

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM GERADORES DE CALOR

Auditório INOVAGAIA, 26-06-2019

Programa

Workshop: “Eficiência Energética em Geradores de Calor”

Tema	Orador	Início	Fim
Abertura	Representantes da DGEG, ADENE e ENERGAIA	14:30	14:40
Perspetivas de instrumentos de Eficiência Energética em Portugal	Carlos Pimparel, DGEG	14:40	14:50
Racionalização Energética em Caldeiras Industriais	Fernando Oliveira, ADENE	14:50	15:20
Redução do consumo energético em caldeiras com queimadores Low NO _x de campo de modulação alargado e com aplicação de múltiplos recuperadores de energia	Paulo Morgado, Babcock Wanson	15:20	15:45
Poupança de energia e água através das purgas e remoção de O ₂ da água com Solução híbrida	José Magalhães, Bosch Termotecnologia, S.A.	15:45	16:10
Pausa para café		16:10	16:30
Recuperação de calor do condensado e vapor flash - Caso de estudo	Fernando Sousa, Spirax Sarco	16:30	16:50
Discussão	Discussão	16:50	17:20
Conclusões e encerramento	Encerramento	17:20	17:30

Perspetivas de Instrumentos de Eficiência Energética em Portugal

Carlos Pimparel – DGEG

Perspetivas de Instrumentos de Eficiência Energética em Portugal

Com o objetivo de alcançar a Neutralidade Carbónica em 2050 e em linha com as metas ue são estabelecidos metas e objetivos para Portugal para o horizonte 2030

METAS DE PORTUGAL EM MATÉRIA DE ENERGIA E CLIMA

	RESULTADOS 2016	META 2020	META 2030
 EMISSÕES GEE 2030 ¹	-22%	-18% a -23%	-45% a -55%
 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ²	23%	25%	35%
 RENOVÁVEIS	28,5%	31%	47%
 RENOVÁVEIS NOS TRANSPORTES	7,5%	10%	20%
 INTERLIGAÇÕES ELÉTRICAS	8%	10%	15%

(1) sem LULUCF; face a 2005; (2) Redução no consumo de energia primária sem usos não energéticos. Por comparação com as projeções do modelo PRIMES de 2007

Perspetivas de Instrumentos de Eficiência Energética em Portugal

Instrumentos de Eficiência Energética em Portugal

- **SGCIE - Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia**
 - Revisão da legislação do SGCIE, no sentido de **reduzir o patamar** de abrangência do SGCIE e **aumentar a periodicidade** de entrega de novos Planos de Racionalização;
- **SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios**
 - Transposição da Diretiva no sentido de criar condições para 2050:
 - Edifícios com necessidades energéticas quase **nulas**, alicerçadas num quadro de referência para a **descarbonização** os edifícios;
 - Incentivo da utilização de tecnologias de **informação e comunicação** e das tecnologias **inteligentes** para assegurar que os edifícios operam de forma eficiente, ao introduzir, p.e. sistemas de automação e controlo;

Perspetivas de Instrumentos de Eficiência Energética em Portugal

Instrumentos de Eficiência Energética em Portugal

• SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

- Introduzir um **indicador** que meça a capacidade dos edifícios para usar novas tecnologias e sistemas eletrónicos que permitam uma adaptação às necessidades do consumidor, que otimizem a operação e interajam com a rede;
- Mobilizar financiamento Público e Privado;
- Auxiliar a combater a **pobreza Energética** e **reduzir a fatura** através da renovação de edifícios antigos.

• ECO.AP -Programa de Eficiência Energética na Administração Pública

- Instrumento que pretende **aumentar a eficiência energética** na Administração Pública, **sem aumento da despesa pública** permitindo ao mesmo tempo o estímulo da economia no sector das empresas de serviços energéticos.

Perspetivas de Instrumentos de Eficiência Energética em Portugal

Instrumentos de Eficiência Energética em Portugal

- **Programas Operacionais – Portugal 2020**

- **POSEUR: Programa Operacional da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos**

- Apoio à implementação de projetos de gestão e racionalização energética que contemplem a implementação de medidas de eficiência energética, ativas e passivas, promovendo ainda a utilização de energias renováveis para autoconsumo nas infraestruturas públicas já existentes da Administração Central do Estado, contribuindo para a execução do Programa Eco.AP e do PNAEE e para a consequente redução da despesa pública com a energia.

- **Programas Operacionais Regionais**

- Apoio à Eficiência Energética, à gestão inteligente de energia e à utilização de das energias renováveis nas infraestruturas públicas, nomeadamente nos edifícios públicos e no sector da habitação.

Abertura

Paulo Calau – ADENE



Ajuda e suporte facilitado



Benchmarking



Informação sobre medidas de Eficiência Energética



Caracterização energética setorial



Notícias



Recolha automática de dados e ferramentas de cálculo



Publicações Técnicas



Seminários e conferências

WORKSHOP TÉCNICO

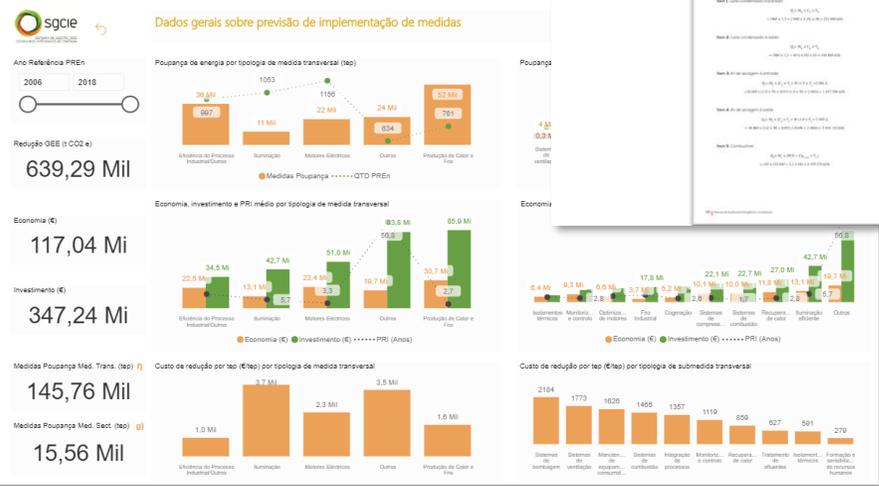
Eficiência Energética em Geradores de Calor

A ADENE – Agência para a Energia e a Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) têm o prazer de o/a convidar a participar no Workshop Técnico "Eficiência Energética em Geradores de Calor", organizado no âmbito do Sistema de Cessão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) e da European Union Sustainable Energy Week (EUSEW) como um Energy Day 2019.

Data: 26 de junho de 2019
Duração: 14h30 - 17h30
Local: Auditório INOVAGAIA, Av. Manuel Violas 476, 4410-137 5ão Félix da Marinha

Programa

- 14h00 | Receção dos participantes
- 14h30 | Abertura

- ✓ 10110 - ABATE DE GADO (PRODUÇÃO DE CARNE)
 - ✓ 10120 - ABATE DE AVES (PRODUÇÃO DE CARNE)
 - ✓ 10130 - FABRICAÇÃO DE PRODUTOS À BASE DE CARNE
 - ✓ 10204 - SALGA, SECAGEM E OUTRAS ATIVIDADES DE TRANSFORMAÇÃO DE PRODUTOS DE PESCA E AQUICULTURA
 - ✓ 10395 - PREPARAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE FRUTOS E DE PRODUTOS HORTÍCOLAS POR OUTROS PROCESSOS
 - ▲ 10611 - MOAGEM DE CEREAIS
- O subsector com a Classificação da Atividade Económica 10611 – Moagem de cereais, de acordo com os dados das Estatísticas da Produção Industrial – 2016 do INE, tinha em atividade no referido ano, 139 unidades de produção que geraram um valor de vendas superior a 279 milhões de euros; este subsector tem como mercado principal o mercado nacional, que absorve mais de 91% do valor das vendas. (Publicação de 2018)
- Ficha Caderno
- ✓ 10612 - DESCASQUE, BRANQUEAMENTO E OUTROS TRATAMENTOS DO ARROZ
 - ✓ 10711 - PANIFICAÇÃO
 - ✓ 10720 - FABRICAÇÃO DE BOLACHAS, BISCOITOS, TOSTAS E PASTELARIA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM GERADORES DE CALOR

Auditório INOVAGAIA, 26-06-2019

RACIONALIZAÇÃO ENERGÉTICA EM CALDEIRAS INDUSTRIAIS

Fernando Oliveira – ADENE

Eficiência Energética em Geradores
de Calor

Auditório INOVAGAIA, 26-06-2019

1. INTRODUÇÃO

CALDEIRA ou GERADOR DE ENERGIA TÉRMICA: Equipamento onde se processa a transformação da energia química potencial de um combustível em energia térmica (combustão) que é utilizada para aquecer ou vaporizar um fluido intermediário, sendo parte dela perdida pelas paredes do gerador e saindo outra parte nos gases de combustão pela chaminé.

O tipo de **fluido** a usar depende, entre outros fatores, da sua utilização específica e do nível de temperatura desejado. Um bom fluido deve:

- permitir a armazenagem de quantidades elevadas de energia por unidade de massa,
- ser barato, e
- ter uma apreciável estabilidade térmica, para não se degradar, no caso de ter que ser recirculado.

De acordo com o tipo de fluido utilizado, podemos ter os seguintes **tipos de caldeiras**:

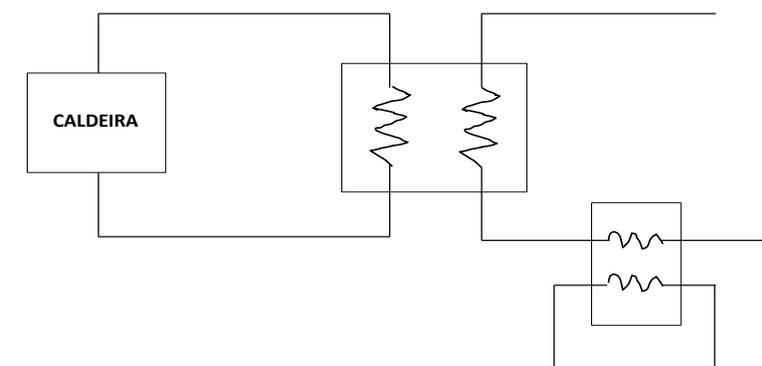
- CALDEIRAS DE VAPOR
- CALDEIRAS DE ÁGUA QUENTE
- CALDEIRAS DE TERMOFLUIDO



1. INTRODUÇÃO

PROCESSO DE PRODUÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA A PARTIR DE UMA CALDEIRA:

- a energia produzida na caldeira é transportada através do referido fluido intermediário (água/vapor ou termofluido), ao longo de tubagens até aos equipamentos utilizadores;
- nesses equipamentos processa-se uma segunda permuta entre a energia contida no fluido e o meio a aquecer;
- na maior parte dos casos aquele deve ainda regressar ao gerador, permitindo assim aproveitar a energia que ainda contém; e,
- o próprio meio que foi aquecido pode por vezes ainda ceder parte da energia que recebeu.



1. INTRODUÇÃO

TIPOS DE CALDEIRAS (De acordo com definições das ITC do Despacho nº 22 332/2001 (2ª série)):

- **Gerador de água quente** – gerador de calor em que o fluido de transporte é a água a temperatura inferior ou igual a 110 °C;
- **Gerador de água sobreaquecida** – equipamento sob pressão aquecido por chama ou de outro modo, sujeito ao risco de sobreaquecimento, em que o fluido de transporte é a água a temperatura superior a 110 °C;
- **Gerador de vapor** – equipamento sob pressão aquecido por chama, sujeito ao risco de sobreaquecimento, destinado à produção de vapor;
- **Caldeira de fluido térmico (ou termofluido)** – gerador de calor em que o fluido de transporte é um líquido, distinto da água, com uma pressão de vapor, à temperatura máxima de película, inferior à pressão atmosférica (relativa).

