

# a.obra.nasce

revista.de.arquitetura.e.urbanismo.da.universidade.fernando.pessoa

10



# ficha técnica

## Título

**A OBRA NASCE**  
revista de Arquitetura e Urbanismo  
da Universidade Fernando Pessoa  
nº10, dezembro de 2015

## Edição

edições Universidade Fernando Pessoa  
Praça 9 de Abril, 349 | 4249-004 Porto  
Tlf. +351 225 071 300 | Fax. +351 225 508 269  
edicoes@ufp.pt | www.ufp.pt

## Direção

**Álvaro Monteiro** (Diretor da Faculdade de Ciência  
e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa)

## Conselho de Redação

**Luis Pinto de Faria** (Professor Associado na Universidade Fernando Pessoa)  
**Rui Leandro Maia** (Professor Associado na Universidade Fernando Pessoa)

## Coordenação Científica

**Sara Sucena** (Professora Auxiliar na Universidade Fernando Pessoa)

## Conselho Científico

**Antonella Violano** (Facoltà di Architettura "Luigi Vanvitelli"  
della Seconda Università degli Studi di Napoli)  
**Avelino Oliveira** (Professor Auxiliar na Universidade Fernando Pessoa)  
**Clovis Ultramari** (Professor na Pontifícia Universidade Católica do Paraná)  
**Conceição Melo** (Mestre em Projecto e Planeamento do Ambiente Urbano FRUP/FEUP)  
**João Castro Ferreira** (Professor Auxiliar na Universidade Fernando Pessoa)  
**Luís Pinto de Faria** (Professor Associado na Universidade Fernando Pessoa)  
**Paulo Castro Seixas** (Professor Associado no ISCSP – Universidade de Lisboa)  
**Rui Leandro Maia** (Professor Associado na Universidade Fernando Pessoa)  
**Sandra Treija** (Vice-Dean of the Faculty of Architecture  
and Urban Planning of Riga Technical University)  
**Sara Sucena** (Professora Auxiliar na Universidade Fernando Pessoa)  
**Teresa Cáliz** (Professora Auxiliar na Faculdade  
de Arquitectura da Universidade do Porto)

## Composição

**Oficina Gráfica da Universidade Fernando Pessoa**

## ISSN

2183-427X

Reservados todos os direitos. Toda a reprodução ou transmissão, por qualquer forma, seja esta mecânica, electrónica, fotocópia, gravação ou qualquer outra, sem a prévia autorização escrita do autor e editor é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infractor.

# **Infraestrutura verde integrada na envolvente edificada como elemento de regeneração urbana** **Green infrastructure integrated into the building envelope as an urban regeneration element**

**Pedro Santiago**, ARQUITETO

Mestre Assistente, Faculdade de Ciência e Tecnologia  
da Universidade Fernando Pessoa

Doutorando na Universidade Politécnica de Valência

[psantiag@ufp.edu.pt](mailto:psantiag@ufp.edu.pt)

**Vicente Blanca Giménez**, ARQUITETO

Professor Titular, Departamento de Construcciones Arquitectónicas,  
Universidad Politécnica de Valencia

[vblanca@csa.upv.es](mailto:vblanca@csa.upv.es)

**RESUMO**

A cidade é a maior invenção do ser humano, representa a capacidade que este tem de construir o seu próprio habitat, o seu próprio ecossistema, de manipular o meio para criar a suas próprias condições. É o elemento polarizador da sua evolução, o seu próprio ambiente, resultado da vontade humana, do seu estado enquanto civilização, reflexo da sua capacidade tecnológica e da sua vontade e capacidade. Reflexo da sua cultura, espelha o que de melhor conseguimos fazer. Frequentemente representa também um foco de problemas para o seu bem-estar físico e psicológico. Constitui um sistema que adquire a sua própria vontade e independência, gerando problemas imprevisíveis em várias ocasiões. O tecido de edifícios e canais que a constituem, os sistemas construtivos utilizados na sua construção, apresentam diversas características que contribuem para fenómenos que o ser humano não consegue antecipar e que se convertem em compromissos para a sua qualidade de vida, comprometendo o seu objetivo primordial. Neste artigo serão estudados dois fenómenos urbanos negativos que consistem na ilha de calor urbana e na qualidade do ar. Como forma de mitigar estes dois problemas, recorreremos à envolvente do edifício, a sua pele, como elemento simultaneamente atenuador e catalizador a partir de soluções que integrem vegetação na sua composição.

**PALAVRAS-CHAVE**

Fachadas verdes; Coberturas verdes; Ilha de calor urbana; Qualidade do ar; Cidades sustentáveis

**1. INTRODUÇÃO**

Vivemos num planeta cada vez mais urbano. O número de cidades aumenta a cada ano e o número de seres humanos a viverem neste meio é cada vez maior. Como elemento centralizador, a cidade sempre atraiu grandes massas humanas, atingindo proporções por vezes incontroláveis, ultrapassando a sua capacidade natural de resposta incluindo os seus sistemas de ordenamento, planeamento e organização. Ao longo da história, esta situação muitas vezes gerou problemas de salubridade e segurança que obrigaram à

**ABSTRACT**

The city is the greatest invention of the human being representing the ability that he has to build his own habitat, his own ecosystem, to manipulate the medium to create his own conditions. It is a driving force in his evolution, his own environment, the result of human will, of his status as a civilization, a reflection of his technological capacity and his willingness and ability. Reflection of his culture, expresses the best of what he can do. Often also represents a focus of problems for his physical and psychological well-being. It constitutes a system that acquires its own will and independence, creating unpredictable problems on several occasions. The fabric of buildings and canals that constitute the construction systems used in its construction, have several characteristics that contribute to phenomena that humans can not anticipate and that convert into commitments to their quality of life, compromising its primary goal. In this article we will study two negative urban phenomena consisting of the urban heat island and air quality. In order to mitigate these two problems, we will use the building envelope, its skin, as simultaneously attenuator and catalyst element from solutions that integrate vegetation in its composition.

