



# Guía de Boas Prácticas-LIFE myBUILDINGisGREEN

LIFE17 CCA/ES/000088

2018 - 2024



my building is green  
A LIFE PROJECT



REAL JARDÍN  
BOTÁNICO

Instituto de Ciencias de la Construcción  
EDUARDO TORROJA



DIPUTACIÓN  
DE BADAJOZ

Porto.

ALENTEJO  
CENTRAL

## DADOS DO PROJETO

Locais	Solana de los Barros (Extremadura, Espanha) Évora (Alentejo Central, Portugal) Porto (Norte, Portugal)
Data de início	01/09/2018
Data de conclusão	29/02/2024
Duração	66 meses
Orçamento total	2.854.102 €
Contribuição da UE (%) de custos elegíveis	1.697.369 € 59,99 %
Entidade coordenadora Entidades beneficiárias	Consejo Superior de Investigaciones Científicas Fundación CARTIF, Diputación de Badajoz, Município do Porto Comunidade Intermunicipal do Alentejo Central
Pessoa de contacto E-mail Site do projeto	Miguel Vega miguel.vega@rjb.csic.es <a href="https://life-mybuildingisgreen.eu/">https://life-mybuildingisgreen.eu/</a>

Qualquer dúvida relativa a este relatório deverá ser dirigida a:

Andrea Gonçalves  
Técnica Superior da CIMAC

Comunidade Intermunicipal do Alentejo Central (CIMAC)  
Rua 24 de Julho, n.º1 7000-673, Évora, Portugal  
Tel: +351 266 749 420  
E-mail: [andrea.n.goncalves@cimac.pt](mailto:andrea.n.goncalves@cimac.pt)

Data do documento: fevereiro de 2024  
Tipo de licença: CC BY

## RESUMO

O projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN consiste na concepção, desenvolvimento e implementação de Soluções Baseadas na Natureza (NBS), inovadoras, e fundamenta-se na necessidade de aumentar a resiliência dos edifícios educativos e sociais aos fenómenos climáticos extremos, nomeadamente ondas de calor e mudanças nos padrões de precipitação anual e sazonal, melhorar o conforto bioclimático e promover o bem-estar dos seus utilizadores.

O presente Guia de Boas Práticas tem como objetivo principal reunir as aprendizagens adquiridas ao longo do projeto, identificar os pontos positivos das soluções implementadas, dificuldades ocorridas e respetiva resolução, bem como sublinhar os problemas que carecem ainda de solução.

Os resultados alcançados pela concretização do projeto apontam para o potencial das NBS em acelerar os processos de adaptação dos edifícios às alterações climáticas, tornando-os mais resilientes. Os resultados constituem ainda um contributo robusto para a criação de evidências capazes de promover políticas e estratégias de intervenção no edificado que integrem NBS.

Os resultados do projeto, conjuntamente, com as aprendizagens obtidas e sistematizadas no presente documento, podem lançar luz a um conjunto de boas práticas para a implementação de NBS a ter em conta em futuros projetos de intervenção em edifícios educativos e sociais, ou outros, potenciando a disseminação do conhecimento e a replicabilidade dos protótipos desenvolvidos neste projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	6
<b>2. OS TRÊS EDIFÍCIOS PILOTO DO PROJETO LIFE-myBUILDINGisGREEN</b>	10
<b>2.1. ESCOLA BÁSICA GABRIELA MISTRAL (BADAJOZ, ESPANHA)</b>	11
OS PROTÓTIPOS NBS IMPLEMENTADOS	12
<i>Cobertura verde   Protótipos de cobertura extensiva e de telhados frios</i>	12
<i>Sombreamento das fachadas   Protótipo FAVE</i>	13
<i>Parede verde interior   Protótipo de jardim vertical</i>	14
<i>Sombreamento exterior   Protótipo PEVE</i>	15
<i>Pavimentos permeáveis   Protótipo SUVE</i>	15
RESULTADOS: ASPETOS POSITIVOS e PROBLEMAS IDENTIFICADOS	16
<i>Boas práticas e aspetos positivos</i>	16
<i>Problemas identificados e respetivas soluções</i>	19
<i>Falhas e problemas por solucionar</i>	20
<b>2.2. ESCOLA BÁSICA DA HORTA DAS FIGUEIRAS (ÉVORA, PORTUGAL)</b>	21
OS PROTÓTIPOS NBS IMPLEMENTADOS	22
<i>Cobertura verde   Protótipo mBIGWTray</i>	22
<i>Fachada Verde   Protótipo mBIGToldo</i>	24
<i>Teto Verde   Estrutura de cabos de aço com trepadeira</i>	25
<i>Outras NBS</i>	25
RESULTADOS: ASPETOS POSITIVOS e PROBLEMAS IDENTIFICADOS	26
<i>Boas práticas e aspetos positivos</i>	26
<i>Problemas identificados e respetivas soluções</i>	27
<i>Falhas e problemas por solucionar</i>	29
<b>2.3. Escola Básica de Falcão (Porto, Portugal)</b>	29
OS PROTÓTIPOS NBS IMPLEMENTADOS	30
<i>Cobertura verde   Protótipo Solar Bio Roof</i>	30
<i>Cobertura verde   Protótipo mBiGUL</i>	31
<i>Cobertura verde   Protótipo mBiGUL – cobertura inclinada</i>	31
<i>Fachada verde   Estrutura de cabos de aço</i>	32
<i>Outras NBS</i>	32
RESULTADOS: ASPETOS POSITIVOS e PROBLEMAS IDENTIFICADOS	33
<i>Boas práticas e aspetos positivos</i>	33
<i>Problemas identificados e respetivas soluções</i>	34
<i>Falhas e problemas por solucionar</i>	35

<b>3. CONCLUSÃO: LIÇÕES APRENDIDAS E BOAS PRÁTICAS</b> .....	37
<i>Vantagens e boas práticas</i> .....	37
<i>Limitações</i> .....	40
<i>Conclusão</i> .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

O projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN surge num contexto em que as alterações climáticas são reconhecidas como um dos mais sérios desafios a enfrentar pelas populações atuais e futuras, ao nível ambiental, social e económico, estando no topo das agendas políticas europeia e mundial.

### *Alterações Climáticas em Espanha e Portugal*

As regiões de Espanha e Portugal têm vindo a sofrer os efeitos das alterações climáticas de forma acentuada.

A caracterização climática e as tendências registadas nas áreas abrangidas pelo projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN, a *Diputación* de Badajoz, na Extremadura, em Espanha, e o Alentejo Central e o Município do Porto, ambas em Portugal, revelam uma tendência crescente das temperaturas médias anuais, um aumento de dias de calor extremo e de dias de onda de calor por ano, bem como uma diminuição da percentagem de precipitação anual associada a fenómenos de chuva pontuais, mas extremos.

Foram igualmente analisados os cenários climáticos RCP4.5 e o RCP8.5<sup>1</sup>, prevendo-se, para as três regiões objeto de estudo, um agravamento das tendências registadas. No caso da região da Extremadura, as projeções indicam que as temperaturas máximas poderão aumentar até 6°C até 2100, e que a duração das ondas de calor se possa refletir em mais 20 dias por ano. No caso do Alentejo Central, verifica-se um aumento da temperatura média anual em 2.7°C, um aumento do número de dias de onda de calor, de mais 12 ou 24 dias anuais, respetivamente, para o RCP 4.5 e para o RCP 8.5, até ao final do século, e de uma diminuição de cerca de 18% no que refere à precipitação anual. Relativamente à região Porto, os cenários futuros preconizam o aumento das temperaturas que podem chegar ao mais 5°C anuais, e uma diminuição média anual da precipitação com o potencial de ir até menos 22%, até ao final do século XXI.

A redução da precipitação, o aumento do número dias de seca, e também ao aumento das ondas de calor constituem riscos com impactos e vulnerabilidades futuras ao nível dos vários setores

---

<sup>1</sup> “Cenário RCP (Representative Concentration Pathways) referem-se a porção dos patamares de concentração que se prolongam até 2100, para os quais os modelos de avaliação integrada produzem cenários de emissões correspondentes [IPCC, 2013]” (Portal do Clima, Clima - Alterações Climáticas em Portugal. Disponível em: <http://portaldoclima.pt/pt/o-projeto/glossario/c/> [09.02.2024]).

das atividades humanas, os quais demandam a adoção de medidas de adaptação e de mitigação das alterações climáticas.

### *Projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN - enquadramento*

O *Intergovernmental Panel On Climate Change*, no seu 5º Relatório, identifica as áreas urbanas como aquelas que concentram a maioria dos riscos globais decorrentes das alterações climáticas. Igualmente, refere que os processos de adaptação às alterações climáticas podem ser acelerados pela implementação de medidas de melhoria da resiliência e de promoção do desenvolvimento sustentável.