Os dois últimos tipos de caldeiras são os mais frequentes na Indústria.

1. INTRODUÇÃO

VAPOR (Fluido térmico mais utilizado na Indústria. Pode ser produzido como SATURADO ou SOBREAQUECIDO)

VANTAGENS:

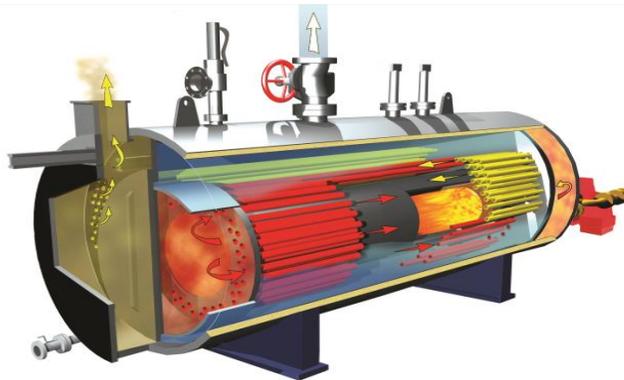
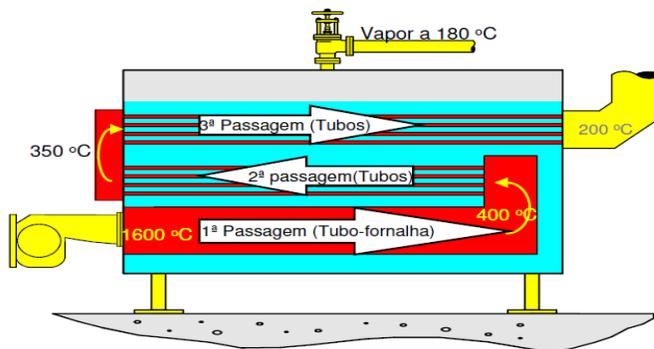
- Fluido barato, mesmo quando exige tratamento.
- Elevado coeficiente de transferência de calor, com a entalpia específica de evaporação (por unidade de massa) a ser a mais elevada.
- Enorme versatilidade - utilização direta como meio de aquecimento, fornecendo tanto o seu calor latente como o seu calor sensível, ou indireta, fornecendo apenas o seu calor latente com a respetiva recuperação de condensados.
- Conceção simplificada das instalações / Tubagens de menor diâmetro, distribuição e controlo fácil, sem necessidade de bombas de circulação e/ou de balanceamento de caudais.
- Fluido assético, não tóxico e não inflamável.
- Boa estabilidade térmica.
- Boa relação pressão/temperatura.

DESVANTAGENS:

- Condensados devem ser separados do vapor (purgadores) e retornar ao gerador, pois caso contrário verificam-se importantes perdas energéticas.
- Vapor saturado a altas temperaturas corresponde a pressões elevadas, com os inerentes custos de investimento e de operação acrescidos.
- Fazendo-se a sua distribuição sob pressão, isso significa que fugas no sistema dão origem a custos bastante significativos se nada for feito ou persistir uma má manutenção, e o mesmo se verifica com outras anomalias, como por exemplo mau funcionamento de purgadores, podendo mesmo criar problemas de segurança.
- Mais corrosivo do que a água e exige tratamento químico.
- Exige presença de fogueiro, bem como exames periódicos à caldeira.

1. INTRODUÇÃO

Caldeiras de vapor



- A utilização de vapor requer elevados padrões de manutenção e boas práticas de operação - na produção, na distribuição e na utilização. Não havendo grande preocupação com estes aspetos, haverá necessidade de instalar equipamento dispendioso de controlo automático da produção e distribuição de vapor, e mesmo em muitos casos de boas práticas a instalação de equipamento de controlo adicional revela-se imprescindível.
- As caldeiras de vapor são essencialmente de dois tipos: (i) de **tubos de fumo**, isto é com os gases de combustão a circular dentro de tubos imersos em água; e, (ii) de **tubos de água**, isto é com a água a circular dentro dos tubos e os gases de combustão por fora. Algumas exceções derivam destes tipos, como é o caso das caldeiras de **vaporização rápida**, que embora podendo considerar-se de conteúdo de tubos de água são distintas das anteriores, por envolverem serpentinas e não tubulares e que conduzem apenas à produção de vapor saturado a baixa/média pressão e com capacidades reduzidas, ao contrário do que sucede normalmente com as caldeiras aquotubulares.
- As caldeiras do 1º tipo são as mais utilizadas.
- Outras características importantes: Potência nominal, superfície de aquecimento, número de passagens dos gases de combustão, tipo de câmara de inversão, etc..

1. INTRODUÇÃO

TERMOFLUIDO (Fluido especial - óleo mineral, composto orgânico sintético ou sais fundidos e metais, com elevado ponto de ebulição)

VANTAGENS:

- O fluido térmico pode ser aquecido até cerca de 300 °C ou mais, sem se deteriorar, pelo que estes geradores são normalmente recomendados quando há exigências processuais de $T > 150$ °C.
- Na maioria das aplicações os termofluidos permanecem em fase líquida, como é o caso dos óleos minerais e dos compostos sintéticos, pelo que podem ser aquecidos a altas temperaturas em sistemas semelhantes aos de água quente a alta pressão, mas funcionando a baixa pressão.
- Este tipo de geradores constituem sistemas que não requerem tratamentos especiais desses fluidos, nem recuperação de condensados.
- Incluem uma rede simples de distribuição e dão uma resposta rápida a variações de carga.

Possíveis rendimentos de combustão de 85% e rendimentos térmicos globais superiores a sistemas equivalentes com vapor.

DESvantagens:

- Necessidade de conhecimento e atenção sobre os perigos associados ao ponto de inflamação, temperatura de auto-ignição e toxicidade. Riscos associados à sua utilização, por eventual contacto de pessoas com estes fluidos ou de contaminação de produtos e/ou do ambiente, ainda que uma boa conceção e adequada instalação e manutenção destes sistemas possam mitigar tais riscos.
- Custo elevado dos termofluidos.
- Fraca capacidade de transferência de calor, já que os seus coeficientes são por vezes baixos, ainda que tal possa ser atenuado com adição de sais apropriados e mantida a sua estabilidade a temperaturas elevadas e com baixas pressões de vapor. Ainda assim, a sua capacidade de transportar calor pode ir até 5 vezes a da água.
- Tendência para se tornarem acídicos com o uso e eventual necessidade da sua substituição.
- Variação da densidade e da viscosidade com a temperatura.
- Exigência de bomba de circulação e depósito de expansão.

2. POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA

PORQUÊ A NECESSIDADE DE ATUAR NESTA ÁREA?

Razões para investir tempo e esforço em eficiência energética em caldeiras e reduzir custos energéticos:

- É notório algum desconhecimento sobre as boas práticas e/ou as tecnologias relativas a esta área e os seus mais recentes desenvolvimentos.
- Há uma avaliação inadequada por parte das Empresas da totalidade dos benefícios financeiros, associados a uma maior eficiência energética em tais sistemas.
- O facto dos investimentos em eficiência energética nem sempre serem uma prioridade nas Empresas, quando comparados com outros investimentos relacionados diretamente com a produção.
- É possível economizar energia e dinheiro, identificando e eliminando desperdícios de energia, e havendo redução de custos tal refletir-se-á em ganhos de competitividade para as próprias Empresas que desenvolverem tal esforço.
- Melhora-se a fiabilidade e desempenho destes sistemas.
- Contribui-se para a redução do impacto ambiental, através de menores consumos de energia e das correspondentes emissões de gases poluentes.

2. POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA

POTENCIAL DE ECONOMIAS DE ENERGIA numa amostra de 63 caldeiras de vapor e 18 caldeiras de termofluido, de um estudo desenvolvido pela ADENE em 2009/2010, com a colaboração das empresas AMBITERMO, BABCOCK-WANSON, CSC e SPIRAX-SARCO:

Tipologia de Medidas	Economia de Energia Final		Economia de Energia Primária		Economia de Custos		Investimento		PRI (média)
	GJ/ano	%	tep/ano	%	EUR/ano	%	EUR	%	anos
Otimização de processos – Regulação da combustão / Limpeza de superfícies de transferência de calor	36 823	31,5	885	31,6	324 689	29,8	75 890	5,8	0,2
Otimização de processos – Melhoramento do tratamento de água em geradores de vapor (inclui otimização de purgas)	1 300	1,1	31	1,1	21 611	2,0	28 200	2,2	1,3
Otimização de processos – Melhoramento do controlo e/ou manutenção dos equipamentos	12 784	10,9	306	10,9	116 335	10,7	276 750	21,2	2,4
Instalação de sistema automático de controlo de O ₂	17 829	15,3	426	15,2	167 352	15,3	71 000	5,4	0,4
Instalação ou melhoramento de isolamentos térmicos (em tanques de fuelóleo, tanques de condensados e de água de alimentação, tubagens, etc.)	2 624	2,2	63	2,2	19 449	1,8	28 000	2,1	1,4
Recuperação de calor de purgas	2 411	2,1	58	2,1	23 081	2,1	46 500	3,6	2,0
Recuperação de calor de gases de combustão / Instalação de economizadores e/ou pré-aquecedores de ar de combustão	42 626	36,5	1 024	36,5	413 782	37,9	766 000	58,5	1,9
Substituição de caldeiras	325	0,3	8	0,3	3 391	0,3	15 000	1,1	4,4
Outras medidas	75	0,1	2	0,1	904	0,1	1 000	0,1	1,1
TOTAL	116 796	100	2 803	100	1 090 594	100	1 308 340	100	1,2

2. POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA

PRINCIPAIS CONCLUSÕES RETIRADAS DO ESTUDO REFERIDO:

- A **economia de energia** total identificada ($\approx 3\%$) traduzia-se numa **redução de custos anuais de aprox. 1,1 milhões de Euros**, o que equivalia a cerca de 3,1% do valor da fatura energética total associada a estas caldeiras, além de que conduzia também a uma redução total de emissões equivalentes de CO₂ de cerca de 7919 toneladas/ano. E tudo isto com um investimento total que tinha um valor médio de **“payback” de 1,2 anos**, o que constituía um período relativamente curto de recuperação do investimento.
- Quase **60% das economias** eram possíveis com medidas cujos investimentos associados **se recuperavam em menos de 1 ano** e cerca de 40% das economias eram obtidas com medidas cujo período de retorno do investimento era superior a 1 ano e inferior a 2 anos. Apenas menos de 0,5% das economias eram devidas a medidas com “payback” superior a 3 anos.
- As chamadas **medidas de Boa Gestão Energética** (sem necessidade de investimento, ou com investimentos mínimos que não ultrapassavam os 5 000 Euros) eram **responsáveis por mais de ¼ das economias**, ao passo que as medidas que envolviam Investimentos Médios (com montantes entre 5000 e 75000 Euros) e as medidas associadas a Investimentos Altos (acima de 75 000 Euros) se traduziam, respetivamente, em cerca de 56% e 18% das economias de custos identificadas.

2. POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA

PRINCIPAIS CONCLUSÕES RETIRADAS DO ESTUDO REFERIDO (contin.):

- De entre as principais medidas de economia de energia destacavam-se as relacionadas com a **regulação da combustão** (incluindo instalação de equipamento específico) / **limpeza das superfícies de transferência de calor** dos geradores de calor e a **recuperação de calor dos gases de combustão** (principalmente envolvendo a instalação de economizadores em caldeiras de vapor), que eram responsáveis por cerca de 83% das economias de energia e de custos identificadas.
- Seguiam-se-lhes por ordem de importância o melhoramento do controlo e/ou manutenção dos equipamentos, bem como dos tratamentos de água em geradores de vapor, incluindo otimização das purgas e recuperação de calor nestas, responsáveis por aproximadamente 14% das economias identificadas. O tratamento de água em caldeiras de vapor é uma área claramente a merecer uma atenção especial, dada a percentagem elevada de instalações encontradas com esta vertente em condições não satisfatórias e a repercutir-se em vários problemas técnicos e em consumos energéticos desnecessários (muitas vezes de difícil quantificação) nos geradores em que tal se verifica.
- Outras medidas (isolamentos térmicos, substituição de caldeiras, etc.) repercutiam-se apenas em pouco menos de 3% do total de economias identificadas.
- Estes resultados ilustram bem que uma das apostas das Empresas da Indústria nacional para alcançarem os tão desejados ganhos de competitividade tem que ser na **Eficiência Energética**.

2. POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA

SITUAÇÃO ATUAL QUE SE VERIFICA NO SGCIE MUITO SEMELHANTE À DO ESTUDO ANTERIOR:

Tipologia de Medidas	Economia de Energia Primária		Economia de Custos		Investimento		PRI (média)
	tep/ano	%	EUR/ano	%	EUR	%	anos
Otimização de processos – Regulação da combustão / Limpeza de superfícies de transferência de calor	4 644	21,6	1 822 258	17,8	850 521	5,4	0,47
Otimização de processos – Melhoramento do tratamento de água em geradores de vapor (inclui otimização de purgas)	81	0,4	31 161	0,3	27 184	0,2	0,87
Otimização de processos – Melhoramento do controlo e/ou manutenção dos equipamentos	2 477	11,5	891 231	8,7	501 050	3,2	0,56
Instalação de sistema de controlo de O ₂	1 143	5,3	491 014	4,8	410 319	2,6	0,84
Instalação ou melhoramento de isolamentos térmicos (em tanques de fuelóleo, tanques de condensados e de água de alimentação, tubagens, etc.)	3 711	17,3	1 595 816	15,6	1 240 785	7,9	0,78
Recuperação de calor de purgas	1 369	6,4	611 565	6,0	805 227	5,1	1,32
Recuperação de calor dos gases de combustão / Instalação de economizadores e/ou pré-aquecedores de ar de combustão	5 915	27,5	2 024 245	19,8	5 238 946	33,5	2,59
Substituição de caldeiras	2 156	10,0	2 753 284	26,9	6 568 936	42,0	2,39
Outras medidas	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	21 494	100	10 220 574	100	15 642 968	100	1,53

2. POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA

Resumindo e em termos genéricos, sobre o **POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA associado a caldeiras industriais**, com base em levantamentos de auditorias energéticas e de diversos estudos (nacionais e da U.E.), podemos dizer que:

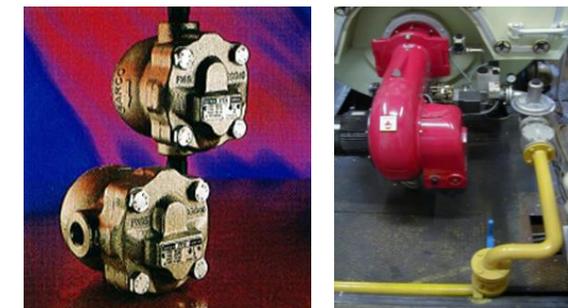
- Tipicamente, são possíveis **economias de energia até cerca de 10%**, com melhoramentos na conceção e operação das caldeiras e dos seus sistemas de distribuição. A maioria das melhorias que se pode fazer nestes equipamentos envolve melhores controlos e implementação de sistemas de recuperação de calor.

(Vide Quadro seguinte)

2. POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA

Principais oportunidades para economia de energia em Caldeiras Industriais:

Medida de economia de energia/	Economia típica
Recuperação de condensados (só para geradores de vapor)	2%
Melhoramento do tratamento de água (só para geradores de vapor)	2%
Melhor controlo do total de sólidos dissolvidos (TSD) da água da caldeira e das suas purgas (só para geradores de vapor)	< 2%
Recuperação de vapor "flash" (só para geradores de vapor)	< 3%
Recuperação de calor das purgas (só para geradores de vapor)	< 3,5%
Melhoramento da eficiência e da manutenção do gerador de calor	< 5%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Otimização das condições de combustão - simples regulação desta (com recurso a analisador de gases portátil) e/ou limpeza das superfícies de transferência de calor 	< 2%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Otimização da combustão - regulação automática desta com sistema de controlo do teor de O₂ nos gases de combustão 	≤ 3%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Outras otimizações da operação da caldeira – substituição/"upgrade" de queimador e/ou do respetivo sistema de controlo 	2% - 5%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ajuste da carga da caldeira 	3%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalação de "dampers" nas chaminés de caldeiras que são desligadas em situações de variação de carga 	1%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recuperação de calor dos gases de combustão para pré-aquecimento do fluido que alimenta a caldeira / Instalação de economizador 	3,5% - 7% economizador convencional 10% - 15% economizador de condensação
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recuperação de calor dos gases de exaustão para pré-aquecimento do ar de combustão da caldeira / Instalação de pré-aquecedor de ar 	3%
Otimização da operação de caldeiras – implementação de sistema de controlo por sequenciamento automático	15% - 20%
Otimização do <i>layout</i> e dos elementos da rede de distribuição do fluido térmico produzido e/ou de outros fluidos quentes (inclui melhoramento ou reforço de isolamentos térmicos em tubagens e acessórios, eliminação de fugas, melhoramentos em purgadores, instalação de isolamento térmico em tanques de armazenagem de combustíveis líquidos e de água de alimentação de caldeiras de vapor, etc.)	< 8%
Variadores eletrónicos de velocidade (VEV's) em ventiladores de ar de combustão	20% *



Notas:

- (1) * Economia de energia elétrica no consumo dos motores aos quais a medida se aplica. (Nas restantes medidas as economias indicadas são em termos de consumo de combustível na caldeira).
- (2) As economias de energia das várias medidas não são de um modo geral cumulativas, já que a implementação de uma pode reduzir o potencial de economia de outra.

3. COMO ATUAR NESTA ÁREA? O QUE FAZER PRIMEIRO?

- ❖ A **Figura A.1** seguinte apresenta de forma esquemática as opções que se colocam quando se analisa um gerador de calor. Na decisão sobre qual a 1ª opção a tomar, deve ser tido em conta que na prática a maximização da eficiência energética do sistema deve começar logo nos equipamentos utilizadores da energia produzida e antes da própria central térmica onde estão instaladas as caldeiras.
- ❖ Um fraco controlo da utilização da energia nesses pontos é potencialmente a maior ameaça para a eficiência térmica.

3. COMO ATUAR NESTA ÁREA? O QUE FAZER PRIMEIRO?

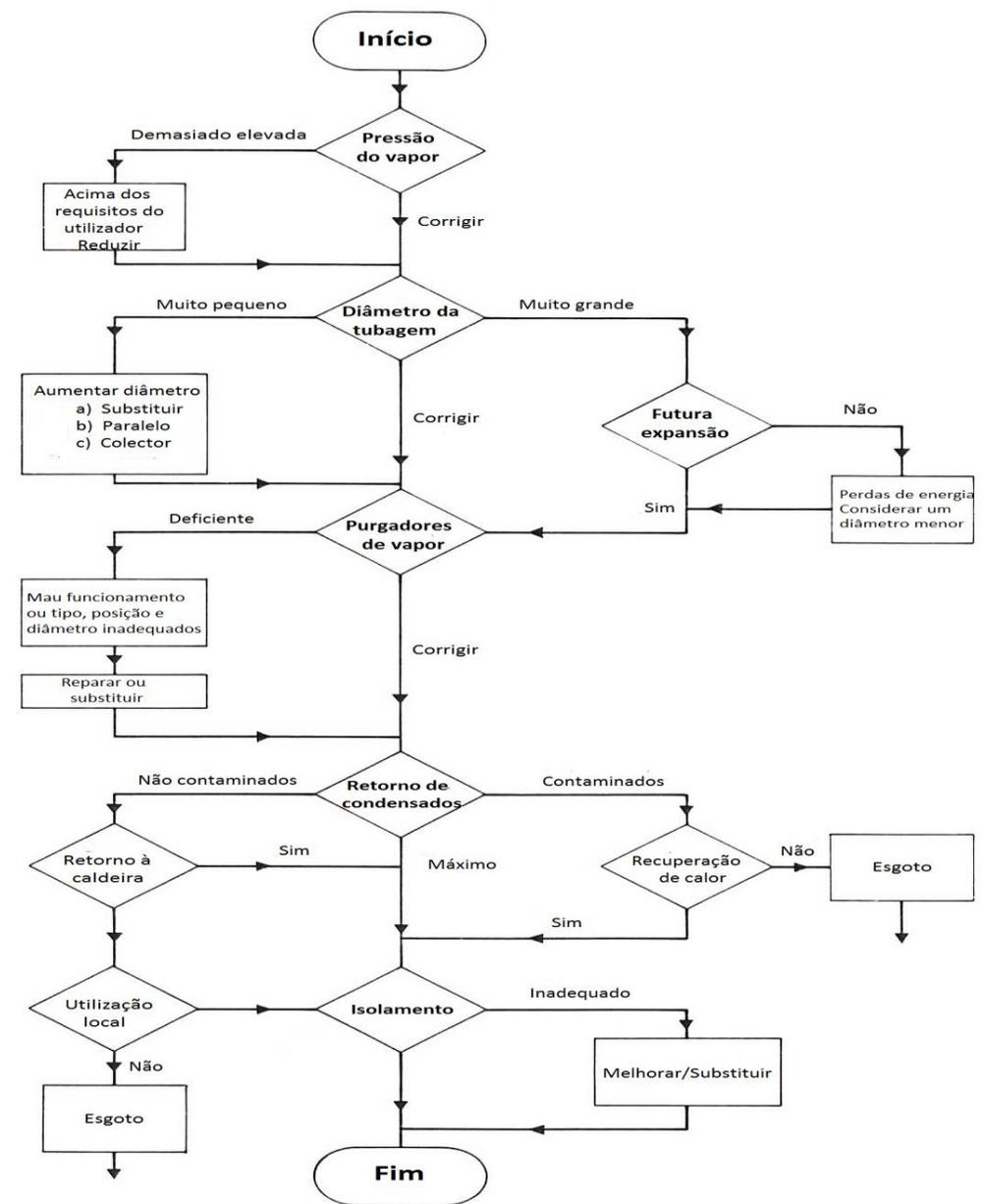
- ❖ O sistema de distribuição será provavelmente a área a considerar de seguida, se também a sua conceção não for a mais satisfatória e contribuir para perdas de calor significativas. A **Figura A.2** seguinte indica, por ordem de importância, a forma correta de se abordar essa vertente.
- ❖ Apenas depois destas duas áreas terem sido retificadas, a máxima atenção deverá incidir sobre como tornar a central de caldeiras tão eficiente quanto possível. Contudo, mesmo neste estágio, o principal objetivo deverá ser o de maximizar a eficiência das caldeiras existentes. Os passos e as considerações a ter em conta são mostrados na **Figura A.3**.

