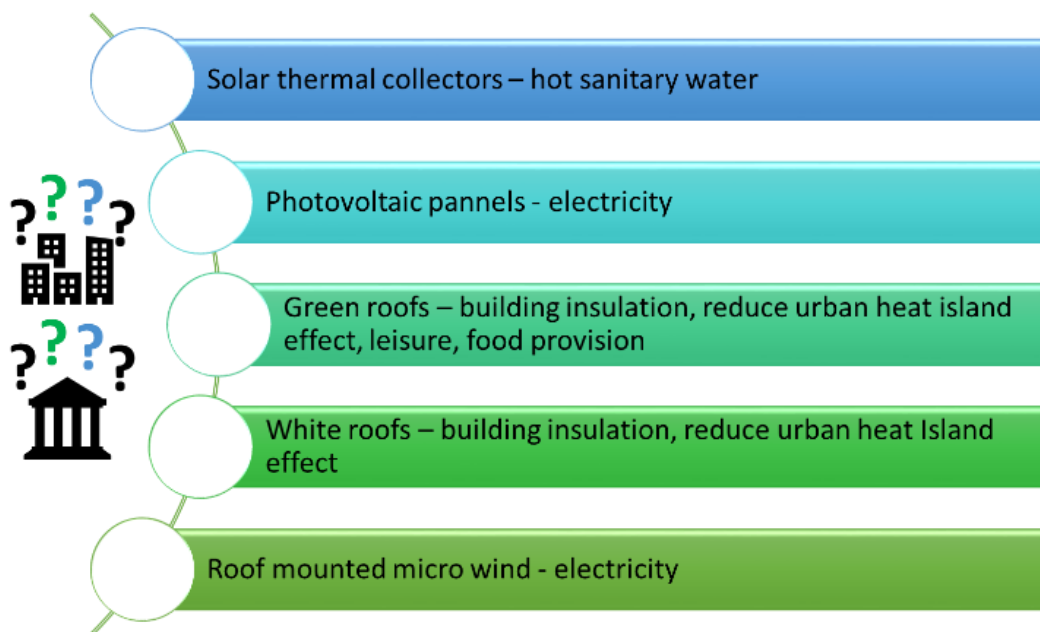




HOW-TO BRIEF

RENTABILIZAÇÃO DE TELHADOS PARA EDIFÍCIOS PÚBLICOS MAIS EFICIENTES



O telhado dos edifícios públicos é frequentemente uma parte não utilizada do edifício. No entanto, cada vez mais telhados são considerados áreas que podem ser utilizadas para a geração de energia renovável (eletricidade, água quente) e para a construção de espaços verdes.

Para além destes usos “ativos” dos telhados, maior ênfase tem sido dado à forma como os telhados podem ser modificados para reduzir o efeito urbano de ilha de calor através da implementação de telhados verdes ou brancos.

De facto, é frequente as áreas dos telhados conseguirem absorver até 80% da radiação solar que nelas incide. Esta luz solar é convertida em calor, aumentando desta forma aquecendo os edifícios. Substituir e atualizar os telhados com materiais mais refletivos pode reduzir este efeito, indesejável no verão, transformando assim os telhados em bens e não em ónus.

O uso dos telhados também contribui para a melhoria do conforto térmico dentro do edifício, visto que o telhado faz parte da envolvente do edifício.

Como primeiro passo para avaliar as possibilidades de usos para telhados, deve considerar as características do seu telhado: a área, o tipo de construção (e.g. se é plano ou inclinado, materiais utilizados) e a ocupação atual (caso exista).

Depois, verifique se existem planos para a renovação da envolvente do edifício, incluindo do telhado. Para decidir que uso escolher, deve primeiro considerar:

- ⇒ As necessidades de energia elétrica, água quente e de aquecimento de espaços do edifício,
- ⇒ A irradiação solar disponível e se a eletricidade gerado pode ser comercializada para a rede,
- ⇒ Se o edifício está localizado numa ilha de calor urbana,
- ⇒ Se uma área verde é viável e desejável.

