por condução, convecção ou radiação.

Pelo estudo da física, a energia transferida sempre que houver um gradiente de temperatura dentro de um sistema ou cada vez que dois sistemas com diferentes temperaturas sejam postos em contato, processo pelo qual se efetua transporte de energia é conhecido como transferência de calor. O calor, objeto em trânsito, não pode ser medido diretamente ou observado.

Newton apud [7] faz referência que o calor consiste em minúsculos movimentos de vibração das partículas dos corpos.

II.2.1. CONDUÇÃO

Em [6], conceituam que a transferência de calor por condução é o processo pelo qual o calor flui de uma região de temperatura mais elevada para outra mais baixa, dentro de um meio, que seja: sólido, líquido e gasoso, ou por meios diferentes como colocando dois corpos em contato direto, conforme esquema da Figura 5.

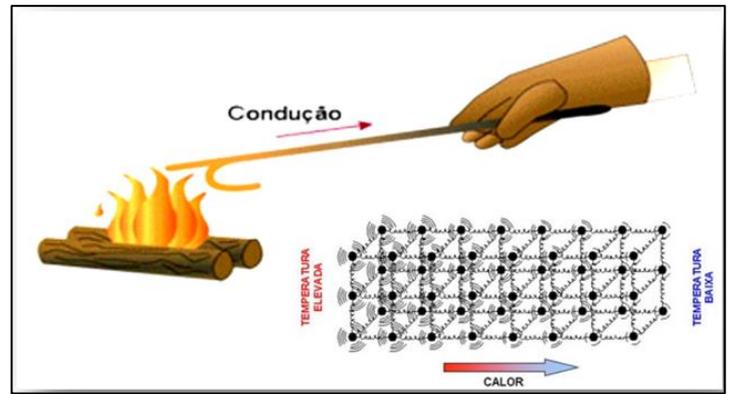


Figura 5: Esquema de transferência de calor por condução.
Fonte: Autores, (2018).

Em [8], explica o processo da seguinte forma: Se utilizarmos uma varetinha metálica em uma fogueira, por um determinado tempo, o seu cabo ficará quente, ou seja, a energia se transfere do fogo para o cabo, partindo do pressuposto de que a temperatura mais elevada tende a ser conduzida para o corpo com temperatura mais baixa.

A explicação para tal fenômeno é a de que as moléculas, ao vibrar com maior amplitude, conseguem aproximar-se das moléculas vizinhas. Nessa aproximação, intensificam-se as forças repulsivas e, conseqüentemente, as moléculas vizinhas passam a vibrar mais intensamente.

II.2.2 CONVECÇÃO

Segundo [7] o método de transferência de calor por convectividade se dá através de um fluido, onde a própria movimentação deste faz com que ocorra a corrente convectiva.

Na Figura 6 podemos demonstrar que o calor é transferido pelo movimento do líquido e do ar. Neste esquema, a taxa de transmissão de calor do objeto quente para o médio que o rodeia é proporcional a área do objeto.

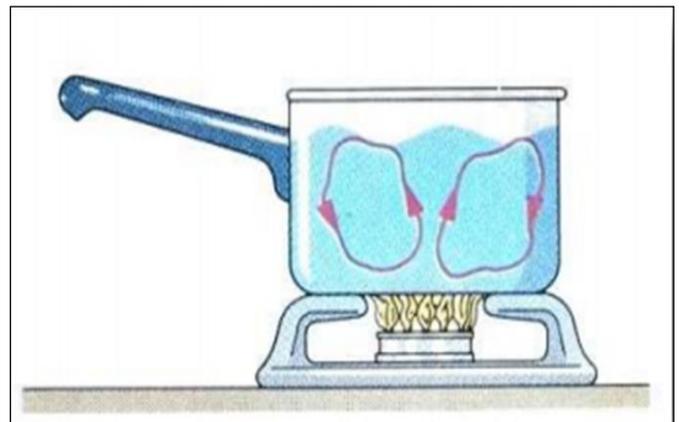


Figura 6: Exemplo de corrente convectiva
Fonte: [9].

Em [10], explica que o calor transferido pelo movimento de certa partícula ou corpo aquecido, este, considera-se o calor transferido por convecção.

Podemos tomar como exemplo, um radiador automotivo que aquece o ar na parte inferior, este ar, por sua vez, é expandido e ascende para o teto onde a densidade é menor. Desta forma o ar frio e agora mais denso substitui o ar quente, formando assim um ciclo de aquecimento do ar.

II.2.3 RADIAÇÃO

Para [7], o processo de irradiação de calor é obtido através do repasse de um ponto a outro, geralmente por radiação eletromagnética, estas mesmas se propagam através do vácuo.

Através da radiação eletromagnética, aproximadamente 1.340J de energia térmica do sol atinge cada metro quadrado da atmosfera terrestre, por segundo. Onde parte dessa energia é refletida para o espaço e a outra parte é absorvida pela atmosfera [10].

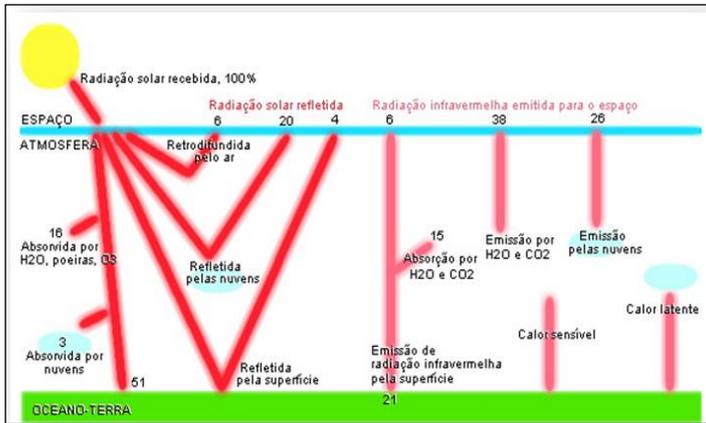


Figura 7: Esquema da radiação eletromagnética
Fonte: [11].

