

# Caldeira híbrida Daikin Altherma

- ✓ Ecológica
- ✓ Utilização flexível
- ✓ Energia renovável acessível



---

... UMA FERRAMENTA AVANÇADA PARA  
CONTRIBUIR PARA OS OBJETIVOS 20/20/20

Caldeira híbrida Daikin Altherma: uma solução de aquecimento  
que maximiza as vertentes ecológica e económica

# Tecnologia da Caldeira híbrida Daikin Altherma:

## Índice

1. Vantagens da utilização de uma caldeira híbrida	4
2. Princípios do funcionamento híbrido	8
3. Definições de eficiência	16
4. Principais componentes na Caldeira híbrida Daikin Altherma	22
5. Desempenho ambiental e avaliação da eficiência no custo da redução das emissões de CO <sub>2</sub> da tecnologia híbrida em comparação com outras tecnologias renováveis	28
6. A tecnologia híbrida: aplicações	30
7. Conclusão: porque a Caldeira híbrida Daikin Altherma vai ser considerada a fonte de calor do futuro	38

# substituir a caldeira de combustão por aquecimento renovável acessível em habitações

Uma vez que 40% de toda a utilização de energia primária na UE pode ser atribuída a edifícios (70% da qual é utilizada para aquecimento e produção de água quente sanitária), e dado que o mercado de renovações representa mais de 85% do mercado total, a substituição das caldeiras de combustão por caldeiras híbridas pode ser a derradeira solução económica para fornecimento de energia renovável.

Uma caldeira híbrida combina uma bomba de calor com uma caldeira de condensação a gás, sendo que ambas podem ser utilizadas para fornecer o aquecimento ambiente necessário para uma habitação. Dependendo da temperatura de caudal definida e da temperatura exterior, a unidade pode funcionar no modo apenas caldeira, modo híbrido (em que a caldeira e a bomba de calor funcionam em conjunto) ou no modo apenas bomba de calor. A unidade foi concebida de forma a minimizar os custos relacionados com a energia, tendo em conta os preços da energia ou a utilização de energia primária, consoante as preferências do utilizador. As vantagens destas poupanças energéticas fazem da caldeira híbrida uma solução ideal para a substituição de caldeiras de combustão em habitações.

A tecnologia híbrida é altamente flexível, tanto em relação ao tipo de edifício como ao tipo de emissores (com possibilidade de aquecimento do piso e radiadores). É também bastante ecológica e consegue reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> com um custo de investimento mais baixo do que outras tecnologias renováveis existentes. Conforme adiante explicado, a tecnologia híbrida pode ser considerada uma opção bastante eficiente em termos de custo para contribuir para os objetivos “20-20-20” da UE.

Além disso, a tecnologia híbrida apresenta um design topo de gama que otimiza a eficiência, o tamanho compacto, e o nível de ruído. Também permite um fácil funcionamento e monitorização da energia.

1

# Vantagens da utilização de uma caldeira híbrida

## 1.1. Vantagens ambientais: poupanças nas emissões de CO<sub>2</sub> e na utilização de energia primária relativamente aos objetivos 20-20-20 da UE

Na UE, cerca de 40% de toda a utilização de energia primária pode ser atribuída a edifícios, sendo a grande maioria constituída por habitações residenciais. Nestas habitações, a utilização de energia para aquecimento ambiente e produção de água quente representa 70%. Uma vez que a maioria das habitações na UE continua a ser aquecida por combustíveis fósseis, uma mudança para um sistema de aquecimento renovável doméstico que reduza o consumo de energia primária e as emissões de CO<sub>2</sub> pode contribuir amplamente para os objetivos 20-20-20 da UE, i.e., uma redução de 20% nas emissões de gases de estufa da UE em comparação com os níveis de 1990, um aumento da quota de energia renovável para 20% no consumo energético final da UE, e uma redução de 20% na utilização de energia primária da UE (Diretiva da UE para Energia Renovável, Diretiva 2009/28/CE).



Figura 1: Ilustração dos objetivos 20-20-20 da UE.

As bombas de calor aerotérmicas tornaram-se uma tecnologia renovável reconhecida para aquecimento e arrefecimento de edifícios. Ao longo dos anos, o seu design foi otimizado de forma a aumentar a eficiência (e reduzir o consumo de eletricidade), e os fluidos frigoríficos utilizados foram substituídos por outros mais ecológicos graças ao seu menor potencial de aquecimento global (GWP = Global Warming Potential). Uma vez que as bombas de calor aerotérmicas utilizam ar, podem ser utilizadas como uma fonte de aquecimento renovável. No entanto, a grande desvantagem das bombas de calor aerotérmicas é que a sua eficiência diminui a temperaturas de caudal mais elevadas: é necessária mais energia para uma determinada potência de aquecimento, resultando num menor coeficiente de desempenho (COP) e numa fatura de eletricidade mais elevada. São necessárias temperaturas de caudal mais elevadas se forem utilizados radiadores como emissores de calor na habitação. Combinando bombas de calor com caldeiras de condensação a gás, as caldeiras híbridas fornecem uma solução para isto.

## 1.2. Poupanças nos custos de funcionamento devido à comutação inteligente entre o modo de bomba de calor, modo híbrido e o funcionamento da caldeira

A caldeira híbrida Daikin Altherma satisfaz os 3 requisitos básicos da diretiva 20-20-20:

**1. Menos emissões de CO<sub>2</sub>:** A tecnologia híbrida poupa nas emissões de CO<sub>2</sub> caso a emissão de CO<sub>2</sub> da caldeira a gás exceda a emissão de CO<sub>2</sub> da bomba de calor.

- › Emissão de CO<sub>2</sub> de caldeira a gás:  $\frac{\text{Taxa de emissão de gás}}{\eta}$ 
  - $\eta$  = eficiência da caldeira [-]
  - Taxa de emissão de gás [kg CO<sub>2</sub>/kWh] (corresponde à quantidade de CO<sub>2</sub> emitida por kWh de gás queimado), por ex.: 180~0,230 kg CO<sub>2</sub>/kWh para gás natural
- › Emissão de CO<sub>2</sub> da bomba de calor:  $\frac{\text{taxa de emissão da rede elétrica}}{\text{COP}}$ 
  - Taxa de emissão da rede elétrica = quantidade de CO<sub>2e</sub> emitido por kWh de eletricidade produzida [kg CO<sub>2e</sub>/kWh]. Um valor típico é 0,5 kg CO<sub>2e</sub>/kWh, mas tal depende da combinação de produção de eletricidade e também varia no tempo.
  - COP = (Coefficient Of Performance) Coeficiente de desempenho (eficiência da bomba de calor) [-]

O exemplo abaixo revela as poupanças nas emissões de CO<sub>2</sub> se, para uma habitação com um consumo anual de gás de 20.000 kWh, a caldeira a gás de condensação for substituída por uma caldeira híbrida. Os pressupostos são o resultado direto de uma medição de teste no terreno específica.

- Caldeira a gás de condensação: 4.444 kg CO<sub>2</sub>
- Caldeira híbrida Daikin Altherma: 3.449 kg CO<sub>2</sub>

Tal representa uma poupança de quase 1.000 kg CO<sub>2</sub> anualmente para uma habitação específica, ou uma poupança superior a 22%.

**2. Maior utilização de energia renovável:** Quando a solução híbrida funciona no modo de bomba de calor ou híbrido, a bomba de calor utiliza o ar como uma fonte de energia renovável e, como tal, fornece energia renovável.

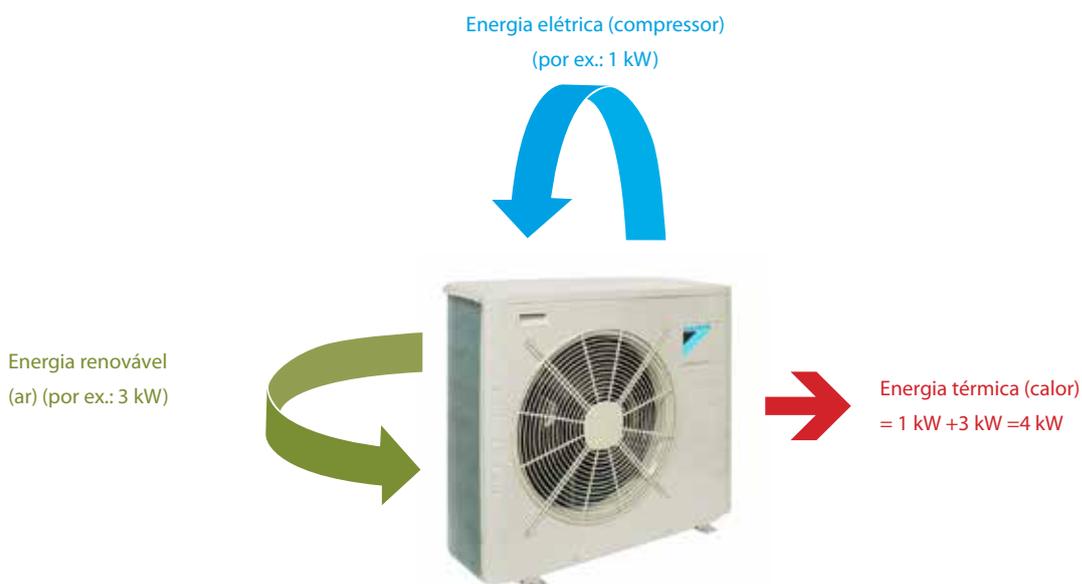
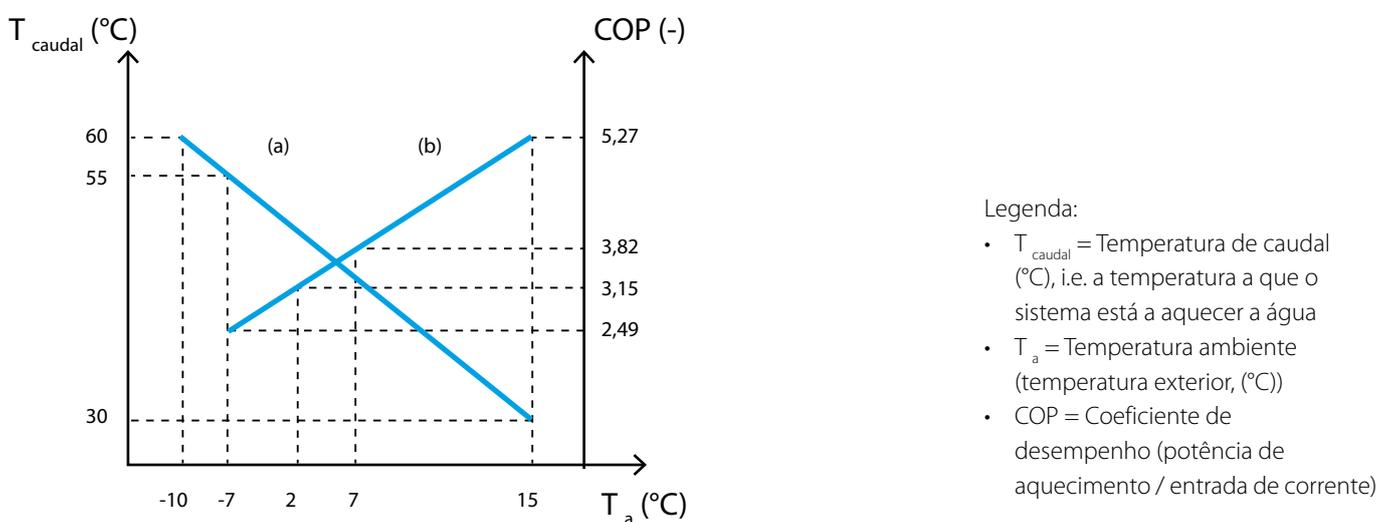


Figura 2: Ilustração de como uma bomba de calor utiliza o ar como uma fonte de energia renovável para fornecer calor (atente que, para este exemplo, o COP da bomba de calor é igual à potência de energia térmica (4 kW) em relação ao consumo elétrico (1 kW), sendo assim igual a 4.

**3. Menor utilização de energia primária versus BAU (Business As Usual (cenário sem alterações)).** O COP sazonal de energia primária (sCOP de EP) mede a quantidade de energia primária utilizada para obter uma determinada quantidade de potência de aquecimento durante uma estação de aquecimento. A Figura 19 mostra o resultado de uma simulação específica, revelando que a caldeira híbrida Daikin Altherma atingiu um sCOP de EP de 1,2 ~1,5, enquanto que a caldeira a gás de condensação atingiu apenas 0,88 ~ 0,98.

A Caldeira híbrida Daikin Altherma evita um funcionamento a COPs reduzidos mudando para o modo de aquecimento híbrido, em que a bomba de calor é assistida por uma caldeira a gás de condensação para fornecer a quantidade de aquecimento necessária. Mesmo a baixas temperaturas ambiente, a unidade muda para um modo em que a caldeira a gás de condensação assume toda a carga de calor. O princípio de funcionamento da tecnologia híbrida e os pontos em que a Caldeira híbrida Daikin Altherma muda de um modo para outro são elaborados com maior pormenor na segunda secção deste documento.



Legenda:

- $T_{caudal}$  = Temperatura de caudal (°C), i.e. a temperatura a que o sistema está a aquecer a água
- $T_a$  = Temperatura ambiente (temperatura exterior, (°C))
- COP = Coeficiente de desempenho (potência de aquecimento / entrada de corrente)

Figura 3: Características de uma bomba de calor típica que mostram (a): Uma curva de set-point dependente da temperatura (a temperatura de caudal  $T_{caudal}$  [°C] necessária como função da temperatura ambiente  $T_a$  [°C]) e (b): Uma curva de COP típica (o COP [-] obtido como função da temperatura ambiente  $T_a$  [°C]).

### 1.3. Flexibilidade de utilização relativamente ao sistema de aquecimento e à idade/qualidade de isolamento do edifício

A Caldeira híbrida Daikin Altherma é flexível em relação ao tipo de edifício no qual é instalada e ao tipo de emissor de calor utilizado. Uma vez que combina a tecnologia de uma caldeira de condensação a gás com uma bomba de calor aerotérmica, pode ser instalada em qualquer edifício, independentemente do ano de construção e da qualidade do isolamento. Além disso, a Caldeira híbrida Daikin Altherma consegue produzir temperaturas de caudal de água entre 25 °C e 80 °C, tornando-a adequada para utilização em habitações com qualquer tipo de emissor de calor, incluindo unidades ventilo-convetoras, de aquecimento do piso e radiadores. A tecnologia híbrida pode ser utilizada em qualquer clima, com qualquer tipo de emissor de calor, e em qualquer tipo de casa.

