AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR EM GOIÁS/GO

Pedro Henrique Gonçalves,
Universidade Federal de Goiás
goncalves-pedro@hotmail.com

Carina Folena Cardoso,
Universidade Federal de Goiás
carinafolena@gmail.com

RESUMO

Os estudos climáticos assumem uma importância estratégica no diagnóstico e na proposição de diretrizes para se alcançar um planejamento de cidades mais confortáveis e eficientes. No rol dos fenômenos climáticos frequentemente estudados nas cidades está a ilha de calor. A hipótese lançada neste trabalho é a possibilidade de ocorrência do fenômeno da ilha de calor em uma cidade de pequeno porte, devido à insuficiência de vegetação, à caracterização dos materiais que compõem seu ambiente construído, à sua geometria urbana e aos usos do solo. A cidade contemplada no estudo é Goiás - GO, com um enfoque específico em seu centro histórico. O método utilizado na pesquisa consiste dos seguintes tópicos de análise: superfícies que compõem a área urbanizada do centro histórico da cidade, geometria urbana e usos do solo. Os resultados mostraram qualitativamente que as características do centro histórico de Goiás possivelmente contribuem para a formação da ilha de calor.

Palavras-Chave: ilhas de calor; inversões térmicas; conforto térmico.

ABSTRACT

Climate studies are strategically important in diagnosing and proposing planning guidelines for achieving more comfortable and efficient cities. In the list of climatic phenomena frequently studied in cities is the heat island. The hypothesis presented in this work is related with the possibility of occurrence of heat island phenomenon in a small city due to its insufficient vegetation, the characterization of the materials that compose its built environment, its urban geometry and land uses. The city contemplated in this study is Goiás-GO, with a specific focus in its historical center. The method used in this research consists of the following analysis topics: surfaces that integrate the urbanized area of the city's historical center, urban geometry and land uses. The results qualitatively showed that the characteristics of the historical center of Goiás possibly contribute to the formation of heat island.

Key-words: heat islands; thermal inversions; thermal comfort.

1 INTRODUÇÃO

A climatologia urbana é um campo de conhecimento interdisciplinar consideravelmente importante para o planejamento urbano e para a preservação da qualidade físico-ambiental das cidades (ASSIS, 2008). Dentro de uma visão de projetos urbanos climaticamente responsáveis estão critérios como: a melhoria do conforto dos habitantes tanto no ambiente exterior quanto interior, a redução de demanda de energia nos edifícios, aumento da qualidade no escoamento das águas pluviais, entre outros (WMO, 1996, p.15). Nesse contexto os estudos climáticos assumem uma importância estratégica no diagnóstico e na proposição de diretrizes para se alcançar um planejamento de cidades mais confortáveis, eficientes e equilibradas. Dentro dos fenômenos pertinentes para investigação está o da ilha de calor.

O efeito da formação da ilha de calor é uma das mais importantes expressões do impacto das atividades humanas no clima local. (Hinkel, Nelson, Klene, & Bell, 2003). O que se identifica como uma ilha de calor urbana é a configuração de uma cúpula de ar quente que cobre a cidade, ou uma porção do seu tecido urbano, caracterizada pela manifestação do aumento das temperaturas ocasionado pelas especificidades do local em questão.

Dentre desses aspectos conformadores da ilha de calor estão: a densidade das construções, a concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e refletância e as atividades urbanas (AMORIM *et al.*, 2009). As principais características do clima urbano onde existe ilha de calor, em geral seguem os seguintes aspectos: altas temperaturas do ar, principalmente nos períodos noturnos e no início das manhãs antes do nascer do sol, baixas taxas de umidade do ar, baixa velocidade dos ventos e alto nível de radiação (Ziberna, 2006)

Para Gartland (2010) o fenômeno da ilha de calor trata-se de um “oásis inverso” observado em áreas urbanas e suburbanas em que o ar e a temperatura das superfícies são mais quentes em relação às áreas rurais não urbanizadas circundantes. São formadas pela ação de absorção e retenção de energia solar pelas superfícies construídas, que são, em sua maioria, de materiais escuros, impermeáveis e estanques onde não existe umidade disponível para dissipar o calor do sol e tendem a refleti-lo.