**KEYWORDS**

Green facades; Green roofs; Urban heat island; Air quality; Sustainable cities

criação de soluções como por exemplo os sistemas de canalização ou a abertura de grandes avenidas, alterando a sua imagem, paisagem, morfologia e carácter. O próprio uso e forma da cidade foram sofrendo alterações resultantes dessas soluções estruturantes, com fenómenos de migração de segmentos da população em várias zonas do seu tecido. A evolução e a transformação das cidades alteram as suas necessidades estruturais e espaciais, com o objectivo de manterem a sua sustentabilidade e capacidade.

Metade da população mundial vivia em áreas urbanas até o final de 2008, prevendo-se que esta percentagem represente cerca de 70 por cento em 2050 [ONU, 2008]. Dada esta perspectiva de futuro há uma tarefa enorme para os planeadores urbanos que reside na organização das cidades: gerar um lugar de vida para todos e garantir a qualidade de vida para os seus habitantes.

Há muitos aspectos que atualmente influenciam a qualidade de vida urbana. Desde factores sociais, infra-estruturais, até à concepção espacial e ao conforto. Um dos mais importantes e essenciais é o microclima de uma área urbanizada, um dos elementos que conduziu à sua própria criação, ou seja, a protecção dos elementos naturais, representa agora um problema, uma vez que este habitat, este ecossistema criado pelo ser humano tem o seu próprio clima que nem sempre é o mais favorável. Este fenómeno envolve a temperatura, vento, humidade relativa e poluição do ar. A qualidade de vida urbana tem um grande significado para a sociedade. O microclima urbano é um dos elementos que mais diretamente a influencia. Embora muitos estudos evidenciem a importância de um bom microclima urbano, é difícil encontrar uma visão clara e facilmente acessível de medidas ou estratégias com as quais o clima urbano possa ser melhorado. Projetar uma área urbana implica a responsabilidade de criar um bom microclima urbano. (Kleerekoper et al., 2009)

O aquecimento global está a alterar o clima numa escala mundial. Em geral, a temperatura nas cidades é maior do que nas áreas rurais periféricas. Este fenómeno é geralmente descrito como o efeito 'Ilha de Calor Urbana' (ICU). Nas últimas décadas a expansão das cidades tornou as áreas rurais mais urbanizadas e o núcleo das cidades mais denso, apresentando mais área pavimentada e menos vegetação, alterações que antecipam um agravar do efeito ICU.

A par deste problema e em extrema relação e articulação, encontramos a questão da qualidade do ar.

## 2. O CLIMA URBANO E A QUALIDADE DE VIDA

Um microclima urbano representa um clima diferenciado numa zona urbana de pequena escala, e é constituído pela

influência do meio ambiente construído sobre as condições climáticas de maior escala. As variáveis atmosféricas de um microclima podem desviar-se substancialmente das condições prevaletentes sobre uma área maior. Em outras palavras: o desenho de uma cidade e dos seus componentes define as condições para os seus microclimas. Esta influência sobre o clima é um dos principais motivos por que o ser humano começou a construir. Os edifícios, por muito primitivos que sejam, providenciam sempre abrigo dos elementos naturais.

Antes da era da utilização de energia fóssil e de instalações técnicas em edifícios, desenvolveram-se várias técnicas de construção passiva para atenuar os efeitos negativos do clima e usufruir dos seus efeitos positivos. Exemplos dessa arquitetura e organização urbana vernácula, sensível às condições climática, ainda se encontram facilmente em várias partes do globo [Olgay, 1963]. Em climas quentes e húmidos ao nível do equador, a disposição dispersa de edifícios com grandes espaços abertos entre si permite brisas refrescantes, enquanto grandes beirais do telhado proporcionam sombra do sol. As paredes são praticamente inexistentes uma vez que inibem a circulação do ar e não têm nenhuma função como elementos de sombreamento tal é a verticalidade da radiação direta. Em climas quentes-áridos as disposições densas fornecem simultaneamente sombreamento de edifícios e espaços públicos. Grandes massas térmicas atenuam a grande curva de variação de temperatura diurna. Pátios extremamente sombreados com a presença de lagos e vegetação criam sistemas naturais de refrigeração.

Em climas frios a compacidade é essencial com o propósito de minimizar a superfície exposta ao frio. Além disso, a massa térmica é utilizada em combinação com materiais isolantes para minimizar as perdas de calor. A disposição densa mas irradiada garante a utilização optimizada da energia do sol e bloqueia os ventos frios. Os climas temperados permitem um grau relativamente elevado de liberdade no que diz respeito à arquitetura e desenho urbano, porque as tensões térmicas são pequenas. Existem no entanto algumas dicotomias: é necessário o acesso solar dos edifícios e espaços públicos no inverno, enquanto a sua protecção ao mesmo elemento é indispensável no verão. Além disso, é necessário abrigar dos ventos frios e intensos do

inverno; no entanto devem ser permeáveis às brisas refrescantes durante os meses mais quentes.

Os exemplos anteriores de desenho vernáculo mostram que o desenho urbano e arquitetura influenciam os microclimas e o bem-estar físico dos seres humanos. Ao longo da história, esta influência tem sido motivo de preocupação no desenho e políticas urbanas.

Depois de 1850, a população das cidades europeias cresceu dramaticamente como resultado da revolução industrial. A enorme procura de habitação conduziu à construção de conjuntos habitacionais de carácter espontâneo e resultou em bairros degradados, habitados principalmente por trabalhadores. Após fortes críticas contra essas más condições de vida por parte dos próprios habitantes, vários países começaram a fazer planos e políticas para melhorar a situação criando espaço para o aparecimento de novos conceitos urbanos como resposta aos problemas existentes.

Exemplos bem conhecidos são a renovação de Paris e o conceito da Cidade Jardim de Haussmann, com base na obra de Ebenezer Howard "To-morrow: A Peaceful Path to Real Reform" de 1898 (Parsons, K. et al.; 2002), criando modelos que foram adoptados em todo o mundo. O movimento modernista apresentou também ideias claras sobre as responsabilidades dos arquitetos e urbanistas em matéria de saúde pública; na Carta de Atenas (CIAM, 1933), promovendo vários conceitos de desenho urbano, como a separação de zonas de tráfego e residenciais, a penetração do sol em cada habitação e amplos espaços verdes – tudo por questões de saúde.

