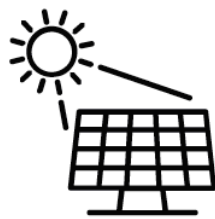




CIEEMAT`17

III Congresso
Ibero-Americano de
Empreendedorismo, Energia,
Ambiente e Tecnologia:
Livro de atas

12 a 14 de julho de 2017

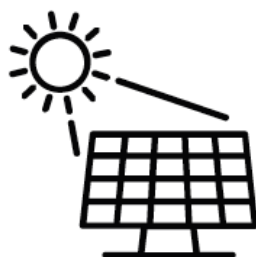




CIEEMAT`17

**III Congresso
Ibero-Americano de Empreendedorismo,
Energia, Ambiente e Tecnologia:
Livro de atas**

12 a 14 de julho de 2017



Título: III Congresso Ibero-Americano de Empreendedorismo, Energia, Ambiente e Tecnologia: Livro de atas

Editores: Américo Vicente Leite
Ana Isabel Pereira
Ângela Paula Ferreira
Artur Jorge Gonçalves
João Paulo Almeida
José Luis Calvo Rolle
Manuel Joaquim Feliciano
Orlando Manuel Soares
Ronney Arismel Boloy

Edição: Instituto Politécnico de Bragança – 2017
Campus de Santa Apolónia
5300-253 Bragança
Portugal

Execução: Orlando Manuel Soares

ISBN: 978-972-745-230-9

URI: <http://hdl.handle.net/10198/14339>

Email: cieemat2017@ipb.pt

Apoios e Patrocínios:



Media Partner:



Américo Vicente Leite (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)

José Luis Calvo Rolle (Universidade da Coruña, Espanha)

Ronney Arismel Mancebo Boloy (CEFET/RJ, Brasil)

Ana Isabel Pereira (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)

Ângela Paula Ferreira (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)

Artur Jorge Gonçalves (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)

João Paulo Almeida (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)

Manuel Joaquim Feliciano (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)

Orlando Manuel Soares (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)

Alberto Adrego Pinto (LIAAD, INESC TEC e FCUP, Portugal)
Amilton Ferreira da Silva Junior(CEFET/RJ, Brasil)
António João Carvalho Albuquerque (Universidade da Beira Interior, Portugal)
Antonio Morán Palao (Universidad de León, Espanha)
Bruno Baruque Zanón (Universidad de Burgos, Espanha)
Cándido Quintana Pérez (Inst. Tecnológico de Santo Domingo, República Dominicana)
Carlos Soares Borrego (Universidade de Aveiro, Portugal)
Casimiro Adrião Pio (Universidade de Aveiro, Portugal)
Claudinor Bittencourt Nascimento(UTFPR-Ponta Grossa, Brasil)
Daniel de Cerqueira Lima Penalva dos Santos (IFPE, Brasil)
Esteban Jove Pérez (Universidade da Coruña, Espanha)
Francisco Manuel Freire Cardoso Ferreira (Universidade Nova de Lisboa , Portugal)
Héctor Alaiz Moretón (Universidad de León, Espanha)
Jakson Paulo Bonaldo (UTFPR-Campo Mourão, Brasil)
João Azevedo (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)
Jorge Alberto de Medeiros Carvalho (CEFET/RJ, Brasil)
Jorge Cara Jiménez (Universidad de León, Espanha)
José Luis Casteleiro Roca (Universidade da Coruña, Espanha)
Luis García Santander (Universidad de Concepción, Chile)
Luis Hernandez Callejo (Universidad de Valladolid, Espanha)
Manuel Ángel Graña López (Universidade da Coruña, Espanha)
Marcus Val Springer (CEFET/RJ, Brasil)
Miguel Latorre Zubiri (CEDER-CIEMAT, Espanha)
Margarida Correia Marques (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro , Portugal)
María del Carmen Meizoso López (Universidade da Coruña, Espanha)
María Isabel Fernandez Ibañez (Universidade da Coruña, Espanha)
María Rosario Heras Celemín (CIEMAT, Espanha)
Paulo Jorge Pinto Leitão (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)
Paulo Alexandre Gonçalves Piloto (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)
Ricardo Quijano Hurtado (Universidad Nacional de Colombia, Colômbia)
Rui Esteves Araújo (FEUP, Portugal)
Soledad Muniategui Lorenzo (Universidad da Coruña, Espanha)
Tomás Figueiredo (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal)
Vanessa de Almeida Guimarães (CEFET/RJ, Brasil)