As ilhas de calor são fenômenos relativamente complexos também pela complicada natureza das áreas urbanas e padrões de condições meteorológicas. Para Oke *et al.* (1991, apud ELIASSON, 2000), as duas principais causas para a formação da ilha de calor são as diferenças de materiais (térmica) e estrutura (geometria da paisagem urbana). Elas apresentam características típicas, mas variam quanto à intensidade e momento de ocorrência de acordo com a localidade, terreno, construções e clima da área.

Uma visão pré-concebida e que deve ser desconstruída é a de que o fenômeno da ilha de calor ocorre somente em cidades de grande porte, cujas dinâmicas urbanas se tornam mais complexas mediante a aglomeração urbana. Trabalhos como os de Fialho (2009), França & Gomes (2014) e Teixeira *et al.* (2015) atestam a ocorrência desse fenômeno em cidades pequenas. No rol dos municípios urbanos de pequeno porte encontram-se diferentes caracterizações, morfologias e padrões de ocupação do solo, que consequentemente afetam a configuração da ilha de calor.

Embora a ilha de calor seja um fenômeno muito estudado nas alterações climáticas no ambiente urbano, tais estudos foram concentrados principalmente em grandes cidades. Consequentemente, criando uma lacuna no conhecimento da intensidade do fenômeno nas cidades de pequeno porte (Santamouris 2007; Burgin *et al.*, 2013). Sendo necessário entender e melhorar nosso conhecimento do fenômeno das ilhas de calor nas pequenas cidades, para assim melhorar nosso planejamento urbano, voltado para a eficiência energética e aprimorar os padrões de qualidade de vida.

Neste trabalho lança-se como hipótese a possibilidade de ocorrência do fenômeno da ilha de calor em uma cidade de pequeno porte adensada, porém não verticalizada, atribuída à insuficiência de vegetação, à caracterização dos materiais que compõem o ambiente construído, a geometria urbana e aos usos do solo. A cidade escolhida para estudo é Goiás - GO, que localizada a 130 quilômetros de Goiânia foi a primeira capital do estado de mesmo nome e teve sua ocupação desenvolvida no ciclo do ouro no Centro-Oeste, entre os séculos XVIII e XIX.

Goiás-GO é um estudo de caso pertinente na aferição da ilha de calor em municípios de pequeno porte, não só por sua história, mas também por suas condicionantes bioclimáticas. Seu conjunto urbano manteve o traçado orgânico típico das cidades de mineração do século XVIII e suas edificações tem como principais

características, além da harmonia de gabaritos e estética colonial, o uso recorrente de materiais locais e técnicas vernaculares, fato que a levou a ser reconhecida como Patrimônio Cultural Mundial pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, em 2001 (UNESCO, 2001b). Se a cidade de Goiás apresenta uma similaridade com as demais vilas coloniais brasileiras por seu histórico de ocupação e suas arquiteturas, a sua localização geográfica a 15°56'04"S de latitude e 50°58'25"O de longitude, a 1300 quilômetros do litoral e a 512 metros de altitude, lhe imprimem uma condicionante bioclimática bastante adversa.

Goiás se situa em uma das regiões de transição geológica mais acidentadas do Brasil Central (UNESCO, 2001a). Seu centro histórico se desenvolveu nas margens do Rio Vermelho e seu perímetro urbano é limitado a uma região de vale contemplada na interseção entre a Serra Dourada e a Serra do Faina (Figura 1). O seu clima pode ser caracterizado como tropical úmido, típico do Cerrado, apresentando duas estações bem definidas: uma quente e chuvosa e outra fria e seca. As temperaturas médias em Goiás variam entre 15°C (mínima) a 35°C (máxima). Com as temperaturas diárias frequentemente chegando à marca dos 30°C, a cidade acaba por ser reconhecida por seu clima quente e calor excessivo (PORTAL DA CIDADE DE GOIÁS, 2016).

Figura 1 – Corte esquemático apresentando a margem de ocupação da Cidade de Goiás no vale entre serras.