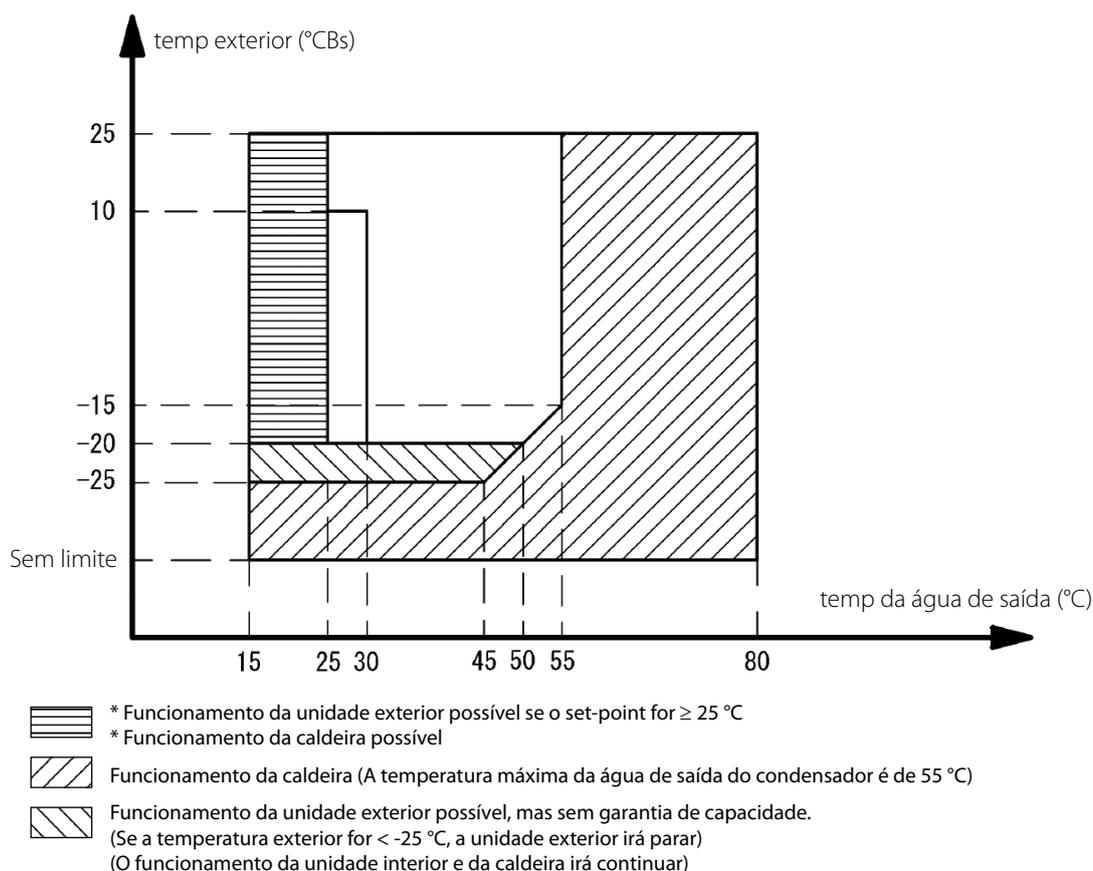


Figura 4: Intervalo de funcionamento da Caldeira HÍBRIDA Daikin Altherma, para o funcionamento híbrido no modo de aquecimento.

A Figura 4 mostra o intervalo de funcionamento da Caldeira híbrida Daikin Altherma a funcionar no modo de aquecimento. Dependendo do valor da temperatura exterior (°CBs) e da temperatura da água de saída (LWT, °C), é possível distinguir quatro zonas:

1. Uma zona de puxar para cima (para a qual a bomba de calor não está dimensionada para funcionar), mas se as temperaturas da água de saída forem demasiado frias, pode ainda arrancar e aumentar a temperatura da água de saída para os valores de funcionamento normais e continuar o funcionamento normal);
2. Uma zona de funcionamento da caldeira, com LWT até 15 °C para secagem de reboco;
3. Uma zona de funcionamento da caldeira;
4. Uma zona de funcionamento da bomba de calor (nesta zona pode funcionar a bomba de calor e/ou a caldeira).

# 2

# Princípios do funcionamento híbrido

A Caldeira híbrida Daikin Altherma monitoriza continuamente os parâmetros e as temperaturas do sistema. Maximiza a eficiência do sistema em tempo real e opera sempre o sistema da forma mais eficiente. Estão integrados quatro modos de funcionamento diferentes para aquecimento.

## 2.1. Distinção de diferentes modos de funcionamento

É possível distinguir quatro modos de funcionamento diferentes:

1. Modo de funcionamento apenas bomba de calor;
2. Primeiro modo de funcionamento híbrido;
3. Segundo modo de funcionamento híbrido;
4. Modo de funcionamento apenas caldeira.

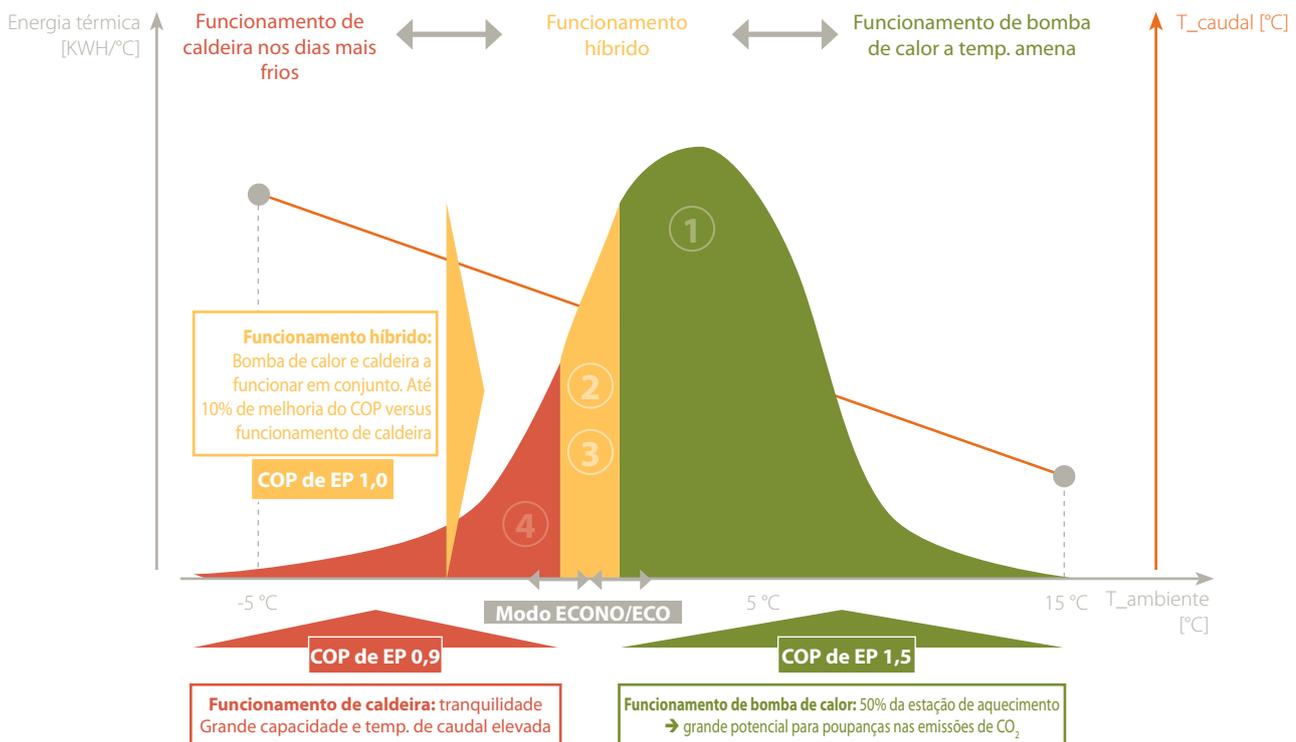


Figura 5: Distinção dos quatro modos de funcionamento, mostrando também a energia térmica [kWh/°C] e a temperatura de caudal  $T_{\text{caudal}}$  como função da temperatura ambiente  $T_{\text{ambiente}}$ .

Legenda:

- Energia térmica [kWh/°C]: quantidade de potência térmica [kWh] que a Caldeira híbrida Daikin Altherma gera a uma determinada temperatura ambiente.
- COP de EP [-]: COP de energia primária: Indica a potência de energia térmica que pode ser gerada utilizando 1 unidade de entrada de energia primária.
- $T_{\text{caudal}}$ : A temperatura de caudal, i.e., a temperatura [°C] a que a água sai da Caldeira híbrida Daikin Altherma.
- HP = (Heat Pump) Bomba de calor

O utilizador pode escolher se a comutação entre modos de funcionamento é otimizada para a vertente económica (modo ECONO) ou ecológica (modo ECO). No modo ECONO, o sistema vai selecionar a fonte de energia (gás ou eletricidade) com base no custo da energia. No modo ECO, a fonte de calor vai ser selecionada com base em parâmetros ecológicos (minimização da energia primária).

## 2.2. Determinação da temperatura de caudal definida e cálculo do COP de ponto de equilíbrio

O COP de ponto de equilíbrio é necessário para determinar o modo de funcionamento híbrido.

Um sensor de temperatura mede a temperatura ambiente  $T_a$  (temperatura exterior), a partir da qual é calculada a temperatura de caudal definida necessária ( $T_{caudal}$ ). Para tal, o instalador define a curva de set-point dependente da temperatura no sistema. Para aquecer a habitação para uma temperatura confortável, esta curva define a temperatura da água de saída necessária para cada temperatura exterior (consulte a Figura 6). Com base nas características da bomba de calor, o sistema calcula então em tempo real a eficiência da bomba de calor (COP da temperatura de caudal definida) e a temperatura da água de saída necessária.

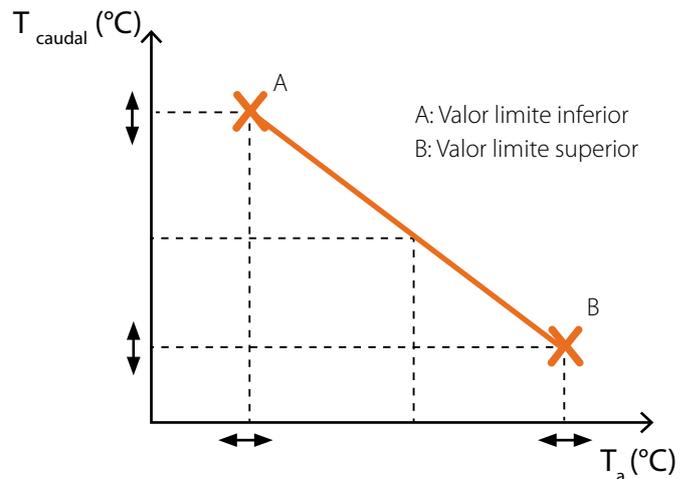


Figura 6: Curva dependente da temperatura exterior: ao fixar dois pontos (aos quais o instalador atribui um valor para  $T_{caudal}$  [°C] e  $T_a$  [°C] (temperatura exterior)), é definida a temperatura da água de saída necessária para cada temperatura exterior.

**No modo ECONO:** Quando a bomba de calor funciona no COP de ponto de equilíbrio, o custo de 1 kWh de potência térmica produzida pela bomba de calor equivale ao custo de 1 kWh de potência térmica produzida pela caldeira. O COP de ponto de equilíbrio depende do preço da eletricidade [€/kWh], do preço do gás [€/kWh] e da eficiência térmica da caldeira [%] (considerada como um valor fixo, independentemente da temperatura de caudal, temperatura de retorno e temperatura ambiente). Os preços da energia são definidos pelo utilizador ou instalador e podem ser ajustados.

$$\text{COP}_{\text{ponto de equilíbrio, ECONO}} = \frac{\text{Preço da eletricidade} \left[ \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] \times \eta_{\text{caldeira}} [-]}{\text{Preço do gás} \left[ \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right]}$$

**No modo ECO:** Quando a bomba de calor funciona no COP de ponto de equilíbrio, a energia primária utilizada para produzir 1 kWh de potência térmica pela bomba de calor equivale à energia primária utilizada para produzir 1 kWh de potência térmica pela caldeira. O COP de ponto de equilíbrio depende do coeficiente de energia primária (a quantidade de entrada de energia primária necessária para gerar 1 kWh de eletricidade, que aqui se presume ser de 2,5) e da eficiência térmica da caldeira.

$$\text{COP}_{\text{ponto de equilíbrio, ECO}} = \text{Coeficiente de energia primária} [-] \times \eta_{\text{caldeira}} [-]$$



## 2.3. Modo 1: Modo de funcionamento apenas bomba de calor

Quando a eficiência da bomba de calor é suficientemente elevada para proporcionar poupanças económicas ou ecológicas para o utilizador, a Caldeira híbrida Daikin Altherma vai funcionar no modo apenas bomba de calor. Mais especificamente, isto acontece se o COP da temperatura de caudal definida (o COP obtido se o fluido ativo for totalmente aquecido pela bomba de calor, da temperatura de retorno à temperatura do set-point) for superior ao COP de ponto de equilíbrio (consulte a fórmula acima) e se a bomba de calor tiver capacidade para fornecer a capacidade de aquecimento necessária. Tal ocorre tipicamente e temperaturas amenas.

A caldeira não funciona a não ser que seja necessária a produção de água quente sanitária.

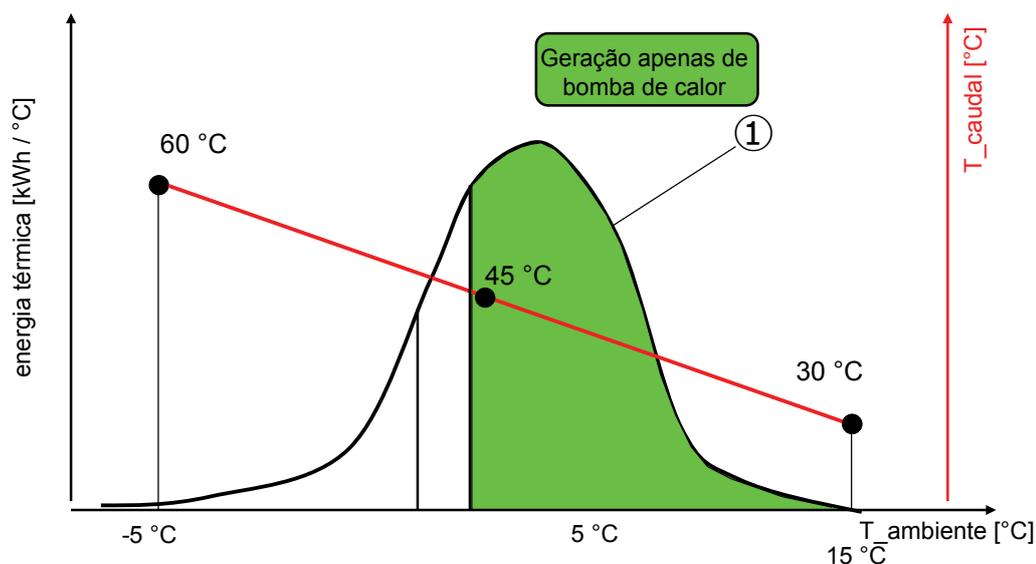


Figura 7: Curva de grau de aquecimento em que o modo ativo é o modo de funcionamento apenas bomba de calor.

