



QUALIDADE AMBIENTAL URBANA: OS MATERIAIS DE REVESTIMENTO E A ARBORIZAÇÃO NA PRAÇA AFONSO PENA, TIJUCA, RIO DE JANEIRO

Maíra Ribeiro Campos – ma.ufrj@gmail.com

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Av. Pedro Calmon, 550/sl. 433 - Prédio da Reitoria, Ilha do Fundão

CEP 21941-590 – Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Tathiana do Nascimento Carvalho – tnc.mestrado.2016@gmail.com

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos – virginia.vasconcellos@gmail.com

Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Marcos Martinez Silvano – silvano@fau.ufrj.br

Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Resumo: *Os materiais de revestimento de piso e a arborização interagem com as variáveis ambientais locais criando microclimas distintos, capazes de alterar o uso e as atividades desenvolvidas nos espaços públicos, impactando diretamente na qualidade ambiental urbana. Este artigo tem como objetivo apresentar a contribuição da arborização e dos materiais de revestimento de piso para o microclima da Praça Afonso Pena, localizada no Bairro Tijuca, Zona Norte do Rio de Janeiro. A partir de uma avaliação piloto, foram realizadas medições das principais variáveis microclimáticas (radiação solar, vento, temperatura e umidade relativa do ar) e da temperatura de superfície de diferentes revestimentos de solo (asfalto, pedra portuguesa preta, cimentado vermelho, cimentado cinza, terra e grama) em doze pontos pré-estabelecidos, ao sol e à sombra, em um dia de outono. Os resultados demonstram variações de temperatura de superfície de até 19,5°C (nos pontos da pedra portuguesa) e temperatura do ar de até 4,7°C nos pontos aferidos no asfalto. Os dados coletados na pesquisa evidenciam a influência do revestimento de superfície aliado à radiação solar direta, apresentando, predominantemente, maiores índices de temperatura do ar e de superfície, além dos menores valores de umidade. O estudo ressalta a importância do sombreamento no planejamento de espaços abertos, assim como a escolha dos materiais de revestimento de piso. Pretende-se nas próximas etapas o aprofundamento da análise das variáveis climáticas e dos materiais de revestimento (outras estações), revisando a metodologia aplicada e concentrando as novas medições no asfalto e na grama.*

Palavras-chave: *Qualidade ambiental, Materiais de revestimento, Arborização, Microclimas, Praça Afonso Pena.*



URBAN ENVIRONMENTAL QUALITY: SURFACE COATINGS AND AFFORESTATION OF AFONSO PENA SQUARE, TIJUCA, RIO DE JANEIRO

Abstract: *The floor covering materials and afforestation interact with local environmental variables creating distinct microclimates, able to change the use and activities in public spaces, impacting on urban environmental quality. This article aims to present the contribution of the afforestation and floor covering materials for the microclimate of Afonso Pena Square, located in Tijuca, North Zone of Rio de Janeiro. From a first assessment, the main microclimate variables (solar radiation, wind, temperature and relative air humidity) and the surface temperature of different floor coverings (asphalt, black portuguese stone, red and gray cemented, soil and grass) were measured at twelve predetermined spots, in the sun and in the shade, on an autumn day. The results demonstrate surface temperature variations up to 19.5°C (spots on portuguese stone) and air temperature up to 4.7°C at measured spots on the asphalt. The data collected from the survey indicates the influence of surface coating associated with direct solar radiation, showing, predominantly, higher air temperature indices and surface, in addition to lower humidity values. The study indicates the importance of shading in the planning of open spaces, as well as the choice of floor covering materials. It is intended in the next steps to deepen the analysis of climatic variables and coating materials (on other seasons), reviewing the methodology and focusing new measurements on asphalt and grass.*

Keywords: *Environmental Quality, Coating Materials, Afforestation, Microclimates, Afonso Pena Square.*

1. INTRODUÇÃO

A configuração urbana e a dinâmica dos processos antrópicos relativos à urbanização têm refletido negativamente na qualidade ambiental dos espaços livres de edificação. O crescimento e o adensamento urbanos, a diminuição das áreas verdes e o aumento da impermeabilização do solo dificultam a drenagem e podem ter como principal consequência a alteração do clima urbano e a formação de microclimas distintos (VASCONCELLOS, 2006; BUSTOS ROMERO, 2000).

O surgimento das “ilhas de calor” e das “ilhas de frescor” são realidades que estão relacionadas aos processos descritos, acontecendo, de acordo com Lucena (2012), de forma polinucleada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, afirmando o papel da densidade urbana nos altos valores das temperaturas encontradas e destacando os parques e florestas existentes como espaços de mitigação climática. Além da massa vegetal, o autor também cita a importância da criação de políticas sustentáveis que integrem a escolha dos materiais de construção e revestimentos, de forma a assegurar o amortecimento das ilhas de calor.

A prática do desenho urbano, portanto, é fundamental e decisiva para o estabelecimento de intervenções que minimizem o seu impacto no meio ambiente, refletindo na qualidade ambiental urbana e contribuindo “(...) tangivelmente para a construção de espaços adequados às atividades do homem do ponto de vista de sua adequação térmica e salubridade ambiental” (BUSTOS ROMERO, 2000: 12).

Para a praça, espaço urbano, palco de trocas de relações sociais, econômicas e culturais, o projeto que leve em consideração um enfoque bioclimático, buscando o conforto ambiental, poderá estar relacionado a maior habitabilidade destes espaços. Em relação ao tempo de permanência e a intensidade do uso de espaços exteriores, Vasconcellos (2006) também destaca a importância do sombreamento por árvores e o aproveitamento do vento em cidades de clima tropical quente e úmido.

A motivação do estudo veio da necessidade de levantar os elementos que influenciam na formação de microclimas em espaços urbanos, tendo como foco a vegetação e os materiais de revestimento de solo, e como estes podem se tornar ferramentas de planejamento e de projeto,



buscando o conforto e a qualidade térmica urbana. Ele está inserido em três projetos de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da UFRJ: “A vegetação no conforto ambiental”, “Praças cariocas: ambiente, memória e cultura” e “Parâmetros de avaliação de desempenho de edifícios habitacionais: conforto ambiental, vida útil e sustentabilidade”.

O objetivo principal desta etapa da pesquisa é analisar a contribuição da vegetação e da temperatura de superfície de diferentes tipos de revestimento de piso no microclima e na qualidade ambiental da Praça Afonso Pena, localizada no Bairro da Tijuca, Cidade do Rio de Janeiro, a partir de uma avaliação piloto.