3. COMO ATUAR NESTA ÁREA? O QUE FAZER PRIMEIRO?



Fig. A.2 – Fluxograma exemplificativo de como atuar numa rede de distribuição de vapor para melhorar a sua eficiência

Fonte: Energy Efficiency Office - UK

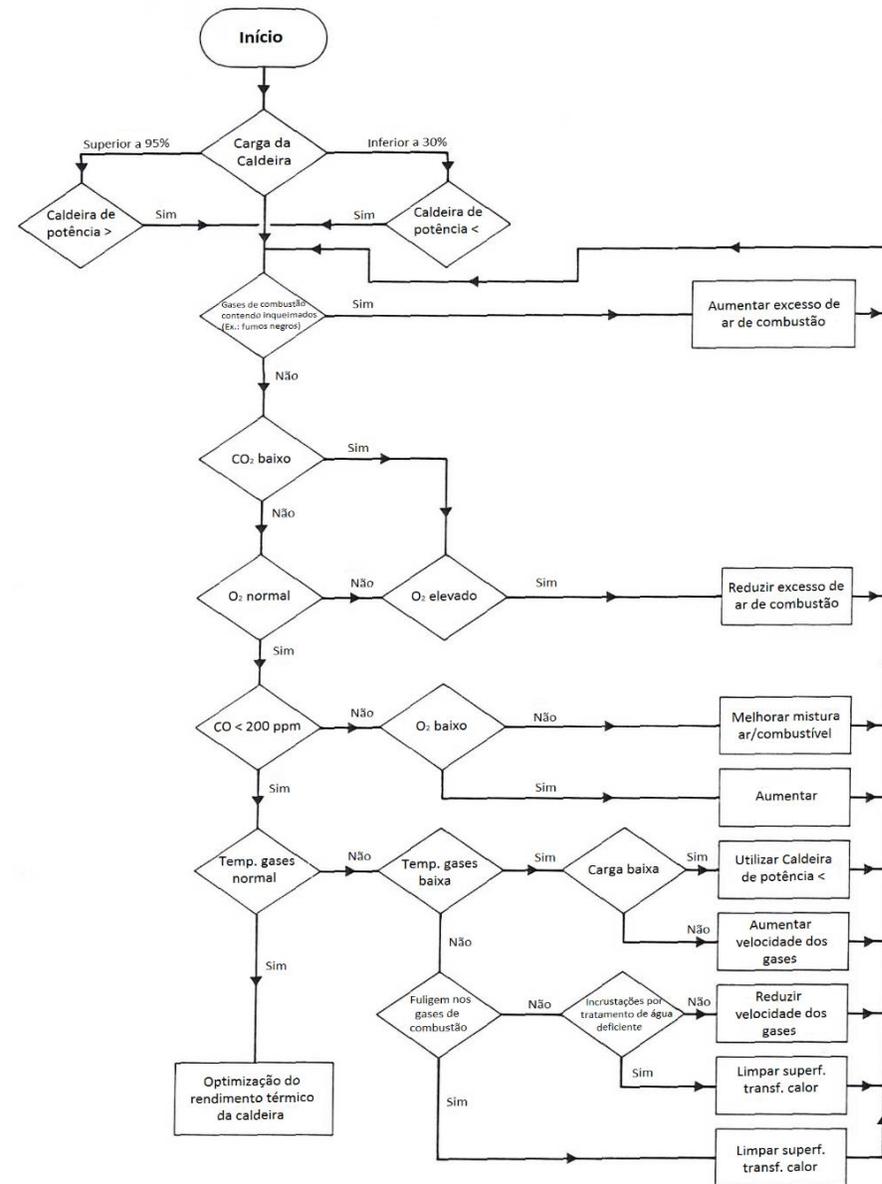


3. COMO ATUAR NESTA ÁREA? O QUE FAZER PRIMEIRO?



Fig. A.3 – Fluxograma ilustrativo de como conseguir a operação eficiente numa caldeira

Fonte: Energy Efficiency Office - UK



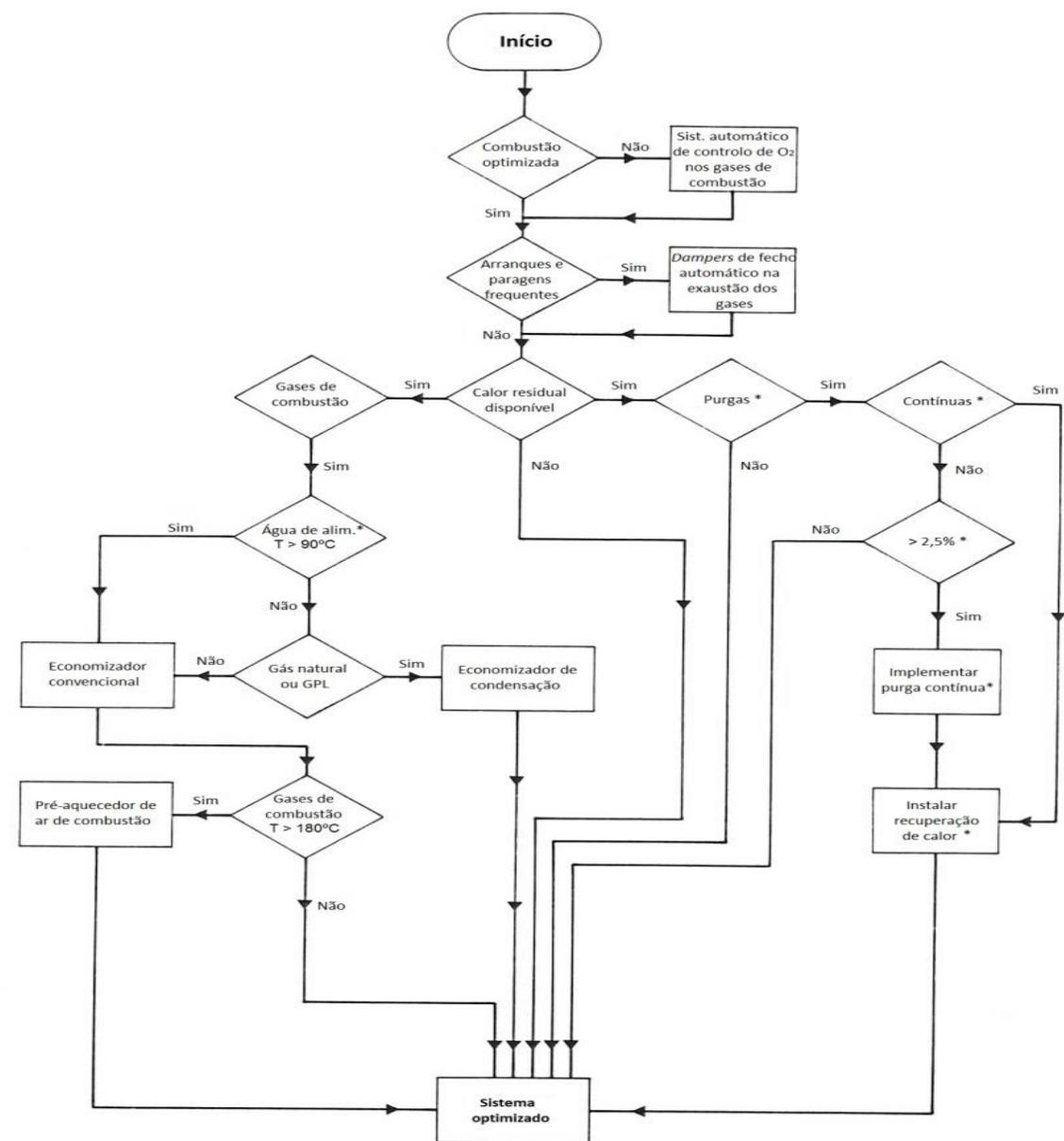
3. COMO ATUAR NESTA ÁREA? O QUE FAZER PRIMEIRO?

- ❖ A etapa final deverá incluir o melhoramento do projeto original (através do “upgrade” dos sistemas de controlo) ou da recuperação de calor. As opções possíveis de recuperação de calor devem ser elencadas segundo a sua prioridade tal como se indica na **Figura A.4**.
- ❖ Recorrendo aos fluxogramas das **Figuras A.2-A.4**, o Gestor de Energia poderá ficar com uma “boa fotografia” de quanto a sua instalação de caldeiras e o respetivo sistema de distribuição de calor estão muito ou pouco distantes da situação ideal. Em particular, a 1ª e a 3ª destas Figuras, que permitem, respetivamente, os exames da rede de distribuição e das novas soluções tecnológicas com possibilidades de implementação na central de caldeiras existente, podem funcionar como “check-list” ou guia para identificar as medidas de economia de energia que podem ser aplicadas e que contribuirão para o acréscimo de eficiência desses sistemas.

3. COMO ATUAR NESTA ÁREA? O QUE FAZER PRIMEIRO?

Fig. A.4 – Fluxograma de identificação de medidas de economia de energia a aplicar em caldeiras.

Fonte: Energy Efficiency Office - UK



Nota: * - Apenas aplicável a caldeiras de vapor

3. COMO ATUAR NESTA ÁREA? O QUE FAZER PRIMEIRO?

- ❖ Não obstante os passos atrás recomendados, a procura de melhorias de eficiência deve ser feita encarando a análise da caldeira, da rede de distribuição do fluido térmico e da utilização deste no processo como um **sistema integrado**. Alterações propostas para um determinado ponto do sistema podem ter repercussões a montante ou a jusante, pelo que as mesmas devem ser analisadas com cuidado.
- ❖ É frequente que melhoramentos substanciais na eficiência global do sistema possam ser obtidos pelo efeito cumulativo de um determinado número de pequenos melhoramentos individuais. É de salientar, no entanto, que a melhoria global resulta geralmente do efeito multiplicativo de melhoramentos individuais em vez de ser um simples somatório dos mesmos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

TENHA PRESENTE QUE:

- **É fácil economizar energia e custos em caldeiras industriais, a partir de medidas de fácil implementação e com reduzidos investimentos** (de um modo geral), **que se recuperam em períodos muito curtos**, dentro dos parâmetros típicos admissíveis pela Indústria, deitando por terra alegadas “dificuldades” de viabilidade técnico-económica muitas vezes invocadas para não se fazer nada nesta área.
- Na maioria das vezes tais economias passam apenas por um **controle mais apertado e permanente destes equipamentos**.
- É importante que alguns “mitos” ou até desconhecimento sobre algumas destas matérias, no que concerne a medidas mais recomendadas e períodos de retorno dos investimentos que lhes estão associados, sejam contrariados com campanhas de informação esclarecedoras e/ou ações de formação/sensibilização, para que se estimulem **alterações de práticas**. A evidência quantificada dos ganhos obtidos com as **boas práticas e o rápido “payback” associado aos reduzidos investimentos em geral necessários, constituem dois fortes “drivers” da eficiência energética nesta área**.

OBRIGADO PELA ATENÇÃO!