Após a Segunda Guerra Mundial o foco deslocou-se para os aspectos socioculturais da arquitetura e do planeamento. Foram necessários planos de grandes áreas urbanas para a reconstrução da Europa, mas também para responder ao aumento da população e da prosperidade geral. O bairro tornou-se a pedra angular do planeamento e concepção urbana; tornou-se a unidade socioespacial da cidade que contém todas as funções relacionadas com a sua tipologia residencial.

O clima do interior dos edifícios tornou-se controlável. O progresso da tecnologia trouxe a introdução de sistemas

técnicos de controlo deste elemento, diminuindo a necessidade de um pré-condicionamento a partir de e através do desenho urbano e da arquitetura.

O tema da saúde recuperou a atenção na década de noventa, quando na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Cimeira da Terra, se afirmou que "os seres humanos estão no centro das preocupações do desenvolvimento sustentável. Têm direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza" (ONU, 1992). Durante esta conferência, o desenvolvimento sustentável foi definido como uma combinação harmoniosa dos três "P": "Pessoas", "Planeta" e "Prosperidade" (ONU, 2002), termos que representam a sustentabilidade social, ecológica e económica.

No que diz respeito ao clima urbano, há duas escalas que são importantes (Oke, 1982, 1987). A cidade como um todo altera as condições climáticas regionais, o que resulta em diferenças climáticas entre a cidade e sua área envolvente (rural). Este clima alterado prevalece na camada limite urbana – acima das coberturas da cidade – e é bastante homogêneo ao longo da zona urbana. Em contraste, o clima na camada de canópia urbana, ou seja, abaixo do nível das coberturas, nos espaços entre os edifícios, pode variar significativamente dentro de uma área de pequena dimensão. Estes microclimas constituem a envolvente imediata de pessoas na cidade e influenciam directamente o seu bem-estar físico.

### 3. A ILHA DE CALOR URBANA

O microclima urbano, como já referido, é altamente influenciado pela morfologia, materialização e paisagem do ambiente urbano. O efeito ICU é um fenómeno onde a temperatura do ar urbano é mais elevada do que a do meio ambiente circundante. A extensão das diferenças de temperatura varia no tempo e lugar como resultado de características meteorológicas, de localização e urbanas. O efeito ICU pode ser encontrado tanto na camada limite urbana (CLU) como na camada de canópia urbana (CCU) e tem as seguintes causas (Oke, 1987; Santamouris, 2001):

A absorção de radiação de onda curta do sol em materiais de baixo albedo e captura e absorção por múltiplas reflexões entre edifícios e superfície rua.

A diminuta perda de calor em forma de radiação de onda longa nos canais urbanos é causada pela obstrução do céu por edifícios, árvores e outros objetos. O calor é interceptado pelas superfícies obstrutivas, e é irradiado para a atmosfera ou é absorvido no tecido urbano.

A absorção e re-emissão de radiação de onda longa pela poluição do ar na atmosfera urbana – efeito semelhante ao efeito estufa.

A libertação de calor antropogénico por processos de combustão, tais como tráfego, aquecimento de espaços edificados e indústrias.

A diminuição da transferência de calor interior das ruas causada por uma redução da velocidade do vento.

O aumento de armazenamento de calor através da construção com materiais de grande inércia térmica. As cidades têm uma área de superfície de absorção maior em comparação com as zonas rurais e, portanto, armazenam mais calor.

A diminuição da evaporação das áreas urbanas devido a 'superfícies impermeabilizadas' – materiais menos permeáveis e menos vegetação em relação às áreas envolventes. Como consequência, mais energia é transformada em calor sensível e menos em calor latente.

#### 4. QUALIDADE DO AR EM ZONAS URBANAS

A qualidade do ar é basilar no nível de qualidade de vida do ser humano. Com uma grande parte da população a viver em meios urbanos, a qualidade do ar nestas zonas é de extrema importância. No entanto, a cidade reúne condições muito desfavoráveis para este fator que se estendem desde os meios de deslocação prioritários com recurso a combustíveis fósseis, até à indústria e à geração de energia tão dependentes dos mesmos recursos energéticos, passando pelo desenho urbano que muitas vezes cria condições

de fluxo de ar que impede a remoção de elementos nocivos para a saúde.

A distribuição da concentração de poluentes na canópia urbana está extremamente relacionada com o padrão de fluxo de vento existente e dominante. Este transporta poluentes por advecção e mistura-os com um ar mais limpo por turbulência. A atuação de ambos os processos permite a diluição dos poluentes que, geralmente, estão presos e/ou depositados em situações onde a velocidade do vento é baixa ou onde a possibilidade de mistura com outro ar é limitada, como por exemplo no centro de vórtices ou em espaços com ar estagnado.

A poluição atmosférica nos centros urbanos é um problema mundial e vários estudos efetuados, por exemplo, na China (Jim & Chen, 2008), Europa (Raaschou-Nielsen et al., 2013a), Índia (Deshmukh et al., 2013; Rai & Kulshreshtha, 2006), Tailândia (Phoothiwut & Junyapoon, 2013), ou Grécia (Vlachokostas et al., 2012) comprovam-no e apontam as partículas presentes no ar como um componente importante do mesmo.

Grupos 'de poluição atmosférica' juntam os efeitos de uma vasta gama de gases e aerossóis, incluindo partículas muito finas. Alguns têm impactes profundos para a saúde humana tal como o dióxido de azoto e certas partículas que provocam asma (Anderson et al., 2013; Gehring et al., 2010; Kheirbek et al., 2013) e risco acrescido de cancro (Raaschou-Nielsen et al., 2013a); outros têm impacte sobre os ecossistemas, tais como enxofre e óxidos de azoto (Bignal et al., 2004; Lovett, 1994); alguns têm efeitos globais, tais como o dióxido de carbono (alterações climáticas) e clorofluorcarbonetos (CFCs) na formação do buraco do ozono (Solomon, 2004). A mortalidade substancial decorrente da poluição atmosférica em 1952, no período do "London Smog", conduziu no Reino Unido ao Clean Air Act em 1956 (Harrison, 1992). A qualidade do ar melhorou com a sua revisão sucessiva e implementação de nova legislação substanciada na experiência e conhecimento adquirido. A estratégia actual contém os objectivos da qualidade do ar e o limite de directiva da UE para os poluentes. O sumário executivo contém uma declaração ousada e preocupante: "Estima-se atualmente que a poluição atmosférica reduz a expectativa de vida de cada pessoa no Reino Unido numa

média de 7 a 8 meses." Refere-se ao grupo exposto aos mais altos níveis de poluição, ou o mais suscetível (O'Neill et al., 2012), cuja expectativa de vida encurta consideravelmente em relação a alguém que habite numa área não poluída. Na Estónia, (Ortu et al., 2011) estimou-se que a redução da expectativa de vida pode ser superior a 12 meses nos centros das cidades poluídas.