Como objetivos específicos, pretende-se levantar quantitativamente os tipos de revestimento de solo, vegetação, espaços livres e edificados na praça; estudar o entorno construído e os principais usos da praça e fazer medições das variáveis climáticas que atuam no conforto térmico: vento, radiação solar, temperatura do ar e umidade, além da temperatura de superfície, em pontos pré-estabelecidos.

2. A VEGETAÇÃO/ARBORIZAÇÃO E OS REVESTIMENTOS DO SOLO NO AMBIENTE TÉRMICO URBANO

A importância da vegetação na proteção solar e no controle da temperatura do ar dos espaços urbanos é estudada por diversos autores, em múltiplas abordagens sobre o tema: sua atuação no microclima, amenizando a poluição atmosférica, colaborando para o controle da temperatura, da radiação solar, da umidade relativa do ar, da ação dos ventos e das chuvas (AYRES, 2004); a capacidade dos elementos vegetais de interceptar entre 60 e 90% da radiação solar, causando “uma redução substancial da temperatura da superfície do solo” (LAMBERTS et al., 1997: 35) e a capacidade de sombreamento, reduzindo o calor sensível das superfícies dos objetos sombreados e contribuindo para a melhoria do conforto térmico (BUENO-BARTHOLOMEI, 2003).

Além das condições térmicas, a arborização urbana, definida como o conjunto da vegetação arbórea de uma cidade, tem como benefícios:

a estabilidade microclimática; a melhoria das condições do solo; (...) melhoria das condições de conforto térmico e lumínico; promoção da diversidade de espécies, qualidade ambiental e paisagística dos imóveis valorizando-os monetariamente; aproximação do homem com o meio natural contribuindo para o equilíbrio psico-social do homem. (SANCHOTENE et al., 2000, apud. VASCONCELLOS, 2006: 68).

Em relação à contribuição ambiental dos tipos de revestimento de solo, as propriedades térmicas dos materiais são elementos determinantes a serem analisados, pois influenciam no processo de transmissão de calor com o espaço no qual está inserido. Segundo Rivero (1986) “a temperatura do espaço urbano será consequência da temperatura do ar, além da que corresponde à radiação solar absorvida e aos restantes intercâmbios térmicos entre todas as superfícies pertencentes ao meio” (RIVERO, 1986: 158).

Para Givoni (1981), as propriedades dos materiais que afetam a transferência de calor dentro e fora de uma edificação e, conseqüentemente, as condições de conforto térmico são: a resistência, transmitância e condutividade térmica; as características de absorvância da superfície, refletividade e emissividade; coeficiente convectivo da superfície; a capacidade de calor e a radiação de diferentes comprimentos de onda. Já Bustos Romero (2000) cita ser fundamental conhecer o poder difusor (albedo) na análise da superfície do solo. Corbella e Yannas (2009) também demonstram as propriedades dos materiais frente à radiação das superfícies, indicando que o tipo de acabamento, cor da tinta e vidros também influenciam na transferência de calor.

Outra propriedade determinante no comportamento dos materiais é a emissividade, definida como “a medida da capacidade de emissão de energia de uma superfície em relação a um corpo negro” (MARINOSKI et al, 2010). Lamberts et al (1997) destacam que “é uma propriedade física dos materiais que diz qual a quantidade de energia térmica é emitida por unidade de tempo”, e são divididos em dois grupos: metálicos e não-metálicos, onde o último possui valores altos,



variando de 0,82 a 0,96 (INCROPERA E DEWITT, 2003). Ressalta-se que a emissividade é uma característica específica pertencente à camada superficial dos materiais, influenciando nos resultados de campo.

Em relação aos revestimentos “vivos”, Bustos Romero (2000) evidencia que um espaço gramado

pode absorver maior quantidade de radiação solar e, por sua vez, irradiar uma quantidade menor de calor que qualquer superfície construída, uma vez que grande parte da energia absorvida pelas folhas é utilizada para seu processo metabólico, enquanto em outros materiais toda a energia absorvida é transformada em calor (BUSTOS ROMERO, 2000: 32).

Mascaró (2012), a partir de medições feitas em clima do tipo subtropical úmido, comprovou uma diferença expressiva entre o comportamento das temperaturas superficiais dos pavimentos asfalto, concreto, blocos intertravados e gramado, onde o último revestimento demonstrou as menores temperaturas, tanto ao sol como na sombra, e o asfalto as maiores, evidenciando a contribuição do aquecimento dos pavimentos inertes urbanos na ambiência urbana, destacando a influência do sombreamento denso na diminuição das temperaturas aferidas.

Nince et al (2014) também contribuíram com indicadores de projeto para espaços urbanos, afirmando o sombreamento arbóreo e a grama como elementos que melhoram as sensações de conforto em locais de clima quente seco e úmido. O estudo dos autores também demonstra que no uso de materiais de revestimento inertes, em climas tropicais, o concreto deve ter preferência ao asfalto, por ter maior facilidade de trocas térmicas.

A escolha dos materiais de revestimento de solo e a arborização, portanto, podem influenciar na qualidade ambiental dos espaços externos, atuando no microclima e na sensação de conforto térmico dos usuários.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

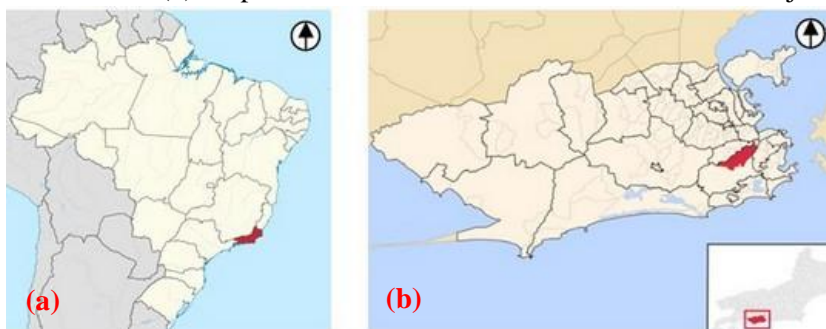
3.1. A Cidade do Rio De Janeiro e o Bairro Tijuca

A Cidade do Rio de Janeiro não possui uma extensa área territorial (aproximadamente 1.225,00 km² - IPP, 2014), mas é a segunda cidade mais populosa do país, com mais de seis milhões de habitantes, segundo dados do IBGE (2010). De caráter urbano (seu território não apresenta zona rural), é composta por 159 bairros (IBGE, 2003). É configurada por uma planície litorânea cercada de morros, com um extenso litoral.

De acordo com Lucena (2012), o clima da cidade é do tipo quente e úmido, configurado por médias mensais acima de 22°C e índice pluviométrico entre 1500 e 2000 mm anuais, com no máximo três meses secos. Devido a sua forma geográfica e localização nas proximidades do Trópico de Capricórnio, a Cidade está entre as capitais mais quentes do País, podendo apresentar diversos microclimas, que irão depender, além dos elementos citados, da proximidade com o oceano e a presença de massa vegetal.