FACTOS CHAVE:

- ✓ Cerca de 20% a 25% das superfícies urbanas são telhados
- ✓ Alguns EPM, como os recintos desportivos e escolas, têm telhados com áreas particularmente grandes, variando de 200 m² a 7000 m², frequentemente sem utilização
- ✓ A temperatura em centros urbanos densos pode ser até 4°C superior que a temperatura nos subúrbios, devido à produção de calor das diferentes atividades nos edifícios e da circulação de ar deficiente dentro da cidade. Áreas verdes em cidades podem reduzir a temperatura até 3°C.
- ✓ As perdas de calor através dos telhados podem ser responsáveis por uma substancial ineficiência energética nos EPM, afetando as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento de espaços; 15 - 20% das perdas totais de calor nos edifícios ocorrem pelo telhado
- ✓ Em muitos países a implementação de sistemas solares térmicos para aquecimento de águas ou painéis fotovoltaicos é uma condição necessária para um edifício ser classificado com o nível A no certificado de desempenho energético.

Conceitos-chave:

Albedo: a fração de luz solar que uma superfície reflete (também designada de refletância solar). Quanto maior o albedo, menor será a temperatura do telhado

Ilha de calor urbana: a área urbana onde as temperaturas são superiores às áreas rurais circundantes devido a atividade humana

Nomenclatura:

EE: Eficiência Energética

AVAC: Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

GPL: Gás de Petróleo Liquefeito

EPM: Edifícios Públicos Municipais

FER: Fontes de Energia Renovável

Telhados em diferentes formas e tamanhos



Para além das diferenças nos materiais de construção, os telhados nos EPM (e outros edifícios) podem ter formas e tamanhos muito diferentes: planos, inclinados e outras formas. Esta característica afeta o seu potencial uso.

Opções para usos de telhado os Edifícios Públicos Municipais

Nas secções seguintes, é dada uma visão geral do potencial de medidas de investimento relacionadas com diferentes usos do telhado é apresentada.



😊 Medidas de Investimento Baixo

Telhados Brancos e Verdes

Uma superfície de telhado mais fria é ao mesmo tempo altamente refletora de radiação solar e altamente emissiva, de forma a minimizar a quantidade de luz convertida em calor e maximizar a quantidade de calor que é irradiada para fora. Desta forma, a refletância solar é o parâmetro mais importante para determinar se um telhado é frio. Telhados brancos refletem mais radiação solar que os telhados negros, convertendo menor quantidade de energia solar em calor.

A maioria dos telhados reflete apenas até 20% da radiação incidente (i.e., têm uma refletância de 0.2 ou menos); enquanto um telhado branco novo reflete entre 70-80% da radiação solar (i.e., uma refletância de 0,7 a 0,8).

É possível ter um telhado frio através da aplicação de um revestimento refletivo aos materiais do telhado de qualquer cor, aumentando desta forma a sua refletância solar. Adicionalmente, existe no Mercado uma grande variedade de materiais refletivos para telhados como telhas de asfalto, metal, argila e betão. Para além de branco, estão disponíveis em outras cores como vermelho ou cinzento e são adequadas a todos os tipos de telhado, desde telhados muito inclinados a praticamente horizontais. Telhados coloridos muito refletivos têm tipicamente uma refletância a variar entre 0,30 e

0,55, em comparação com 0,10 dos telhados convencionais negros e inclinados.

Os edifícios com uma grande área relativamente à sua altura são candidatos ideais para telhados frios, pois a superfície do telhado é a fonte principal de ganhos térmicos no edifício.