Ao passo que a paisagem cultural de Goiás-GO é reconhecida como o seu maior atrativo turístico e econômico, seu centro histórico se constitui em um registro de todas as benesses e reveses que a preservação poderia lhe conceder. À parte do tecido urbano colonial, que por si só já é caracterizado pela ausência de vegetação nas vielas estreitas da vila, uma das diretrizes de visualização da paisagem construída da cidade acabou repercutindo na retirada de parte de seu extrato arbóreo. Como consequência, há uma sensação empírica de aumento de calor em uma porção dessa região da cidade. De posse dessas considerações, o objetivo deste trabalho é investigar a possível formação da ilha de calor na cidade de Goiás, verificando sua relação com a insuficiente vegetação, com os materiais predominantemente usados em seu ambiente construído, com sua geometria urbana e com o uso e ocupação do solo praticado em seu centro histórico.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia desta pesquisa consiste na análise das superfícies que compõem a área urbanizada do centro histórico da cidade que, hipoteticamente, contribuem para a formação da ilha de calor. Segundo Gartland (2010), as características urbanas importantes para a formação das ilhas de calor são a falta de vegetação, a utilização difundida de superfícies impermeáveis, a maior difusividade térmica dos materiais urbanos, a baixa refletância solar dos materiais urbanos, geometrias urbanas que aprisionam o calor, geometrias urbanas que diminuem as velocidades dos ventos, o aumento dos níveis de poluição e o aumento da utilização de energia.

Com a riqueza de situações geomorfológicas apresentadas pelo centro histórico de Goiás, mostrou-se de interesse para a pesquisa proceder com o método de análise a partir de três recortes espaciais: um mais amplo (área 1 de análise - congregando todo o perímetro do centro histórico, portanto incluindo os recursos hídricos e as parcelas de matas), e dois recortes mais restritos demarcados de amarelo e vermelho na Figura 1 (área amarela de análise - contemplando o lado sul da região central da cidade e área vermelha da análise - contemplando o lado norte).

A opção pelo duplo-recorte se deu por duas razões. Em primeiro lugar, a observação incorporada no centro histórico de Goiás-GO fornece a percepção de duas condicionantes de conforto diferentes: ao sul do Rio Vermelho (área 2 de análise) tem-se uma sensação de calor acentuada em relação à porção ao norte do

rio, que se aproxima da mata. Na área de análise 2, à parte das duas praças por ela contempladas, há uma condição de aridez vegetal mais acentuada. A possibilidade de desenvolvimento de uma análise comparativa entre os resultados de ambos os recortes é o que fornece subsídios para a confirmação ou negação da hipótese lançada.

Figura 2 - Centro histórico tombado.

O setor Central (Figura 2), que compreende uma área de 614684 m², foi selecionado como local de estudo pois oferece um cenário urbanizado, tombado e com a impossibilidade de intervenção nas características atuais, apresentando também a presença hidrográfica e área não edificante de mata ciliar. A análise do bairro foi feita através do sensoriamento remoto da área estudada a partir do *software* geotécnico *Multispec*, versão 3.4, desenvolvido pela *Purdue Research Foundation*, um sistema de processamento interativo de análise de dados de imagens multiespectral e hiperespectral.

Através da imagem satélite são colhidas amostras onde é possível identificar visualmente um tipo de superfície em cada pixel. O georreferenciamento é feito através das coordenadas coloridas das bandas, ao realizar a classificação da imagem e cálculo das respectivas classes. Os dados foram analisados quanto os atributos de cobertura vegetal (copas de árvores; gramíneas; solo exposto) em relação às áreas impermeáveis (asfalto e demais áreas pavimentadas; telhas cerâmicas) para que fosse possível descrever a área de estudo e identificar os tipos de superfícies, analisar a porcentagem de área de absorvência e emissividade, e sua influência na formação do microclima urbano. A criação de superfícies-tipo auxilia na identificação dos principais materiais de superfícies existentes no local de estudo, além de permitirem agregar superfícies semelhantes que consequentemente podem apresentar albedos semelhantes.

Através dos dados obtidos com o *software* é possível caracterizar a fração de área de superfícies artificiais e de vegetação urbana, tratando-se de um método para identificar a distribuição e composição dos diversos tipos de cobertura do solo. Para esta pesquisa foram selecionadas as seguintes categorias de cobertura do solo; Cobertura arbórea, cobertura gramíneas, cobertura cerâmica; cobertura de asfalto e rio.