Situada na Zona Norte do Rio de Janeiro, a Tijuca é um dos bairros mais tradicionais da cidade carioca. De acordo com a Secretaria Municipal de Urbanismo (2011), sua área de 1.006,56 ha é distribuída em 67,3% de áreas urbanizadas e antropizadas, 21,1% de Mata Atlântica e 11,6% com outros tipos de usos.

Figura 01 – (a) Mapa do Brasil, indicando o estado do Rio de Janeiro.
(b) Mapa da cidade do Rio de Janeiro e o bairro da Tijuca.



Fonte (a) e (b): <https://pt.wikipedia.org>

O nome do bairro, originado do termo indígena “ti’yug”, se refere a uma característica física marcante da Tijuca e de bairros do entorno: a acumulação superficial de “líquido podre, lama” (SANTOS et al, 2003). Historicamente, o bairro é conhecido pela demora do escoamento das águas pluviais e, conseqüentemente, pelas enchentes.

O seu tipo de ocupação contempla uma malha urbana mista, composta por um traçado ortogonal nos espaços formais e orgânicos nos espaços informais, geralmente acompanhando a topografia local. Apesar de ser um bairro de classe média alta, a Tijuca possui diversas comunidades, que abrigam cerca de vinte e oito mil pessoas (IBGE, 2010).

As principais ruas e calçadas do bairro, que recebem um maior fluxo de pedestres, são largas e, em sua maioria, arborizadas. Como é um bairro antigo na Cidade do Rio de Janeiro, ainda mantém diversas vilas e residências. No entanto, a verticalização é uma tendência crescente.

Uma característica marcante da topografia local é o posicionamento do bairro próximo ao Maciço da Tijuca (Figura 03), que possui 1021m de altitude, e se comporta como uma barreira física dos ventos que vem do mar (distante 7km em linha reta), além de se destacar na paisagem.

O bairro contempla ainda um trecho do Parque Nacional da Tijuca, que protege a maior floresta urbana do mundo replantada pelo homem, contendo as funções de “manutenção de mananciais hídricos; controle da erosão; amenização de enchentes; atenuação das variações térmicas; regulação climática local; redução das poluições atmosférica e sonora e manutenção da estética da paisagem natural local” (Parque Nacional da Tijuca, 2016).

Figura 02 – Imagem de satélite de trecho da cidade do RJ, com destaque do bairro Tijuca.



Fonte: Google Maps, 2016.

A Tijuca possui 15 praças e 6 largos (OLIVEIRA, 2001), que se configuram como os principais espaços livres de uso público de lazer. Para a escolha da praça de estudo, foram considerados os critérios de tamanho, uso e funcionalidade, a importância para o entorno, a facilidade de acesso e segurança, a variedade de materiais de revestimentos de piso e a diversidade de vegetação e arborização existentes. Para tanto, escolheu-se a Praça Afonso Pena.

3.2. A Praça Afonso Pena

A Praça Afonso Pena é a maior Praça da Tijuca, com área aproximada de 11.600,00m². Apresenta forma retangular com, aproximadamente, 108m x 108m, em dois níveis, com diferença de 1,20m (a área central é rebaixada). Está localizada entre as ruas Dr. Satamini, Afonso Pena, Martins Pena e Campos Sales, em uma malha urbana densa e predominantemente residencial.

Figura 03 – (a) Mapa do Bairro da Tijuca, com destaque para a localização da Praça Afonso Pena.
(b) Imagem de satélite da praça de estudo.



Fonte: Google Maps, 2016.

O gabarito do entorno é composto por edificações com alturas variadas, predominando edificações com 09 pavimentos. Somente uma construção mais alta se destaca na paisagem, um prédio residencial de 18 andares, localizado na esquina das ruas Martins Pena e Campos Sales, composta por três blocos.

Existem alguns marcos construídos de destaque no entorno da praça, como um hospital, clubes, uma faculdade, escolas, bares, restaurantes e o próprio Maracanã, distante 3km. Estes locais fazem com que a praça ganhe importância como ponto de conexão intermodal, atendido pela Estação do Metrô Afonso Pena (Linha 1), por pontos de ônibus e um ponto de táxi, todos situados na praça.

Além, portanto, da sua função de ponto de conexão e passagem, ela recebe diversos outros usos e apropriações, que se diferenciam por faixas etárias, períodos (manhã, tarde e noite), tipo de atividade (ginástica, feiras, esportes, descanso, contemplação, jogos etc.) e dos equipamentos e espaços constantes na praça. Os principais espaços e mobiliários utilizados na praça estão descritos abaixo.

Figura 04 – Praça Afonso Pena.



Legenda:

1. Quiosques (jogos)
2. Área para cachorros
3. Busto do Conselheiro Francisco de Paula Mayrink
4. Estátua em bronze em homenagem a Paula Freitas
5. Quadra esportiva
6. Estátua do Tim Maia
7. Academia da 3ª Idade
8. Playground cercado
9. Brinquedos
10. Equipamentos de ginástica
11. Acesso ao metrô
12. Sanitários públicos
13. Quiosque de plantas
14. Posto policial
15. Ponto de ônibus

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto à vegetação, constatou-se que 35% da área total da praça são arborizados, com a concentração de espaços sombreados pelas árvores em sua periferia (formando um “U” invertido - a leste, norte e oeste). A área central da praça, abaixo do nível da rua, juntamente a área próxima à rua Dr. Satamini, são os espaços mais expostos à radiação solar direta.

Figura 05 – (a) Área central da praça, com vista para a Rua Dr. Satamini.
(b) Vegetação próxima à Academia da Terceira Idade.



Fonte: Fotos dos autores, 2016.

De acordo com Freitas et al (2015), existem 98 indivíduos arbóreos no local. A praça apresenta, além de espécies nativas, algumas forrações, arbustos, gramado e palmeiras de diferentes idades e portes. A Prefeitura Municipal sancionou uma lei (nº 2.832/1999) que tombou quarenta e três exemplares de *Caesalpinia férrea* Mart. (Pau Ferro) e seis exemplares de *Caesalpinia echinata* Lam. (Pau Brasil), além de dois monumentos existentes na praça. As maiores árvores estão localizadas nos limites da praça, nas calçadas das ruas Martins Pena, Afonso Pena e Campos Sales.

Figura 06 – (a) Vegetação da praça vista do sexto pavimento de prédio situado na esquina das ruas Afonso Pena e Martins Pena.
(b) Arborização próxima aos quiosques (a Rua Martins Pena encontra-se à esquerda).