→ Benefícios:

- ⇒ Reduzir as necessidades energéticas para arrefecimento
- ⇒ Custo-eficaz, retorno do investimento dentro de um ano
- ⇒ Apoio na mitigação e adaptação aos efeitos das alterações climáticas
- ⇒ Tornar EPM mais confortáveis
- ⇒ Instalação rápida, fácil e barata
- ⇒ Melhoria da saúde e conforto dos ocupantes, especialmente durante ondas de calor

→ Desvantagens:

- ⇒ O branco não é uma cor popular para telhados e pode ser considerado esteticamente desagradável para telhados inclinados, visíveis da rua
- ⇒ A luz refletida pode causar um brilho desagradável para ocupantes de edifícios mais elevados

- ⇒ Com o passar do tempo, o telhado ganha sujidade e perde as suas características de alta refletividade
- ⇒ Redução do aquecimento solar de água no Inverno

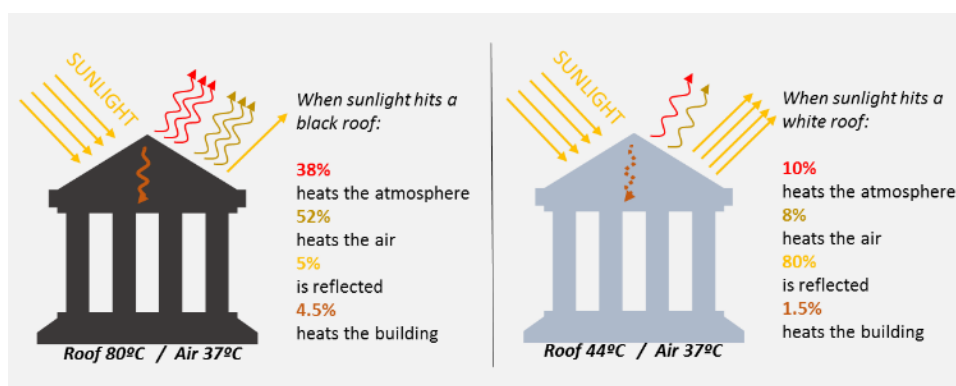
→ Custos Iniciais:

- ⇒ Os custos de investimento adicionais em comparação com os telhados “negros” convencionais, podem variar entre 0 (para telhas de argila, betão armado ou de

madeira) até 14%, para aplicação de revestimento líquidos.

- ⇒ A colocação de telhas de asfalto pode resultar em custos 5% maiores, enquanto que pintar telhados metálicos de branco significar um aumento de 1% nos custos.

Foram registadas poupanças anuais de energia de aproximadamente 10-11%, da implementação de telhados frios em escolas na Califórnia, EUA



😊 Medidas de Investimento Elevado

Painéis Solares Fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos são uma tecnologia de energia limpa que utiliza a radiação solar, uma fonte renovável de energia, para produzir eletricidade. Providenciam eletricidade produzindo reduzidas emissões de carbono e desta forma tendo impactos ambientais menores comparativamente a outras fontes de energia como o gás natural e o carvão. Os painéis fotovoltaicos de telhado são uma tecnologia silenciosa, de fácil instalação e visualmente desobstruída, que aproveitam o espaço não utilizado dos edifícios, sendo desta forma uma solução adequada para áreas urbanas e também rurais.

Cerca de 25% de todos os telhados são adequados à instalação de painéis fotovoltaicos, tecnologia que utiliza uma fonte de energia solar abundante e gratuita, permitindo desta forma a redução das contas de energia.

Pese embora o investimento inicial seja significativo, esta tecnologia tem custos reduzidos de operação e manutenção. O custo inicial tem decrescido ao longo

das últimas duas décadas. A eficiência dos painéis varia geralmente entre 15% e 17%, atingindo um máximo de 22%. A eficiência tem vindo a aumentar com o desenvolvimento da tecnologia. O peso e tamanho dos painéis varia entre 0,02 kWp (2,2 kg com dimensões 345 x 470 x 25 mm) e 100 kWp (>200 kg e maior que 1650 x 998 x 40 mm). Os custos de operação e manutenção são geralmente 1-2% do custo de investimento por ano. A tecnologia solar fotovoltaica nos telhados representa uma parte importante da solução para a segurança energética e mitigação das alterações climáticas.