Contudo, conforme apreendido na breve revisão bibliográfica apresentada na introdução deste trabalho, o fenômeno da ilha de calor pode ser motivado por diferentes fatores, dentre os quais a geometria urbana e os usos do solo com suas respectivas dinâmicas citadinas. Nesse sentido, já foi apresentado um panorama da localização do centro histórico da cidade de Goiânia junto ao vale do Rio Vermelho e as condicionantes do relevo que o circunda. Contudo, faz-se necessário transitar da geomorfologia natural para a morfologia urbana, de modo a entender se a geometria dessa porção da cidade é facilitadora do aprisionamento de calor ou propiciadora de uma boa ventilação entre edifícios e nos sistemas de espaços livres. Para tanto, prossegue-se com uma análise gráfica de cheios e vazios de modo a verificar como se dão os padrões de ocupação do solo e as relações entre as áreas edificadas e os espaços livres, com o objetivo de caracterizar a sua geometria urbana. Mais além, promove-se uma maior aproximação com a escala do cotidiano citadino, através da aferição dos tipos de uso do solo e das dinâmicas urbanas que implicam em

termos de geração de calor e fluxos, como forma de complementar os resultados obtidos a partir da simulação pelo software.

3 RESULTADOS

Com relação à modelagem que permitiu a aferição dos índices de permeabilidade e a caracterização dos materiais que compõem o ambiente construído do centro histórico da cidade de Goiás, o resultado da estatística Kappa foi de 93,4% com uma variância de 0.000002. Esta medida de concordância tem como valor máximo o 1, onde este valor 1 representa total concordância e os valores próximos e até abaixo de 0, indicam nenhuma concordância. Sendo assim o resultado obtido pelo processamento da imagem no software *Multispec* demonstra um alto índice de aceitação dos resultados extraídos da análise espectral. A Figura 3 ilustra a imagem do centro histórico de Goiás após seu processamento, categorizando e quantificando as áreas pré-estabelecidas na metodologia.

Figura 3 – Centro histórico de Goiás após processamento no software *Multispec*

A Tabela 1, separa os dados totais de toda a área analisada, ilustrando as áreas encontradas, suas porcentagens do total e o número de amostras encontradas. Dos dados obtidos nota-se que todas as classes obtiveram um alto índice de precisão de análise, reforçando o resultado da estatística Kappa.

Classe	Área (m ²)	%	Precisão de análise	Amostras					
				Total	Cob. Arb.	Cob. Edif.	Cob. Gram.	Cob. Pav.	Rio
Cob. Arbórea	127265	21	89.8	10853	9747	27	171	3	905
Cob. Edificada	208365	34	92.4	17858	59	16498	234	1034	0
Cob. Pavimentação	201233	33	97.7	2500	0	11	0	2442	0
Cob. Gramíneas	44269	7	97.2	3748	0	48	3643	57	0
Rio	33552	5	99.5	1092	5	0	0	0	1087
Total	614684	100		36051	9811	16584	4048	3536	1992

Tabela 1 – Resumo dos resultados da área total gerados software *Multispec*

A partir dos resultados da simulação no software, a área permeável total do centro histórico é de aproximadamente 33%, quantificando a cobertura arbórea, cobertura gramíneas e o próprio rio. Observando na imagem de satélite, nota-se que estas áreas permeáveis são pontuais, também sendo resultado do crescimento e ocupação morfológica da cidade histórica, resultando em áreas ainda não ocupadas, áreas próximas ao rio e praças. De acordo com Gartland (2010) o baixo índice de vegetação e de superfícies permeáveis são uma das causas da formação de ilhas de calor. Os espaços verdes urbanos, os parques e as massas de água têm, portanto, uma influência de arrefecimento na temperatura elevada do ar, e estes efeitos podem chegar a centenas de metros além de seus limites (Choi, Lee e Byun, 2012), porém este fator só pode ser verdadeiro quando o vento também é levado em consideração (Santamouris et al., 2001) já que dependendo da sua velocidade ele pode auxiliar nas trocas de calor levando a massa de ar quente do local. Essas considerações sugerem que só o índice de permeabilidade não se mostra suficiente para a comprovação ou não do fenômeno da ilha de calor. No caso da cidade de Goiás, essa análise deve ser aprofundada em trabalhos futuros considerando as características e direções dos ventos.