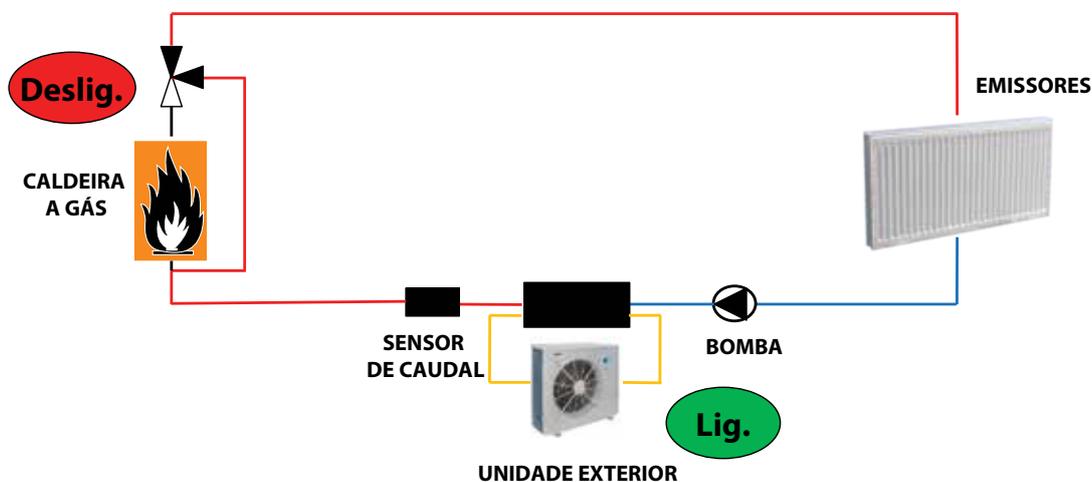


Figura 8: Ilustração do padrão de caudal no modo de funcionamento apenas bomba de calor.

## 2.4. Modo 2: Modo de funcionamento híbrido (tecnologia patenteada)

Se o COP da bomba de calor for inferior ao COP<sub>ponto de equilíbrio</sub>, um sistema de aquecimento bivalente convencional vai mudar de imediato para o modo apenas caldeira. Este é um ponto em que a Caldeira híbrida Daikin Altherma se distingue de um sistema de aquecimento bivalente.

O software da solução híbrida calcula a temperatura de caudal a que o COP da bomba de calor iguala o COP de ponto de equilíbrio. Se essa temperatura de caudal intermédia existir (i.e., a temperatura no ponto entre o primeiro permutador de calor da bomba de calor e o segundo permutador de calor da caldeira – na saída do primeiro permutador de calor), tanto a bomba de calor como a caldeira de condensação a gás funcionam no modo híbrido. A temperatura após o primeiro permutador de calor (bomba de calor) iguala a temperatura de caudal intermédia. A temperatura após o segundo permutador de calor (caldeira) iguala a temperatura de caudal intermédia. Caso não exista essa temperatura de caudal intermédia, o fluido ativo é totalmente aquecido – da temperatura de retorno à temperatura do caudal definida – pela caldeira de condensação a gás (consulte a secção anterior).

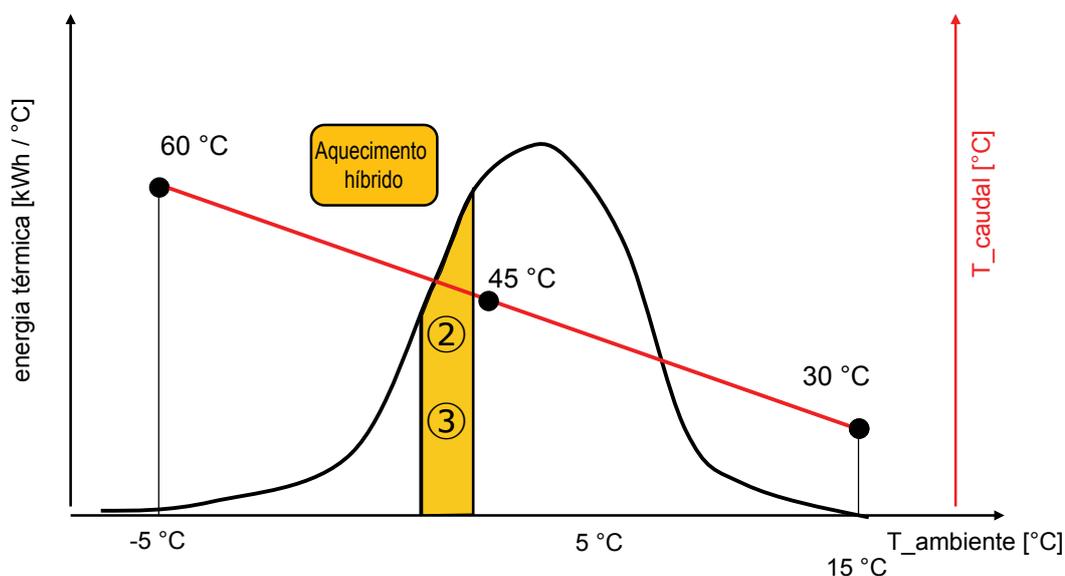


Figura 9: Curva de grau de aquecimento em que o modo ativo (primeiro ou segundo) é o modo de aquecimento híbrido, no qual tanto a caldeira de condensação a gás como a bomba de calor estão ativas.

Durante o modo de funcionamento híbrido, a bomba de calor aquece o fluido ativo da temperatura de retorno para uma temperatura de caudal intermédia, após o qual a caldeira a gás entra em ação e aquece o fluido até à temperatura de set-point. A Caldeira híbrida Daikin Altherma funciona assim no denominado modo híbrido.

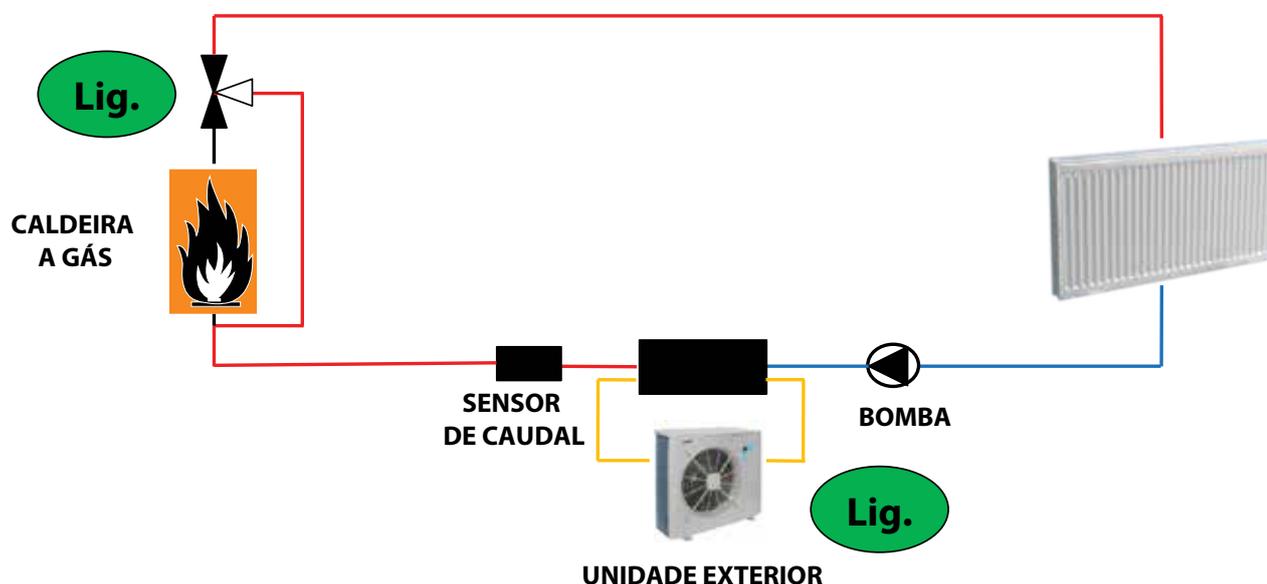


Figura 10: Ilustração do padrão de caudal no modo de funcionamento híbrido.

## Aumento adicional da proporção do calor fornecido pela bomba de calor durante o modo híbrido

Para aumentar ainda mais a proporção da carga de calor fornecida pela bomba de calor no primeiro modo híbrido, é adicionada uma função de controlo do caudal. A caldeira híbrida consegue controlar uma bomba de caudal variável e reduzir o caudal do fluido ativo. Durante o funcionamento híbrido, a bomba de calor funciona a um caudal reduzido. Tal permite diminuir ainda mais a temperatura de caudal intermédia, de forma a que  $COP_{\text{temperatura de caudal intermédia}} > COP_{\text{ponto de equilíbrio}}$ . A diferença de temperatura (e, em conformidade, a carga de calor fornecida pela bomba de calor) aumenta. Desta forma, é possível otimizar a proporção de calor fornecido pela bomba de calor, consoante a preferência do cliente seja maximizar a vertente económica (modo económico) ou ecológica (modo ecológico).

No entanto, se a temperatura de retorno for diminuída, a temperatura da secção emissora (a temperatura média do fluido ativo de entrada e saída) é reduzida, o que diminui a capacidade de aquecimento. Para compensar a perda de capacidade de aquecimento, a temperatura de caudal definida é aumentada. Tal é feito gradualmente com um determinado intervalo de tempo, de forma a aumentar o tempo até alcançar a capacidade de emissão necessária. Assim, a temperatura de retorno pode ser mantida mais baixa durante um intervalo de tempo mais longo, e a proporção de calor fornecido pela bomba de calor (que diminui com uma temperatura de caudal definida crescente, uma vez que o aumento da temperatura de caudal definida aumenta a temperatura de retorno) pode ser maximizada durante um período de tempo mais longo.

## 2.5. Modo 3: Modo de funcionamento híbrido no caso de falta de capacidade

Se  $COP_{\text{bomba de calor}} > COP_{\text{ponto de equilíbrio}}$ , a utilização da bomba de calor é preferida em relação à utilização da caldeira de condensação a gás. Se, no entanto, a bomba de calor não for capaz de proporcionar a capacidade necessária, o controlo é configurado para operar a Caldeira híbrida Daikin Altherma no modo híbrido, em que a bomba de calor aquece o fluido ativo o máximo possível em plena carga e a caldeira a gás fornece a carga de calor restante (as imagens acima, Figura 9 e Figura 10, continuam a aplicar-se).

## 2.6. Modo 4: Modo de funcionamento apenas caldeira

No caso de a eficiência da bomba de calor ser demasiado baixa para proporcionar poupanças económicas ou ecológicas para o utilizador, a Caldeira híbrida Daikin Altherma vai funcionar no modo caldeira. Mais especificamente, tal acontece se o  $COP_{\text{bomba de calor}}$  (o COP que é obtido se o fluido ativo for totalmente aquecido pela bomba de calor, da temperatura de retorno à temperatura do set-point) for inferior ao  $COP_{\text{ponto de equilíbrio}}$  (consulte a fórmula acima) e se não existir qualquer temperatura de caudal intermédia à qual o COP da bomba de calor iguale o COP de ponto de equilíbrio (porque então a solução híbrida vai operar no modo 2, conforme referido anteriormente).

O calor para aquecimento ambiente é então fornecido apenas pela caldeira e a bomba de calor não se encontra em funcionamento. Tal ocorre tipicamente quando as temperaturas ambiente são baixas.

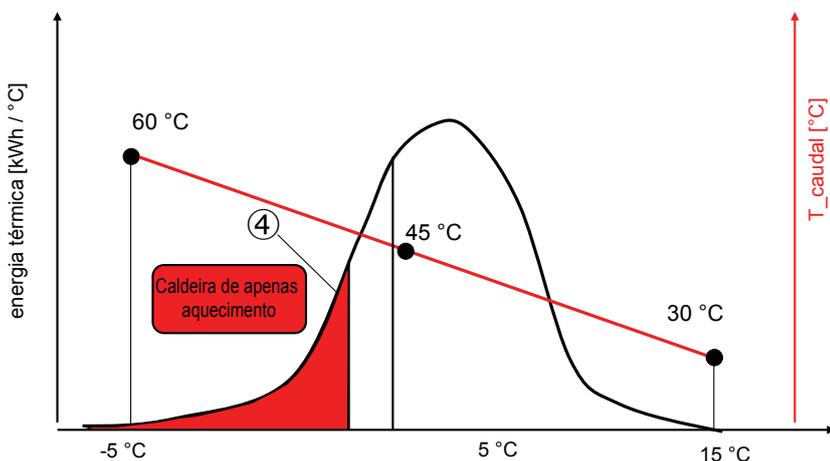


Figura 11: Curva de grão de aquecimento em que o modo ativo é o modo de funcionamento apenas caldeira a gás.

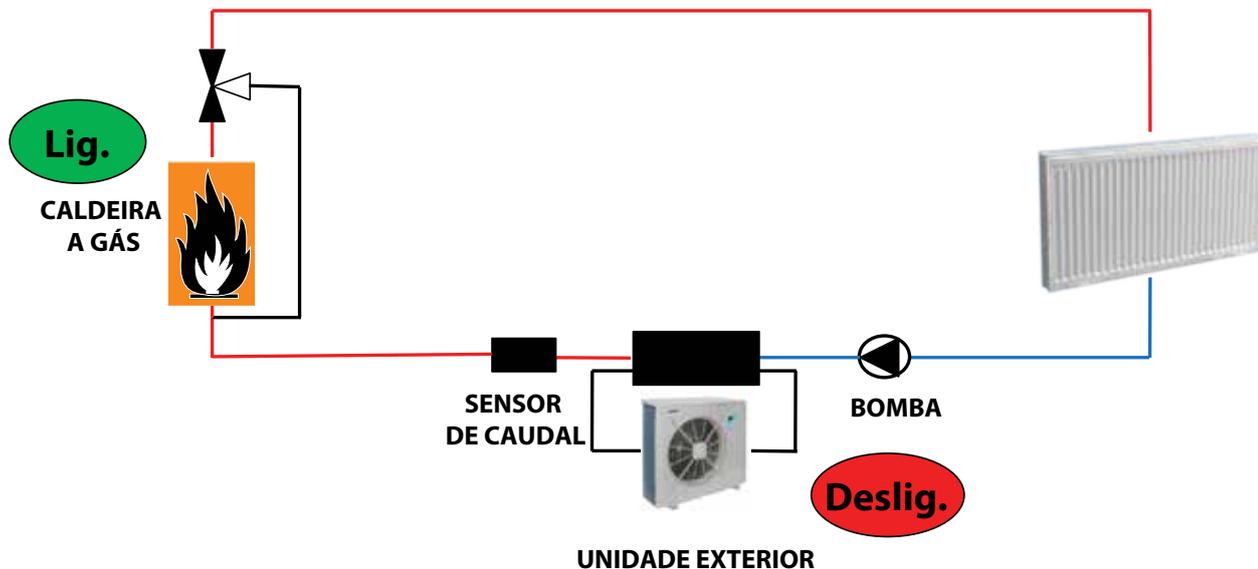


Figura 12: Ilustração do padrão de caudal no modo de funcionamento apenas caldeira

## 2.7. Produção de água quente sanitária

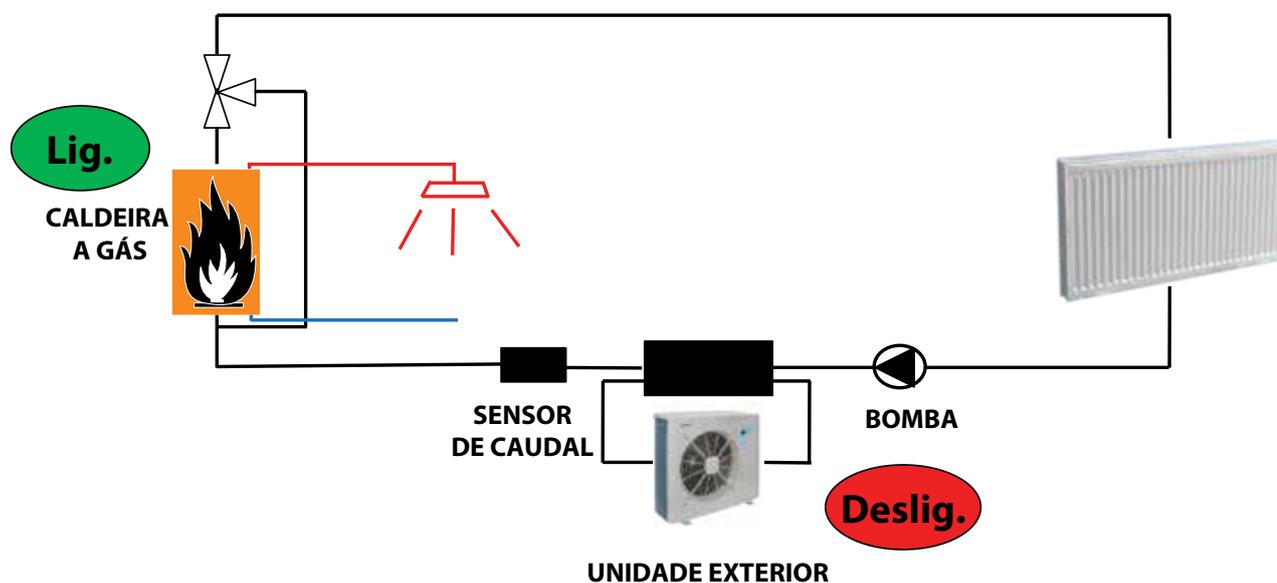


Figura 13: Ilustração do padrão de caudal no modo de produção de água quente sanitária

Se for necessária a produção de água quente sanitária (AQS), o controlo opera o queimador e é instantaneamente produzida AQS. Caso esteja ligado um depósito de armazenamento de água quente sanitária, é efetuada a permutação de calor com este depósito.

A demanda de calor para água quente sanitária é totalmente coberta pela caldeira. Quando ocorre simultaneamente uma demanda de aquecimento de espaços, esta é satisfeita pela bomba de calor. A par do modo híbrido (modo 2) e do modo híbrido no caso de falta de capacidade (modo 3), este pode ser considerado um terceiro funcionamento híbrido.

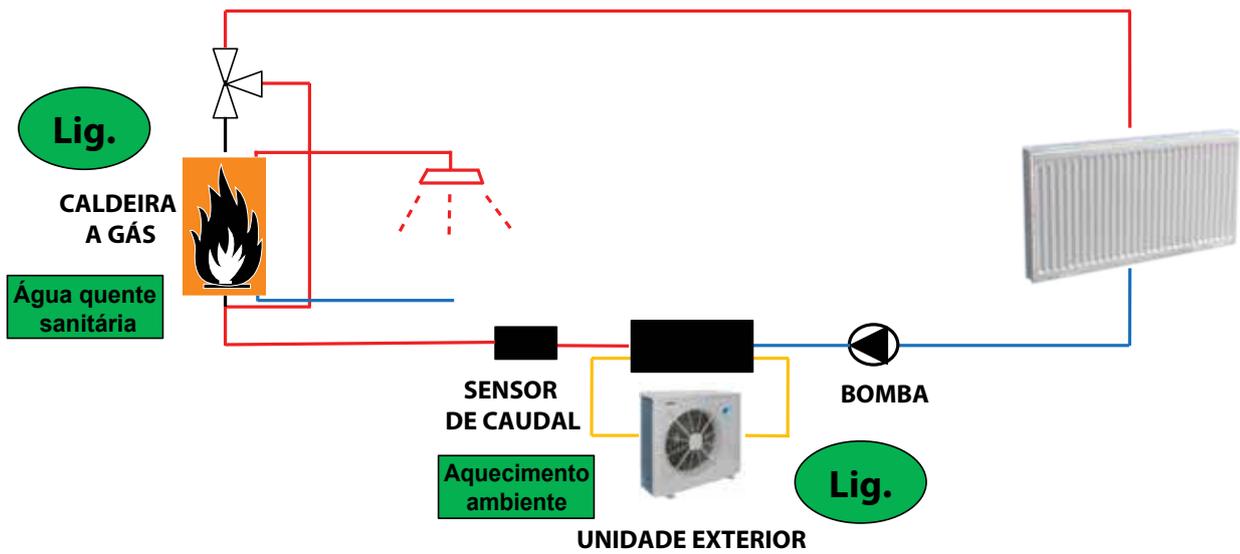


Figura 14: Ilustração do padrão de caudal em que a demanda de água quente sanitária é coberta pela caldeira a gás de condensação e, simultaneamente, a demanda de aquecimento ambiente é coberta pela bomba de calor.

A Figura 15 mostra a configuração caso seja adicionado um depósito de água quente sanitária.

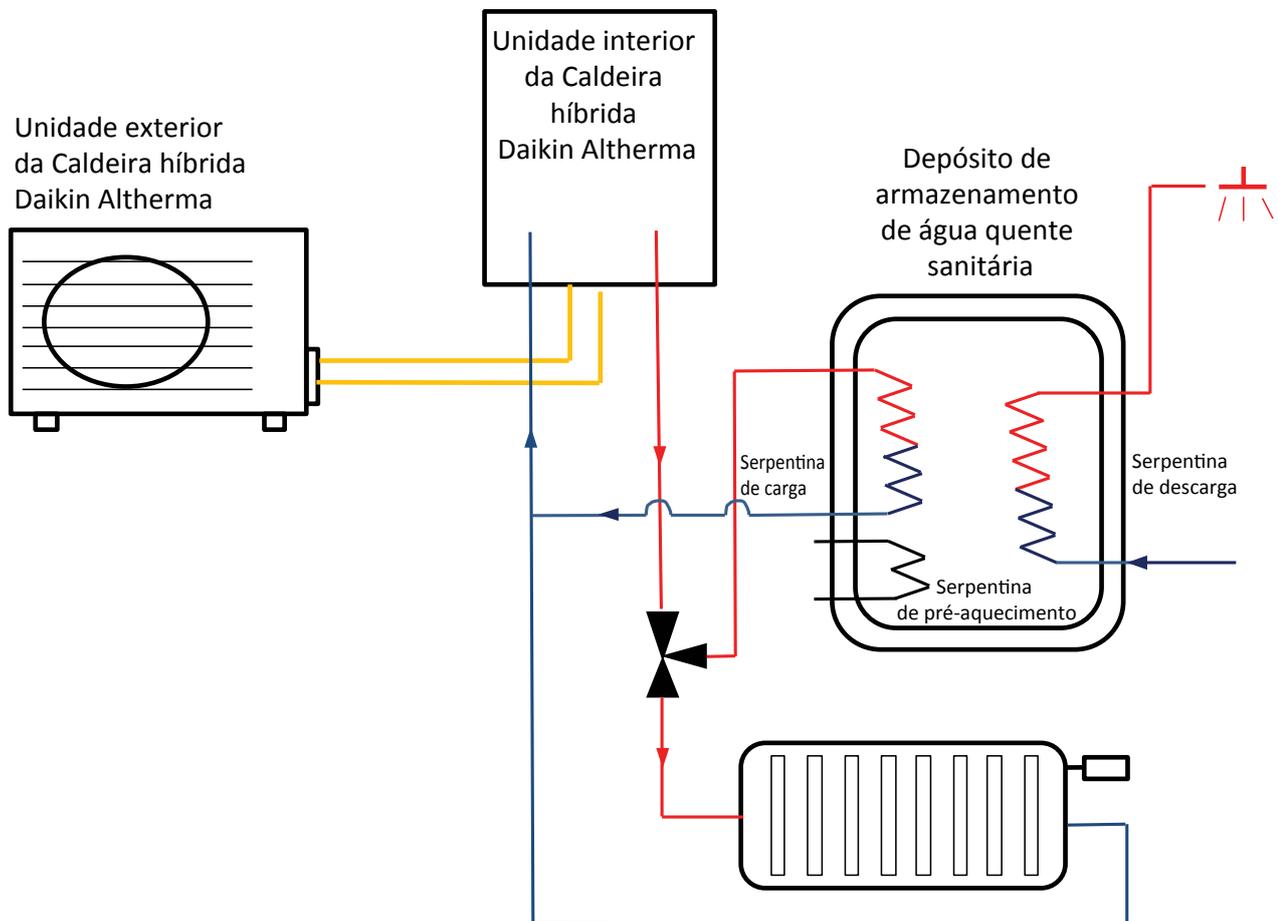


Figura 15: Configuração que mostra a ligação de um depósito de armazenamento à Caldeira híbrida Daikin Altherma.

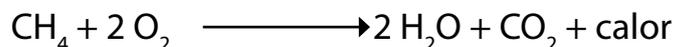
# 3

## Definições de eficiência

### 3.1. Definições de eficiência relacionadas com caldeiras a gás

#### Definição de valor de aquecimento superior e inferior

A queima de metano (CH<sub>4</sub>, o principal componente do gás natural) gera água, CO<sub>2</sub> e calor. A reação química é a seguinte:



O valor de aquecimento superior (HHV, por vezes também denominado valor calorífico bruto), significa que todos os produtos de combustão são trazidos para a temperatura pré-combustão original. Tal é especialmente importante porque todo o vapor condensou e, como tal, libertou todo o calor latente da vaporização. O valor de aquecimento inferior (LHV, por vezes também denominado valor calorífico inferior) é obtido através da subtração do calor da vaporização do vapor de água do valor de aquecimento superior. Na tabela abaixo encontra valores típicos para diferentes tipos de gás natural para a HHV e LHV (atente que estes dependem do país e região), além de valores teóricos para o volume de água condensada.

Tabela 1: Valores de aquecimento superiores (HHV), valores de aquecimento inferiores (LHV) e volumes teóricos de água condensada para diferentes tipos de combustíveis fósseis.

	HHV [kWh/m <sup>3</sup> ]	LHV [kWh/m <sup>3</sup> ]	HHV/LHV	Volume teórico de água condensada [kg/m <sup>3</sup> ]
Gás de cidade	5,48	4,87	1,13	0,89
Gás natural E Gás natural LL	9,78	8,83	1,11	1,53
Gás natural E	11,46	10,35	1,11	1,63
Propano	28,02	25,80	1,09	3,37
Fuelóleo doméstico [todos os valores em kWh/l ou kg/l]	10,68	10,08	1,06	0,88

Uma vez que anteriormente as caldeiras a gás não permitiam a condensação de gases de escape, o valor de aquecimento inferior era utilizado como referência para calcular a eficiência obtida. Atualmente, no entanto, embora a condensação de gases de escape seja possível, o valor de aquecimento inferior continua a ser utilizado como referência. Assim, as eficiências calculadas podem exceder os 100%.

#### Caldeiras de condensação versus sem condensação

A diferença de eficiência entre as caldeiras a gás de condensação e as caldeiras sem condensação convencionais é mais evidente numa utilização de baixa capacidade. Uma vez que as caldeiras convencionais - mesmo a baixa capacidade - têm de manter uma temperatura constante, a fração de perdas de radiação em comparação com a energia total fornecida é elevada, resultando numa baixa eficiência. As caldeiras de gás de condensação, no entanto, precisam de temperaturas da água mais baixas a menores capacidades. Desta forma, a diferença de temperatura entre a água de retorno mais fria e os gases de escape aumenta, fazendo a caldeira beneficiar do efeito de condensação <sup>1</sup>.

#### Níveis de eficiência típicos para diferentes tipos de caldeiras a gás (LHV e HHV):

Tabela 2: Níveis típicos para valor de aquecimento inferior (LHV) e valor de aquecimento superior (HHV) para uma caldeira a gás sem condensação "antiga" e "nova", uma caldeira a gás de condensação e a caldeira de condensação mural Daikin.

	LHV	HHV
Caldeira a gás sem condensação "antiga"	± 70%	± 62%
Caldeira a gás sem condensação "nova"	± 78 ~ 89%	± 69 ~ 79%
Caldeira a gás de condensação	± 98 ~ 109%	± 87 ~ 97%
Caldeira de condensação mural Daikin	107%	98%

<sup>1</sup> Fonte: Viessman, série especializada em tecnologia de condensação, "Tecnologia de condensação para poupanças energéticas e um ambiente limpo"

### 3.2. Definições de eficiência relacionadas com bombas de calor

A eficiência de uma bomba de calor é caracterizada pelo coeficiente de desempenho (COP). O COP indica a fração de potência térmica em relação à entrada de corrente e é uma função da temperatura ambiente, da temperatura da água de saída e do caudal. Uma vez que o COP depende da temperatura exterior e da carga de calor necessária, varia no tempo. Para uma indicação do desempenho energético de uma bomba de calor para um ano, deve ser utilizado o COP sazonal (sCOP).

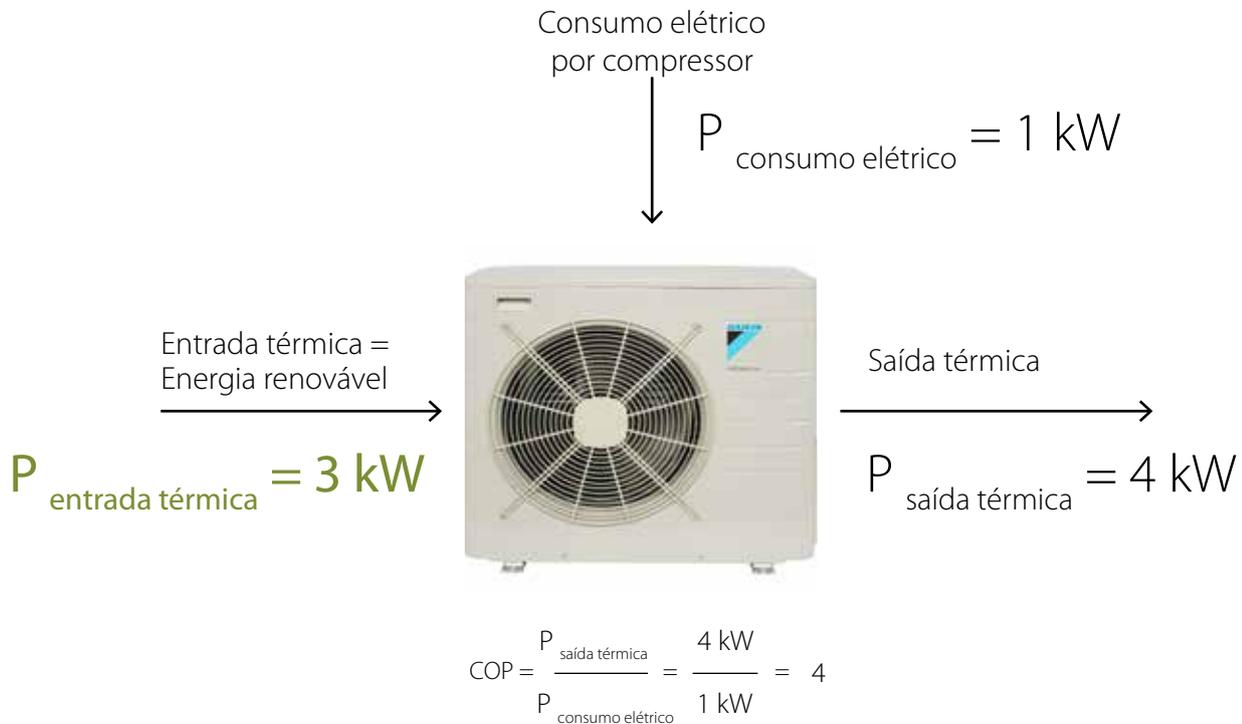


Figura 16: Ilustração de como a energia renovável é utilizada por uma bomba de calor, por ex.: para um COP = 4

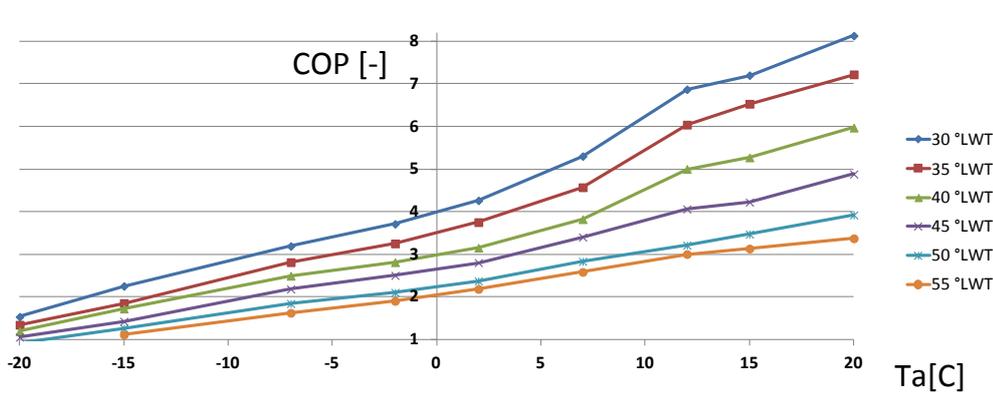


Figura 17: O gráfico mostra claramente que o COP de uma bomba de calor depende da temperatura ambiente e da carga de calor necessária ao mostrar a dependência do COP da temperatura da água de saída [°C] e da temperatura ambiente [°C].

Para calcular o sCOP são necessários alguns dados: a ocorrência (número de horas num ano) de uma determinada temperatura ambiente e a carga de calor [kW] necessária como uma função dessa temperatura. À medida que é conhecido o COP para cada temperatura ambiente, é possível calcular o sCOP. A taxa de eficiência energética sazonal (SEER) é igual à fração da potência de arrefecimento anual em relação ao consumo de energia elétrica necessário e é o equivalente ao sCOP para operações de arrefecimento.



### 3.3. Definições de eficiência para um sistema híbrido.

Para quantificar a eficiência de um sistema híbrido, é utilizado o coeficiente de desempenho de energia primária (COP de EP). O COP de EP indica a potência térmica gerada por unidade de entrada de energia primária. O gás natural é uma fonte de energia primária (com um coeficiente de energia primária igual a 1), enquanto que a eletricidade é um produto de energia secundária. Presumindo uma eficiência de produção de eletricidade média (incluindo perdas de transporte) de 40%, o coeficiente de energia primária é igual a 2,5<sup>2</sup>. Atente que a eficiência da caldeira tem de ser expressa em termos de valor de aquecimento superior, uma vez que apenas este valor representa o verdadeiro conteúdo energético do gás natural.

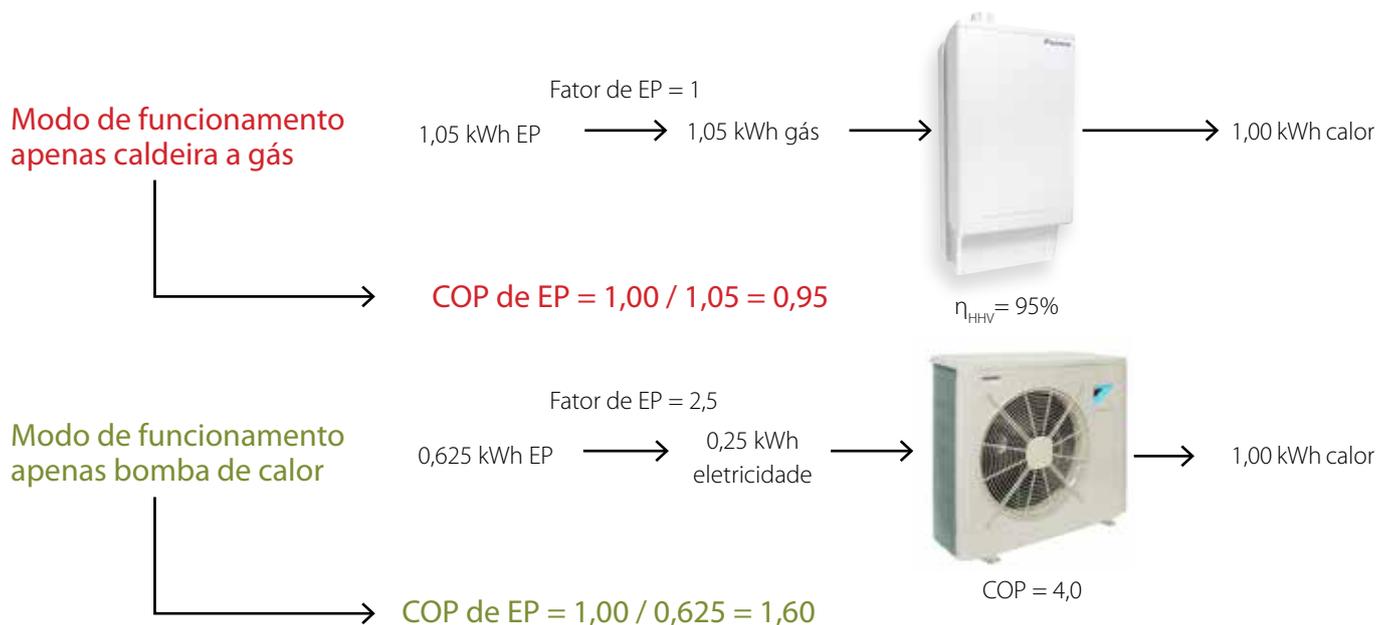


Figura 18: Ilustração do COP de EP para uma caldeira de condensação a gás e para uma bomba de calor.

O coeficiente de desempenho sazonal de energia primária (COP de EP) é utilizado para caracterizar a eficiência de um sistema relativamente à sua utilização anual de energia primária. Tem em conta o COP de EP dos diferentes modos de funcionamento (modo de funcionamento apenas caldeira, modo de funcionamento híbrido e modo de funcionamento apenas bomba de calor) e a frequência a que cada modo de funcionamento ocorre ao longo do ano. Tal resulta num valor para o COP de EP, que é um indicador fiável da eficiência da Caldeira híbrida Daikin Altherma em termos de utilização anual de energia primária.

<sup>2</sup> O coeficiente de conversão de 2,5 é adotado pela Erp – Diretiva Eco-Design LOT 1.



### 3.4. Comparação da eficiência de uma caldeira a gás, uma caldeira a gás de condensação e uma caldeira híbrida

A Figura 19 mostra o sCOP de EP presumindo diferentes fontes de aquecimento. Conforme explicado, o sCOP de EP indica a potência de energia térmica que pode ser gerada utilizando 1 unidade de entrada de energia primária. Quanto maior o valor, menos energia primária é necessária para aquecer um espaço, e mais CO<sub>2</sub> é poupado. Os sistemas de aquecimento comparados são uma caldeira a gás sem condensação antiga, uma caldeira a gás sem condensação nova, uma caldeira a gás de condensação, uma bomba de calor e um sistema híbrido. Para todos os tipos de caldeira é considerada uma determinada gama de eficiência. É evidente que o sistema híbrido poupa grandes quantidades de energia primária (e, como tal, de CO<sub>2</sub>), mesmo quando comparado com a caldeira a gás de condensação.

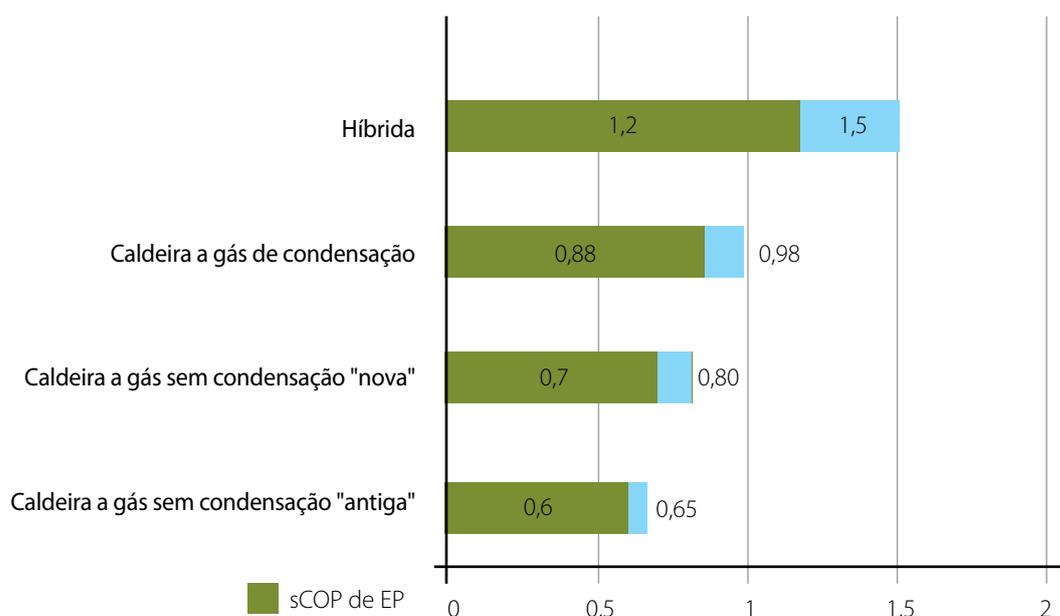


Figura 19: sCOP de EP (COP sazonal de energia primária) para diferentes sistemas de aquecimento. Os valores baseiam-se em simulações, para as quais foram empregues os seguintes pressupostos: Os dados climáticos utilizados são para Londres (RU), para uma habitação com uma carga de calor de 12 kW à temperatura exterior de projeto, e uma LWT de 65 °C/45 °C. O cálculo foi feito para uma habitação com uma demanda de aquecimento ambiente, excluindo a demanda de AQS. Presume-se que a eficiência do módulo de caldeira de condensação a gás na solução híbrida seja  $\eta_{LHV}=107\%$  (so  $\eta_{HHV}=98\%$ ). Para uma caldeira a gás sem condensação antiga, presume-se que  $\eta_{HHV}=60-65\%$ . Para uma caldeira a gás sem condensação nova, presume-se que  $\eta_{HHV}$  seja 70-80%. Presume-se que o preço da eletricidade seja 0,150€/kWh; o preço do gás 0,050€/kWh.



A Figura 20 mostra os custos de funcionamento anuais para aquecimento dos diferentes sistemas de aquecimento. Os custos de uma caldeira híbrida são definidos para 100; os custos dos outros sistemas são expressos em relação a este valor. No gráfico é notório que a caldeira a gás sem condensação é 66 a 80% mais cara em termos de custos anuais de energia para aquecimento do que a Caldeira híbrida Daikin Altherma. Para a nova caldeira a gás sem condensação, este excesso varia entre 35 e 54%. A caldeira a gás de condensação, finalmente, é 10 a 23% mais cara. As eficiências utilizadas para o cálculo destes valores são baseadas em valores medidos num teste no terreno em Wigan, RU.

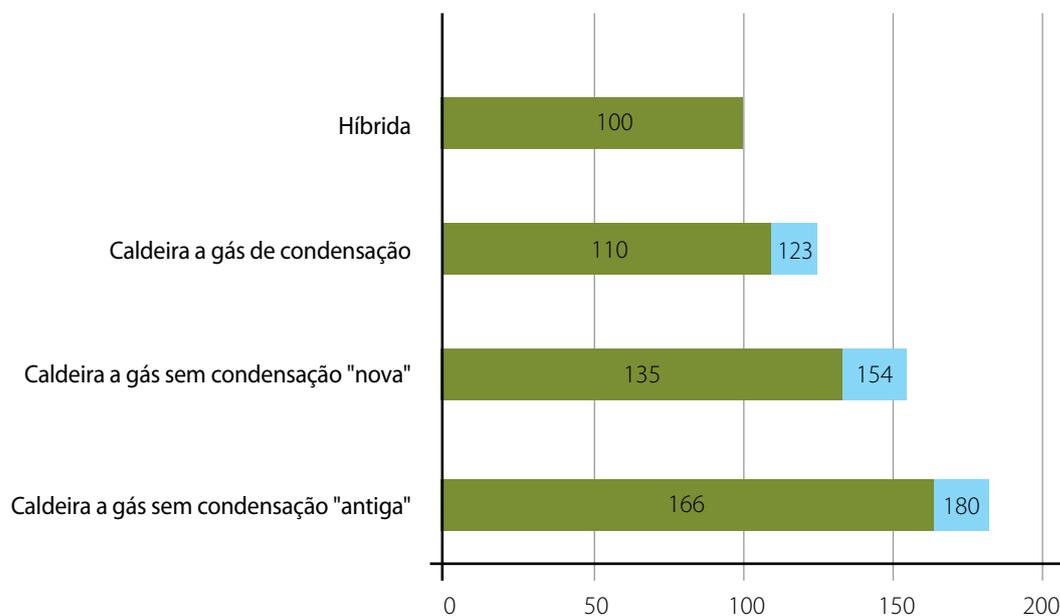


Figura 20: Custos de funcionamento anuais para aquecimento dos diferentes sistemas de aquecimento. Os custos de funcionamento são expressos em relação aos custos para a Caldeira híbrida Daikin Altherma, que se presume ser 100. Os preços da energia utilizados são os mesmos que na Figura 19 (preço da eletricidade = 0,150€/kWh; preço do gás = 0,005 €/kWh). Para a Caldeira híbrida Daikin Altherma, são utilizados os resultados do teste no terreno em Wigan, RU. O sCOP da caldeira é igual a 0,98 e o sCOP da bomba de calor é 3,325. A potência térmica foi gerada em 20% pela caldeira e 80% pela bomba de calor.

# 4

## Principais componentes da Caldeira híbrida Daikin Altherma

A figura abaixo mostra o esquema hidráulico da Caldeira híbrida Daikin Altherma no caso de não estar ligado qualquer depósito de água quente sanitária. O depósito de água quente sanitária é aquecido ao passar por um permutador de calor no interior da caldeira. Relativamente ao aquecimento ambiente, a água de retorno dos emissores passa pelo permutador de calor da bomba de calor e pelo permutador de calor da caldeira. O permutador de calor que aquece a água depende do modo de funcionamento ativo.

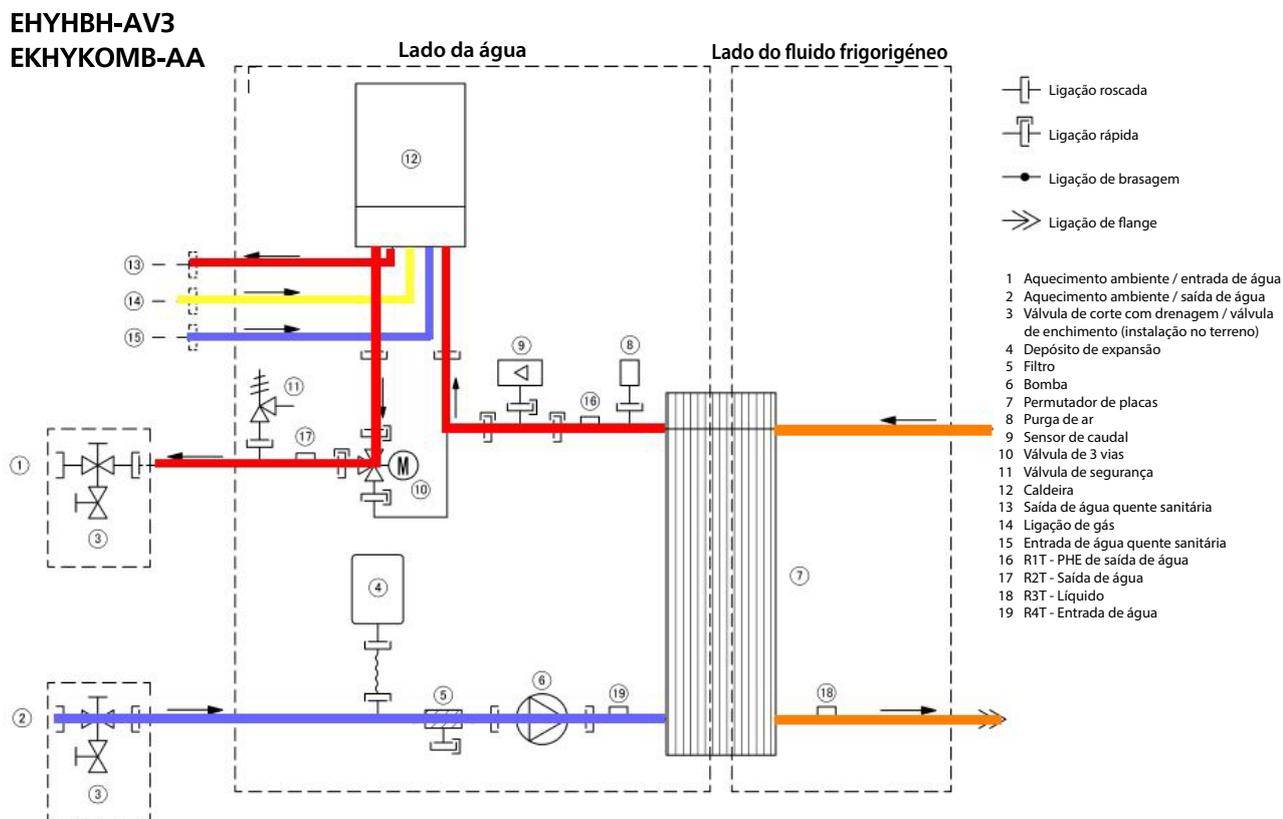


Figura 21: Esta figura mostra o esquema hidráulico da Caldeira híbrida Daikin Altherma no caso de não estar ligado qualquer depósito de água quente sanitária (AQS). As linhas azuis representam a água fria, as linhas vermelhas a água quente, e as linhas laranja representam as linhas de fluido frigorigéneo.

A Caldeira híbrida Daikin Altherma (consulte a Figura 22) consiste numa unidade exterior, numa caldeira a gás e numa hydrobox (módulo de bomba de calor). Os gráficos que se seguem descrevem cada componente com maior pormenor.

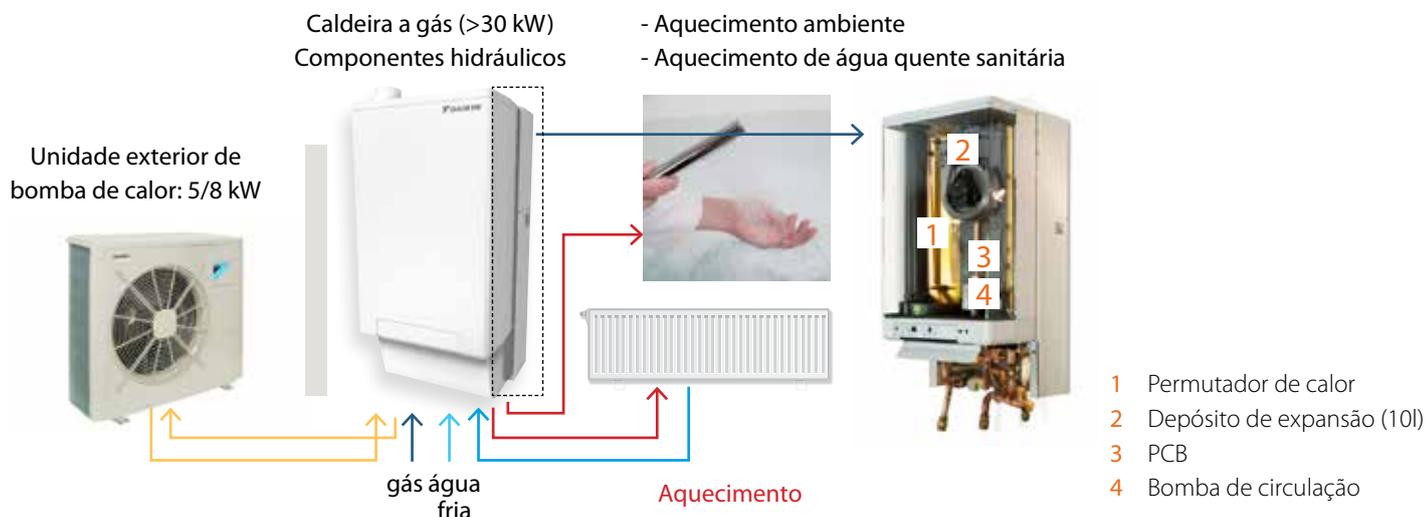


Figura 22: Vista 3D da configuração da Caldeira híbrida Daikin Altherma: uma unidade exterior de bomba de calor (5 / 8 kW), uma caldeira a gás e um módulo hidráulico (situado atrás da caldeira a gás). À direita encontra uma vista 3D com a indicação dos principais componentes.

## 4.1. Unidade exterior: o módulo de bomba de calor híbrida Daikin Altherma

### O princípio inverter

Quando a carga de calor de um espaço é inferior à capacidade máxima que uma bomba de calor consegue fornecer, os sistemas de bomba de calor não inverter tradicionais têm ciclos de plena carga de ligar/desligar, resultando numa baixa eficiência. No entanto, nas bombas de calor controladas por inverter, a frequência do compressor é reduzida, aumentando a sua eficiência em carga parcial e o ciclo de vida. A eficiência é aumentada por uma maior eficiência do compressor e pelo facto de os permutadores de calor no ciclo de refrigeração (um para condensação e um para evaporação) serem excessivamente grandes. Evidentemente, o inverter tem de funcionar a uma frequência suficientemente elevada até ser alcançada a máxima eficiência; a frequências demasiado baixas, as perdas do inverter resultam num impacto negativo na eficiência. Seja como for, e mesmo tendo em conta as perdas do inverter, os compressores inverter continuam a ser significativamente mais eficientes do que os sistemas de bomba de calor não inverter com funcionamento em plena carga.

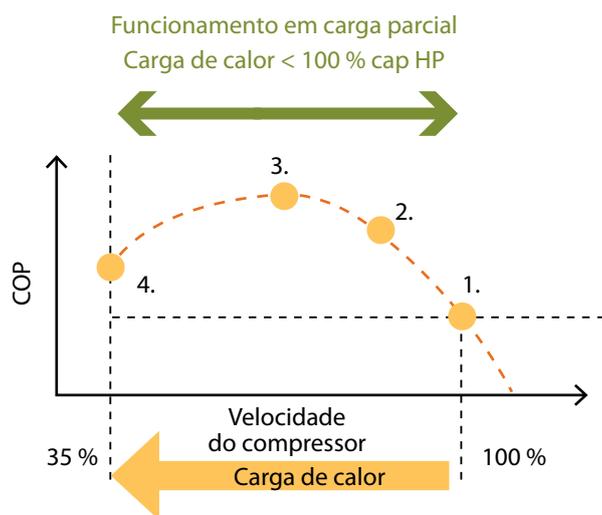


Figura 23: O coeficiente de desempenho (COP) como função da velocidade do compressor a mostrar a vantagem em termos de eficiência das bombas de calor inverter em comparação com bombas de calor não inverter.



### Resistência à acumulação de gelo

O permutador de calor exterior de uma bomba de calor vai, inevitavelmente, acumular gelo a temperaturas ambiente inferiores a 2 °C. Devido à entrada de ar (com uma determinada humidade relativa) na unidade e ao arrefecimento, o vapor de água condensa em água líquida e congela nas alhetas do permutador de calor. Consequentemente, a passagem de ar através das aberturas das alhetas é menos eficaz, e a capacidade de evaporação da unidade exterior diminui. Tal resulta numa quebra na capacidade de aquecimento e na eficiência geral da bomba de calor. Como tal, o ciclo pode ser invertido.

A unidade interior funciona como um evaporador (o ventilador é desligado) e a unidade exterior como condensador, aceitando fluido frigorigéneo quente para derreter o gelo.

A unidade exterior é especialmente concebida para evitar ao máximo a acumulação de gelo.

Tal é conseguido através de uma variedade de medidas de design.

Condições de teste: temperatura ambiente -20 °C - humidade relativa 99%

### Antes da otimização da resistência contra a formação de gelo



Gelo derretido a pingar da bobina e a congelar no tabuleiro de condensados frio. Além disso, verifica-se a acumulação de gelo na grelha lateral.

### Depois da otimização da resistência contra a formação de gelo



Na nova configuração, a bobina é de suspensão livre (sem tabuleiro de condensados sob a bobina). Desta forma, não ocorre mais a acumulação de gelo na parte inferior da unidade, evitando danos na bobina e no ventilador e a diminuição da capacidade. A grelha lateral é também removida, evitando a acumulação de gelo na lateral da unidade.

- Primeiro, há o "**conceito de bobina de suspensão livre**", que minimiza a acumulação de gelo.
- Segundo, a unidade exterior utiliza uma **nova grelha de descarga** (a grelha na parte frontal da unidade exterior, através da qual o ar é soprado para fora), evitando a acumulação de gelo na área em redor do ventilador.
- Terceiro, **a placa superior da unidade exterior** projeta-se para os lados, desta forma a neve cai junto do permutador de calor, sem entrar em contacto com este.
- Além disso, **não há qualquer tabuleiro de condensados** sob o permutador de calor, evitando o congelamento de água fria no mesmo e conseqüente formação de gelo.
- Finalmente, o **controlo** foi otimizado com um grande foco na redução da acumulação de gelo.

Todos estes esforços resultaram numa unidade que lida com a acumulação de gelo de uma forma excelente. Não há qualquer acumulação de gelo constante em qualquer condição climática no seu intervalo de funcionamento.

### Baixo consumo de eletricidade e perdas reduzidas em imobilização

O baixo consumo de eletricidade é conseguido através da utilização de uma **bomba de circulação de elevada eficiência**. A bomba tem um IEE menor que 0,23 (o que corresponde a uma etiqueta energética A), qualifica-se para esquemas de incentivos e regulamentações futuras (por ex.: ErP2015), e requer um consumo de eletricidade reduzido (menos 75W do que as bombas convencionais), aumentando o COP e sCOP. Supondo um funcionamento da bomba durante 6.000 horas por ano, tal representaria uma diferença anual no consumo energético de 450 kWh (poupança de 77 €/ano, para um preço médio da eletricidade na UE de 0,17 €/kWh).

Além disso, graças ao seu design inteligente, a unidade interior não requer um tabuleiro de condensados aquecido, o que reduz ainda mais o consumo de eletricidade. Normalmente, para evitar a acumulação de gelo, um tabuleiro de condensados aquecido começaria a funcionar quando a temperatura ambiente fosse inferior a 4 °C. No entanto, ao não utilizar um tabuleiro de condensados aquecido, a unidade exterior evita a sua utilização durante aproximadamente 2.800 horas por ano, resultando numa poupança anual em eletricidade de 168 kWh ou 29 €.