Fonte: Fotos dos autores, 2016.

Em relação aos tipos de revestimentos de solo existentes na praça, destacamos: o asfalto nas vias, o cimentado liso cinza nas áreas gerais de circulação, o cimentado liso vermelho na pista de caminhada, o cimentado liso azul na quadra esportiva, a pedra portuguesa na cor preta como detalhe de piso da calçada que circunda a praça, o granito nos acessos ao metrô, a grama nos canteiros e a terra no espaço central rebaixado.

Figura 07 – (a) Playground situado no nível inferior da praça em terra e cimentado cinza.
(b) Esquina das ruas Afonso Pena e Dr. Satamini, demonstrando os cimentados vermelhos da pista de caminhada, o cimentado cinza e os canteiros em grama.



Fonte: Foto dos autores, 2016.



Quanto à distribuição dos revestimentos na praça, verificamos a maior quantidade de pavimentação impermeável (63% - área de 7.200,00m²), seguida pela terra (28% - área de 3.300,00m²) e a grama (9% - área de 1.100,00m²).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada pela avaliação piloto compreende quatro etapas: definição das variáveis microclimáticas e dos instrumentos a serem utilizados, critérios de definição dos pisos e pontos de medição, o estabelecimento do percurso e a realização das medições, para posterior análise dos resultados. Os materiais e métodos são descritos a seguir.

4.1. Variáveis Microclimáticas e Instrumentos Utilizados

Tendo em vista as principais variáveis microclimáticas que definem o conforto térmico - a temperatura, a umidade relativa, os ventos e a radiação solar, foram definidos os seguintes equipamentos para a utilização em campo: IR Medidor de Temperatura de Superfície (°C - Marca: IR Vídeo Thermometer - CEM - DT-9862S, -50 to 2200°C), anemômetro digital (m/s - Marca: Minipa MDA-11 Data Hold) para a medição da velocidade do ar, sensor de radiação solar Light Scout (W/m² - Marca: Spectrum) e termohigrômetro (temperatura do ar e umidade relativa em °C e % - Marca: INSTRUTEMP), demonstrados abaixo.

Figura 08 – Instrumentos de medição utilizados - (a) IR Medidor de Temperatura de Superfície; (b) Anemômetro digital; (c) Sensor de Radiação solar; (d) Termohigrômetro.



Fonte: Fotos dos autores, 2016.

A equipe foi composta por 3 pesquisadores: o primeiro responsável pela medição de umidade do ar, radiação solar e temperatura do ar; o segundo pela direção e velocidade do vento e o terceiro pela temperatura de superfície e anotações em planilha.

Para a utilização dos equipamentos, utilizou-se um procedimento de identificação dos pontos de medição, estabilização e anotação dos valores encontrados em planilha. Todos os aparelhos foram estabilizados por três minutos e o termômetro de temperatura de superfície foi o único equipamento que precisou ser ajustado (receber informações) em todos os pontos que havia diferenciação de revestimento, pois o equipamento necessita da inserção do valor da emissividade de cada revestimento (calibrado entre os valores de 0,10 e 1,0). O manual do equipamento fornece valores de emissividade para alguns materiais, sendo encontrados também em outras bibliografias. Foram utilizados valores médios em cada revestimento, apresentados na tabela abaixo.

Tabela 01 – Valores de emissividade (ϵ) utilizados em campo

Revestimento	Asfalto	Pedra Portuguesa	Cimentado Liso Vermelho	Cimentado Liso Cinza	Terra	Grama
Emissividade (ϵ)	0,92	0,89	0,96	0,96	0,94	0,94

Fontes: Incropera e Dewitt (2003) e Manual do Equipamento (2016).

4.2 Critérios de definição dos pisos e pontos de medição

Dentre os pisos existentes na praça, foram selecionados os revestimentos mais utilizados: o asfalto, o cimentado liso cinza, o cimentado liso vermelho, a pedra portuguesa na cor

preta, a grama e a terra. Foram desconsiderados o granito e o cimentado liso azul, pois além de possuírem as menores áreas de piso da praça, estão concentrados respectivamente nas áreas de acesso ao MetrôRio e na quadra de esportes, ocupadas na maior parte do tempo, portanto não acessível aos pesquisadores.

Como forma de auxílio para a escolha dos pontos, foi realizada uma simulação no software *SketchUp 2016* do dia da medição, para que pudesse ser vista a trajetória solar e da projeção das sombras do entorno.

Figura 09 – Simulação da projeção das sombras na Praça Afonso Pena, no outono, em três horários: 9:00h, 12:00h e 16:00h.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

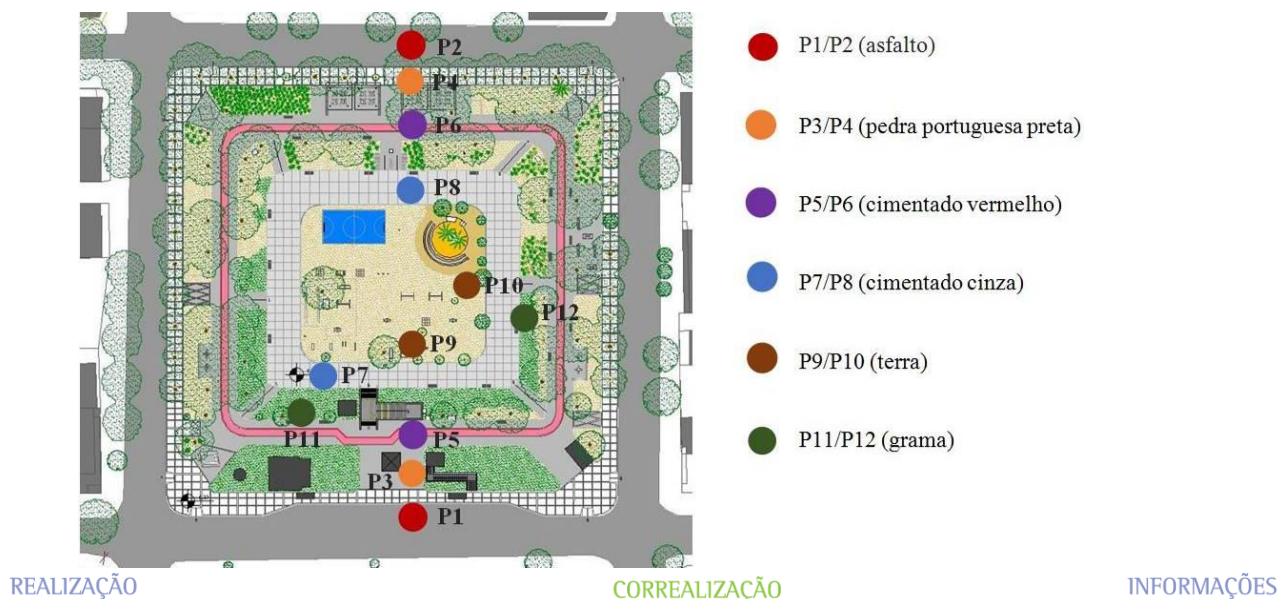
Após a constatação dos pontos mais suscetíveis à radiação solar direta e ao sombreamento, foram estabelecidos os doze pontos de medição, correspondentes aos seis revestimentos escolhidos, ao sol e à sombra.