Agência para a Energia



Fernando Oliveira



fernando.oliveira@adene.pt



Av. 5 de Outubro, 208 - 2º Piso
1050-065 Lisboa - Portugal



adene.pt

Contactos

sgcie@adene.pt ou fernando.oliveira@adene.pt

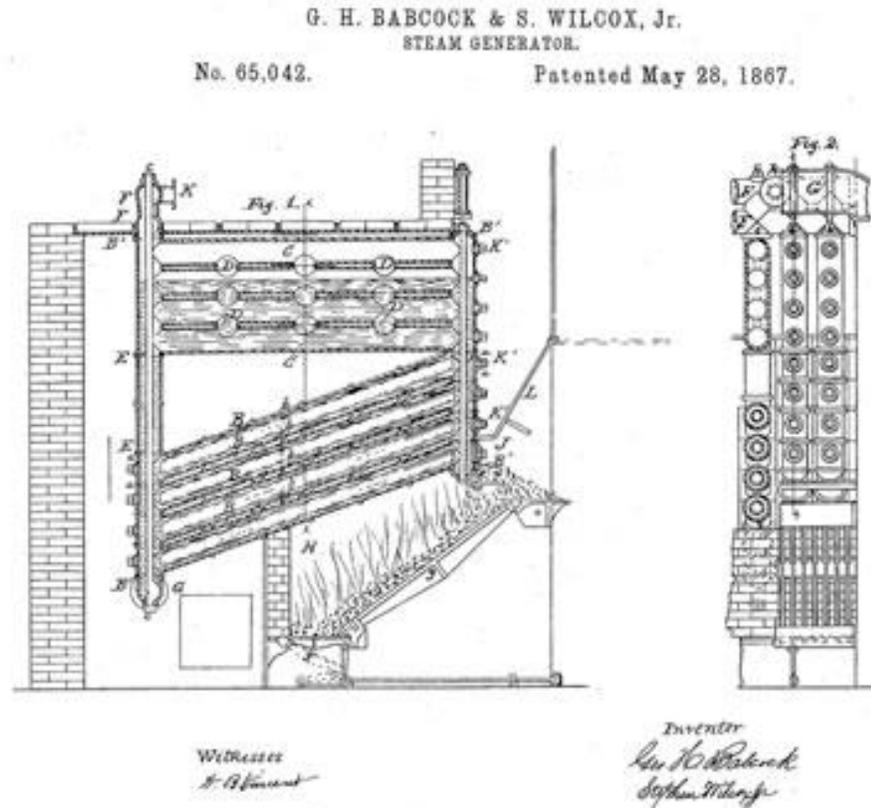
CENTRAIS TÉRMICAS: SOLUÇÕES DE ALTO RENDIMENTO E REDUÇÃO DE CUSTOS

Paulo Morgado – Babcock-Wanson

Eficiência Energética em Geradores
de Calor

Auditório INOVAGAIA, 26-06-2019

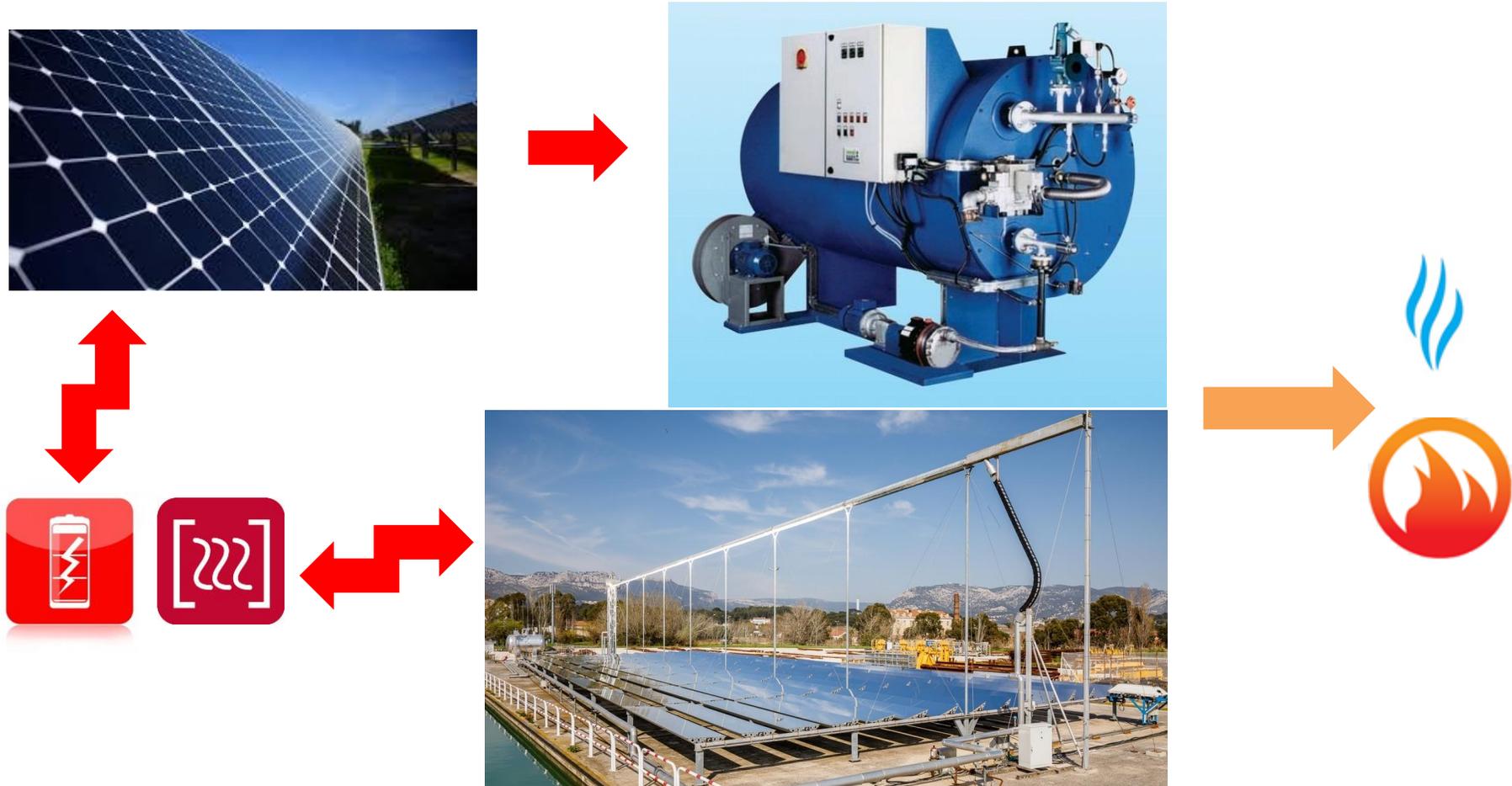
Evolução e Revolução?



Evolução e Revolução?

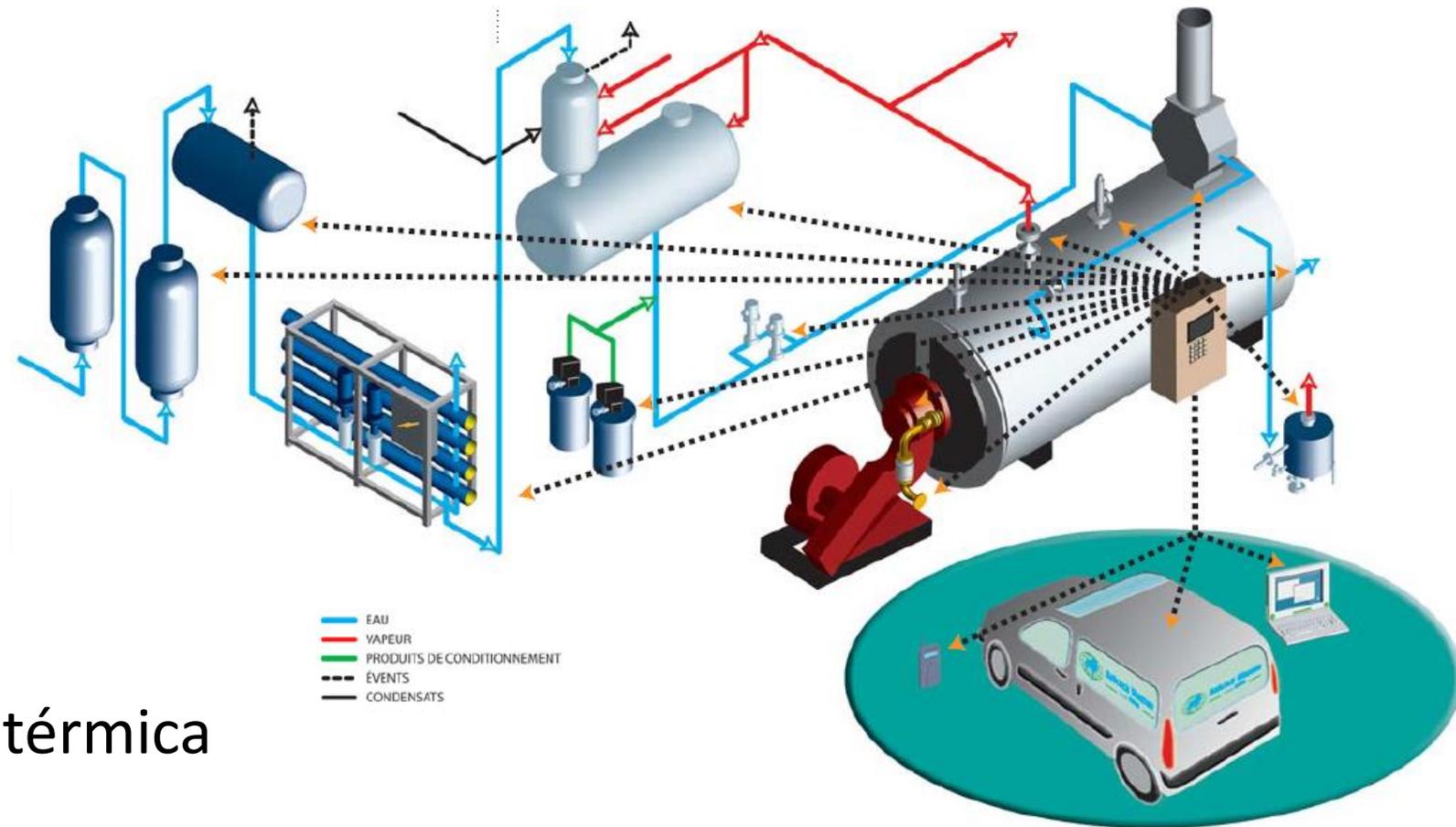


Evolução e Revolução?