Adérito Neto Alcaso	José Luis Calvo Rolle
Alberto José Leira Rejas	José Luís Sousa de Magalhães Lima
Aldo R. Fernandes Nt	José Ramon Copa Rey
Américo Vicente Leite	José Tadeu Marques Aranha
Angel Luís Brito Sauvanell	Liliana Gomez Luna
Ângela Paula Ferreira	Luís Fernando dos Santos
Antonio Masdías y Bonome	Luis Hernandez Callejo
Artur Jorge Gonçalves	Luís Manuel Frólén Ribeiro
Benigno Antonio Rodríguez Gómez	Manuel Joaquim Feliciano
Carlos Jorge da Rocha Balsa	Marcellus Henrique Rodrigues Bastos
Célia dos Anjos Alves	Marcus Val Springer
David Villas Boas	Marcus Vinicius Oliveira Camara
Débora Macanjo Ferreira	Margarida Correia Marques
Elizabeth Mendes de Oliveira	María Dolores Sánchez-Fernández
Elza Maria Morais Fonseca	Maria José Varadinov
Esteban Jove Pérez	Mário Jorge Costa Tomé
Francisco Javier Pérez Castelo	Mauro Oddo Nogueira
Héctor Alaiz Moretón	Maxwell de Azevedo Ferreira
Helder Teixeira Gomes	Miguel Latorre Zubiri
Isabel Fernandez Ibañez	Orlando Manuel Soares
Izabel de Oliveira da Mota	Paula Odete Fernandes
Jaqueline Maria Ribeiro Vieira	Paulo Miguel Pereira de Brito
Jesús Diego Chouz Gestoso	Paulo Sérgio Duque de Brito
João Carlos Azevedo	Ramiro José Espinheira Martins
João Paulo Almeida	Rolando Carlos Pereira Simões Dias
João Paulo Coelho	Ronney Arismel Mancebo Boloy
João Paulo Teixeira	Silvia Maria Afonso Fernandes
Jorge Cara Jiménez	Thayse Ferrari
José António Correia Silva	Tomás d'Aquino Figueiredo
José Antonio López Vázquez	Valter Bruno Reis e Silva
José dos Santos Batista	Vanessa de Almeida Guimarães

Análise do Efeito de Ilha de Calor Urbano na Cidade de Bragança

Gabriella de Ornelas Menezes¹; Artur Gonçalves²;
 António Castro Ribeiro³; Manuel Feliciano⁴

¹ Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária
 Mestrado em Tecnologia Ambiental. Bragança, Portugal.

gabriella.ornelas@gmail.com

^{2,3,4} Instituto Politécnico de Bragança, Centro de
 Investigação de Montanha. Bragança, Portugal.

ajg@ipb.pt²; antrib@ipb.pt³; msabenca@ipb.pt⁴

Aulus R. R. Bineli

Departamento de Engenharia Ambiental
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Londrina, Brasil

aulusbineli@utfpr.edu.br

Resumo— Nas áreas urbanas, os edifícios e superfícies alteram as condições climáticas locais, criando um clima urbano. O Efeito de Ilha de Calor Urbano é a maior representação da relação entre cidade e clima e se dá pelo aumento da temperatura na área urbana face a área rural. Esse efeito varia no espaço e no tempo, atuando de maneira diferente nas diversas áreas da cidade e ao longo do dia e do ano, além de apresentar alterações de acordo com as condições meteorológicas. O presente estudo tem como referência uma rede de 23 sensores localizados no espaço urbano, periurbano e rural da cidade de Bragança, no extremo nordeste de Portugal. Os locais de monitorização foram definidos a partir do conceito de Zona Climática Local. Com o desenvolvimento deste trabalho, procurou-se analisar o clima urbano com a finalidade de caracterizar o Efeito de Ilha de Calor Urbano e sua relação com as características do espaço urbano, considerando que o estudo incidiu sobre dados do ano de 2013. A análise climática evidenciou a existência do Efeito de Ilha de Calor, apesar da pequena dimensão da cidade. As maiores intensidades foram registradas na classe de maior grau de urbanização. No verão a mediana da intensidade situou-se em torno de 1,5°C, embora possam ser observados valores máximos acima de 6°C enquanto no inverno a mediana caiu para menos que 1,0°C e os valores máximos não ultrapassaram 3,5°C. Os picos de intensidade de ilha de calor ocorreram poucas horas antes do nascer do sol, sendo que pela manhã observou-se o fenômeno de ilha de frio no espaço urbano.

Palavras Chave— clima urbano; monitorização; zonas climáticas locais; ilha de calor urbano; áreas urbanas.

I. INTRODUÇÃO

O aumento da população em áreas urbanas conduz à conversão de áreas naturais em espaços urbanos, o que pode levar a problemas ambientais, uma vez que interfere no aumento de emissões atmosféricas e em maior liberação de calor de origem antropogênica [1]. Essas alterações nas condições do espaço urbano são características do clima urbano. O clima urbano é o resultado do efeito das modificações das superfícies, materiais e atividades das áreas urbanas sobre os balanços de energia, massa e fluxos [2] e, enquanto ciência, inclui o estudo de processos meteorológicos,

fenômenos atmosféricos e o clima em áreas que passaram por desenvolvimento urbano [3].