Na Europa, os edifícios com funções educativas e sociais enfrentarão múltiplos desafios nas próximas décadas, nomeadamente serão alvo de um forte impacto resultante das alterações climáticas. Em particular, as ondas de calor e as mudanças nos padrões de precipitação anual e sazonal afetam significativamente a saúde e o bem-estar de crianças e idosos, os principais utilizadores destes equipamentos. Tais efeitos têm vindo a ser experienciados de forma cada vez mais gravosa no sul da Europa.

Neste âmbito, um conjunto de sócios da Península Ibérica<sup>2</sup> desenhou o projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN, candidatando-o ao programa LIFE da União Europeia, com o objetivo de conceber, desenvolver e implementar um conjunto de Soluções Baseadas na Natureza (NBS) inovadoras, de modo a aumentar a resiliência dos edifícios aos fenómenos climáticos extremos cada vez mais recorrentes, promovendo a melhoria do conforto bioclimático e o bem-estar dos seus utilizadores.

O projeto visa, conseqüentemente, contribuir para a criação de evidências que promovam políticas e estratégias de intervenção no edificado que integrem NBS, reduzindo o recurso a sistemas ativos de climatização e diminuindo, desta forma, o consumo energético que lhe é associado.

---

<sup>2</sup> O consórcio é liderado pelo Consejo Superior de Investigaciones Científicas, através do Real jardim Botânico e apoio técnico do instituto de ciências da construção Eduardo Torroja, tendo como parceiros beneficiários o centro tecnológico CARTIF, a *Diputación* de Badajoz, a Comunidade Intermunicipal do Alentejo Central e o Município do Porto.

### *Adaptação às Alterações Climáticas no setor da construção*

O projeto centra-se no sector da construção, em concreto nos edifícios que acolhem a população mais vulnerável aos efeitos das alterações climáticas, recorrendo a três edifícios piloto: a Escola Básica Gabriela Mistral, localizada em Solana de los Barros, em Badajoz (Espanha); a Escola Básica da Horta das Figueiras, em Évora (Portugal); e, a Escola Básica de Falcão, no Porto (Portugal).

O setor da construção tem vindo a assistir a uma rápida evolução, quer nos materiais, quer nas técnicas e métodos construtivos, com um incremento de soluções inovadoras, muitas delas de natureza tecnológica. Em matéria de adaptação e mitigação das alterações climáticas, este sector tem vindo a integrar o conceito de circularidade nos processos de conceção, construção, manutenção e desmantelamento ou demolição dos edifícios. Paralelamente, cada vez mais são adotados meios mecânicos de regulação da temperatura interior dos edifícios, com recurso a equipamentos mais eficientes e a energias renováveis. No entanto, embora tenham vindo a ser dados passos igualmente promissores no que refere à integração de medidas passivas e NBS na reabilitação e construção de novos edifícios, ainda se verifica, em Portugal e Espanha, que estas não fazem parte do setor da construção corrente. Existe uma falta de conhecimento generalizada por parte dos profissionais do setor da construção (promotores, projetistas, arquitetos e engenheiros, empresas construtoras e responsáveis pela gestão e manutenção dos edifícios), bem como uma escassez de mão-de-obra qualificada. Perante este cenário, os custos associados à implementação de NBS inovadoras são, atualmente, caracterizados como elevados, o que constitui um fator dissuasor da sua utilização.

Deste modo, o projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN foi desenhado para abordar diretamente o setor da construção e os seus profissionais, constituindo, os três edifícios pilotos, verdadeiros casos de estudo. A avaliação do estado construtivo dos edifícios piloto em termos estruturais, capacidade de carga, impermeabilização e eficiência energética permitiu recolher dados valiosos para a conceção de protótipos baseados na natureza, como medidas de resiliência e adaptação climática a implementar nestes edifícios. Por sua vez as NBS implementadas, a respetiva monitorização e avaliação, permite verificar a sua real aplicação na reabilitação e construção, e aferir a respetiva viabilidade enquanto soluções alternativas para a adaptação climática.

Assim, neste projeto, foram exploradas NBS para o edificado, com o intuito de promover uma construção sustentável e climaticamente eficiente. O foco incidiu em soluções inovadoras para a concretização de coberturas, tetos e fachadas verdes. As soluções protótipo, ao serem

implementadas e testadas nos três edifícios piloto, permitiram a constituição de laboratórios de teste e aprendizagem, para posterior replicabilidade.

### *O Guia de Boas Práticas*

O objetivo principal deste Guia de Boas Práticas consiste em reunir as aprendizagens adquiridas ao longo do projeto, identificar os pontos positivos das soluções implementadas, dificuldades ocorridas e respetiva resolução, bem como os problemas que carecem ainda de solução.

Este Guia de Boas Práticas, de modo a alcançar os objetivos a que se propõe, apresenta uma estrutura dividida em três partes: a presente introdução, um capítulo de desenvolvimento sob o título de *“Os três edifícios piloto no âmbito do projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN”*, e a conclusão, onde os principais resultados do projeto serão discutidos, sublinhando-se as principais lições aprendidas e recomendações futuras. Por sua vez, o capítulo de desenvolvimento encontra-se organizado em três subcapítulos, cada um dedicado a um dos edifícios piloto do projeto. Por seu turno, cada um destes subcapítulos, estrutura-se de acordo com os seguintes itens: *“Os protótipos NBS implementados”*, descrevendo-se as soluções baseadas na natureza concebidas e instaladas em cada edifício; e, *“Resultados: aspetos positivos e problemas identificados”*, no qual se descrevem as *“Boas práticas e aspetos positivos”*, os *“Problemas identificados e respetivas soluções”* e as *“Falhas e problemas por solucionar”* em cada uma das fases de implementação deste projeto LIFE, *“Planeamento”*, *“Execução”* e *“Resultados”*. Ou seja, foi objetivo reunir as aprendizagens adquiridas, com foco nos protótipos NBS, desde a sua conceção, instalação em obra, respetiva manutenção e resultados alcançados, destacando os principais desafios, fatores de sucesso e recomendações para a disseminação de conhecimento e replicabilidade.

## 2. OS TRÊS EDIFÍCIOS PILOTO DO PROJETO LIFE-myBUILDINGisGREEN

As NBS, conforme definidas pela comissão europeia, correspondem a *“soluções inspiradas e apoiadas pela natureza, que apresentam benefícios económicos, ambientais e sociais, ao mesmo tempo que ajudam a construir resiliência. Essas soluções trazem mais diversidade da natureza e dos recursos e processos naturais para as cidades, paisagens e zonas húmidas, por meio de intervenções sistémicas, eficientes e adaptadas ao contexto local”*<sup>3</sup>.

No contexto urbano, as NBS começam a ganhar destaque enquanto medida de adaptação às alterações climáticas, sendo implementadas quer à escala do espaço público, como à dos edifícios.

Ao nível dos edifícios a prevalência de implementação das NBS tem se verificado ao nível das coberturas e fachadas verdes. A aposta na criação de coberturas verdes que se tem verificado em muitas cidades europeias tem, na sua génese, uma tendência crescente, na nova construção, da opção por coberturas planas, ou de baixa inclinação, o que facilita a fixação de substrato à laje da cobertura, condição necessária ao crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais. Quer a aposta nas coberturas verdes, como nas fachadas verdes, permitem ganhos em termos de eficiência energética, fruto das suas múltiplas camadas, o que contribuiu para uma maior proteção térmica dos materiais de construção e garante uma menor amplitude térmica no interior do edifício. Acresce uma crescente procura por materiais e recursos mais sustentáveis.

O projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN, como referido, visa a conceção, desenvolvimento de NBS inovadoras, tendo como foco a sua implementação em equipamentos sociais e educativos, por serem estes que acolhem as populações mais vulneráveis aos fenómenos climáticos extremos.

Para este fim, foram definidos uma série de critérios construtivos, ambientais, sociais e económicos para a seleção dos três edifícios piloto deste projeto. Destes salienta-se, em síntese, a nível construtivo e ambiental, a prioridade dada a edifícios de cobertura plana e horizontal (ou com um ligeira inclinação, com um máximo de 5 a 10%), em bom estado de conservação, sem necessidade de obras prévias à instalação das NBS, com disponibilidade de área para a instalação de fachada verde, bem como espaço exterior para criação de área de sombreamento, plantação de árvores e instalação de pavimentos drenantes e permeáveis. Paralelamente, é de salientar a prioridade de escolha de edifícios com características construtivas de maior exigência térmica, de modo a monitorizar e medir os resultados da instalação das NBS. Também se priorizaram

---

<sup>3</sup> European Commission – Research and innovation. Disponível em: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en) [09.02.2024]).

edifícios da década de 70, quando houve um *boom* de construção, nomeadamente de escolas de características similares, o que aumentará o potencial de replicabilidade.

Deste modo, foram escolhidas três escolas: a Escola Básica Gabriela Mistral (Badajoz, Espanha); a Escola Básica da Horta das Figueiras (Évora, Portugal); e, a Escola Básica de Falcão (Porto, Portugal).