De acordo com o software, as áreas impermeáveis do centro histórico representam 67% do total do centro histórico de Goiás. Essas superfícies de cobertura são compostas basicamente por pedras escuras que compõem a pavimentação das ruas e telhas cerâmicas utilizadas nas coberturas das edificações, sendo que, por ser uma área histórica, grande parte das telhas são antigas e devido à ação do tempo ficaram com a tonalidade escura (Figura 4).

Figura 4 – Exemplo dos materiais utilizados no ambiente construído

Fisicamente esses materiais possuem uma elevada capacidade calorífica e elevada absorção de radiação devido à sua rugosidade e cor. Estas características fazem com que os materiais absorvam mais calor, mantendo sua temperatura elevada por mais tempo devido sua capacidade térmica. Como resultado, ocorre a alternância de fluxos de energia de superfície, com o consequente aumento da razão de Bowen (a razão de fluxos de calor sensível a latente), que, por sua vez, provoca um aumento de temperaturas devido à emissividade difusa a toda superfície urbana (OKE, 1982; STULL, 1988). Em outras palavras e levando em conta o recorte global do centro histórico de Goiás, esses materiais desempenham um papel central no armazenamento de calor e seu aprisionamento, sendo, portanto, possíveis colaboradores na conformação do fenômeno da ilha de calor na cidade.

Como citado anteriormente na metodologia, houve a separação do centro histórico em duas áreas separadas pelo Rio Vermelho, o lado sul e o lado norte (Figura 2). A Tabela 2 ilustra os dados extraídos após o processamento de cada uma das áreas. Empiricamente percebe-se uma diferença em relação à sensação térmica das duas áreas, o lado norte possui uma sensação térmica mais amena em relação ao lado sul. Comparando os dados; o lado norte apresenta uma área de cobertura permeável de 38% com áreas verdes mais distribuídas em sua área urbana que o lado sul, a qual apresenta 30% de áreas verdes em localizações mais pontuais. Esse pode ser um indício do porquê das diferentes sensações térmicas, no entanto, é preciso ressaltar que este não é um fator determinante. O lado norte de aproxima da serra do Faina que possui uma grande superfície de mata urbana, além de ser contornado pelo curso do Rio Vermelho e pode estar sujeita a diferentes dinâmicas de ventilação.

Classe	Lado Norte			Lado Sul		
	Área (m²)	Porcentagem	Precisão de análise	Área	Porcentagem	Precisão de análise
Cob. Arbórea	1167139	24%	100.0	49356,21	18%	95.4
Cob. Edificada	1709962	35%	93.8	90789,37	33%	100.0
Cob. Pavimentação	1341530	27%	97.6	103075,1	37%	93.3
Cob. Gramíneas	382946	8%	100.0	18312,6	7%	83.0
Rio	291302	6%	96.9	13826,7	5%	100.0
Total	339324	100%		275360	100%	

Tabela 2 - Resumo dos resultados da área total separada em duas partes gerados software Multispec

Para apontar com mais propriedade as reais causas relativas às diferentes sensações térmicas em ambos os lados, há a necessidade de uma análise mais complexa e não apenas uma análise vista por cima. Há de se analisar outras variáveis climáticas como temperatura, velocidade dos ventos ou então a formação topológica da região, a características das vegetações e a própria geometria urbana, que será abordada na parte final desta análise.

Outro fator que também pode colaborar tanto na formação da ilha de calor, quanto nas diferenças de sensação térmica entre o lado sul e norte do Rio Vermelho são as dinâmicas urbanas, especialmente o uso e ocupação do solo e suas reverberações nos fluxos e mobilidade. O que se observa é que o lado norte do Rio Vermelho apresenta um uso do solo majoritariamente residencial, possuindo poucos exemplares institucionais e comerciais, além de ser caracterizado por um fluxo de automóveis bem menos intenso do que a porção do lado sul. Nesta, contrariamente, há a localização da maior parte dos serviços institucionais: sede das repartições municipais, agentes estaduais, concessionárias de energia e abastecimento, operadoras de telefonia, escolas, institutos de ensino técnico, agências bancárias, bem como a maior parte dos pontos turísticos da cidade.

Desse modo, a vida urbana do centro da cidade de Goiás ocorre em grande parte na porção sul do Rio Vermelho, congregando um fluxo mais acentuado de pessoas e automóveis ao longo do dia. A presença das principais instituições também trazem, como âncoras, maiores possibilidades de desenvolvimento da atividade comercial na área, reforçando seu caráter de centralidade. Não são identificados quaisquer usos que se caracterizem como geradores de calor, tais como usinas ou indústrias, mas a cidade de Goiás apresenta uma peculiaridade que merece menção e também pode se relacionar com a provável formação da ilha de calor na cidade.