O Efeito de Ilha de Calor Urbano (EICU) é um dos fenômenos mais representativos da relação entre cidade e clima, sendo caracterizado por temperaturas mais elevadas nos espaços urbanos quando comparados com espaços rurais circundantes [2][4], como apresentado na Fig. 1, sendo o fenômeno mais representativo das modificações dos elementos climáticos [2][5].

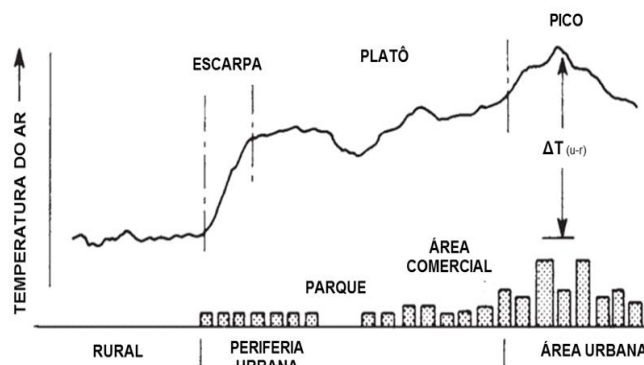


Fig. 1. Perfil típico do EICU. [2]

As diferenças de temperaturas são causadas pela combinação de um conjunto de fatores característicos do espaço urbano, relacionadas em grande medida com o balanço energético à superfície [6], que promovem a geração e acumulação de calor [4]. Entre esses fatores encontram-se a geometria dos edifícios, a poluição do ar, a emissão de calor a partir dos edifícios, tráfego e metabolismo dos organismos vivos e as características das superfícies, como os materiais de construção e de cobertura do solo [2][7].

Stewart e Oke [8] apresentam cinco fatores responsáveis pelo EICU, traduzidos em intensidades diferentes segundo o grau de urbanização:

- Maior absorção de radiação solar com retenção de calor pelos edifícios e superfícies.

- Maior retenção dos raios infravermelhos em ruas fechadas por edifícios, que causam menor visibilidade do céu.
- Maior retenção e menor liberação de calor dos edifícios e superfícies
- Alta fração de radiação solar convertida em calor sensível no lugar do calor latente, devido à troca de vegetação por pavimentos.
- Liberação de calor sensível e latente, devido à combustão dos automóveis, além dos processos industriais e relacionados ao aquecimento ou resfriamento de residências.

Como resultado desses processos, o EICU assume uma maior intensidade nos locais mais densamente urbanizados, onde predominam superfícies de baixo albedo e um menor fator de visão de céu. Nesses contextos, após o aquecimento no período diurno, dá-se uma menor liberação de calor no período noturno, enquanto a alta rugosidade de estruturas urbanas reduz a perda de calor por convecção e transferência por vento [2][4][5].

A variação espacial do EICU faz com que se deva promover estudos que estejam orientados para os diferentes espaços urbanos, conforme o conceito de Zona Climática Local (ZCL) [8][9]. Assim como para o espaço, o EICU também não é constante no tempo, variando amplamente ao longo do dia e normalmente atingindo intensidade máxima em períodos de maior estabilidade atmosférica em horário próximo ao nascer do sol, como resultado da acumulação de calor pelas estruturas urbanas durante a noite; essa intensidade pode ser enfraquecida em períodos de maior instabilidade, como vento, nebulosidade ou pluviosidade [4]. Dessa maneira, a forma e o tamanho do EICU variam temporalmente e espacialmente por conta das condições meteorológicas, das características urbanas em análise e da localização.

Como impacto do EICU, podem ser citados o conforto e a saúde dos habitantes, assim como o consumo de energia nas áreas urbanas por aquecimento ou resfriamento [9].

II. METODOLOGIA

A. Caracterização da Área de Estudo

Localizada no extremo nordeste de Portugal (Fig.2), a uma altitude média de 680 metros, Bragança tem altimetria com elevada complexidade e variações que podem atingir até 200 metros em pouca distância. Sua área urbana possui alta diversidade de tipologias de construções e a indústria é pouco representativa na cidade. A cidade é marcada por elevada complexidade orográfica, com grande variação de altitude, o que é comum em espaços montanhosos.

Sendo historicamente um núcleo urbano compacto, foi apenas a partir de meados do século XX que a cidade teve grande crescimento da população urbana e expandiu sobre um território mais amplo, intensificando as relações cidade-clima [10].

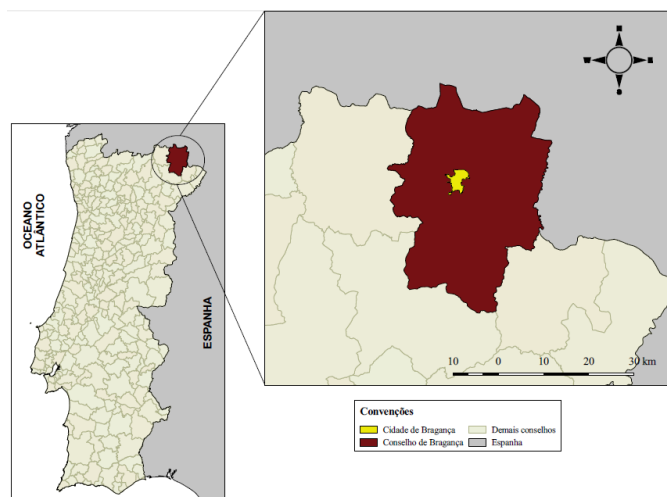


Fig. 2. Enquadramento geográfico de Bragança.