Para estes edifícios foram desenvolvidos projetos de arquitetura e especialidades, com a integração da conceção de protótipos de NBS, os quais têm como objetivo a melhoria do bem-estar e conforto térmico no interior, a redução do consumo de energia para arrefecimento, a otimização do consumo de água para irrigação, a melhoria da qualidade do ar, e o aumento da biodiversidade.

## 2.1. ESCOLA BÁSICA GABRIELA MISTRAL (BADAJOZ, ESPANHA)

A *Diputación* de Badajoz, através da Área de Desenvolvimento Rural e Sustentabilidade, após um processo de seleção, escolheu a Escola Básica Gabriela Mistral, em Solana de los Barros, como edifício piloto para a implementação de protótipos e soluções de adaptação às consequências das alterações climáticas, mais concretamente, as que decorrem das ondas de calor e que assumem um maior impacto nos utilizadores mais vulneráveis dos edifícios, neste caso, as crianças.

A escola em apreço apresenta características consideradas ideais para testar e experimentar a implementação de NBS, bem como um conjunto de medidas passivas de ensombramento e ventilação. A escola é composta por um edifício central, mais antigo, com cobertura de quatro águas, e um novo corpo, construído em 2006, com coberturas planas a diferentes níveis, com capacidade de acolher NBS de modo a criar coberturas verdes. Os dois corpos edificados estão interligados por um corredor envidraçado, que não tinha qualquer tipo de proteção solar e que a escola apelidou de "corredor do inferno", dadas as altas temperaturas que se atingiam no seu interior, consequência do efeito de estufa, exigindo uma intervenção capaz de atenuar o aquecimento extremo do interior.

## OS PROTÓTIPOS NBS IMPLEMENTADOS

### *Cobertura verde | Protótipos de cobertura extensiva e de telhados frios*

O projeto estabeleceu diferentes tipologias a serem testadas nos vários níveis de cobertura do edifício. Foram combinadas soluções de coberturas verdes extensivas, com substratos melhorados, utilizando agregados reciclados como parte do substrato, ou lã de rocha, e soluções constituídas por tabuleiros elevados para criar “telhados frios”.

A reabilitação consistiu na remoção do sistema de cobertura invertida existente (brita, manta geotêxtil, isolamento térmico e a última manta de separação geotêxtil), pondo a descoberto a impermeabilização, a qual foi também substituída.

Assim, a nova solução de cobertura verde extensiva é constituída por uma camada de impermeabilização em película sintética de PVC, à qual se sobrepõe uma camada de drenagem com características específicas para garantir o funcionamento da solução, e telas anti-raiz. A solução contempla ainda a disposição de perfis metálicos separadores das diferentes tipologias de cobertura verde a serem implementadas e testadas. Por fim, dispõe-se o substrato, com uma espessura mínima de 10-12 centímetros, profundidade necessária para que as raízes das espécies vegetais se possam desenvolver. Em algumas das áreas da cobertura, não preenchidas por substrato, foram dispostos tabuleiros plantados, elevados, originando uma caixa de ar, o que permite criar os chamados “telhados frios”.

Nos diferentes níveis de cobertura da escola, estão ainda incluídas áreas de passagem necessárias para a respetiva manutenção e usufruto enquanto recurso pedagógico.



*Figura 1 Aplicação de impermeabilização em película de PVC.*



*Figura 2 Perfis metálicos separadores.*



Figura 3 Implementação de sistema de rega.



Figura 4 Implementação de "telhados frios".



Figura 5 Cobertura verde extensiva.



Figura 6 Tabuleiros plantados "Telhados frios".

### *Sombreamento das fachadas | Protótipo FAVE*

O protótipo da Fachada Vegetal (FAVE) foi concebido como uma subestrutura fixa à fachada que suporta a plantação de espécies vegetais de folha caduca (no caso em concreto, foram escolhidas videiras virgens, nas variedades *tricuspidata* e *quinquefólia*), permitindo a entrada de luz solar no inverno e proporcionando sombra no verão. Trata-se de um sistema modular, desmontável, constituído por uma estrutura tridimensional, com perfis metálicos de dimensões normalizadas e fixações por aparafusamento, o que facilita a reprodução e a utilização em diferentes edifícios. O sistema FAVE foi implementado nas fachadas ao nível térreo, assentes no solo, mas também nas fachadas do primeiro piso, assentes na cobertura do piso inferior. Nestas situações, os suportes do sistema foram colocados no topo dos perfis metálicos separadores, acima da impermeabilização.



Figura 8 Protótipo FAVE. Perfis metálicos.



Figura 7 Protótipo FAVE assente no piso térreo.



Figura 9 Protótipo FAVE assente em cobertura.



Figura 10 Protótipo FAVE.



Figura 11 Protótipo FAVE.

### *Parede verde interior | Protótipo de jardim vertical*

No interior do denominado “corredor do inferno”, que interliga os dois volumes do edifício da escola, foi instalado um protótipo de jardim vertical, com o objetivo de arrefecer o ambiente através da evapotranspiração das plantas. Este tipo de instalações também absorvem o CO<sub>2</sub> do ambiente, melhorando a qualidade do ar. Acresce a componente estética, ao nível visual, sendo que a presença da natureza como revestimento de paredes no interior dos edifícios é conhecida por ter efeitos psicológicos positivos nos seus ocupantes.



*Figura 12 Jardim vertical interior.*

### *Sombreamento exterior | Protótipo PEVE*

No exterior foram implementados módulos de sombreamento através de pérgulas verdes, denominadas de sistema PEVE. O protótipo PEVE consiste numa estrutura metálica modular, de suporte ao crescimento de vegetação trepadeira, podendo ser utilizadas, nomeadamente, as mesmas espécies de folha caduca do sistema FAVE.



*Figura 13 Protótipo PEVE.*

### *Pavimentos permeáveis | Protótipo SUVE*

O protótipo SUVE foi concebido para a criação de solos vegetais drenantes, com o objetivo de minimizar o fluxo de águas pluviais diretamente descarregado nos sistemas de esgotos municipais, e aumentar a respetiva infiltração no solo.

Na escola em Solana foram combinadas áreas contínuas de betão poroso e áreas com pavimentação feita de pedras “filtrantes”. Em ambos os casos, a água da chuva é filtrada para o solo, através de uma vala e de um poço de filtragem, aliviando a descarga na rede de esgotos e evitando o tratamento desnecessário destas águas, bem como o correspondente consumo de energia.



Figura 14 Protótipo SUVE.

## RESULTADOS: ASPETOS POSITIVOS e PROBLEMAS IDENTIFICADOS

### *Boas práticas e aspetos positivos*

#### *Planeamento*

⇒ O planeamento prévio adequado, definindo as atividades prioritárias e o respetivo prazo máximo de conclusão, permitiu obter as licenças e autorizações necessárias com a devida antecedência.

⇒ A correta identificação dos intervenientes no projeto, especialmente aqueles que tinham o poder de tomar decisões para concretizar o mesmo, permitiu envolvê-los previamente e agilizar a tomada de decisões. Não menos importantes, são as partes interessadas que, mesmo sem capacidade de tomada de decisão direta no projeto, podem atrasar ou dificultar o mesmo, ou prejudicar as relações entre as partes e, portanto, prejudicar o projeto, pelo que foi importante o respetivo envolvimento nas fases iniciais. Neste processo de envolvimento das partes interessadas, foram integrados, desde o primeiro momento, os utilizadores quotidianos do edifício, garantido o seu empenho no sucesso do projeto ao longo do seu ciclo de vida.

⇒ A conceção correta do projeto de arquitetura e especialidades é fundamental para a construção. O maior grau de detalhe concorre para o sucesso dos trabalhos de construção. O tempo previsto para a elaboração do projeto de arquitetura e especialidades não deve ser menosprezado. Um maior investimento nesta fase resulta na minimização de imprevistos na fase posterior de obra. A especificidade da obra (coberturas verdes e sistemas de sombreamento com NBS) exige uma pesquisa prévia e exaustiva de mercado durante a elaboração do projeto. O contacto com profissionais da área permite obter, previamente, condições e orçamentos de execução que deverão ser integrados no projeto, juntamente com as demais intervenções necessárias à concretização da obra. Deste modo, é possível obviar possíveis concursos desertos, bem como minimizar imprevistos em sede de implementação das NBS, e consequentes derrapagens orçamentais.

⇒ A implementação de coberturas verdes exige, para cada caso, o respetivo estudo da capacidade de carga. No caso da escola em Solana de los Barros, a carga acrescida à cobertura do edifício, fruto da nova solução, nomeadamente pela introdução do substrato, foi compensada pela remoção da camada protetora de gravilha existente. Caso a estrutura tenha a capacidade para o acréscimo de carga, podem ser utilizadas espessuras maiores de substrato, o que possibilita o crescimento de outras espécies de maior porte.