Em [12], afirma, “o sol irradia como um corpo negro e que segundo a Lei de Stefan-Boltzman, o fluxo de radiação de um corpo negro é diretamente proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta”.

II.2.3.1 ÍNDICE DE ALBEDO

O albedo é a refletância difusa e especular integrada no intervalo com comprimento de onda entre 290 a 2500nm (radiação de onda curta), englobando uma média de 96% da radiação solar que atinge a superfície terrestre. Vários são os fatores que determinam o albedo, como por exemplo, o tipo do solo, grau de urbanização, índice de pluviosidade e etc.

Em [12], explica que os corpos negros, também conhecidos como perfeitos irradiadores, são exemplares absorventes de energia radiante e para uma dada temperatura, podem emitir a quantidade máxima de radiação.

O albedo varia de acordo com a coloração e constituição da superfície. Desta forma, o albedo será máximo nos corpos ou superfícies brancas e mínimo nos escuros. Em [13]. Os autores completam, que um determinado corpo com elevado albedo, terá uma baixa intensidade de absorção de radiação solar, uma vez que a maior parte é refletida.

Em [14], comenta que nas superfícies planas e horizontais sem vegetação, o albedo irá variar de acordo com as propriedades físicas dos materiais que as constituem, como a cor, rugosidade entre outras.

II.3 ILHAS DE CALOR

Ilhas de calor são anomalias térmicas resultante das diferenças de absorção e armazenamento de energia solar pelos materiais constituintes na superfície urbana. E demonstra através do esquema da Figura 8, que essas zonas de alta temperatura são muito influenciadas pela sua vegetação e tipo de revestimento utilizado.

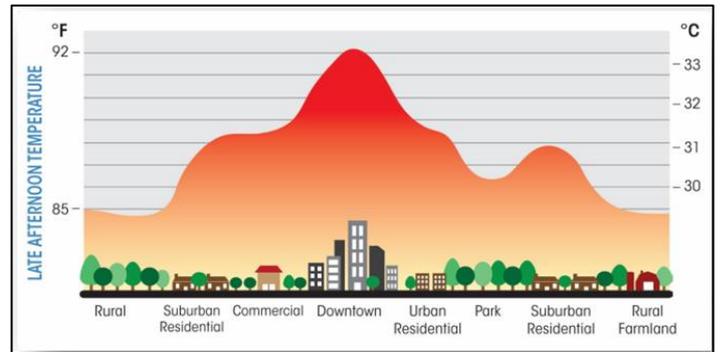


Figura 8: Incidência de ilhas de calor
Fonte: [15].

Causado pela ação do homem, as ilhas de calor têm destaque em áreas impermeabilizadas (cidades e zonas metropolitanas) e de pouca cobertura vegetal, facilitando a incidência de raios solares e, conseqüentemente elevando a temperatura. Esta área comparada a área verde pode chegar até a 7°C, esse fator ocorre pela emissão de poluentes lançados na atmosfera, destruindo a camada de ozônio. Seguindo este pensamento, é considerável que cada ano que passa a temperatura aumentará e mais ilhas de calor surgirão.

Estudo sobre as ilhas de calor urbana (ICU) na cidade de Manaus com auxílio de monitoramento de satélites, abrangendo toda a área metropolitana e obtiveram como conclusão que estas ilhas ocorrem sobretudo na estação de seca, que ocorre nos meses de julho, agosto e setembro. A pesquisa foi realizada entre os anos de 2002 e 2012 e observou-se que na zona centro-sul e sul de Manaus, em bairros como Aleixo e Petrópolis existem ocorrências das ilhas de calor.

Entre os meses de Maio de 2010 e Abril de 2011 foram feitas análises de temperaturas de quatro estações, duas na área urbana e duas na área rural, conforme Figura 9. Foi encontrado dois picos do efeito ilha de calor, um pico as 7h e outro as 20h. a diferença de temperatura da área urbana em comparação a rural foi de 3,5°C.

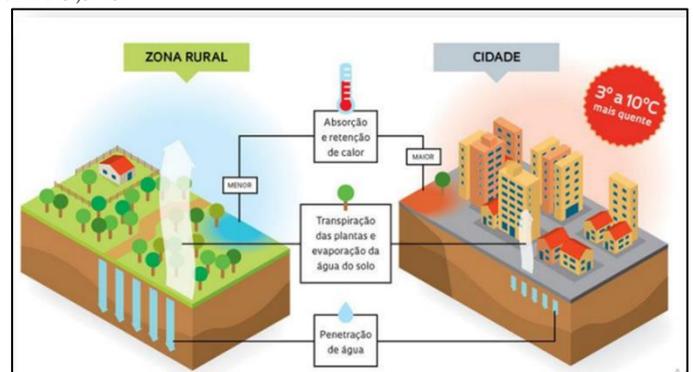


Figura 9: Estudo realizado por Wagner e Rodrigo
Fonte:[16].

