



## ID 750: NOVOS USOS SUSTENTÁVEIS DOS LOGRADOUROS<sup>98</sup>

Teresa SANTOS<sup>1</sup>; Caio SILVA<sup>2</sup>; Bárbara GOMES<sup>3</sup>; Filipa RAMALHETE<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CICS.NOVA, NOVA FCSH; [teresasantos@fcs.unl.pt](mailto:teresasantos@fcs.unl.pt)

<sup>2</sup>Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília; [caiosilva@unb.br](mailto:caiosilva@unb.br)

<sup>3</sup>Centro Universitário Estácio de Sá; [barbarag.arquitetura@gmail.com](mailto:barbarag.arquitetura@gmail.com)

<sup>4</sup>CICS.NOVA, NOVA FCSH; [framalhete@netcabo.pt](mailto:framalhete@netcabo.pt)

**RESUMO:** A promoção do conforto em meio urbano passa pelo planeamento de espaços verdes. Estas intervenções produzem uma série de benefícios ao nível da qualidade do ambiente construído, contribuindo para a mitigação do efeito ilha de calor, através do ensombramento, evapotranspiração e redução do vento proporcionados pela vegetação. A eficácia de operações de requalificação no espaço urbano consolidado pode ser avaliada com recurso a indicadores ambientais obtidos por modelação geográfica. Uma das dimensões do conforto urbano é a sua componente térmica. Usando modelos microclimáticos tridimensionais, é possível estimar indicadores térmicos a grande escala e simular o efeito que diferentes intervenções no meio urbano têm no conforto térmico do espaço circundante. O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto da mudança de cobertura em áreas impermeabilizadas utilizando a modelação microclimática. O caso de estudo inclui catorze logradouros localizados na Avenida Almirante Reis, em Lisboa. A metodologia visa a produção de indicadores de conforto térmico para dois cenários: logradouro impermeabilizado (situação atual) e logradouro verde. A modelação do conforto térmico e produção de variáveis ambientais (temperatura média do ar, temperatura radiante média e humidade relativa média) é realizada no programa ENVI-met 4 ([www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)). Os resultados indicam o benefício desta mudança de cobertura, com ganhos em conforto térmico na situação verde simulada, quando comparada com a situação atual. Conclui-se que os logradouros podem e devem ser considerados como parte integrante de soluções de planeamento urbano, visando não só um ambiente mais sustentável à escala da cidade, mas também o conforto da vivência à escala local.

---

<sup>98</sup> O trabalho teve apoio do CICS.NOVA – Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais da Universidade Nova de Lisboa, no âmbito do projeto UID/SOC/04647/2013, apoiado pela FCT/MCTES através de Fundos Nacionais. O primeiro autor foi apoiado com uma bolsa de Pós-Doutoramento financiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) (SFRH/BPD/76893/2011). O segundo autor agradece o apoio do Decanato de Pesquisa e Inovação e do Decanato do Pós Graduação da Universidade de Brasília.



**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto térmico, Planeamento sustentável, Vegetação urbana

## 1. INTRODUÇÃO

A designação de logradouro é utilizada para definir, num edifício urbano, a área de implantação do mesmo que não pertence ao edifício. Habitualmente, tratam-se de áreas, na sua génese, não construídas, que funcionam como espaço de apoio ao prédio e também como área de infiltração. Contudo, em muitos casos, sobretudo no contexto de quarteirões urbanos na cidade densificada, regista-se, posteriormente ou ainda em fase de construção, a impermeabilização dos logradouros, devido à sua ocupação como extensão da área edificada, seja para aumento de áreas úteis das habitações ou comércio do rés-do-chão, seja pela construção de anexos.