#### *Execução*

⇒ A opção pelo PVC apresenta vantagens face à tela asfáltica, uma vez que esta última, na sua composição, integra componentes de origem orgânica que promovem a atração das plantas. No médio-longo prazo as raízes das plantas, em busca de componentes orgânicos da tela asfáltica, poderiam penetrar na tela anti-raízes, acabando por se expandir horizontalmente pela cobertura, principalmente próximo aos sumidouros, onde se concentra a água, acabando por obstruir o sistema de drenagem da cobertura com os consequentes riscos de sobrecargas, vazamentos e outras patologias construtivas.

⇒ Todos os protótipos, em coberturas, fachadas e pérgulas exteriores, requerem um sistema de rega gota a gota, concebido de acordo com a distribuição planeada das plantas. O sistema de irrigação é um elemento fundamental em todo o conjunto de NBS, especialmente no clima local de Badajoz. Embora se tenham procurado plantas com baixa necessidade de água, para garantir o crescimento das espécies, é necessário um fornecimento adequado de água que não dependa exclusivamente da precipitação, especialmente nos primeiros anos. O sistema implementado é programável e permite a incorporação de fertilizantes para facilitar o

crescimento das plantas. A instalação dispõe ainda de um sistema de recolha e armazenamento de águas pluviais e de excedentes de água de rega para reutilização.

⇒ A impermeabilização, de acordo com a normativa, deverá ser testada por inundação com os sumidouros temporariamente tapados, por pelo menos 48 horas, para verificar a ausência de vazamentos ou problemas, antes de prosseguir com as camadas seguintes da cobertura.



*Figura 15 Teste da impermeabilização por inundação.*

⇒ Os primeiros momentos após a plantação das espécies são especialmente delicados. Dependendo da época em que devem ser realizadas, cuidados especiais devem ser tomados para que os sistemas de irrigação estejam totalmente implementados e em pleno funcionamento, garantindo a sobrevivência das espécies recém-plantadas, principalmente nas épocas quentes.

⇒ O controlo da obra, pelo menos semanalmente, com acompanhamento do plano de trabalho estabelecido, permite observar desvios e tomar medidas.

### *Resultados*

⇒ Após a conclusão das obras de implementação das NBS na escola, no primeiro ano de monitorização do edifício, observaram-se descidas de temperatura entre os 8 e 11% em relação às temperaturas originais medidas no interior. Também se verificaram, através de imagens termográficas, diferenças de temperatura consideráveis à superfície, entre as coberturas convencionais, com um acabamento em gravilha, onde as temperaturas atingiam até 48°C, e as coberturas verdes, onde as temperaturas à superfície desceram para os 29°C.

⇒ O resultado estético das diferentes aplicações é muito atrativo, modificando o aspeto da fachada.

⇒ O edifício tem ainda a particularidade de as coberturas poderem ser visitadas por crianças, pelo que podem ser utilizadas como um recurso educativo para mostrar as diferentes NBS, como medida de adaptação às alterações climáticas.

⇒ O protótipo FAVE de sombreamento das fachadas, por ser um sistema modular, desmontável e flexível, potencia a respetiva replicabilidade noutros edifícios.

### *Problemas identificados e respetivas soluções*

#### *Execução*

⇒ Um dos problemas identificados prendeu-se com a falta de empresas locais especializadas na implementação de NBS em coberturas de edifícios, sendo que a solução passa por fazer um levantamento deste tipo de empresas a nível nacional.

⇒ Verificou-se a falta de envolvimento da construtora durante a implementação das NBS, problema que, para ser ultrapassado, requereu a realização de reuniões periódicas de modo a garantir o compromisso da mesma com a boa concretização do projeto.

⇒ Verificou-se a carência de empresas de manutenção especializadas em controlo de irrigação de NBS, crucial para a implementação de sistemas automatizados. Este controlo, remoto ou presencial, requer conhecimentos especializados do funcionamento dos sistemas e equipamentos de programação, que apenas os instaladores autorizados pelas marcas possuem. Esta limitação requer uma pesquisa de mercado aprofundada em todo o país de empresas especializadas em manutenção de NBS, o que permitirá igualmente adequar os procedimentos de contratação pública às especificidades do objeto do contrato.

#### *Resultados*

⇒ O sucesso das NBS exige uma monitorização constante e uma manutenção especializada, sobretudo nas épocas quentes, para garantir, inclusive, a adequada irrigação e a presença de água necessária. A previsão imprecisa de prazos de contratação de serviços de manutenção posteriores pode criar constrangimentos. Do mesmo modo, os planos de trabalho e de manutenção carecem de reformulação dos prazos, adequando-os a cronogramas mais realistas e desta forma concretizáveis.

⇒ Os problemas de adaptação ao ambiente e localização no edifício de algumas das espécies selecionadas, poderá ser resolvido com a substituição das mesmas, recorrendo a viveiros municipais ou à aquisição de outras espécies vegetais a empresas externas do setor.

### *Falhas e problemas por solucionar*

#### *Execução*

⇒ Problemas de relacionamento entre empreiteiro e subcontratados podem resultar em prejuízos para o dono de obra, consumidor final. Reporta-se o problema relacionado com a empresa subcontratada que instalou “o controlo de rega fechado”. Devido á falta de pagamento por parte do empreiteiro junto da empresa subcontratada, esta utilizou o controlo de irrigação como coerção para resolver o diferendo, resultando em prejuízos para o dono de obra que não conseguiu obter o controlo da rega. Este tipo de questões exige um estreitar de relações entre subempreiteiros e empreiteiros, procurando assim desbloquear o acesso ao programador de rega. Neste contexto, encontra-se por resolver a necessidade de contratação da implementação de contador para monitorizar o consumo de água, bem como os futuros serviços de manutenção, garantindo que estes incluam o controlo da irrigação.

#### *Resultados*

⇒ O desempenho do vaso feito para o sistema FAVE de sombreamento das fachadas, e as espécies selecionadas (videiras virgens), não está a resultar como previsto. As plantas não estão a ter o crescimento adequado. Esta situação ainda está a ser objeto de avaliação, nomeadamente com recurso a aconselhamento do Real Jardim Botânico, para proposta de medidas que permitam solucionar este problema.

⇒ A instalação dos toldos verdes (pulverizados com uma mistura de substrato e sementes) não foi bem-sucedida. As falhas identificadas dever-se-ão à inadequação ao clima local, à execução desadequada do sistema por parte do fornecedor ou ao próprio desenho do protótipo não adaptado às condições existentes. Sublinha-se que a vegetação secou logo no início da instalação, durante um fim de semana, provavelmente devido a falhas na irrigação instalada. Trata-se de uma solução muito sensível à falta de água, principalmente no seu desenvolvimento inicial. O problema continua por solucionar. Portanto, há que avaliar a solução a adotar: insistir, testando uma nova implementação de espécies nos toldos; ou dispensar a sua naturalização,

permitindo-lhes continuar a realizar os trabalhos de sombreamento por conta própria, sem necessidade de incorporar espécies vegetais, evitando esse consumo de água.



Figura 16 Toldos verdes "secos".

## 2.2. ESCOLA BÁSICA DA HORTA DAS FIGUEIRAS (ÉVORA, PORTUGAL)

A Escola Básica da Horta das Figueiras, localizada na cidade de Évora, foi o edifício piloto selecionado pela CIMAC, de entre uma série de outros edifícios do distrito de Évora, após a respetiva análise multicritérios para a implementação de NBS inovadoras.



Figura 17 Localização da Escola Básica da Horta das Figueiras.



Figura 18 Fachada sul antes da implementação de NBS.



Figura 19 Fachada este antes da implementação de NBS.

Para a concretização da intervenção na escola, foi realizado um procedimento de contratação pública para os necessários serviços de conceção do projeto de arquitetura e de especialidades, que iria acomodar os protótipos de NBS desenvolvidos pelo CARTIF. O projeto desenhado contempla intervenções com NBS ao nível da cobertura e fachadas do edifício, incluindo ainda um conjunto de intervenções com incidência no recinto de recreio exterior da escola.

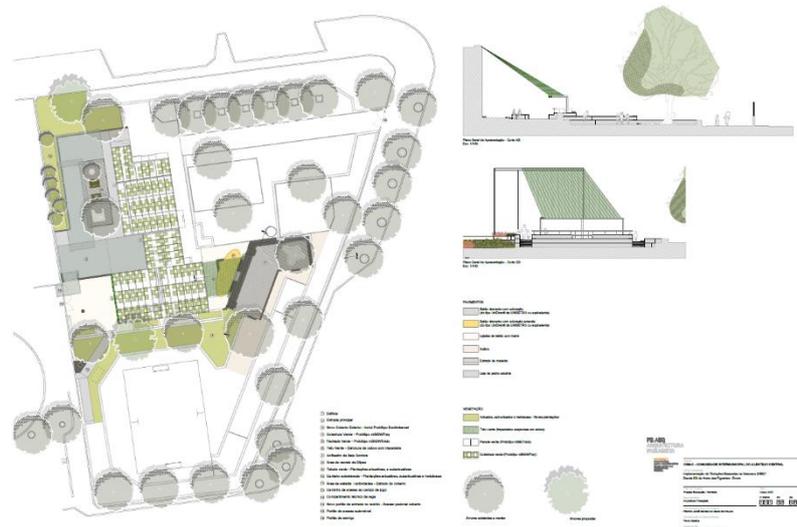


Figura 20 Projeto elaborado pela P.B-Arquitetura Paisagista, Lda.