II.4 PAVIMENTOS

Os pavimentos, de modo geral, são classificados em flexíveis e rígidos. Os flexíveis, caracterizam-se por serem mais resistentes a rompimentos, é aquele que sofre deformações até um certo limite, contudo não levam ao rompimento comparado ao rígido que pouco sofre deformações, quando sujeito a solicitação rompe-se por tração na flexão.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) [17], aborda o conceito de que o pavimento é uma superestrutura formada por um sistema de camadas de espessura

finitas, assentes sobre um espaço considerado infinito e a sua fundação, conhecida como subleito deve ser estudada até a profundidade onde atuarão as cargas impostas pelo tráfego.

Ainda em [17], classifica os pavimentos em três tipos específicos, que são os flexíveis, caracterizado por sofrerem deformações elásticas significativa conforme o carregamento, distribuindo sua solitação entre todas as camadas do pavimento. Os semirrígidos, destacam-se por possuírem uma base cimentada por algum material aglutinante (ligante asfáltico) e o rígido é determinado por sua elevada rigidez em relação as camadas inferiores, absorvendo praticamente todas as tensões provenientes de carregamentos.

A consistência do revestimento se resume a mistura de material betuminoso e agregados na sua composição. As principais funções deste composto é nada mais que impermeabilizar a base contra a penetração de água, protege-la do desgaste ocasionado pelo tráfego e distribuir as cargas [18].

II.5 A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NOS PAVIMENTOS

Em [19], afirma que um dos fatores determinantes que interferem a execução e o desempenho de um pavimento é a temperatura.

O CAP do revestimento, durante a vida útil de um pavimento, envelhece por oxidação. Essa reação ocorre com maior rapidez nas camadas expostas a fatores que alteram as características do ligante. Esta exposição às condições climáticas nos pavimentos, causa seu envelhecimento, o que torna a mistura betuminosa cada vez mais rígida, ou seja, tornando-a um material quebradiço.

Segundo [20], é de suma importância o conhecimento da distribuição da temperatura em todo o pavimento para atribuição das propriedades mecânicas adequadas aos materiais betuminosos. O módulo de rigidez é determinado através das propriedades térmicas dos materiais betuminosos, que dependem da amplitude e da forma da distribuição da temperatura nas camadas betuminosas.

O pavimento asfáltico é composto por um ligante considerado um hidrocarboneto composto por moléculas de hidrogênio e carbono. Por ser um resíduo da produção do refino do petróleo cru, não possui uma fórmula predeterminada. Materiais betuminosos, como qualquer outra substância orgânica é afetado pela presença de oxigênio, radiação ultravioleta e por variações na temperatura [21].

Epps (1997) apud [19] afirmam que em regiões onde a temperatura é baixa, a mistura asfáltica tende a enrijecer, contribuindo para o aparecimento de patologias como fissurações por fadiga e por retrações térmicas. Já em altas temperaturas o desprendimento e o envelhecimento do ligante são certos, devido a diminuição da viscosidade, podendo o ligante fluir ou exsudar, formando desta forma, trilhas de roda ou escorregamentos da camada tratada, seguidos de ruptura.

III MATERIAIS E MÉTODOS

III.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO

A realização deste estudo, de característica exploratória, tem por objetivo avaliar a temperatura ambiente em relação a temperatura superficial na da cidade de Manaus em diferentes tipos de superfícies, quer sejam estes pavimentados ou não pavimentados. Os dados coletados nesta pesquisa foram

submetidos a análises qualitativas e quantitativas, sendo obtidos por intermédio de medições feitas *in loco*.

III.2 COLETA DE DADOS

Com o intuito de se obter os dados da maneira mais aferida possível, foi necessário que se efetuasse medições da temperatura ambiente (esta, em especial a uma distância de 1,5 m da superfície, conforme Figura 10) e da temperatura superficial em três horários predeterminados, sendo a primeira análise feita pela manhã, exatamente as 08:00h, a segunda análise na hora média do dia, às 12:00h e pôr fim a terceira análise levantada as 17:00h.

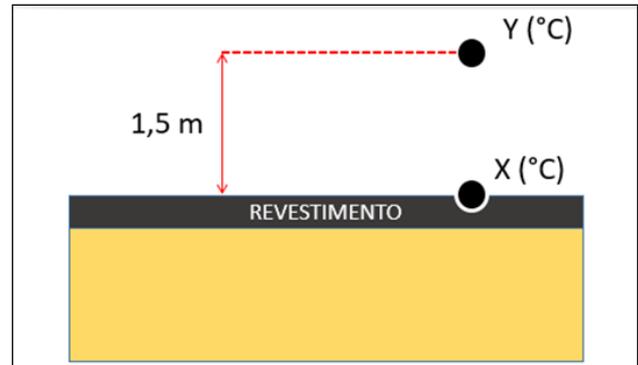


Figura 10: Esquema da coleta de dados.

Fonte: Autores, (2018).

Estes horários foram predeterminados mediante análise feita referente a intensidade de radiação solar lançada que é absorvida pelos revestimentos, pois no início da manhã pouco depois do nascer do sol, o ângulo de incidência é quase zero, ou seja, a superfície não recebe energia solar suficiente, à medida que o sol se eleva até o meio-dia, o ângulo de incidência vai aumentando ao mesmo tempo que diminui a massa atmosférica, tornando assim maior a temperatura na superfície. Após o meio-dia a incidência começa a diminuir e a massa atmosférica por sua vez aumenta, ocorrendo da temperatura tornar a diminuir concluindo desta forma um ciclo, conforme Figura 11.