Devido à limitação do número de equipamentos disponíveis, foi estabelecido que os pontos seriam levantados por um percurso pré-estabelecido, a fim de agilizar e facilitar tanto o deslocamento dos pesquisadores e equipamentos de medição, como também a coleta de dados em campo.







4.3 Percurso realizado

O percurso foi realizado em linha reta, exceto nos últimos pontos localizados na terra e na grama (devido a sua proximidade e localização em relação ao sol e a sombra), e contemplou doze pontos. A coleta dos dados (temperaturas do ar e de superfície, umidade, ventos e radiação solar) foi feita em cada tipo de revestimento, ao sol e a sombra, em seis turnos. A sequência com a ordem das medições e dos tipos de revestimentos está demonstrada na Figura 15 e na Tabela 2.

Figura 10 – Localização e ordem dos pontos de medição.



Fonte: desenvolvido pelos autores, 2016.
Tabela 02 – Resumo da localização e ordem dos pontos de medição.

Pisos - Exposição ao Sol e na sombra						
PONTOS	P1 e P2	P3 e P4	P5 e P6	P7 e P8	P9 e P10	P11 e P12
LEGENDA						
REVESTIMENTO	Asfalto	Pedra Portuguesa	Cimentado Liso	Cimentado Liso	Terra	Grama
USO	Vias do entorno	Calçada	Ciclovía	Passeio	Play	Canteiros
COR	Preto	Preto	Vermelho	Cinza	Ocre	Verde
IMAGEM						

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

O percurso foi iniciado no ponto P1 (sol) e P2 (sombra), P3 (sol) e P4 (sombra) e assim, sucessivamente, até o ponto P12. Ao final de cada percurso, iniciou-se outro, até completar os seis turnos. A sequência dos pontos de medição foi realizada no sol e na sombra com o intervalo de poucos minutos, de forma a garantir uma configuração climática similar nos pontos comparados.

4.4 Medições

As medições foram realizadas em um dia quente de outono (26/05/2016). Por ser feriado (*Corpus Christie*), a praça abrigava diversas atividades: uma feira orgânica, esportes em geral (caminhada, corrida, equipamentos de ginástica), recreação infantil, teatro da terceira idade, entre outros.

A nebulosidade variou significativamente durante as medições, oscilando entre períodos totalmente claros a nublados. O vento apresentou valores baixos (em média de 0 a 1,5 m/s), tendo somente um único pico nos horários aferidos, de 3,6 m/s, às 16:05h.

Os turnos das medições tiveram duração de 40 minutos a uma hora. A média de tempo entre os pontos (com o mesmo revestimento de piso para estabilização dos equipamentos) foi de 5 minutos. Vale ressaltar que os primeiros pontos levaram 10 minutos (mais distantes) e os últimos, entorno de 3 minutos (mais próximos). A cada fechamento de ciclo, outro se iniciava, com intervalos estipulados para uma breve pausa e para a transferência dos dados medidos.

As etapas foram realizadas nos seguintes horários: 1º Turno (9:50h às 11:10h), 2º Turno (11:15h às 12:02h), 3º Turno (12:20h às 13:02h), 4º Turno (14:00h às 14:47h), 5º Turno (15:00h às 15:49h) e 6º Turno (16:00h às 16:49h).

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a avaliação dos resultados foram estabelecidos alguns parâmetros de análise, tendo em vista os elementos que interferem na qualidade ambiental urbana: uma visão geral dos dados, as temperaturas de superfície e do ar de todos os revestimentos escolhidos e, por fim, a investigação comparativa entre o asfalto e a grama.

A ventilação foi desconsiderada na análise comparativa dos dados, pois os valores aferidos em campo ao longo do dia apresentaram valores baixos (variação de 0 a 1,8m/s), tendo somente um valor mais significativo no último turno (3,6m/s).

5.1 Dados gerais

Após a realização da medição em campo, os dados coletados foram manipulados por planilhas Excel, tendo como finalidade identificar os resultados mais relevantes que demonstrem o comportamento dos revestimentos de piso na sombra e ao sol. A tabela 3 indica os valores mínimos e máximos para cada variável, amplitude e a média dos turnos.



TABELA 3												
VALORES DE TS, UR, TA E RS - 3 REVESTIMENTOS DE PISO												
VARIÁVEIS	ASFALTO				PEDRA PORTUGUESA				CIMENTADO VERMELHO			
	TS (°C)	UR (%)	TA (°C)	RS (W/m²)	TS (°C)	UR (%)	TA (°C)	RS (W/m²)	TS (°C)	UR (%)	TA (°C)	RS (W/m²)
MÍNIMA	16,50	50,00	24,10	8,00	16,20	49,50	24,30	6,00	18,40	51,40	24,00	13,00
MÁXIMA	36,10	68,60	28,70	820,00	38,40	68,40	29,40	900,00	31,60	69,80	28,50	820,00
AMPLITUDE	19,60	18,60	4,60	812,00	22,20	18,90	5,10	894,00	13,20	18,40	4,50	807,00
MÉDIA	25,31	59,76	26,18	252,83	24,86	60,76	25,92	220,50	23,56	60,93	26,06	216,41
VALORES DE TS, UR, TA E RS - 3 REVESTIMENTOS DE PISO												
VARIÁVEIS	CIMENTADO CINZA				TERRA				GRAMA			
	TS (°C)	UR (%)	TA (°C)	RS (W/m²)	TS (°C)	UR (%)	TA (°C)	RS (W/m²)	TS (°C)	UR (%)	TA (°C)	RS (W/m²)
MÍNIMA	16,40	49,50	24,00	30,00	18,10	51,20	24,00	10,00	17,80	41,00	24,10	35,00
MÁXIMA	35,90	69,60	29,10	750,00	28,50	70,00	30,20	790,00	27,90	69,50	34,00	770,00
AMPLITUDE	19,50	20,10	5,10	720,00	10,40	18,80	6,20	780,00	10,10	28,50	9,90	735,00
MÉDIA	25,65	60,51	26,38	232	21,68	60,48	26,2	200,00	21,63	57,41	27,37	253

Legenda: TS – Temperatura de superfície (°C) / UR – Umidade relativa do ar (%) / TA – Temperatura do ar (°C) / RS – Radiação Solar (W/m²) / menor valor / maior valor.