No âmbito da importância crescente da promoção de espaços verdes nas cidades, tem sido dado algum destaque a estas áreas, como espaços de importância ecológica no contexto urbano. No caso da cidade de Lisboa, o Plano Diretor Municipal em vigor dedica especial atenção aos logradouros - considerando-os parte da Estrutura Ecológica Municipal, tendo como função “assegurar a salubridade das construções, atendendo, em particular, à ventilação e insolação dos edifícios, garantir a privacidade das habitações, o desafogo e a fruição e recreio, assim como a infiltração das águas pluviais” (Art.º 44) -, e considerando a importância da sua manutenção ou requalificação (cf. PDML - Planta de qualificação do espaço urbano) nos próximos anos.

Neste trabalho pretende-se avaliar o potencial que estes lugares têm para a promoção do bem-estar em meio urbano, nomeadamente na sua vertente de conforto térmico. De acordo com a norma ISO 7730, conforto térmico define-se como “um estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente que envolve uma pessoa (nem quente nem frio)”. A simulação é implementada pelo programa ENVI-met v4.3.2, que permite estimar o microclima urbano por aplicação de um modelo numérico tridimensional (Bruse and Fler, 1998). O objetivo é então simular o impacto no conforto térmico do incremento de vegetação dos logradouros atualmente impermeabilizados, procurando estimar as alterações de uma potencial requalificação destas áreas.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia de avaliação da reconversão de logradouros impermeabilizados em áreas verdes baseia-se na simulação do conforto térmico em cada uma das situações. O processo ocorre em

duas etapas: modelação do espaço edificado e posterior simulação climática. A primeira etapa utiliza como dados de entrada um mapa com a ocupação do solo e altura das estruturas presentes (e.g., edifícios), por forma a configurar o espaço urbano nas duas situações em análise. O ENVI-met dispõe de uma base de dados com os principais materiais existentes em meio urbano – edifícios, vegetação, solo e superfície - que permite classificar os diferentes elementos após introduzir a sua localização. O modelo do espaço urbano, juntamente com informação meteorológica, é depois utilizado para simular o microclima local. Esta etapa de simulação corre para um período de 24h e resulta na produção de uma série de indicadores de conforto térmico para cada pixel da matriz. O conforto térmico depende fatores individuais (metabolismo) e de quatro variáveis ambientais temperatura do ar, humidade relativa, temperatura radiante (temperatura à superfície dos elementos no local envolvente) e velocidade do ar. Neste trabalho optamos por calcular as temperaturas média e radiante do ar, bem como da humidade relativa para os períodos de verão e de inverno (Figura I).

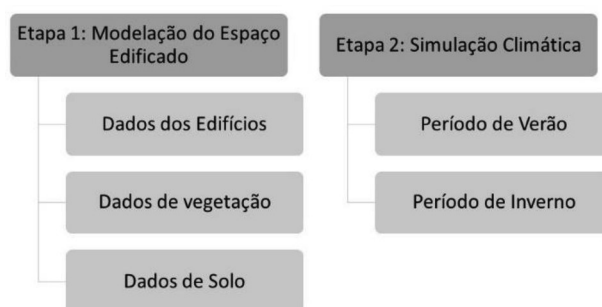


Figura I. Fluxo esquemático das etapas metodológicas

As etapas de modelação e simulação ocorrem de forma semelhante para os dois cenários, recorrendo aos mesmos dados de imagem de parâmetros de configuração dos materiais presentes na área de estudo, bem como ao mesmo ficheiro climático. Para modelar a ocupação do solo utilizou-se um ortofoto digital, de grande resolução espacial (pixel de 0.50m) de 2012 (DGT, 2018). A altura dos edifícios foi modelada com recurso a um Modelo Digital de Superfície normalizado (MDSn), com 1m<sup>2</sup> de resolução espacial, obtido a partir de um voo realizado com uma câmara LiDAR (Light Detection And Ranging) em 2006 sobre a cidade de Lisboa (Santos et al. 2011). A informação meteorológica utilizada na etapa de simulação inclui dados climáticos do ano de 2017 disponibilizados pelo IPMA para Lisboa: a média da temperatura do ar e média da humidade relativa do ar para o mês de agosto (verão) e janeiro (inverno). A Humidade relativa a 2500m que foi retirada do site da Universidade do Wyoming, para os mesmos meses.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espaço de análise selecionado para esta modelação compreende 14 logradouros da Avenida Almirante Reis, uma das maiores vias da cidade de Lisboa (via de 2º nível), localizada num vale densamente construído, onde a drenagem de ar frio é dificultada pela urbanização. Optou-se por seleccionar quarteirões que não estão identificados como património paisagístico ou espaços a requalificar, para poder avaliar o impacte das mudanças a uma escala de proximidade (quarteirão). A área selecionada ocupa 16 hectares e inclui 314 edifícios, na sua maioria de uso residencial ou residencial misto (Figura II).