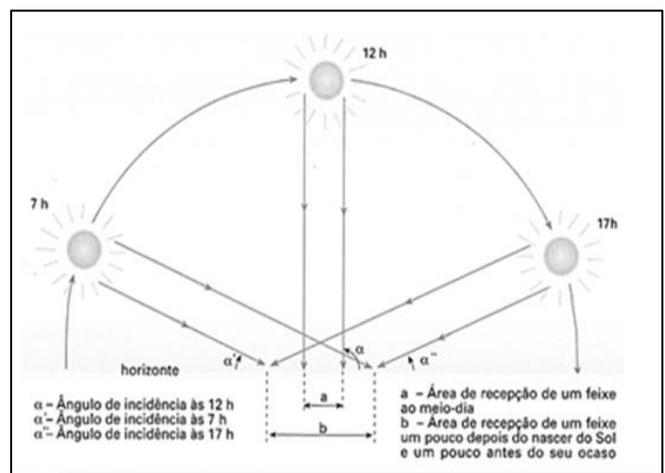


Figura 11: Incidência de raios solares

Fonte: [22].

III.3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A pesquisa tem seu enfoque principal na cidade de Manaus, por especificamente localizar-se abaixo da linha do Equador e ser uma das capitais do Brasil que apresenta as maiores temperaturas já registradas, possuindo valores de insolação em

alta, fazendo com que os revestimentos atinjam elevados índices de temperatura.

A primeira análise foi executada na zona oeste de Manaus, conforme Figura 12, onde foram coletados dados de temperatura superficial a 1,5m acima do revestimento e a temperatura superficial do revestimento de Areia Asfalto Usinado à Quente – AAUQ. A segunda análise, também considerando o trecho da zona oeste de Manaus (Figura 13), em um residencial localizado no bairro Ponta Negra, foram coletados os dados das temperaturas superficiais dos seguintes revestimentos: gramado (do campo do residencial), concreto asfáltico com agregado de seixo rolado sendo empregado como faixa C, solo natural e concreto de cimento Portland.

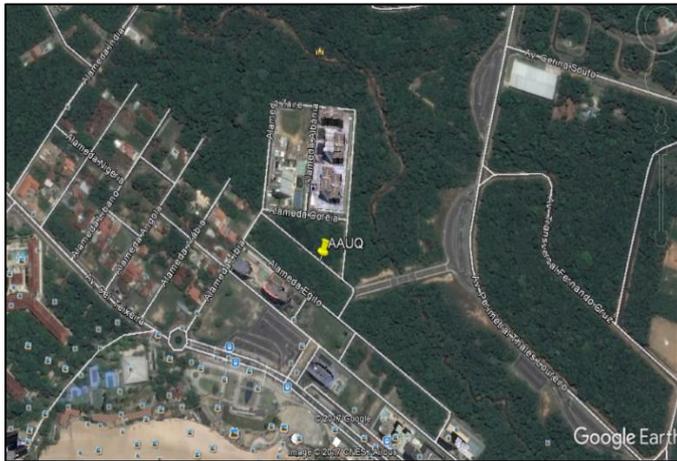


Figura 12: Localização trecho 1 analisado – Zona Oeste
Fonte: [23].

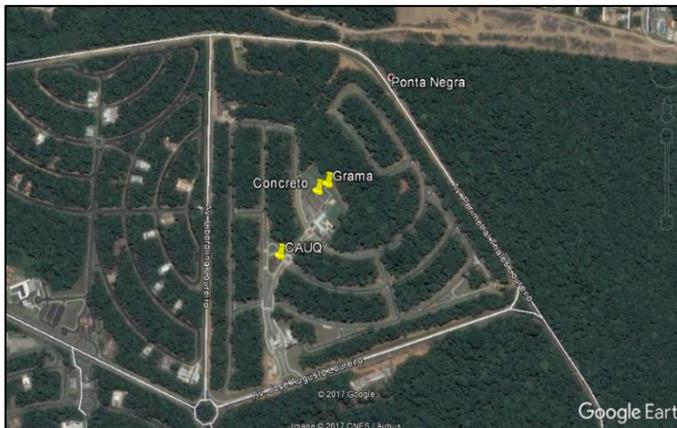


Figura 13: Localização trecho 1 analisado – Zona Oeste
Fonte: [23].

A segunda coleta de dados ocorreu na zona centro-sul de Manaus, localizado no bairro Flores, foram também analisadas as temperaturas ambientes e superficiais nos revestimentos de concreto, grama, CAUQ e AAUQ, conforme Figura 14. Para as medições da temperatura na área gramada, foi escolhido um local com uma grande área, para que temperaturas provenientes de objetos ou locais próximos que absorvesse calor não influenciassem no aumento da temperatura. A Figura 14, demonstra a área em estudo.

A pesquisa procura demonstrar o comportamento da temperatura nos revestimentos distintos em um dia de sol. Levando-se em consideração o tipo de material empregado na sua execução, a cor de sua pigmentação e a sua área de absorção de raios solares.



Figura 14: Localização trecho 2 analisado – Zona centro-sul
Fonte: [23].

Os dados levantados nesta terceira análise foram coletados também na Zona Oeste, em área próxima ao aeroporto de Manaus, na Av. Santos Dumont, como demonstrado na Figura 15.



Figura 15: Localização trecho 3 analisado – Zona Oeste
Fonte: [23].

III.4 CARACTERIZAÇÃO DO INSTRUMENTO DE MEDIDAS

Para o levantamento dos dados adquiridos, utilizou-se o termômetro infravermelho, da marca Incoterm, com precisão de +/-2% da leitura ou +/-2°C/°F (-10°C a -35°C), possuindo escala de -35 a +230°C/°F, resolução de 0.1°C/°F e tempo de resposta de menos de 1 segundo. O termômetro em questão dispõe de temperatura de armazenamento variando de -10 a 60°C, campo óptico de 1:1 e umidade relativa do ar, a se considerar 10%~90%RH de operação, < 80% RH de armazenamento.