Ao observarmos o quadro resumo, destacam-se alguns dados: os maiores e os menores valores de TS (Temperatura de Superfície) e RS (Radiação Solar) coincidiram na pedra portuguesa; a Temperatura do Ar (TA) mínima de todos os revestimentos foi muito próxima (entre 24,00 e 24,30°C) e a mais alta foi registrada na grama (34,00°C); a umidade relativa do ar apresentou o maior valor na terra (70,00%) e o menor valor na grama (41,00%).

Em uma análise preliminar podemos verificar que a TA teve significativas alterações durante o dia (aproximadamente 10°C) nos pontos medidos, assim como a TS dos diferentes materiais levantados, demonstrados na etapa a seguir.

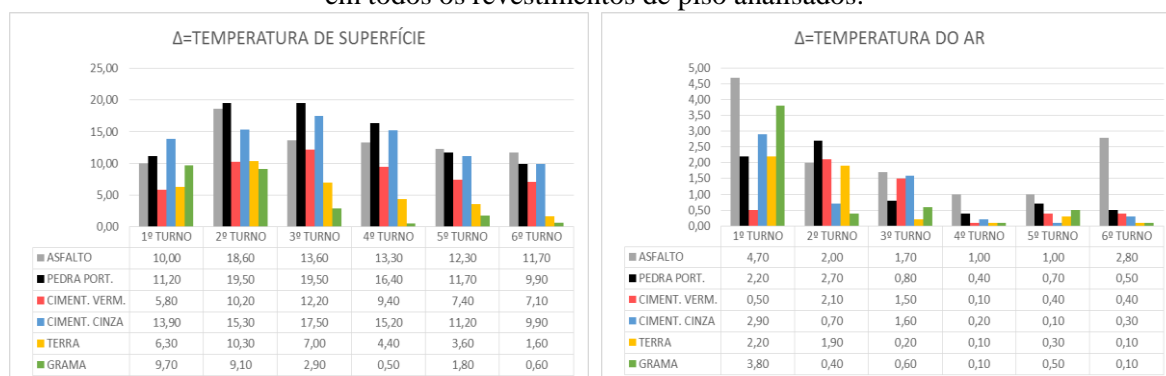
5.2 Temperatura de Superfície (TS) e Temperatura do Ar (TA)

Nesta etapa da análise os dados coletados foram comparados através das diferenças (Δ) de TS e TA, ao sol e a sombra, de cada revestimento de piso.

Ao analisarmos os gráficos de TS (Figura 11), constata-se que o cimentado cinza possui o maior valor de Δ no 1º turno e a pedra portuguesa apresenta a maior diferença por mais tempo (3 turnos - 2º, 3º e 4º), com valores mais altos ($\Delta=19,5^\circ\text{C}$) no 2º e 3º turnos (o ponto localiza-se na sombra acumulada de edificações existentes e das copas das árvores). O asfalto destaca-se somente nos dois últimos turnos da medição (5º e 6º - valores de Δ entre 11,70 °C e 12,30 °C) e a grama foi a que apresentou a menor variação (4º turno – 0,50°C).

Os dados da TA demonstraram que o asfalto permaneceu com os maiores valores de Δ por mais tempo (exceto no 2º turno), apresentando a maior diferença de toda a medição – 4,7°C (embora apresente valores baixos nos últimos turnos) e os pontos localizados tanto na terra quanto na grama revelaram as menores diferenças de temperatura, sendo as Δ iguais a 0,10°C.

Figura 11 – Gráficos das diferenças (Δ) de Temperatura de Superfície (TS) e do Ar (TA) em todos os revestimentos de piso analisados.



REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES

Ao comparar o comportamento dos materiais inertes em relação aos revestimentos de terra e grama, verificou-se que os gráficos de TS e TA dos elementos naturais possuem uma configuração similar, atingindo, na maioria dos pontos, maiores valores pela manhã, decaindo durante o dia (figura 12). O mesmo fato não ocorre com os materiais inertes (figura 13), onde o gráfico da TA apresenta pluralidade de valores.

A figura abaixo também demonstra que a grama, quando comparada a terra, possui os menores valores de TS durante o dia, exceto no 1º turno de medição, o que não ocorre em relação a TA (grama e terra variam ao longo do período, coincidindo valores no 4º e 6º turno).

Figura 12 – Gráficos dos comportamentos das TS e TA na grama e na terra.

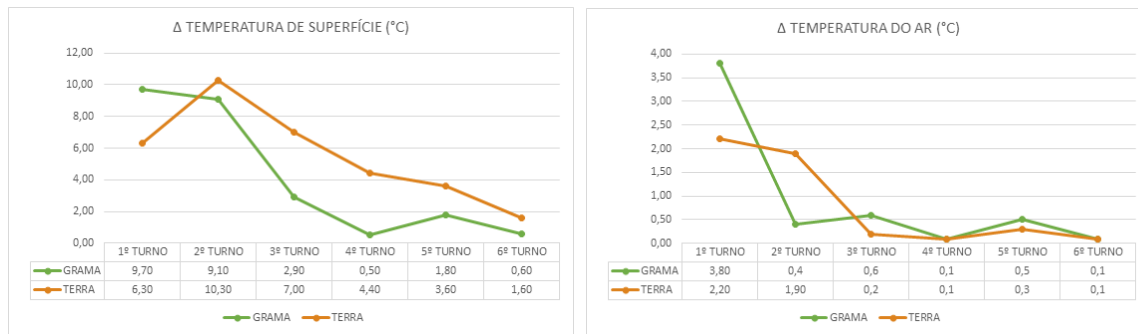
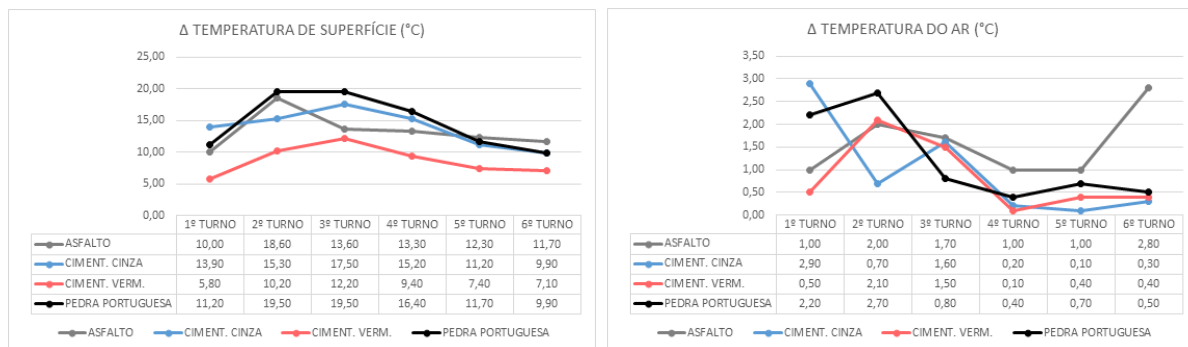


Figura 13 – Gráficos dos comportamentos das TS e TA no asfalto, cimentado cinza e vermelho e pedra portuguesa.