## OS PROTÓTIPOS NBS IMPLEMENTADOS

### Cobertura verde | Protótipo mBIGWTray

Para a concretização da cobertura verde, foi concebido o protótipo mBIGWTray, a instalar numa estrutura metálica sobrelevada, apoiada na estrutura do edifício. Esta solução assegura que as cargas adicionais, decorrentes da instalação dos protótipos, não solicitem diretamente o revestimento da cobertura, permite uma melhor drenagem, evitando eventuais acumulações de água e sobrecarga da estrutura, e assegura, ainda, a existência de uma “caixa de ar” entre os protótipos e a cobertura do edifício, o que oferece benefícios do ponto de vista térmico.

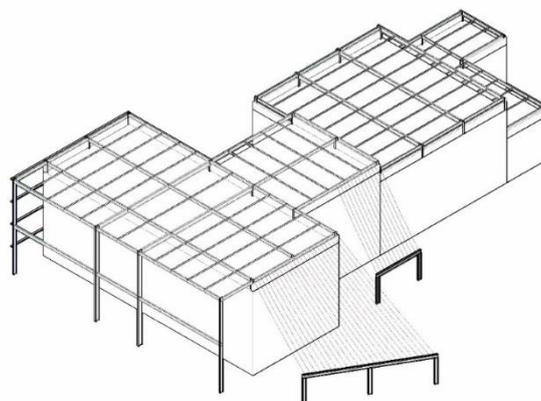


Figura 21 Modelo 3D da estrutura metálica de suporte da cobertura verde.



Figura 23 Estrutura metálica. Fachada sul.



Figura 22 Estrutura metálica. Cobertura.

O protótipo mBIGWTray, constitui-se por unidades modulares. Cada módulo é constituído por um saco (folha de PVC reforçada com fibra de vidro), que é preenchido por várias camadas: bandeja de drenagem (de polietileno de alta densidade), manta de retenção (geotêxtil não tecido constituído por poliéster reciclado e fibras de polipropileno reciclado, mecanicamente acopladas por um processo de afiação), folha geotêxtil (anti-soco de alta resistência), e substrato de cobertura de jardim. No topo do “saco” existem aberturas para a plantação das espécies vegetais que, no caso da escola em Évora, e atento o clima do Alentejo, são do tipo *sedum*. O sistema permite a recolha da água da chuva através da aba lateral do saco que está sobrelevada, e a respetiva retenção no interior do saco, de modo a reduzir a necessidade de irrigação auxiliar. Os sacos do sistema mBiGWTray distribuem-se por toda a cobertura, numa percentagem de aproximadamente 40% a 50%, de modo a formar um padrão de xadrez, de cheios e vazios de verde, mas que, a médio prazo, se prevê completar, quase na totalidade, num manto verde contínuo.

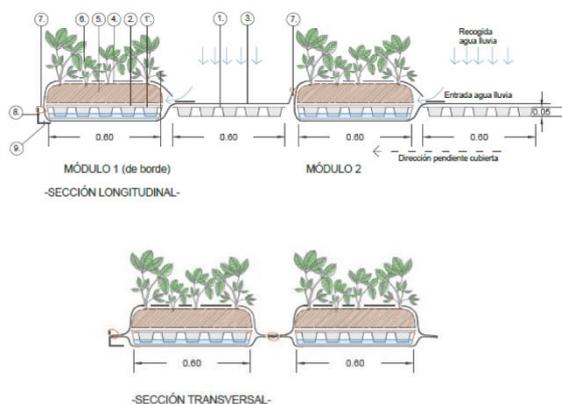


Figura 24 Esquema do módulo mBIGWTray desenvolvido pelo CARTIF.



Figura 25 Módulo mBIGWTray de ensaio.



Figura 26 Cobertura verde. Protótipo mBIGWTray.



Figura 27 Cobertura verde. Protótipo mBIGWTray.

### *Fachada Verde | Protótipo mBIGToldo*

Para a fachada poente foi concebido o protótipo mBiGToldo, apoiado numa estrutura metálica solidária com a estrutura apoiada na cobertura. Este protótipo foi projetado para criar superfícies verticais com vegetação de baixíssima espessura. O sistema consiste numa lâmina impermeável, onde é fixado um feltro não tecido e sobre o qual é projetado um substrato semeado. Devido à baixa espessura do substrato, é integrada irrigação hidropónica que se distribui por gravidade pela superfície. Na parte inferior é integrado um canal de recolha do excesso de água que é devolvido à estação de rega, evitando assim desperdício de água.



Figura 28 Fachada poente. Instalação de estrutura metálica de suporte do protótipo mBIGToldo.



Figura 29 Ensaio do protótipo mBIGToldo.

### *Teto Verde | Estrutura de cabos de aço com trepadeira*

Na fachada nascente a solução adotada consiste na criação de um teto verde, constituído por um sistema de cabos de aço que ligam as vigas instaladas na cobertura com as vigas dos pórticos instalados no exterior. Estes cabos servem de suporte à vegetação trepadeira.



*Figura 30 Estrutura de cabos de aço.*

### *Outras NBS*

De modo a aumentar a infiltração de água no solo, foram criadas áreas de pavimento exterior com estrado de madeira suspenso que permite a permeabilidade do solo e áreas com betão poroso. Paralelamente, mantiveram-se as áreas de canteiro existentes, as quais foram objeto de novas plantações, nomeadamente com espécies autóctones.



*Figura 31 Pavimento exterior permeável. Instalação de estrado de madeira suspenso.*



*Figura 32 Pavimento exterior permeável. Estrado de madeira suspenso.*



Figura 33 Pavimento exterior permeável. Estrado de madeira suspenso.



Figura 34 Replantação de áreas de canteiro existentes com espécies autóctones.

## RESULTADOS: ASPETOS POSITIVOS e PROBLEMAS IDENTIFICADOS

### *Boas práticas e aspetos positivos*

#### *Planeamento*

⇒ O envolvimento da comunidade escolar com a integração das questões ambientais em atividades extracurriculares, bem como sessões de co-design, permitiram a apropriação do projeto por parte dos seus utilizadores.

⇒ A conceção do teto verde, concretamente o desenho do sistema de cabos de aço em reticula permitirá um melhor apoio da vegetação trepadeira ao longo do seu crescimento. Não obstante, considerando que a vegetação trepadeira demorará vários anos a revestir por completo toda a superfície gerada pelo sistema de cabos, considerou-se a instalação de telas micro perfuradas (com uma disposição em xadrez), para assegurar o ensombramento imediato do espaço exterior e fachada associados. À medida que a vegetação for avançando no seu desenvolvimento, as telas irão sendo retiradas.

#### *Execução*

⇒ O envolvimento e motivação do empreiteiro para a concretização da obra, bem como o seu investimento em formação especializada, revela-se uma mais valia para a boa execução dos protótipos.

### *Resultado*

⇒ As intervenções realizadas e a implementação dos diferentes protótipos de NBS têm como resultado uma valorização estética e ambiental do edifício da escola, conferindo-lhe atratividade.

### *Problemas identificados e respetivas soluções*

#### *Planeamento*

⇒ A CIMAC é a promotora do projeto na escola, sendo, no entanto, o Município de Évora o proprietário da mesma. Tal condição exige uma articulação e comunicação próxima e atenta entre as duas entidades, o que não aconteceu no início do projeto. Em virtude desse facto, concluído o projeto de arquitetura e especialidades para a implementação das NBS, verificou-se que a intervenção que estava a ser proposta para a escola colidia com um projeto prévio do Município de ampliação da mesma. Por este motivo, houve necessidade de proceder à alteração do projeto, considerando os condicionalismos pela integração de outros projetos do Município e exigências das respetivas equipas. Apesar de resolvida a questão e se ter chegado à compatibilização entre projetos para a escola, a situação resultou num atraso de 12 meses para a conclusão da conceção do projeto de implementação das NBS, e o acréscimo de custos para a sua realização (novo procedimento de contratação pública com a equipa projetista para elaborar a alteração ao projeto inicial).

⇒ As dificuldades de contratação de empreitadas de obras públicas que se têm verificado em várias situações exige um planeamento dos procedimentos e definição de prazos mais acurados e coincidentes com a realidade. No caso da obra na escola em Évora estas dificuldades originaram procedimentos desertos e anulados, o que culminou no atraso do início da obra e respetiva concretização. A dificuldade na contratação desta empreitada teve na sua base motivos diversos cumulativos, nomeadamente:

- A crise financeira de 2008, pandemia do SARS-CoV-2, e posterior deflagrar da guerra na Ucrânia, com consequências no setor da construção, desde a falta de mão-de-obra à subida exponencial das matérias-primas e materiais de construção, sendo que o preço base de lançamento do procedimento, por desadequado face à realidade do mercado, não se revela atrativo.

- Acresce a falta de empresas especializadas em implementação de soluções de NBS inovadoras no mercado nacional.

- E ainda, o prazo definido em caderno de encargos ser insuficiente para a execução dos trabalhos em causa.

⇒ A falta de diagnóstico acurado do estado de conservação do edifício, refletiu-se em imprevistos em obra, que conduziram à necessidade de contratar trabalhos complementares, com consequentes atrasos na execução da empreitada.

### *Execução*

⇒ Verificaram-se dificuldades iniciais de gestão das expectativas dos pais, nomeadamente no que refere ao planeamento da obra, a deslocação de duas das quatro turmas para outra escola durante um período letivo, a delimitação do estaleiro da obra e a execução dos trabalhos em simultâneo com as atividades letivas. Esta questão foi colmatada com sessões de esclarecimento junto dos pais sobre o cronograma da obra e os resultados positivos esperados com a concretização da implementação das NBS.

### *Resultados*

⇒ O projeto não acautelou a acessibilidade à cobertura em condições de segurança necessárias à execução dos trabalhos de manutenção. A solução identificada em sede de obra passou pela instalação de uma linha de vida fixa à estrutura metálica da cobertura, a ser utilizada durante a execução dos trabalhos de manutenção.

⇒ O projeto não contemplou sistema de rega na cobertura por questões orçamentais, no entanto para minimizar o problema foi deixado um ponto de água, na própria cobertura, que permitirá a ligação de mangueira para posterior rega manual. Foi ainda sensibilizado o Município de Évora para a questão da manutenção e da irrigação das NBS na cobertura, que integrará, futuramente, o necessário sistema de rega gota a gota.

⇒ O atraso na execução das obras de implementação das NBS, não permitiu a monitorização do correspondente impacto. Esta ação irá ser realizada no decorrer do Plano After-LIFE, sendo expectável a obtenção de dados mensuráveis do impacto das soluções implementadas na escola em Évora, que venham corroborar os respetivos benefícios.

## *Falhas e problemas por solucionar*

### *Resultado*

⇒ A difícil acessibilidade da cobertura inviabiliza a utilização da mesma como recurso pedagógico, prático, para as crianças.

### **2.3. Escola Básica de Falcão (Porto, Portugal)**

Para edifício piloto na cidade do Porto foi selecionada a Escola Básica do Falcão. O Município selecionou esta escola no contexto da implementação de uma política de requalificação do parque escolar de gestão municipal, com base em dois grandes critérios de avaliação, concretamente, a caracterização do edificado e a área de inserção na cidade, procurando majorar zonas da cidade com condições económicas e sociais mais vulneráveis, ao mesmo tempo que sofressem um maior impacto com o agravamento das alterações climáticas.

Em termos de edificado, a Escola integra um conjunto de dois edifícios. Fruto da sua configuração, da localização e da envolvente, o edifício apresenta uma grande amplitude térmica no interior, sendo muito frio no inverno, dada a excessiva humidade e sombra, e muito quente no verão, devido à orientação sul das fachadas envidraçadas.

Para este projeto foi apenas considerado o edifício principal, o qual acomoda as salas de aula, área de maior permanência das crianças.

Perante a seleção da Escola Básica do Falcão para o projeto, abriu-se a oportunidade de requalificar todo o edificado com a intervenção da Direção Municipal de Educação. Assim, o processo de intervenção teve dois momentos diferentes, um primeiro para a requalificação estrutural e funcional, incluindo a resolução dos problemas da deficiente impermeabilização e isolamento da cobertura do edifício, e a instalação das NBS, incorporadas na metodologia e implementação do LIFE-myBUILDINGisGREEN.

Foram então incorporados os protótipos de NBS desenhados para esta escola, que resultaram na criação de 700m<sup>2</sup> de área permeável na cobertura, na instalação de 60 painéis fotovoltaicos para produção de energia elétrica em autoconsumo, de forma a reduzir a fatura de energia.

Para complementar as coberturas, foi criada uma fachada verde com dois pisos para reduzir a exposição solar durante o verão.



Figura 35 Escola Básica do Falcão.

## OS PROTÓTIPOS NBS IMPLEMENTADOS

### *Cobertura verde | Protótipo Solar Bio Roof*

O protótipo Solar Bio Roof, corresponde a uma cobertura verde clássica adaptada para acomodar os painéis fotovoltaicos. A inclusão dos painéis no desenho resulta de um projeto da iniciativa do Município do Porto, juntamente com a Agência de Energia do Porto e da Empresa Municipal de Habitação, a Domus Social, para instalação de sistemas de produção de energia elétrica de origem renovável em edifícios de gestão municipal.

Este protótipo compreende, as seguintes camadas, da base da laje até ao coberto vegetal: camada impermeabilizante e manta anti raízes; elemento de drenagem; filtro para evitar fugas de substrato e entupimento dos canais de drenagem; gravilha para facilitar a drenagem; substrato e vegetação.



Figura 36 Protótipo Solar Bio Roof.



Figura 37 Protótipo Solar Bio Roof.

### *Cobertura verde | Protótipo mBiGUL*

O protótipo mBiGUL corresponde a uma solução adaptada do sistema desenvolvido no âmbito do projeto Green Urban Living. A solução mBiGUL apresenta uma estrutura mais simplificada que a cobertura verde clássica, uma vez que utiliza aglomerado de cortiça como elemento drenante. Ao utilizar este material poroso e natural potencia-se a utilização de recursos naturais, e a redução da pegada e impacto carbónico no processo de implementação da cobertura verde. A utilização do aglomerado dispensa a colocação de gravilha o que pode contribuir para reduzir a carga da cobertura sobre a estrutura da laje.



Figura 38 Protótipo mBiGUL.



Figura 39 Protótipo mBiGUL.

### *Cobertura verde | Protótipo mBiGUL – cobertura inclinada*

O protótipo mBiGUL, na versão inclinada, é composto por diversas variedades de *sedum*, de crescimento reduzido, resistentes às condições climáticas extremas. A forma inclinada desta solução obriga à colocação de uma malha sobre o substrato para evitar a escorrência e deslizamento do substrato e a consequente deformação da cobertura. A vegetação é colocada nas aberturas da malha e com a maturação das raízes, estas acabam por suportar o substrato, mas numa fase inicial esta malha é essencial para a instalação de coberturas inclinadas.



*Figura 40 Protótipo mBIGUL – cobertura inclinada.*

### *Fachada verde | Estrutura de cabos de aço*

A vegetação será plantada no chão e o crescimento será guiado por um conjunto de cabos que acompanham a fachada ao longo dos dois pisos. A varanda do piso superior permite criar uma caixa de ar entre a parede verde e a janela. Para o efeito desejado serão plantadas espécies de folha caduca, de forma a potenciar zonas de sombra apenas nos meses de verão. Durante o inverno a ausência de folha permite a passagem da iluminação natural.



*Figura 41 Estrutura de cabos de aço.*

### *Outras NBS*

Dada a proximidade da escola com a Horta da Oliveira, um espaço comunitário para produção e cultivo de alimentos em modo biológico, foi desenhada uma charca para aproveitamento de águas pluviais recolhidas numa das coberturas verdes. É intenção que a água recolhida na cobertura, e retida na charca, contribua para uma maior irrigação do solo da horta, aumentando

a disponibilidade de água no solo e a biodiversidade. A charca apresenta uma perspetiva pedagógica e reflete a componente integradora dos sistemas, com as águas pluviais recolhidas na escola a serem aproveitadas para a horta. Com este sistema, os alunos poderão ver os canais de drenagem da água e reconhecer formas de aproveitamento de águas pluviais, como medidas essenciais para uma gestão eficiente do ciclo urbano da água.

## RESULTADOS: ASPETOS POSITIVOS e PROBLEMAS IDENTIFICADOS

### *Boas práticas e aspetos positivos*

#### *Planeamento*

⇒ A associação da implementação das NBS às obras gerais da escola e à instalação de painéis fotovoltaicos, permitiu a conceção e teste da cobertura bio solar, o que em teoria aumenta a eficiência produtiva dos painéis.

⇒ A oportunidade de associar a implementação das NBS às obras gerais da escola também permitiu ultrapassar algumas barreiras construtivas (ex. a capacidade de carga das coberturas, a reorganização dos espaços e da localização das salas de aula...), permitindo potenciar, também, os benefícios das NBS implementadas.

⇒ O envolvimento de diferentes intervenientes e partes interessadas na escola levou à criação de um grupo multidisciplinar constituído por elementos das várias unidades municipais envolvidas, desde a educação, à gestão ambiental, às águas, à gestão da obra que, em conjunto com a equipa de arquitetos, puderam criar um edifício escolar prático e melhor organizado do ponto de vista da gestão escolar, mas também inovador e adaptado para enfrentar os desafios colocados pelas alterações climáticas, nomeadamente ao nível da eficiência de recursos, energia e água, e do conforto para todos os utilizadores.

⇒ O levantamento das carências e “defeitos” do edifício, que contou com a preciosa colaboração da coordenadora da escola, permitiu que o projeto pudesse considerar aspetos mais práticos e prementes da gestão escolar, que de outra forma não seriam do conhecimento do projeto, nem poderiam ser abordados na fase de planeamento dos protótipos.

⇒ A colaboração com a Associação Nacional de Coberturas Verdes, parceira do Município do Porto em vários projetos municipais de soluções de base natural, constituiu-se uma mais-valia para adequar os protótipos, não apenas às necessidades previstas, mas essencialmente

aportaram *know how* fundamental para assegurar o sucesso dos mesmo (ex. adaptar ao clima local, à localização específica, ao tipo de vegetação usada, às necessidades de rega...).

### *Execução*

⇒ O envolvimento do coordenador da escola no processo desde o primeiro momento, contribuiu para o sucesso dos resultados do mesmo, nomeadamente no que refere à sensibilização para matérias e questões ambientais.

⇒ A possibilidade de implementar as NBS após as obras gerais da escola estarem concluídas permitiu criar uma tela em branco para a aplicação dos protótipos.

⇒ A utilização de materiais de fácil acesso e disponibilidade assegurou que não existissem atrasos no seu fornecimento, ou das plantas a serem utilizadas, dado o contexto de escassez de alguns materiais e recursos que se verificou no decorrer das obras gerais da escola.

⇒ A ausência de crianças na escola durante os trabalhos deu uma maior liberdade de atuação e menores constrangimentos na gestão da obra.

### *Problemas identificados e respetivas soluções*

#### *Planeamento*

⇒ O sistema de cabos de suporte à superfície verde a criar por vegetação trepadeira não está a ter o desenvolvimento esperado. Tal facto poderá dever-se à conceção da própria estrutura, apenas com cabos verticais e à temperatura que estes adquirem com a incidência direta do sol, fatores que condicionarão a aderência das plantas. O problema poderá ser solucionado com a integração de elementos horizontais que reforcem a malha de suporte de crescimento da vegetação (formando uma quadricula à semelhança da solução desenhada para a escola em Évora). Poderá também ser ponderada a utilização de um sistema de suporte com recurso a materiais naturais em substituição do aço, para obviar as questões relacionadas com a temperatura dos materiais.

⇒ A necessidade de conciliar o desenho dos protótipos com o projeto Porto Solar e com as obras de requalificação da escola tornou-se desafiante do ponto de vista do planeamento o que motivou alguns atrasos na conceção, desenho e projeto de execução. A necessidade de articular e integrar diferentes visões e necessidades levou à demora na finalização dos projetos de execução.

⇒ A intenção de promover e potenciar o aproveitamento de águas das chuvas levantou algumas questões de licenciamento junto da Águas e Energia do Porto. As dúvidas de licenciamento, e alguns receios pela perceção dos pais e restante comunidade solar sobre a utilização de águas pluviais para uso sanitário, levou ao abandono de algumas propostas iniciais (ex. aproveitamento das águas pluviais para abastecimento dos autoclismos).

### *Execução*

⇒ Verificou-se um atraso na execução das obras de requalificação da escola que impactaram o cronograma de implementação das NBS. A pandemia do SARS-CoV-2 e a falta de recursos e matérias resultante do deflagrar do conflito na Ucrânia, conduziu a atrasos no fornecimento de matérias-primas e materiais de construção, bem como a subida do preço teve consequências na duração da execução do projeto.

⇒ O atraso na execução, e no próprio arranque das obras, conduziu a um longo período de paragem na monitorização que, por se tratar de uma obra mais complexa, condicionou os períodos de monitorização e posterior avaliação dos resultados.

⇒ A comunidade escolar teve de ser deslocada e viu-se confinada a instalações provisórias durante dois anos letivos, criando constrangimentos a toda a comunidade e aos pais das crianças.

### *Resultado*

⇒ Tratando-se da primeira cobertura verde de uma escola, existem dificuldades associadas à falta de prática e escassos conhecimentos das equipas gestoras de obras do município, o que será trabalhado de modo a sanar dúvidas de gestão e manutenção existentes.

⇒ A falta de tempo para avaliar corretamente não só os protótipos, dando-lhes o tempo adequado para se consolidarem e desenvolverem, mas também para avaliar o impacto destes no conforto e qualidade do ar interior, pode impactar o sucesso do projeto, uma vez que reduz a possibilidade de ajustes ou correções, e não permite considerar o normal funcionamento da escola durante as quatro estações do ano.

### *Falhas e problemas por solucionar*

#### *Planeamento*

⇒ A não utilização de águas pluviais para uso sanitário representa a perda de oportunidade de testar esta solução como medida interessante do ponto de vista do uso e gestão eficiente da água, que, num contexto de alterações climáticas e considerando a problemática da água em muitos municípios do sul da Península Ibérica, seria encarada como uma alternativa aliciente para enfrentar a carência de água.

#### *Resultado*

⇒ A contratação de equipa especializada em manutenção de coberturas verdes tem sido difícil de concretizar (com atrasos no respetivo processo). A Empresa Municipal Domus Social é a gestora de todas as infraestruturas construídas do Município do Porto e tem atrasado esse processo.

⇒ A cobertura verde tem sido “invadida” por sementes de muitas plantas que assumem porte arbóreo, como plátanos, salgueiros e até acácias, o que pode colocar em causa o funcionamento futuro das telas de impermeabilização, exigindo um cuidado de manutenção redobrado.

⇒ Durante a fase de execução foi pedida a instalação de várias tipologias de sensores (temperatura, humidade, entre outros), mas não foi possível ainda verificar se todos os equipamentos solicitados foram de facto instalados e garantir uma recolha regular de dados (este processo encontra-se em curso).

⇒ A irrigação tem-se mostrado difícil de gerir, pelo que ainda se está a tentar identificar se existem problemas técnicos com o pluviómetro.

⇒ A ideia inicial de transportar a água do telhado para as instalações sanitárias da escola foi abandonada, por ter sido impossível de implementar.

### 3. CONCLUSÃO: LIÇÕES APRENDIDAS E BOAS PRÁTICAS

As NBS têm o potencial de acelerar os processos de adaptação às alterações climáticas. A sua implementação nos três edifícios piloto do projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN visou, por um lado, conceber e testar soluções inovadoras, validar as mesmas enquanto medidas de melhoria da resiliência dos edifícios aos fenómenos climáticos extremos e de promoção do desenvolvimento sustentável, por meio da monitorização de parâmetros e dados quantificáveis e, por outro lado, contribuir para a criação de evidências que promovam políticas e estratégias de intervenção no edificado que integrem NBS.

O presente documento procurou reunir as aprendizagens obtidas durante a implementação das NBS, considerando as fases prévias de conceção dos protótipos e dos projetos de construção, obtenção de licenças administrativas, contratação pública das respetivas obras, como também, no que concerne ao ciclo de vida destas soluções, a manutenção dos protótipos e os resultados obtidos. Foram analisados os aspetos positivos e os problemas identificados em cada edifício piloto, nomeadamente limitações específicas em cada situação bem como problemas técnicos inerentes a cada solução. Deste modo, espera-se, com a sistematização das aprendizagens obtidas, lançar luz a um conjunto de boas práticas para a implantação de NBS a ter em conta em futuros projetos de implementação de NBS.

#### *Vantagens e boas práticas*

As vantagens de implementar NBS em edifícios traduzem-se numa melhoria do conforto térmico interior, maior eficiência energética do edifício, otimização na gestão das águas para irrigação, melhor gestão das águas pluviais e redução do escoamento urbano, benefícios que são comprováveis pela quantificação de dados como a temperatura, humidade, níveis de CO<sub>2</sub>, consumo energético e consumo de água. Estes benefícios têm um impacto direto, de natureza económica, na gestão do edifício. Acrescem a estes benefícios outros de natureza social e ambiental, como as características estéticas atrativas que estas soluções permitem, a melhoria do valor paisagístico, o aumento dos recursos educativos vivos, o aumento da biodiversidade, a melhoria da qualidade do ar e a melhoria de indicadores de saúde dos seus utilizadores. Estes benefícios, por sua vez, oferecem uma maior complexidade para quantificar e medir o respetivo impacto ao nível económico.

Os resultados deste projeto, concretamente os alcançados pela implementação de NBS na Escola Básica Gabriela Mistral em Solana de Los Barros, permitiram validar, com dados

mensuráveis, os benefícios destas soluções, refletindo, nomeadamente, uma maior eficiência energética do edifício, otimização no consumo e gestão da água, redução dos efeitos dos fenómenos de calor extremo, através da redução da temperatura interior conseguida, geração de mais oxigénio e filtragem de uma quantidade significativa de gases nocivos por ano, promovendo a melhoria da qualidade do ar.