→ Benefícios:

- ⇒ Carga mínima adicionada à estrutura do edifício
- ⇒ As áreas internas do edifício não são reduzidas
- ⇒ Mínimos distúrbios para os ocupantes
- ⇒ Aumenta a duração da impermeabilidade dos telhados

- ⇒ Custos de operação e manutenção são reduzidos
- ⇒ Redução das contas de energia
- ⇒ Energia limpa e neutra em carbono
- ⇒ Sem custos de combustível

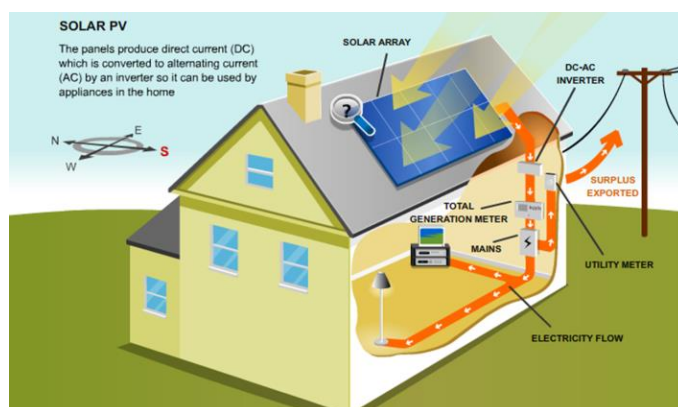
→ Desvantagens:

- ⇒ Potencial conflito com outros usos do telhado
- ⇒ Em alguns países, o quadro legislativo não permite a venda da eletricidade que não é consumida à rede
- ⇒ Não é recomendável para telhados que sejam demasiado planos
- ⇒ Intermitência e imprevisibilidade da fonte de energia, dependendo da localização
- ⇒ Custos iniciais elevados (mas a decrescer com o aumento da competitividade)

→ Custos Iniciais:

- ⇒ Custo inicial elevados para os painéis e baterias
- ⇒ Cerca de 1400-4950 €/kWp

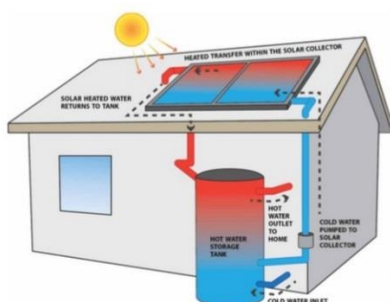
A tecnologia solar fotovoltaica nos telhados não leva a uma diminuição das necessidades energéticas mas pode resultar em poupança no consumo e, em alguns casos, na redução das perdas de eletricidade na transmissão quando é esta é produzida num local próximo do consumidor final (i.e. ocupantes dos edifícios)



Coletores solares térmicos

Os coletores solares térmicos são sistemas de energia solar que convertem a radiação solar em calor, com cerca de 60% a 70% de eficiência. Esta tecnologia é principalmente utilizada para aquecimento de águas domésticas e para aquecimento de espaços. Existem dois tipos de coletores solares: coletores planos, mais

eficientes para aquecimento a temperaturas mais reduzidas, e coletores de tubo de vácuo, com maior eficiência para aquecimento de água a temperaturas mais elevadas. É uma tecnologia limpa de energia renovável, que pode ser instalada em praticamente todo o tipo de telhados.



Esta tecnologia constitui uma solução custo-eficaz, apesar dos custos de investimento elevados, potencialmente reduzindo as contas de energia e tendo um período de retorno de investimento curto. Tem uma operação silenciosa e requer geralmente manutenção reduzida, em comparação com caldeiras a carvão e gás natural. O seu tamanho varia, mas para aplicação em edifícios de serviços pode armazenar normalmente um total de 230 L de água para unidades com potência entre 35-130 kW.