Figura 16: Termômetro infravermelho digital.
Fonte: Autores, (2018).

Para executar as medições da temperatura a 1,5m de altura foi utilizada uma trena manual.

IV APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

IV.1 AMOSTRAGEM DE LEVANTAMENTOS DO TRECHO 1

Após compilação dos dados levantados, pode-se constatar através do gráfico da Figura 18 que, às 08:00h, ainda com o sol pouco intenso, para uma análise global, ou seja, levando-se em consideração os cinco tipos de revestimentos observados no trecho 1, obtivemos pela parte da manhã uma média de 30,42°C.

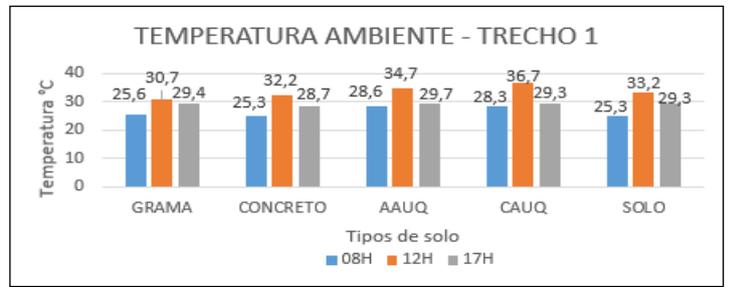


Figura 19: Análise da temperatura ambiente do trecho 1.

Fonte: Autores, (2018).

Os revestimentos quando expostos a radiação solar, normalmente, tendem a reter o calor ao longo de sua extensão, sobretudo, ao nascer do sol, aproximadamente às 06:00h os primeiros raios solares são lançados, neste momento o pavimento tende a retomar um equilíbrio térmico, ou seja, no mesmo tempo em que absorve calor o pavimento tenta dissipa-lo de forma exotérmica, desta forma aquecendo o ambiente e contribuindo para uma alta sensação térmica. Para a análise do trecho 1, obtivemos uma média da temperatura de 26,62°C.

Em uma observação restrita a cada tipo de pavimento, demonstraremos como reagiu cada um, particularmente, em consideração as suas temperaturas superficial e ambiente Figuras 20 e 21.

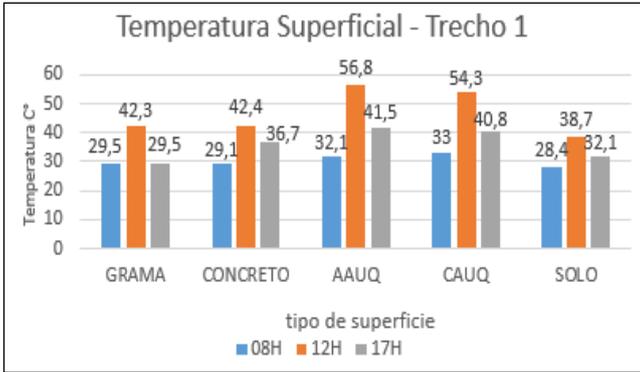


Figura 17: Análise da temperatura superficial do trecho 1.

Fonte: Autores, (2018).

Se compararmos a maior temperatura superficial obtida, de 33°C, referente ao CAUQ e a menor, de 28,4°C referente ao solo teremos uma variante de 4,6°C. Alguns fatores podem ser levados em conta, como por exemplo, revestimentos contendo pigmentações escuras tendem a absorver maior calor do que aqueles mais claros, em termos de coloração (Figura 18).

Pesquisas com imagens de infravermelho térmico em uma estrada, mostram que em um trecho com pigmentação mais clara pode se tornar 17°C mais frio do que o trecho mais escuro, contribuindo para a baixa da temperatura superficial.



Figura 18: Análise de temperatura em decorrência da pigmentação

Fonte: [24].

Em se tratando da temperatura ambiente, pode-se observar que na primeira hora de análise entre os cinco tipos de revestimento, destacou-se com temperatura elevada o revestimento tipo AAUQ, com 28,6°C e com temperatura mínima, destacou-se dois tipos de revestimentos, o de concreto e o solo, medindo 25,3°C (Figura 19).

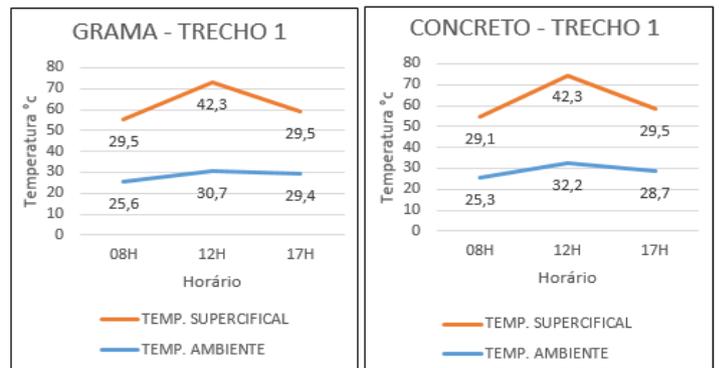


Figura 20: Grama e Concreto - Trecho 1.

Fonte: Autores, (2018).

É notório que em todos os gráficos os picos de temperatura ocorrem às 12h, em uma análise ainda mais específica, podemos notar que, das 08h às 12h a capacidade dos revestimentos de absorverem calor é bem maior se comparado a curva decrescente das 12h às 17h, ou seja, no período do dia demonstrado (das 08h às 17h), os revestimentos estudados tendem a absorver maior quantidade de calor e menor tendência de dissipação do mesmo.