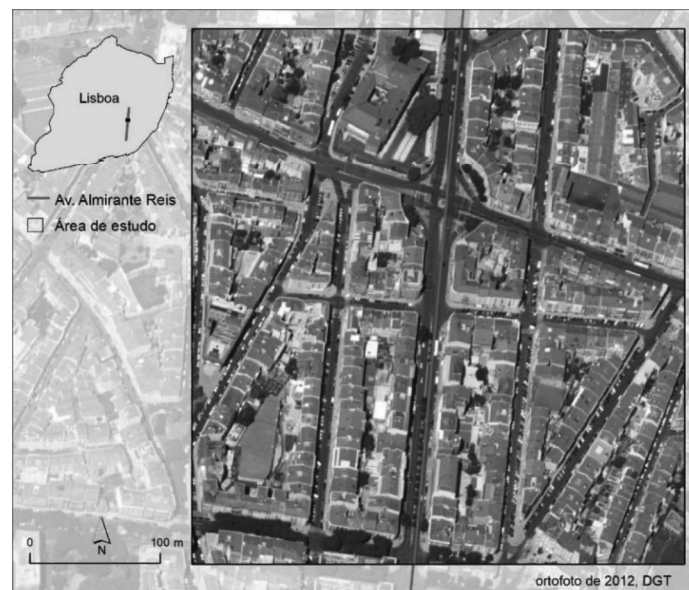


Figura 254 Área de estudo na Avenida Almirante Reis, Lisboa | Fonte: DGT, 2018

A configuração ocorreu para uma área de 99x99x30m, a que corresponde a uma resolução de 4x4x2m (x, y, z). Os edifícios são os primeiros elementos a modelar, incluindo a sua localização, material e altura. Nesta fase, o ortofoto foi usado para modelar tanto o local como o tipo de material (*Concrete slab*), e o nDSM para modelar a altura. Após a modelação dos edifícios seguiu-se a vegetação, tendo-se identificado as árvores existentes (*Tree 10 m*) e relva (*Grass*). Por fim, modelou-se o solo e a superfície: solo por baixo dos edifícios (*Loamy soil*), áreas verdes (*Default unsealed soil*), estrada (*Asphalt road*) e calçada (*Concrete pavement gray*).

O resultado desta primeira fase são dois mapas correspondentes aos cenários impermeabilizado e verde (Figura III). Note-se que o cenário impermeabilizado apresenta 8% de área verde contra 21% no cenário de logradouro verde.

A simulação seguiu a opção *forcing weather data*. Nesta opção são inseridos os valores mínimos e máximos registados nos dias seleccionados para a análise e o programa modela a variação horária (Figura IV). O processo de simulação decorreu durante 48h para cada cenário modelado

e época de análise. O resultado é um conjunto de mapas horários que cobrem um período de 24h para cada variável climática selecionada. A comparação das condições de temperatura do ar, temperatura radiante e humidade relativa nos dois cenários e épocas do ano, é realizada para o período das 9h, 12h, 15h e 20h. São estes os horários onde se verificam alterações microclimáticas mais significativas.

