



**Universidade de Aveiro  
2021**

**Departamento de Engenharia Mecânica**

**Rafael Alexandre  
Oliveira Rodrigues**

**Bancada experimental para avaliação do desempenho de  
permutadores de calor com armazenamento em materiais  
com mudança de fase (PCM)**



Universidade de Aveiro  
2021

Departamento de Engenharia Mecânica

**Rafael Alexandre  
Oliveira Rodrigues**

**Bancada experimental para avaliação do desempenho de permutadores de calor com armazenamento em materiais com mudança de fase (PCM)**

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica do Doutor Nelson Amadeu Dias Martins, Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e do Doutor Rui Pedro de Jesus Teixeira, Diretor Geral da empresa Heaboo, Lda.

Esta dissertação teve o apoio dos projetos UIDB/00481/2020 e UIDP/00481/2020 - Fundação para a Ciência e a Tecnologia; e CENTRO-01-0145 FEDER-022083 - Programa Operacional Regional do Centro (Centro2020), através do Portugal 2020 e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.



## **O júri**

### **Presidente**

**Professor Doutor Francisco Carrusca Pimenta de Brito**  
Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro

### **Vogais**

**Professor Doutor Miguel da Silva Oliveira**  
Assistente Convidado, Universidade de Aveiro

**Doutor Rui Pedro de Jesus Teixeira (Coorientador)**  
Diretor, Heaboo



## **Agradecimentos**

A realização desta dissertação não teria sido possível sem a colaboração de vários membros.

Em primeiro lugar, agradeço ao Professor Doutor Nelson Martins pelo seu auxílio e orientação.

Agradeço também ao Doutor Rui Teixeira, CEO da Heaboo, empresa onde o trabalho foi realizado, pela oportunidade e ajuda durante todo o processo, bem como aos colegas de trabalho com quem contactei neste tempo de estágio.

À minha namorada pelo encorajamento e companheirismo.

E um agradecimento especial à minha família, dando ênfase aos meus pais que possibilitaram a concretização desta minha etapa final do percurso académico.

A todos, um obrigado!



**palavras-chave**

Bateria térmica, PCM, Permutador de calor, Bancada de teste, Validação de produto, perfil de consumo, água quente sanitária

**Resumo**

O presente relatório de estágio surgiu da parceria entre a Universidade de Aveiro, através do seu Departamento de Engenharia Mecânica com a empresa Heaboo Lda. responsável pelo desenvolvimento da tecnologia *hoterway* que é parte integrante dos seus produtos.

O objetivo deste estágio foi o desenvolvimento de uma bancada de testes capaz de reproduzir com rigor as condições expectáveis das instalações reais de utilização para caracterização dos produtos comercializados pela empresa.

No relatório de estágio apresentado, numa primeira secção é descrito o funcionamento da tecnologia, principais características e requisitos de funcionamento para numa segunda parte se apresentar de forma detalhada o processo de desenvolvimento de uma bancada experimental para avaliação e caracterização dos produtos desenvolvidos pela empresa, assim como a sua construção e montagem englobando todos os subsistemas inerentes, elemento central e objetivo principal deste estágio.

Neste estágio foi adquirido um conhecimento detalhado dos sistemas que integram a bancada, foram desempenhadas tarefas onde foi necessária muita versatilidade e adaptação a novos conteúdos e ferramentas. Foi necessário conhecer em detalhe a tecnologia *hoterway*, para tal, foi aprofundado o conhecimento nos fenómenos térmicos e de transferência de calor entre diferentes materiais. Para a construção da bancada foi necessária uma investigação na área da hidráulica e redes de distribuição de água. Para dar resposta a todas as exigências inerentes a este projeto foram colocados à prova múltiplas áreas da aprendizagem obtida no decorrer do curso.

O objetivo do estágio foi cumprido na sua plenitude, terminando com uma bancada totalmente funcional a responder a todos os requisitos propostos de antemão.







**Keywords**

Thermal battery, PCM, Heat exchanger, test bench, product validation, consumption profile, Domestic Hot Water

**Abstract**

This internship report resulted from the partnership between the University of Aveiro, through Department of Mechanical Engineering with the company Heaboo Lda. Company that developed the *hoterway* technology that integrates all of their products.

The goal of this internship was to develop a test bench that reproduces with accuracy the expected conditions of a real installation for characterization of the products produced by the company.

In a first section, the operation of the technology is described, as well as its main characteristics and operating requirements. In a second part, the development process of an experimental bench for the evaluation and characterization of the products developed by the company is presented in detail, as well as its construction and assembly, including all inherent subsystems, the main objective of this internship.

In this internship a detailed knowledge of the systems that make up the bench was acquired; tasks were performed where a lot of versatility and adaptation to new contents and tools were required. It was necessary to know in detail the *hoterway* technology, for such, it was deepened the knowledge in the thermal phenomenon and heat transfer between different materials.

For the construction of the bench, research in the area of hydraulics and water distribution networks was necessary. To fulfil all the demands of this project, multiple learnings obtained during the degree were tested.

The goal of the internship was fully met, ending with a fully functional bench that meets all the requirements proposed beforehand

# Índice

Índice de Figuras.....	1
Índice de Tabelas.....	2
Abreviaturas.....	3
<b>1. Capítulo 1 – Introdução</b> .....	<b>5</b>
1.1. Contextualização.....	5
1.2. Objetivo Geral do trabalho .....	5
1.3. Revisão Bibliográfica .....	6
1.3.1. Permuta e armazenamento de calor .....	6
1.3.1.1. Processos de transferência de calor .....	7
1.3.1.2. Permutadores de calor .....	8
1.3.1.3. PCM e armazenamento de energia térmica.....	10
1.3.2. Ensaio de permutadores e armazenadores de calor.....	15
1.3.3. Perfis de utilização de Água Quente Sanitária.....	17
1.3.4. Síntese.....	20
1.3.5. Organização do documento.....	24
<b>2. Capítulo 2 – Projeto de bancada experimental</b> .....	<b>26</b>
2.1. Sumário.....	26
2.2. Tecnologia Hoterway.....	27
2.3. Gama de produtos a ensaiar .....	35
2.3.1. Colunas de duche Hoterway .....	35
2.3.2. Bateria térmica IN .....	37
2.4. Levantamento dos requisitos da bancada experimental .....	39
2.5. Projeto da bancada de ensaios e respetivos subsistemas.....	42
2.5.1. Projeto hidráulico .....	42
2.5.2. Projeto térmico .....	46
2.5.3. Projeto elétrico e de controlo.....	48
2.5.4. Projeto metroológico .....	50
2.5.5. Projeto estrutural .....	52
2.6. Conceção da bancada de ensaio.....	55
2.7. Conclusão .....	57
<b>3. Capítulo 3 – Ensaio da bancada de testes</b> .....	<b>59</b>
3.1. Metodologia experimental .....	59
3.2. Procedimento experimental .....	60
3.2.1. Teste 1 – Coluna de duche.....	61
3.2.2. Teste 2 – Bateria térmica IN.....	62
3.3. Resultados e discussão.....	63
3.4. Conclusão .....	67
<b>4. Capítulo 4 – Conclusão e trabalho futuro</b> .....	<b>69</b>
4.1. Principais conclusões.....	69
4.2. Propostas de trabalho futuro .....	73
Bibliografia .....	75
<b>Anexos</b> .....	<b>77</b>



## Índice de Figuras

Figura 1 - Exemplo de permutador sem alhetas .....	9
Figura 2 - Exemplo de permutador com alhetas (radiador de automóvel).....	9
Figura 3 - Diferente geometria de alhetas.....	10
Figura 4 - Processo de transferência de calor sensível .....	11
Figura 5 - Processo de transferência de calor latente.....	11
Figura 6 - Armazenamento de calor com baixa variação de temperatura.....	12
Figura 7 - Edifício tipo 1 (Apartamento com 80m <sup>2</sup> ).....	18
Figura 8 - Edifício tipo 2 (Apartamento com 160m <sup>2</sup> ).....	19
Figura 9 - Edifício tipo 3 (Moradia 2 pisos).....	19
Figura 10 - Edifício tipo 4 (Hotel 4 pisos).....	20
Figura 11 - Circuito convencional .....	27
Figura 12 - Circuito convencional com recirculação.....	28
Figura 13 - Circuito convencional com hoterway .....	29
Figura 14 - Circuito com recirculação e hoterway IN .....	30
Figura 15 - Processo de descarga-carga de uma bateria hoterway (retirado de um catálogo de produto) .....	32
Figura 16 - Processo de descarga de uma bateria hoterway - bateria de demonstração .....	33
Figura 17 - Processo de carga de uma bateria hoterway - bateria de demonstração.....	33
Figura 18 - Comportamento de uma bateria térmica durante a fase de descarga .....	34
Figura 19 - Coluna de duche hoterway ONE.....	36
Figura 20 - Coluna de duche hoterway Hotbox.....	36
Figura 21 - Bateria térmica IN - alimentação de todos os pontos de consumo .....	38
Figura 22 - Esquema da bateria térmica IN com o controlador LFC – Master.....	39
Figura 23 - Projeto do sistema de alimentação de água da bancada experimental .....	43
Figura 24 - Distribuição de água na bancada experimental .....	44
Figura 25 - Sistema de alimentação da bancada.....	45
Figura 26 - Sistema de escoamento da bancada .....	45
Figura 27 - Instalação dos tanques, sistema de bombagem e tubagem associada.....	46
Figura 28 - Bomba de calor instalada .....	47
Figura 29 - Condições de envelope da bomba de calor .....	47
Figura 30 - Espaço dedicado à instalação dos componentes eletrónicos .....	49
Figura 31 - Pormenor da instalação de LEDs no painel da bancada.....	49
Figura 32 - Bomba de pressurização – SAER .....	51
Figura 33 - Electroválvula – MEISHUO .....	51
Figura 34 - Sensor de temperatura – Guilcor.....	52
Figura 35 - Caudalímetro – Zantia .....	52
Figura 36 - Estrutura tubular da bancada de ensaios .....	53
Figura 37 - Detalhada calha para a cablagem e das prateleiras para tubagem de água.....	54
Figura 38 - Zona da caixa elétrica .....	54
Figura 39 - Bancada com os painéis de acabamento .....	55
Figura 40 - Bancada completa.....	58
Figura 41 - Gráfico dos valores recolhidos pela bancada.....	64
Figura 42 - Gráfico do teste 2.....	65
Figura 43 - Lógica do controlador LFC.....	66
Figura 44 - Instalação final da bancada de ensaio .....	73

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Componentes adquiridos para a construção da bancada .....	55
Tabela 2 - Componentes fabricados para a construção da bancada .....	55
Tabela 3 - Capacidade dos produtos a testar .....	64
Tabela 4 - Resumo dos valores obtidos .....	65
Tabela 5 – Legenda gráfico .....	66

## **Abreviaturas**

PCM – Phase Change Materials

AQS – Água Quente Sanitária

MMF – Material de Mudança de fase

LFC – Loop Fluid Control

MIEM – Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

CFD - Computational Fluid Dynamics





# 1. Capítulo 1 – Introdução

## 1.1. Contextualização

O presente relatório apresenta os principais resultados obtidos durante o estágio curricular na empresa Heaboo, uma empresa focada no desenvolvimento de novas soluções para melhoria da eficiência energética e hídrica de edifícios.

O plano de trabalhos proposto centrou-se no desenvolvimento de uma bancada experimental para avaliação da performance térmica de permutadores de calor com armazenamento em materiais de mudança de fase (PCM - phase change materials). Assim, objetiva-se apresentar o desenvolvimento de uma bancada experimental para caracterização de uma tecnologia inovadora desenvolvida pela empresa baseada no armazenamento de calor com PCM para garantir a estabilidade no fornecimento de água quente em edifícios. Este projeto surge da necessidade identificada pela empresa em caracterizar a performance de resposta dos produtos desenvolvidos quando sujeitos a condições reais de utilização.

A realização deste trabalho requereu a utilização de diversas ferramentas de engenharia para responder com sucesso aos desafios do projeto nomeadamente no desenvolvimento do produto, da sua industrialização tendo em conta a competitividade e adaptabilidade para facilitar a sua implementação no mercado. No decorrer deste estágio foram colocados à prova diversos conhecimentos apreendidos no MIEM desde a termodinâmica, ao projeto térmico / mecânico, bem como ao nível da construção global dos edifícios e dos sistemas de distribuição de água inerentes aos mesmos.

## 1.2. Objetivo Geral do trabalho

O objetivo principal do estágio consistiu no desenvolvimento de uma bancada experimental para caracterização da tecnologia *hoterway* e na sua resposta ao assegurar a estabilidade do fornecimento de água quente em edifícios, baseada no armazenamento de calor com materiais de mudança de fase, componente central da gama de produtos

*hoterway*, desta forma ajudar a desenvolver melhorias com base em fundamentos teóricos, comprovados pelos resultados experimentais, que resultem na otimização do desempenho do permutador, tendo em consideração a sua utilização em condições reais e o processo de industrialização.

A bancada experimental tem de reproduzir com rigor as condições expectáveis de uma instalação real num dado edifício tipo para conseguir desta forma validar a qualidade da resposta das baterias térmicas. Como tal foi feito um estudo detalhado das baterias térmicas *hoterway* de modo a perceber o seu comportamento e os requisitos associados aos produtos que vão integrar esta tecnologia.

### 1.3. Revisão Bibliográfica

Este capítulo está estruturado em cinco partes, constando da primeira a descrição dos conceitos essenciais e aspetos técnicos para a compreensão dos fenómenos físicos que integram os processos de transferência e armazenamento de calor. É feita uma contextualização de permutadores de calor assim como uma abordagem aos PCMs.

De seguida é feita uma abordagem aos ensaios realizados aos permutadores de calor que fazem já parte do estado da arte

Depois de familiarizados com os aspetos relevantes que influenciam o comportamento das baterias térmicas é feita um levantamento dos perfis de utilização de consumo de água quente sanitária de acordo com os edifícios-modelo a estudar.

Por último é feita uma síntese do estado de arte atual, onde são identificadas as lacunas e limitações no conhecimento atual.

#### 1.3.1. Permuta e armazenamento de calor

De forma a melhor entender o funcionamento da tecnologia *hoterway*, é necessário dominar alguns conceitos teóricos, elementos constituintes da mesma e fenómenos que em conjunto auferem e caracterizam a sua funcionalidade e desempenho. Serão assim

analisados de forma concisa processos de transferência de calor, permutadores de calor e materiais de mudança de fase.

### 1.3.1.1. Processos de transferência de calor

Um processo de transferência de calor é energia térmica “em movimento” devido a uma diferença de temperatura entre dois pontos distintos, no mesmo meio ou não. Existem três processos de transferência de calor: condução, convecção e radiação. De seguida são abordados mais profundamente os fenómenos de condução e convecção. A radiação é considerada desprezível para o caso de estudo em questão (Bergman et al., 2011).

O processo de transferência de calor por condução ocorre quando existe uma diferença de temperatura num determinado volume de matéria, seja um sólido, ou um fluido estacionário. Este processo tem por base a atividade atómica e molecular do material, onde graças a ondas na estrutura da mesma, induzidas pelo movimento atómico, a energia é transferida das partículas mais energéticas para as menos energéticas devido às interações que se estabelecem entre si. A equação que permite quantificar a quantidade de energia transferida por unidade de tempo e por unidade de área no processo de transferência de calor por condução é a lei de Fourier, apresentada pela Equação 1, sendo  $k$  o valor da condutividade térmica do material,  $dT/dx$  o diferencial de temperaturas entre os pontos em que é analisada a transferência (Bergman et al., 2011).

$$q'' = -k \left( \frac{dT}{dx} \right) [W \cdot m^{-2}] \quad \text{eq.1}$$

O processo de transferência de calor por convecção ocorre quando um fluido em movimento entra em contacto com uma superfície que se encontra a uma temperatura diferente. Este modo de transferência de calor é composto por dois mecanismos: condução e advecção. A condução ocorre graças a efeitos a nível microscópico tal como referido no parágrafo anterior, só que neste caso num fluido. Já a advecção refere-se ao fenómeno macroscópico que ocorre num fluido. Sendo este composto por um elevado número de moléculas que se movem de forma agregada, estas irão sofrer o fenómeno de transferência

de calor no caso de existirem variações de temperatura. A equação que permite quantificar a quantidade de energia transferida por unidade de tempo e por unidade de área no processo de transferência de calor por convecção é a Lei de Newton e é dada pela Equação 2, sendo  $h$  o coeficiente de transferência de calor por convecção,  $T_s$  a temperatura da superfície e  $T_{inf}$  a temperatura do fluido. O coeficiente de transferência de calor por convecção varia em função da geometria da superfície e das propriedades do escoamento (Bergman et al., 2011).

$$q'' = h(T_s - T_{inf}) \text{ [W. m}^{-2}\text{]} \quad \text{eq.2}$$

### 1.3.1.2. Permutadores de calor

O dispositivo responsável por agilizar a transferência de calor entre dois fluidos separados fisicamente a diferentes temperaturas e tornar este processo mais eficiente é usualmente denominado por permutador de calor.

Existem vários tipos de permutadores de calor que se diferenciam entre si pela construção e o arranjo relativo dos diferentes escoamentos. Os permutadores de calor em que a direção dos escoamentos é perpendicular entre si, são alguns dos tipos de permutadores de calor mais frequentemente utilizados (Bergman et al., 2011).

Dentro destes é possível usar sistemas sem alhetas (Figura 1a) ou, para casos em que são necessárias elevadas áreas de transferência de calor são utilizados permutadores com superfícies alhetadas. Note-se que estes últimos são tipicamente utilizados quando um dos fluidos é um gás, caracterizado por esse motivo por um baixo coeficiente de transferência de calor. Um exemplo deste tipo de permutador são os radiadores dos automóveis (Figura 2).



*Figura 1*

*a - Exemplo de permutador sem alhetas*

*b – Permutador de placas*

*c – Permutador de alhetas*

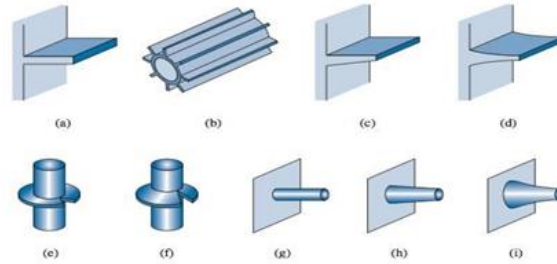


*Figura 2 - Exemplo de permutador com alhetas (radiador de automóvel)*

Quando existe necessidade de extrair calor por convecção a partir das fronteiras de um sólido, no qual a propagação de calor se rege pelo processo de condução, é comum a utilização de elementos que aumentam a superfície deste. Estes elementos são comumente denominados por alhetas. Apesar de existirem outras formas de aumentar o coeficiente de convecção e assim aumentar as perdas de calor por parte do sólido, como por exemplo aumentar a velocidade do fluído, ou manipular a temperatura do mesmo, estas nem sempre se apresentam como soluções tão eficientes ou economicamente viáveis como as alhetas.

As alhetas podem ter diversas geometrias (Figura 3) e a sua escolha depende do espaço disponível, peso, produção, custo e também do compromisso entre a perda de carga

gerada devido à superfície alhetada (superfície com alhetas) e consequente diminuição do coeficiente de convecção (Bergman et al., 2011).



*Figura 3 - Diferente geometria de alhetas*

### 1.3.1.3. PCM e armazenamento de energia térmica

O armazenamento de energia térmica (calor ou frio) permite a utilização dessa energia mesmo quando a sua necessidade é desfasada do momento da sua produção. Existem vários métodos que tornam possível o armazenamento de energia sob a forma de calor, por exemplo: processos físicos, dentro dos quais se inserem o calor sensível e o calor latente e processos químicos.

O armazenamento de calor na forma de calor sensível é a forma mais comum. Neste método, a transferência de calor para o recipiente de armazenamento gera um aumento de temperatura do material de armazenamento. Na Figura 4 está representado o processo de transferência de calor para um caso de armazenamento de calor sensível. O rácio entre o calor armazenado em função da variação de temperatura é o calor específico do material de armazenamento. A relação mencionada pode ser dada pela equação 3, que tem em conta a massa do material de armazenamento.

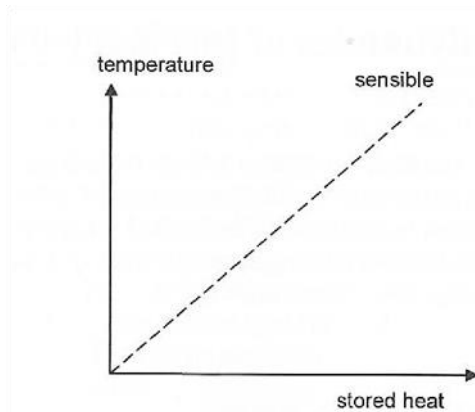


Figura 4 - Processo de transferência de calor sensível

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{eq.3}$$

No caso de o calor ser armazenado na forma de calor latente é utilizada a mudança de fase sólido-líquido do material de armazenamento. A mudança de fase sólido-líquido por si só é capaz de armazenar grandes quantidades de energia se for utilizado o material de mudança de fase apropriado para uma determinada aplicação. Quando o processo de armazenamento de calor latente termina, isto é, quando o material muda fase completamente, o armazenamento do calor torna a ser feito na forma de calor sensível. A Figura 5 representa o processo de armazenamento de calor contemplando a mudança de fase, antecedida e procedida por armazenamento de calor sensível. A variação de energia armazenada durante a mudança de fase equivale à diferença entálpica do PCM. A equação 4 demonstra o cálculo dessa variação energética.

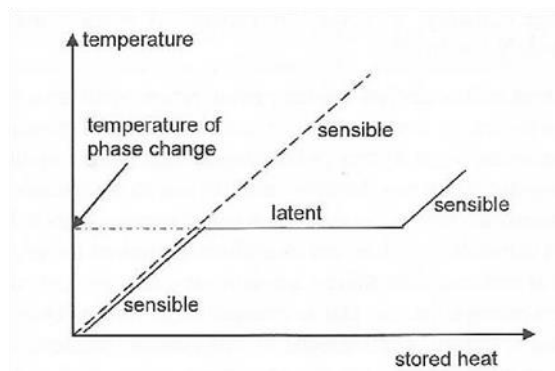


Figura 5 - Processo de transferência de calor latente

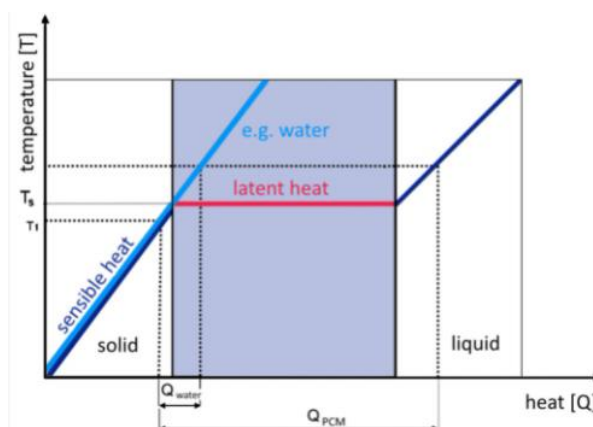


$$\Delta Q = \Delta H = m \cdot \Delta h \quad \text{eq.4}$$

No caso de uma mudança de fase do tipo líquido-gasoso, apesar de ser usualmente uma transformação mais energética do que a mudança sólido-líquido, o comportamento do material depende em grande parte das condições de fronteira devido à grande variação de volume do mesmo durante o processo de evaporação. Dado este fator este processo físico de armazenamento de calor não é viável ao caso de estudo em questão pelo que não será aprofundado.

Os termos calor latente e material de mudança de fase aplicam-se normalmente à mudança de fase sólido-líquido sendo essa a nomenclatura adotada daqui em diante. É esta a mudança de fase de interesse em que se insere o presente produto em estudo.

Na utilização de PCM's para o armazenamento de energia (Figura 6) estes são capazes de guardar grandes quantidades de calor ou frio com uma pequena variação de temperatura. Uma aplicação prática do PCM comparado com outros tipos de materiais de armazenamento pode ser o aquecimento de espaço doméstico ou de águas quentes sanitárias. (Mehling e Cabeza, 2008).



*Figura 6 - Armazenamento de calor com baixa variação de temperatura*

Para que um material possa ser utilizado de forma viável como material de mudança de fase com fins de armazenamento de energia este deve obedecer a alguns requisitos físicos, técnicos e económicos.

Como principais requisitos físicos tem-se a temperatura de mudança de fase, que deve ser a adequada para garantir o armazenamento e fornecimento de calor a uma determinada temperatura, uma grande entalpia de mudança de fase, de forma a ter uma capacidade de armazenamento de calor latente superior ao armazenamento na forma de calor sensível, a repetibilidade da mudança de fase, ou estabilidade cíclica, que corresponde à capacidade do material efetuar o armazenamento e fornecimento de energia as vezes que forem necessárias numa determinada aplicação e, por fim, uma má condutividade térmica, permitindo absorver ou libertar a energia com uma potência suficiente.

Como requisitos económicos sublinham-se o baixo custo e a reciclabilidade do material. Nem sempre é possível reunir num PCM todos os requisitos mencionados. Por exemplo, a condutividade térmica de um PCM é normalmente reduzida e nem sempre é possível garantir a compatibilidade entre este e o material do recipiente onde permanece, pelo que são necessárias estratégias para contornar estes problemas. (Mehling e Cabeza, 2008)

Os PCMs podem ser divididos em três grupos quanto à gama de temperaturas em que ocorre a mudança de fase responsável pelo armazenamento da energia térmica: PCMs de baixa temperatura, com mudança de fase a ocorrer a temperaturas inferiores a 15 °C, usualmente utilizados em aplicações de ar condicionado e indústria alimentar, PCMs de temperaturas médias, com mudança de fase entre os 15°C e os 90°C, são o tipo mais comum sendo utilizado, por exemplo, em aplicações solares, medicas, têxteis e PCMs de altas temperaturas, com mudança de fase acima dos 90°C sendo este tipo de PCMs desenvolvidos principalmente para aplicações industriais e aeroespaciais.

Os PCMs podem também ser classificados pelo tipo de mudança de fase em que operam. Esta pode ser gás-líquido, sólido-gás, sólido-líquido e sólido-sólido.

Tal como já referido, as mudanças de fase das quais fazem parte a fase gasosa, apesar do elevado calor latente, apresentam restrições técnicas devido às consideráveis variação de volume. Já as transformações do tipo sólido-sólido e sólido-líquido, apresentam menores variações de volume, normalmente na casa dos 10%. Assim, apesar do menor calor latente comparado com as transformações envolvendo fases gasosas, são PCMs de mais fácil utilização e conseqüentemente mais económicos.

Os PCMs com mudança de fase sólido-sólido, são uma alternativa aos PCMs com transição sólido-líquido que apesar de terem por norma um calor latente menor que estes últimos, evitam alguns problemas como a estanquicidade do reservatório quando a temperatura é superior à temperatura de mudança de fase, constrangimento que existe nos PCMs com transição sólido-líquido.

Apesar dos diferentes tipos de mudança de fase referidos anteriormente, serão apenas apresentados PCMs com mudança de fase sólido-líquido, uma vez que são estes os que se identificam com o produto em estudo.

Os PCMs têm inúmeras aplicações, deste a indústria de construção, têxtil, automóvel, espacial, energia solar, entre outros. São de seguidas apresentadas aplicações práticas de PCMs em algumas das áreas referidas.

Um caso quotidiano onde podem ser utilizados PCMs é no aquecimento e arrefecimento de águas quentes sanitárias. Num caso de estudo efetuado num tanque de água quente acoplado com vários módulos de PCM, provou que este foi capaz de alimentar a rede com água quente durante mais tempo do que sem os módulos, graças ao aumento da inércia térmica auferida pelo PCM.

No ramo da energia solar são estudadas formas de combater a comum incompatibilidade da procura e oferta de energia das fontes renováveis. Neste caso o objetivo é armazenar calor durante o dia para que este possa ser utilizado à noite, período no qual se concentra normalmente a maior procura.

Já no ramo da eletrónica, graças aos avanços tecnológicos, o aumento da funcionalidade e potência dos dispositivos eletrónicos, aliados à sua maior compacidade, geram maiores desafios em manter as condições térmicas desejadas para o seu funcionamento. Como este tipo de dispositivos não operam normalmente por grandes períodos, um sistema de refrigeração baseado em PCM tem um grande potencial, evitando ou retardando, que os dispositivos atinjam a temperatura crítica de funcionamento (85°C-120°C).

Também na indústria automóvel os PCMs são usados, por exemplo, para pré-aquecer os conversores catalíticos, no sistema de refrigeração do motor e no conforto térmicos dos passageiros. Em testes realizados com um sistema de armazenamento de energia, foi

possível reduzir as emissões em arranque a frio de um motor de combustão interna. (Pielichowska e Pielichowski, 2014).

### 1.3.2. Ensaio de permutadores e armazenadores de calor

O estado da arte apresenta vários estudos orientados sobre duas linhas de investigação: (a) a investigação associada ao desenvolvimento dos materiais de mudança de fase (MMF), nomeadamente as suas propriedades químicas, térmicas, cinéticas e físicas, bem como as implicações económicas e ambientais do seu uso em larga escala; e (b) o desenvolvimento de permutadores / armazenadores de calor adequados às necessidades de cada aplicação tendo em conta a capacidade, a potência e a eficiência térmica.

O estado da arte não apresenta, no entanto, desenvolvimentos sobre a estabilidade da potência térmica do permutador durante o processo de mudança de fase e sobre a perda de carga resultante da aplicação do permutador no circuito do fluido operante. Desenvolver uma linha de investigação focada na estabilidade térmica do permutador, ou seja, potencia constante durante os processos de mudança de fase, que garanta simultaneamente uma baixa perda de carga aplicável ao circuito do fluido operante, neste caso o circuito de distribuição AQS, apresenta uma clara evolução científica face ao atual estado da arte.

Apresenta-se abaixo os estudos mais relevantes que sustentam o atual estado da arte: Morales-Ruiz et al. investigaram e desenvolveram um permutador com PCM encapsulado em placas, procurando maximizar a área de contato da água com o PCM e diminuir o volume total do permutador. Este permutador permite armazenar o calor água de drenagem de uma máquina de lavar roupa numa primeira fase de lavagem e diminuir em cerca de 50% o calor necessário numa segunda fase de lavagem. Foi desenvolvido usando ferramentas de simulação numérica (CFD) posteriormente validado experimentalmente. Embora funcional para este tipo de aplicação, este conceito não se pode aplicar no âmbito do presente projeto porque a questão da estabilidade da potência do permutador durante o processo de mudança de fase não é uma condicionante no estudo. O objetivo do

permutador é reter calor e aquecer tanto quanto possível a água que entra na máquina de lavar, posteriormente a máquina tem uma resistência que compensará a diferença. No atual projeto, toda a água que saia do permutador abaixo da temperatura mínima de fornecimento (38°C) não terá utilização. Para além disso, as questões de perda de carga não são uma condicionante por se tratar de um produto instalado no final da linha de distribuição de água quente, algo que não se aplica ao sistema que vamos desenvolver no atual projeto.

Wei et al. apresentam um estudo comparativo do desempenho de permutadores com PCM encapsulado considerando várias formas para o encapsulamento: esferas, cilindros, placas e tubos. As análises efetuadas baseiam-se em estudos numéricos com posterior validação experimental. O PCM usado apresenta a mudança de fase aos 81.3 °C e os permutadores testados apenas garantem períodos de descarga inferiores a 20 segundos. Os sistemas encapsulados apresentam, no entanto, uma limitação substancial à estabilidade térmica durante o processo de mudança de fase, considerando o tipo de encapsulamento, tipicamente um material polimérico. Este estudo não apresenta por isso uma linha de investigação que possa ser usada no desenvolvimento de um permutador que deva assegurar a estabilidade térmica do fluido à saída para além de não levar em linha de conta as questões associadas à perda de carga (pressão).

Al-Abidi et al. investigaram o problema da reduzida condutividade térmica do PCM no seu permutador e sugeriram armazenando-o no espaço entre dois tubos de secção circular com alhetas longitudinais. Neste trabalho é comparado o desempenho do permutador com diferentes desenhos de alhetas usando um PCM com uma mudança de fase sólido-líquido aos 350-358 °C. Esta abordagem, embora relacionado na perspetiva da otimização da performance e estabilidade durante o processo de mudança de fase, não leva em linha de conta a questão da perda de carga que é adicionado ao circuito pelo permutador.

O atual estado da arte não está focado na aplicação de MMF em sistemas que garantam estabilidade térmica durante o processo de mudança de fase. Adicionalmente, o problema da perda de carga introduzido pelo permutador não é referido na literatura, neste projeto em particular esta propriedade é fundamental tendo em conta a aplicação do produto,

instalado na rede de distribuição de AQS em edifícios o que condicionaria o caudal e a pressão de fornecimento nos pontos de água quente dos edifícios.

O desenvolvimento de um permutador que esteja simultaneamente adaptado ao intervalo de temperaturas requerido para redes de AQS em edifícios, que cumpra os requisitos de perda de carga e conseqüente caudal disponível e que cumpra os requisitos de capacidade e potência de armazenamento, pressupõe avanços tecnológicos consideráveis face ao atual estado da arte.

De todos os estudos mencionados, nenhum se focou no desenvolvimento de um sistema que teste o tempo de resposta numa rede AQS que integra acumuladores térmicos. Todos os estudos foram realizados no sentido de desenvolvimento da funcionalidade de um prototipo, e não na estabilidade de resposta ao longo do ciclo de vida dos mesmos, tendo em vista a sua aplicabilidade, assim este projeto apresenta um claro avanço no estado de arte atual.

### 1.3.3. Perfis de utilização de Água Quente Sanitária

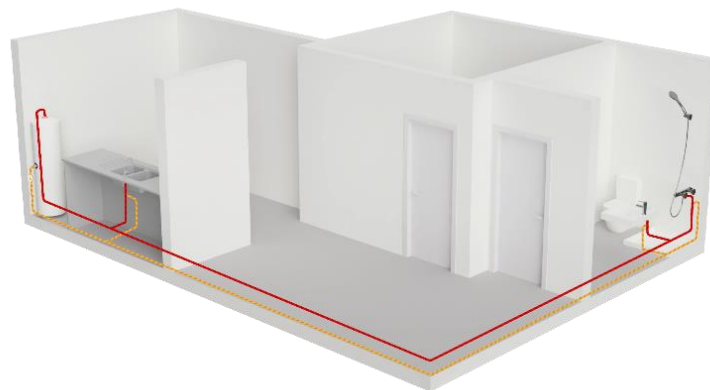
Depois da análise dos diversos edifícios tipo e possíveis configurações de redes de distribuição AQS, servidas por um circuito de recirculação, concluiu-se que nos grandes edifícios o foco de perda energética dos circuitos de recirculação estaria associado aos circuitos de distribuição secundários (ao nível do piso) e não aos circuitos principais de distribuição (exemplo: coluna a montante de alimentação). Durante esta fase foram testados vários edifícios tipo na classe de grandes edifícios e a conclusão foi que, em média, os circuitos de distribuição secundários são responsáveis por mais de 85% das perdas totais dos circuitos de recirculação.

Com isto, foi identificado um conjunto de edifícios tipo que representam os edifícios na Europa onde se prevê um maior potencial de integração dos produtos *hoterway*, com o objetivo de criar um conjunto de casos de estudos que se pudesse depois testar tirando conclusões sobre a capacidade de resposta dos produtos, caudal disponível e redução do consumo energético, quando comparado com um sistema convencional.

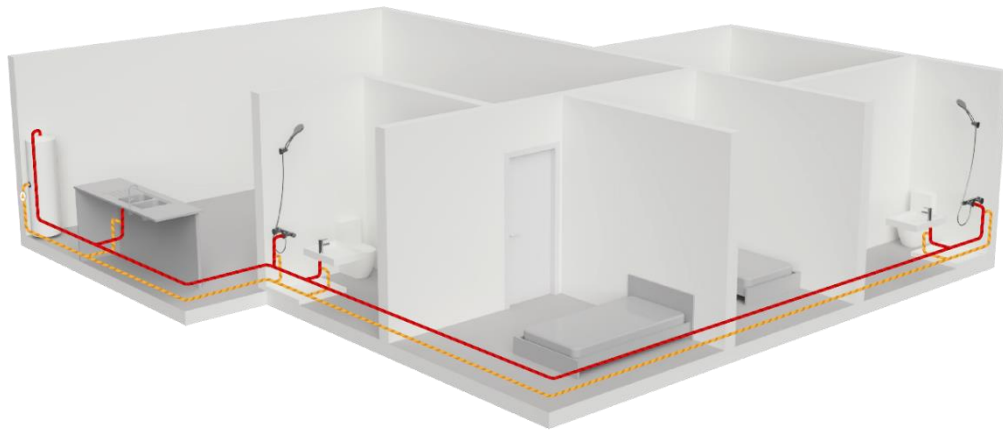
Fazendo um cruzamento entre os dados estatísticas e as limitações/oportunidades da solução conceptualizada foram identificados os seguintes edifícios tipo:

1. Apartamento com 80m<sup>2</sup>: 1 piso, sistema de aquecimento junto à entrada, cozinha próxima do sistema de aquecimento e WC na extremidade do apartamento (Figura 7);
2. Apartamento com 160m<sup>2</sup>: 1 piso, sistema de aquecimento junto à entrada, WC de serviço e cozinha próximos e 1 WC na extremidade do apartamento (Figura 8);
3. Moradia com 200m<sup>2</sup>: 2 pisos de área útil, sistema de aquecimento no piso -1, WC por cima da cozinha e próximo do sistema de aquecimento, 2 WC em 2 pontos distantes nos pisos -1 e 0 (Figura 9)
4. Hotel com 24 quartos: 4 pisos de área útil, 3 pisos de quartos, sistema de aquecimento no piso -1 (Figura 10)

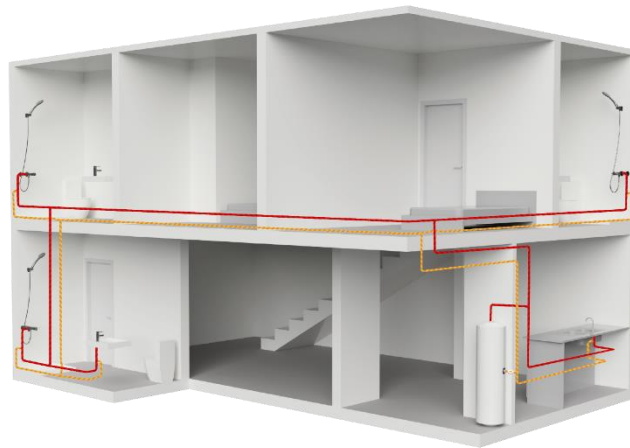
Para cada um destes casos foram caracterizados perfis de consumo variáveis ao longo de uma semana. Estes perfis serão reproduzidos na bancada experimental para validação da capacidade de resposta do sistema e de eventuais limitações da solução desenvolvida.



*Figura 7 - Edifício tipo 1 (Apartamento com 80m<sup>2</sup>)*

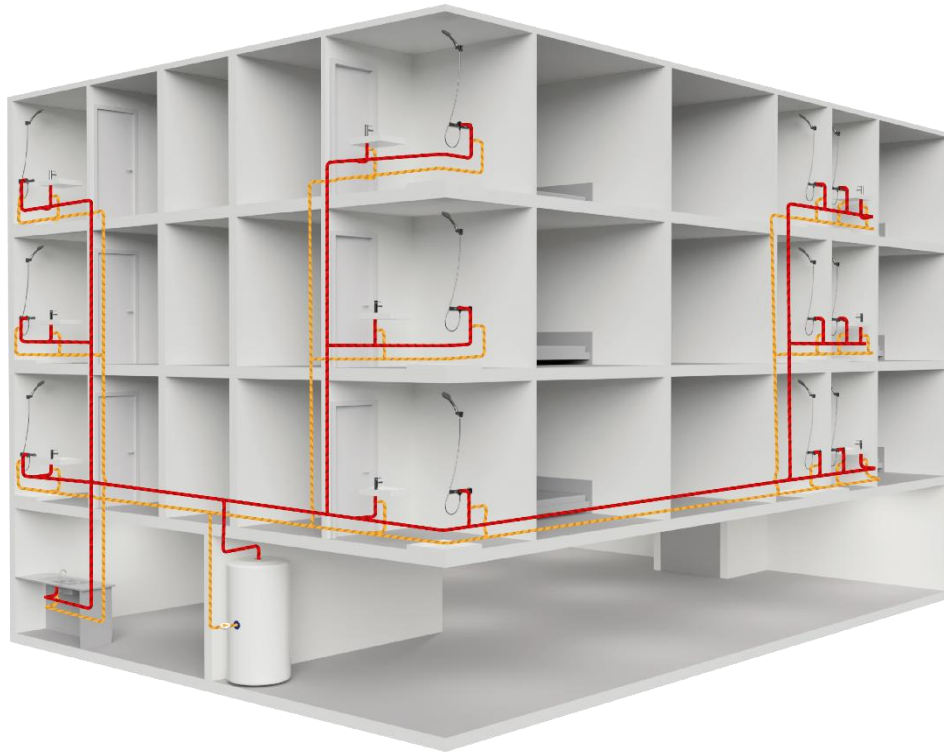


*Figura 8 - Edifício tipo 2 (Apartamento com 160m<sup>2</sup>)*



*Figura 9 - Edifício tipo 3 (Moradia 2 pisos)*





*Figura 10 - Edifício tipo 4 (Hotel 4 pisos)*

#### 1.3.4. Síntese

O desenvolvimento de uma bancada para simulação de um sistema de AQS pressupõe atividades de investigação e desenvolvimento relevantes. A simulação de um sistema de AQS e sua otimização, embora tenha semelhanças com outros sistemas, como, por exemplo, redes municipais de distribuição de água e redes industriais de água quente, apresenta particularidades que requerem alguma atenção na fase de formulação do problema, no dimensionamento e otimização.

A otimização baseada em tentativa e erro está há muito ultrapassada devido a complexidade deste tipo de sistemas sistema. O uso de algoritmos de otimização não-linear inovadores possibilitam hoje em dia resultados excelentes na resolução de problemas deste tipo com recurso a um número reduzido de iterações. Contudo, não existe um algoritmo perfeito para a resolução dos problemas em todos os casos e o facto de muitos

problemas envolverem funções objetivo simultâneas torna esses problemas ainda mais complexos. Estes factos tornam ainda mais importante, a bancada desenvolvida no âmbito do presente projeto, a interface desenvolvida tem de apresentar enorme versatilidade e um tempo de adaptação reduzido, já que pressupõe um uso repetitivo e a simulação de diversas circunstâncias reais de utilização.

Diversos autores investigaram e desenvolveram métodos de cálculo adaptados a diversos tipos de sistemas em rede e outros focaram-se na otimização destes sistemas, recorrendo a algoritmos específicos e não ao teste real.

Coelho e Andrade-Campos fizeram um levantamento bibliográfico de métodos de otimização associados a redes de distribuição de água com vista à redução do custo de energia, justificável uma vez que se trata de um sector que consome cerca de 7% do consumo global de energia. Estes autores apresentam uma série de algoritmos de otimização que podem ser usados naquele âmbito.

Yan et al. apresentam uma solução para otimização de redes de água fabris na indústria química, com o objetivo de redução do consumo de água e energia. Apresentam algumas sugestões no que respeito ao algoritmo de otimização e definição das variáveis. D. Ambrosio et al. estudam modelos matemáticos para a modelação e otimização de redes de distribuição de água potável. Uma série de algoritmos de otimização são propostos e testados em diferentes redes de distribuição de água.

As atividades de investigação para o desenvolvimento de uma bancada de teste de dimensionamento e aperfeiçoamento de redes de AQS com dispositivos de armazenamento de energia justificam-se à partida pela especificidade do problema em causa. Por outro lado, o desenvolvimento de uma bancada que seja robusta, eficiente e rápida na implementação dos diferentes perfis de consumo pressupõe uma série de etapas de desenvolvimento, nomeadamente: (a) escolha do interface de pré processamento que permitirá simular a rede AQS, gerar o perfil de consumo e implementa lo de forma rápida e eficiente; (b) a escolha componentes que se adaptem ao problema em causa e a todos os dados a monitorizar que maximize a relação da qualidade dos resultados/tempo de implementação/custo; (c) definição das variáveis que poderão ser mais relevantes na validação / caracterização do produto, tendo em conta a sua utilização final; (d)definição

do plano experimental tendo em conta os pontos mencionados e o objetivo final; e (e) e a escolha da interface de pós processamento dos dados adquiridos que permitirá retirar as conclusões dos devidos testes. O resultado da associação de todas estas linhas de investigação distancia-se claramente do atual estado de arte.

Não se encontra no estado de arte atual nenhuma referência a um sistema que testa o tempo de resposta de uma rede AQS que integre baterias térmicas de modo a eliminar a necessidade de recirculação em contínuo ou a diminuição na quantidade de pedidos ao circuito de recirculação para se obter água quente instantaneamente, e desta forma quantificar a melhoria de eficiência em comparação com um sistema com circuito de recirculação convencional.

A bancada tem a capacidade de validar que o produto responde ao requisito principal (água quente sempre disponível instantaneamente) independentemente do perfil de consumo a que seja submetido.

O conceito da bancada que foi desenvolvida tem a responder a um conjunto amplo de desafios tecnológicos relacionados com estabilidade da potência térmica dos produtos, gestão da capacidade de armazenamento de energia e perda de carga, com influência no caudal e pressão de água disponibilizados em cada um dos pontos de consumo.

Encontra-se como desafios tecnológicos do projeto o esquema de fornecimento de água (quente e água fria), o esquema hidráulico, o esquema de controlo da bancada, o esquema de aquisição de dados, assegurar o caudal constante, conseguir desempenhar toda a operação em circuito fechado- duas zonas de temperatura com um circuito de esgoto misto.

A bancada de testes visa avaliar o desempenho da tecnologia hoterway desenvolvida pela Heaboo. A bancada faz parte de um estágio essencial do desenvolvimento e validação dos permutadores de calor com armazenamento em materiais de mudança de fase. É crucial que os produtos cumpram todos os requisitos antes de chegarem ao cliente final, que os mesmos sejam cumpridos de forma regular ao longo do seu tempo de utilização.

Tratando-se a tecnologia hoterway de uma tecnologia disruptiva, inovadora o estado de arte apresenta apenas alguns estudos realizados orientados sobre duas linhas de investigação: (a) a investigação associada ao desenvolvimento dos materiais de mudança

de fase, nomeadamente as suas propriedades químicas, térmicas, cinéticas e físicas, bem como as implicações econômicas e ambientais do seu uso em larga escala; e (b) o desenvolvimento de permutadores / armazenadores de calor adequados às necessidades de cada aplicação tendo em conta a capacidade, a potência e a eficiência térmica.

O estado da arte não apresenta, no entanto, desenvolvimentos sobre a estabilidade da potência térmica do permutador durante o processo de mudança de fase e sobre a perda de carga resultante da aplicação do permutador no circuito do fluido operante. Desenvolver um permutador de calor com armazenamento de energia com base em material de mudança de fase, que garanta simultaneamente uma baixa perda de carga aplicável ao circuito do fluido operante, neste caso o circuito de distribuição AQS, apresenta uma clara evolução científica face ao atual estado da arte.

Consequentemente o desenvolvimento de uma bancada capaz de suportar este desenvolvimento no ponto de vista de dar resposta a todos os requisitos para a realização dos ensaios a que a tecnologia tem que ser submetida para a sua total caracterização, apresenta também um avanço no atual estado de arte

Apresenta-se abaixo os estudos mais relevantes que sustentam o atual estado da arte: Morales-Ruiz et al. investigaram e desenvolveram um permutador com PCM encapsulado em placas, procurando maximizar a área de contato da água com o PCM e diminuir o volume total do permutador. Este permutador permite armazenar o calor água de drenagem de uma máquina de lavar roupa numa primeira fase de lavagem e diminuir em cerca de 50% o calor necessário numa segunda fase de lavagem. Foi desenvolvido usando ferramentas de simulação numérica (CFD) posteriormente validado experimentalmente. Embora funcional para este tipo de aplicação, este conceito não se pode aplicar no âmbito do presente projeto porque a questão da estabilidade da potência do permutador durante o processo de mudança de fase não é uma condicionante no estudo. O objetivo do permutador é reter calor e aquecer tanto quanto possível a água que entra na máquina de lavar, posteriormente a máquina tem uma resistência que compensará a diferença. No atual projeto, toda a água que saia do permutador abaixo da temperatura mínima de fornecimento (38°C) não terá utilização. Para além disso, as questões de perda de carga

não são uma condicionante algo que não se aplica ao produto que vamos avaliar no atual projeto.

Al-Abidi et al. investigaram o problema da reduzida condutividade térmica do PCM no seu permutador e sugeriram armazenando-o no espaço entre dois tubos de secção circular com alhetas longitudinais. Neste trabalho é comparado o desempenho do permutador com diferentes desenhos de alhetas usando um PCM com uma mudança de fase sólido-líquido aos 350-358 °C. Esta abordagem, embora relacionado na perspetiva da otimização da performance e estabilidade durante o processo de mudança de fase, não leva em linha de conta a questão da perda de carga que é adicionado ao circuito pelo permutador.

O atual estado da arte não está focado na validação de sistemas que garantam estabilidade térmica durante o processo de mudança de fase. Adicionalmente, o problema da perda de carga introduzido pelo permutador não é referido na literatura, neste projeto em particular esta propriedade é fundamental tendo em conta a aplicação do produto, instalado na rede de distribuição de AQS em edifícios o que condicionaria o caudal e a pressão de fornecimento nos pontos de água quente dos edifícios, este é um dos pontos fundamentais quem tem que ser simulado na bancada de testes.

O desenvolvimento de ferramenta de validação / simulação de sistemas completos de uma rede AQS com armazenamento de energia local integrado constitui igualmente um desafio tecnológico considerável, tendo em conta a integração dos vários componentes do sistema como os dados estatísticos associados a perfis de consumo nos vários pontos do edifício, assim como a temperatura de água nos diferentes locais.

### 1.3.5. Organização do documento

Este relatório de estágio está dividido em 4 capítulos. No primeiro capítulo, que termina com este subcapítulo, é feita uma contextualização do estágio, enumerando o tema, os principais objetivos e uma introdução teórica aos permutadores / armazenadores de calor e aos processos associados às trocas térmicas relacionadas com o tema.

O segundo capítulo é dividido em 7 subcapítulos, nos primeiros 3 é apresentada a tecnologia *hoterway*, os produtos onde se enquadra, colunas de duche e bateria térmica IN, fazendo referência aos requisitos de funcionamento dos mesmos. O levantamento destes requisitos é apresentado no capítulo 2.4. O capítulo seguinte faz referência ao projeto da bancada de testes, onde são descritos os projetos dos subsistemas que constituem a bancada.

O Capítulo 2 termina com o noticiar da construção da bancada seguida da conclusão do capítulo.

É no terceiro capítulo que é descrita a metodologia associada aos testes, bem como o procedimento experimental com os resultados obtidos e a conclusão retirada da conclusão retirada.

O presente relatório termina com a conclusão global do estágio, seguida da proposta para trabalhos futuros.

## 2. Capítulo 2 – Projeto de bancada experimental

### 2.1. Sumário

Neste capítulo é apresentado o projeto de desenvolvimento e conceção de uma bancada para validação e caracterização de permutadores/armazenadores de calor para aplicação em redes de água domésticas como complementação das redes de distribuição ou substituição dos circuitos convencionais de recirculação.

Apresenta-se a tecnologia *hoterway*, de modo a compreender o funcionamento do produto e desta forma identificar os requisitos técnicos, funcionais, normativos e económicos aplicáveis a um produto com elevada adaptabilidade.

Com isto há necessidade de serem testadas várias soluções conceptuais, cuja performance, estabilidade e perda de carga devem ser validadas individualmente e posteriormente em conjunto tendo em conta perfis de consumo de vários edifícios tipo. A robustez do produto e qualidade do isolamento térmico fazem também parte dos parâmetros a validar.

O objetivo é validar a performance dos produtos em condições reais de utilização desta forma projetou-se uma bancada laboratorial para teste simultâneo de 10 pontos distintos de consumo no edifício, permitindo assim descrever um conjunto de perfis de utilização e características técnicas de um dado edifício através do controlo de um conjunto de electroválvulas, analisando a resposta dada por parte dos dispositivos a um dado perfil.

Esta bancada laboratorial permitirá definir perfis de consumo típicos de um determinado edifício, possibilitando validar a capacidade do sistema para responder às necessidades de aquecimento nos vários pontos da rede de distribuição.

É descrita e justificada de forma detalhada as escolhas efetuadas no desenvolvimento do projeto tendo em conta o propósito a que se destina a bancada.

São identificados todos os requisitos da bancada para posteriormente se proceder à realização dos vários projetos, projeto hidráulico, projeto térmico, projeto elétrico e de controlo e o projeto metrológico, seleção dos componentes e equipamentos utilizados.

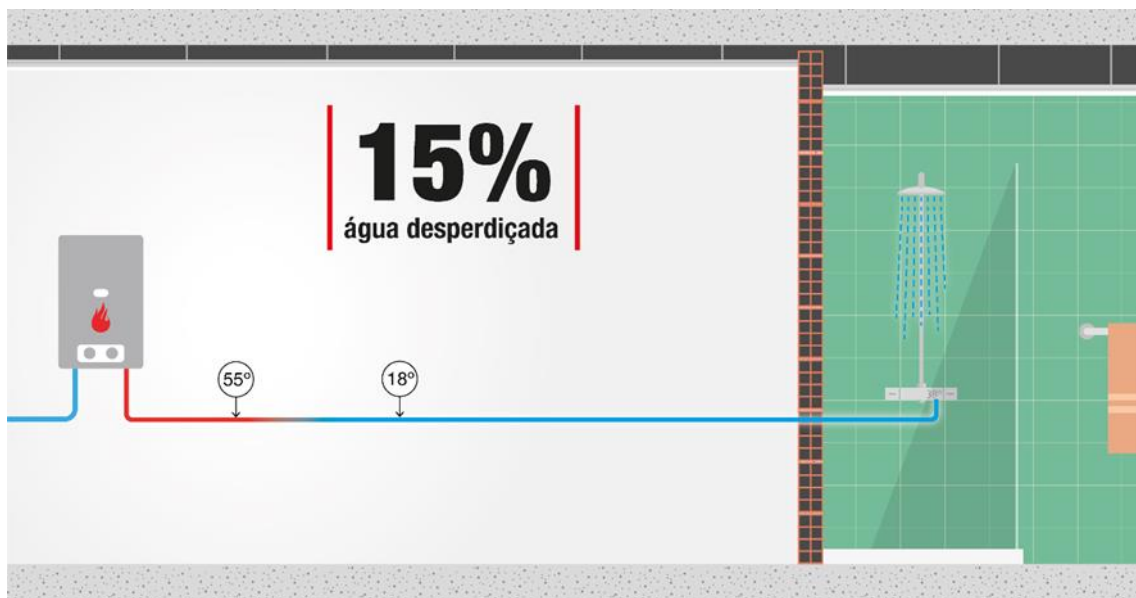
Por último é apresentada a bancada de testes para conclusão do capítulo.

## 2.2. Tecnologia Hoterway

O aquecimento centralizado de águas sanitárias em edifícios é uma prática de construção comum e recomendável que, no entanto, apresenta um problema relacionado com a distância entre os pontos de consumo e o ponto de aquecimento, que leva a que exista um tempo de resposta do circuito de água quente elevado devido à descida de temperatura da água quando estagnada na tubagem.

Uma maneira de evitar as desvantagens referidas anteriormente, conservando a capacidade de ativar o aquecimento somente quando necessário, consiste na utilização de um dispositivo de aquecimento instantâneo junto ao ponto de utilização. Trata-se de um circuito que, não obstante ser de consumo elétrico instantâneo muito alto, tem limitações ao nível do projeto que é sugerido unicamente para instalações com caudal e utilização reduzida (Bosch Thermotechnology - Electric Water Heaters, [s.d.]).

O circuito convencional cuja fonte de calor é um esquentador ou um termoacumulador é a opção mais económica e mais utilizada dentro das encontradas no mercado (Figura 11).



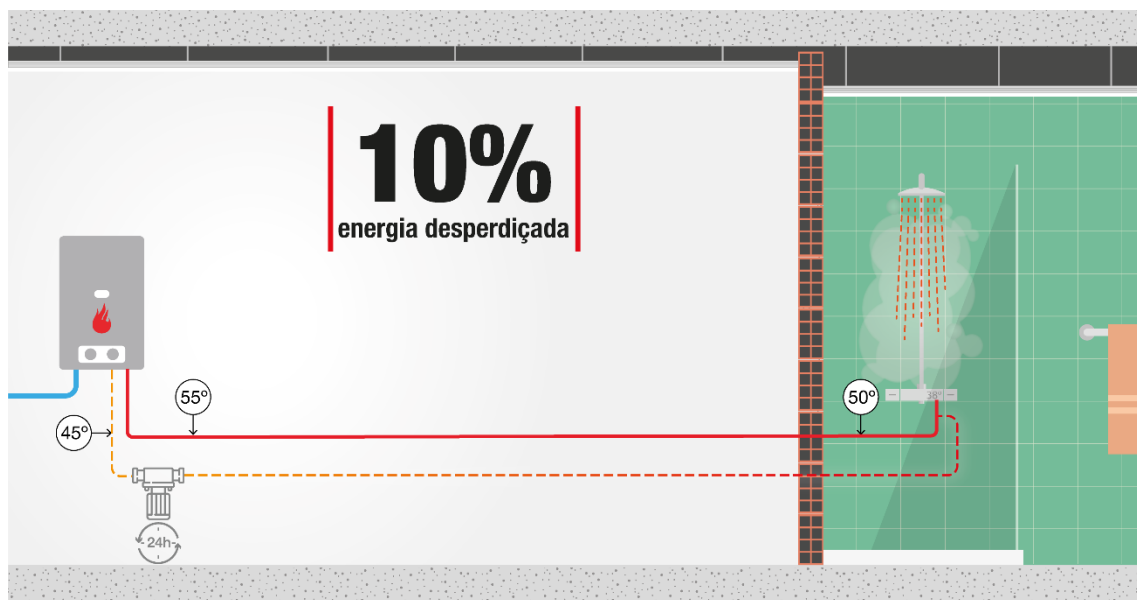
*Figura 11 - Circuito convencional*



As soluções convencionais permitem corrigir este problema através de circuitos de recirculação que fazem a circular a água quente, mesmo no caso de não haver consumo (Figura 12).

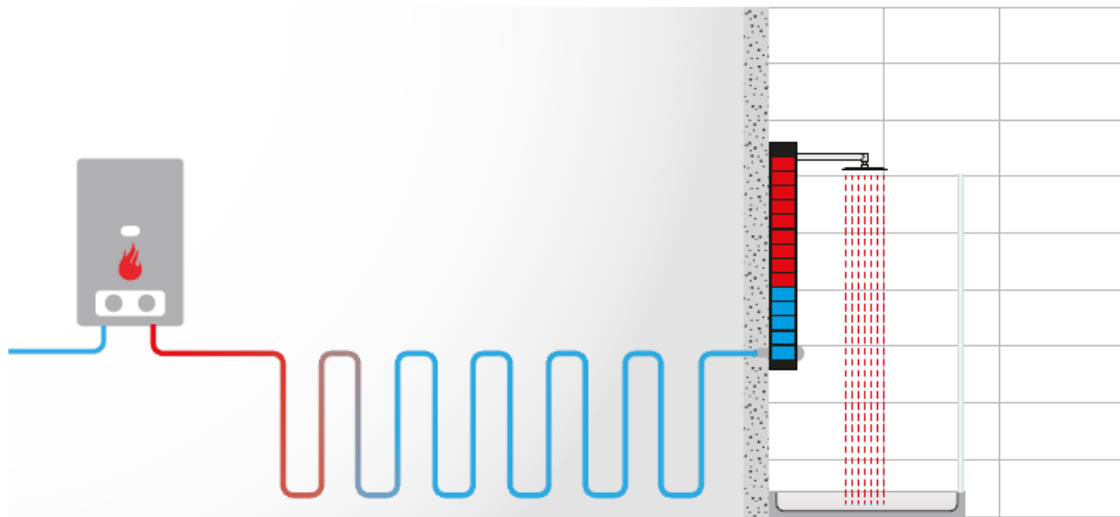
Neste caso, a água mantém-se à temperatura que se pretende possibilitando que a mesma fique instantaneamente disponível para o banho, fazendo com que não ocorram desperdícios de água e de tempo. Este tipo de circuitos possuiu ainda a vantagem de ser aplicado em grandes redes de distribuição. Para além do significativo conforto, torna-se num investimento inicial estimável, com implicações em termos de custos de manutenção mais acentuados, ou seja, devido às bombas de recirculação. Por outro lado, ainda que o desperdício de água ser residual, o facto da água quente circular constantemente resulta em desperdícios na forma de calor ao longo de toda a tubagem.

Esta solução levanta um problema relacionado com as perdas energéticas do circuito de recirculação que em média representam 10% da energia total consumida para aquecimento de água sanitária em edifícios, podendo em alguns casos representar perdas superiores.



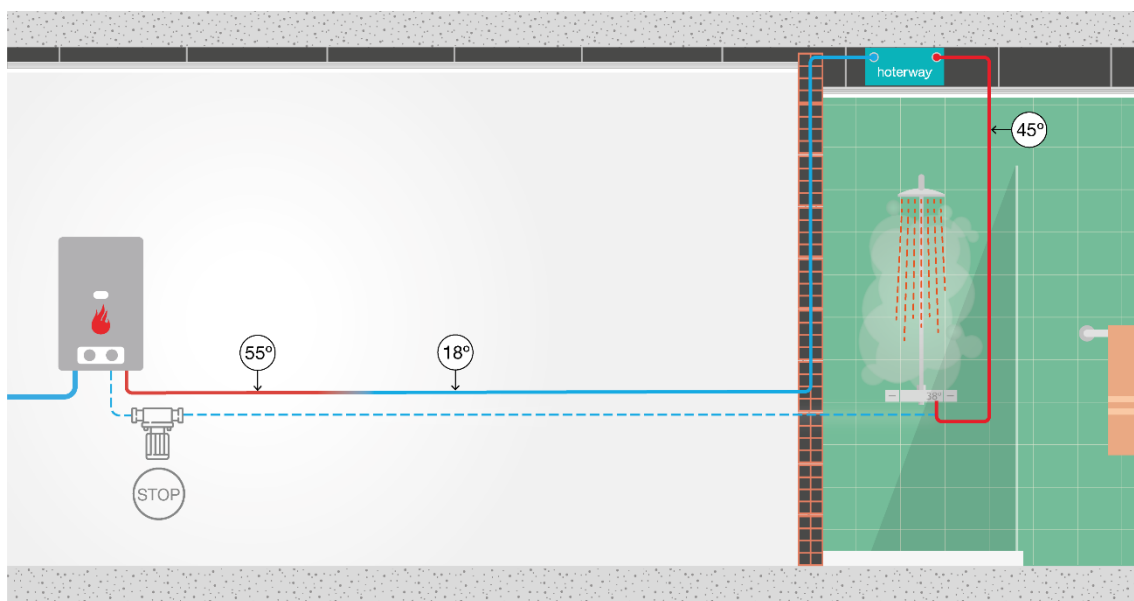
*Figura 12 - Circuito convencional com recirculação*

A tecnologia hoterway permite melhorar a eficácia dos casos anteriormente expostos. Caso seja aplicado um hoterway a um circuito alimentado, como, por exemplo, por um esquentador, podem manter-se todas as vantagens do circuito original e suprimir quer o tempo de espera, quer o desperdício de água (Figura 13).



*Figura 13 - Circuito convencional com hoterway*

A tecnologia hoterway pode igualmente ser incluída nos circuitos de recirculação (Figura 14) que, no caso, o produto é usado para simplificar o circuito de retorno possibilitando reduzir as perdas térmicas, o custo do circuito e o bombeamento.



*Figura 14 - Circuito com recirculação e hoterway IN*

O Hoterway acumula calor durante o banho através do fenómeno de mudança de fase de um material, processo que ocorre no interior da coluna de banho com a passagem da água quente. Este calor acumulado é usado no início do banho seguinte para aquecer a água fria na tubagem. A reversão do processo de mudança de fase liberta esse calor a temperatura constante. O processo de mudança de fase é totalmente reversível não havendo por isso degradação na capacidade térmica do Hoterway.

A tecnologia Hoterway apresenta uma abordagem inovadora ao problema do tempo de espera pela água quente e desperdício de água, ao aquecer instantaneamente a água estagnada na tubagem de uma forma totalmente passiva, a tecnologia alia o potencial do calor latente de um material de mudança de fase a um permutador de características únicas. Esta associação é a base da bateria térmica Hoterway que tem a capacidade de estabilizar a temperatura de fornecimento durante o processo de aquecimento e reposição do calor. Este material específico (PCM) acumula calor a temperatura constante através do processo de mudança de fase (líquido para sólido) a 44°C durante o banho e faz o inverso no início de banho seguinte, durante esse processo de mudança de fase as baterias térmicas libertam calor latente, a temperatura constante permitindo aquecer instantaneamente a água estagnada na tubagem, que arrefeceu desde o último consumo.

Desta forma o Hoterway assegura o fornecimento de água quente logo no momento em que se abre a torneira.

O processo de reposição do calor usado no início do banho (carga) ocorre no momento em que a água quente chega ao chuveiro havendo reversão do processo de mudança de fase e iniciando-se a transição sólido-líquido do material, acumulando desta forma calor a temperatura constante. Nesse momento a bateria térmica Hoterway deixa de aquecer a água e inicia o processo de recarga recorrendo apenas ao diferencial de temperatura da água quente acima dos 45°C. A reposição do calor não interfere no fornecimento de água quente porque a mudança de fase ocorre com um pequeno diferencial térmico e a temperatura de fornecimento da água quente à misturadora será sempre superior a 45°C, temperatura de acumulação do material.

A estabilidade térmica do ciclo de carga-descarga da bateria térmica Hoterway é infinita. Para assegurar que o calor acumulado se mantém no sistema até ao próximo banho as soluções Hoterway incluem um isolamento térmico com painéis de vácuo que apresentam uma condutividade térmica cerca de 10 vezes inferior a uma espuma de poliuretano (solução convencional).

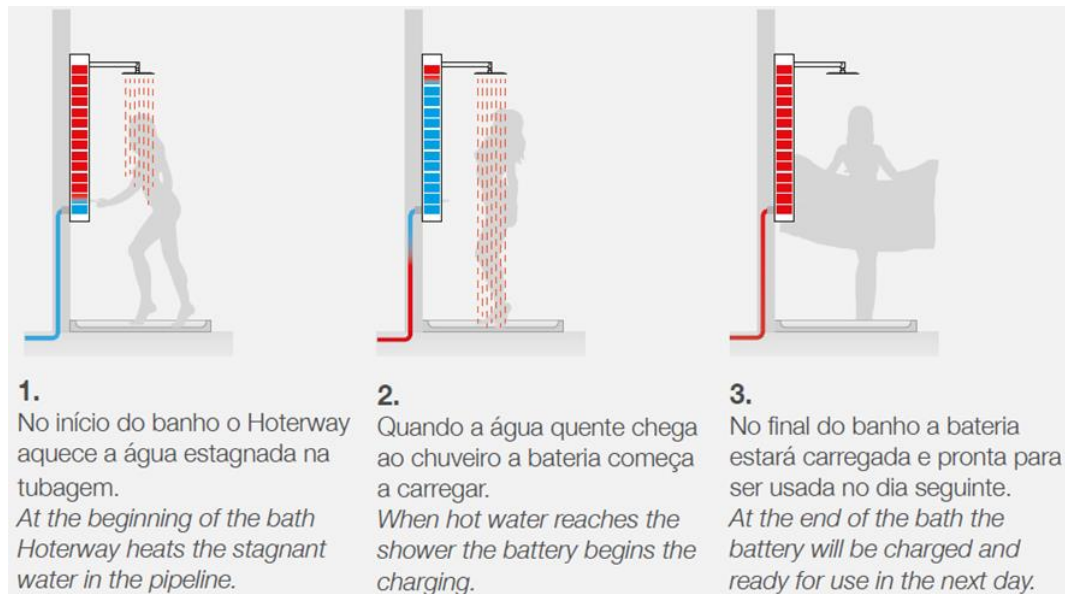
Desta forma esta tecnologia configura-se como uma alternativa ao nível dos sistemas locais com acumulação - cilindros elétricos, bem como de sistemas de aquecimento instantâneos locais, sistemas elétricos ou a gás, possibilitando contornar as suas limitações, ou pode também complementar e melhorar a eficiência dos circuitos de recirculação de águas quentes sanitárias

Esta abordagem, embora disruptiva, segue as mesmas práticas usadas por instaladores e projetistas assegurando uma redução substancial do consumo de água e energético dos sistemas de aquecimento de água e conseqüentemente uma melhoria da sustentabilidade do edifício. O armazenamento de energia permite corrigir desfasamentos entre produção e consumo, aumentando a performance dos sistemas.

Todos os produtos comercializados pela Heaboo são constituídos pela tecnologia *Hoterway*.

Partindo do princípio de que a bateria está completamente carregada, o processo de descarga ocorre quando água fria estagnada no circuito de AQS percorre a bateria. Assim

que existe um gradiente de temperatura entre o circuito de água e o PCM o processo de descarga é iniciado. O processo de descarga ocorre de forma oposta ao processo de carga previamente descrito. A Figura 15 exemplifica, de forma esquemática e simplificada, o processo de descarga e carga considerando que a água que alimenta a bateria entra a temperatura constante.



*Figura 15 - Processo de descarga-carga de uma bateria Hoterway (retirado de um catálogo de produto)*

A Figura 16 mostra o processo de descarga de uma bateria de demonstração (caixa exterior em acrílico) utilizada pela empresa para demonstração da tecnologia em feiras e exposições. Na imagem da esquerda a bateria está totalmente carregada (PCM no estado líquido) e o processo de descarga inicia, a água à entrada é de 18°C mantendo-se constante na saída a 45°C até estabilizar nos 42°C. Com o decorrer do tempo observa-se a solidificação do PCM, sendo que na imagem da direita a bateria já está totalmente descarregada



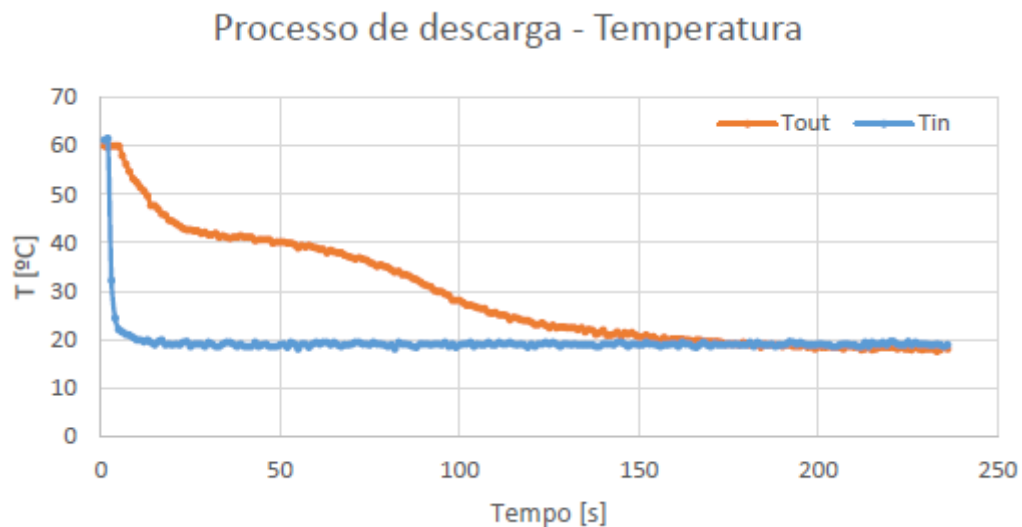
*Figura 16 - Processo de descarga de uma bateria hoterway - bateria de demonstração*

A Figura 17 representa o processo subsequente ao da Figura 16, onde inicia com a bateria descarregada, a água quente chega à bateria a 52°C e o processo de carga inicia, o PCM começa a passar do estado sólido ao estado líquido com a temperatura à saída estabilizada até a bateria estar totalmente carregada (imagem da direita) e a temperatura de saída é igual a temperatura de entrada.



*Figura 17 - Processo de carga de uma bateria Hoterway - bateria de demonstração*

Na Figura 18 é possível observar o comportamento térmico real de uma bateria no processo de descarga.



*Figura 18 - Comportamento de uma bateria térmica durante a fase de descarga*

Considerou-se que a bateria está totalmente descarregada quando se inicia a carga, e que o processo de descarga inicia instantaneamente após a bateria estar completamente carregada.

Considerando a temperatura ambiente de 25°C e água quente do circuito a 50°C, o PCM inicia a carga na forma de calor sensível, aumentando a sua temperatura até à temperatura de mudança de fase (44°C), parte inicial do gráfico com a linha mais inclinada, a qual estabiliza até ser cedido o calor necessário para mudar de fase toda a massa de PCM, linha quase horizontal. Uma vez completa a mudança de fase o PCM continua a carga na forma de calor sensível até estar em equilíbrio com a água que alimenta o circuito (50°C), a inclinação da linha da temperatura à saída do permutador volta a aumentar.

Na descarga ocorre o contrário, a temperatura de entrada passa a ser de 25°C, na fase inicial da descarga o PCM perde todo o calor sensível até estabilizar na temperatura de mudança de fase a 44°C, onde estabiliza até o PCM ficar todo no estado sólido, calor latente, e na fase final da descarga volta apenas a haver calor sensível a ser fornecido à água.

Requisitos funcionais das baterias térmicas:

- Armazenar energia (carregamento) proveniente da água do sistema de AQS, que deve circular com uma temperatura superior a 45°C (temperatura de mudança de fase do PCM);

- Ceder energia (descarregamento) à água fria estagnada na tubagem que será entregue no ponto de utilização de forma que esta seja aquecida e distribuída a uma temperatura útil para o banho ( $T > 38^{\circ}\text{C}$ ).

De forma que ponto anterior seja possível, a bateria tem de ser capaz de absorver/ceder calor com uma potência suficiente de forma a tornar a proposta de valor do produto possível. Só com potência suficiente é possível que o carregamento e descarregamento da bateria ocorram em tempo útil

## 2.3. Gama de produtos a ensaiar

Depois de apresentado o funcionamento da tecnologia Hoterway, será apresentada de seguida o reportório de produtos Hoterway, os mesmos produtos que serão testados e para os quais a bancada deve responder a diferentes requisitos em função da sua utilização final.

A tecnologia Hoterway é transversal a todos os produtos, apesar da sua aplicação final diferenciar de produto para produto

### 2.3.1. Colunas de duche Hoterway

As colunas de duche Hoterway podem ser divididas em dois modelos, Hoterway ONE (Figura 19) e Hoterway Hotbox (Figura 20).





*Figura 19 - Coluna de duche Hoterway ONE*



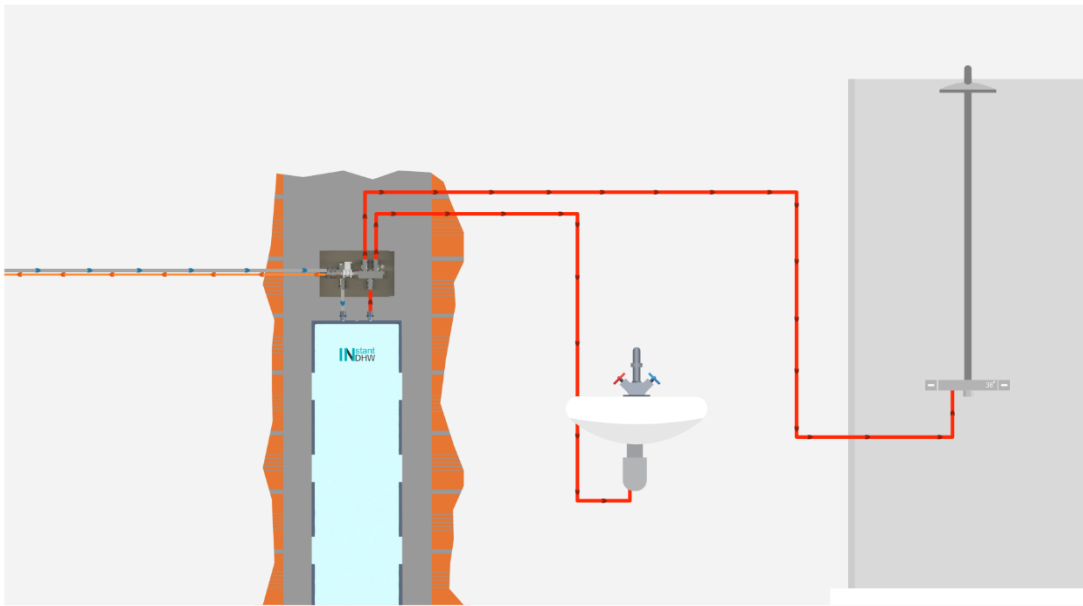
*Figura 20 - Coluna de duche Hoterway Hotbox*

Os modelos têm a mesma base de aplicação na construção, sendo compatíveis com quaisquer casas de banho,

Além da sua diferença estética, ambas as colunas integram a bateria Hoterway com 12 litros de capacidade de aquecimento passivo de água e têm ambas a mesma aplicabilidade. As colunas são produtos de fim de linha, estando instalados nas bases de duche ou banheira, corrigindo a água estagnada apenas para um único ponto de consumo. A sua utilização pressupõe, banhos diários regulares, espaçados entre 12-48 horas, e de curta duração, 5 minutos, com caudal variável entre 6 e 9 litros por minuto. É com base nestes parâmetros que o produto necessita de ser testado e caracterizado, desta forma são elaborados os perfis de consumo e a definição dos parâmetros a testar na bancada experimental.

### 2.3.2. Bateria térmica IN

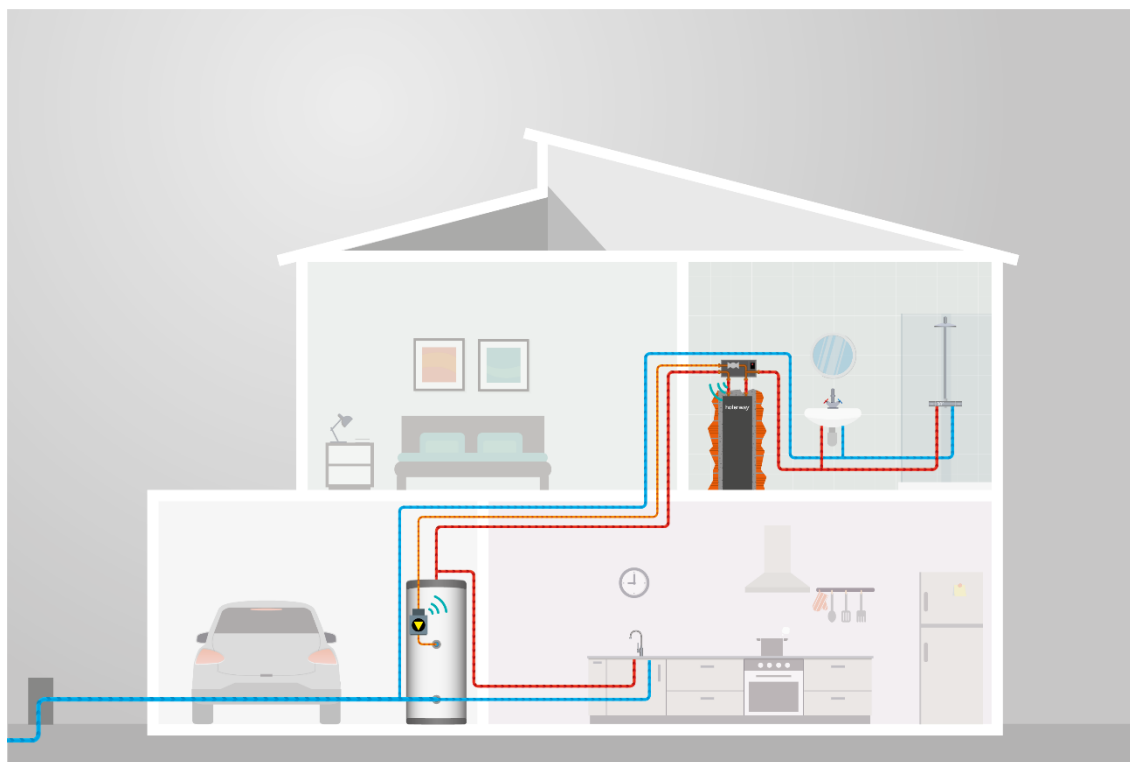
A bateria térmica difere em alguns aspetos das colunas de duche, nomeadamente da fase da instalação, tratando-se esta de um produto para ser aplicado durante a fase de obra. Contrariamente às colunas este produto fornece água quente instantaneamente não só no chuveiro, como também todos os pontos de consumos da casa de banho (Figura 21), podendo até alimentar duas casas de banho desde que estas sejam próximas (para evitar água estagnada na tubagem a jusante do produto).



*Figura 21 – Bateria térmica IN - alimentação de todos os pontos de consumo*

A bateria é integrada num circuito de recirculação, fazendo o controlo da bomba recirculadora, com auxílio de um controlador que esta conectado a todos as baterias térmicas (no caso de haver mais que uma) e à bomba, em que esta apenas é ativada quando há a necessidade recarregar uma das baterias e desligada de imediato assim que a bateria está carregada.

O controlador é composto por dois componentes, LFC (Loop Fluid Control, este componente é instalado nas baterias térmicas) e o Master (instalado próximo da bomba recirculadora), comunicam entre si através de conexão Modbus. O LFC é colocado junto do produto em que faz a leitura da temperatura à entrada e saída da bateria, e desta forma é possível enviar informação ao Master, que se encontra junto da bomba recirculadora para fazer a ativação da mesma sempre que necessário (Figura 22).



*Figura 22 - Esquema da bateria térmica IN com o controlador LFC – Master*

Tratando-se de um produto diferente, tem de responder a diferentes parâmetros, contudo a componente termodinâmica é mesma utilizada nas coludas de duche, deste modo difere apenas na necessidade de validar o controlador e assegurar que responde de forma eficiente em todos os sistemas.

#### 2.4. Levantamento dos requisitos da bancada experimental

Foi com base na descrição da tecnologia e na sua aplicabilidade que se efetuou o levantamento dos requisitos para a construção da bancada.

A bancada foi projetada para testar em simultâneo 10 produtos, que correspondem a 10 pontos distintos de consumo no edifício que permitirá descrever um conjunto de perfis de utilização e características de um dado edifício. Esta pode receber produtos de configuração vertical ou horizontal e inclui um conjunto de leds aplicados nos painéis exteriores que darão a informação visual de quais os pontos em uso num momento

particular de forma a identificar de forma rápida e clara o estado de cada estágio. Toda a informação relativa ao uso e à resposta é controlada por um PC que disponibilizará a informação para posterior análise e onde são implementados os perfis de consumo.

Em cada ponto da bancada é possível validar e caracterizar o funcionamento dos produtos Hoterway cuja performance, estabilidade térmica e perda de carga devem ser validados individualmente e posteriormente em conjunto tendo em conta perfis típicos de vários edifícios, desta forma será possível simular as condições reais de utilização para cada um dos produtos. A robustez dos produtos e qualidade de do isolamento térmico também fazem parte dos parâmetros a validar

Para estes 10 produtos em simultâneo, é necessário assegurar o caudal de funcionamento que pode ser 4l/min, 9l/min ou 13l/min (em cada ponto) conforme a aplicação, o que corresponde a um caudal máximo de 130l/min no cenário em que todos os pontos de consumo estão abertos no caudal máximo, a bomba de alimentação da bacada deve assegurar este caudal, assim como o diâmetro da tubagem deve ser selecionada de modo a evitar velocidades de circulação de água demasiado elevadas (2m/s) para evitar ruído e a degradação da tubagem . A temperatura da água quente tem que ser mantida acima dos 45°C, podendo variar de teste para teste, assim como a da água fria deve ser controlada de acordo com os requisitos do teste (abaixo dos 16°C).

Os principais parâmetros e testes considerados para avaliar a performance e qualidade das baterias são apresentados de seguida.

Principais objetivos:

- Verificar a estanquicidade do PCM e do circuito de água durante a sua normal utilização;
- Garantir que a performance da bateria está de acordo com os requisitos. Para isso é medido o volume de água que é aquecido instantaneamente acima de 37°C, para um determinado caudal e temperatura de água entrada;

Nesta validação tiram se conclusões acerca da correta quantidade de PCM (com a energia total retirada do PCM), também é garantido que o isolamento está intacto (os painéis VIP podem perder o vácuo, e deste modo perder a sua funcionalidade e a bateria perder performance após 24h), de modo geral é nesta fase que é validada a funcionalidade do

produto para este ser enviado ao cliente ou para fazer a validação de protótipos/novos produtos.

Durantes os testes devem ser obtidos e registados periodicamente os valores de vários parâmetros:

Tin [°C] – Temperatura da água à entrada da bateria;

Tout [°C] – Temperatura da água à saída da bateria;

Tempo [s] – Os valores das restantes grandezas são obtidos e registados a cada segundo;

Caudal [L/s] – Caudal de água com o qual é alimentada a bateria;

A partir dos valores obtidos diretamente da bancada, serão calculados alguns parâmetros que caracterizam as baterias:

Energia Total [J] – A partir da curva gerada pelas temperaturas de entrada e saída da bateria é possível calcular a energia total transferida. Permite, quando confrontada com a massa de PCM introduzida na bateria, perceber se todo o potencial de armazenamento de energia está a ser utilizado, assim como se o isolamento esta a cumprir com o que é requerido;

Energia Útil [J] – Energia removida da bateria com Tout>38°C

Porcentagem de energia Útil [%] – Permite perceber a dimensão da parcela de energia útil do produto, ou seja, a água do banho que é aquecida a uma temperatura superior ou igual a 38°C;

Potência [W] – Permite perceber a cadência da transferência de energia. É, em certa medida, um parâmetro inversamente proporcional à energia total. É um parâmetro essencial pois sem a potência necessária não é possível remover e fornecer energia à água durante o curto tempo de banho. Este é um dos requisitos fundamentais do produto.

Do ponto de vista da utilização, a bancada foi projetada para poder receber produtos na posição vertical e horizontal, sendo estes fácil e rapidamente instalados na bancada. Os produtos horizontais são colocados com as saídas de água voltadas para fora para se proceder á ligação aos pontos de água que são feitas através de mangueiras de aço inox flexível, estas estão conectadas ao sistema de tubagem da bancada, desta forma as ligações são simples e rápidas. As baterias verticais são colocadas sobre um suporte que permite que estas fiquem elevadas com as saídas acessíveis pela parte de baixo, as ligações são efetuadas do mesmo modo das baterias horizontais. Como os produtos a ser testados

pesam cerca de 35kg, a bancada não deve alta para facilitar a colocação dos mesmos, além desta tarefa ser realizada por duas pessoas.

A bancada deve ser construída de modo a evitar o desperdício de água e ser o mais eficiente possível, havendo uma gestão racional de água e energia para aquecimento/arrefecimento.

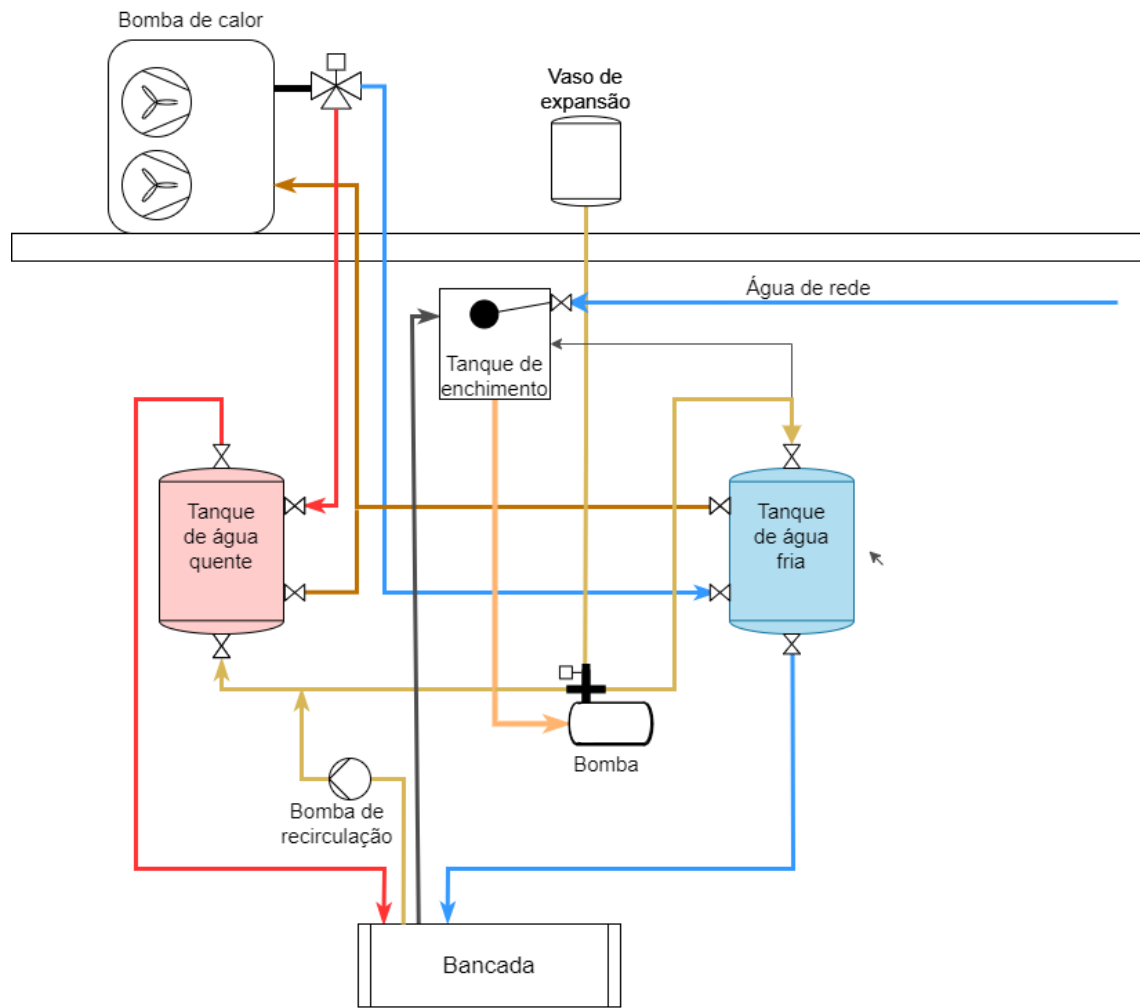
## 2.5. Projeto da bancada de ensaios e respetivos subsistemas

### 2.5.1. Projeto hidráulico

O projeto hidráulico pode ser caracterizado em duas partes distintas, a parte de todo o sistema de alimentação da bancada (Figura 23) e a conjunto de distribuição de água da bancada (Figura 24).

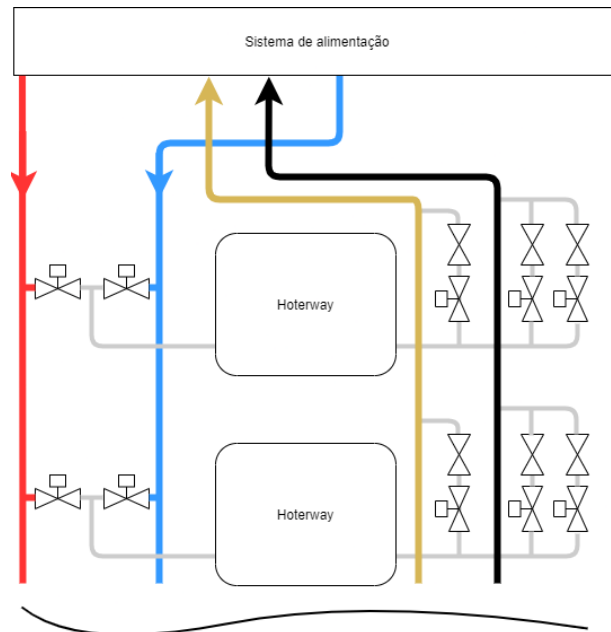
Do sistema de alimentação fazem parte a bomba de calor (descrita com mais detalhe no projeto térmico), que foi colocada sobre o telhado do edifício e alimenta dois depósitos, um de água quente (55°C) e outro de água fria (~16°C), de mil litros de volume cada um. Os depósitos foram colocados o mais próximo possível da bancada de modo a reduzir o comprimento da tubagem até à bancada, são mantidos a uma pressão de 3 bar com a ajuda da bomba de alimentação e de um vaso de expansão de 100 L. Estes alimentam diretamente a bancada que tem as saídas de água diretamente conectadas ao tanque de enchimento, que por sua vez alimenta a bomba de alimentação, fica-se assim com um sistema em circuito fechado que permite uma maior eficiência hídrica do sistema.

Do sistema também faz parte uma bomba de retorno que permite em conjunto com o LFC simular a recirculação nos edifícios, apesar de estar incorporada no sistema de alimentação esta bomba é controlada pelo LFC, parte integrante do produto encastrável.



*Figura 23 - Projeto do sistema de alimentação de água da bancada experimental*





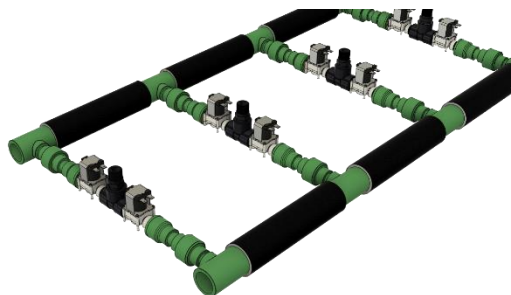
*Figura 24 - Distribuição de água na bancada experimental*

Foram selecionados dois depósitos de 1000 litros de capacidade cada um, um para água quente e outro para água fria, os tanques são construídos em aço, revestidos por 5cm de poliuretano expandido que funciona como isolamento, estes depósitos são adequados ao funcionamento com bombas de calor, com uma pressão máxima de trabalho de 6 bar e uma temperatura máxima de 95°C. Os tanques têm uma saída pelo topo e outra pela base de ¾", assim como mais 4 saídas, duas de cada lado de 3", que foram reduzidas para ¾". A tubagem utilizada foi PP-R de diâmetro 32mm ou 20mm. Utilizou-se este tipo de tubos pela sua durabilidade e resistência à corrosão, proporcionando uma vida útil longa mesmo com a utilização extrema a que vai ser sujeito, menor perda de carga, maior segurança das suas uniões, realizadas por fusão molecular através de calor garante uma estanquidade absoluta e continua ao longo do tempo, proporciona um maior isolamento térmico (além do isolamento utilizado), minimizando as perdas de energia, fácil instalação e menos ruído devido à fonoabsorção, diminuindo os ruídos e vibrações do fluxo para o edifício.

As válvulas de esfera utilizadas a pensar na manutenção, para a fácil substituição de componentes caso seja necessário, são válvulas de laço MF da marca Arco, com ¾" de diâmetro com o corpo em latão, estas válvulas foram selecionadas por serem de passagem de integral e não causarem qualquer estrangulamento na rede hidráulica.

Na alimentação do produto existem duas linhas de águas, água quente a 55°C e água fria a 16°C, provenientes dos tanques de água quente e fria respetivamente, em ambas as linhas há uma electroválvula, são estas electroválvulas que vão controlar com que água é alimentada a bateria. Na saída, o produto está ligado a três ramais que proveem de duas linhas de água, o retorno (roxo) e o “esgoto” (cinzento). Cada ramal tem uma electroválvula precedida de uma válvula de esfera que serve para regulação do caudal de passagem. A linha do retorno é utilizada para simular o circuito de recirculação, a electroválvula correspondente é controlada pelo LFC. A linha do “esgoto” está ligada ao tanque de enchimento de 100L, esta linha está subdividida em dois ramais que simulam dois pontos de consumo de um espaço, por exemplo banho e lavatório.

Abaixo, apresentam-se *render* do sistema de alimentação de água da bancada (Figura 25), do sistema de escoamento (Figura 26) e da instalação do tanque de aquecimento, arrefecimento e bombagem da bancada com os principais componentes que asseguram as condições requeridas para o teste simultâneo dos vários pontos de consumo(Figura 27).



*Figura 25 - Sistema de alimentação da bancada*



*Figura 26 - Sistema de escoamento da bancada*

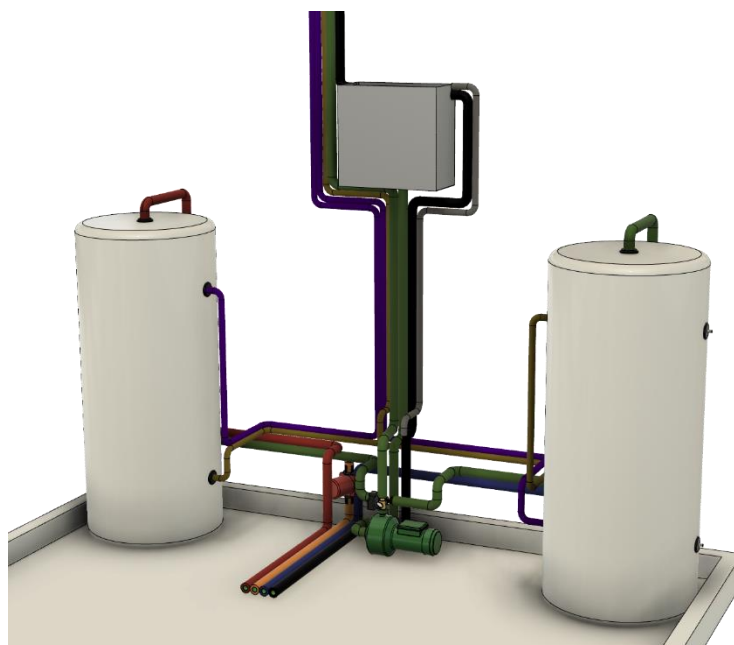


Figura 27 - Instalação dos tanques, sistema de bombagem e tubagem associada

### 2.5.2. Projeto térmico

A necessidade de manter a temperatura dos tanques controlada, levou à procura de um sistema eficiente, versátil, económico e de fácil instalação. Decidiu-se pela utilização de uma bomba de calor com função *inverter* (aquecimento e arrefecimento). Optou-se pela *fullmonobloco* da *Mitsubishi* (Figura 28) modelo: IBX-N\_13, de 13 kW de potencia nominal, esta bomba de fácil instalação por se tratar de um monobloco, contem todos os componentes hidráulicos dentro da unidade que fica no exterior do edifício e desta forma é evitado o processo de carregar o refrigerante, fazer o vácuo, etc. ficando apenas conectada pela tubagem aos depósitos de água e ao controlador próprio que fica junto dos depósitos, desta forma é possível fazer todo o controlo da bomba do interior do edifício.

Um sistema económico e de simples configuração, satisfaz as necessidades tanto de água quente como de água fria. Esta bomba tem as condições de envelope necessárias para satisfazer as necessidades de trabalho da bancada (Figura 29).

Capacidade de aquecer água até 60°C com até -5°C de temperatura exterior (algo pouco expectável para o local onde foi instalada - Aveiro), a bomba tem também a capacidade de arrefecer água dentro do intervalo necessário que é pedido nos requisitos da bancada.



Figura 28 - Bomba de calor instalada

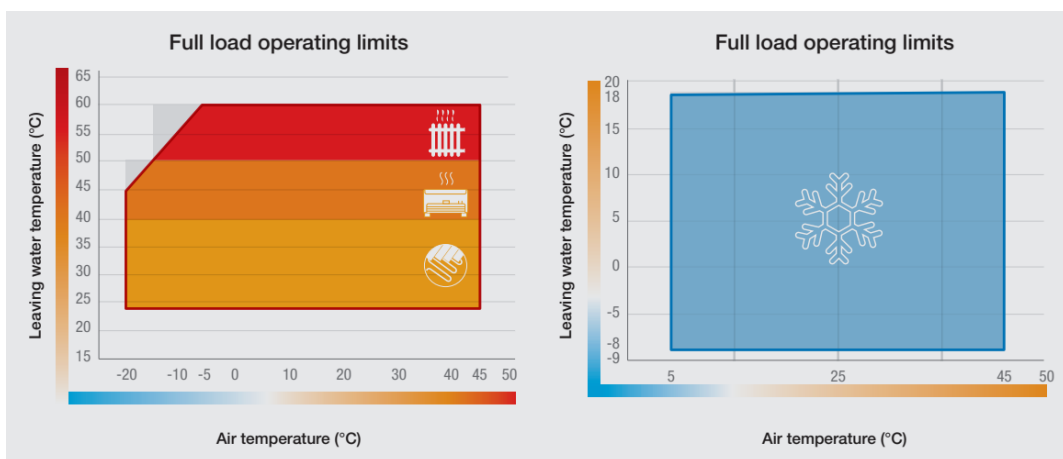


Figura 29 - Condições de envelope da bomba de calor

A bomba foi colocada sobre o telhado do edifício e sendo um monobloco todo o sistema que compõe a bomba de calor fica no exterior, e é conectada aos tanques através de tubagem PP-R 32mm, à saída da bomba foi colocada uma válvula de três vias que varia a posição de acordo com a prioridade. A prioridade 1 da bomba é manter o tanque de água quente a 55°C (é a água mais utilizada), assim que esta condição é satisfeita a bomba inverte o modo de funcionamento e arrefece a água do tanque da fria até aos 16°C, se ambos os requisitos de temperatura forem completados a bomba entra em modo *stand-by*.

Toda a tubagem é em PP-R, que por si só é uma tubagem com baixa condutividade térmica (0.24 W/m°C), revestida com isolamento térmico em polietileno de 25mm de espessura com uma condutividade térmica de 0.035W/m°C. Desta forma são reduzidas as perdas térmicas ao longo da tubagem assim como também se corrige o problema de condensação no circuito de água fria.

### 2.5.3. Projeto elétrico e de controlo

O projeto elétrico e de controlo da bancada foi desenvolvido em conjunto com a equipa de engenharia eletrónica da empresa.

Um dos requisitos da bancada é operar de forma autónoma durante um período de tempo pré-estabelecido, num determinado perfil de consumo, para tal, foi necessário definir um controlador e um software facilmente programável e com possibilidade de adaptação e de fácil integração com os demais componentes a utilizar, a escolha recaiu sobre um Arduíno, este tipo de controlador é bastante versátil e de fácil integração. A seleção dos componentes eletrónicos, como o controlador, autómatos, fonte de alimentação, relés, placas de ligação, interface de comunicação com o computador fez parte do trabalho e da responsabilidade dos engenheiros eletrónicos.

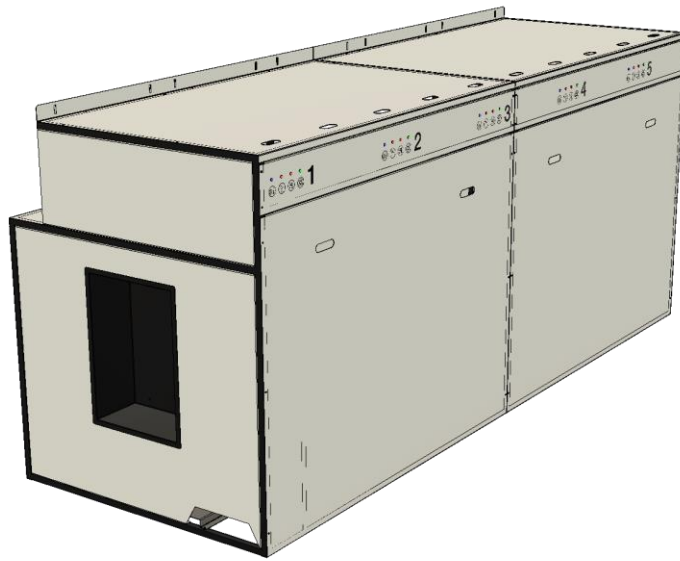
Esta equipa foi também responsável pela implementação das funções necessárias ao controlo da bancada de acordo com os pré-requisitos estabelecidos.

Todos os componentes foram instalados no topo da bancada (Figura 31), dentro de uma caixa de fácil acesso para questões de manutenção/melhorias.

A bancada é totalmente autónoma sendo controlada por um conjunto de autómatos que farão uma validação em contínuo sem necessidade de intervenção de um operador.

Toda a informação relativa ao uso e à resposta são controlados por um PC que guarda e disponibiliza a informação para posterior análise.

Existe ainda um conjunto de LEDs nos painéis laterais da bancada que servem de indicação para a fácil e rápida identificação do estado de teste da bancada (Figura 31).



*Figura 30 - Espaço dedicado à instalação dos componentes eletrónicos*



*Figura 31 - Pormenor da instalação de LEDs no painel da bancada*

A alimentação da bomba de calor e da bomba de pressurização dos tanques trabalha de independente da bancada, sendo ambas totalmente autónomas. A bomba de calor trabalha de acordo com as prioridades definidas e as temperaturas dos respetivos tanques, por outro lado a bomba de pressurização é controlada por um pressostato que ativa a bomba sempre que há uma queda de pressão (consumo de água). Ambos os equipamentos são alimentados por 400V diretamente da corrente elétrica do edifício.

#### 2.5.4. Projeto metrológico

Como mencionado anteriormente a Bomba de calor escolhida foi a *fullmonobloco* da Mitsubishi IBX – N13.

A bomba de água responsável pela pressurização dos tanques e respetiva bancada é uma bomba de superfície, apta para o bombeamento de água limpa, da marca SAER (Figura 32), potência de 1.5 kW, com altura de 5m, temperatura máxima de trabalho de 60°C e um caudal máximo de 6 m<sup>3</sup>/h a bomba é auxiliada por um pressostato Schneider XM, com pressão de trabalho entre 1-6 bar, a pressão utilizada é de 3,5bar, tensão nominal de 400V AC, com temperatura de trabalho compreendidas entre -25°C ~ 70°C. O sistema de bombagem fica completo com um vaso de expansão da Reflex de 100L, corpo em aço inox, com pressão máxima de trabalho de 10 bar e temperatura de 70°C.

A jusante temos um tanque de 100L que foi produzido para esta instalação, o tanque é integralmente em aço Inox com uma entrada para alimentação de água, uma entrada para a água da bancada e uma saída pela base que alimenta a bomba de pressurização dos tanques.

As electroválvulas usadas são electroválvulas solenoides da marca MEISHUO, com pressão máxima de trabalho de 8 bar, e temperatura de 60°C, abertura total em 1 segundos e trabalham em 12V DC, normalmente fechadas (Figura 33). A válvula tem o corpo em PP o que diminui as perdas térmicas, com conexão roscada de ½', estas válvulas foram selecionadas por serem de rápida atuação quando comparado com válvulas de esfera, sendo também facilmente controladas pelo Arduíno.

Os sensores de temperatura usados, elemento fulcral da bancada, são os PT100 da Guilcor (Figura 34), é um sensor integralmente em inox, com rosca de ½” e uma ponta de 2cm, a escolha recaiu sobre estes sensores pelas suas características técnicas, rapidez e resposta face às variações de temperatura, precisão, a sua fácil integração junto do sistema de controlo da bancada, e também à facilidade de instalação na rede de distribuição (de salientar que estes sensores são também parte integrante do produto IN).

O caudal é calibrado com recurso a um caudalímetros regulador de caudal, da Marca Zantia, o caudalímetro, tem o corpo em latão e tem uma temperatura máxima de 120°C, com caudal variável de 5-42 l/min com erro de +-1l/min (Figura 35).



*Figura 32 - Bomba de pressurização – SAER*



*Figura 33 - Electroválvula – MEISHUO*





*Figura 34 - Sensor de temperatura – Guilcor*



*Figura 35 - Caudalímetro – Zantia*

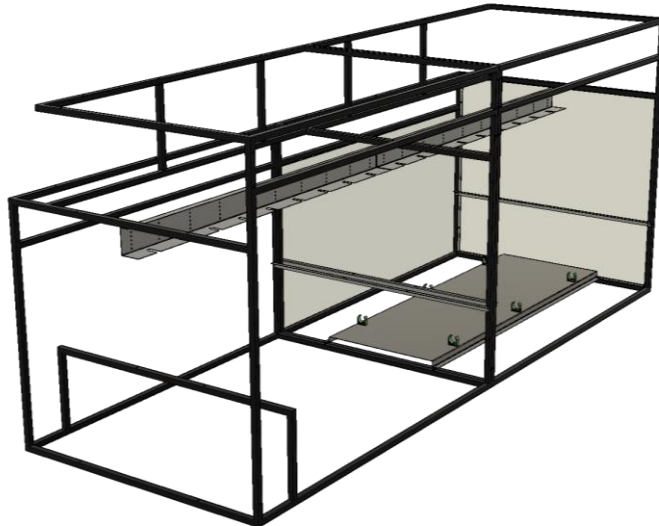
#### 2.5.5. Projeto estrutural

A estrutura da bancada tem que ser robusta o suficiente para suportar os 10 produtos em simultâneo, lembrando que cada um pesa cerca de 35kg, para além da vibração causada pela tubagem que deve ser o mínimo possível transferida para a infraestrutura do edifício, além de toda a componente estética associada, deve manter uma aparência *clean*, com símbolos e leds de para rápida leitura do estado de teste em que se encontra.

Projetou se um “esqueleto” tubular em tubo quadrado de 20\*20\*1.5mm (Figura 36), que foi soldado e pintado electrostaticamente de preto, esta estrutura é leve, de fácil montagem e robusta o suficiente para o efeito. A estrutura tubular foi dividida em duas praticamente iguais por uma questão de facilidade de transporte do local onde foi soldada até às instalações da Heaboo. Por baixo desta estrutura são colocados uns reguladores de

nível, que além de permitir regular a altura, servem também de amortecedor para evitar a transmissão de vibrações da bancada à infraestrutura.

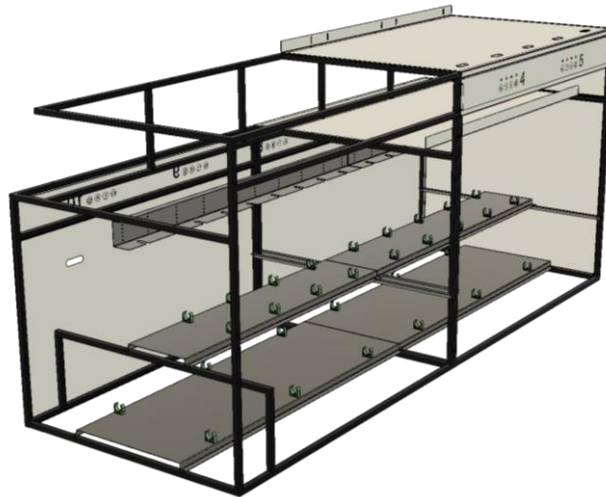
A bancada foi projetada de modo a ser possível receber os 10 produtos em simultâneo, verticais ou horizontais, ocupando o menor espaço possível, como é visível nas imagens seguintes a solução passou pela construção de dois níveis para receber produtos.



*Figura 36 - Estrutura tubular da bancada de ensaios*

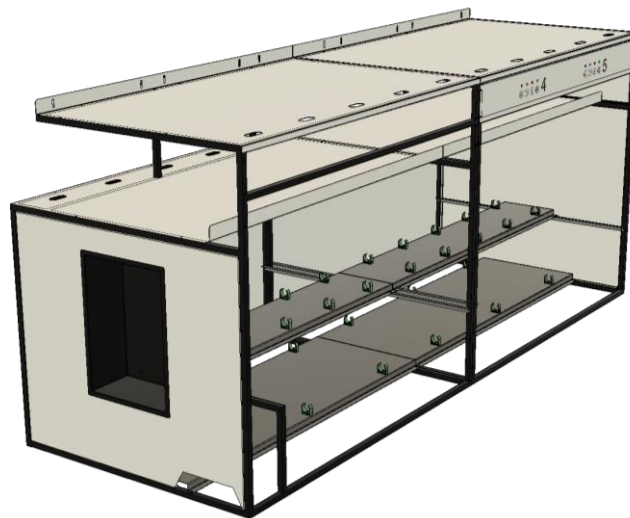
Fazem também parte integrante da bancada as calhas de passagem da cablagem elétrica junto ao topo da bancada para desta forma ficarem acima da tubagem não correndo risco de serem molhadas em casa de fuga de água.

Para a tubagem de alimentação e de escoamento foram projetadas prateleiras com cliques de fixação para que a tubagem fique bem fixa na estrutura, resultando numa zona técnica bastante organizada.



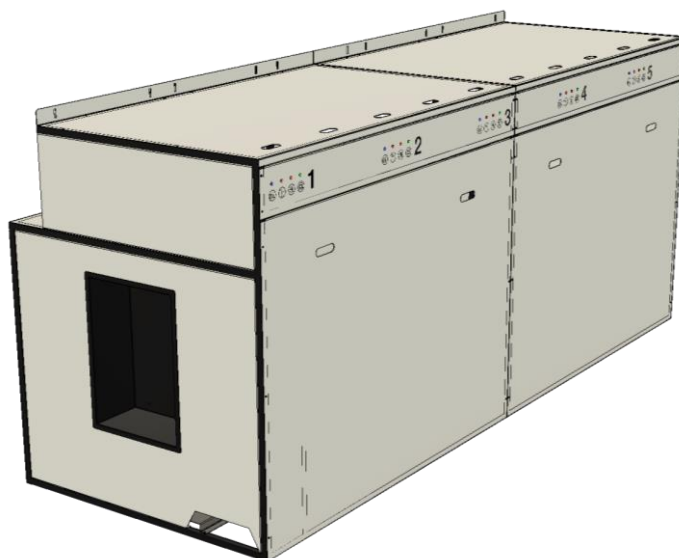
*Figura 37 - Detalhada calha para a cablagem e das prateleiras para tubagem de água*

Todos os componentes eletrónicos ficam devidamente organizados no topo da bancada numa zona destinada a receber a caixa elétrica (Figura 38).



*Figura 38 - Zona da caixa elétrica*

Para cobrir este esqueleto, foram projetas chapas em aço de 1.5mm de espessura, cortadas a laser, quinadas e pintadas de branco, para encaixarem no esqueleto, estas chapas são fixas na estrutura através de rebites, à exceção das chapas frontais que são presas por parafusos de modo a ficarem removíveis para manutenção/substituição de componentes na bancada (Figura 39).



*Figura 39 - Bancada com os painéis de acabamento*

## 2.6. Conceção da bancada de ensaio

A construção da bancada de ensaio começou pela aquisição dos componentes anteriormente mencionados, em resumo na Tabela 1, do mesmo modo procedeu-se á ordem de produção dos restantes na Tabela 2.

*Tabela 1 – Componentes adquiridos para a construção da bancada*

<b>Componente</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Quantidade</b>
Bomba de Calor	Mitsubshi	iBX – n - 13	1 unid.
Válvula de 3 vias	Caleffi	Série 6443	1 unid.
Depósito de água	IGF	P1000	2
Bomba pressurização	SAER	FC – 25/2C	1 unid.
Vaso expansão	Reflex	DE 100L	1 unid.
Electroválvula	MEISHUO	FPD360L	100 unid.
Válvula esfera	Arco	Sena MF laço PN30	100 unid.
Tubo PP-R	Coprax	20x3,4 PN20	50 m
Tubo PP-R	Coprax	32x5,4 PN20	150 m
Cabo elétrico alimentação	Cabelte	H05V-K	100 m
Cabo elétrico alimentação	Cabelte	LSHF-SZ1	200 m
Cabo de comunicação	CBL	FTP cat.6	100 m

*Tabela 2 - Componentes fabricados para a construção da bancada*

<b>Componente</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Material</b>
Estrutura Metálica tubular	Famartil	Tubo Aço 1.5mm
Chapa acabamento	Famartil	Aço 1.5mm
Chapa suporte	Famartil	Aço 1.5mm
Tanque de enchimento	Famartil	INOX

Começou se por se preparar os tanques de água ao colocando-se reduções em latão em 4 das 6 saídas em cada um dos tanques, as restantes foram tamponadas com tampões em latão. Deste modo cada um dos tanques ficou com uma saída no topo, uma na base, e duas nas laterais, em cada saída foi colocada uma válvula seguida de uma união de transição, ficando desta forma prontos a serem conectados á rede de tubagem. Depois de colocados nos respetivos locais (o tanque de água quente ficou do lado esquerdo, o de água fria ficou do lado direito da sala) procedeu-se à instalação da bomba de calor no exterior, sobre a cobertura do edifício, o parêlho foi fixo à estrutura do edifício por meio de varão roscado. Este processo foi realizado pela equipa de manutenção do edifício, sendo necessária a utilização de um empilhador para elevar a bomba. Depois de fixa no local iniciou-se a ligação da mesma ao interior do edifício. À saída de água da bomba foi instalada uma electroválvula de 3 vias, em que uma das saídas foi diretamente ligada à entrada de água quente e a outra à entrada de água fria dos respetivos tanques.

Paralelamente a este processo, foram também realizadas as conexões de alimentação da bomba de calor e das ligações ao controlador que vai ser colocado junto da bancada no interior do edifício. Esta tarefa levou cerca de uma semana a ser concluída.

Concluída a ligação das tubagens, procedeu-se à instalação do vaso de expansão e do tanque de enchimento. O vaso de expansão foi colocado sobre uma plataforma que foi fixa à parede do edifício através de ligações parafuso-bucha. O tanque de enchimento foi também fixo à parede da mesma forma, parafuso-bucha, mas este já estava preparado para receber os parafusos diretamente. Depois de instalados, seguiu-se com as tubagens, a colocação da bomba e da bomba recirculadora nos respetivos locais.

A tarefa que se seguiu foi a montagem da estrutura da bancada, este processo foi feito com estrutura no respetivo lugar. Depois de aparafusados os esqueletos tubulares e rebitadas algumas das chapas de acabamento, continuou-se com a canalização. Desta vez, foram

montados os subsistemas que iriam ficar no interior da bancada, a alimentação de água quente e fria com as respetivas electroválvulas, e a descarga e retorno, sendo estes bastante mais complexos e morosos de montar devido ao elevado número de acessórios, em que cada ponto iria ter 3 electroválvulas, 3 válvulas de regulação de caudal, e os respetivos acessórios de ligação. Concluída esta demorada etapa, os sistemas foram colocados nas respetivas prateleiras e conectados aos pontos de água já instalados. O próximo passo foi a colocação dos sensores de temperatura nos respetivos locais, e a instalação das mangueiras de malha de aço inox que são os acessórios de ligação aos produtos.

De seguida foram rebitadas as chapas de acabamento, ficando apenas por fixar as chapas destinadas a serem removíveis para assegurar o acesso ao interior da bancada.

A montagem dos controladores, alimentação da bancada, instalação e ligação dos LED, ligação das electroválvulas e ligação dos sensores de temperatura foi realizada pela equipa de engenharia eletrónica da empresa.

Depois de serem testados todos os subsistemas individualmente, e de se corrigirem os pequenos percalços normais deste tipo de projeto, tais como, pequenas fugas de água, pode-se dar por concluída a montagem da bancada de testes.

## 2.7. Conclusão

A complexidade do sistema da bancada exigiu um conhecimento profundo dos sistemas e subsistemas que a compõem assim como a forma que se interligam e dependem uns dos outros, para que a montagem pudesse ser feita sem necessidade de alterações significativas aos subsistemas projetos. A elaboração de *renders* com os componentes reais tanto do sistema de distribuição de água no interior da bancada com as válvulas e electroválvulas, como da organização dos depósitos, respetiva tubagem, tanques e bomba, revelou-se fundamental no planeamento da organização espacial de todos os sistemas.

Desta forma, conclui-se que todos os componentes foram rigorosamente selecionados, não sendo necessário proceder a alterações profundas ao nível dos subprojectos para cumprir com os requisitos face ao que estava planeado. O tempo de montagem da bancada excedeu um pouco o que se tinha planeado.

Foi determinante a ajuda de todos os intervenientes, assim como as sugestões dos fornecedores e fabricantes aquando da seleção ou desenvolvimento dos subprodutos que compõem a bancada.

O conceito da bancada revelou-se adequado às necessidades do projeto, foram cumpridos os requisitos técnicos e funcionais do mesmo.



*Figura 40 - Bancada completa*

### **3. Capítulo 3 – Ensaio da bancada de testes**

O presente capítulo apresenta o procedimento experimental adotado para a validação do funcionamento da bancada quando submetida à realização dos testes a que é destinada. Concluída a construção, procedeu-se à realização de testes nos produtos de acordo com o procedimento experimental de seguida apresentado. De seguida foi feita uma análise dos dados recolhidos onde foi comparado o comportamento dos produtos (já testados anteriormente – produtos de controlo) e o comportamento lido pela bancada com a recolha dos respetivos dados. Deste modo retiram-se conclusões acerca do comportamento da bancada durante a realização dos testes em diferentes produtos com determinado perfil de utilização. Este exercício de confrontação de resultados é muito importante para a caracterização da bancada e obter um nível de confiança na mesma para que no futuro possa ser utilizada com total confiança para determinar o comportamento dos produtos desenvolvidos pela empresa quando sujeitos a diferentes condições de teste, nomeadamente os perfis de consumo.

#### **3.1. Metodologia experimental**

O método experimental adotado consiste na leitura de parâmetros diretos lidos através dos sensores da bancada. Estes valores permitem calcular os parâmetros indiretos.

Durante os testes são registados periodicamente (segundo a segundo) os vários parâmetros. Sendo estes:

Tin [°C] – Temperatura da água à entrada do produto

Tout [°C] – Temperatura da água à saída do produto

Tempo [s] – Os valores de todas as grandezas são obtidos temporariamente;

Caudal [L/s] – Caudal de água com o qual é alimentada o produto

Posição das Electroválvulas [1/0] – Este parâmetro é utilizado para determinar qual o consumo que é simulado e calcular o respetivo volume de água associado.



Com estes valores são construídos gráficos para uma melhor leitura, e são calculados os parâmetros indiretos:

Energia Total [J] – A partir da diferença de temperatura à entrada e saída dos produtos é possível calcular a energia total transferida (tanto na carga como na descarga). Permite, quando confrontada com a massa de PCM introduzida na bateria, perceber se todo o potencial de armazenamento de energia está a ser utilizado;

Energia Útil, Energia com  $T > 37^{\circ}\text{C}$  [J] e [%] – Permite perceber a quantidade de energia útil do produto, ou seja, a água do banho que é aquecida a uma temperatura superior ou igual a  $37^{\circ}\text{C}$ ;

Energia Não Útil  $T < 37^{\circ}\text{C}$  [J] e [%] – Complementa o parâmetro anterior;

Potência [W] – Permite perceber a cadência da transferência de energia. É um parâmetro crucial onde se debruçou grande parte do esforço do desenvolvimento, pois sem a potência necessária não há uma transferência de energia no intervalo de tempo necessário, isto é, não é possível aquecer a água do banho instantaneamente a uma temperatura suficiente e uma carga das baterias durante o tempo de um banho regular  $\sim 5$  minutos. Relembremos que este é um dos requisitos do produto.

### 3.2. Procedimento experimental

O procedimento experimental baseou-se na realização de 2 testes, sendo eles:

**Teste 1:** Teste de validação do funcionamento da coluna de chuveiro.

**Teste 2:** Teste de validação do produto IN, incluindo o controlador Master-LFC.

Antes de iniciar a descrição detalhada do procedimento de cada teste realizado, é importante destacar que para ambos o teste apenas foi testado um produto por teste, desta forma apenas foi utilizado um estágio de cada vez. Cada produto é testado e caracterizado de acordo com a sua gama.

A validação da bancada vai ser um processo gradual, começando com um teste de baixa complexidade, devido ao elevado número de variáveis a validar na bancada. É racional

avançar de forma gradual na complexidade dos testes, quanto menos variáveis forem incluídas, mais fácil será a identificação dos erros, caso surjam.

### 3.2.1. Teste 1 – Coluna de duche

A fim de caracterizar o funcionamento da bancada, realizou-se um teste numa coluna de chuveiro, desta forma é possível validar o funcionamento da bancada experimental em funcionamento real, realizou-se um teste de 24h de duração total, que será comparado com os testes já realizados anteriormente na coluna de duche (numa bancada de teste individual)

O teste inicia pela seleção do edifício tipo a simular, e deste modo o perfil de consumo associado é carregado para o controlador da bancada. Para este teste foi selecionado o edifício tipo 1, um apartamento com apenas um WC, em que a coluna hoterway, vai corrigir a água estagnada na tubagem da zona de aquecimento até à zona de duche

De seguida o produto é colocado no estágio 1, é são feitas as conexões aos pontos de água. É colocada água fria em recirculação manualmente para remover todo o ar que possa estar presente na tubagem e deste modo valida-se a estanquidade das ligações do produto aos pontos de água. É realizada uma verificação às temperaturas dos tanques (tanque de água quente deve estar =50°C, tanque água fria =18°C).

Antes de iniciar os testes também se verifica a correta leitura e registos dos valores recolhidos pela bancada (temperatura In, Out, tempo, caudal, posição das electroválvulas). Após todas as verificações, dá-se início ao teste, este é gerido de forma autónoma pelo controlador da bancada durante as 24 horas do teste.

O teste começa e após 10 minutos é simulado um banho de duração total de 6 minutos, iniciando com a bateria totalmente descarregada, após os 6 minutos a electroválvula fecha e o contador inicia. Após 23 horas e 50 minutos simula-se o mesmo banho. Quando a ordem do consumo é dada pelo controlador de água a electroválvula da água fria abre durante 60 segundos com um caudal constante de 9l/min, desta forma é possível simular a água que estaria estagnada na tubagem. Passados os 60 segundos iniciais a electroválvula da água

fria fecha e abre-se a da água quente, simula a chegada de água quente ao produto, e esta fica aberta durante mais 5 minutos de forma a simular um banho total de 6 minutos. Passados estes 6 minutos a electroválvula fecha e o teste termina.

Assim que o teste termina os dados ficam armazenados para análise demonstrada no capítulo 3.3)

### 3.2.2. Teste 2 – Bateria térmica IN

Tal como no ensaio anterior, este tem como objetivo comparar o comportamento da bateria térmica quando testada na bancada, com o comportamento já testado e validado pela Heaboo, como sendo o comportamento expectável do produto.

Todos os ensaios se iniciam com a instalação do produto e na ligação aos pontos de água da bancada. Neste caso é também instalado o controlador LFC que faz parte do produto. Para este ensaio o edificio tipo é também o apartamento com 80m<sup>2</sup> com um perfil de consumo diferente. Adicionaram-se pequenos consumos durante o dia, para simular a utilização do lavatório ou cozinha (4l/min), este perfil de consumo é carregado para o controlador da bancada.

Os procedimentos antes do início do teste são transversais a todos os testes, circula-se água fria para remover todo o ar que possa estar presente na tubagem e validar a estanquidade das ligações do produto aos pontos de água, são também verificadas as temperaturas dos tanques, por últimos verifica-se se os dados estão a ser registados corretamente.

O teste tem a duração de 6 horas. Assim que se dá o início do teste o controlador LFC faz a bomba recirculadora iniciar de forma a carregar o produto (ponto diferente em relação ao teste 1), a bomba para, assim que a temperatura à saída do produto atinge os 48°C, condição necessária para a bateria estar totalmente carregada (lógica do controlador em anexo), findo o carregamento um contador inicia. Passados 10 minutos desde o início do teste é simulado o primeiro banho, a electroválvula da água fria abre durante 1 minuto com caudal de 9l/min, após este minuto as electroválvulas trocam, a fria fecha e a quente abre, simulando a água quente proveniente do sistema de aquecimento, esta fecha,

decorridos 5 minutos. Passadas 1 hora e 30 minutos é simulado um consumo do lavatório, e a electroválvula de água fria abre e fecha decorridos 30 segundos com um caudal de 4l/min. Como este consumo não é suficiente para carregar a bateria, passados 15 minutos a bomba inicia a recirculação até a bateria estar totalmente carregada. De seguida como não há consumos, o LFC inicia o contador e mantem-se no estado 02 – Bateria carregada até aos 2 consumos sucessivos, como estes não carregam a bateria, a bomba inicia novamente até o produto estar totalmente carregado.

Por último, ocorre um banho de 6 minutos de duração com um caudal de 9l/min. Este banho é suficiente para carregar totalmente a bateria, desta forma o LFC passa automaticamente do estado 03 – consumo para o estado 02 – Bateria carregada. O teste termina após as 6 horas, e a bancada para o registo de dados.

### 3.3. Resultados e discussão

Neste capítulo são apresentados os testes e analisados os resultados obtidos.

Os testes efetuados nos produtos têm dois objetivos principais, confirmar a robustez dos produtos (verificar a estanquidade do PCM e do circuito de água – teste visual) e garantir que a performance da bateria está de acordo com os requisitos definidos (neste teste é possível concluir que os VIPs estão intactos - é verificado o volume de água que é aquecido acima dos 38°C – parâmetro que caracteriza a bateria).

Os testes efetuados aos produtos da gama IN, além de terem os mesmos objetivos dos testes mencionados acima, têm ainda a finalidade de validar o comportamento do controlador LFC é esperado que o controlador assegure a capacidade total do produto em qualquer momento do consumo, as baterias são carregadas sempre que há um pequeno consumo e a carga total não é assegurada, ou que decorrem 24h desde o último consumo. A capacidade padrão definida para os produtos é apresentada na Tabela 3, nas diferentes unidades possíveis de serem medidas, considerando um caudal de 9l/min e uma temperatura de entrada de 18°C

Tabela 3 - Capacidade dos produtos a testar

Unidades	Capacidade	Condição
Energia [kJ]	1400	Uso instantâneo
Capacidade [l]	15	Uso instantâneo
Energia [kJ]	1100	24 h após utilização
Capacidade [l]	11	24 h após utilização

Os dados apresentados na tabela foram identificados com base nos testes realizados anteriormente durante a fase de desenvolvimento do produto, testes realizados em protótipos com a configuração final. O caudal de fornecimento depende da eficiência hídrica dos sistemas sanitários, foi adotado o caudal de 9l/min como caudal standard de utilização de um chuveiro e o caudal de 4l/min para o lavatório.

A solução padrão do produto tem assim uma capacidade térmica instantânea de cerca de 1,4MJ e, 24h após a última utilização, cerca de 1,1 MJ. A energia diz respeito à energia útil que corresponde ao volume de água aquecido acima dos 37°C.

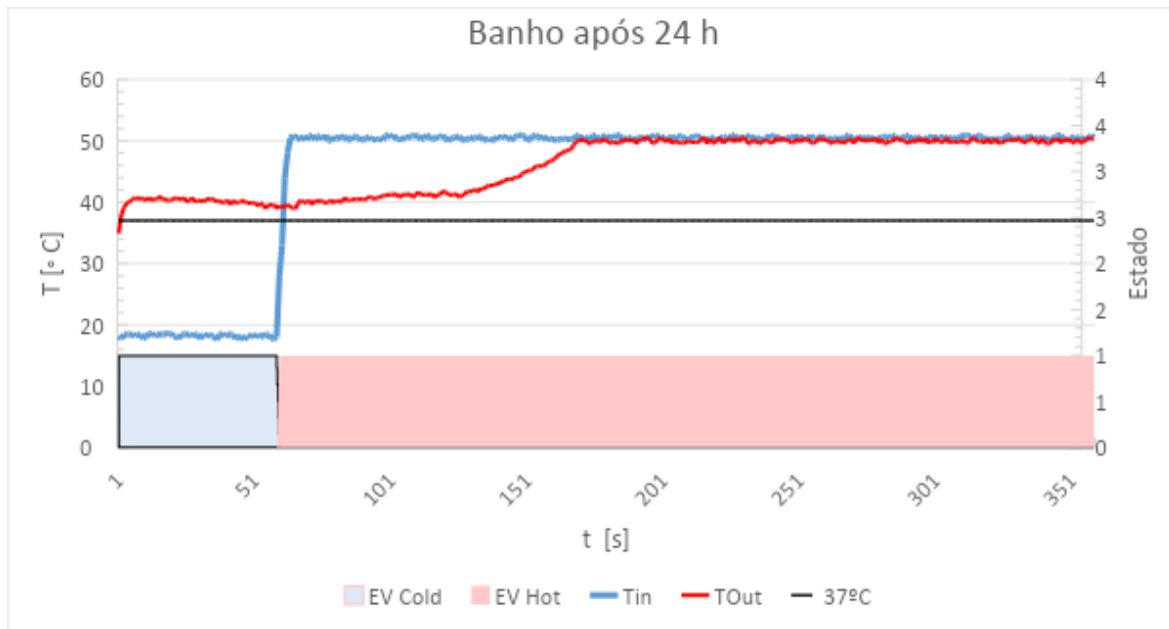


Figura 41 - Gráfico dos valores recolhidos pela bancada

### Resultados Teste 1

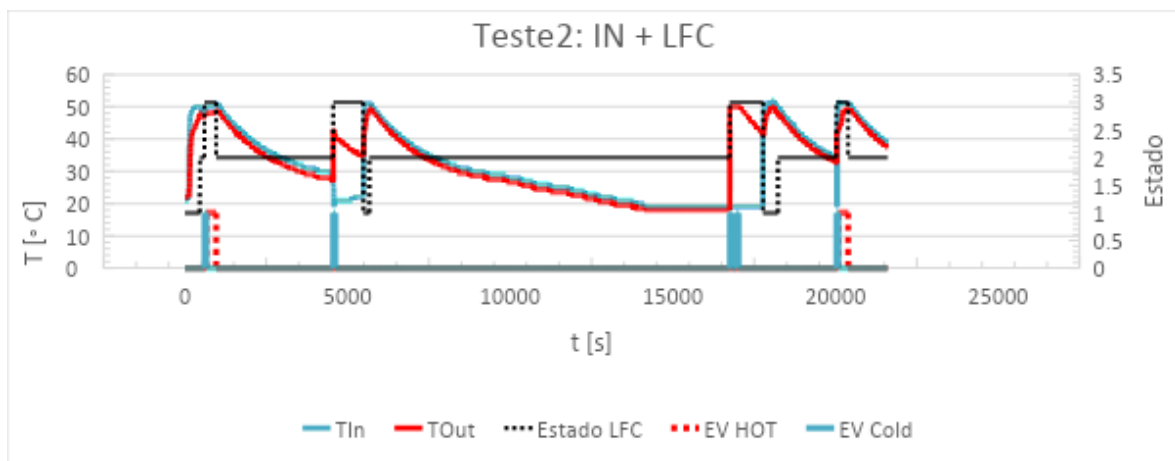
O objetivo do teste 1 era validar a performance de um produto após 24 horas da sua utilização em condições reais e comparar com os dados relativos à capacidade dos

produtos. Como descrito no procedimento experimental, simulou-se um banho de 5 minutos com caudal de 9l/min e um volume total de água estagnada na tubagem de 9 litros, e após 24h repetiu-se um banho idêntico. A Figura 41, representa os valores recolhidos pela bancada no segundo banho simulado. Observa-se assim que o consumo de água inicia (electroválvula da fria abre), tem-se de imediato água acima dos 37°C e a temperatura mantém-se durante todo escoamento da água acumulada na tubagem, até ao segundo 60, que é o instante em que as electroválvulas trocam e a água quente chega a produto, iniciando a carga do mesmo. Após os 6 minutos de banho verifica-se que a bateria está totalmente carregada ( $T_{out} > 42^{\circ}\text{C}$ ). O produto após 24h foi suficiente para aquecer instantaneamente os 9 litros de água estagnados (simulados). No gráfico é possível observar a transferência de calor entre a água e o PCM na forma de calor latente (até aproximadamente os 140 segundos, ponto a partir do qual o PCM se encontra no estado líquido e o calor transferido diz respeito ao calor sensível).

*Tabela 4 - Resumo dos valores obtidos*

Unidades	Capacidade	Condição
Energia [kJ]	806	Após 24h
Capacidade [l]	9	Após 24h

## Resultados Teste 2



*Figura 42 - Gráfico do teste 2*

Tabela 5 – Legenda gráfico

Estado LFC	
01	Charging
02	Charged
03	Water consumption
04	Error

O produto testado neste teste foi o IN, deste produto faz também parte o controlador LFC que faz o controlo da bomba circuladora como descrito anteriormente. Deste forma é necessário o registo de mais parâmetros, para tal, o controlador LFC é ligado ao controlador da bancada e desta forma é feita a comunicação das variáveis adicionais que é exatamente a indicação do estado da bomba circuladora, como representado na Tabela 5.

A lógica do controlador pode ser consultada na Figura 43.

### LFC 2.0: STATE MACHINE v0.1

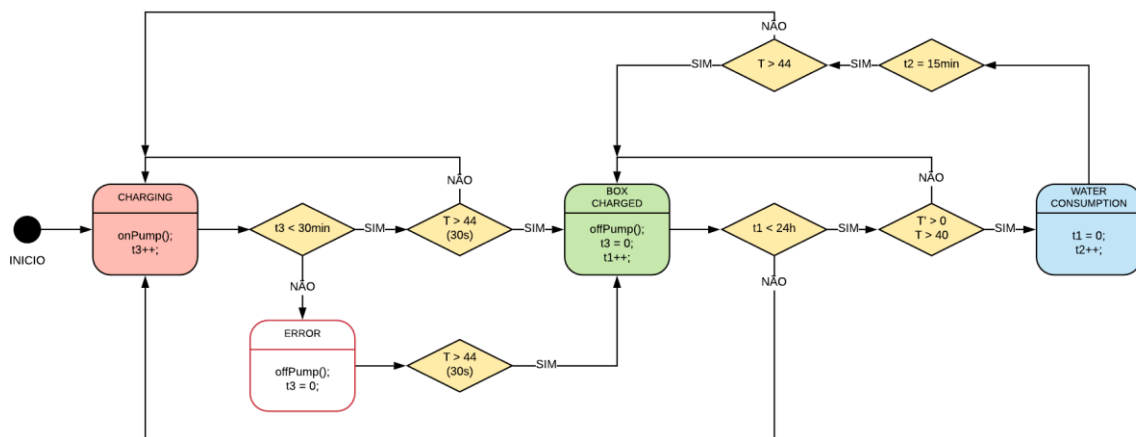


Figura 43 – Lógica do controlador LFC

Ao analisar o gráfico da figura 42, das temperaturas e do estado do LFC, observa-se que após o teste iniciar, ao invés do produto continuar descarregado até ocorrer o primeiro banho, o controlador dá sinal à bomba para arrancar e o produto é carregado mal o sistema é ligado, no final da carga a bomba desliga. Ao decorrer do teste, os consumos do lavatório não são suficientes para descarregar e carregar a bateria, desta forma o controlador LFC

entra no estado 03, e inicia o contador de 15 minutos, findos estes minutos e sem a temperatura Out satisfazer as condições necessárias para passar ao estado 02, a bomba inicia e entra no estado 01 até o produto estar totalmente carregado, neste instante a bomba para e fica no estado 02 até ao banho que acontece no final do teste, mais uma vez o banho é suficiente para carregar a bateria por completo, e o LFC entra no estado 03 e passa diretamente ao estado 02 e o teste termina

### 3.4. Conclusão

Apresentados os resultados dos testes realizados na bancada é perceptível o tipo de dados que podem ser adquiridos na bancada e a forma como podem ser tratados.

Posto isto, analisa-se o comportamento da bancada experimental, o comportamento dos produtos não é o foco deste estágio, mas sim o comportamento da bancada face aos testes pretendidos. Neste contexto os resultados adquiridos vão de acordo ao que foi estipulado nos requisitos da bancada. A bancada de forma autónoma recolhe os valores dos sensores de temperatura colocados à entrada e saída dos produtos, recolhe o estado de cada electroválvula (aberta ou fechada), o caudal em cada momento, e quando é utilizado o LFC, agrupa também o estado do controlador LFC. Estes dados são copilados num ficheiro Excel, com a data do teste realizado, o ficheiro Excel está formatado num *template* que gera automaticamente o gráfico relativo ao teste, com os dados recolhidos este ficheiro é guardado num cartão de memória para posterior análise.

Do ponto de vista do comportamento dos componentes hidráulicos da bancada, com os testes realizados até ao momento, estes tiveram um comportamento expectável face ao que estava programado.





## 4. Capítulo 4 – Conclusão e trabalho futuro

### 4.1. Principais conclusões

O objetivo traçado inicialmente para este projeto de estágio consistia no desenvolvimento e construção de uma bancada experimental para caracterização da estabilidade no fornecimento de água quente em edifícios recorrendo à tecnologia *hoterway*, para tal é necessária a caracterização e avaliação dos diferentes produtos aplicados nos diferentes edifícios com os perfis de consumo típicos.

A bancada desenvolvida permite à Heaboo testar em simultâneo 10 pontos distintos de consumo no edifício que permitirá descrever um conjunto de perfis de utilização e características de um dado edifício, analisando assim a resposta dos dispositivos já desenvolvidos e os que estão ainda em desenvolvimento em situações reais de uso. A bancada foi desenvolvida para poder receber baterias térmicas de configuração vertical ou horizontal e inclui um conjunto de leds aplicados nos painéis exteriores que dão a informação visual de quais os pontos em uso num momento particular e qual o estado. Toda a informação relativa ao uso e à resposta do produto é controlado por um PC que disponibiliza a informação para posterior análise como visto no capítulo anterior num ficheiro Excel.

Um dos grandes desafios deste projeto foi a seleção dos dispositivos, equipamentos e acessórios que asseguram as condições de temperatura e caudal dos diversos fluxos de água, todos os componentes selecionados se mostraram adequados à sua utilização pretendida.

Por uma questão de poupança de água, a bancada foi construída em circuito fechado, o que significa que não há consumo de água durante a operação da bancada, para isso foi projetado e implementado um sistema de gestão de aquecimento, arrefecimento e bombagem que permite que a água depois de ser usada nos dispositivos seja bombeada para os depósitos de água fria e água quente para voltar a ser usada. Os depósitos estão ligados a uma bomba de calor que assegurará a temperatura desejada em cada depósito

(fria e quente) para que as condições de teste se mantenham num intervalo de temperatura aceitável durante todo o processo de validação.

Para o sistema de aquecimento e arrefecimento de água foi escolhida a bomba de calor fullmonobloco da marca Mitsubishi, de 13kW de potencia nominal, esta escolha demonstrou-se adequado às necessidades de consumo de água da bancada. Para a tubagem de ligação da bomba de calor aos depósitos foi usado tubo PPR de 32mm de diâmetro de tubagem, esta tubagem foi subdimensionada, criando uma perda de carga acima do suportado pela bomba de água interna da bomba de calor, desta forma o sistema entrava num erro de *overpressure*. Este subdimensionamento do diâmetro da tubagem deveu-se a não se terem considerados todos os joelhos de 90° sucessivos que foram utilizados para contornar a infraestrutura do edifício (desconhecida inicialmente), 7 no total em cada circuito de água (quente, fria e retorno) ou seja, 14 a mais face aos calculados, para contornar este problema decidiu-se pela implementação de uma bomba adicional para apoiar a bomba circuladora principal, esta segunda bomba foi conectada à placa da bomba de calor, que já vinha munida de uma ligação adicional para uma bomba de apoio, desta forma, sempre que uma iniciar, a outra também inicia. O problema ficou resolvido, e a solução implementada foi de implementação mais simples (a bomba adicional foi colocada no interior do edifício) e de custos mais reduzidos do que teria sido substituir toda a tubagem por uma de maior diâmetro.

Os depósitos de água quente e fria têm capacidade suficiente para alimentar a bancada em tempo útil. O único ponto negativo destes tanques, são as saídas de água de 3" de diâmetro em que tiveram de ser reduzidas recorrendo a várias reduções em latão até se alcançar ¾" que é o diâmetro das válvulas colocadas nas saídas. O número elevado de saídas de água revelou-se bastante útil, pois utilizou-se as saídas superiores e inferiores e apenas as de uma lateral, desta forma os depósitos encostaram-se se a uma parede e poupar espaço na sala.

A bomba responsável pela pressurização do sistema encaixa perfeitamente no perfil que foi delineado, sendo capaz de alimentar os 10 pontos de consumo em simultâneo sem perdas de carga significativas para a realização dos testes.

As electroválvulas instaladas na bancada superaram as expectativas devido ao reduzido custo e a aparência frágil que revelavam, para se conseguir vedar as ligações roscadas com teflon foi necessário rasurar as suas roscas, pois de outra forma o teflon não tinha atrito e era arrastado para fora, problema rapidamente contornado, sem grande dispêndio extra de tempo, visto que o rasurado foi feito com um x-ato.

Os sensores de temperatura, talvez o componente mais crítico e escolhido com mais rigor, preenchem largamente os requisitos, não só do ponto de vista técnico, excelente comunicação com o controlador, leitura rápida das pequenas oscilações de temperatura, mas também do ponto de vista de instalação, o corpo em aço Inox revelou-se bastante robusto. O agrado com este componente foi tal, que a empresa Heaboo, decidiu que estes seriam os sensores de temperatura usados no produto IN, em conjunto com o controlador LFC. Outro elemento que também vai fazer parte deste conjunto pelo excelente desempenho é o cabo de ligação os sensores e controlador, vai ser o cabo de conexão entre o LFC e o Master. O cabo escolhido pela equipa de eletrónica foi o cabo FTP cat. 6, este cabo foi selecionado especificamente pelo baixo nível de interferência a ruído externo, desta forma, não ocorreu qualquer problema na conexão, nem mesmo com o elevado número de cabos, não só de comunicação, como também cabos elétricos de alimentação, que normalmente fazem interferência nas ligações mais sensíveis.

A bancada é totalmente autónoma sendo controlada por um conjunto de autómatos que fazem uma validação em contínuo sem necessidade de intervenção de um operador, inclui um conjunto de sistema de controlo, aquisição e comunicação de dados que permite gerir autonomamente a validação experimental, reportando eventuais erros e validando o comportamento do produto quando sujeito a diferentes perfis de utilização e diferentes zonas de instalação dos edifícios, simuladas através do controlo dos tempos de abertura das electroválvulas que representam o tempo que a água quente demora a chegar num determinado perfil de edifício. Como mencionado anteriormente o controlador e componentes foram selecionados pela equipa de engenharia eletrónica, os componentes revelaram-se adequados à sua utilização.

Por último o material da estrutura da bancada teve o comportamento esperado sendo uma estrutura bastante robusta e sólida. Na aplicação dos painéis de acabamento lateral

algumas das furações de ligação à estrutura tubular não coincidiram com os furos da estrutura, a equipa resolveu o problema ao fazer furos adicionais aos painéis com recurso a uma parafusadora. O interior da bancada constituído por prateleiras para a tubagem e para a cablagem revelou-se essencial à organização da complexa rede de distribuição de água e o elevado número de cabos necessários. Do ponto de vista estético, além da dimensão da bancada, o seu design simplista não impactou no ambiente *clean* que se quer passar na sala onde foi instalada.

A Figura 44 apresenta a da instalação final de aquecimento, arrefecimento e bombagem da bancada com os principais componentes que asseguram as condições requeridas para o teste simultâneo dos vários pontos de consumo.

Como apresentado nos capítulos anteriores o objetivo proposto foi cumprido com sucesso, o conceito de bancada revelou-se adequado às necessidades do projeto.



*Figura 44 - Instalação final da bancada de ensaio*

#### 4.2. Propostas de trabalho futuro

Com base no trabalho desenvolvido e nas necessidades em crescendo por parte da Heaboo, percebeu-se a necessidade de algumas possibilidades de melhorias na bancada principalmente ao nível de controlo e validação de produtos, nomeadamente:

- Desenvolvimento de um programa específico, automático para validação de produtos finais para entrega a cliente, em que o utilizador da bancada tenha apenas que colocar os produtos nos respetivos postos e o teste de validação final arranque de forma totalmente autónoma durante o período de 24h. Após este período o programa deverá

disponibilizar um relatório de aprovação de produto que fique associado ao número de série do produto. Desta forma todos os produtos comercializados pela empresa passariam a ter um teste de aprovação final controlado de forma totalmente autónoma. Caso algum produto tivesse um comportamento fora do padrão seria facilmente identificado o problema.

- Desenvolvimento de uma interface de fácil e rápida implementação de diferentes características de edifícios, desta forma, seria estudada e validada a resposta do produto qualquer que seja o edifício em questão. Possibilitando assim o estudo individual de qualquer edifício em questão, simulando as condições reais desse edifício para demonstrar aos clientes o comportamento que seria de esperar por parte dos sistemas instalados, e também um rácio de poupança face à utilização sem o produto instalado.

## Bibliografia

- Bergman, Theodore L. et al. - Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 7a ed. [S.l.] : John Wiley & Sons, 2011. ISBN 978-0470-50197-9.
- Mehling, Harald; CABEZA, Luisa F. - Heat and cold storage with PCM. 1a ed. Verlag Berlin Heidelberg : Springer, 2008. ISBN 978-3-540-68556-2.
- Pielichowska, Kinga; PIELICHOWSKI, Krzysztof - Phase change materials for thermal energy storage. Progress in Materials Science. . ISSN 0079-6425. 65:2014) 67–123. doi: 10.1016/J.PMATSCI.2014.03.005.
- S. Morales-Ruiz, J. Rigola, C. Oliet, A. Oliva, Analysis and design of a drain water heat recovery storage unit based on PCM plates, Applied Energy, 179 (2016) 1006-1019.
- J. Wei, Y. Kawaguchi, S. Hirano, H. Takeuchi, Study on a PCM heat storage system for rapid heat supply, Applied Thermal Engineering, 25 (2005) 2903-2920.
- A.A. Al-Abidi, S. Mat, K. Sopian, M.Y. Sulaiman, A.T. Mohammad, Internal and external fin heat transfer enhancement technique for latent heat thermal energy storage in triplex tube heat exchangers, Applied Thermal Engineering, 53 (2013) 147-156.
- B. Coelho, A. Andrade-Campos, Efficiency achievement in water supply systems—A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 30 (2014) 59-84.
- F. Yan, H. Wu, W. Li, J. Zhang, Simultaneous optimization of heat-integrated water networks by a nonlinear program, Chemical Engineering Science, 140 (2016) 76-89.
- C. D’Ambrosio, A. Lodi, S. Wiese, C. Bragalli, Mathematical programming techniques in water network optimization, European Journal of Operational Research, 243 (2015) 774-788
- Bosch Thermotechnology - Electric Water Heaters - [Em linha] [Consult. 16 set. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.bosch-climate.us/products-boschthermotechnology/electric-tankless-water-heaters/>>.
- Nicolau&Rosa – Componentes de canalização - <https://www.nicolaurosa.com/>
- Heaboo - <https://heaboo.com/en/>
- Hoterway - <https://www.hoterway.com/pt-pt/>
- MORAIS, Simões - **Desenho Técnico Básico**. 25a ed. ISBN 978-972-95175-6-3.



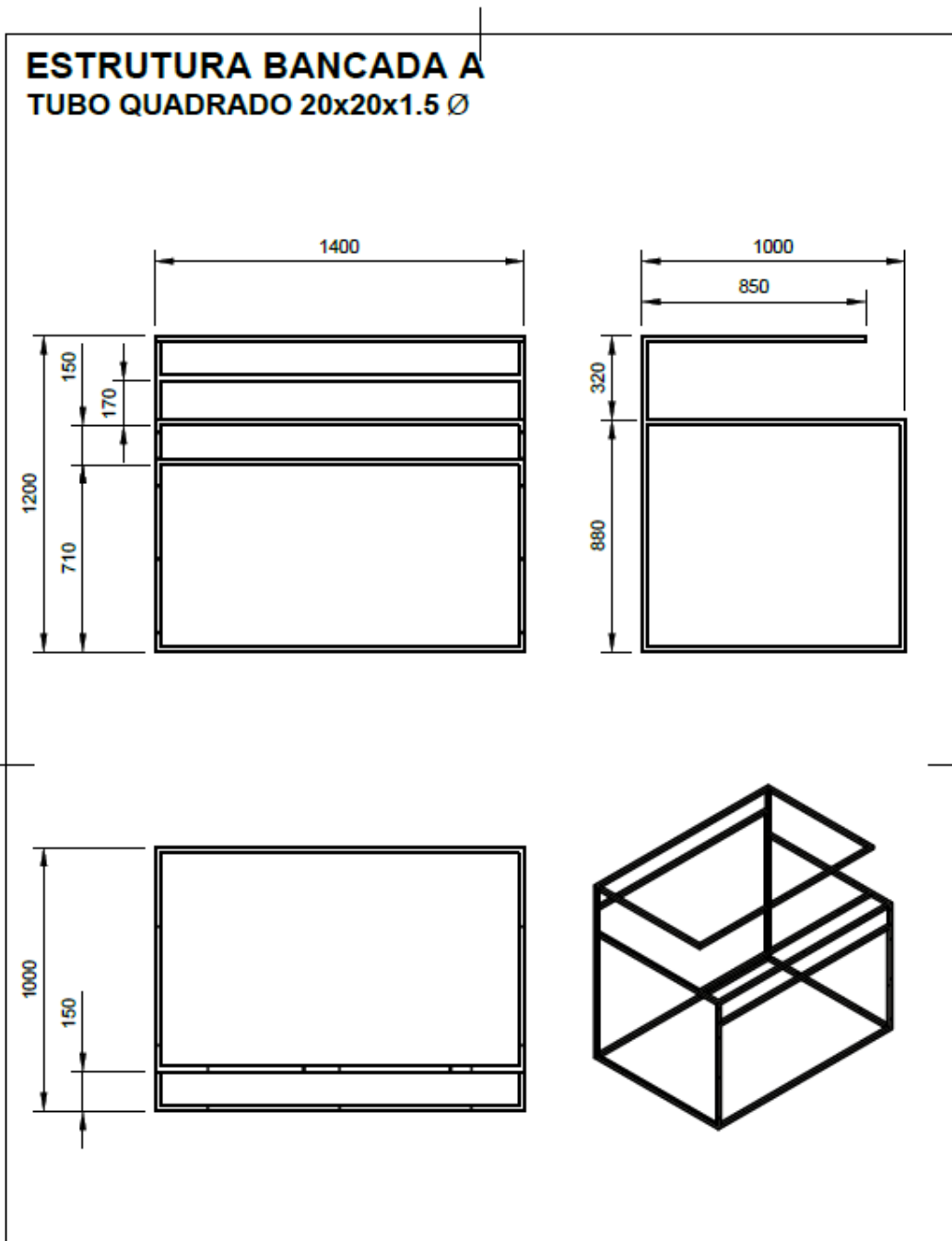


## Anexos

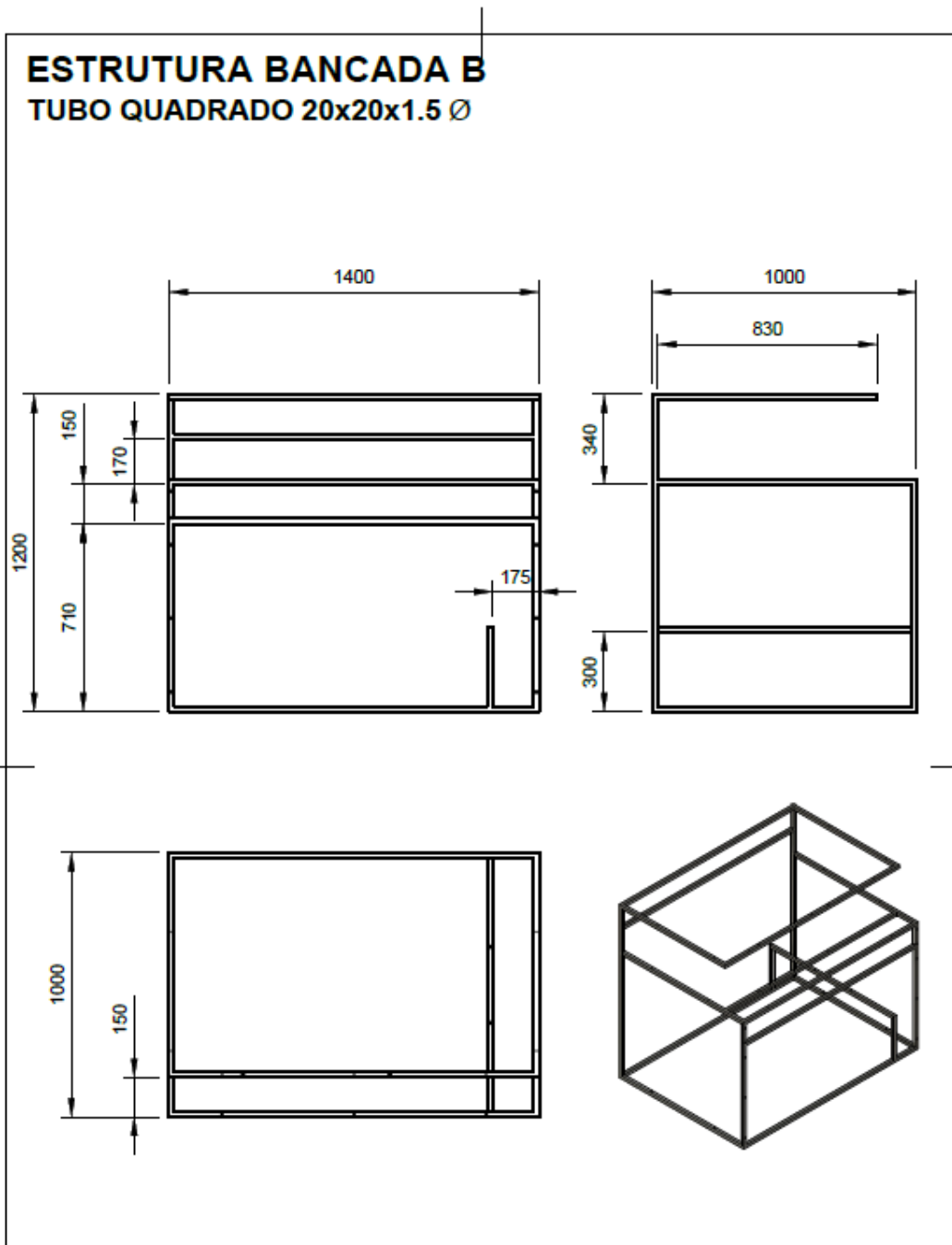
### Anexo 1 - Fotografia da bancada



Anexo 2 – Estrutura bancada A



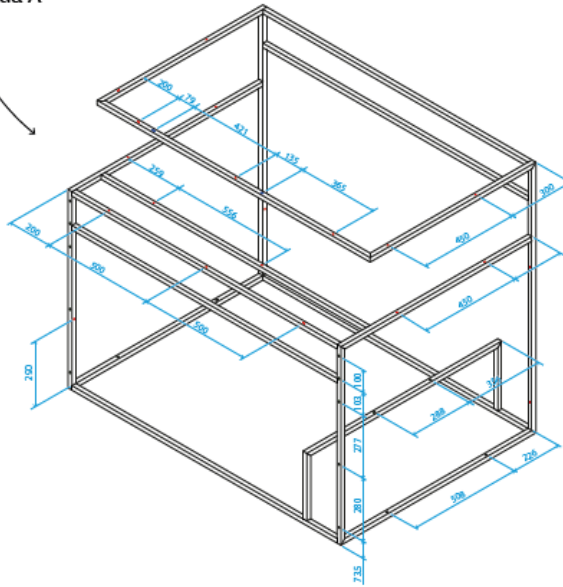
Anexo 3 – Estrutura bancada B



## Anexo 4 – Estrutura bancada com esquema de furação

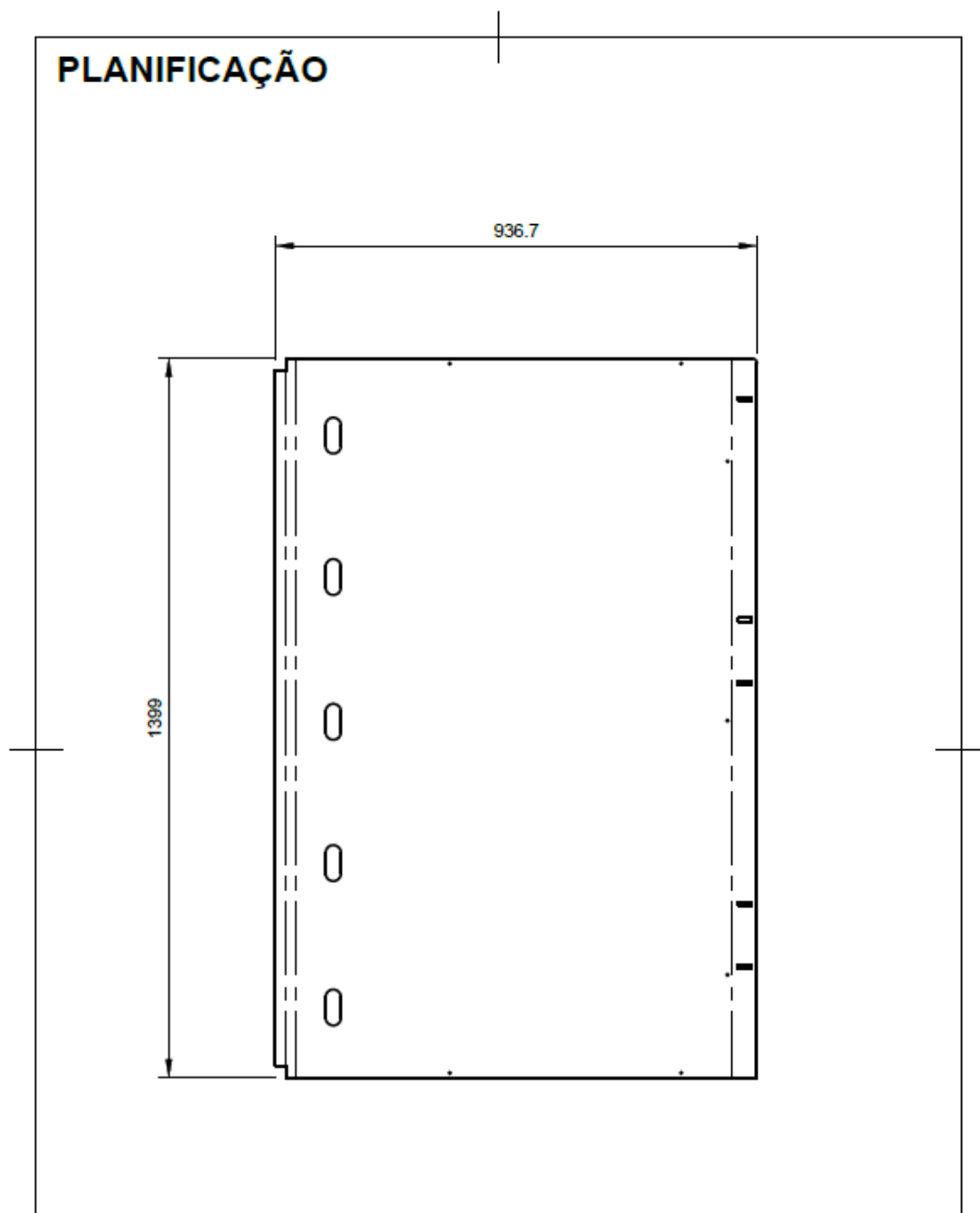
### Estrutura bancada B

Furação na estrutura bancada A é simétrica à B em relação a este lado.

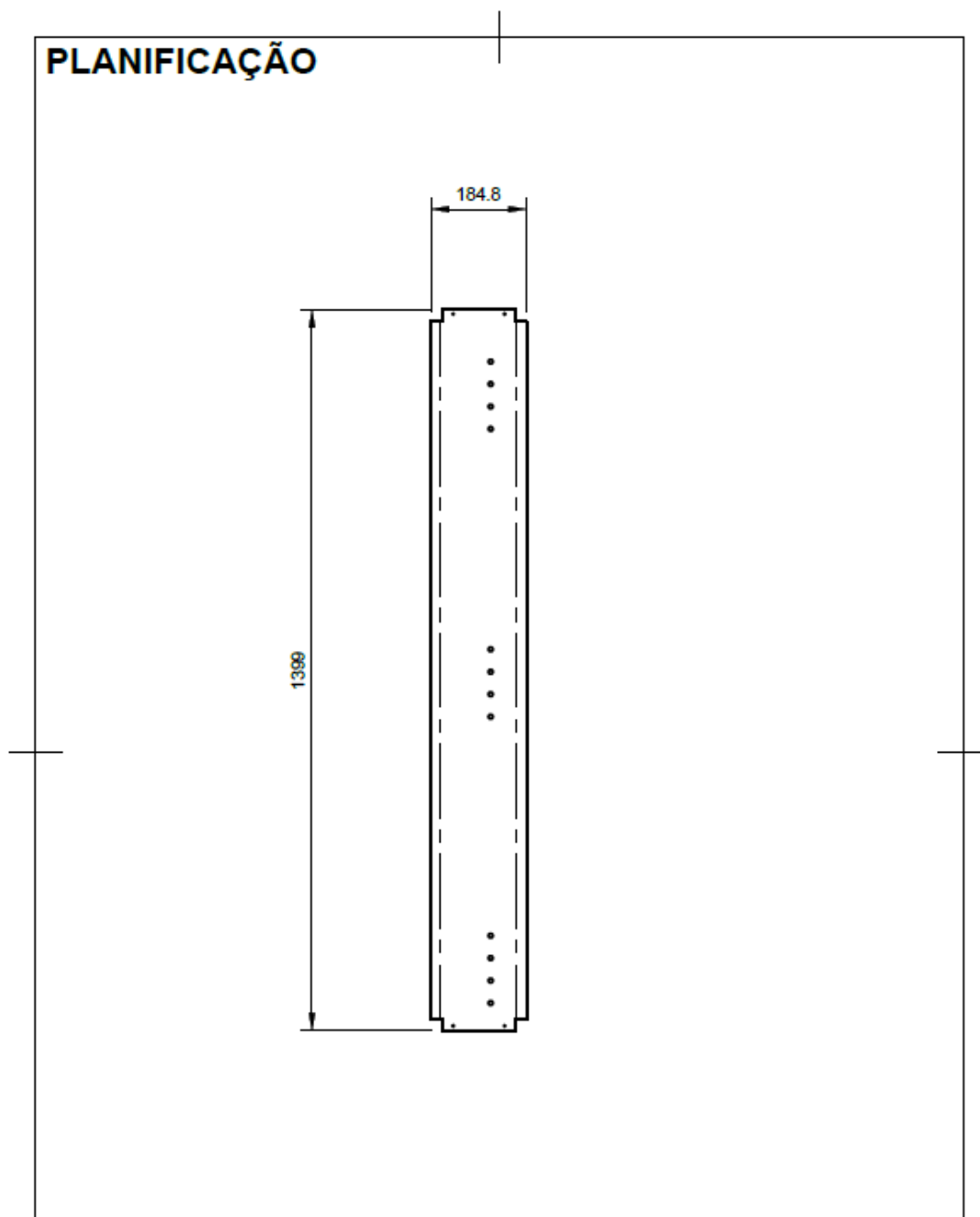


- Ø4,5
  - Ø6 - Com chanfro de 0,5 mm para porca de rebitar cabeça reduzida.
  - Ø10
- Cotas em mm

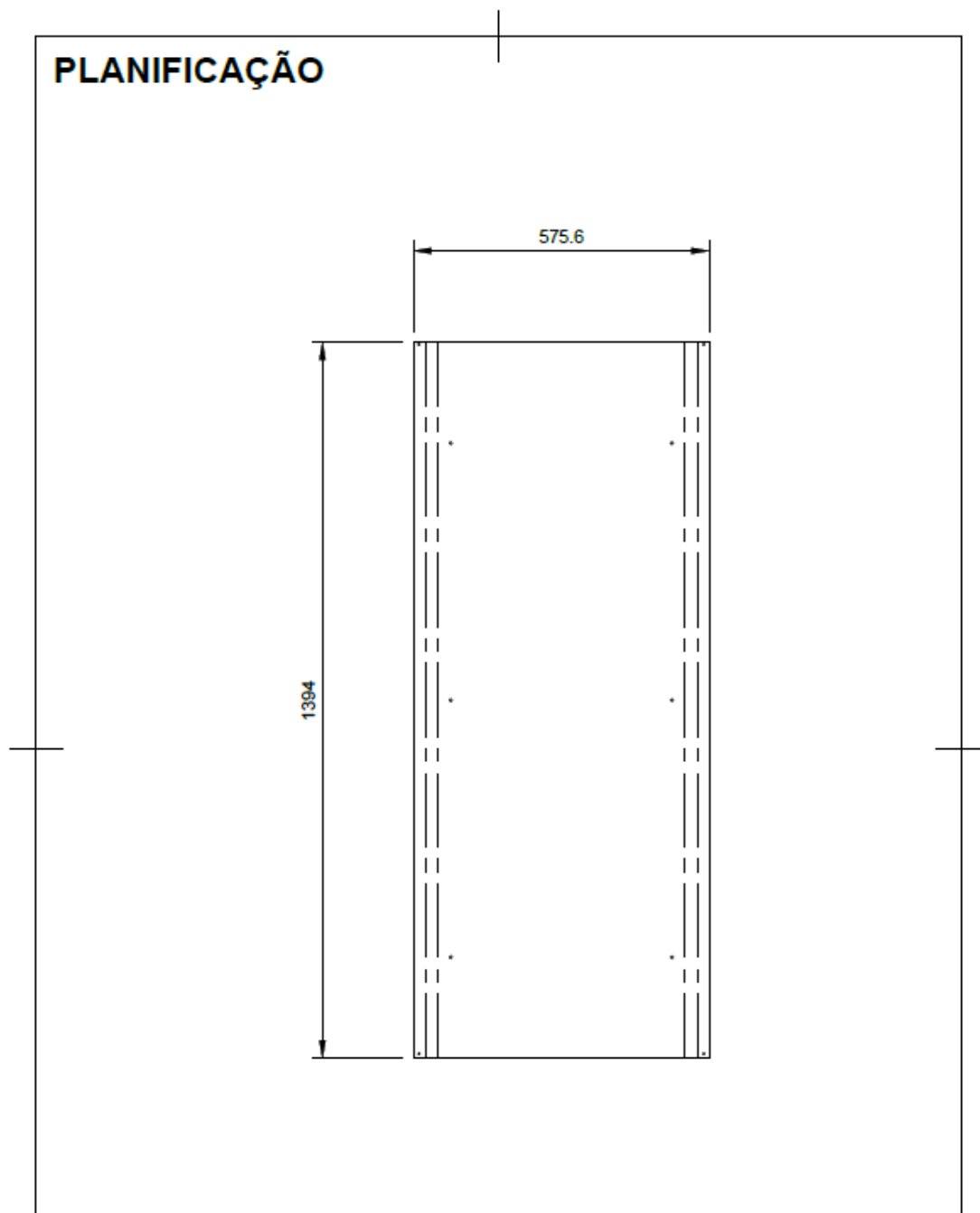
Anexo 5 – Planificação painel lateral



## Anexo 6 – Planificação painel LEDs

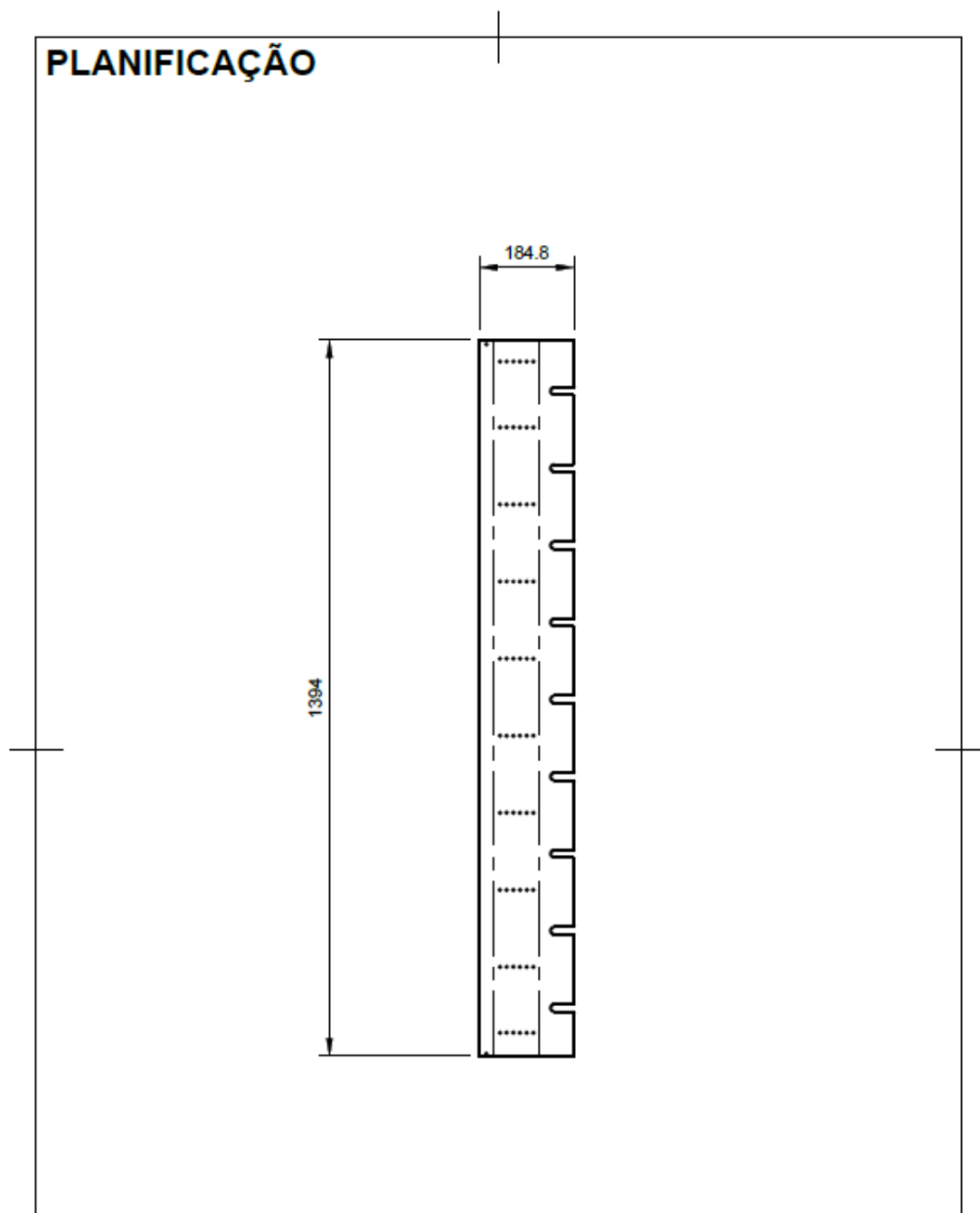


Anexo 7 – Planificação painel sem LEDs

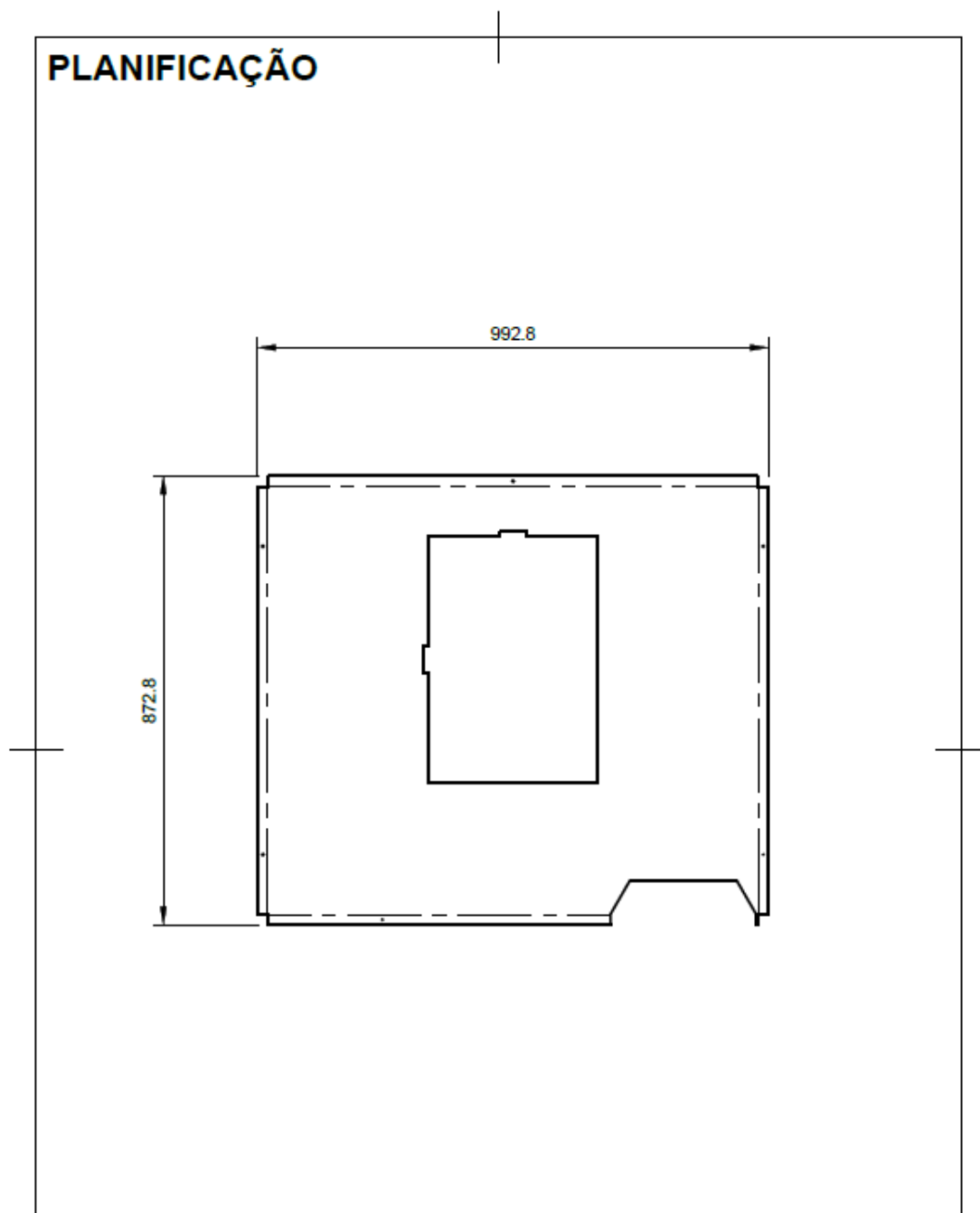




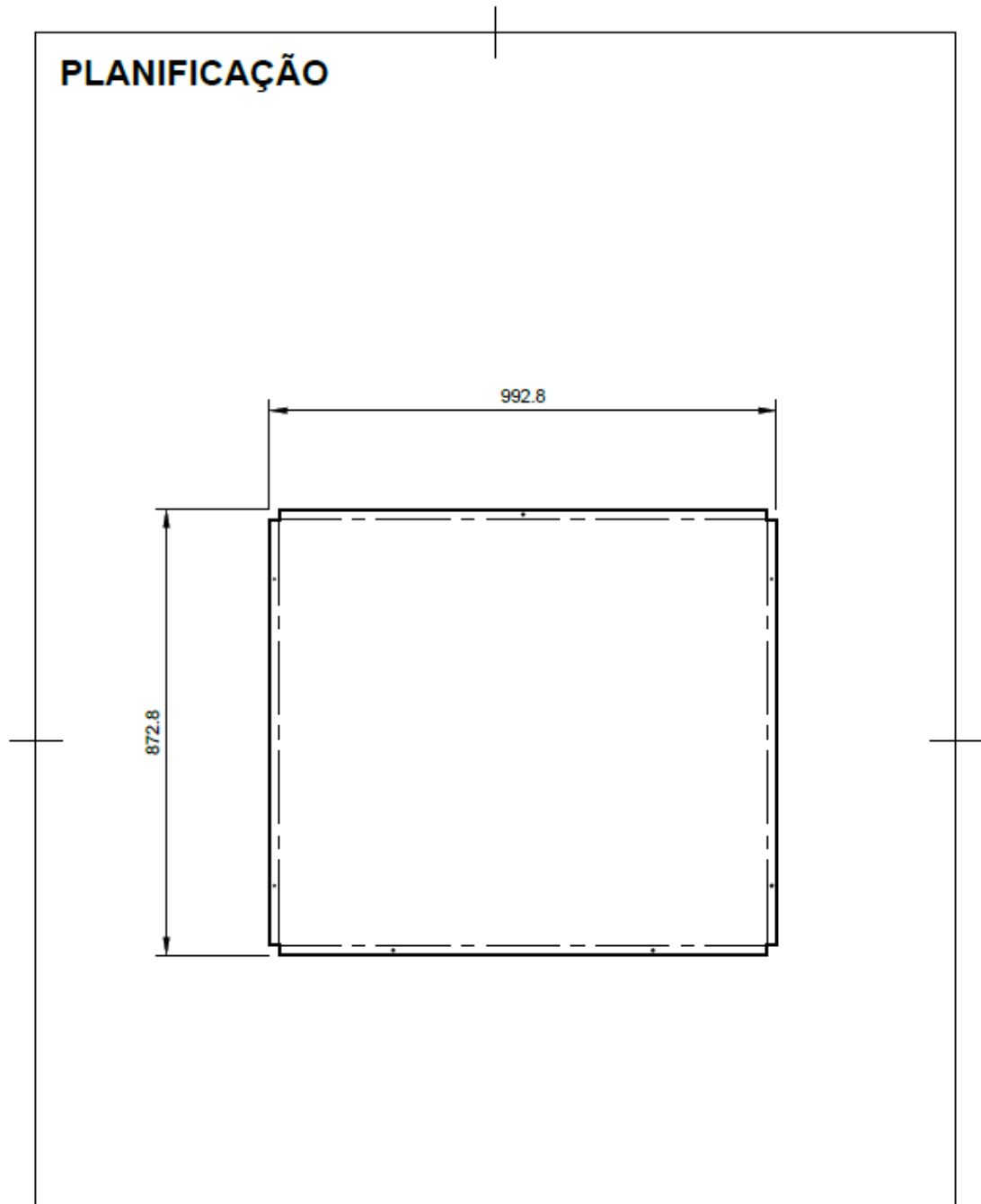
## Anexo 8 – Planificação Calha de passagem de fios elétricos



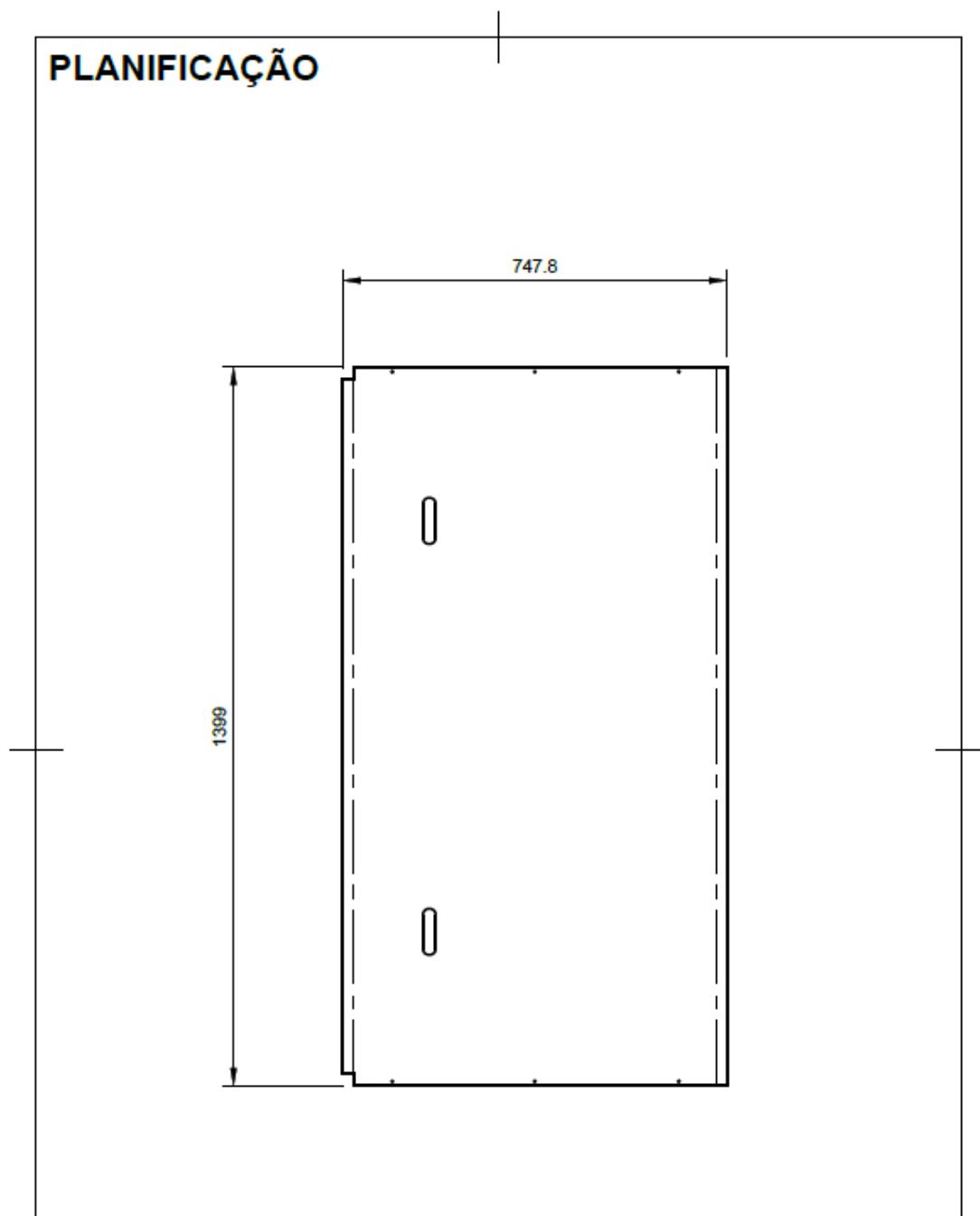
Anexo 9 – Planificação painel caixa elétrica



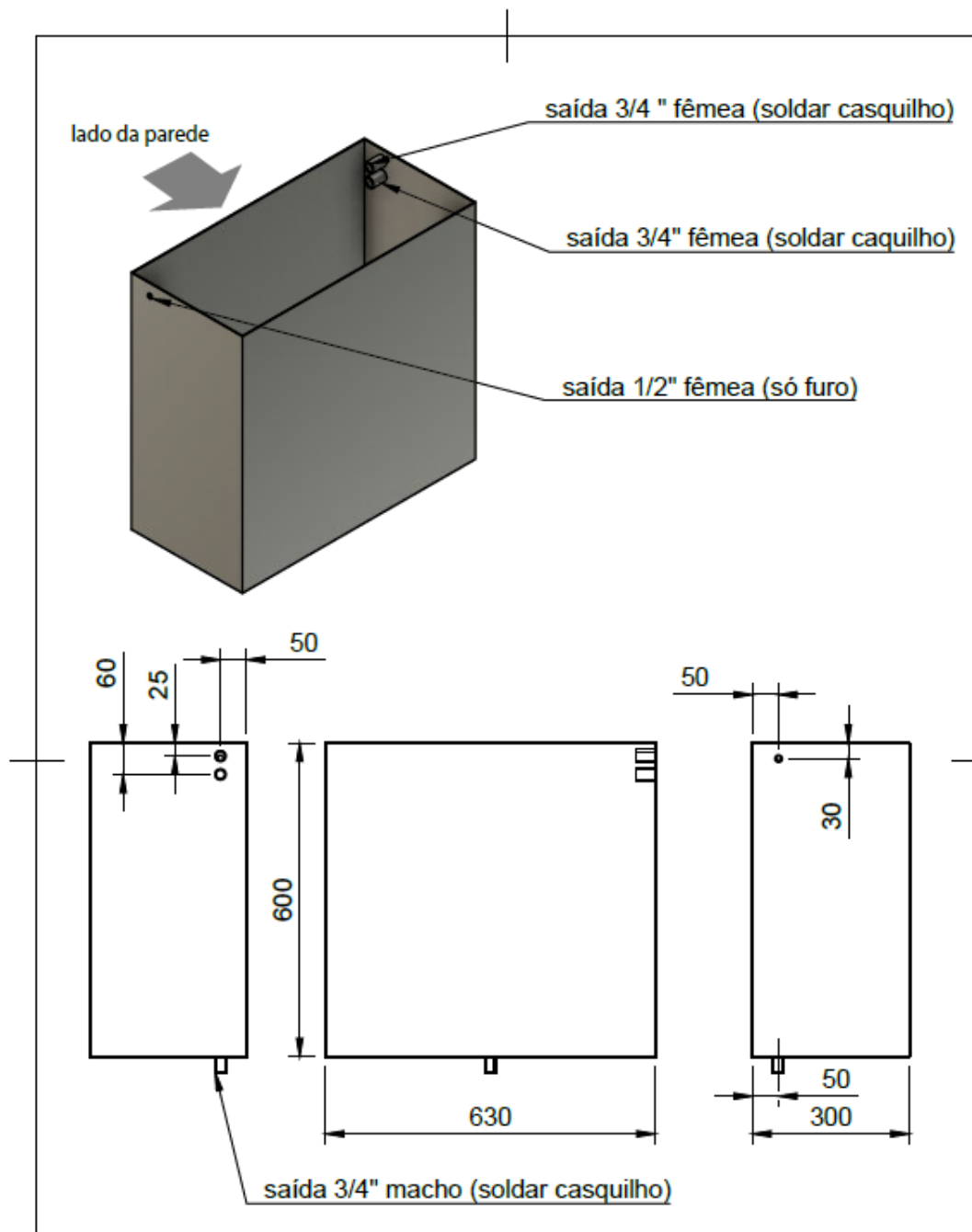
Anexo 10 – Planificação chapa topo



Anexo 11 – Planificação painel removível para manutenção



## Anexo 12 – Vaso de expansão



## FICHA TÉCNICA DE PRODUTO



### DESCRIÇÃO DO PRODUTO:

O sistema INstant Water é uma solução global que permite o fornecimento de água quente instantânea em todas as torneiras da habitação. O sistema é constituído por um módulo local instalado em cada compartimento servido por água quente e um módulo central instalado junto ao ponto de aquecimento ou de armazenamento de água quente.

### MÓDULO LOCAL:

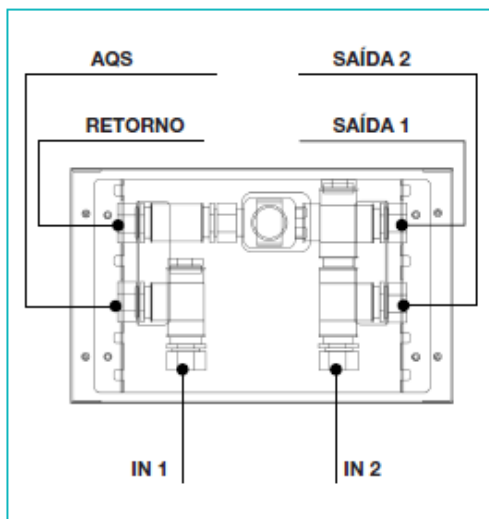
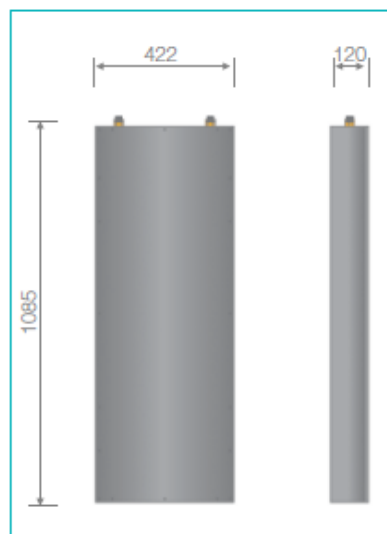
O módulo local é constituído por dois componentes principais:

#### 1. Bateria Térmica

A bateria térmica pode ser encastrada na parede (espessura da bateria térmica: 120mm) ou instalada num compartimento técnico.

Este componente funciona de forma totalmente passiva acumulando calor durante a passagem da água quente num processo de acumulação (a temperatura constante) baseado na mudança de fase (líquido < > sólido) de um material específico.

A preservação do calor entre utilizações é assegurada por um isolamento térmico de alta eficiência feito com painéis de vácuo com núcleo de sílica fumada que asseguram uma perda de calor inferior a 20% após 24h sem utilizações.



#### 2. Caixa de água LFC

A caixa de água LFC tem como função centralizar as ligações de água e de controlo num ponto do compartimento. É constituída por um conjunto de acessórios em latão que permitem ligar a alimentação AQS e o tubo de retorno, as ligações à bateria térmica e as saídas para os pontos de consumo do compartimento.

Para além das ligações de água, o sistema integra um controlador, dois sensores de temperatura e uma eletroválvula.

O controlador analisa em cada consumo de AQS do compartimento o estado de carga da bateria térmica; caso o tempo de utilização de água quente não tenha assegurado a recarga completa da bateria, o sistema ativa a bomba de recirculação e abre a eletroválvula para permitir a recirculação local de água quente durante o tempo necessário para terminar a carga da

bateria. Desta forma há a garantia de que sempre que o utilizador abre uma torneira no compartimento, a bateria está carregada e como tal a água sairá sempre quente logo nos primeiros segundos. O controlador é ligado em série por protocolo RS485 ao sistema central Master, localizado junto ao ponto de aquecimento/armazenamento de água quente.



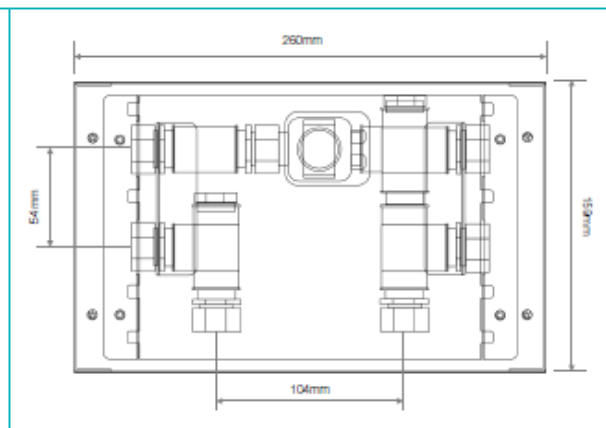
A caixa LFC fica também encastrada na parede. O acabamento é feito por uma tampa disponível nos acabamentos aço inoxidável escovado ou vidro temperado. O controlador tem um led para comunicação de eventuais erros (através de um código de cores) que são indicados ao utilizador pela mudança de cor do led na tampa do produto.

## ESPECIFICAÇÕES BATERIA TÉRMICA:

- Material: Caixa em chapa de alumínio
- Dimensões: 422 x 1085 x 120 mm
- Peso: 30 Kg
- Ligações: Casquillo 1/2 macho
- Caudal máximo de fornecimento: 12 L/min
- Temperatura de fornecimento de água: > 50°C

## ESPECIFICAÇÕES CAIXA LFC:

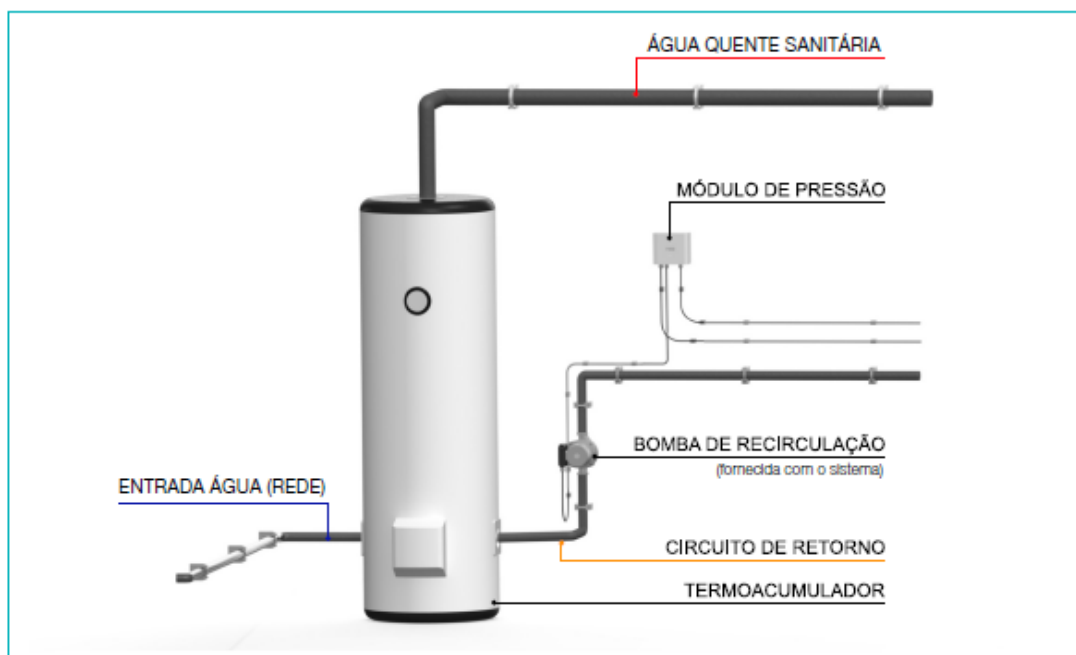
- Material: Caixa em chapa de alumínio
- Acessórios em latão
- Dimensões: 260 x 159 x 95 mm
- Ligações: Casquillo 1/2 macho com borracha (porca-louca)
- Cabo de comunicação: CANBus/Modbus/RS484 - 4 condutores
- Tampa de acabamento: Vidro Temperado liso preto | Aço Inoxidável escovado



## MÓDULO CENTRAL (MASTER):

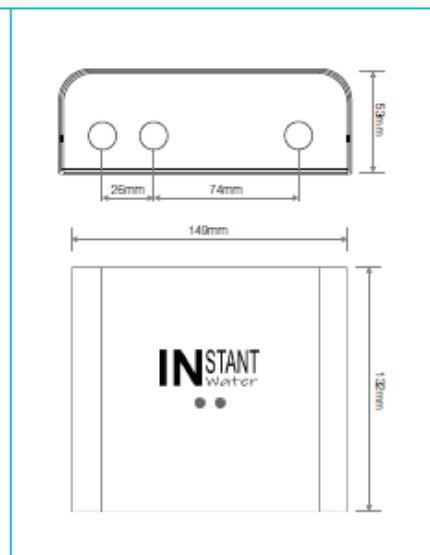
O módulo central é constituído por um controlador central e uma bomba de recirculação.

O sistema é alimentado por 220VAC, sendo o único ponto de ligação elétrica de toda a rede INSTANT Water. Em stand-by o consumo total energético da rede é inferior a 6W. O consumo da bomba estará sempre associado a situações excecionais em que o tempo de consumo de água quente não assegurou a reposição de calor nas baterias.



## ESPECIFICAÇÕES MÓDULO DE PRESSÃO:

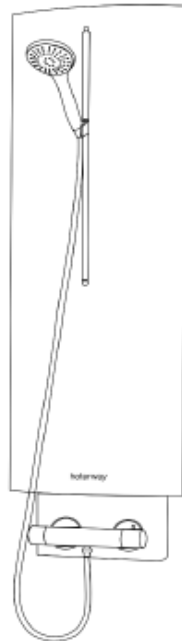
- Material: Caixa em chapa de alumínio
- Dimensões: 149 x 132 x 53 mm
- Entrada: Alimentação 220VAC
- Saída 1: Bomba recirculadora (220VAC)
- Saída 2: Cabo comunicação (12VDC)
- Resistente à água: IP44
- Bomba recirculadora: saídas 1 1/4 F





## Anexo 14– Ficha técnica Coluna de Duche Hoterway ONE

hoterway® | ONE



FICHA  
TÉCNICA

heabor  
disruptive techs

### INFORMAÇÃO TÉCNICA

hoterway® | ONE

#### DESCRIÇÃO DO PRODUTO:

A coluna de chuveiro ONE pode ser incorporada em qualquer casa de banho. Este equipamento totalmente passivo, acumula calor durante cada duche/banho sem afetar a temperatura ideal da água fornecida pela misturadora, usando posteriormente esse calor para aquecer instantaneamente, no início do duche seguinte, a água estagnada na tubagem.

A acumulação de calor baseia-se no processo de mudança de fase de um material específico. Este material absorve e liberta uma grande quantidade de calor a uma temperatura constante de 45°C e a sua isolamento térmica (por painéis de vácuo) assegura que as perdas térmicas entre duchas são minimizadas.

Uma misturadora termostática, embora não obrigatória, é aconselhável para permitir uma maior experiência de conforto; a água quente estará sempre disponível e a temperatura da água será sempre constante.

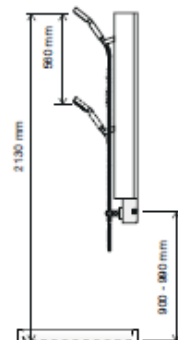
#### INSTALAÇÃO:

A instalação da coluna de chuveiro ONE exige apenas a abertura de dois furos na zona superior para fixação do kit de fixação à parede e a ligação de duas bichas flexíveis aos pontos de saída de água da parede.

O Hoterway ONE é compatível com bases de duche e banheiras; O diagrama apresenta a distância máxima e mínima entre a base e as saídas de água.

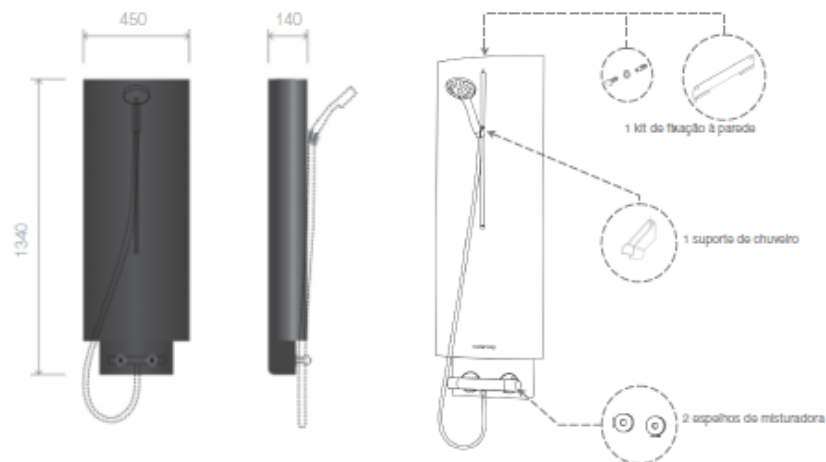
A regulação da altura permite ter a saída de teto a uma altura correta tanto nas bases de duche como nas banheiras.

Consultar manual de instalação enviado com o Hoterway, ou procedimentos e vídeos disponíveis em [www.hoterway.com](http://www.hoterway.com).



DIMENSÕES E COMPONENTES DO PRODUTO:

hoterway® | ONE



DETALHES TÉCNICOS:

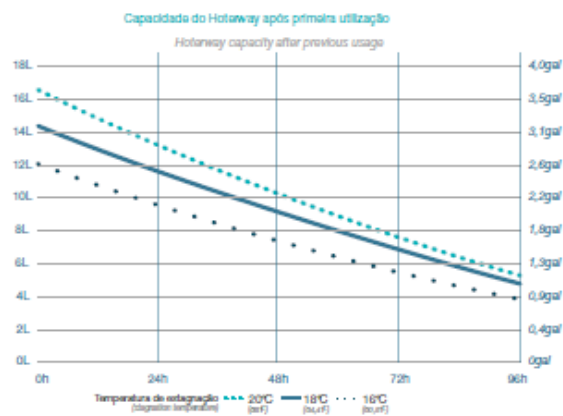
Hoterway ONE  
 Material da caixa: alumínio com pintura eletrostática  
 Dimensões exteriores (excluindo acessórios): 1340 x 450 x 140 mm  
 Ligações: bicha inox flexível com saída 3/4  
 Temperatura de fornecimento de água quente: > 50°C

ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO:

- Fácil de instalar e compatível com instalações já existentes
- Dimensões de embalagem: 1490 x 540 x 180 mm
- Caudal recomendado: 9,0 L/min
- Peso: 30 Kg

POTÊNCIAS:

O Hoterway aquece instantaneamente a água estagnada nas tubagens de distribuição. A alta performance do seu isolamento térmico assegura que o calor permanece no equipamento durante alguns dias. Como o equipamento é carregado apenas com o uso, o tempo máximo entre utilizações depende da quantidade de água estagnada nas tubagens. O gráfico em baixo mostra a capacidade de aquecimento instantâneo da água ao longo do tempo desde a última utilização do equipamento.



Testes de performance à bateria térmica realizados com um caudal e 8L/min e temperaturas de entrada de 16/18/20 °C.

- Energia acumulada 0,42 kWh

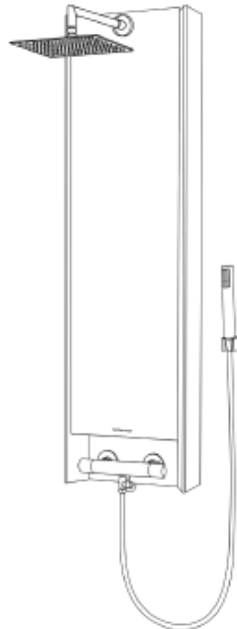
CERTIFICAÇÃO:

Garantia:  
 - 25 anos à performance térmica das baterias Hoterway  
 - 2 anos nos componentes e acessórios



## Anexo 15– Ficha técnica Coluna de Duche Hoterway HotBox

hoterway® | HOTBOX



FICHA  
TÉCNICA

heabor  
disruptive techs

### INFORMAÇÃO TÉCNICA

hoterway® | HOTBOX

#### DESCRIÇÃO DO PRODUTO:

A coluna de chuveiro HOTBOX é um equipamento totalmente passivo, compatível com os chuveiros e banheiras existentes. Este equipamento acumula calor durante cada duche (sem afetar a temperatura de fornecimento da misturadora), usando posteriormente esse calor para aquecer instantaneamente, no início do duche seguinte, a água estagnada na tubagem.

A acumulação de calor baseia-se no processo de mudança de fase de um material específico. Este material absorve e liberta uma grande quantidade de calor a uma temperatura constante de 45°C e a sua isolamento térmico (por painéis de vácuo) assegura que as perdas térmicas entre duchas são minimizadas.

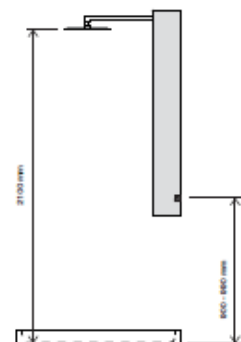
O HOTBOX é fornecido com espalhador de água e braço de suporte, derivador e suporte para chuveiro de mão. O sistema de fixação ajustável garante a universalidade de adaptação à grande maioria das misturadoras existentes no mercado. Pode combinar-se a utilização de saídas de teto, banho de imersão e chuveiro de mão de acordo com as necessidades de cada instalação. Uma misturadora termostática, embora não obrigatória, é aconselhável para uma maior experiência de conforto; a água quente estará sempre disponível e a temperatura da água será constante.

#### INSTALAÇÃO:

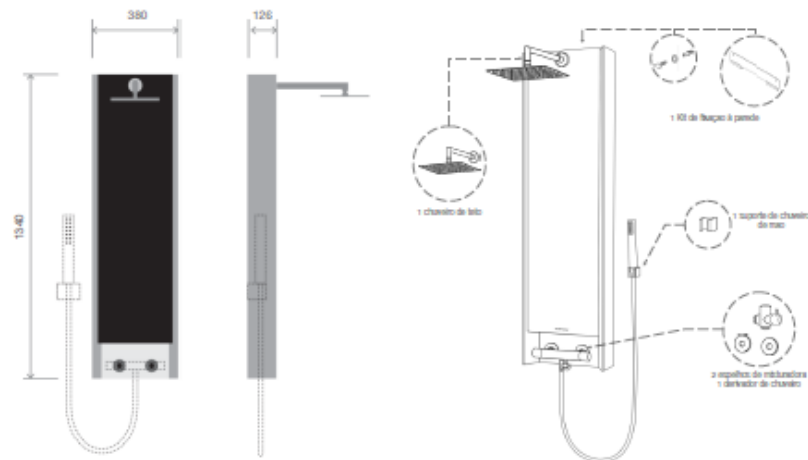
A instalação da coluna de chuveiro HOTBOX requer apenas a fixação do kit de fixação à parede fornecido e a conexão das duas mangueiras flexíveis com os pontos de saída da água na parede.

O HOTBOX é compatível com chuveiros e banheiras; o diagrama apresenta a distância mínima e máxima que deve existir entre a base e as saídas de água. A regulação da altura permite ter a saída de teto a uma altura correta tanto nas bases de duche como nas banheiras.

Consultar manual de instalação enviado com o Hoterway, ou procedimentos e vídeos disponíveis em [www.hoterway.com](http://www.hoterway.com).



DIMENSÕES E COMPONENTES DO PRODUTO:



DETALHES TÉCNICOS:

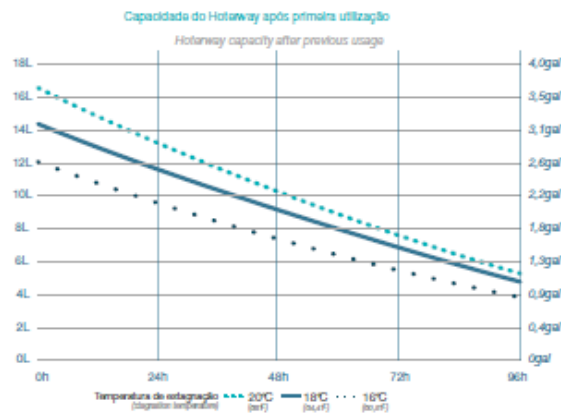
Hoterway HOTBOX  
 Material da caixa: alumínio com pintura eletrostática  
 Dimensões exteriores (excluindo acessórios): 1340 x 380 x 126 mm  
 Ligações: bicha de inox flexível com saída 3/4  
 Temperatura de fornecimento de água quente: > 50°C

ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO:

- Fácil de instalar e compatível com instalações já existentes
- Dimensões da embalagem: 1490 x 540 x 180 mm
- Caudal recomendado: 9,0 L/min
- Peso: 30 Kg

POTÊNCIAS:

O Hoterway aquece instantaneamente a água estagnada nas tubagens de distribuição. A alta performance do seu isolamento térmico assegura que o calor permanece no equipamento durante alguns dias. Como o equipamento é carregado apenas com o uso, o tempo máximo entre utilizações depende da quantidade de água estagnada nas tubagens. O gráfico em baixo mostra a capacidade de aquecimento instantâneo da água ao longo do tempo desde a última utilização do equipamento.



Testes de performance à bateria térmica realizados com um caudal e 8L/min e temperaturas de entrada de 16/18/20 °C.

- Energia acumulada 0,42 kWh

CERTIFICAÇÃO:

- Garantia:
- 25 anos à performance térmica das baterias Hoterway
  - 2 anos nos componentes e acessórios



A photograph of a modern bathroom. On the left, there is a white vanity unit with two white basins and chrome faucets. A mirror is mounted above the vanity. The walls are covered in light-colored, textured stone tiles. On the right, a glass shower enclosure is visible, containing a black shower column with a showerhead and a handheld shower wand. The floor is also covered in the same stone tiles.

hoterway®  
heabor/

2020

**Água quente desde o 1º segundo**  
Poupe água! É um bem escasso.

**Hot water from the 1<sup>st</sup> second**  
Save water! It's a scarce resource.

## TECNOLOGIA

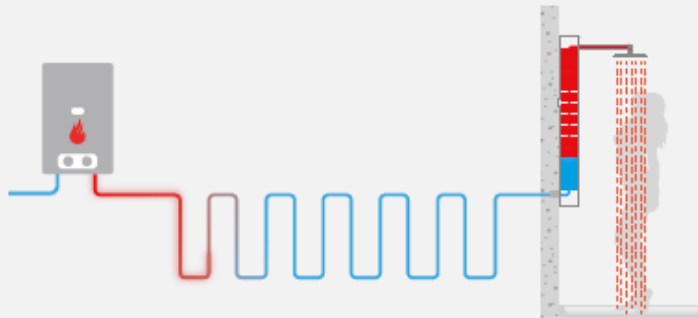
Em 2015, a Heaboo iniciou um processo de desenvolvimento de uma tecnologia inovadora, hoje em fase de atribuição de patente internacional.

Esta tecnologia, materializada numa bateria térmica, aquece até 12 litros de água sem recorrer a qualquer fonte de energia elétrica.

## TECHNOLOGY

In 2015, Heaboo began a process of developing an innovative technology, which is currently under international patent award.

This technology, materialized in a thermal battery, heats up to 12 liters of water without resorting to any source of electricity.



O princípio baseia-se na libertação de energia que um material denominado de PCM (Phase Change Material) desencadeia quando muda do estado líquido para o estado sólido.

O ciclo de carga-descarga é infinito e sem perda de performance, e inicia-se quando, durante um banho a água quente transfere calor para o PCM provocando a sua mudança de fase. O eficiente sistema de isolamento térmico mantém o PCM líquido durante mais de 24h e no dia seguinte, quando se entra no duche, haverá água quente de imediato porque o PCM aquece a água fria estagnada na tubagem.

The principle is based on the release of energy that a material called PCM (Phase Change Material) triggers when it changes from liquid to solid state.

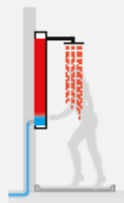
The charge-discharge cycle is infinite and without loss of performance, and begins when during a bath hot water transfers heat to the PCM causing its phase change. The efficient thermal insulation system keeps the PCM liquid for more than 24 hours and in the next day, when enter the shower, there will be hot water immediately because the PCM heats the stagnant cold water in the pipe.

Com o Hoterway não desperdiça água potável no banho enquanto espera que a água aqueça.

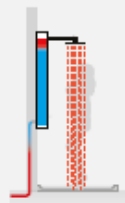
O sistema não requer qualquer tipo de manutenção e o produto tem 10 anos de garantia.

With Hoterway you don't waste potable water in the bath while waiting for the water to heat up.

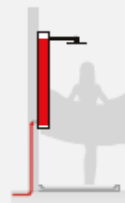
The system does not require any maintenance and the product has a 10 year warranty.



1. No início do banho o Hoterway aquece a água estagnada na tubagem.  
*At the beginning of the bath Hoterway heats the stagnant water in the pipeline.*



2. Quando a água quente chega ao chuveiro a bateria começa a carregar.  
*When hot water reaches the shower the battery begins the charging.*



3. No final do banho a bateria estará carregada e pronta para ser usada no dia seguinte.  
*At the end of the bath the battery will be charged and ready for use in the next day.*



conforto  
comfort



poupança  
savings



garantia  
warranty

## hoterway® | ONE



Coluna térmica de duche em alumínio escovado, integra bateria Hoterway de 12 litros de capacidade de aquecimento passivo de água.

- Compatível com os sistemas de banho existentes no mercado;
- Permite usar a misturadora e outros acessórios já existentes;
- Instalação fácil;
- Sistema de regulação em altura do chuveiro.
- não inclui misturadora

Lacquered aluminum thermal shower column. Integrates Hoterway battery in 12 liter versions of passive water heating capacity.

- Compatible with existing bath systems;
- Allows to use the mixer and other existing accessories;
- Easy installation;
- Shower height adjustment system;
- Does not include mixer.



## hoterway® | HOTBOX

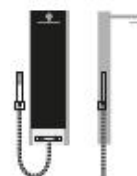


Coluna térmica de duche em alumínio lacado e painel frontal disponível em várias cores. Integra bateria Hoterway com 12 litros de capacidade de aquecimento passivo de água.

- Compatível com os sistemas de banho existentes no mercado;
- Permite usar a misturadora e outros acessórios já existentes;
- Instalação fácil;
- inclui chuveiro de teto com espalhado e derivador para chuveiro de mão, não inclui misturadora.

Lacquered aluminum thermal shower column and front panel available in various colors. Integrates Hoterway battery in 12 liter version of passive water heating capacity.

- Compatible with existing bath systems;
- Allows to use the mixer and other existing accessories;
- Easy installation;
- includes overhead shower with spreader and hand shower diverter, does not include mixer.



# heabor

disruptive techs

www.hoterway.com  
info@heabor.com  
Z.I. Taboeira TABPARK lote27, fração G  
3800-055 Aveiro | Portugal  
+351 234 086 989

## hoterway®

hoterway® é uma marca registada Heabor, Lda.

A Heabor é especializada no desenvolvimento de soluções sustentáveis que melhoram a eficiência hídrica e energética dos edifícios. A equipa formada por designers e engenheiros com know-how transforma criatividade em produtos inovadores.

Heabor develops innovative solutions to improve water and energy efficiency in buildings.

Heabor team is composed by engineers and designers with know-how and experience that create innovative and sustainable solutions.

Certificação Certification



Patente Patent



Supported by



InnoEnergy  
www.innoenergy.com

Co-financed by:



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Europeu  
Estrutural e de Investimento





## Caudalímetro com regulador de caudal

### Principais Características

Temperatura máxima: 120°C (pontualmente 160°C) DN 15:  
 22mm (2-12 l/min)  
 3/4" (2-12 l/min)  
 1" (8-38 l/min) DN 20:  
 1" (5-42 l/min)  
 1 1/4" (5-42 l/min)  
 1 1/2" (20-70 l/min)

### Descrição do Produto

Caudalímetro com regulador de caudal para energia solar.

### Modelos e Preços

Código	Modelo
2799-0605	Caudalímetro/Regulador de Caudal D.22
2799-0603	Caudalímetro/Regulador de Caudal 3/4"
2799-0604	Caudalímetro/Regulador de Caudal 1" DN15
2799-0602	Caudalímetro/Regulador de Caudal 1" DN20
2799-0601	Caudalímetro/Regulador de Caudal 1 1/4" DN20
2799-0606	Caudalímetro/Regulador de Caudal 1 1/2" DN20



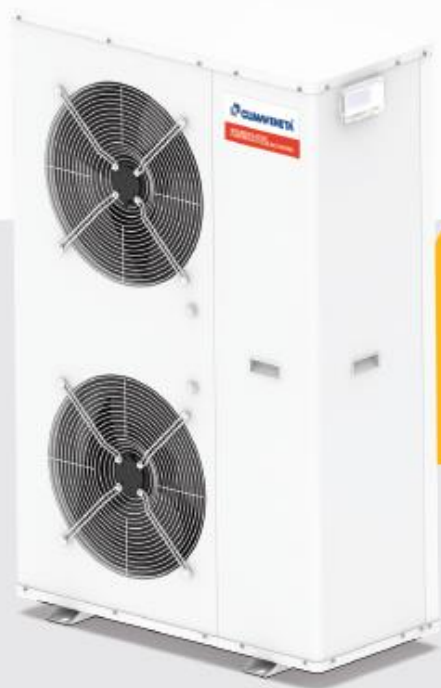
**MITSUBISHI ELECTRIC  
HYDRONICS & IT COOLING SYSTEMS S.p.A.**

COMFORT

HEAT PUMPS

i-BX-N

AIR COOLED HEAT PUMP  
FOR OUTDOOR INSTALLATION  
FROM 4,2 TO 35,1 kW



[climaveneta.com](http://climaveneta.com)

**CLIMAVENETA®**

# i-BX-N

## PERFECT COMFORT AND MAXIMUM EFFICIENCY



Air to water heat pump for outdoor installation, from 4,2 to 35,1 kW



Outdoor unit for cold / hot water and domestic hot water production, with hermetic rotary compressors with variable speed (Inverter Driven) in a single-circuit configuration using R410A refrigerant, air side heat exchanger with copper tubes and aluminum fins, water side steel brazed plate heat exchanger. The unit is equipped with electronic expansion

valve and integrated hydraulic module as standard.

i-BX-N adapts to the most diverse load conditions thanks to the accurate temperature control combined with the use of inverter technology, ensuring a high level of energy efficiency both at full and partial loads.

### THE HEAT PUMP FOR EVERY NEED

#### System efficiency

The unit is designed with a system approach: all components are set in synergy according to a proprietary logic to maximise the efficiency of the unit.

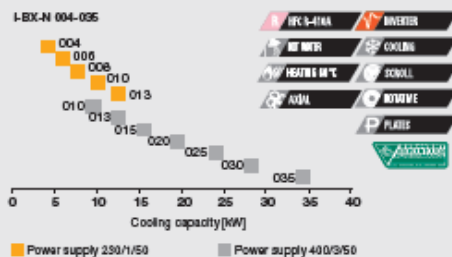
#### High efficiency at partial loads

High values of seasonal efficiency thanks to the modulation of the compressor with DC inverter technology so that the unit provides the exact thermal power in correspondence with the actual needs of the building. High efficiency which translates into reduced energy consumption throughout the unit's working period.

### COMFORT APPLICATIONS

- ✓ Residential buildings
- ✓ Commercial premises
- ✓ Infrastructure for entertainment
- ✓ Offices
- ✓ Hotels and Resorts
- ✓ Health facilities
- ✓ Centralized systems that can be implemented with cascade systems

### A WIDE RANGE FOR EVERY NEED



### ErP READY



Most of the time, the heat pump works to meet half the building's energy demand. In fact, only one working point is no longer an expression of the efficiency of the unit, the focus is on seasonal efficiency.

SCOP LT35°C 3,80\*

SCOP MT55°C 2,95\*

SEER 4,40\*

i-BX-N, thanks to inverter technology, complies with the ErP directive, exceeding the minimum seasonal heating energy efficiency requirements, SCOP, for both low temperature and medium temperature applications.

\*average values

## SILENT OPERATION

Noise levels are reduced by modulating the fan speed and the frequency of the compressor.



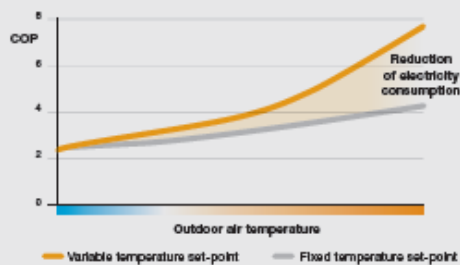
## DOMESTIC HOT WATER



Production of domestic hot water guaranteed all year. The controller manages the production of domestic hot water through a 3-way valve to be installed externally to the unit.

## REDUCED ENERGY CONSUMPTION

The dynamic control of the water supply temperature according to the outdoor air temperature greatly increases the comfort and energy efficiency of the system.



## EASY INSTALLATION

The i-BX-N are packaged mono-block heat pumps that are particularly easy to install.

The hydraulic components are all contained inside the unit and the pipe connections are hydraulic, therefore it is not necessary to carry out the typical procedures of direct expansion air-conditioning systems (vacuum, refrigerant topping up, etc.).



## INTELLIGENT MANAGEMENT OF YOUR PLANT

Nadisystem guarantees a centralized regulation of the plant ensuring:

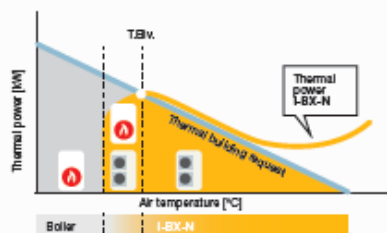
- ✓ Easy communication between the different components
- ✓ Simplified installation
- ✓ Reduced number of checks

nadisystem



## INTEGRATION AMONG DIFFERENT SOURCES

Nadisystem integrates different energy sources based on availability, performance and costs of their use, always favoring renewable sources.



The auxiliary sources are used to meet the building needs at low outdoor temperatures by integrating the heating capacity of the heat pump.

## CUSTOMIZATION OF THE SYSTEM

Nadisystem has several special functions that allow you to customize the system for every need.

The controller is able to regulate two zones both in heating and cooling and with different delivery temperatures, making the i-BX-N heat pump compatible with different types of systems with different water temperature levels.

## CASCADE MANAGEMENT OF UNITS

Up to 4 units with the same power can be connected in cascade to cover high thermal requirements (optional configuration). The configuration is managed in master/slave mode, with the master unit that takes care of processing the information and transmits it to the slave units.

## TECHNOLOGICAL CHOICES

### Structure

Structure consisting of a base and self-supporting hot galvanized steel panels, painted with RAL 7035 polyester powders.

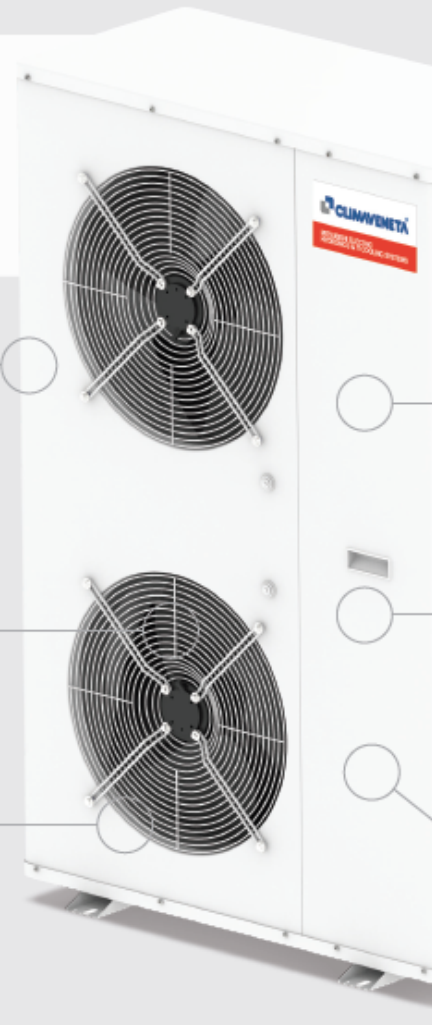
- › Solidity and robustness.
- › Maximum accessibility for service and maintenance operations.

### Fans

Axial fans with continuous regulation of the speed optimise the air flow obtaining low consumption and minimizing the sound level.

### Coil

- › Condenser with copper pipes and aluminum fins.
- › Coil protection grids as standard up to size 015.



## nadisystem



### NADICompact

- › Functional buttons
- › Graphic display and icons

Allows quick and easy consultation and intervention on the unit by means of a multi-level menu.

### NADISYSTEM control

- › Setting the water set point with fixed or dynamic value with the Climatic curve.
- › Antifreeze protection depending on the water temperature and outside air temperature.
- › Production of domestic hot water.
- › Management of external auxiliary sources.
- › Two zones with different water temperature distribution.
- › Weekly programming up to 6 timeslots.
- › Digital input for night function (Night mode).
- › Remote connectivity to BMS systems via serial card (accessory).

### › Cascade systems management

In the event that the thermal requirements are high, up to 4 units (of the same power) can be connected in cascade.

- Managed in master slave mode, with the master unit that takes care of processing the information and then transmitting it to the slave units.
- High degree of partialization of the power supplied, without decreasing performance, and a timely sizing of the system.
- Possibility to dedicate only one or all the units for the production of domestic hot water.

All the hydraulic components for the installation of the unit are already included without increasing its size.

- ▶ EC pump, brushless motor with electronic switching to guarantee low consumption and high system efficiency.
- ▶ Water flow switch, to protect the exchanger for low water flows.
- ▶ Safety valve.
- ▶ Expansion vessel.
- ▶ Air release valve.
- ▶ Net type filter, not mounted but supplied with the unit.

### Evaporator

- ▶ Brazed plate heat exchanger made of AISI 316 stainless steel, externally coated with an anti-condensation mat in closed cell neoprene (CFC and HCFC-free).
- ▶ Thermostatic electric heater to protect against ice formation on the inside.
- ▶ Low pressure drops and optimized heat transfer.

### Refrigerant circuit

- ▶ Electronic expansion valve as standard:
  - optimized refrigerant flow;
  - effective temperature control;
  - fast regulation and high efficiency.



### Compressor

Mitsubishi Electric compressors, synonymous with quality, reliability and high performance at partial loads. Compressor installed on rubber anti-vibration mounts and soundproofed by special sound-absorbing material.



### SPECIAL ANTIFREEZE FUNCTION

Dedicated algorithms prevent the formation of ice by:

- ▶ activating the electrical resistance on the plate heat exchanger.
- ▶ activating the pump according to the outdoor air temperature.
- ▶ enabling the inside of the flow switch due to lack of flow.

The unit is also designed to work with brine-free mixtures up to a leaving temperature of -8 °C.





## i-BX-N

Air to water heat pump for outdoor installation 4,2 - 35,1 kW



i-BX-N		004	006	008	010	013	010	013	015	020	025	030	035
Power supply	V/Hz	230/1,50	230/1,50	230/1,50	230/1,50	230/1,50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50
<b>COOLING ONLY (GROSS VALUE)</b>													
Cooling capacity	(1) kW	4,2	5,9	7,5	9,9	12,4	10,5	12,8	14,7	18,7	24,7	29,4	35,1
Total power input	(1) kW	1,55	2,08	2,72	3,64	4,54	3,64	4,54	5,24	7	8,99	10,5	12,7
EER	(1) KWKW	2,71	2,84	2,76	2,72	2,73	2,89	2,82	2,81	2,67	2,75	2,8	2,76
ESEER	(1) KWKW	4,24	4,32	4,45	4,21	4,24	4,24	4,49	4,31	3,88	3,93	3,89	3,93
<b>COOLING ONLY (EN 14511 VALUE)</b>													
Cooling capacity	(1)(2) kW	4,2	5,9	7,51	9,91	12,4	10,5	12,8	14,7	18,7	24,7	29,5	35,2
EER	(1)(2) KWKW	2,76	2,88	2,81	2,73	2,75	2,89	2,84	2,82	2,7	2,77	2,83	2,78
ESEER	(1)(2) KWKW	4,61	4,56	4,83	4,26	4,37	4,29	4,58	4,38	3,99	4,03	4	4,01
Cooling energy class		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
<b>HEATING ONLY (GROSS VALUE)</b>													
Total heating capacity	(2) kW	4,63	6,36	8,51	11	14,3	11,4	14,7	17,2	21,7	26,1	32,3	38,1
Total power input	(2) kW	1,51	2,03	2,85	3,85	4,53	3,66	4,55	5,15	6,9	8,31	10,3	12
COP	(2) KWKW	3,07	3,13	3,21	3,01	3,16	3,11	3,23	3,34	3,14	3,14	3,14	3,17
<b>HEATING ONLY (EN 14511 VALUE)</b>													
Total heating capacity	(3)(2) kW	4,62	6,37	8,5	11	14,3	11,4	14,7	17,2	21,7	26,1	32,2	38
COP	(3)(2) KWKW	3,12	3,19	3,26	3,02	3,19	3,12	3,24	3,36	3,16	3,16	3,13	3,19
Cooling energy class	(3)(2)	B	B	A	B	B	A	A	A	B	B	B	B
<b>ENERGY EFFICIENCY</b>													
<b>SEASONAL EFFICIENCY IN COOLING (Reg. EU 2016/2281)</b>													
<b>SPACE COOLING</b>													
Rated <sub>c</sub>	(11) kW	4,2	5,9	7,51	9,91	10,5	12,4	12,8	14,7	18,7	24,7	29,5	35,2
SEER	(11)(12)	4,42	4,44	4,71	4,37	4,33	4,46	4,65	4,53	4,14	4,22	4,22	4,2
Performance η <sub>s</sub>	(11)(13)	174	175	185	172	170	175	183	178	163	166	166	165
<b>SEASONAL EFFICIENCY IN HEATING (Reg. EU 813/2013)</b>													
PD <sub>design</sub>	(4) kW	3,4	4,8	6,02	8,18	10,4	8,48	10,9	12,3	16,5	21,9	24,7	28,1
SCOP	(4)(14)	3,59	3,89	4,15	3,54	3,81	3,64	3,99	3,67	3,58	3,77	3,8	3,7
Performance η <sub>s</sub>	(4)(15)	%	140	153	163	139	149	142	157	144	139	148	149
Classe di efficienza stagionale	(4)	A+	A++	A++	A+	A+	A+	A++	A+	A+	A+	A+	A+
PD <sub>design</sub>	(5) kW	3,87	5,32	7,02	8,54	10,61	9,07	11,42	13,82	17,31	21,37	24,92	28,97
SCOP	(5)(14)	2,81	3,12	3,23	2,82	2,93	2,92	3,01	2,98	2,91	2,95	2,97	3,01
Performance η <sub>s</sub>	(5)(15)	%	110	122	128	110	114	114	117	116	113	115	113
Seasonal efficiency class	(5)	A+	A+	A++	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+
<b>EXCHANGERS</b>													
<b>HEAT EXCHANGER USER SIDE IN REFRIGERATION</b>													
Water flow	(1) m <sup>3</sup> /h	0,2	0,29	0,36	0,47	0,59	0,5	0,61	0,7	0,89	1,18	1,41	1,68
Available units head	(1) kPa	51,4	39,8	66,5	57,7	56,6	53,3	53	78,7	74,6	61,5	91,3	73,5
<b>HEAT EXCHANGER USER SIDE IN HEATING</b>													
Water flow	(2) m <sup>3</sup> /h	0,22	0,31	0,41	0,53	0,69	0,55	0,71	0,83	1,05	1,26	1,56	1,84
Available units head	(2) kPa	47,9	35,4	57,9	54,1	51,1	50,2	47,1	71,5	60,3	55	80,5	61,8
<b>REFRIGERANT CIRCUIT</b>													
Compressors nr.	NP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
No. Circuits	NP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Refrigerant charge	kg	1,47	2,2	3,7	3,95	4,45	3,95	4,45	5,1	7,3	7,55	8,5	9,1
<b>NOISE LEVEL</b>													
Sound power level in cooling	(7)(8) dB(A)	64	65	66	69	70	69	70	74	74	75	76	77
Sound power level in heating	(7)(9) dB(A)	64	65	66	69	70	69	70	74	74	75	76	77
Sound Pressure	(8) dB(A)	50	51	51	54	55	54	55	59	59	59	60	61
<b>SIZE AND WEIGHT</b>													
A	(10) mm	900	900	900	900	900	900	900	1450	1450	1450	1450	1700
B	(10) mm	370	370	420	420	420	420	550	550	550	550	550	650
H	(10) mm	940	940	1240	1240	1390	1240	1390	1200	1200	1700	1700	1700
Operating weight	(10) kg	80	85	100	115	135	115	135	180	205	265	290	325

## Notes:

- Plant (side) cooling exchanger water (in/out) 12°C/7°C; Source (side) heat exchanger air (in) 35°C.
- Values in compliance with EN 14511-3:2013.
- Plant (side) heat exchanger water (in/out) 40°C/45°C; Source (side) heat exchanger air (in) 7°C - 80% R.H.
- Seasonal space heating energy efficiency class LOW TEMPERATURE in AVERAGE climate conditions [REGULATION (EU) N. 813/2013]
- Seasonal space heating energy efficiency class MEDIUM TEMPERATURE in AVERAGE climate conditions [REGULATION (EU) N. 813/2013]
- Average sound pressure level at 1m distance, unit in a free field on a reflective surface; non-binding value calculated from the sound power level.
- Sound power on the basis of measurements made in compliance with ISO 9614.
- Sound power level in cooling, outdoors.
- Sound power level in heating, outdoors.

10 Unit in standard configuration/execution, without optional accessories.

11 Seasonal energy efficiency of the cooling environment [REGULATION (EU) N. 2016/2281]

12 Seasonal space energy index

13 Seasonal energy efficiency of the space cooling

14 Seasonal performance coefficient

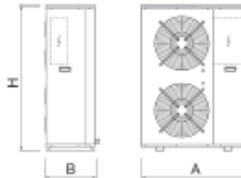
15 Seasonal space heating energy efficiency

The units highlighted in the publication contain HFC R410A [GWP=2088] fluorinated greenhouse gases.

Certified data in EUROVENT

## Accessory:

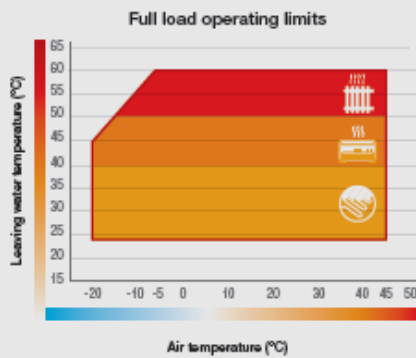
- Remote keyboard
- Wired room terminal with backlit display, and with temperature and humidity probe
- Cascade management kit
- DHW temperature probe and Buffer temperature probe
- Copper-Aluminum heat exchanger coils with epoxy treatment
- Copper-Copper heat exchanger coils
- Buffer tank
- Domestic hot water storage tank and 3 way valve for DHW production
- Electric heater for the base and for condensate collecting tray to avoid freezing
- Serial card RS485 for ModBus
- Rubber anti-vibration mounting kit



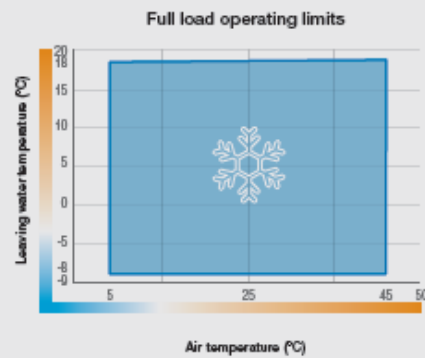


## EXTENDED OPERATING LIMITS

Particular attention was paid to winter operation, which thanks to inverter technology is guaranteed beyond the normal limits of traditional units.



The water can be heated up to 60°C and up to -20°C of outdoor air temperature to satisfy a wide range of heating systems and to produce domestic hot water all year round without the need of external auxiliary sources.



i-BX-N is also an excellent solution for summer cooling, which is guaranteed at full load with outdoor air temperature up to 45°C.

## HYDRONIC TERMINALS

i-BX-N series is compatible with all hydronic terminals of Climaveneta, a brand of Mitsubishi Electric Hydronics & IT Cooling Systems.







**mitsubishi electric** **HYDRONICS & IT COOLING SYSTEMS S.p.A.**

Head Office: Via Caduti di Cefalonla 1 - 36061 Bassano del Grappa (VI) - Italy

Tel (+39) 0424 509 500 - Fax (+39) 0424 509 509

[www.climaveneta.com](http://www.climaveneta.com)

[www.melcohit.com](http://www.melcohit.com)



## Anexo 19– Ficha técnica Pressostato



### Pressostato Schneider XM

Pressostatos



Schneider  
Electric

#### REFERÊNCIA

#### DESIGNAÇÃO

1PRESSTXM063-1  
1PRESSTXM123-1

Pressostato TLM XM (1~6Bar) Tripolar G1/4"  
Pressostato TLM XM (1,3~12Bar) Tripolar G1/4"

#### CARACTERÍSTICAS

#### ESCALA DE AJUSTE:

1~6 Bar

1,3~12 Bar

#### ΔP PRESSÃO DIFERENCIAL:

Min 0,8 Bar  
Máx 1,2~4,2 Bar

Min 1 Bar  
Máx 1,7~8,4 Bar

#### LIGAÇÃO:

G1/4"

G1/4"

#### TENSÃO NOMINAL:

400V AC

400V AC

#### CORRENTE NOMINAL:

20A Máx.  
3kW(AC3)

20A Máx.  
3kW(AC3)

#### TEMPERATURA AMBIENTE:

-25~70°C

-25~70°C

#### TEMPERATURA MEIO A MEDIR:

0~70°C

0~70°C

#### PESO:

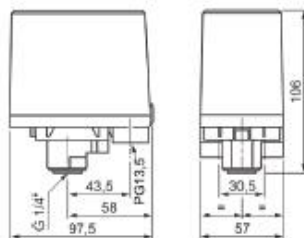
0,43Kg

0,43Kg

#### ÍNDICE PROTEÇÃO:

IP54

IP54



TLM-PRESSTXM 1R0

morada  
Rua da Ribeira,  
834, B  
4785 Trota  
Portugal

telefone  
252 411 694

fax  
252 411 695

mail@repmel.com  
www.repmel.com

## Anexo 20– Ficha técnica Válvula 3 vias

### Válvulas desviadoras de esfera motorizadas com comando a 3 contactos

série 6443



UNI EN ISO 9001:2000  
Cert. nº BR 21654



UNI EN ISO 9001:2000  
Cert. nº 0002



#### Função

As válvulas desviadoras motorizadas permitem o desvio automático do fluido termovector nas instalações de climatização e hidro-sanitárias.

O elevado desempenho hidráulico desta série específica de válvulas, juntamente com as reduzidas dimensões e o carácter prático de utilização no momento da instalação, torna-as particularmente adequadas para instalações de aquecimento e de produção de água quente sanitária.

As válvulas motorizadas de esfera são utilizadas nas instalações indicadas, sobretudo graças às seguintes características:

- Tempo reduzido de manobra (abertura - fecho válvula)
- Capacidade de funcionamento com pressões diferenciais elevadas
- Baixas perdas de carga
- **Combinação com qualquer tipo de comando a 3 contactos** para um controlo completo na fase de abertura e fecho, dadas as características eléctricas de fabrico.

Pedido de patente N.º. MI 2005A001282

#### Conformidade com as directivas europeias

Marcação CE directivas 89/336 CE e 73/23 CE.



#### Gama de produtos

Cód. 6443.. Válvula de esfera de três vias versão desviadora motorizada com comando a 3 contactos \_\_\_\_\_ medidas 1/2", 3/4", 1"

#### Características técnicas

##### Materiais:

**Corpo da válvula**  
Corpo: latão UNI EN 12165 CW617N  
Esfera: latão UNI EN 12164 CW614N, cromada  
Vedação esfera: PTFE com O-Ring em EPDM  
Vedação haste comando: duplo O-Ring em EPDM  
Vedação casquilhos: O-Ring em EPDM

##### Servocomando

Borracha de protecção: policarbonato auto-extingüível  
Cor: cinzento RAL 9002

##### Prestações:

**Corpo da válvula**  
Fluido de utilização: água, soluções com glicol  
Percentagem máx. de glicol: 50%  
Pressão máx. de funcionamento: 10 bar  
Campo de temperatura: -5÷110°C  
Pressão diferencial máx.: 10 bar  
Ligações: 1/2"÷1" M com casquilho

##### Servocomando

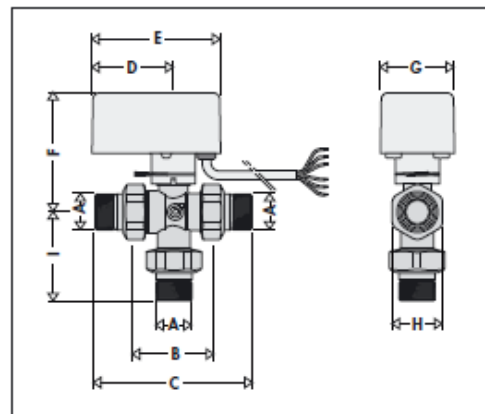
Motor síncrono  
Alimentação eléctrica: 230 V (±10%) - 50÷60 Hz  
24 V (±10%) - 50÷60 Hz

Consumo: 4 VA  
Corrente dos contactos do micro-interruptor auxiliar: 0,8 A (230 V)  
Grau de protecção: IP 44 (haste comando vertical)  
IP 40 (haste comando horizontal)

Tempo de manobra (ângulo de rotação 90°): 40 s  
Campo de temperatura ambiente: 0-55°C  
Par binário dinâmico: 8 N·m  
Comprimento do cabo de alimentação: 100 cm

#### Dimensões - Completar código (.)

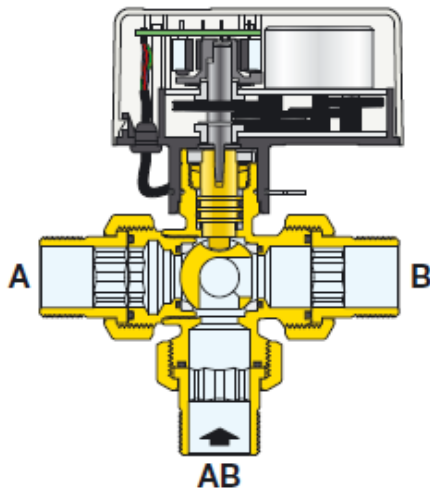
2 → 230 V	4 → 24 V
3 → 230 V	5 → 24 V



Código	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Peso (kg)
64434.	1/2"	60	117	60	95	88	55	Es. 37	58,5	1,1
64435.	3/4"	60	117	60	95	88	55	Es. 37	58,5	1,1
64435.	3/4"	78	149	60	95	91	55	Es. 37	73	1,4
64436.	1"	78	159	60	95	91	55	Es. 47	78	1,7

As dimensões assinaladas referem-se às válvulas com Kv = 8,6.

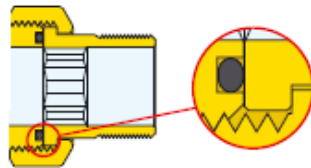
**Código 6443.. 3 vias versão desviadora**



**Particularidades construtivas**

**Vedações**

As válvulas possuem casquilhos de forma plana com O-Ring de vedação em EPDM.



**Servocomando**

**- Utilização ON/OFF**

As válvulas podem ser utilizadas na modalidade ON/OFF com um simples contacto eléctrico de abertura ou fecho dado pelo termóstato/cronotermóstato a três contactos ou por um desviador comum.

**- Utilização modulante**

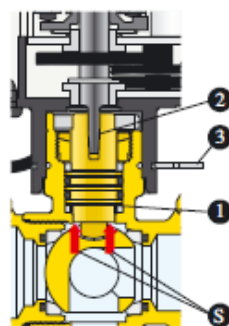
As características eléctricas construtivas do servocomando tornam-no acoplável com qualquer tipo de regulador a três pontos.

**- Transmissão do movimento**

Grças ao acoplamento cónico entre a haste da válvula (1) e o braço do motoreductor (2), obtém-se o encaixe constante dos dois componentes. Isto permite uma compensação automática da folga mecânica graças à força (S) exercida na haste pela pressão do fluido.

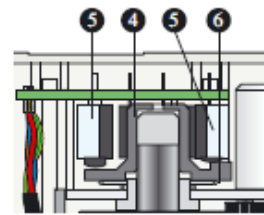
**- Acoplamento servocomando e válvula**

Por meio de um retentor elástico de bloqueio em aço (3), o acoplamento entre a válvula e o servocomando, torna-se mais fácil e rápido através de uma simples operação de encaixe com bloqueio automático.



**- Came e micro-interruptores de fim de curso**

A came (4) que acciona os micro-interruptores de fim de curso (5) pode deslocar-se no sentido vertical, e é suportada por uma mola cónica (6). Desta forma mantém-se constante o contacto com os micro-interruptores, compensando o possível desgaste das peças com o passar do tempo.



**- Micro-interruptor auxiliar**

O servocomando possui um micro-interruptor auxiliar para ser utilizado, por exemplo, para a paragem da bomba no momento do fecho da válvula, e vice-versa. Este fecha-se na presença de um valor médio de abertura da válvula de 80%.

**Direcções do fluxo e indicador de posição**

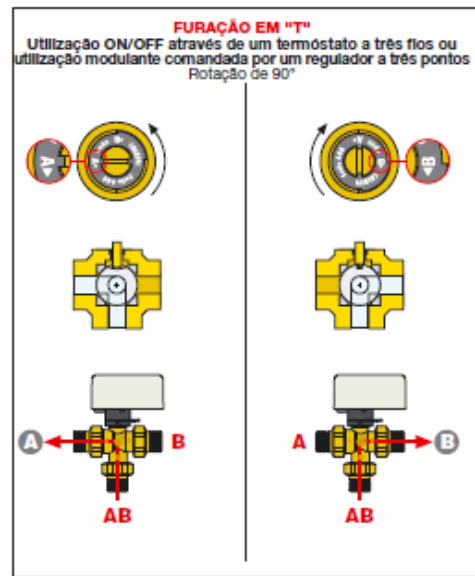
Removendo o servocomando, fica visível o entalhe no topo da haste de comando, no qual o perno do servocomando se move:

- este permite o movimento de abertura/fecho da válvula, utilizando manualmente uma chave de fendas.
- a sua posição permite perceber a direcção do fluxo em função da posição da esfera, indicação esta muito útil no momento de teste ou de verificação da instalação.

A seguir é apresentado um esquema no qual, segundo a posição do entalhe, é indicada a direcção do fluxo.

**Válvula de três vias versão desviadora código 6443.**

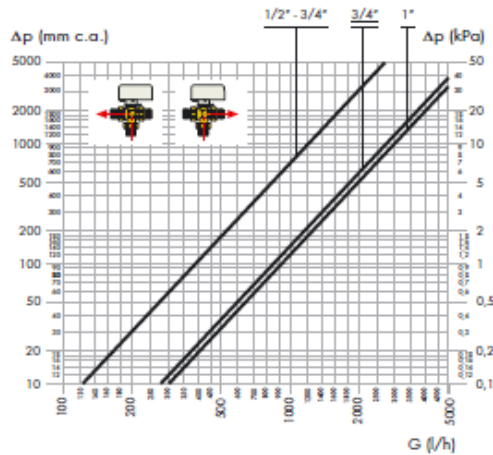
A acção de desvio do fluxo pode ser parcializada graças às características eléctricas do servocomando a três contactos.



Todas as válvulas são fornecidas com o entalhe/indicador na posição horizontal.

## Características hidráulicas

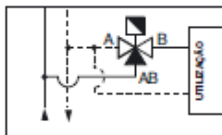
Válvula de zona de três vias versão desviadora código 6443.. medidas 1/2", 3/4" e 1"



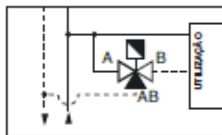
Código	Ligação	Kv (m³/h)
644342/44	1/2"	3,9
644352/54	3/4"	3,9
644353/55	3/4"	8,6
644362/64	1"	9,0

1. As válvulas de zona de três vias **desviadoras** podem ser instaladas tal como indicado:

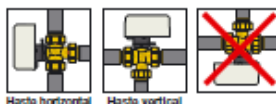
a. na ida com uma posição desviadora (entrada comum AB e saídas A ou B) e utilização ON/OFF



b. no retorno com posição misturadora (ou seja, entradas em A e B, e saída comum AB) e utilização ON/OFF



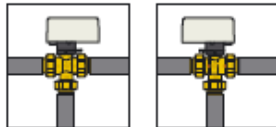
2. A válvula deve ser instalada com a haste de comando na posição horizontal ou vertical, **mas nunca virada ao contrário**.



2b. No caso de instalações com água refrigerada, com o risco de formação de condensação, o servocomando deve ser instalado com a haste de comando vertical.



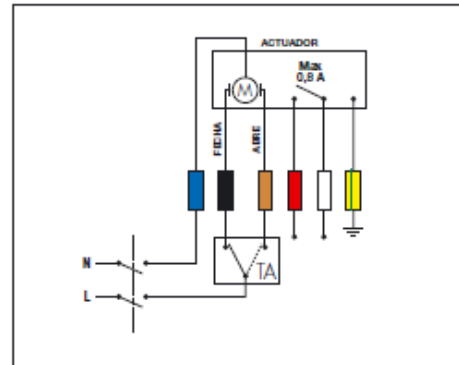
3. O servocomando pode ser montado no corpo da válvula nas duas posições indicadas. A fixação é efectuada mediante um retentor elástico em aço inox.



## Esquemas eléctricos

1. Esquema de ligação termóstato ambiente (TA) e alimentação eléctrica.

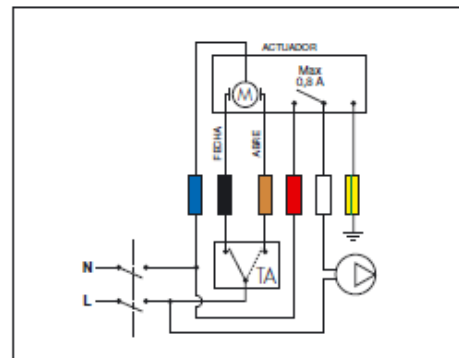
A ligação apresentada permite a abertura e o fecho da válvula, através do termóstato ambiente.



2. Esquema de desactivação da bomba quando nenhuma zona está a funcionar.

O esquema proposto, utilizando o micro-interruptor auxiliar, permite a desactivação da bomba quando a válvula de zona está fechada.

Caso a bomba tenha um consumo superior a 0,8 A (170 VA), é necessário utilizar uma relé intermédia.



## Micro-interruptores

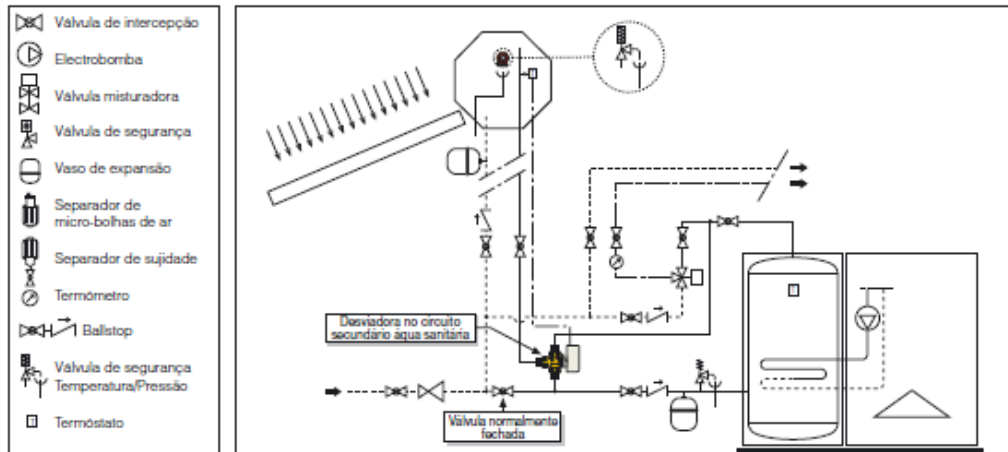
O motor eléctrico é dotado de micro-interruptores de fim de curso que interrompem a alimentação eléctrica quando se atingem as posições de abertura/fecho da válvula.

O micro-interruptor auxiliar fecha-se na presença de um valor médio de abertura da válvula de 80%.

### Esquemas de aplicação

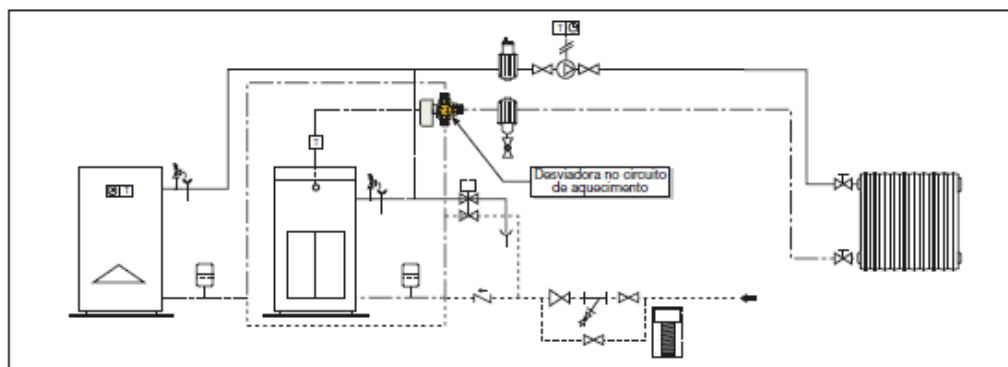
#### Instalação solar com válvula de três vias desviadora

Se a água proveniente do depósito de acumulação estiver a uma temperatura inferior à pretendida (e programada no termostato), a válvula desviadora envia a água para a caldeira. Caso contrário, a válvula envia directamente a água para a misturadora.



#### Instalação integrada com geradores de combustível sólido - líquido gasoso

Quando a entrada de energia do gerador de combustível sólido for insuficiente para manter a temperatura do fluido termovector no valor desejado, a válvula desviadora intervém para enviar a água para o circuito da caldeira de combustível líquido/gasoso.



### TEXTO PARA CADERNO DE ENCARGOS

#### Cód. 6443..

Válvula de esfera de três vias desviadora motorizada com comando a três contactos. Ligações 1/2" M (1/2" ÷ 1") com casquilho. Corpo em latão. Esfera em latão cromado. Vedação esfera em PTFE com O-ring em EPDM. Vedação haste de comando com duplo O-Ring em EPDM. Vedações casquilhos com O-Ring em EPDM. Fluido de utilização: água e soluções com glicol; Percentagem máximo de glicol 50%. Pressão máxima de exercício 10 bar. Campo de temperatura -5÷110°C. Pressão máxima diferencial de funcionamento 10 bar. Servocomando em policarbonato auto-extingüível; cor cinzenta RAL 9002; motor síncrono a três contactos com micro-interruptor auxiliar; alimentação eléctrica 230 V (ou 24 V); consumo 4 VA; par binário dinâmico 8 N.m. Corrente dos contactos micro auxiliar 0,8 A. Classe de protecção IP 44 (com haste de comando na posição vertical), IP 40 (com haste de comando na posição horizontal). Tempo de manobra (ângulo de rotação 90°C) 40 s; campo de temperatura ambiente 0÷55°C.

Reservamo-nos o direito de introduzir melhorias e modificações nos produtos descritos e nos respetivos dados técnicos, a qualquer altura e sem aviso prévio.

**CALEFFI**  
Hydronic Solutions

CALEFFI Brasil

Sede: Rua Tabapuã nº 821 conj. 125, CEP – 04533-013, Itaim Bibi, São Paulo - SP  
Telef. +55 11 2362 4903 - Fax +55 11 2362 4907 - comercial.br@caleffi.com - www.caleffi.com

© Copyright 2009 Caleffi