As perdas reduzidas em imobilização são alcançadas **reduzindo as perdas em standby da PCB do controlo inverter**. Ao fazer a unidade interior PCB desligar a PCB do controlo inverter durante o modo de espera, a alimentação de energia da PCB do controlo inverter é reduzida em 20 W. Presumindo 3000 horas de modo de espera por ano, tal resulta numa diferença anual de 60 kWh por ano, representando uma poupança anual de aproximadamente 10 €.

<sup>3</sup> IEE é o Índice de Eficiência Energética. Esta classificação é uma indicação da eficiência de uma bomba de circulação. Resulta numa etiqueta energética que varia entre a classe A (melhor classificação) e a classe G (pior classificação). O requisito para 2013 é um IEE < 0,27. A partir de 2015, é necessário um IEE < 0,23, o que significa que apenas serão permitidos no mercado circuladores de velocidade variável com um motor de íman permanente.

## 4.2. Hydrobox

A principal funcionalidade da hydrobox é permutar calor entre o fluido frigorigéneo e a água. A sua lógica interna decide, consoante a definição de poupança (ecológica ou económica), se é melhor utilizar a bomba de calor ou a caldeira a gás de condensação para proporcionar uma determinada carga de aquecimento ambiente. A hydrobox tem uma função principal em relação à unidade exterior e à caldeira a gás e controla-as. Foi concebida de forma a ser o mais compacta e silenciosa possível.

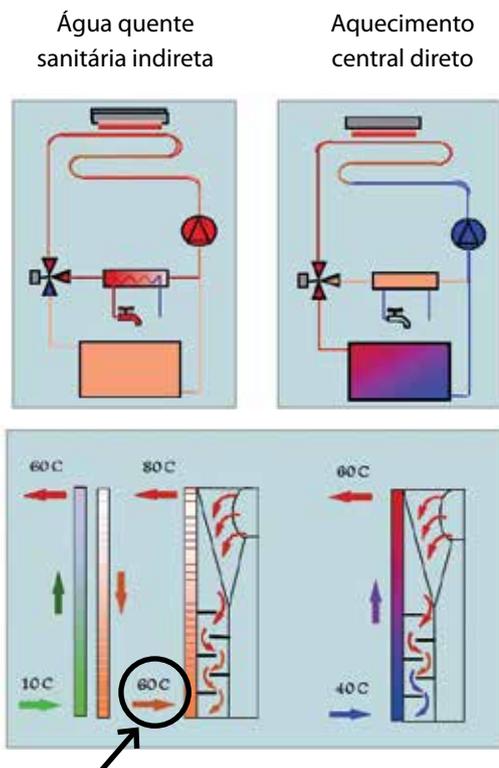
Figura 24: Módulo interior híbrido - vista da hydrobox, através da caldeira a gás.



## 4.3. Módulo de caldeira a gás híbrido

O módulo de caldeira a gás híbrido é uma caldeira altamente eficiente, com uma eficiência de 107% (em comparação com o valor de aquecimento inferior).

O módulo de caldeira híbrido é uma caldeira de condensação a gás. Em caldeiras de baixa temperatura, a condensação dos gases de escape é tecnicamente impossível. Contudo, em caldeiras de condensação, a condensação dos gases de escape é possível, pelo que o calor latente no vapor de água dos gases de escape pode ser utilizado para pré-aquecer o fluido ativo para aquecimento ambiente.



Caldeira de condensação padrão: Durante a produção de água quente sanitária, a temperatura da água de entrada é superior ao ponto humidade dos gases de escape, pelo que não é possível qualquer condensação.

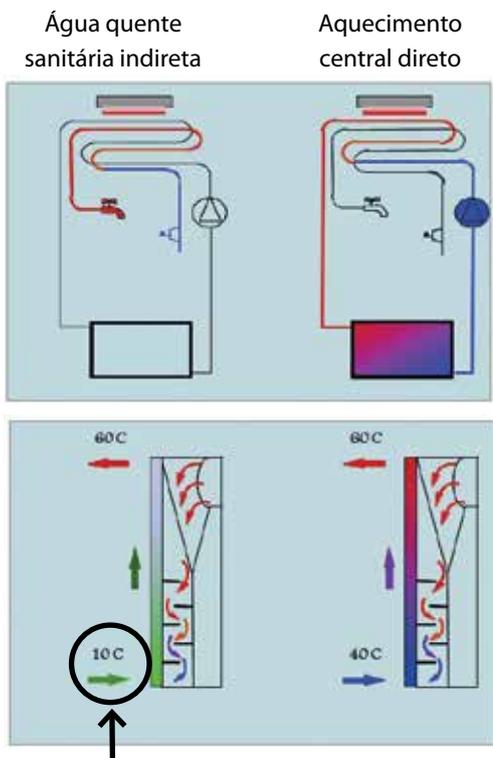
Graças ao seu permutador de calor exclusivo, a caldeira a gás Daikin Altherma não só condensa em aquecimento, como também na produção de água quente sanitária.

Tal permite à caldeira gerar água quente sanitária de uma forma mais eficiente.

Em caldeiras de condensação a gás convencionais, o fluido ativo para água quente sanitária não pode ser pré-aquecido pela condensação de gases de escape porque o calor não é diretamente permutado para a água fria, mas sim através de um permutador de calor de placas.

Consequentemente, a temperatura da água que entra na caldeira a gás de condensação é superior (60 °C) (conforme indicado na Figura 25) à temperatura do ponto de humidade dos gases de escape (57 °C para gás natural; 47 °C para óleo de aquecimento) tornando impossível a condensação para fins de água quente sanitária, mesmo para "condensar" caldeiras a gás.

Figura 25: Como funcionam as caldeiras a gás convencionais: devido ao aquecimento indireto da água quente sanitária, não pode ser retirado qualquer benefício da condensação dos gases de escape



Caldeira de condensação híbrida: Durante a produção de água quente sanitária, a temperatura da água de entrada é inferior ao ponto humidade dos gases de escape, pelo que é possível a condensação dos gases de escape.

A caldeira utilizada na solução híbrida produz água quente sanitária de forma diferente. O queimador consiste num permutador de calor de passagem dupla (consulta a Figura 27), através do qual passam diretamente a água para fins de aquecimento e a água para água quente sanitária. Uma vez que o fluido ativo para água quente sanitária não é permutado através de um permutador de calor de placas, passando diretamente através do queimador a uma temperatura de 10 °C (consulte a Figura 26), os gases de escape condensam e aquecem a água quente sanitária. Tal causa um grande aumento na eficiência.

Figura 26: Como funciona o módulo de caldeira a gás híbrido: devido ao aquecimento direto da água quente sanitária, pode ser retirado um benefício da condensação dos gases de escape.



Ao contrário de uma caldeira de combinação padrão convencional, em que a água quente sanitária é aquecida indiretamente por um permutador de calor de placas e não é retirado qualquer benefício da condensação dos gases de escape, o módulo de caldeira híbrido aquece a água quente sanitária e a água para aquecimento ambiente através de um permutador de calor de passagem dupla. Os dois circuitos de fluxo estão perfeitamente separados e podem beneficiar da condensação dos gases de escape (porque, para ambos os circuitos de fluxo, a temperatura de entrada é inferior à temperatura do ponto de humidade do gás de escape), o que resulta numa maior eficiência em comparação com caldeiras de combinação padrão convencionais. Graças ao efeito de condensação e ao design do permutador de calor, a eficiência do permutador de calor de passagem dupla é até 30% superior comparada com uma caldeira convencional.

Figura 27: O módulo de caldeira a gás híbrido, que consiste num permutador de calor de passagem dupla (tanto a bobina para aquecimento como a bobina para água quente sanitária são diretamente aquecidas pelo queimador), e coberto por lâminas em alumínio e uma placa de chapa metálica.

# 5

## Desempenho ambiental

e avaliação

da **eficiência no custo**

da redução das emissões de CO<sub>2</sub> da  
tecnologia híbrida em comparação  
com outras tecnologias renováveis

Para comparar diferentes tecnologias renováveis, é necessária uma indicação quantitativa do custo de investimento por kWh de energia renovável. Tal pode ser obtido dividindo o preço de investimento de uma determinada tecnologia de produção de energia renovável pela produção total de energia renovável ao longo de toda a sua vida útil. Quanto mais barato for o preço, tanta mais energia renovável pode ser produzida por um determinado investimento nessa tecnologia, e tanto mais eficiente em termos de custo é a tecnologia, contribuindo para que os objetivos 20-20-20 da UE sejam alcançados. Abaixo é feita uma comparação entre a energia térmica solar, sistemas PV solares, e a Caldeira híbrida Daikin Altherma.

**A energia térmica solar** é uma tecnologia para aproveitar a energia solar para calor utilizando coletores térmicos solares. Presumindo que o equipamento solar – painéis planos de 4 m<sup>2</sup>, além de um depósito de armazenamento solar – e o seu custo de instalação de cerca de 3500 €, e que o equipamento tem uma vida útil de 20 anos com um rendimento anual de 1.000 kWh (para um clima médio), tal resulta num custo de investimento de energia renovável de 0,175 €/kWh de energia térmica renovável produzida.

**Os sistemas PV solares** produzem cerca de 850 kWh por ano por kWp para um clima médio. Uma vez que o custo é de cerca de 2000 € por kWp e a vida útil é de aproximadamente 20 anos (10 anos para o inverter), tal resulta num custo de investimento de energia renovável de 0,117 €/kWh de energia elétrica renovável produzida.

Presuma que a **Caldeira híbrida Daikin Altherma** fornece anualmente 15.000 kWh de energia térmica (10.000 kWh pela bomba de calor e 5.000 kWh pela caldeira), dos quais 2.500 kWh são fornecidos por potência elétrica, sendo que 7.500 kWh correspondem ao calor renovável real. Presumindo também que a solução híbrida custa mais 1.500 € do que uma caldeira de condensação a gás comum, e que a sua vida útil é de 12 anos (embora a esperança de vida seja de 15 anos), tal resulta num custo de investimento em energia renovável de **0,017 €/kWh**.

<sup>4</sup> Tenha em conta que se o custo da eletricidade necessária para a opção híbrida for considerado (0,161 €/kWh, preço de acordo com informações da Flemish Energy Agency), o resultado é um custo total de energia renovável de 0,070 €/kWh.

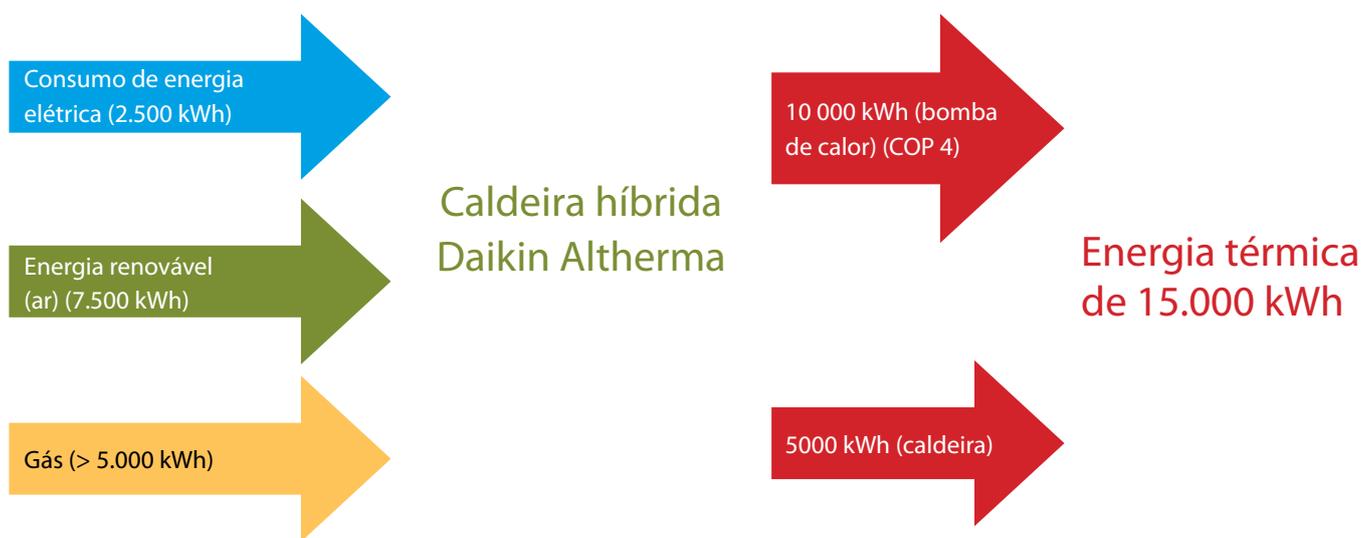


Figura 28: Entradas e saídas de energia anuais para a produção de 15.000 kWh de energia térmica. Dos 10.000 kWh de energia térmica produzidos pela bomba de calor, 7.500 kWh podem ser considerados calor renovável real. É necessária uma entrada de energia elétrica de 2.500 kWh (COP =4).

Comparação do custo de investimento para energia renovável [€/kWh]		
Energia térmica solar	PV solar	Caldeira híbrida Daikin Altherma
0,175	0,117	0,017 (custo de investimento, sem entrada de energia elétrica)
		0,070 (com entrada de energia elétrica)

X 10,3
X 6,9

Relativamente à produção de energia renovável, isto faz com que utilizar a opção híbrida seja 10,3 vezes menos dispendioso do que utilizar energia térmica solar e 6,9 vezes menos dispendioso do que utilizar o sistema PV solar. É por isso que as caldeiras híbridas podem ser consideradas uma tecnologia valiosa e promissora para contribuir para os objetivos 20-20-20 da UE da forma mais eficiente em termos de custos.

Figura 29: Comparação do custo de investimento para energia renovável: Energia térmica solar, PV solar e Caldeira híbrida Daikin Altherma.

# 6

## A tecnologia híbrida: aplicações

A Caldeira híbrida Daikin Altherma foi instalada e testada em diferentes locais, em vários climas e tipos de residência (tamanho, idade e classificação energética) e com diferentes emissores de calor). Abaixo, são descritos três testes no terreno em maior detalhe. As características do local de cada teste são sempre descritas e os resultados medidos explicados.

## 6.1. Teste no terreno em Wigan (RU)

### 6.1.1. Características da habitação



Figura 31: Imagem da habitação em Wigan, RU (1).



Figura 30: Imagem da habitação em Wigan, RU (2).

A casa é propriedade de James Jennings e está localizada em Wigan, Reino Unido. Tem terraço e é ocupada por 3 pessoas. Como tem 110 anos, não tem isolamento (as paredes de 30 mm foram consideradas demasiado difíceis para tratar) e o fluxo de temperaturas para os radiadores é elevado (70 °C), poderia ser considerada "o pior cenário" do ponto de vista da eficiência.