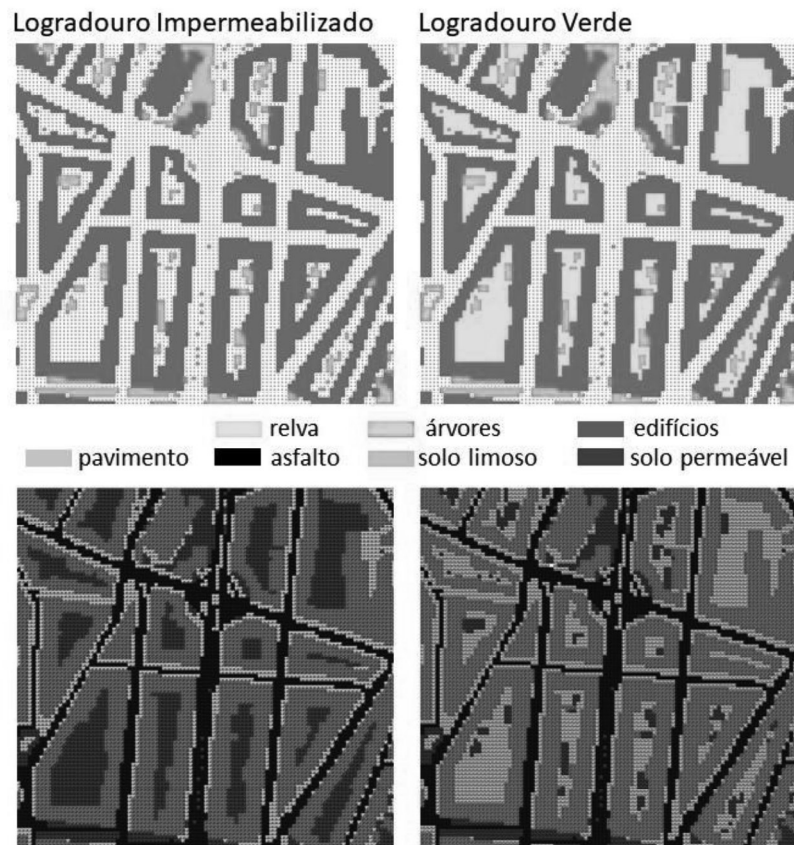


Figura 255 Cenário logradouro impermeabilizado e cenário logradouro verde

verão	inverno
Initial meteorological conditions	
<b>Wind uvw</b>	
Wind speed measured in 10 m height (m/s):	3,9
Wind direction (deg):	0 (0= from North...180= from South...)
Roughness length at measurement site:	0.01
<b>Temperature T</b>	
Initial temperature of atmosphere (°C):	23.00 (Calculated when forcing is used)
<b>Humidity q</b>	
Specific humidity at model top (2500 m, g/kg):	3,48
Relative humidity in 2m (%):	50 (Ignored when forcing is used)
Initial meteorological conditions	
<b>Wind uvw</b>	
Wind speed measured in 10 m height (m/s):	2,91
Wind direction (deg):	315 (0= from North...180= from South...)
Roughness length at measurement site:	0.01
<b>Temperature T</b>	
Initial temperature of atmosphere (°C):	10.50 (Calculated when forcing is used)
<b>Humidity q</b>	
Specific humidity at model top (2500 m, g/kg):	1,21
Relative humidity in 2m (%):	50 (Ignored when forcing is used)

Figura 256 Dados meteorológicos para simular o microclima para o período de verão e inverno

Por forma a melhor analisar o impacto da reconversão, selecionou-se um local (A) no interior de um logradouro (Figura V) e mediram-se aí as três variáveis climáticas ambientais. No período de verão, o cenário verde é sempre mais confortável (Quadro I). Embora a temperatura do ar seja umas décimas de grau inferior no cenário verde, é nas outras duas variáveis que se nota maiores

ganhos de conforto. A temperatura média radiante é sempre inferior no cenário verde, verificando-se um arrefecimento de 4 ° C às 12h, o mesmo se passando com a humidade relativa, com ganhos de 5% no período das 9h. No inverno, há pouca diferença no que concerne a temperatura do ar (Quadro II). A temperatura média radiante é sempre inferior no cenário verde em todos os horários, situação espectável dada a menor radiação solar e o maior ensombramento. Porém, a humidade relativa é sempre superior no cenário verde, principalmente no período das 9h, onde se regista um valor 6% superior ao verificado no cenário impermeabilizado.