### 5. O EFEITO DA VEGETAÇÃO NA REDUÇÃO DO EFEITO ILHA DE CALOR

A vegetação tem um papel extremamente importante no microclima urbano, funcionando como elemento regulador a vários níveis desde através da sombra projetada, passando pela sua tonalidade natural até à sua capacidade evapotranspirativa.

De acordo com Stülpnagel et al. (1990) o impacto de um espaço verde ou com vegetação no clima local:

- > está relacionado com a área (quanto maior a área verde, melhor)
- > se estende mais a favor do vento do que contra o vento
- > é mais presente com velocidades de vento superiores
- > é mais presente em áreas urbanas mais abertas e com espaços verdes adicionais
- > demonstrou que áreas verdes situadas numa depressão ou fechadas por paredes ou vegetação alta têm menor impacto
- > mostrou que a fragmentação interna de áreas verdes por superfícies impermeáveis (por exemplo, estradas) reduz o seu valor.

Buyantuyev e Wu (2010) consideraram a vegetação mais eficiente na redução do efeito de ilha de calor no período diurno, uma vez que a maioria das plantas fecha os seus estomas durante a noite reduzindo a transpiração. Stülpnagel et al. (1990) registou que em noites calmas poderia haver uma di-

ferença de temperatura de 9°C entre o centro de Berlim e a paisagem circundante. Buyantuyev e Wu (2010) encontraram a mesma diferença quando compararam proximidades com e sem vegetação em zonas de Phoenix no Arizona. Gedzelman registou em Nova Iorque cerca de 8°C de diferença. A ilha de calor está sujeita a modificações de acordo com as condições meteorológicas locais, sazonais e periódicas, com o efeito de redução ou deslocação da sua localização original na direção dominante dos ventos (Gedzelman et al., 2003).

### 6. O EFEITO DA VEGETAÇÃO NA QUALIDADE DO AR URBANO

A vegetação pode ajudar a reduzir a gama de poluentes do ar, quer por depósito directo das partículas em superfícies, com produtos químicos orgânicos voláteis lipossolúveis a serem absorvidos directamente através da cutícula (por exemplo PCB – bifenilos policlorados) ou, como acontece com gases, pelo estoma (Barber et al., 2002) como o são algumas partículas ultrafinas (<0,1 µm) (Fowler, 2002). Em termos da sua capacidade de remoção de poluentes, diferentes tipos de vegetação, espécies, variedades e ecotipos podem apresentar diferentes características e valores de absorção. É cada vez mais claro que a deposição na vegetação não é um processo simples (Lovett, 1994). Inevitavelmente, o tamanho a vegetação é um fator importante, ou seja, quanto maior a árvore, maior a sua capacidade de absorção.

As plantas filtram a poeira e pequenas partículas do ar (Beckett et al., 1998; Rentao et al., 2008; Dochinger, 1980; Hosker & Lindberg, 1982; Smith & Jones, 2000; Stülpnagel et al., 1990; Varshney & Mitra, 1993) e as taxas de deposição são mais elevadas do que em superfícies edificadas e de solo impermeabilizado (Pugh et al., 2012). A vegetação é de especial valor para os habitantes urbanos; a baixa circulação do ar em cidades resulta em concentrações elevadas de pequenas partículas, maioritariamente emitidas pelos veículos a motor, especialmente a gasóleo (Chaloulakou et al., 2003; Paoletti et al., 1989). Além das partículas de carbono dos gases de escape, a poeira libertada pelos compostos das estradas também contém outras partículas que têm origem no desgaste do funcionamento dos motores: tipicamente são compostos por ferro, cromo e níquel. Espinosa et al. (2001) encontraram cádmio, cálcio, cobalto,

cobre, ferro, magnésio, manganês, chumbo, níquel, titânio e vanádio em aerossóis urbanos em Sevilha, Espanha.

As partículas em suspensão são removidas por três processos principais: sedimentação (por gravidade), deposição (por meio de precipitação), e, particularmente importante no que diz respeito à função de vegetação, compactação através do vento, ou seja, quanto menor a partícula, mais eficaz é o processo de compactação (Smith, 1977).

No entanto há aspetos negativos nesta solução, pois mesmo que a vegetação seja capaz de capturar partículas e de as remover do ar, não é imune a problemas causadas por esses mesmos elementos, como a obstrução de estomas, que afetam a eficiência fotossintética, promovendo maior vulnerabilidade a doenças, etc. (Prajapati & Tripathi, 2008; Prusty et al., 2005; Rai & Kulshreshtha, 2006). As partículas podem conter materiais que são tóxicos para algumas plantas, e até mesmo a acção física de partículas que têm impacto sobre as folhas pode resultar em danos abrasivos (ver Beckett et al., 1998).

A capacidade de absorção pela vegetação de alguns tipos de gases como o dióxido de carbono é de conhecimento geral e representa um tema muito presente nos debates atuais pelo conhecido efeito estufa provocado pela sua libertação para a atmosfera sem qualquer tipo de compensação, desequilibrando o balanço percentual da sua composição e contribuindo para o aquecimento global. Esta capacidade cruza a melhoria da qualidade do ar com a mitigação do efeito de ilha de calor urbana pois a acumulação de funções de aprisionamento de gases de efeito estufa com as de sombreamento de superfícies e evapotranspiração, que, por sua vez, reduzem significativamente a necessidade de sistemas mecânicos de arrefecimento de edifícios e conseqüentemente diminuem a emissão desses mesmos gases pelos aparelhos de climatização, constituindo um sistema de melhoria da qualidade de vida em zonas urbanas a vários níveis.