A saber que, a altas temperaturas influenciam fortemente, o comportamento mecânico das camadas asfálticas, notadamente na rigidez e na fadiga da mistura asfáltica, podendo ainda, desencadear um comportamento viscoelástico no pavimento.

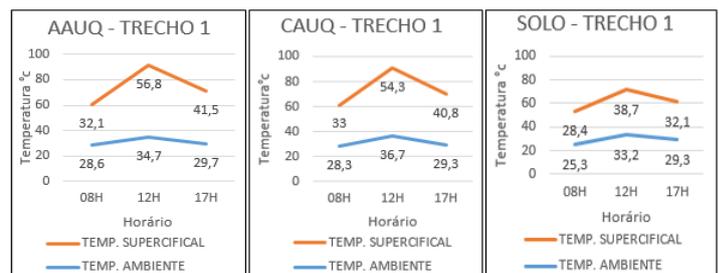


Figura 21: AAUQ, CAUQ e Solo – Trecho 1.

Fonte: Autores, (2018).

Os gráficos de tendência mostram que a variante da temperatura às 08:00h, possuem uma média de 3,8°C, às 12:00h esta mesma diferença é de 13,38°C e ao fim do dia às 17:00h esta média é de 5,4°C. É evidente que os gráficos mostram que ao início e ao fim do dia as temperaturas, tanto superficial quanto do ambiente, possuem uma proximidade em pequena escala se comparado as análises feitas no horário de 12:00h, onde aparecem os picos de temperatura e onde o ângulo de incidência de raios solares atingem os 90°.

IV.2 AMOSTRAGEM DE LEVANTAMENTOS DO TRECHO 2

A segunda bateria de levantamento de dados, de uma forma breve, teve seu posicionamento semelhante ao trecho 1, com algumas variantes, quando diz respeito ao valor da temperatura, conforme Figuras 22 e 23.

Devemos levar em consideração que para revestimentos que possuem alto tráfego, vale levarmos em consideração, que para revestimentos de misturas betuminosas, o comportamento perante estados de tensão de origem térmica é influenciado pelas características reológicas (é o ramo da ciência que estuda as deformações e escoamentos da matéria) dos betumes, aos quais apresentam um comportamento mecânico dependente da temperatura e do tempo de carregamento.

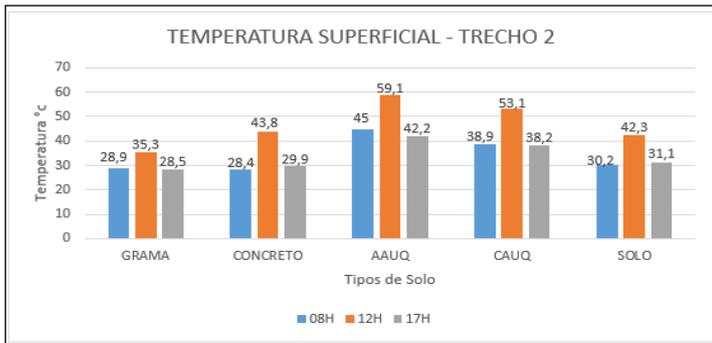


Figura 22: Temperatura superficial do trecho 2.
Fonte: Autores, (2018).

Podemos observar nos gráficos das Figuras 22 e 23, dos cinco revestimentos em estudo, os que contém em sua composição misturas betuminosas, em ocorrência de altas temperaturas, mostram um comportamento influenciado pela sua componente viscosa, apresentando-se total ou parcialmente plástico. Já os revestimentos em condições de baixas temperaturas, as misturas betuminosas apresentam um comportamento influenciado pela componente elástica, quase anulando a componente viscosa, apresentando-se muito rígido e frágil.

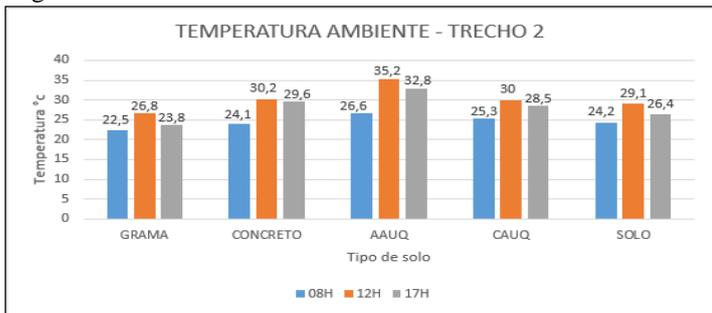


Figura 23: temperatura ambiente do trecho 2.
Fonte: Autores, (2018).

Em uma análise individual dos revestimentos do trecho 2 (Figuras 24 e 25) obtivemos um resultado em que consta variações de temperatura tanto para mais quanto para menos. Fenômeno este comum para Manaus, onde existem regiões muito afetadas pelos impactos ambientais seguidos por crescimento urbanístico, todos estes contribuintes para o aumento da temperatura.

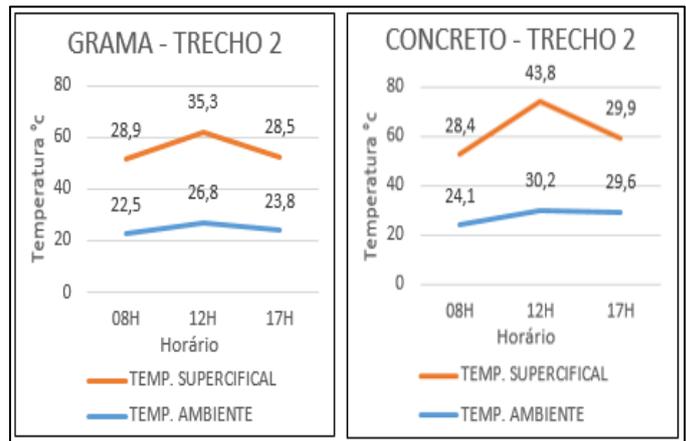


Figura 24: Grama e Concreto – Trecho 2.
Fonte: Autores, (2018).