SOLUÇÕES INCREMENTAIS E GLOBAIS

- Economizadores e permutadores
- Sondas (O₂, CO), purgas,...
- Redução de perdas no equipamento e distribuição
- Operação BW30 Dias
- Digitalização da central térmica



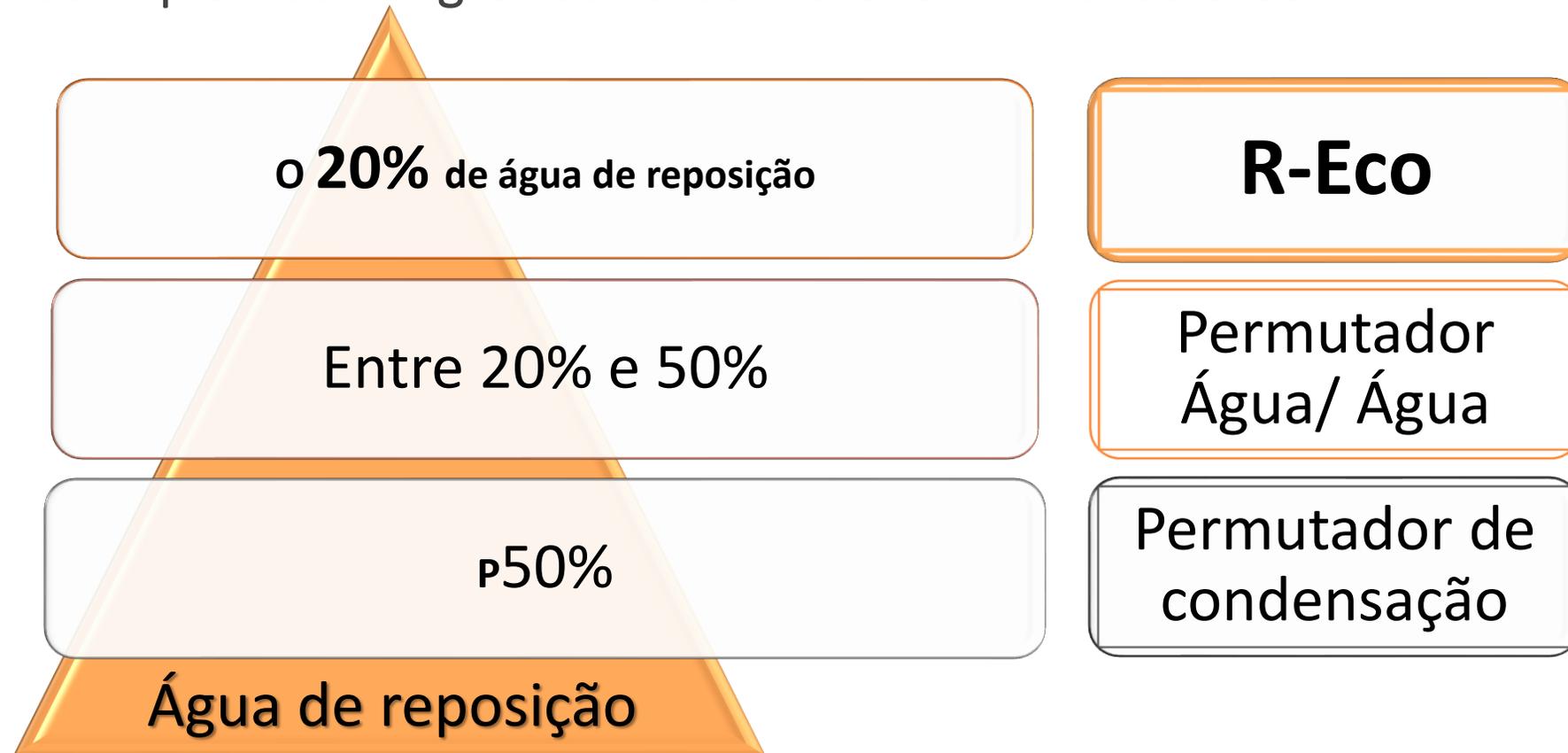
SOLUÇÕES DE ALTO RENDIMENTO

Economizadores e permutadores

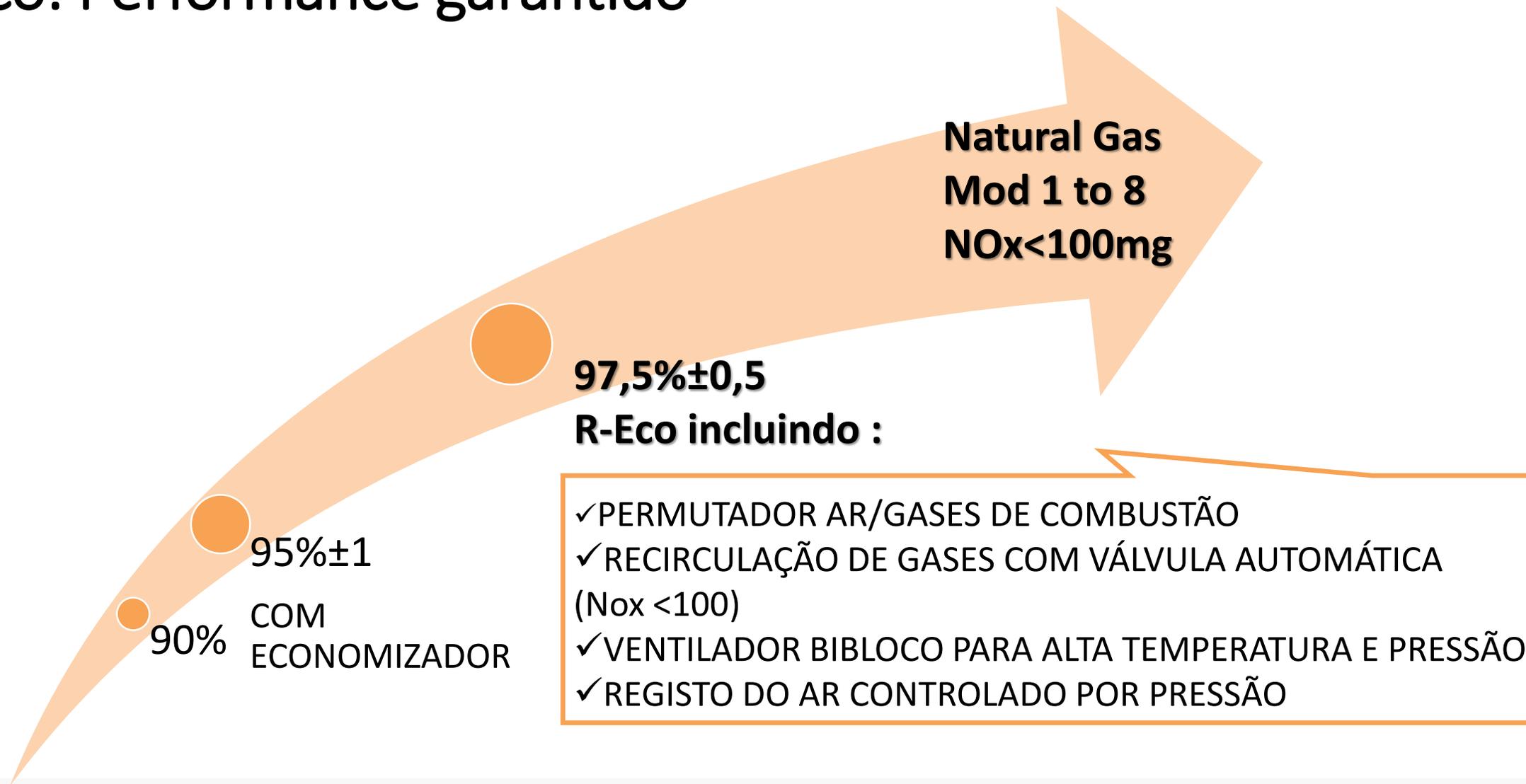


Diversas possibilidades:

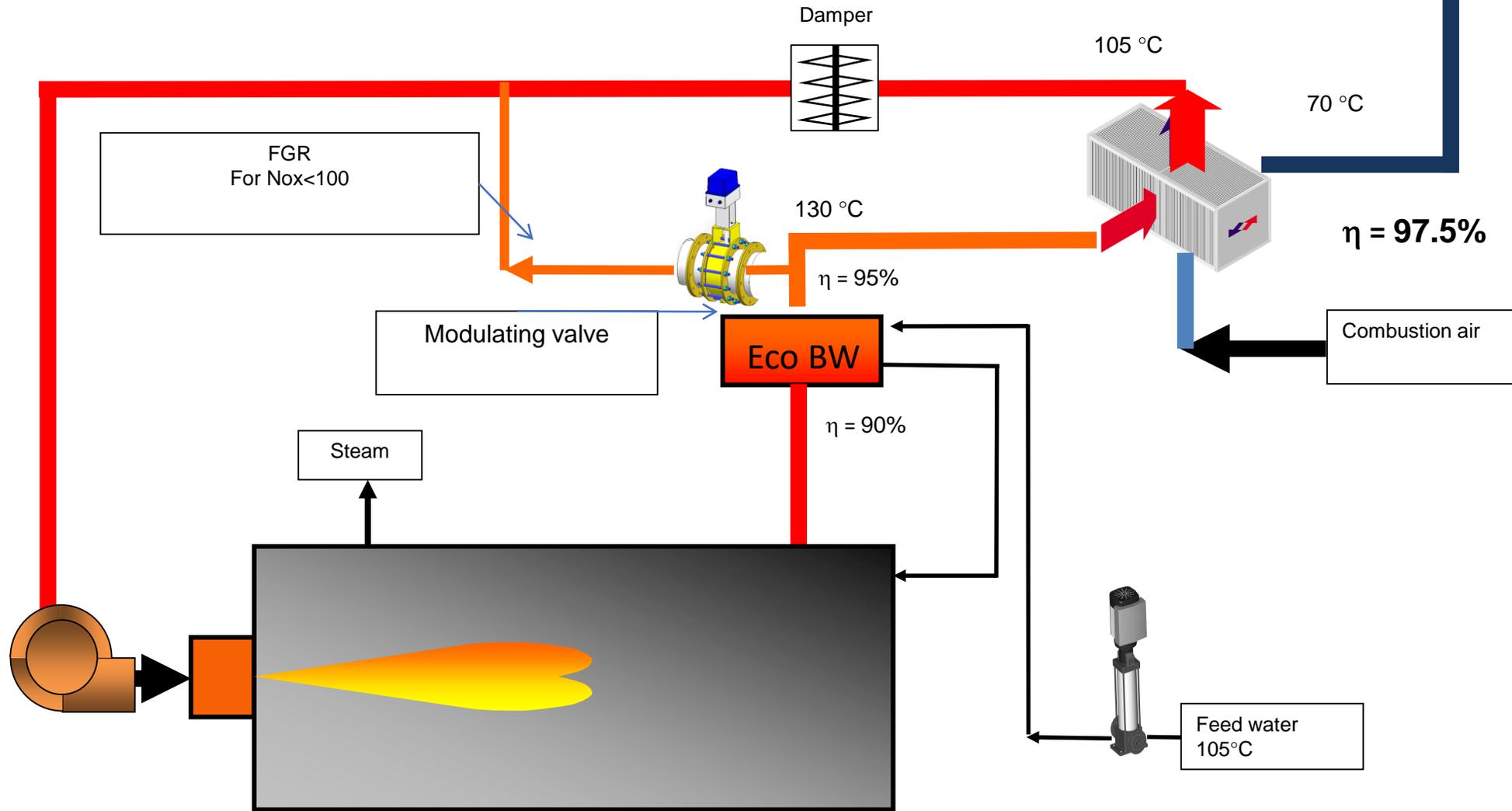
Caldeira com queimador a gás natural com economizador de base