## 7. CASO DE ESTUDO – EDIFÍCIO DE COMÉRCIO E SERVIÇOS

O edifício em causa está situado na cidade do Porto, mais concretamente na rua de José Falcão. Está atualmente devo-

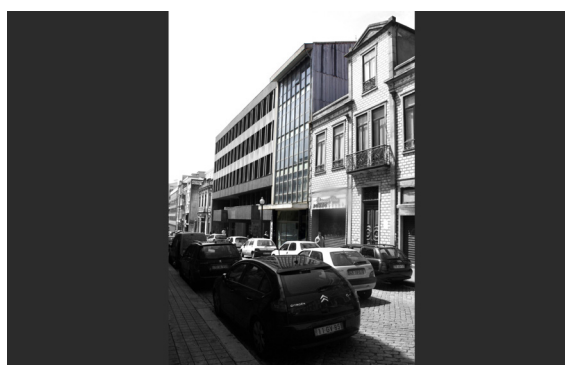
luto, no entanto, a sua ocupação inclui um estabelecimento comercial no piso térreo e cave, sendo os 3 pisos acima deste de escritórios. A área de construção corresponde à totalidade de ocupação do lote, verificando-se a impermeabilização de 100% do terreno disponível. O edifício é da autoria do arquiteto José Carlos Loureiro, representando por isso uma peça sensível a alterações profundas. Como se pode verificar na figura 1, o quarteirão não tem qualquer elemento verde, constituindo uma área totalmente impermeabilizada.



**Fig. 1.** Pormenor do quarteirão

Fonte: Pedro Santiago

Para além deste fator, verifica-se também uma forte presença de trânsito automóvel, situação típica desta área da cidade, principalmente durante o dia no horário de funcionamento do sector dos serviços e comércio. A existência de alguns edifícios de recolha de viaturas agrava também a presença deste elemento na cidade, conforme se verifica na figura 2.



**Fig. 2.** Características do local

Fonte: Pedro Santiago

## 8. ANÁLISE DA SITUAÇÃO EXISTENTE

Procedeu-se à análise da situação existente a partir da modelação do edifício e da envolvente direta em ambiente virtual recorrendo ao programa archicad com o propósito da obtenção de resultados o mais fiéis possível, considerando todas as características volumétricas presentes.

A diferença altimétrica e volumétrica da envolvente têm uma influência direta no número de horas de exposição solar do edifício, contribuindo para a sua necessidade energética e comportamento passivo. As fachadas estão orientadas a nascente e poente, sendo a última muito condicionada pela presença edificada, conforme se pode verificar nas figuras 3, 4 e 5.

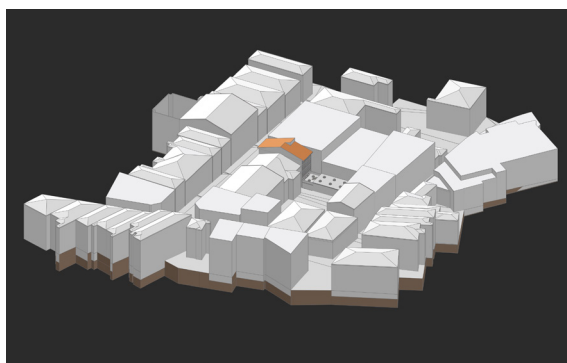
A análise do comportamento passivo do edifício sem qualquer intervenção foi efectuada a partir do programa ecodesignerstar, resultando nas seguintes variações de temperatura interior nos compartimentos dedicados a escritórios, separados por pisos e por orientações de fachada, permitindo perceber as variações dependentes também da envolvente edificada. As datas seleccionadas para apresentação correspondem aos solstícios e equinócios, conforme figuras 6 e 7.

Podemos verificar que sem qualquer sistema de climatização o desfasamento da temperatura interior relativamente aos valores que definem o conforto interior é acentuado. A fachada oeste apresenta temperaturas mais elevadas que a este, no entanto, ambas necessitam de aquecimento e arrefecimento activo ao longo do ano. Verifica-se que os ganhos são superiores nos pisos mais elevados, o que se justifica pelo menor sombreamento dos elementos envolventes.



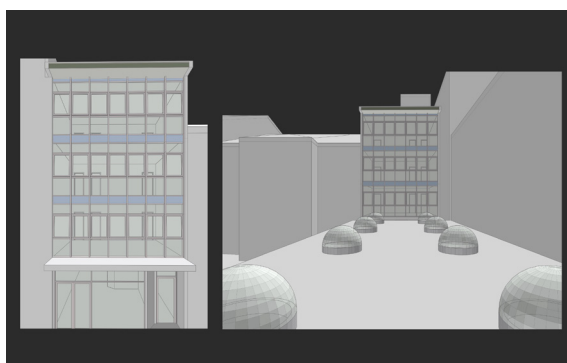
**Fig. 3.** Características do logradouro

Fonte: Pedro Santiago



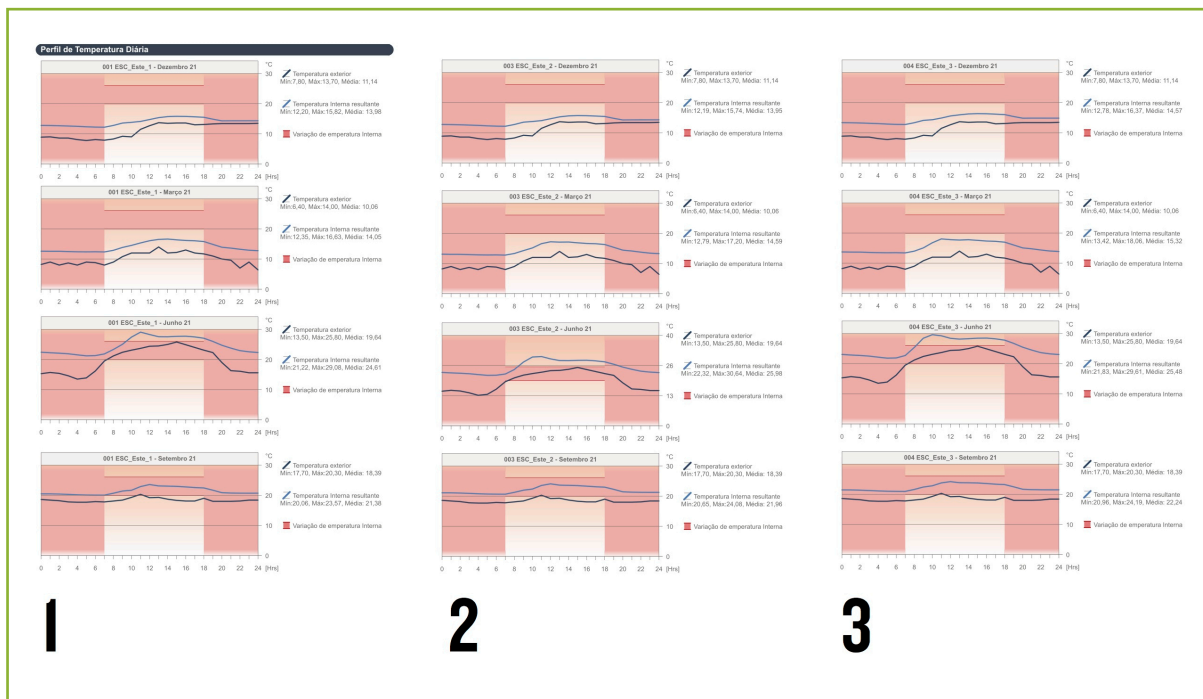
**Fig. 4.** Modelo tridimensional do local