Em especial, os pavimentos permeáveis, no caso da área gramada, destacam-se por ter maior taxa de infiltração de água no solo em relação a pavimentação asfáltica, no entanto, sua absorção de calor não se torna tão elevada quanto a dos revestimentos betuminosos e sua tendência de dissipar o calor torna-se mais rápida.

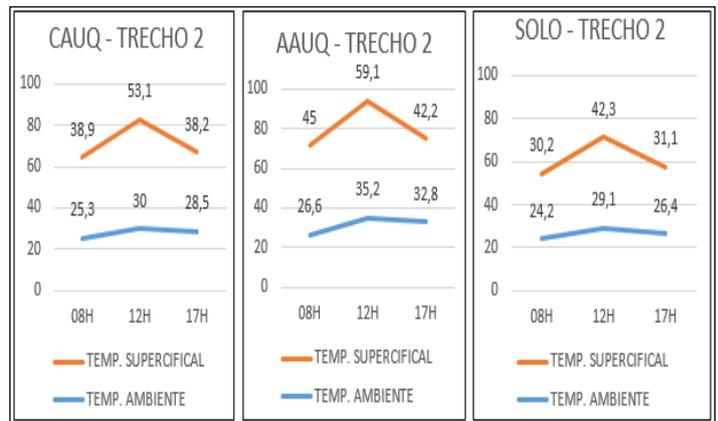


Figura 25: CAUQ, AAUQ e Solo – Trecho 2.
Fonte: Autores, (2018).

IV.3 AMOSTRAGEM DE LEVANTAMENTOS DO TRECHO 3

Para uma abordagem geral, graficamente é possível notar que nas três análises feitas em diferentes zonas de Manaus, a temperatura atua de forma similar as análises anteriores, sempre com variações para mais e para menos em pequena escala, pela parte da manhã e término do dia, conforme Figuras 26 e 27. Onde é notável a mudança térmica, nos horários que variam de 11:15h até 13:30h, onde a temperatura torna-se mais agressiva, a ponto de se tornar ofensiva a visão e pele do ser humano.

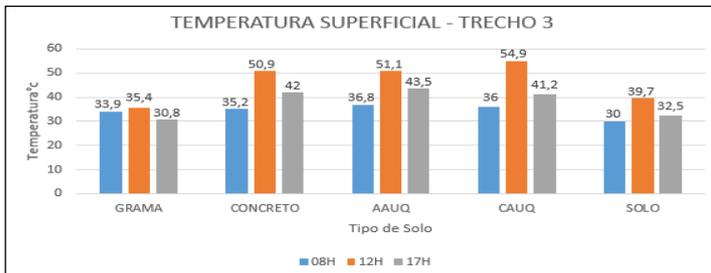


Figura 26: Temperatura superficial do trecho 3.
Fonte: Autores, (2018).

A variação mostra que a temperatura nos solos tipo grama e solo sem cobertura são os menores, e os pavimentos com concreto, AAUQ e CAUQ são os tipos que tem maior temperatura.

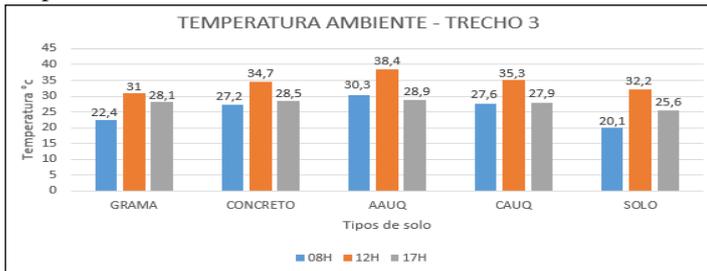


Figura 27: Temperatura ambiente do trecho 3.
Fonte: Autores, (2018).

As variações tendem sempre a ser “piramidais” Figuras 28 e 29, pela parte da manhã, quando iniciam as incidências de raios solares sobre a superfície, esta absorve esses raios em escala exponencial até determinado horário em que os feixes solares vão reduzindo, fazendo com que a superfície ao invés de absorver, tente manter o equilíbrio térmico interno com o equilíbrio térmico externo.

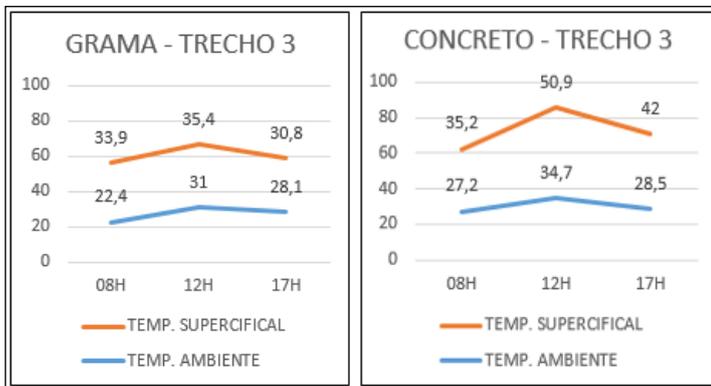


Figura 28: Grama e Concreto – Trecho 3.
Fonte: Autores, (2018).