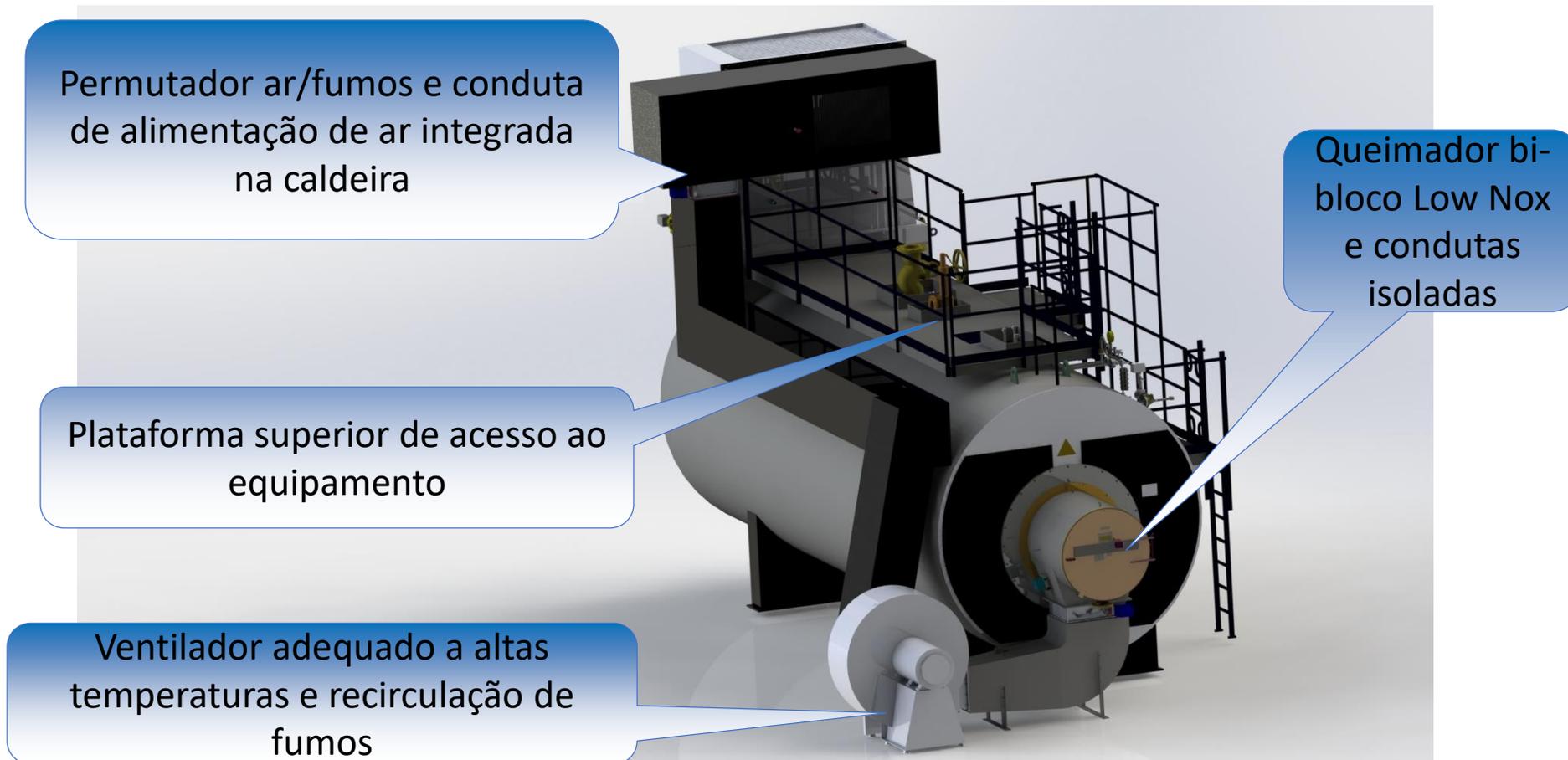
R-Eco: Performance garantido



Solução R-Eco (esquema simplificado)

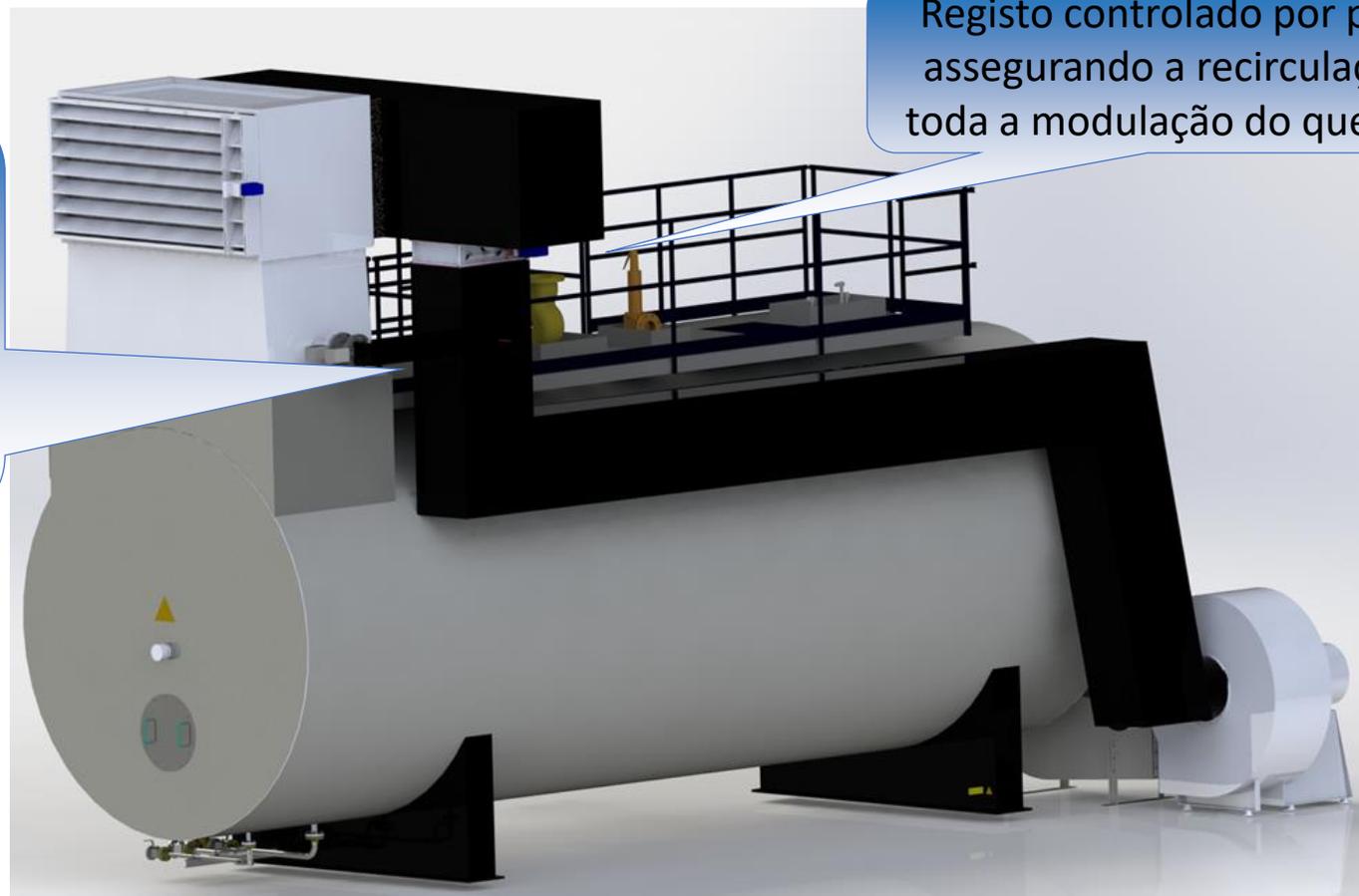


Equipamento integrado



Equipamento integrado

Linha de recirculação de fumos com válvula automática comandada (para $\text{Nox} < 100$)



Registo controlado por pressão assegurando a recirculação em toda a modulação do queimador

Prazo de amortização para a solução R-Eco

	< 2 years
	between 2 and 4 years
	> 4 years

A PREÇOS DO
GN EM FRANÇA

	Annual average load rate				
	20,00%	40,00%	60,00%	80,00%	100,00%
Annual operation time					
Boiler type BWD80 with economizer + R-Eco					
8000		3,5	2,3	1,7	1,4
5500			3,4	2,5	2,0
4500				3,1	2,5
2000					
Boiler BWR100B with economizer + R-Eco					
8000		2,8	1,9	1,4	1,1
5500			2,7	2,1	1,6
4500			3,4	2,5	2,0
2000					
Boiler BWR150A with economizer + R-Eco					
8000	3,9	2,0	1,3	1,0	0,8
5500		2,9	1,9	1,4	1,1
4500		3,5	2,3	1,7	1,4
2000				3,9	3,1
Boiler BWR210A with economizer + R-Eco					
8000	2,9	1,5	1,0	0,7	0,6
5500		2,1	1,4	1,1	0,8
4500		2,6	1,7	1,3	1,0
2000			3,9	2,9	2,3
Boiler BWR270A with economizer + R-Eco					
8000	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5
5500	4,0	2,0	1,3	1,0	0,8
4500		2,4	1,6	1,2	1,0
2000			3,6	2,7	2,2

Exemplo: BWR100A, 10Ton/h



Condições: 95% de retorno de condensados injetado diretamente na alimentação do economizador (com água de reposição; 157°C)

Performance real:

Carga entre 50 a 100% : rendimento **97,5%**

Exemplo: BWR210A , 21Ton/h



Condições: 80% de retorno de condensados injetado diretamente na alimentação do economizador (com água de reposição; 150°C)

Performance real:

Carga 100%: rendimento **97,5%** e **NOx 85mg**

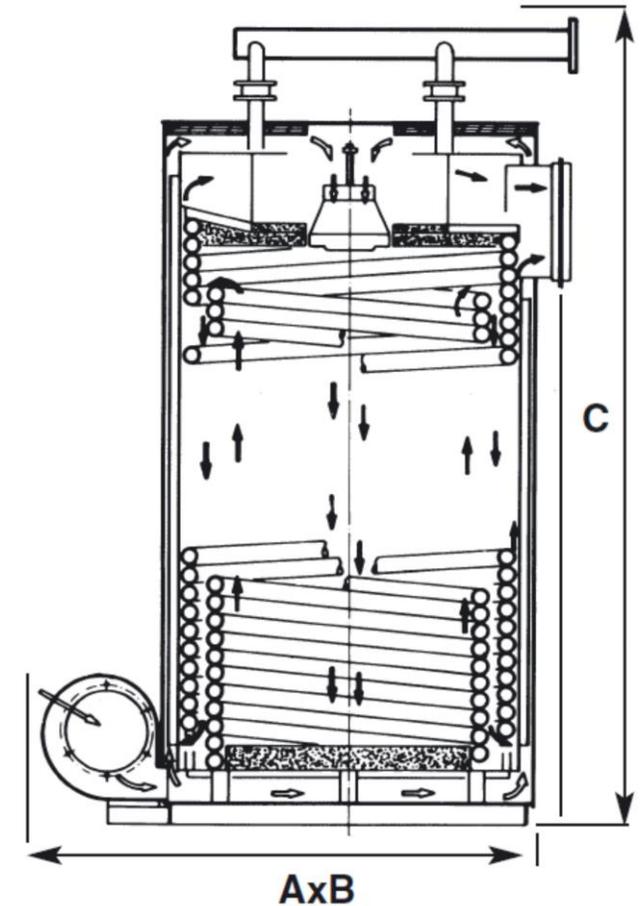
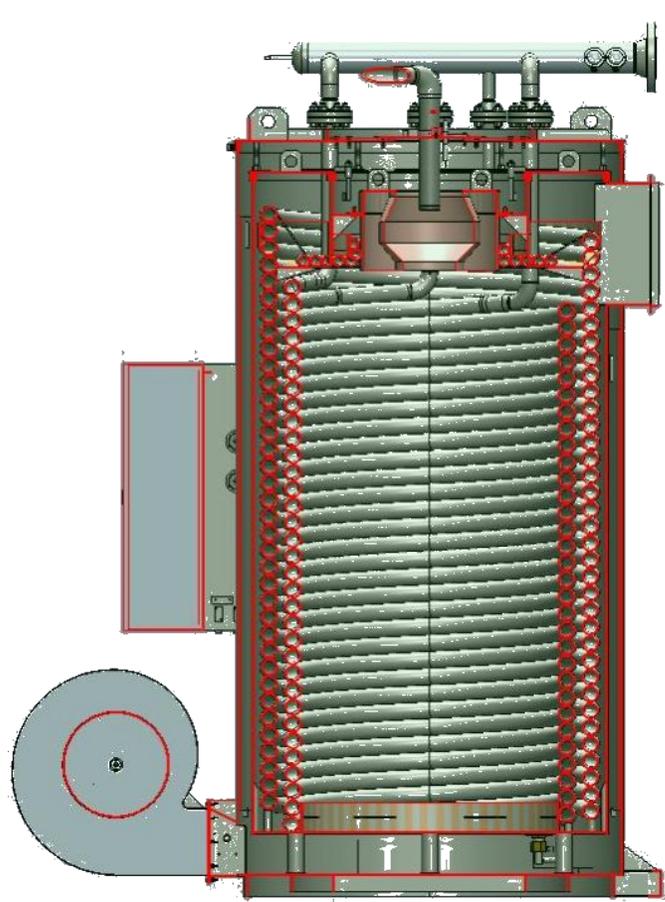
SOLUÇÕES DE ALTO RENDIMENTO