Esse é um ponto analítico que coaduna com os resultados quantitativos relativos à vegetação com a caracterização das dinâmicas urbanas, bem como sua topografia. Localizado em uma região do vale, o centro histórico de Goiás possui uma ligação com as demais áreas da cidade parcialmente dificultada pela topografia acidentada que o circunda, o que por si só já sinaliza um fator de desestímulo ao deslocamento a pé. Somada a essa característica, os incipientes índices de cobertura arbórea, especialmente nas regiões no entorno ao centro, concatenadas às altas temperaturas da cidade, desfavorecem ainda mais o desenvolvimento de fluxos pedonais. A exposição direta à radiação solar, propiciada ainda pelo pouco sombreamento das edificações, que variam predominantemente de um a dois pavimentos, criam um ambiente hostil à permanência nas ruas. Como consequência, o que se percebe na cidade de Goiás como um todo, havendo consequências diretas para a porção sul de seu centro histórico, é que, apesar das distâncias lineares entre as áreas residenciais e os pontos comerciais e institucionais serem reduzidas, há uma preferência pelos deslocamentos motorizados: carros, motos e moto-taxis. Na cidade há somente uma linha de ônibus que não possui muitas opções de parada em sua área central, sendo utilizada ainda de modo incipiente pelos habitantes.

Como característica urbana imediata desse quadro, a porção central a sul do Rio Vermelho é caracterizada por um grande fluxo de automóveis. As regiões de entorno às praças, por exemplo, caracterizam-se como estacionamentos durante o dia e à noite. As ruas paralelas à localização das principais instituições da cidade, também possuem faixas de estacionamento em ambos seus lados. Através dos automóveis, dessa maneira, há um maior lançamento de calor e gases poluentes nesse lado da cidade. Esses valores não puderam ser quantificados neste trabalho, devendo ser alvo de pesquisas mais aprofundadas, mas também

podem sinalizar indícios dessa diferença na sensação térmica entre uma parte e outra do centro, bem como da formação de uma ilha de calor na área.

Conforme será apresentado a seguir, os usos do solo podem estar contribuindo, ainda, para uma modificação na geometria urbana da área central da cidade que acentua ainda mais a diferença entre a porção norte e sul do Rio Vermelho. Conforme já ressaltado na introdução deste trabalho, o centro histórico da cidade de Goiás é caracterizado por um padrão de implantação das edificações típico da urbanística portuguesa: as arquiteturas se dispõem sob o alinhamento da via e sem afastamentos laterais, desenvolvendo-se lado a lado uma à outra. Como consequência, as margens das ruas coloniais são inteiramente cercadas de edificações, havendo poucos espaços vazios que permitam aberturas de ventilação, tais espaços, dentro de um sistema, são caracterizados pelas próprias ruas que se intercedem. Ainda que as edificações possuam gabaritos de um a dois pavimentos, essa caracterização da morfologia urbana pode acarretar em prejuízos de ventilação no espaço público que necessitam ser aferidos e quantificados através de estudos específicos. Mais além, outro fator também requer aprofundamento: especialmente na porção sul da área central, as quadras são caracterizadas por uma longa extensão sendo, por vezes, parcialmente interrompidas por estreitas travessas. Essas dinâmicas do traçado também podem repercutir em um maior aprisionamento do calor no âmbito das condicionantes morfológicas.

Ainda assim, o que mais chama atenção na geometria urbana do centro histórico de Goiás, especialmente na diferenciação entre os padrões de ocupação da porção sul para a porção norte é a disposição das áreas livres. A simulação das áreas permeáveis através do software Multispec já havia sinalizado, em seu esquema gráfico, que além de possuir um maior índice de áreas verdes, a região norte do centro histórico ainda as dispunha de modo mais distribuído no espaço urbano. Contudo, a análise da planta esquemática de cheios e vazios da área de estudo (Figura 5) permite outras inferências sobre esses dados.