Devido à intermitência da fonte solar, requer geralmente um sistema de apoio (que poderá ser uma caldeira a gás natural, biomassa ou GPL, ou um sistema a eletricidade). A maioria dos sistemas utiliza um sistema de fluxo por gravidade, ou termossifão, sendo por isso adequados para instalações com ou sem eletricidade para a bombagem da água.

→ Benefícios:

- ⇒ Carga mínima adicionada à estrutura do edifício
- ⇒ As áreas internas do edifício não são reduzidas
- ⇒ Mínimos distúrbios para os ocupantes
- ⇒ Energia limpa e neutra em carbono
- ⇒ Custos reduzidos em combustível (somente quando é necessário ativar o sistema de apoio)

⇒ Solução custo-eficaz

Coletores solares térmicos permitem poupanças na conta da energia de 60€ até 460€ anualmente, dependendo do tipo de sistema existente e ocupantes do edifício

→ Desvantagens:

- ⇒ Competição com outros usos do telhado
- ⇒ Pode aumentar a temperatura do telhado
- ⇒ Na maioria dos casos, um Sistema de apoio é necessário (eletricidade, gás natural, GPL ou até fuelóleo)
- ⇒ Diferentes quantidades de água quente é produzida dependendo do clima

→ Custos iniciais:

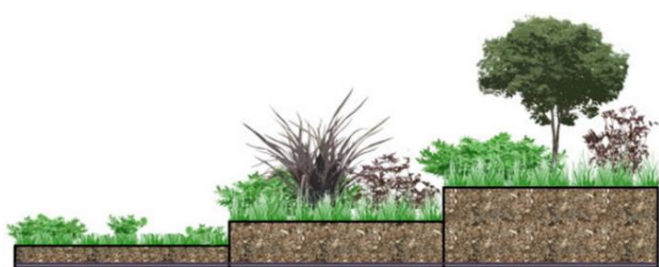
- ⇒ Custos iniciais elevados
- ⇒ O custo de todas as partes do Sistema e da instalação varia entre 3500€ e 7000€ para unidades mais pequenas e até 12000 € para unidades maiores

Telhados Verdes

Os telhados verdes são o cultivo de diferentes tipos de plantas na área do telhado. A vegetação de um telhado verde cria sombra nas superfícies e remove o calor do ar através da evapotranspiração, reduzindo assim as temperaturas da superfície do telhado e do ar circundante. A superfície de um telhado verde pode ser mais fria que o ar ambiente, ao contrário dos telhados convencionais. Os telhados verdes podem ser instalados numa variedade significativa de edifícios, incluindo instalações de ensino, de governo e escritórios. Existem vários tipos de telhados verdes, desde camadas finas (6-20 cm) de vegetação

resistente como musgo ou erva (i.e., telhados verdes extensivos) ou parques acessíveis com árvores (i.e., telhados verdes intensivos). Telhados verdes semi-intensivos têm tipicamente ervas e arbustos com altura até 25 cm.

Quando um telhado verde está húmido, absorve e armazena grandes quantidades de calor, reduzindo as flutuações de temperatura. Quando está seco, atua como um isolante, reduzindo o fluxo de calor através do telhado e consequentemente as necessidades energéticas para arrefecimento de espaço até uma temperatura de conforto térmico.



EXTENSIVE GREEN ROOF	SEMI-INTENSIVE GREEN ROOF	INTENSIVE GREEN ROOF
Height: 6- 20 cm Weight: 60 - 150 kg/m ² Vegetation: mosses, sedums, herbs and grasses Cost: low Maintenance: low	Height: 12 - 25 cm Weight: 120 - 200 kg/m ² Vegetation: grasses, herbs and shrubs Cost: middle Maintenance: periodically	Height: 15 cm > 1m Weight: 180 - 500 kg/m ² Vegetation: lawn, perennials, shrubs and small trees Cost: high Maintenance: regularly



Tipos de telhados verdes (Esquerda – Associação Internacional de Telhados Verdes) e Telhados verde extensivo (direita - de GmHb)