Logradouro impermeabilizado



Logradouro verde



Figura 257 Local selecionado – A – para comparar as variáveis climáticas nos dois cenários

Tabela 109 Variáveis climáticas simuladas e medidas no local A para o período de verão

Variável	Horário	Cenário impermeabilizado	Cenário verde
<b>Temperatura do ar (°C)</b>	9h	22.2	21.9
	12h	25.1	24.9
	15h	27.5	27.6
	20h	25.6	25.2
<b>Temperatura média radiante (°C)</b>	9h	59.7	58.1
	12h	59.0	55.1
	15h	66.7	63.9
	20h	19.7	19.0
<b>Humidade relativa (%)</b>	9h	52.6	57.8
	12h	48.3	52.2
	15h	47.9	48.4
	20h	50.5	51.9

Tabela 110 Variáveis climáticas simuladas e medidas no local A para o período de inverno

Variável	Horário	Cenário impermeabilizado	Cenário verde
<b>Temperatura do ar (°C)</b>	9h	11.9	11.8
	12h	13.3	13.2
	15h	14.4	14.4
	20h	12.7	12.2
<b>Temperatura média radiante (°C)</b>	9h	55.3	53.5
	12h	52.5	48.2
	15h	59.6	56.4
	20h	6.7	5.8
<b>Humidade relativa (%)</b>	9h	63.8	70.2
	12h	59.7	65.5
	15h	59.1	61.7
	20h	63.1	65.4

A diminuição da T<sub>mr</sub> está diretamente relacionada com uma melhoria da sensação de conforto térmico. Espacialmente, este comportamento verifica-se no menor aquecimento nas áreas verdes, quando comparadas com áreas impermeabilizadas, traduzindo-se num maior conforto térmico para quem está na envolvente destes locais (Figura VI). De facto, pavimentos convencionais de asfalto, escuros, como os presentes nas vias rodoviárias, caracterizam-se por valores baixos de refletividade e valores altos de emissividade térmica e absorção, sendo, portanto, menos frescos do que pavimentos mais claros. Por outro lado, a presença de vegetação implica um processo natural de evapotranspiração que se traduz em ambientes mais frescos, e, conseqüentemente, mais confortáveis.