Figura 5 – Planta esquemática de cheios e vazios do centro histórico de Goiás-GO, evidenciando seus padrões de ocupação do solo

Em uma interpolação entre a análise no software e a análise gráfica, percebe-se que o posicionamento da maior parte das áreas verdes no lado sul do centro histórico de Goiás se dá pontualmente nas praças, que nessa porção se configuram como grandes espaços livres para os quais convergem as principais vias. Já no lado norte do Rio Vermelho, tem-se preservada em maior grau uma característica bastante recorrente na urbanística colonial portuguesa: os quintais. A porção sul é caracterizada por um adensamento construtivo bem mais acentuado que a porção norte. Essa transformação pode guardar relações com as atividades nela empreendidas: comércio, serviços e instituições, que sob a possibilidade de aumentarem sua área de aproveitamento do lote, tem cada vez mais ocupado as superfícies outrora livres. Na porção norte, em contrapartida, o uso majoritariamente residencial, pode se apresentar como um fator inibidor desse aumento na taxa de ocupação, consequentemente trazendo para essa área um maior conforto térmico em função de uma distribuição de espaços livres mais equilibrada e contemplada na própria quadra, fator que também pode contribuir para uma diminuição da sensação térmica nessa região.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ivajnsic, *et al.* (2014) estudaram a formação da ilha de calor em cidades pequenas, avaliando a cidade Ljutomer na Eslovênia que possui de 8 km² com um pouco mais de 3.400 habitantes. Como conclusão de seus estudos o autor afirma que existe a formação de ilhas de calor nas pequenas cidades e não apenas em grandes aglomerações urbanas ou grandes cidades. O autor afirma que a cobertura urbana impermeável eleva a temperaturas do ar em relação à cobertura permeável, como resultado da alteração do equilíbrio energético causado pelas alterações e atividades humanas nas cidades.

Sabe-se que a paisagem urbana está intimamente relacionada com a produção de um microclima local que pode influir negativamente no conforto térmico das cidades, na qualidade do ar, além de produzir impactos posteriores como aumento do consumo de energia pelos edifícios. A pesquisa analisou as características da formação morfológica do centro histórico da cidade de Goiás com a hipótese que a tecido urbano e os materiais superficiais das edificações formam uma ilha de calor.

Os resultados mostraram qualitativamente que as características da parte histórica da cidade de Goiás possivelmente contribuem para a formação do fenômeno da ilha de calor. A parcela impermeável da cidade é composta por materiais antigos que apresentam cores escuras e com grande capacidade de absorver o calor (telhas escuras, pedras na pavimentação das ruas). Porém, para trabalhos futuros, nota-se a necessidade de um aprofundamento no estudo das informações e apontamentos desenvolvidos, por meio do uso de métodos que quantifiquem as variáveis climáticas da cidade em diferentes pontos na malha urbana e na zona rural e a realização da análise topológica do sítio a fim de traçar diretrizes de planejamento urbano mais confiáveis, correlacionando todas as possíveis causas da formação da ilha de calor em pequenas cidades.

O método de análise através da caracterização superficial por fração de área se mostrou uma ferramenta útil e pode ser aplicada em outras cidades que tem interesse na implementação de estratégias de redução de ilhas de calor, na modelagem dos seus aspectos meteorológicos. Mais além, a opção pelo recorte de análise na região central da cidade de Goiás, contemplando simultaneamente superfícies permeáveis, caracterização dos materiais, geometria urbana e dinâmicas de uso do solo, possibilitaram uma discussão rica em termos de gestão urbana.

O centro histórico de Goiás é reconhecido como um lugar aprazível, especialmente por sua paisagem construída e sua interface com a paisagem natural das serras que o circundam. As praças modeladas no traçado colonial da cidade também se caracterizam como espaços de abertura do campo de visão para a ambiência urbana e para a permanência junto aos maciços vegetativos. No entanto, as caracterizações morfológicas e tipológicas da urbanística colonial trazem grandes desafios do ponto de vista do conforto no espaço urbano: a configuração das vias e a natureza dos materiais que compõem o ambiente construído são ambos elementos que contribuem para o aprisionamento do calor induzindo à formação do fenômeno da ilha de calor. Mais além, a análise coloca em tela a importância de se discutir a preservação para além da estética: na atualidade, o rigor das medidas de preservação impostas pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) se desenvolve demasiadamente focado na paisagem construída e nas fachadas das edificações, bem como em suas volumetrias, sendo permissivo, em maior grau, nas condicionantes de morfologia urbana. Como resultado, está-se diante de uma supressão cada vez maior dos espaços livres privados, como os quintais das edificações, sem ainda mencionar a própria remodelação destes através da retirada de árvores e aumento das superfícies permeáveis. Esses espaços, que carregam em si também a preservação da cultura popular da cidade de Goiás, no cultivo de espécies nativas e nas próprias dinâmicas sociais, também são grandes aliados da melhoria do conforto ambiental urbano, não podendo ser negligenciados nas atividades de gestão e planejamento.