O clima nesta cidade apresenta grande amplitude térmica, sendo que a intensidade e a duração do frio e do calor são importantes indicadores do regime térmico [10]. Bragança é incluída no tipo de clima Csb da classificação de Köppen, correspondendo a um clima temperado com invernos suaves, verão seco e verão longo e fresco.

B. Monitorização do Clima Urbano

A rede de monitorização integra sensores e estações meteorológicas para medição de temperatura, humidade relativa, velocidade e direção do vento. Esta rede inclui 23 sensores termo-higrómetros que foram dispostos de maneira a alcançar distribuição equilibrada do espaço, para além de três estações com anemómetro com catavento. Entre os fatores considerados nesta distribuição encontram-se a distribuição por contextos orográficos e topográficos diferenciados e a representatividade por ZCL como definida por Oke [11], com a inclusão de uma categoria referente aos espaços verdes urbanos. O resultado desta distribuição surge na Fig. 3 e corresponde às categorias:

PMA - Edificado moderno de altura média-alta, elevada densidade e superfícies pavimentadas.

BDT - Núcleo antigo da cidade, com edificado de altura média-baixa, elevada densidade, edificado em pedra e tijolo.

UMR - Média densidade, ruas de habitações de baixa altura em banda ou isoladas.

ZCS - Comercial e industrial, densidade média baixa com edifícios baixos e de elevada envergadura com estacionamento pavimentado.

EVU - Espaços verdes urbanos, cobertura predominantemente verde com vegetação rasteira e arbórea.

TUR - Espaço de transição entre o meio urbano e rural, casas dispersas com envolvente agrícola e florestal.

ZRE - Áreas rurais isoladas nos subúrbios da cidade representativas das características da paisagem local.

Foram alocados pelo menos três sensores em cada zona climática definida.

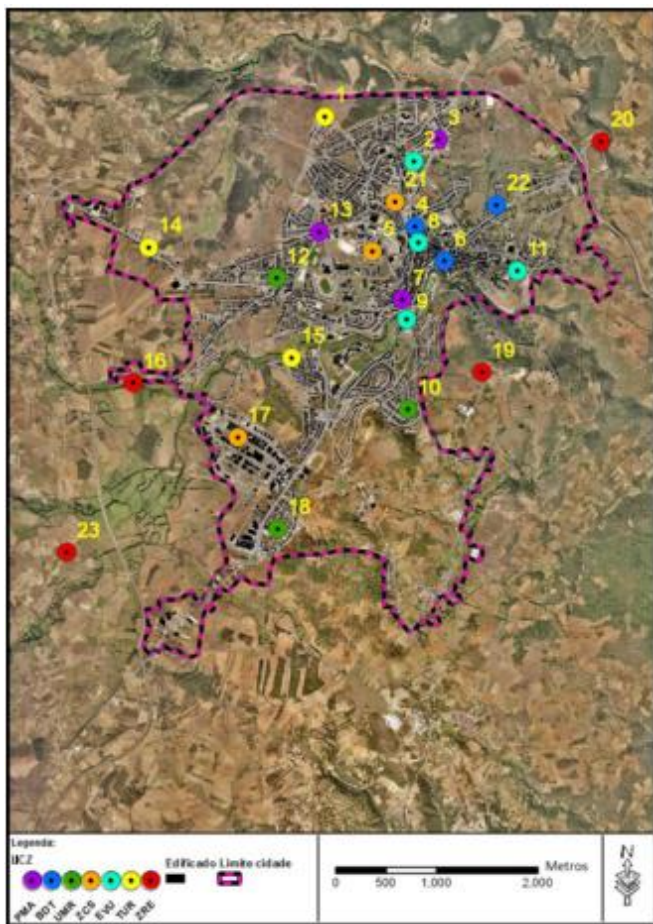


Fig. 3. Localização geográfica dos sensores de monitorização climática por classe. [10]

Os Termo-Higrómetros usados são modelo TinyTag TGP-4500 tendo sido instalados em abrigos a 3 metros acima do solo, em estruturas montadas em postes de iluminação pública.

Os dados obtidos foram convertidos para formato compatível e trabalhados de maneira a complementar a análise climática.