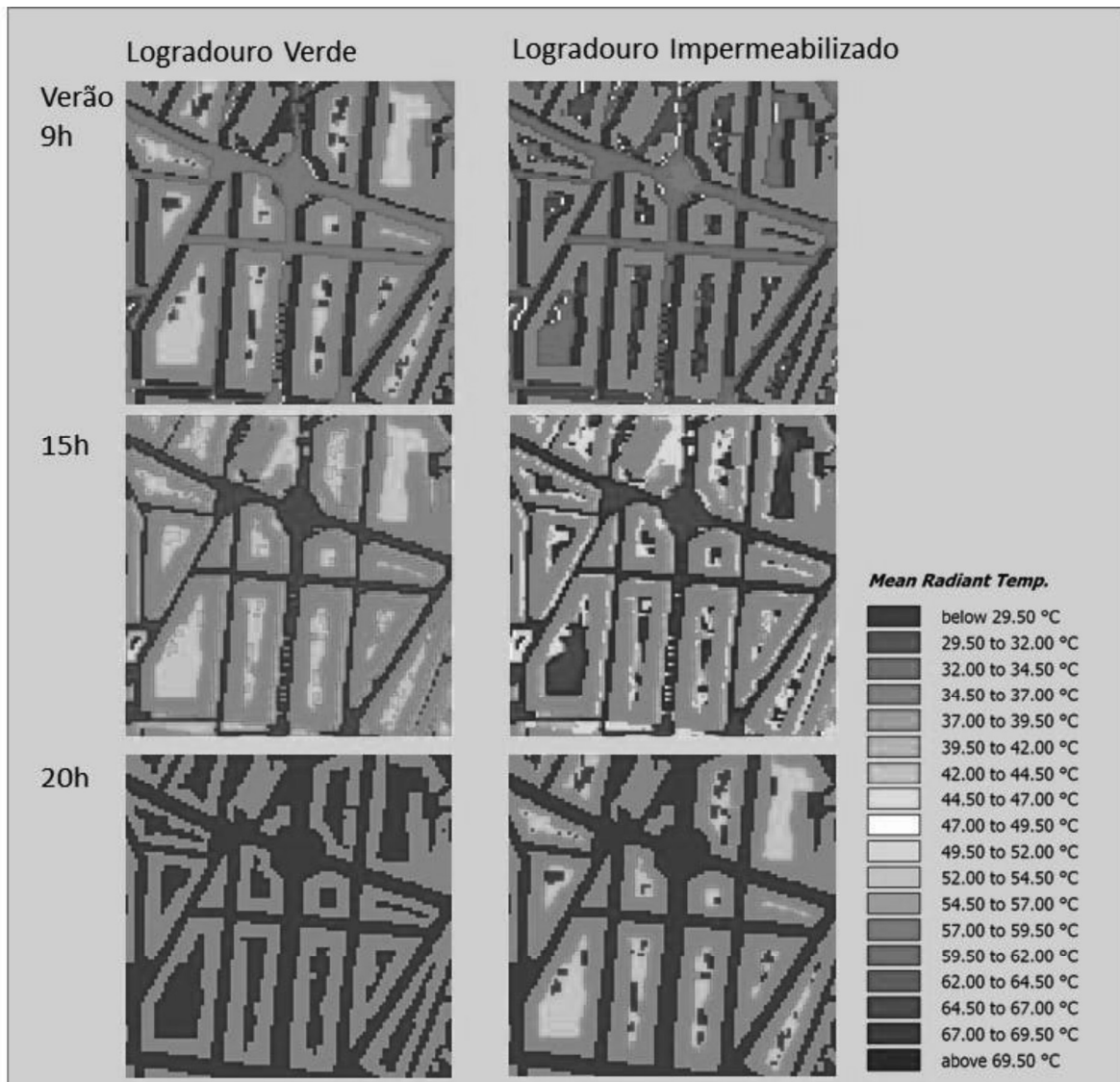


Figura 258 Resultado da modelação da temperatura radiante média do ar para os cenários de logradouro impermeabilizado e logradouro verde, na situação de verão

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados da simulação microclimática permitem comparar o conforto térmico em vários cenários. Através da modelação, os potenciais ganhos para o conforto urbano resultantes do planeamento de espaços verdes podem ser estimados, e servir de apoio à decisão num contexto de promoção da sustentabilidade ambiental ao nível local.

Os resultados indicam que os logradouros podem e devem ser considerados como parte integrante de soluções de planeamento urbano que visem um ambiente mais sustentável à escala da cidade, mas que podem também constituir um contributo relevante para o conforto da vivência à escala local.



Futuros trabalhos incluem a análise de outros períodos climáticos na cidade de Lisboa, bem como diferentes tipos de materiais como árvores ou coberturas verdes, com influência direta no conforto térmico.

## 5. BIBLIOGRAFIA

Bruse, M., Fler, H. (1998). Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling and Software* 13(3-4):373-384.

Santos, T. (2011). *Producing Geographical Information for Land Planning using VHR Data: Local Scale Applications*. LAP LAMBERT Academic Publishing.

DGT – Direcção-Geral do Território: <http://www.dgterritorio.pt/> (acedido a 6 de setembro de 2018)