Espera-se corroborar e robustecer estes resultados com a monitorização do desempenho das NBS nos outros dois edifícios piloto: a escola Básica da Horta das Figueiras em Évora, e a Escola Básica do Falcão, no Porto. O Plano After-LIFE, a implementar entre 2024 e 2028, irá permitir uma monitorização dos protótipos em fase plena do seu funcionamento, ou seja, com a vegetação completamente desenvolvida, tanto na Escola Básica de Solana de Los Barros, como nas duas escolas portuguesas.

Para além de sublinhar as vantagens oferecidas pelos protótipos NBS, é importante considerar um conjunto de boas práticas decorrentes da experiência adquirida e que poderão aumentar as hipóteses de sucesso do projeto. Neste contexto, destaca-se o seguinte:

⇒ Planear previamente e de forma adequada, estabelecendo as atividades chave a desenvolver e a sua data máxima de conclusão, permite obter as licenças e as autorizações necessárias, bem como a contratação dos serviços e empreitadas inerentes à execução do projeto, obviando ou minimizando eventuais atrasos e derrapagens orçamentais.

⇒ Identificar e envolver os intervenientes no projeto, de entre os quais os decisores, a comunidade de utilizadores (neste caso a comunidade escolar), mas também os intervenientes na construção e instalação dos protótipos de NBS.

⇒ Envolver as organizações beneficiárias (escolas ou outras entidades responsáveis pelos edifícios) no processo de planeamento, permite ter uma visão mais pragmática das carências e necessidades dos espaços, o que configura um contributo essencial para que as soluções desenhadas sejam mais facilmente aceites pelas organizações e para que os benefícios sejam reais e efetivos.

⇒ Criar grupos multidisciplinares mais alargados do que o consórcio, envolvendo organizações locais e com *know how* reconhecido, como forma de potenciar a validação das soluções, minimizando os riscos e o insucesso dos protótipos.

⇒ É igualmente importante, previamente ao desenvolvimento do projeto de arquitetura e especialidades, realizar os estudos necessários para a acurada caracterização e diagnóstico do

estado de conservação do edifício, permitindo atuar à priori perante eventuais patologias construtivas e estruturais.

⇒ Quando necessário, é vantajoso associar a implementação das NBS às obras gerais da escola, permitindo, inclusive, ultrapassar barreiras construtivas.

⇒ A especialização da obra, pela concretização de coberturas e fachadas verdes, sistemas de sombreamento em NBS e o carácter experimentalista e inovador dos protótipos, exige um investimento acrescido no estudo e tempo de elaboração do projeto de arquitetura e especialidades, bem como na conceção das soluções a implementar. Investir no detalhe do projeto tem o potencial de minimizar imprevistos em obra. Paralelamente, é aconselhável uma pesquisa prévia e exaustiva dos materiais e empresas existentes no mercado, de modo a melhor conceber as soluções a adotar. Igualmente, este investimento permite obter previamente condições e orçamentos de execução mais assertivo, que deverão ser transferidos para o projeto juntamente com as restantes obras necessárias, evitando, deste maneira, problemas de implementação imprevistos ou orçamentos deficitários, e possíveis concursos desertos ou abandonados.

⇒ A especificidade da obra e a natureza inovadora, impõe um investimento no tempo de execução compatível com a realidade, pelo que não deve se deve descurar a fixação de um prazo de execução adequado e realista, obviando alterações e atrasos face ao prazo inicialmente definido.

⇒ Elaborar um plano de manutenção inicial devidamente ajustado ao garante da sobrevivência das espécies recém-plantadas, o qual deverá ser justado à medida que as espécies se vão desenvolvendo e consolidando.

⇒ Sendo pretensão o usufruto das novas áreas verdes do edifício, concretamente na cobertura, seja para lazer ou como recurso pedagógico, o desenho do projeto deve contemplar e acautelar a respetiva acessibilidade em condições de conforto e segurança.

⇒ Selecionar espécies perfeitamente adaptadas ao clima local, bem como às condições de localização no edifício, não descurando do recurso a aconselhamento especializado nesta matéria.

⇒ Para efeitos de monitorização e verificação dos resultados obtidos pelas NBS, é necessário acautelar o tempo adequado ao desenvolvimento e consolidação dos protótipos, de modo a extrair e validar os resultados do projeto de forma sistemática.

## *Limitações*

Os resultados alcançados pelo projeto, explorados, fundamentados e justificados ao longo da sua implementação, representam um contributo significativo para ao conhecimento das NBS e correspondentes desempenhos enquanto medida de adaptação dos edifícios às alterações climáticas.

Neste documento, procurou-se construir uma ferramenta eficiente no contributo à implementação de NBS em edifícios e correspondente avaliação do seu desempenho.

Pese embora os resultados alcançados, a componente da monitorização da performance das NBS carece ainda de concretização em dois dos edifícios piloto, sobretudo no caso de Évora, cuja obra teve o seu término coincidente com o fim do prazo do projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN.

Efetivamente, os períodos de monitorização e de avaliação de resultados devem ser longos o suficiente para assegurar que possam considerar as mais diversas variáveis, nomeadamente ao nível das estações do ano e do seu impacto nas soluções, sendo que estes momentos são muitas vezes sacrificados ou encurtados dadas as limitações dos cronogramas.

Espera-se ultrapassar e colmatar tal limitação dos resultados alcançados na presente fase, no decorrer dos próximos cinco anos, prazo de vigência do Plano After-LIFE.

Também a falta de conhecimento em NBS e o carácter inovador dos protótipos associados a este tipo de soluções, constituíram limitações identificadas no decorrer do projeto.

Nomeadamente, verificou-se a falta de empresas especializadas em NBS, seja para fornecimento de materiais, seja para fornecimento e instalação de sistemas de coberturas e fachadas verdes, sistemas de irrigação para este tipo de soluções, bem como empresas construtoras com capacidade técnica especializada e mão-de-obra qualificada, e empresas de manutenção com experiência em NBS. A escassez no mercado de tais fornecedores constitui ainda uma barreira à implementação de NBS em edifícios. Acresce, ainda, a existente falta de conhecimento generalizada por parte de outros profissionais do setor da construção, como promotores, projetistas, arquitetos e engenheiros. Perante este cenário, os custos associados à implementação de NBS inovadoras são elevados, e frequentemente um fator dissuasão da sua utilização. **No entanto, isto pode tornar-se uma oportunidade, porque existe um nicho de negócio óbvio na explosão de instalações deste tipo que se espera venham a ser implementadas para melhorar o conforto térmico dos edifícios públicos e das casas particulares.**

Neste contexto, o projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN teve como propósito colmatar esta limitação com ações de partilha e disseminação de conhecimento. Ações, estas, que terão continuidade, estando previstas diversas atividades, para distintos públicos alvo, por parte dos vários parceiros do consórcio, no Plano After-LIFE.

Paralelamente o crescente aporte de conhecimento em NBS permitirá ultrapassar barreiras no que concerne à contratação pública e respetiva organização e adequação dos correspondentes procedimentos.

### *Conclusão*

O resultado principal deste projeto materializa-se na conceção e implementação de diversos protótipos NBS, concretizados em coberturas e fachadas verdes, bem como novas áreas verdes plantadas com espécies autóctones, em três edifícios piloto: a Escola Básica Gabriela Mistral, localizada em Solana de los Barros, em Badajoz (Espanha); a Escola Básica da Horta das Figueiras, em Évora (Portugal); e, a Escola Básica de Falcão, no Porto (Portugal).

O projeto, com os resultados alcançados, também demonstrou que tais soluções têm impacto na melhoria das condições e conforto térmico no interior dos edifícios, da eficiência energética, controlo do consumo da água e aproveitamento das mesmas, oferecendo, ainda, um contributo significativo para a adaptação destes edifícios às alterações climáticas. Não obstante, as ações de monitorização e recolha de dados quantificáveis em termos climáticos já realizadas na escola de Badajoz, está ainda por concretizar a monitorização nas escolas do Porto e de Évora com as NBS em pleno funcionamento. De modo a avaliar a evolução dos efeitos das NBS para a melhoria das condições bioclimáticas do edifício, corroborando os resultados preliminares da escola de Badajoz, e validar robustamente as NBS como medidas de adaptação às alterações climáticas, é premente concretizar as ações de monitorização de avaliação previstas para as duas escolas portuguesas, num período que compreenda o desenvolvimento ótimo das soluções implementadas.

Considerando que as NBS constituem uma medida de adaptação dos edifícios às alterações climáticas, viável e robusta, o presente Guia de Boas Práticas culmina, assim, num conjunto de considerações a ter em atenção na implementação de NBS em projetos futuros. Este Guia de Boas Práticas materializa, ainda, um instrumento útil para a replicabilidade dos protótipos concebidos e testados no projeto LIFE-myBUILDINGisGREEN, constituindo-se como mais um contributo para o conhecimento baseado nas evidências recolhidas no âmbito deste projeto.



my building is green  
A LIFE PROJECT



REAL JARDÍN  
BOTÁNICO

Instituto de Ciencias de la Construcción  
EDUARDO TORROJA