C. Análise dos Dados

Os dados foram compilados, verificando a consistência dos dados a partir da identificação de lacunas e de erros. Para isso, os dados foram organizados em planilha anual no Excel, por estações. Ocorreu 1,89% de dados omissos nesse ano de estudo e as lacunas encontradas foram preenchidas com recurso ao método de regressão linear automática do software SPSS Statistics. O teste de correlação de Pearson comprovou que os pontos são significativamente correlacionados entre si, o que traz consistência ao preenchimento por regressão linear.

Como forma de permitir corrigir a influência do efeito do gradiente vertical, os dados foram previamente ajustados, por correção do diferencial face ao gradiente térmico vertical médio horário com referência nos pontos rurais 19 e 23 para evitar interferências do ambiente [6]. O objetivo dessa correção foi retirar o efeito da altitude dos dados, nivelando a 680m, nível médio de Bragança, a partir de (1).

$$T_{\text{final}} = T_{\text{inicial}} - [\tau_{\text{calculado}} * (H-680)] \quad (1)$$

Em que: T_{final} : Temperatura após correção (°C); T_{inicial} : Temperatura antes da correção (°C); $\tau_{\text{calculado}}$: Gradiente vertical de temperatura (°C/m); H: Altura do ponto (m).

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Definir as zonas climáticas entre zonas urbanas e rurais permitiu avaliar os efeitos das estruturas urbanas nas condições meteorológicas locais. Dessa forma, o EICU foi avaliado considerando a média dos sensores de cada zona climática e sua intensidade foi observada baseado nas diferenças das ZCLs urbanas frente à rural ($\Delta_{\text{urbano-rural}}$).

A Fig. 4 apresenta a variação da intensidade do EICU nas diferentes ZCLs, permitindo observar valores mais elevados na classe urbana mais densa (PMA), com valores de EICU que chegam a ultrapassar 6°C no verão, sendo possível perceber esse fenômeno também no período de inverno, o que torna o EICU relevante. Em países europeus é comum se observar intensidades acima de 4°C para cidades de média dimensão [12], o que mostra que a cidade, apesar de dimensão relativamente pequena, apresenta comportamento análogo a cidades de maior dimensão.

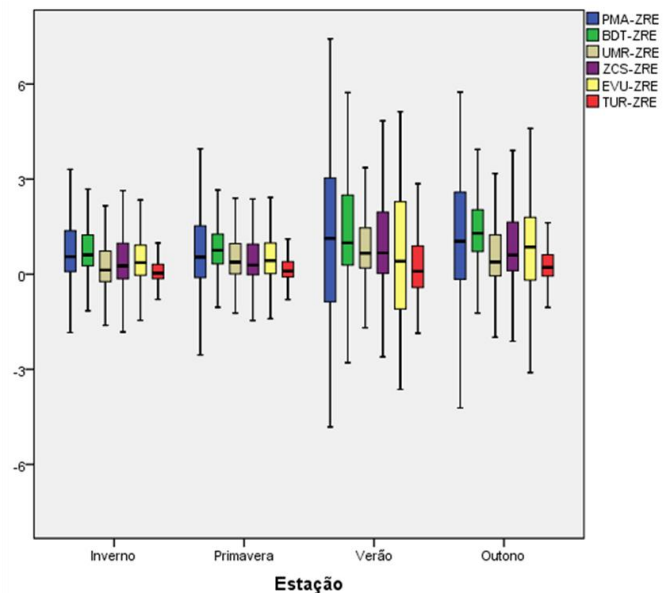


Fig. 4. Distribuição dos valores médios horários na diferença de temperaturas entre as zonas climáticas urbanas e rural para as estações do ano.

É possível perceber que a classe BDT apresenta medianas mais elevadas (exceto no verão que a maior mediana ocorre na classe PMA), com maior mediana no outono. Porém os valores máximos e mínimos foram registrados na época do verão. A classe PMA, espaços com um maior grau de urbanização, destaca-se pelas maiores intensidades do EICU, com registro de valores acima de 6°C e abaixo de -4°C. Em contrapartida, os espaços de transição entre área urbana e rural (TUR), apresentaram os valores menos intensos para o EICU.

A Fig. 5 representa uma variação temporal do EICU para as ZCLs: PMA, UMR e TUR. Esta representação permite uma

análise descritiva ao longo do dia no decorrer dos meses para essas zonas climáticas.

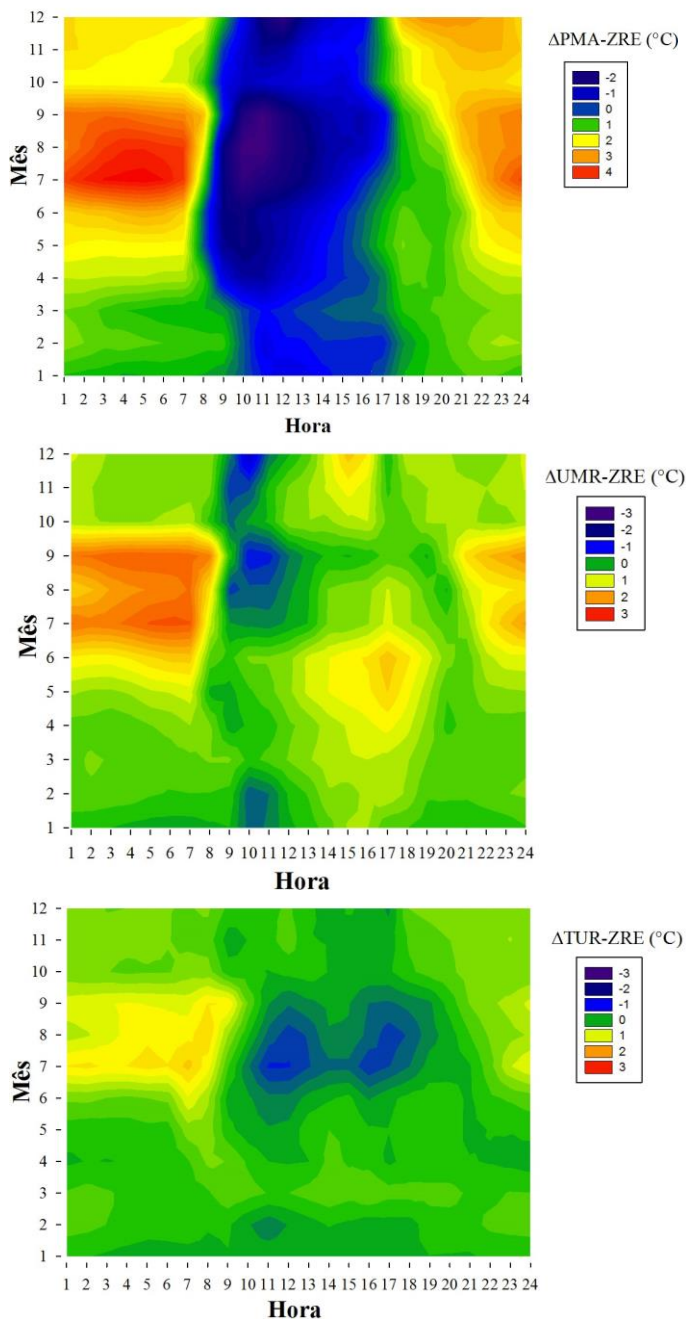


Fig. 5. Variação horária e mensal da intensidade média do EICU: Δ PMA-ZRE; Δ UMR-ZRE; Δ TUR-ZRE.

Características urbanas aliadas a diferenças nas estruturas e a presença de vegetação influenciam para que ocorram microclimas no mesmo espaço urbano e se gerem ilhas de calor e de frio com intensidades variáveis ao longo do ano [13].

Os resultados demonstram a presença de efeitos diferenciados ao longo do dia e do ano, após o amanhecer e durante as primeiras horas da manhã. O aquecimento ocorre mais rapidamente na zona rural, o que, por oposição, leva ao efeito de ilha de frio urbano, com maior intensidade na zona

climática PMA. Este efeito pode associar-se à baixa elevação do sol no início do dia, criando um ambiente com sombra nas áreas mais densamente urbanizadas. Esse efeito diminui ao longo da manhã até que se torna neutro, momento após o qual o saldo se torna positivo para as ZCL urbanas. O efeito de ilha de calor começa então a formar-se, incrementando-se depois do pôr do sol, apresentando os valores mais elevados antes do nascer do sol em todas as estações do ano, mas com maior intensidade durante o verão.

O EICU assume maior intensidade em condições de céu limpo [2], por isso registam-se valores mais elevados no verão, quando a cidade de Bragança apresentou condições meteorológicas mais propícias à formação desse fenómeno.

No clima temperado Csb, a ilha de calor urbana é considerada benéfica no inverno e prejudicial no verão, mas seu efeito global no conforto, saúde e energia de consumo precisa de avaliações que ajudem a tomar decisões que possam aumentar ou reduzir o efeito de calor urbano, tanto no verão como no inverno [9], uma vez que os espaços construídos devem amenizar as sensações de desconforto impostas pelas condições externas e proporcionar ambientes favoráveis para a realização satisfatórias das atividades dos usuários [14]. Em períodos quentes, o EICU agrava o desconforto térmico interno e externo e, uma vez que ocorre em maior frequência no período noturno, pode levar a dificuldades para descansar e recuperar do stress causado pelo calor. Assim, a utilização de ar condicionado no verão acaba por ser mais custosa quando comparado com o uso de aquecedores no inverno, e do ponto de vista de economia e conforto, os prejuízos do verão são mais significativos que os benefícios do inverno [9].

O EICU é menor no período do inverno por conta da instabilidade atmosférica percebida na região, como uma maior quantidade de dias com chuva e vento forte, para além de uma menor duração dos dias.

A classificação do clima Csb determina o predomínio de baixas temperaturas em grande parte do ano, com valores abaixo do nível de conforto e no período mais quente, valores acima desse referencial.