Uma caldeira a gás foi substituída por uma Caldeira híbrida Daikin Altherma. Os emissores de calor eram radiadores e foram mantidos. A potência de aquecimento à temperatura de projeto (-7 °C) é 9 kW. O controlo do aquecimento depende da temperatura, com 70 °C de temperatura da água de saída à temperatura de projeto. A área de aquecimento corresponde a 140 m<sup>2</sup>.



Figura 32: Imagem do módulo de bomba de calor híbrida instalado.



Figura 33: Imagem do módulo de bomba de calor e caldeira a gás híbrido interior (configuração de teste no terreno).

## 6.1.2. Resultados

Os resultados do teste demonstram que dos 16 300 kWh utilizados para aquecer o espaço, 13 060 kWh (ou >80%) foram produzidos pela bomba de calor. Este facto demonstra claramente que, mesmo nas propriedades mais antigas com radiadores, a bomba de calor num sistema híbrido fornece a maior parte da energia para o aquecimento do espaço, com a caldeira a funcionar como fonte de calor "de apoio". Isto confirma que o sistema híbrido é adequado a qualquer tipo de casa: grande ou pequena, nova ou antiga, com pavimento radiante ou radiadores.

Para além disso, a eficiência sazonal medida na casa, com base na fonte de energia primária, é 1,26 para o aquecimento do espaço e 1,2 para o fornecimento de energia total (aquecimento do espaço e produção de água quente combinados). Este valor é 37% superior ao de uma caldeira de condensação a gás das mais avançadas, com base numa eficiência de 90% para aquecimento do espaço (base sazonal) e 70% para água quente sanitária.

O gráfico que se segue (Figura 34) mostra a potência de aquecimento teoricamente necessária para aquecer a casa até um bom nível de conforto em função da temperatura ambiente (linha azul). Esta linha baseia-se em dois pontos: a potência de aquecimento necessária à temperatura de projeto (-7 °C), definida para 9 kW, e na suposição de que não é necessária uma maior potência de aquecimento a 16 °C. Os pontos azuis dispersos resultam de medições do teste no terreno. Estes correspondem a valores medidos para a potência de aquecimento a um determinado valor para a temperatura ambiente.

A figura também apresenta a temperatura da água de saída (LWT, [°C]) em função da temperatura ambiente (linha vermelha). A LWT é fixa a 70 °C à temperatura de projeto e a 30 °C a uma temperatura ambiente de 16 °C.

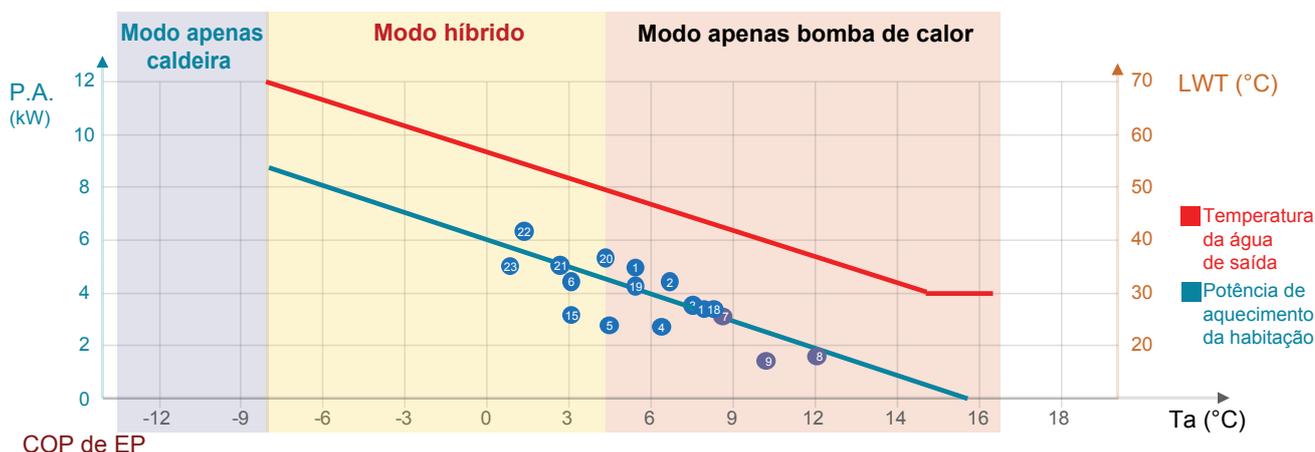


Figura 34: Gráficos relativos ao teste no terreno em Wigan, RU: 1) Potência de aquecimento [kW] em função da temperatura ambiente Ta [°C] (linha azul); 2) Temperatura da água de saída [°C] em função da temperatura ambiente Ta [°C] (linha vermelha).

A Figura 35 mostra a solicitação de energia térmica da casa por grau Celsius [kWh/°C] em função da temperatura ambiente Ta [°C] (linha verde). A área por baixo da linha verde é a medição da solicitação de energia total anual para aquecimento do espaço da casa. A linha amarela e os pontos amarelos mostram a eficiência do sistema em termos do COP de PE, em função da temperatura ambiente Ta [°C]. Os pontos pretos mostram a eficiência da caldeira. Verifica-se que à medida que a temperatura ambiente aumenta, os pontos amarelos se afastam dos pretos. Isso deve-se ao facto de que, à medida que a temperatura ambiente aumenta, o efeito da bomba de calor aumenta, assim como o COP de PE.



Figura 35: Gráficos relativos ao teste no terreno em Wigan, RU: 1) Potência térmica por grau Celsius [kWh/°C] (linha verde); 2) Eficiência do sistema (linha amarela e pontos) e eficiência da caldeira (pontos pretos); ambas em termos do COP de PE.



Figura 36: James Jennings, Susie e a filha Olivia: proprietários da habitação de teste no terreno da solução híbrida em Wigan, RU.

James Jennings, proprietário da casa em Wigan, declarou que graças à opção híbrida, sente que protegeu a sua casa para o futuro:

Devido a esta tecnologia, sinto que protegi a minha casa para o futuro, pois uma vez que posso optar pela escolha menos dispendiosa, gás ou eletricidade, sei que irei maximizar a eficiência sem ter de pensar nisso. Do mesmo modo, também contribui para a proteção do ambiente, com as tecnologias mais eficientes do presente a trabalhar em conjunto.

James Jennings e a família, proprietários da habitação de teste no terreno da solução híbrida em Wigan, RU.

## 6.2. Teste no terreno em Estugarda (Alemanha)

### 6.2.1. Características da habitação

A casa está localizada perto de Estugarda, Alemanha. É ocupada por 2 adultos e 2 crianças pequenas. A casa é semi-independente e a área de aquecimento é de 208 m<sup>2</sup>. A potência de aquecimento à temperatura de projeto (-12 °C) é 8 kW. Os emissores de calor são radiadores e foram mantidos durante a restauração da caldeira a gás antiga.

O controlo do aquecimento depende da temperatura, com 60 °C de temperatura da água de saída à temperatura de projeto.



Figura 37: Imagem da habitação próxima de Estugarda, Alemanha.



Figura 38: Imagem da unidade interior da solução híbrida instalada.

### 6.2.2. Resultados

A Figura 39 apresenta a temperatura da água de saída em função da temperatura ambiente (linha vermelha). A temperatura varia entre 60 °C a uma temperatura exterior de -12 °C e 35 °C a uma temperatura exterior de 16 °C.

A linha azul mostra a potência de aquecimento teoricamente solicitada da casa e eleva-se a partir da suposição de que a capacidade solicitada é 8 kW a -12 °C e já não é solicitada potência de aquecimento quando a temperatura exterior excede os 16 °C.



Figura 39: Gráficos relativos ao teste no terreno próximo de Estugarda, Alemanha: 1) Potência de aquecimento [kW] em função da temperatura ambiente Ta [°C] (linha azul); 2) Temperatura da água de saída [°C] em função da temperatura ambiente Ta [°C] (linha vermelha).



No inverno, o ocupante combinou um fogão a lenha com a Caldeira híbrida Daikin Altherma, o que explica as capacidades inferiores medidas em comparação com a capacidade esperada (observe os três pontos azuis mais à esquerda na Figura 39).

O gráfico abaixo (Figura 40) também mostra que a eficiência do sistema aumenta à medida que as temperaturas ambiente aumentam (ou seja, à medida que a bomba de calor fornece uma parte maior da carga de calor). A eficiência da caldeira pode ser considerada uma constante, tal como se pode ver pelos pontos pretos. O COP de PE anual é 1,25, sendo 40% superior em comparação com o sistema de substituição.



Figura 40: Gráficos relativos ao teste no terreno próximo de Estugarda, Alemanha: 1) Potência térmica por grau Celsius [kWh/°C] (linha verde); 2) Eficiência do sistema (linha amarela e pontos) e eficiência da caldeira (pontos pretos); ambas em termos do COP de PE.



## 6.3. Teste no terreno em Rimini (Itália)

### 6.3.1. Características da habitação

Foi realizado um terceiro teste no terreno em Rimini, Itália. A casa tem terraço e é ocupada por 2 pessoas. Uma antiga caldeira a gás foi substituída por uma Caldeira híbrida Daikin Altherma, sendo que os radiadores existentes foram mantidos. A potência de aquecimento à temperatura de projeto (-5 °C) corresponde a 6 kW e a área de aquecimento é de 140 m<sup>2</sup>. O controle do aquecimento depende da temperatura, com 55 °C de temperatura da água de saída à temperatura de projeto.



Figura 41: Imagem da habitação em Rimini, Itália.

### 6.3.2. Resultados

A curva da temperatura da água de saída dependente da temperatura apresentada na Figura 43 varia entre 55 °C a uma temperatura exterior de -5 °C e 30 °C a cerca de 16 °C. A potência de aquecimento da casa foi estimada a cerca de 6 kW à temperatura de projeto. Os valores medidos da potência de aquecimento da opção híbrida estão dispersos em torno desta linha.



Figura 43: Gráficos relativos ao teste no terreno em Rimini, Itália: 1) Potência de aquecimento [kW] em função da temperatura ambiente Ta [°C] (linha azul); 2) Temperatura da água de saída [°C] em função da temperatura ambiente Ta [°C] (linha vermelha).

A Figura 44 também mostra o aumento da eficiência da Caldeira híbrida Daikin Altherma, uma vez que a bomba de calor fornece uma porção maior da carga de calor (à medida que as temperaturas ambiente aumentam). Observe a linha amarela.

Mais uma vez, a linha verde indica a energia térmica por grau Celsius, que alcança o valor máximo a cerca de 5 °C. O COP de PE nesta casa é 1,3.



Figura 44: Gráficos relativos ao teste no terreno próximo de Rimini, Itália: 1) Potência térmica por grau Celsius [kWh/°C] (linha verde); 2) Eficiência do sistema (linha amarela e pontos) e eficiência da caldeira (pontos pretos); ambas em termos do COP de PE.

# 7

Conclusão: **porque**  
a Caldeira híbrida  
Daikin Altherma  
vai ser considerada  
a fonte de calor  
do **futuro**

A Caldeira híbrida Daikin Altherma distingue-se das fontes de calor convencionais em vários aspetos.

Em primeiro lugar, a opção híbrida é extremamente flexível, tanto no que diz respeito ao tipo de casa como ao tipo de emissores de calor. São possíveis temperaturas do caudal de água de 25 °C a 80 °C, tornando a opção híbrida adequada para o fornecimento de excelentes níveis de conforto em qualquer tipo de casa, através de pavimento radiante e radiadores.

Em segundo lugar, a opção híbrida é extremamente ecológica, uma vez que pode reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e fornecer energia renovável a um custo de investimento de 0,017 € por kWh, tornando-a a fonte de energia renovável mais económica.

Em terceiro lugar, a opção híbrida apresenta um design topo de gama que otimiza a eficiência, o descongelamento, a compacidade e o nível de ruído. A opção híbrida contém uma unidade exterior controlada por inverter com um consumo mínimo de energia elétrica, baixas perdas em imobilização e ótima resistência contra a formação de gelo. O módulo da bomba de calor troca calor entre o fluido frigoriférico e a água e foi concebida para ser tão compacta e silenciosa quanto possível. A caldeira de condensação a gás contém um permutador de calor duplo para uma produção extremamente eficiente de água quente sanitária e água para aquecimento do espaço.

Por fim, a opção híbrida permite um funcionamento simples através de uma interface do utilizador intuitiva. É possível monitorizar a energia, sendo que a produção de energia através de gás e eletricidade para aquecimento do espaço e água quente sanitária podem ser lidas separadamente. A opção híbrida é também a ferramenta perfeita para a gestão da rede elétrica: dependendo da carga da rede, o sistema pode alternar entre o funcionamento da caldeira e da bomba de calor através de um contacto livre de tensão.

A combinação da bomba de calor e da caldeira de condensação a gás, ambas concebidas para serem extremamente e eficientes e representando as melhores tecnologias disponíveis no mercado, em conjunto com a possibilidade de alternar entre fontes de calor de forma económica, permite reduzir os custos de funcionamento, constituindo uma tecnologia renovável acessível para qualquer tipo de casa com qualquer tipo de emissores. A Caldeira híbrida Daikin Altherma tem tudo o que é necessário para se tornar um sistema de aquecimento de eleição.





O presente folheto pretende ser apenas informativo e não constitui uma oferta contratual com a Daikin Europe N.V.. A Daikin Europe N.V. compilou o conteúdo deste folheto de acordo com o melhor dos seus conhecimentos. Não é dada qualquer garantia expressa ou implícita no que toca à totalidade, precisão, fiabilidade ou adequação para um determinado fim do seu conteúdo e dos produtos e serviços que apresenta. As especificações estão sujeitas a alterações sem aviso prévio. A Daikin Europe N.V. rejeita explicitamente quaisquer danos diretos ou indiretos, no seu sentido mais amplo, resultantes ou relacionados com a utilização e/ou interpretação deste folheto. Todos os conteúdos estão ao abrigo de copyright da Daikin Europe N.V.



Daikin Europe N.V. participa no Programa de Certificação Eurovent para Conjuntos de Chillers Líquidos (LCP), Unidades de Tratamento do Ar (AHU) e Unidades Ventilador-convectoras (FCU); a validade do certificado pode verificar-se on-line: [www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com) ou: [www.certiflash.com](http://www.certiflash.com)

ECPPT13-732

Os produtos Daikin são distribuídos por:

### **DAIKIN AIRCONDITIONING PORTUGAL S.A.**

Sede: Edifício D. Maria | -Piso O Ala A/B - Quinta da Fonte - 2770-229 Paço de Arcos | Tel: +351 21 426 87 00 | Fax: +351 21 426 22 94 | Email: [info@daikin.pt](mailto:info@daikin.pt)  
Delegação Norte: Rua B - Zona Industrial da Varziela - Lotes 50 e 51 - 4480-620 Árvore | Tel: +351 21 426 87 90 | Fax: +351 252 637 020

[www.daikin.pt](http://www.daikin.pt)