- ✓ **As poupanças energéticas de até 75% foram registadas num edifício com um telhado verde extensivo em Otava, Canada.**
- ✓ **Na Califórnia, os telhados verdes permitiram poupanças de 6-10% no consumo de energia**

➔ **Benefícios:**

- ⇒ Redução das necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento de espaços
- ⇒ Providencia áreas verdes que podem ser utilizadas para lazer e pode melhorar a amenidade
- ⇒ Reduz o efeito de ilha de calor urbana
- ⇒ Aumento de biodiversidade em zonas urbanas
- ⇒ Redução da poluição do ar e das emissões de gases de efeito estufa, visto que as plantas absorvem o CO₂ e outros poluentes
- ⇒ Efeito de redução do ruído
- ⇒ Melhoria da saúde humana e conforto nas cidades
- ⇒ Melhor gestão das águas pluviais e da qualidade da água

➔ **Desvantagens:**

- ⇒ Requer água para irrigação, o que acarreta custos adicionais, sendo um recurso escasso em alguns países Mediterrânicos
- ⇒ Danos potenciais nos edifícios provocados pela água

- ⇒ Apenas podem ser implementados em EPM com uma estrutura e características de construção suficientemente robustas
- ⇒ Falta de procedimentos regulatórios relativos ao processo de licenciamento em alguns países, o que cria alguma incerteza relativamente à sua viabilidade
- ⇒ Os Custos de manutenção são significativos, visto que manter um telhado verde poderá requerer consumos consideráveis de água e um jardineiro a tempo permanente. Custos anuais variam entre 0,5 e 1,5 € por m².

➔ **Custos Iniciais:**

- ⇒ Os telhados verdes simples são consideravelmente mais caros que um telhado convencional
- ⇒ De modo geral, um telhado verde extensivo em Portugal pode custar entre 40 € e 70 € por m², enquanto um telhado verde intensivo pode ter custos que variam entre 80€ e 150€ por m².

Micro turbinas eólicas

Micro ou pequenas turbinas eólicas utilizam o vento para produzir eletricidade à escala do edifício. Estas turbinas podem estar conectadas à rede de distribuição elétrica. A maioria das microturbinas eólicas são de eixo horizontal, mas turbinas eólicas de eixo vertical são igualmente uma opção que tem crescido em popularidade. Podem ser instaladas em diferentes tipos de telhado, sendo que têm melhor desempenho em telhas inclinados, devido ao aumento da velocidade do vento nessas condições.



As pás da turbina têm geralmente entre 1,5 e 3,3 metros e uma turbina pesa aproximadamente 15 kg, dependendo da potência. A potência das microturbinas eólicas varia entre 20 W e 6000 W. Microturbinas mais pequenas são utilizadas para carregar baterias, enquanto turbinas com potência superior a 600 W podem ser usadas para a geração de eletricidade. Uma velocidade mínima do vento de 4m/s é necessária, apesar de algumas turbinas serem feitas para funcionar já a velocidades menores. A grandes velocidades de vento, a turbina descarrega o excesso de energia por travagem dinâmica, continuando a produzir eletricidade. As turbinas eólicas têm de ser instaladas em posições expostas ao vento no telhado, o que fará com que alguns telhados não sejam adequados à sua instalação. Devido à reduzida velocidade do vento e disponibilidade deste recurso, algumas regiões poderão não ser adequadas à instalação de turbinas.

A força e resistência de um telhado é igualmente um fator importante a ter em consideração. As turbinas eólicas transmitem a vibração ao telhado, o que pode resultar em problemas de ruído para os ocupantes. As turbinas de eixo vertical produzem menor ruído que as turbinas de eixo horizontal. A turbulência é também um problema para pequenas turbinas eólicas de telhado, podendo prejudicar a produção elétrica. Esta

é uma tecnologia limpa, de energia renovável, praticamente sem emissões poluentes, visto que não utiliza nenhum combustível na operação. Permite poupanças nas contas de energia e um período de retorno de investimento potencialmente favorável. No entanto, tal como nas tecnologias solares, o recurso que utiliza é intermitente, sendo assim necessário o uso de baterias, por forma a que haja eletricidade disponível em dias em que não há vento.