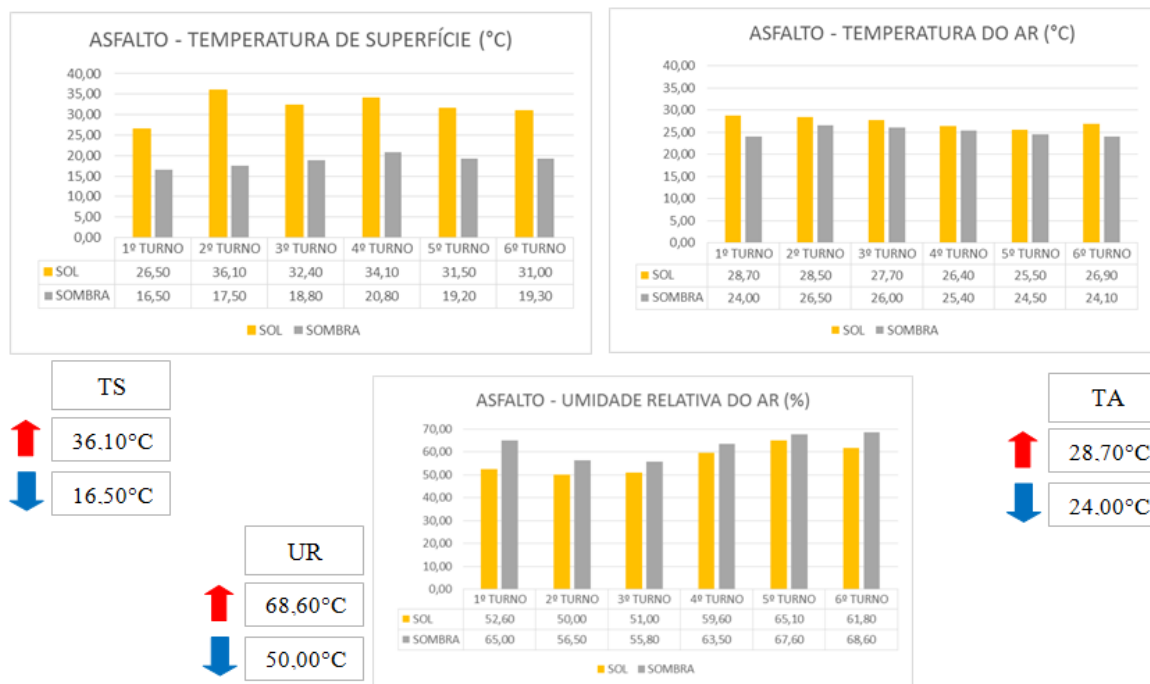
Em relação aos materiais inertes, os menores índices de TS foram observados no cimentado vermelho. Como já foi exposto, devido a grande variação dos dados coletados entre os turnos de TA, não há como fazer uma relação direta entre os dois parâmetros de temperatura.

5.3. Comparação entre o asfalto e a grama

Após a etapa de análise dos dados gerais e das diferenças de TS e TA de todos os revestimentos de piso, foram destacados os que apresentaram os comportamentos mais relevantes em seus respectivos grupos (materiais inertes e elementos naturais): o asfalto e a grama. Mesmo a pedra portuguesa apresentando valores significativos na primeira parte do estudo, nesta fase foi desconsiderada por ser um detalhe na calçada, não apresentando área significativa para esta avaliação.

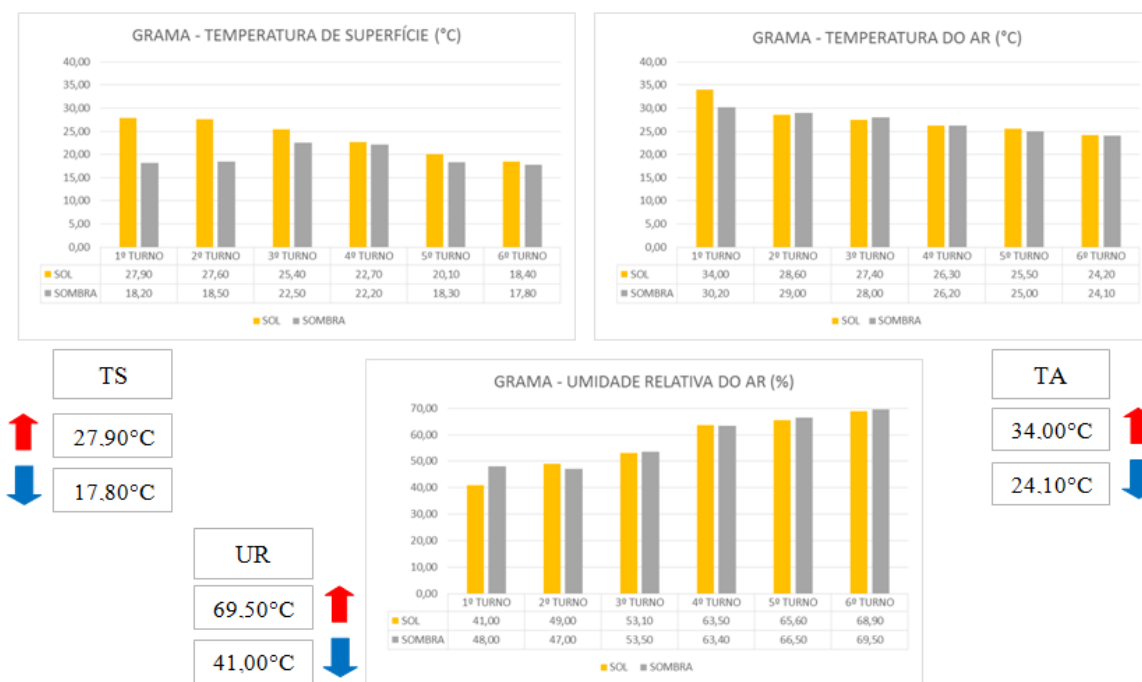
Observados os valores das TS e TA do asfalto (figura 14), constatou-se que a TS mostrou ser sempre maior ao sol, sendo a maior diferença entre sol e sombra registrada no 2º turno (18,6°C) e a menor no 1º turno (10,00°C). A TA também teve valores maiores ao sol que a sombra, onde a amplitude foi menor, com valores entre 1,0°C (4º e 5º turnos) e 4,70°C (1º turno). A UR permaneceu com valores mais altos na sombra em todos os turnos da medição, com diferenças entre sol e sombra de 2,5% (5º turno) a 12,40 % (1º turno).