Fonte: Pedro Santiago



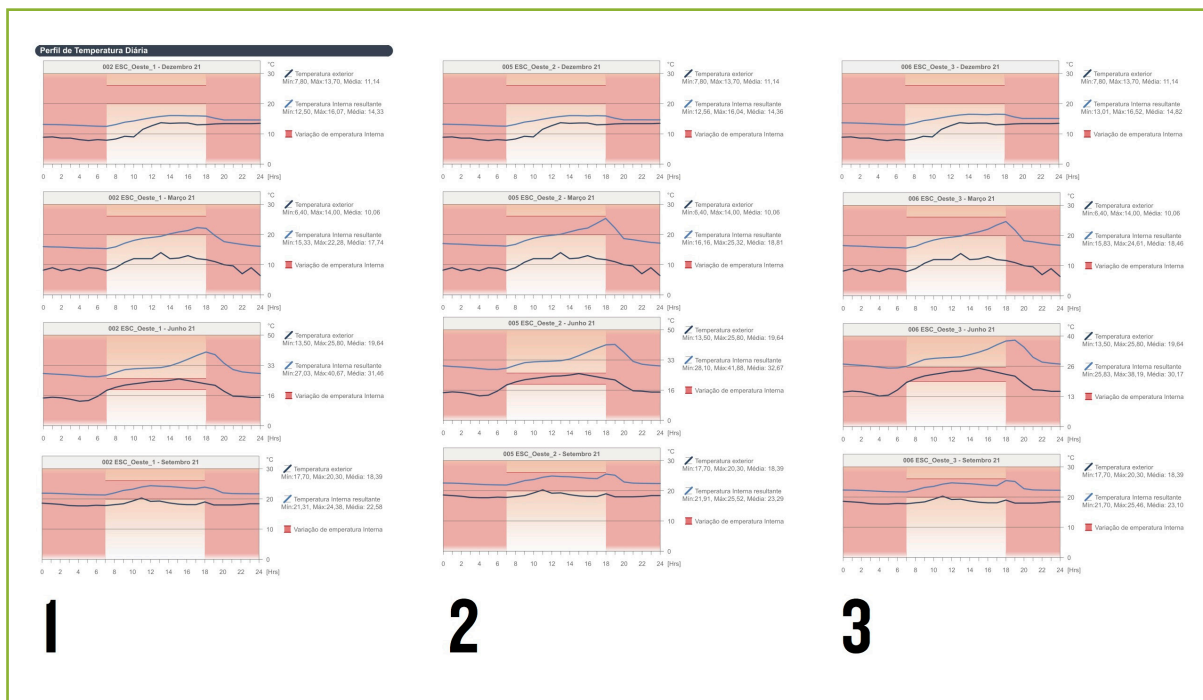
**Fig. 5.** Fachadas nascente e poente, respetivamente

Fonte: Pedro Santiago



**Fig. 6.** Perfis de temperatura diária da fachada voltada a este

Fonte: Pedro Santiago



**Fig. 7.** Perfis de temperatura diária da fachada voltada a oeste

Fonte: Pedro Santiago

## 9. PROPOSTA APRESENTADA

A solução proposta pretende integrar elementos vegetais em toda a envolvente do edifício sob a forma de coberturas e terraços ajardinados a par de vegetação integrada na fachada. Dado tratar-se de um edifício com limitações de intervenção pela qualidade do autor foi criado um segundo pano de fachada pelo interior, permitindo um pequeno jardim de inverno com vegetação vertical de folha caduca. A intenção é conseguir uma melhoria térmica, acústica e na qualidade da luz e do ar interior. Esta zona limite permite um controlo da ventilação natural em paralelo com uma maior privacidade, melhor isolamento acústico e benefício da capacidade de filtrar o ar poluído da vegetação.

O telhado e terraços serão isolados com coberturas vegetais, sendo os últimos visitáveis.

Nas figuras 8 e 9 podemos verificar os resultados desta mesma solução nas mesmas condições anteriormente apresentadas.

Podemos verificar que ao longo de todo o ano a temperatura dos compartimentos interiores se encontra sempre dentro dos valores da zona de conforto, independentemente da orientação solar e do piso em que se encontram. De notar também que a oscilação de temperatura é muito curta, sendo a curva praticamente plana em todas as datas. No entanto, nos meses mais frios correspondentes à primeira metade do ano, as temperaturas encontram-se sempre muito próximas do limite inferior, sendo que nos meses mais quentes, correspondentes à segunda metade, a situação inverte-se e a curva apresenta sempre valores próximos do limite superior.

## 10. ANÁLISE COMPARATIVA

Tomando em consideração o anteriormente referido, foi efectuada uma simulação energética comparativa recorrendo a um sistema de aquecimento, considerando que o arrefecimento seria sempre garantido pela ventilação natural. Os resultados podem ser verificados na figura 10.