5 REFERÊNCIAS

- ADAM, K. Stadtökologie in Stichworten. In: Hirts Stichwörterbuch: Ökologie. Verlag Ferdinand Hirt, 1988. In: WAMSLER, C.; BRINK, E.; RIVERA, C. Planning for climate change urban areas: from theory to practice. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, p. 68-81, 2013.
- AMORIM M.C.C.T., SANT'ANNA J.L., DUBREUIL V. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat-7 em cidade tropical. In *Revista de Geografia Norte Grande*, Santiago, Chile, n°43, p.65-80, 2009.

- ASSIS, E. S. Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros. In *Revista de Urbanismo e Arquitetura*, v. 7, n. 1, 2008.
- BURGIN, D.G., CRESPO, J.A., HARTMAN, A., HENDRICKS, A.D., HEUSS, J., HUDSON, K.A., KNUTSON, R., PEARSON, A., MOSER, D., TRAPP, R.J., 2013. Observations of the urban heat island effect from a small city. In: 93rd American Meteorological Society Annual Meeting, January 05–10.
- CHOI, H. A., LEE, W. K., & BYUN, W. H. (2012). Determining the effect of green spaces on urban heat distribution using satellite imagery. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 6-2, 127e135
- IVAJSNIC, Danijel; KALIGARIC Mitja; ZIBERNA, Igor. Geographically weighted regression of the urban heat island of a small city. *Applied Geography*, 53 (2014) 341 e 353.
- FIALHO, E. S. Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- FRANÇA, M. S.; GOMES, E. S. Índícios de ilha de calor urbana em Sorriso/MT. In *Monografias Ambientais*, v. 13, n. 3, p. 3366-3376, 2014.
- GARTLAND, Lisa. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. p. 248.
- HINKEL, K. M., NELSON, F. E., KLENE, A. E., & Bell, J. H. (2003). The urban heat island in winter at Barrow, Alaska. *International Journal of Climatology*, 23, 1889e1905.
- OKE, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 1e24.
- OKE, T.R.; JOHNSON, G.T.; STEYN, D.G.; WATSON, I.D. Simulation of surface urban heat islands under ideal conditions at night Part 2: Diagnosis of causation. *Boundary-Layer Meteorology* 56, p. 339-358, 1991. In: ELIASSON, I. The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning* 48, Elsevier, p. 31-44, 2000.
- PORTAL DA CIDADE DE GOIÁS. Aspectos geográficos da cidade Goiás. Disponível em: <http://www.goiasgo.com.br/geografia_de_goias.html>. Acesso em 01 dez. 2016.
- SANTAMOURIS, M., 2007. Heat island research in Europe, the state of the art. *Journal of Advances in Building Energy Research* 1 (28), 123–150.
- SANTAMOURIS, M., PAPANIKOLAOU, N., LIVADA, I., KORONAKIS, I., GEORGAKIS, C., ARGIRIOU, A., ASSIMAKOPOULOS, D.N., 2001. On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy* 70 (3), 201–216.
- TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.. Modelagem da ilha de calor urbana para cidade pequena (Rancharia-SP) a partir de imagens do satélite Landsat 7 e de medidas da temperatura do ar. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, 2015. p. 3181-3188.
- UNESCO. WHC Nomination Documentation: Historic Centre of the Town of Goiás. Brasil, 2001a.
- UNESCO. Retrospective Statement of Outstanding Universal Value (2012). Brasil, 2001b.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Climate and Urban Development. Geneva, n. 844, 1996.
- ZIBERNA, I. (2006). Air temperature trends in Maribor as a consequence of the development of the urban heat islands. *Revija za geografijo*, 1e1, 81 e 98.