Figura 14 – Gráficos de Temperatura de Superfície (TS), do Ar (TA) e umidade relativa (UR) no asfalto.



Nos pontos localizados na grama (Figura 15) constatou-se que a TS também apresentou maiores valores ao sol, assim como o asfalto, sendo a maior diferença registrada no 1º turno (9,7°C) e a menor no 4º turno (0,5°C). A TA da grama, diferentemente do asfalto, apresentou em 2 turnos (2º e 3º) valores mais altos na sombra (embora as diferenças sejam baixas em valores) e a UR também apresentou comportamento diferente do asfalto, onde a umidade do ar apresentou valores mais baixos ao sol e não na sombra (2º, 4º e 5º turnos – 49,00%, 63,40% e 65,50% respectivamente).

Figura 15 – Gráficos de TS, TA e UR na grama.





Constatou-se, portanto, que o comportamento da grama e do asfalto é similar em relação à TS ao sol, ficando evidenciado, novamente, a importância da vegetação e da sombra das árvores na redução dos valores encontrados, com diferenças que atingiram 18,6°C (asfalto) e 9,1°C (grama). Com relação à TA, observou-se que os valores em dois turnos na grama foram maiores na sombra, diferentemente do asfalto, que manteve as temperaturas do ar mais altas ao sol. Sobre a umidade verificou-se que os maiores valores encontrados foram medidos a sombra, exceto em dois turnos, onde a grama, diferentemente do asfalto, apresentou maiores valores ao sol.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados obtidos por meio da metodologia aplicada apontou a contribuição da arborização e da temperatura de superfície de diferentes tipos de revestimento de piso no microclima da Praça Afonso Pena, localizada no Bairro Tijuca, Cidade do Rio de Janeiro.

Por meio de medições realizadas a partir de uma avaliação piloto (onde foram levantadas as principais variáveis microclimáticas e a temperatura de superfície de diferentes revestimentos de solo), divididas em três etapas de análise (dados gerais; Temperatura de Superfície –TS e do Ar –TA); comparação entre asfalto e grama), o estudo apresentou resultados relevantes sobre a colaboração e a importância da vegetação arbórea existente no local de estudo, auxiliando na proteção solar e na amenização da temperatura do ar, influenciando a qualidade ambiental do espaço urbano. Os pisos analisados apresentaram menores valores de temperatura de superfície quando localizados em áreas sombreadas, chegando a diferenças de até 19,50 °C.

Na segunda etapa verificou-se que os maiores valores de Δ (diferença entre a sombra e o sol) da temperatura de superfície foram registrados nos materiais que tinham seus pontos em áreas de sombreamento de edificações associadas ao adensamento das copas das árvores (asfalto e pedra portuguesa). Mesmo sendo um detalhe no piso da calçada, a pedra portuguesa obteve os maiores valores de Δ e por mais tempo (metade do período da medição), dado significativo que poderá ser aprofundado em outros estudos sobre espaços urbanos que apresentem maiores áreas deste revestimento de piso.

Na terceira etapa foram comparados os desempenhos do asfalto e da grama (seus comportamentos destacaram-se entre os materiais inertes e os elementos naturais), onde observou-se que a temperatura de superfície (TS) de ambas foi menor na sombra, indicando novamente a relevância da atuação da vegetação na amenização do microclima. Já os dados relativos a temperatura (TA) e umidade relativa do ar (UR) apontaram diferenças significativas: o asfalto apresentou valores maiores de TA e UR no ponto exposto ao sol quando comparados a sombra, diferentemente da grama que obteve valores de TA maiores a sombra no 2º e 3º turnos. O mesmo ocorreu com a UR que apresentou valores maiores (mesmo que diferenças pequenas) a sombra e não ao sol no 2º, 4º e 5º turnos.

Pretende-se para as próximas etapas da pesquisa o aprofundamento da análise dos impactos das variáveis climáticas e dos materiais de revestimento nos microclimas gerados na praça estudada e sua relação com a qualidade ambiental urbana, examinando ainda como se comportam em outras estações do ano (inverno, primavera e verão), revisando a metodologia utilizada na avaliação piloto e concentrando as novas medições nos revestimentos que apresentaram os desempenhos mais significativos nesta primeira fase: o asfalto e a grama.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPQ, CAPES, e FAPERJ pelo apoio à pesquisa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, M. C. R. **Influência do sombreamento natural de duas espécies arbóreas na temperatura de edificações**. 2004. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP.



BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BUSTOS ROMERO, M. A. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: ProEditores, 2000.

CEM - DT-9862S. **IR Vídeo Thermometer User Manual**. 19f.

CORBELLA, O; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Renavan, 2009.

FREITAS, W. K. et al. Análise da Arborização de Quatro Praças no Bairro da Tijuca, RJ, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 23-31, 2015.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. Londres: London Applied Science Publishers, 1976.

INCROPERA, F. P; DEWITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. Livros Técnicos e Científicos (LTC) Editora SA, 2003.

LAMBERTS, R.; PEREIRA, F.; DUTRA, L. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LUCENA, A. J. **A ilha de calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. A ilha de calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MASCARÓ, J. J. **A infraestrutura verde como estratégia de sustentabilidade urbana**. In: ENTAC Juiz de Fora. 2012 XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012, Juiz de Fora, MG. Juiz de Fora, MG: Universidade de Juiz de Fora, 2012. v. 1. p. 062-069.

MARINOSKI, D. L. et al. **Utilização de imagens em infravermelho para análise térmica de componentes construtivos**. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010.

NINCE, P. C. et al. Conforto térmico dos usuários em vegetação e revestimentos urbanos no Campus da UFMT em Cuiabá-MT. **Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, p. 3529-3541, 2014.

RIVERO, R. **Acondicionamento Térmico Natural**. Arquitetura e Clima. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1986.

SANTOS, A. M. et al. **Quando memória e história se entrelaçam: a trama dos espaços na Grande Tijuca**. Rio de Janeiro: IBASE, 2003.

VASCONCELLOS, V. M. N. **O entorno construído e o microclima de praças em cidades de clima tropical quente e úmido: uma contribuição metodológica para o projeto bioclimático**. 2006. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.