Partindo desse princípio, deve-se preservar os espaços verdes ou zonas com maiores áreas permeáveis, que podem constituir-se como áreas frescas nos períodos em que as temperaturas são mais altas. Nesses espaços, a vegetação arbórea é útil em meses mais quentes, pela capacidade de interceptar a radiação de pequeno comprimento de onda, diminuindo os efeitos sobre o balanço radiativo à superfície e atenuando sua incidência direta sobre os cidadãos. A vegetação de folha caduca oferece maior incidência de radiação nos meses mais frios, com benefícios para o conforto térmico dos utilizadores.

Os espaços de maior concentração urbana, em que o EICU assumiu maior intensidade, devem ser melhorados pelo planeamento das estruturas urbanas. Particular atenção deve merecer a relação destas estruturas com o vento, a água e a humidade, os elementos da vegetação e os materiais de construção. Os espaços que ainda não apresentam alterações significativas no clima, nomeadamente, os espaços em que os elementos urbanos causam menor impacto nas características do ambiente térmico, devem ser acompanhados, sendo menor a necessidade de intervenção.

A Fig. 6 apresenta as variações horárias de taxa de aquecimento ou arrefecimento por hora para as zonas climáticas estudadas, sendo que os valores positivos indicam aquecimento enquanto os valores negativos indicam arrefecimento. Os dados indicam o aquecimento matinal mais rápido da zona rural (ZRE) face às ZCL urbanas, principalmente no verão, quando se verifica um arrefecimento acima de 2°C/h de diferença em comparação com a classe PMA. Esta mesma classe (PMA) é a que permanece por mais tempo a armazenar calor e durante a noite apresenta valores mais baixos de arrefecimento por hora, enquanto a zona ZRE apresenta os maiores valores de taxa de arrefecimento por hora no período noturno. Para todas as classes foi possível observar o período de máximo arrefecimento entre as 16h00 (inverno) e as 20h00 (verão), correspondendo ao período próximo do pôr do sol.

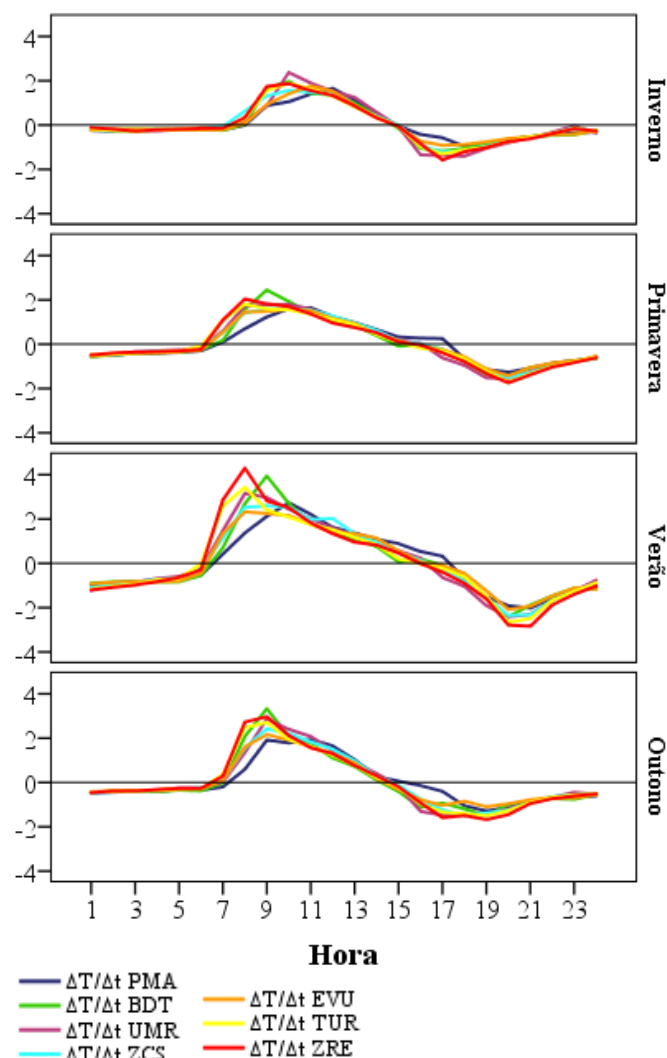


Fig. 6. Taxa média sazonal de aquecimento e arrefecimento por hora para cada zona climática (°C/h).

Este estudo corrobora os resultados encontrados por Lopes [12] em que as condições térmicas de áreas urbanas e rurais são diferentes. Ao fim do dia, a temperatura decresce mais rapidamente em meio rural por conta do mais intenso

arrefecimento radiativo, sendo que em áreas urbanas esse arrefecimento é mais lento.

Além disso, Tan et al. [15] afirmam em seu trabalho que variações horárias acima de 4°C podem causar problemas à saúde humana, porém essa variação foi pouco observada, ocorrendo apenas no verão para a classe ZRE.