➔ Benefícios:

- ⇒ Opção limpa e ecológica
- ⇒ Menores contas de energia
- ⇒ Electricidade produzida neutra em carbono
- ⇒ Sem custos de combustível
- ⇒ Pode constituir um bom sistema de apoio aos painéis fotovoltaicos
- ⇒ Manutenção é reduzida, cerca de 100-530 € por ano/alguns anos (10% do custo de investimento).
- ⇒ Os custos de manutenção das turbinas eólicas têm diminuído ao longo dos anos.

- ✓ **Localização do edifício e posição no telhado são cruciais para um funcionamento eficiente da microturbina eólica**
- ✓ **Pode reduzir a contas de energia mas a resistência da telhado e o potencial ruído no funcionamento são fatores a ter em conta**

➔ Desvantagens:

- ⇒ Problemas de ruído e vibração
- ⇒ Localização e posição no telhado – a disponibilidade do recurso e a velocidade do vento limitam o número de edifícios adequados à sua instalação
- ⇒ Pode necessitar de um sistema de apoio
- ⇒ Intermitência e imprevisibilidade do vento
- ⇒ Pode acarretar impactos negativos na avifauna
- ⇒ A neve e o gelo danificam as turbinas

Sumário... e algumas dicas

- Os telhados são grandes áreas desaproveitadas nos Edifícios Públicos Municipais que podem contribuir para a melhoria do seu desempenho energético e até aumentar as suas receitas.
- O melhor uso para um certo telhado depende da sua área, estrutura (noutras palavras, da carga que poderá aguentar), o tipo de uso do edifício e dos regulamentos existentes (que inclui o custo da eletricidade paga pelos utilizadores dos edifícios e se é possível vender essa eletricidade à rede elétrica).
- Em certos casos, é possível combinar diversos tipos de usos do telhado. O número de aplicações de telhados verdes e painéis fotovoltaicos tem vindo a aumentar na Europa.

Outras Referências

Abaixo pode encontrar algumas referências para mais informações sobre possíveis usos de telhados no seu edifício:

- Informação sobre Telhados frios (e pavimentos frios): <http://www.coolrooftoolkit.org>, <http://coolroofcouncil.eu/>
- Federação Europeia de Associações de Telhados verdes: <https://efb-greenroof.eu/>
- Microturbinas eólicas: <http://www.solar-wind.co.uk/wind-generators-power-turbines.html>
- Aquecimento solar de águas: <http://www.energysavingtrust.org.uk/renewable-energy/heat/solar-water-heating>
- Recursos da Associação Europeia de Energia Solar para painéis solares nos edifícios: http://www.solarpowereurope.org/tag/building_integrated_solar/
- Lets Go Solar – uma organização sediada nos EUA para a transparência da tecnologia dos painéis solares fotovoltaicos, fornecendo informação acessível sobre os diferentes tipos de painéis fotovoltaicos: <https://www.letsgosolar.com/solar-panels/home-and-residential/complete-systems/>
- Soluções do Project Drawdown Solar Fotovoltaico, Telhados Verdes, Solar Térmico: <https://www.drawdown.org/>

Agradecimentos

As figuras neste documento são das seguintes fontes:

- <https://www.homestratosphere.com/home-roof-designs/>
- <http://www.energyenv.co.uk/D400Wallmounted.gif>
- <https://s3.amazonaws.com/castleton/files/news/turbines.jpg>
- <https://www.r-eco.coop/domestic-pv/solar-pv-my-home>
- <https://www.solarquotes.com.au/energy-efficiency/hot-water.html>

Sobre o PrioritEE

O PrioritEE é um projeto INTERREG MED co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDR)

Os parceiros do PrioritEE são:



