



**Interreg**  
**España - Portugal**



UNIÓN EUROPEA  
UNIÃO EUROPEIA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



# **Resultados operacionais e de sistemas de microcogeração com BNVAP**

**Resumo**

## 1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar a **viabilidade** da aplicação da **microcogeração** como **sistema de valorização energética** das **Biomassas Não Valorizadas de Alto Potencial** (BNVAP) estudadas no âmbito do projeto mediante um Ciclo Orgânico de Rankine (ORC) acoplado a uma caldeira de biomassa.

## 2. Materiais empregues

Foram utilizados **restos de podas de videira, tojo e kiwi** em forma de pellets cilíndricos com diâmetro de 6 mm e comprimento < 40 mm (D06). Em todos os ensaios realizados foram utilizados pellets de pinheiro com certificação ENplus A1 como combustível de referência.

## 3. Descrição da instalação

A unidade de microcogeração tem os seguintes elementos principais:

- Uma **caldeira** policombustível KWB de 60 kW térmicos (foco quente), alimentada por um silo de 500 L e encarregada de gerar a energia térmica necessária para poder produzir eletricidade num ciclo orgânico de Rankine em forma de água quente de até 90°C.
- Um **módulo ORC**, uma máquina térmica baseada num ciclo orgânico de Rankine com uma potência máxima de 4,4 kW elétricos e concebido para a utilização de calor a baixa temperatura (até 100°C em água) por conversão em eletricidade.

Apesar de se tratar de uma instalação destinada à cogeração o sistema experimental conta com um aerorrefrigerador para evacuar o calor do condensador mediante um circuito de água (foco frio).

Convém salientar que o equipamento do laboratório está integrado num Sistema de gestão centralizado para o Controlo, Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA). Deste modo em todo o momento é mostrado num sinóptico da instalação toda a informação precisa em tempo real possibilitando um controlo total constante da mesma.

As Figuras 1 e 2 mostram os principais componentes do sistema de microcogeração.



(a)



(b)

Figura 1. Componentes principais da unidade de microcogeração: (a) caldeira, (b) ORC.



Figura 2. Aerorrefrigerador (esquerda) e silo de biomassa (direita).

○ **Módulo ORC**

O módulo ORC utilizado apresenta uma configuração de ciclo regenerativo pela qual recupera, além do calor produzido na fonte térmica, o calor residual disponível à saída do expansor para pré-aquecer o líquido pressurizado. O seu funcionamento básico é mostrado na Figura 3.

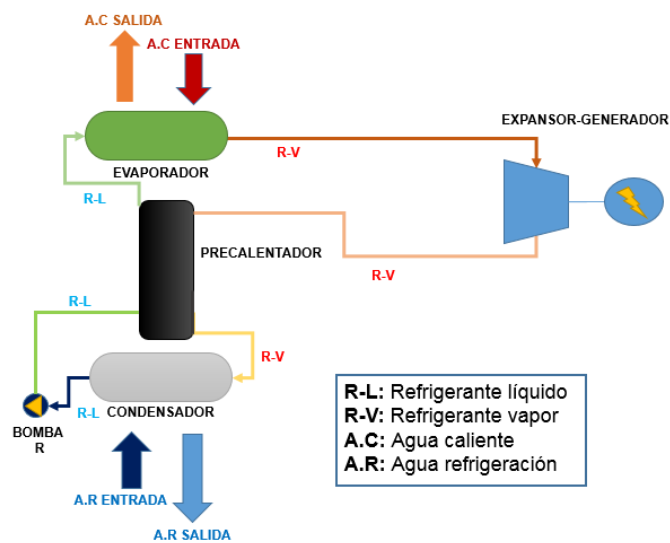


Figura 3. Esquema do módulo ORC empregue.

Tal como se observa na figura, uma vez pré-aquecido, o líquido de arrefecimento é conduzido para o evaporador onde muda de estado para a fase vapor. Em seguida, é conduzido para um expansor em cujo eixo é gerado trabalho mecânico. Este expansor é acoplado por uma transmissão mecânica a um gerador assíncrono, produzindo-se energia elétrica. Uma vez que o fluido abandona o expansor, já com uma pressão reduzida, cede parte do calor no regenerador ou pré-aquecedor e passa em seguida para um condensador onde se produz a troca de fase vapor-líquido. Finalmente é conduzido para uma bomba onde se pressuriza, começando de novo o ciclo.

#### 4. Metodologia de ensaio

Os testes experimentais realizados basearam-se em fazer **variar as condições de dissipação**, (diferença de temperatura entre os focos quente e frio). Em cada um dos testes realizados foram estudados **a potência** e o **rendimento elétricos globais** obtidos ao longo das diferentes temperaturas da água atingidas.

#### 5. Resultados obtidos

Para todos os biocombustíveis estudados obteve-se a mesma tendência: quanto **maior é a diferença de temperatura entre os focos quente e frio, maior é a potência elétrica gerada pelo módulo estudado**. A potência elétrica máxima alcançada é de 3,55 kW no caso de utilização de pellets de pinheiro ( $\Delta T=74,7^{\circ}\text{C}$ ), de 3,33 kW no caso de utilização de pellets de poda de videira ( $\Delta T=74,1^{\circ}\text{C}$ ), de 3,60 kW ( $\Delta T=76,6^{\circ}\text{C}$ ) com pellets de tojo e de 3,53 kW ( $\Delta T=74,7^{\circ}\text{C}$ ) com pellets de kiwi.

O mesmo aconteceu ao estudar o rendimento elétrico; **este aumenta quanto maior for a diferença de temperaturas entre os focos quente e frio**, tal como estabelece o Teorema de Carnot para qualquer máquina térmica. A eficiência máxima obtida aproxima-se de 9,45% no caso de utilizar pellets de pinheiro, a 8,37% quando o combustível utilizado são pellets de poda de videira, a 8,66% com pellets de tojo e 9,07% com pellets de kiwi.

Com cada um dos materiais utilizados foram **obtidos rendimentos de cogeração próximos a 96%**.

#### 6. Conclusões

Com base no **estudo de viabilidade da utilização da microcogeração** como sistema de **valorização energética** das BNVAP estudadas no âmbito do projeto, os testes realizados permitem determinar:

1. As diferenças de temperatura entre o foco quente e o foco frio influenciam significativamente os resultados obtidos.
2. Nas condições utilizadas neste trabalho podem obter-se rendimentos de cogeração próximos de 96%, demonstrando assim a **adequação das biomassas estudadas para a produção simultânea de calor e eletricidade em pequena escala**.