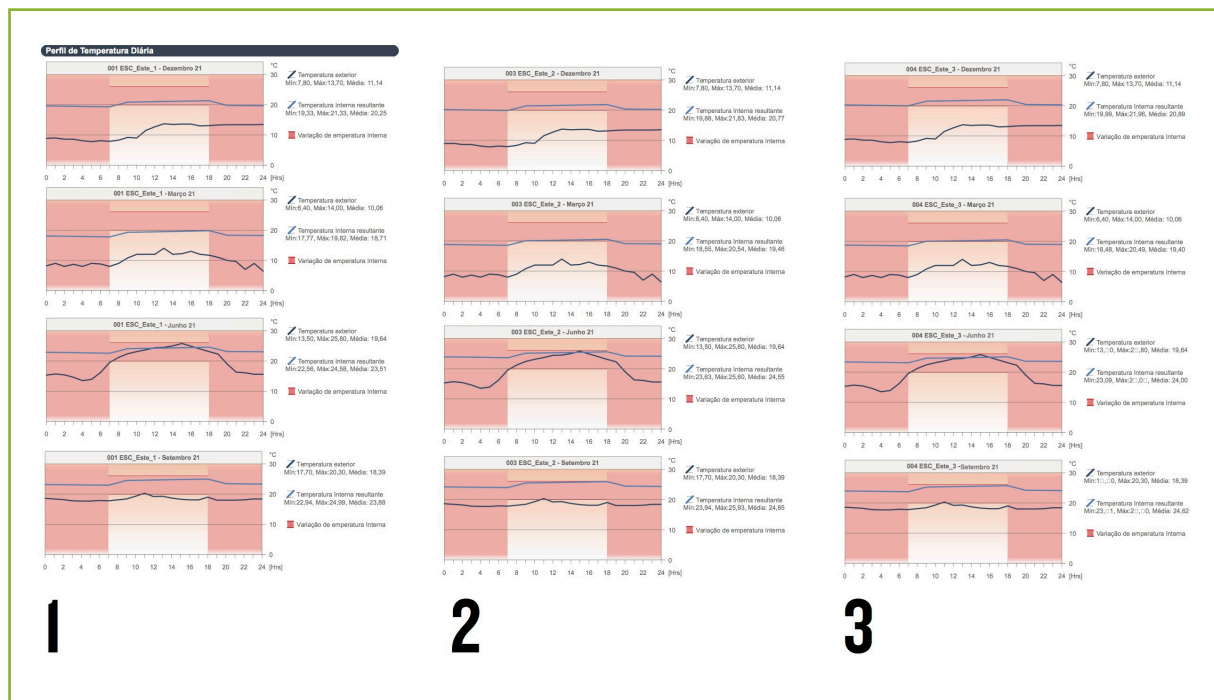


Fig. 8. Perfis de temperatura diária da fachada proposta voltada a este

Fonte: Pedro Santiago

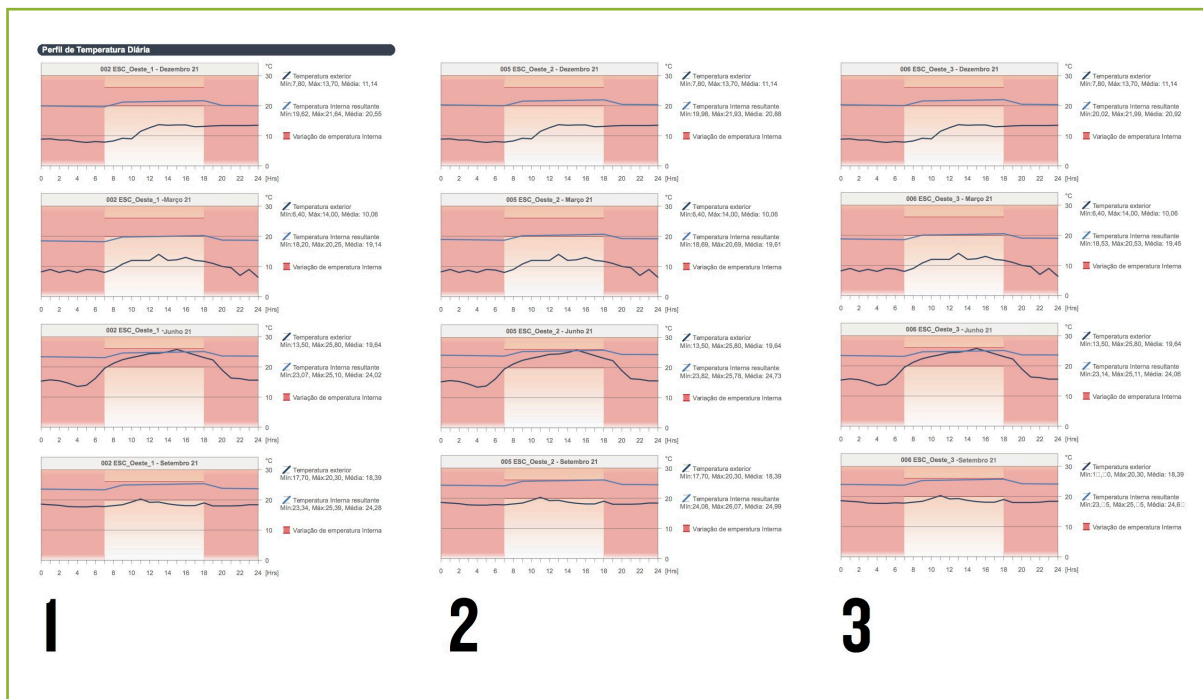


Fig. 9. Perfis de temperatura diária da fachada proposta voltada a oeste

Fonte: Pedro Santiago

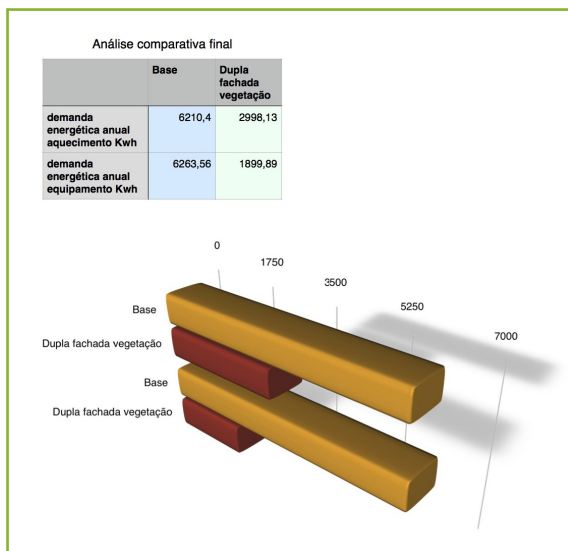


Fig. 10. Análise comparativa das duas soluções com sistemas ativos de aquecimento incorporados