De acordo com Rizwan [4], algumas medidas de mitigação dos Efeitos de Ilha de Calor com benefícios ambientais e financeiros estão relacionadas a três fatores:

1. À redução da libertação de calor antropogênico: através, por exemplo, da introdução de áreas verdes. Parte da radiação solar incidente é convertida em energia para transpiração e fotossíntese das plantas, tornando menor o fluxo de calor sensível [17] e pode levar a grandes economias de energia através da redução da temperatura da área. Esta medida contribui para um menor uso de aparelhos de ar condicionado.
2. Ao melhor design do telhado: uma vez que os telhados verdes, os de alta reflexão e paredes verdes são bons exemplos de planeamento da construção para redução do EICU [16].
3. A outros fatores de design: como o uso de materiais de alto albedo, que são capazes de reduzir a quantidade de radiação solar absorvida pela envolvente dos edifícios e estruturas urbanas, mantendo as superfícies mais frias. Isso reduz a intensidade da radiação de grande comprimento de onda, podendo diminuir a temperatura do ar pelo baixo fluxo de calor convectivo das superfícies mais frias [18].

IV. CONCLUSÃO

Os dados da rede de monitorização na cidade de Bragança permitiram avaliar o efeito de ilha de calor urbano. A partir desse estudo foi possível verificar a ocorrência de um fenómeno de ilha de frio nas primeiras horas do dia e de ilha de calor com máxima intensidade poucas horas antes do nascer do sol, especialmente durante o verão. Esses resultados são coerentes com os resultados encontrados por Maia [6], que realizou estudo semelhante para a mesma área com dados referentes ao ano de 2012. Em 2013, a zona mais urbanizada (PMA) sofreu esse efeito de forma ainda mais intensa, chegando a um valor máximo acima de 6°C no verão, em contraste com a zona menos urbanizada que apresentou valor máximo na faixa de 3°C. Genericamente, a cidade apresenta alguma variabilidade no perfil de EICU, com zonas tendencialmente mais quentes e mais frescas, sendo estes efeitos resultantes de uma variedade de microclimas característicos desse espaço urbano.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Grimmond *et al.*, "Climate and more sustainable cities: Climate information for improved planning and management of cities (Producers/Capabilities Perspective)," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 247–274, 2010.
- [2] T. R. Oke, *Boundary layer climates*. 2nd ed. Routledge, 1987.
- [3] T. R. Oke, "Towards better scientific communication in urban climate," *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 84, no. 1–3, pp. 179–190, 2006.

- [4] A. M. Rizwan, L. Y. C. Dennis, and C. Liu, "A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island," *J. Environ. Sci.*, vol. 20, no. 1, pp. 120–128, 2008.
- [5] J. F. He, J. Y. Liu, D. F. Zhuang, W. Zhang, and M. L. Liu, "Assessing the effect of land use/land cover change on the change of urban heat island intensity," *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 90, no. 3–4, pp. 217–226, Nov. 2007.
- [6] F. M. da C. Maia, "Caracterização da ilha de calor urbano de Bragança." Universidade de Aveiro, 2013.
- [7] I. N. Harman, M. J. Best and S. E. Belcher, "Radiative exchange in an urban street canyon," *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 110, pp 301-316, 2004.
- [8] I. D. Stewart and T. R. Oke, "Local climate zones for urban temperature studies," *Am. Meteorol. Soc.*, pp. 1879–1900, 2012..
- [9] B. Givoni, *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Canadá: John Wiley & Sons, 1998.
- [10] A. Gonçalves, A. C. Ribeiro, F. Maia, and M. Feliciano, "Análise do Clima Urbano de Bragança." Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2014
- [11] T. R. Oke, "Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites," *World Meteorol. Organ.*, vol. 81, 2006.
- [12] A. Lopes, "O sobreaquecimento das cidades. Causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa," *Territorium*, no. 15, pp. 39–52, 2006.
- [13] E. Collischonn, "O fator de visão do céu e sua influência sobre as características térmico-higrométricas intraurbanas em pelotas/RS, BRASIL," *Geogr. Merid.*, vol. 1, no. 1, pp. 160–178, 2015.
- [14] G. Barbirato, L. Souza, and S. Torres, *Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos - Gianna Melo Barbirato, Léa Cristina Lucas de Souza, Simone Carnaúba Torres - Google Livros*. Alagoas: UFAL, 2007.
- [15] J. Tan *et al.*, "The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai," *Int. J. Biometeorol.*, vol. 54, pp. 75–84, 2010.
- [16] H. Takebayashi and M. Moriyama, "Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island," *Build. Environ.*, vol. 42, no. 8, pp. 2971–2979, 2007.
- [17] N. H. Wong and C. Yu, "Study of green areas and urban heat island in a tropical city," *Habitat Int.*, vol. 29, no. 3, pp. 547–558, 2005.
- [18] H. Taha, "Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat," *Energy Build.*, vol. 25, pp. 99–103, 1997