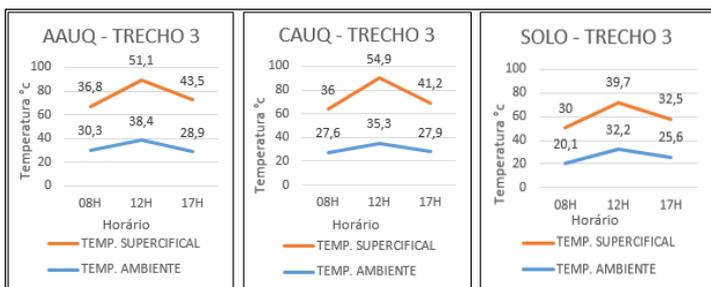


Figura 29: AAUQ, CAUQ e Solo – Trecho 3.
Fonte: Autores, (2018).

Os pavimentos permeáveis, no caso da área gramada, por terem maior taxa de infiltração de água no solo em relação a pavimentação asfáltica, sua absorção de calor não se torna tão elevada quanto a dos revestimentos betuminosos e sua tendência de dissipar o calor torna-se mais rápida.

V CONCLUSÃO

Após coleta dos dados apresentados, é possível constatar que a grande diferença que o AAUQ apresenta dos demais, em especial, ao pavimento de concreto, é a absorção de calor devido a sua pigmentação, um dos fatores principais para a contribuição das ilhas de calor decorrentes na cidade de Manaus. As maiores temperaturas superficiais encontradas foram registradas na superfície pavimentada com AAUQ, conformando o que Cunha et al. (2011) expõe em seu estudo, que devido à dimensão reduzida dos agregados arenosos, há necessidade de aumentar a quantidade de teor do ligante asfáltico em sua composição, elevando as temperaturas na região urbana.

Constatamos também, que a temperatura ambiente, medida a 1,5 m acima dos pavimentos, aumentou de forma rápida até o período da tarde, nos horários de pico das 11:30h até, mais ou menos, 14:30h, e depois desse horário próximo do fim da tarde, a dissipação desse calor foi mais lenta. Nesses termos, podemos concluir que os pavimentos absorvem calor com mais facilidade do que perdem.

Com todos esses parâmetros levantados através desta pesquisa, podemos concluir que todos os pavimentos absorvem muito mais calor em sua estrutura, alguns com aumento significativo, por sua pigmentação, e outros aproximados, caso do concreto e devido a pigmentações claras e permeabilidade elevada, caso da grama. E conforme os gráficos apresentados, podemos verificar, que o que faz com que a temperatura ambiente seja mais baixa e evite fenômenos de ilhas de calor, é a implantação de um plano de arborização urbana, ajudando na diminuição da temperatura e também na limpeza dos poluentes lançados na atmosfera.

VI REFERÊNCIAS

- [1] OMM - Organização Meteorológica Mundial. **Guia para práticas hidrológicas: Aquisição e processamento de dados, análises, estimativas e outras aplicações**, 15.ed., 1994. 735p.
- [2] REBOITA, Michelle Simões, et al. **Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul**. Ver. Bras. Terra e Didática, Campinas, v. 8, n.1, p.34-50, 2012.
- [3] INMET. **Insolação horas**: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> Acesso em: 18 jul.2017.
- [4] VIANELLO R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora UFV, 1991.
- [5] INMET. **Relação de estações Meteorológicas**: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> Acesso em: 18 jul.2017.
- [6] KREITH, Frank; BOHN, MS. **Princípios de Transferência de Calor**. Tradução All Tasks, 4ª ed. Rio de Janeiro: Pioneira Thompson Learning, 2003.

- [7] NUSSENZVEIG, Herch Moyses. **Curso de física básica: fluidos, oscilações e ondas de calor.** 3ªed. – São Paulo, Edgard Blucher, 1981, 315p.
- [8] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física – gravitação, ondas e termodinâmica.** Tradução José Paulo S. de Azevedo, 6.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002.
- [9]http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/Transferencia_de_Calor.pdf.
- [10] SERWAY, Raymond A.. **Física 2 para cientistas e engenheiros.** Tradução Horacio Macedo, 3ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1992.
- [11]<http://www.geocities.com/RainForest/Jungle/3434/problemas/estufa.htm>.
- [12] AYOADE, J.O. **Introdução a climatologia para os trópicos.** Tradução Maria J. Z. dos Santos, 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- [13] MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 206 p.
- [14] VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Versão digital, 2. ed. Recife, 2006, 449 p.
- [15]http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/16a-Iilhas_de_calor_em_centros_urbanos.pdf.
- [16] <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/ilha-de-calor-na-amazonia/>.
- [17] DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação.** 3a edição - Rio de Janeiro, 2006.
- [18] HORONJEFF, Robert. **Planning and Design of Airports.** 1 ed. New York. USAID, 1966.
- [19] KILPP, Raquel. **Desenvolvimento de modelos para previsão de temperatura em pavimentos flexíveis.** Ijuí. Monografia do Trabalho de Conclusão de Curso - UNIJUI. 2004.
- [20] MINHOTO, M. J. (2005). "**Consideração da Temperatura no Comportamento à reflexão de Fendas dos Reforços de Pavimentos Rodoviários Flexíveis**". Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Guimarães.
- [21] WHITEOAK, D., 1990, **SHELL Betumen handbook.** SHELL. Inglaterra.
- [22]. <http://www.geopalavras.pt/2012/11/a-temperatura-como-resultado-da.html>.
- [23], Google Earth, **Zona oeste de Manaus** (2017).
- [24] <https://heatiland.lbl.gov/coolscience/cool-pavements>.