Fonte: Pedro Santiago

Constata-se que a necessidade energética é inferior a 50% para a solução apresentada em relação à existente. Os resultados são evidentes em relação à vantagem da solução proposta. Uma maior eficiência, um menor consumo de energia, significa uma menor emissão de CO<sub>2</sub>. O resultado dos espaços interiores foi simulado numa imagem virtual que permite verificar os pontos atrás descritos sob a perspectiva da solução arquitectónica na figura 11.

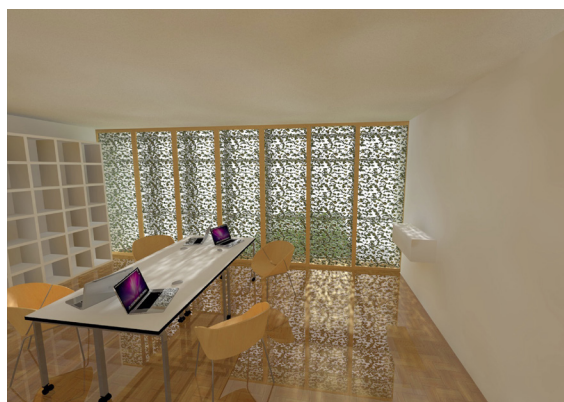


Fig. 11. Imagem simulada do interior

Fonte: Pedro Santiago

## 11. CONCLUSÃO

A solução simbiótica da vegetação com a dupla fachada resolve em pleno a questão do conforto térmico. Com esta solução pretende-se uma implementação de 350 m<sup>2</sup> de área verde num quarteirão da cidade que está desprovido de qualquer vegetação. Mitigar a poluição e o efeito de ilha de calor urbana pode começar por soluções semelhantes em zonas da cidade onde os constrangimentos podem impossibilitar a implementação de sistemas mais normalizados. A capacidade passiva de resolver a temperatura interior permite que os equipamentos a implementar necessitem de menos energia resultando em edifícios menos poluentes e mais “naturais” na sua qualidade interior e exterior. A envolvente do edifício, a sua pele, pode ser em alguns casos o suporte para equilibrar o excesso de construção e de impermeabilização do solo, funcionando também como elemento regenerador e regulador de temperatura urbana, qualidade do ar e conforto interior conduzindo a uma reduzida necessidade energética para climatização e uma menor emissão de CO<sub>2</sub>.

## BIBLIOGRAFIA

**Buyantuyev, A. e Wu, J. G.** (2010). Urban heat islands and landscape heterogeneity: linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns. *In: Landscape Ecology*, nº25, pp. 17–33.

**CIAM** (Congress Internationaux d'Architecture Modern) (1933). *The Athens Charter*. Translated by J. Tyrwhitt (1946). The Library of the Graduate School of Design, Boston, Harvard University.

**Deshmukh, D. K., Deb, M. K., e Mkoma, S. L.** (2013). Size distribution and seasonal variation of size-segregated particulate matter in the ambient air of Raipur city, India. *In: Air Quality Atmosphere and Health*, nº6, pp.259–276.

**Gedzelman, S. D. et al.** (2003). Mesoscale aspects of the Urban Heat Island around New York City. *In: Theoretical and Applied Climatology*, nº75, pp. 29–42.



**Fig. 12.** Solução final

Fonte: Pedro Santiago

- Jim, C. Y. e Chen, W. Y.** (2008). Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China). *In: Journal of Environmental Management*, n°88, pp.665–76.
- Kleerekoper, L.** (2009). *Urban Heat, Design principles for Urban Heat Management in the Netherlands*. Delft University of Technology, Delft Netherlands.
- Oke, T. R.** (1982). The energetic basis of the urban heat island [Symons Memorial Lecture, 20 May 1980]. *In: Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol 108, n°455, pp.1–24.
- Oke, T. R.** (1987). *Boundary layer climates*. New York, Routledge.
- Olgyay, V.** (1963). *Design with climate; bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton, Princeton University Press.
- Parson, K.e Schuyler, D.** (2002). *From garden city to green city, the legacy of Ebenezer Howard*. Baltimore and London, The Johns Hopkins University Press.
- Phoothiwut, S. e Junyapoon, S.** (2013). Size distribution of atmospheric particulates and particulate-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and characteristics of PAHs during haze period in Lampang Province, Northern Thailand. *In: Air Quality, Atmosphere and Health*, n°6, pp.397–405.
- Raaschou-Nielsen, D. et al.** (2013). Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *In: The Lancet Oncology*, n°14, pp.813–822.
- Rai, A. e Kulshreshtha, K.** (2006). Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants. *In: Journal of Food, Agriculture and Environment*, n°4, pp.253–259.
- Santamouris, M.** (2001). *Energy and Climate in the Urban Built Environment*. London, Earthscan.
- Stülpnagel, A. V., Horbert, M. e Sukopp, H.** (1990). The importance of vegetation for the urban climate. *In: H. Sukopp, S. Hejny e I. Kowarik (eds.), Urban Ecology*. The Hague, SPB Academic Publishing, pp.175–193.
- UN** (United Nations) (1992). *Report of the United Nations conference on environment and development, Rio de Janeiro*. New York, United Nations department of Economic and Social Affairs.
- UN** (United Nations) (2002). *Report of the world summit on sustainable development, Johannesburg*. New York, United Nations.
- U.N.: *Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects: The 2006 Revision and World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*. [Em linha]. Disponível em <<http://esa.un.org/unup>> [Consultado em 20-10-2008].
- Vlachokostas, C. et al.** (2012). Health effects and social costs of particulate and photochemical urban air pollution: a case study for Thessaloniki, Greece. *In: Air Quality Atmosphere and Health*, n°5, pp.325–334.