Caldeiras de Fluido Térmico com permutador

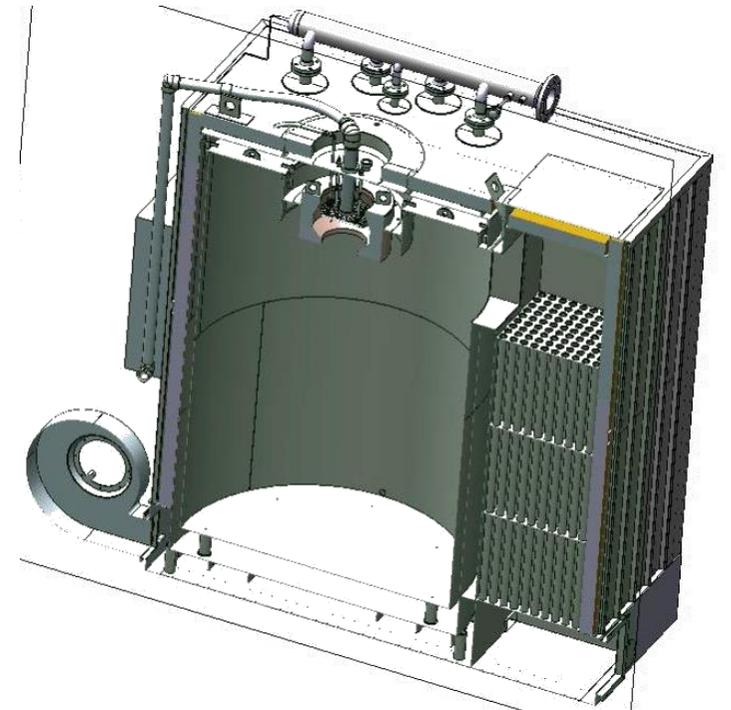
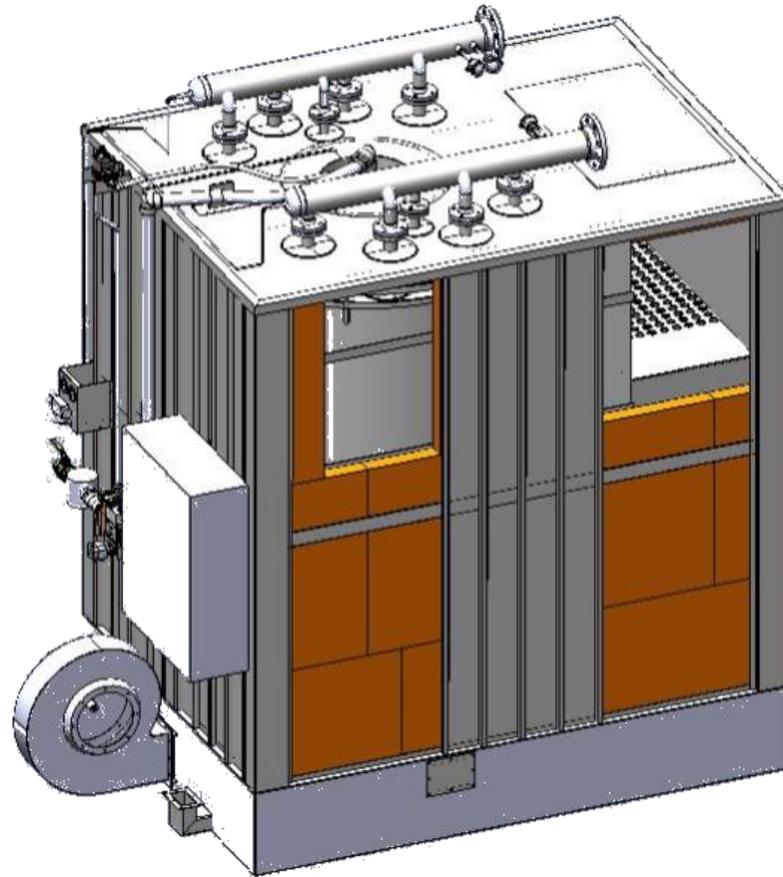


Caldeira TPC com pré-aquecimento do ar comburente

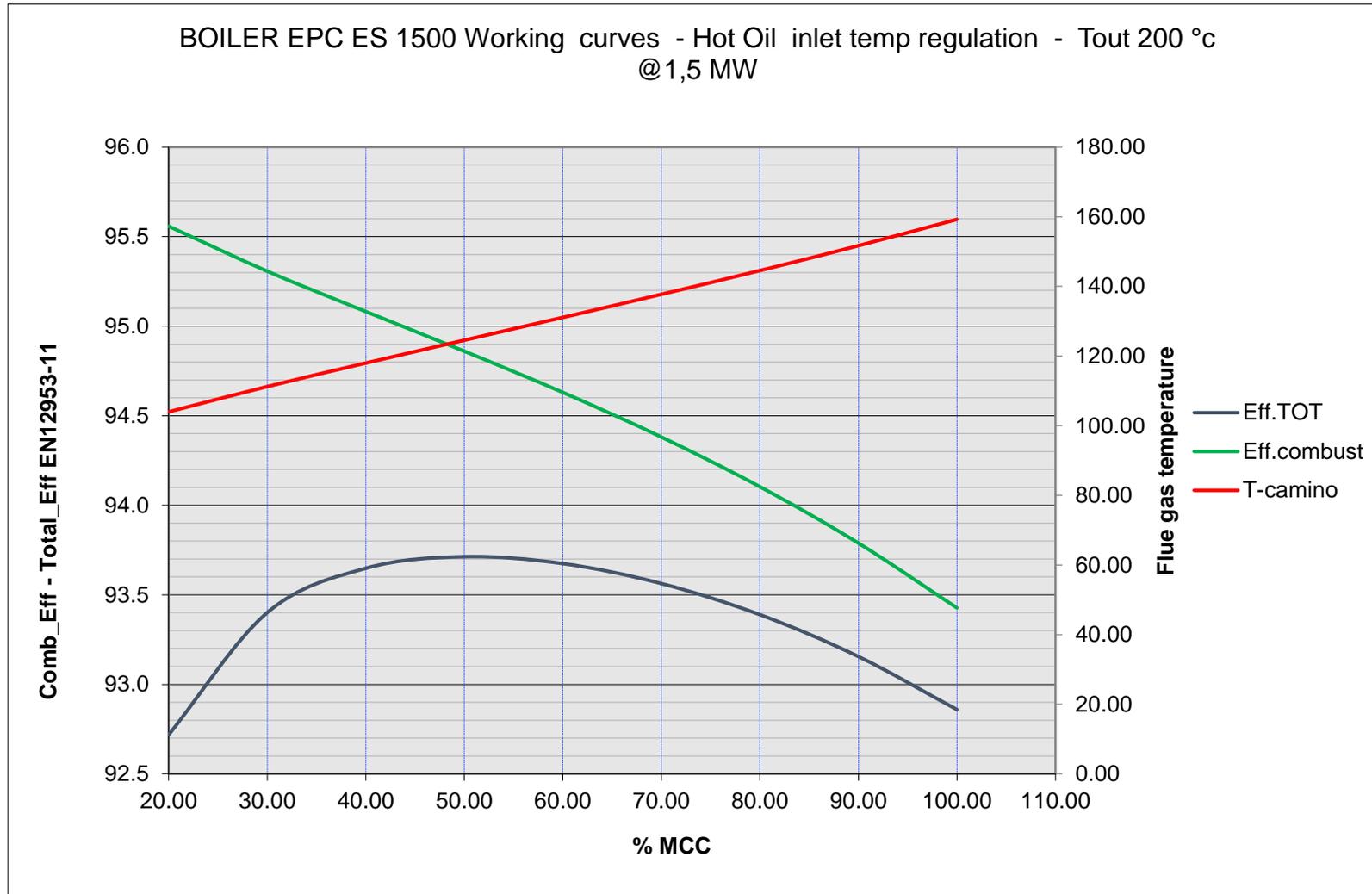
Baixo diferencial de temperatura entre os gases e o óleo térmico



Caldeira EPC-ES com Permutador Ar-Fumos



Caldeira EPC-ES com Permutador Ar-Fumos



SOLUÇÕES DE ALTO RENDIMENTO

Queimador LowNOx com gama de modulação alargada

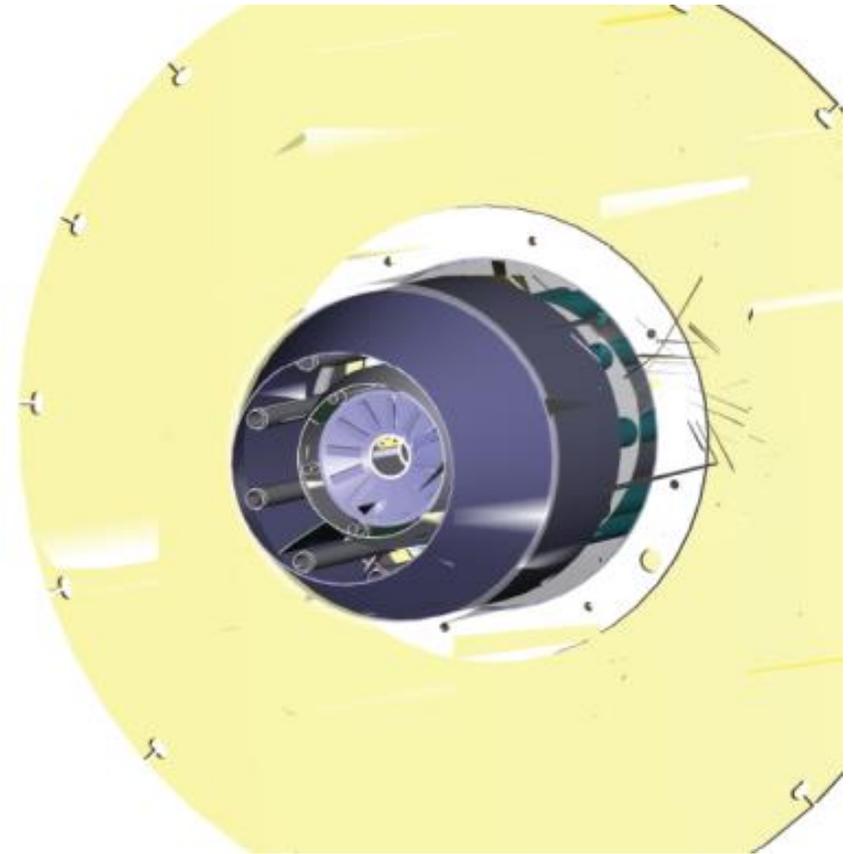
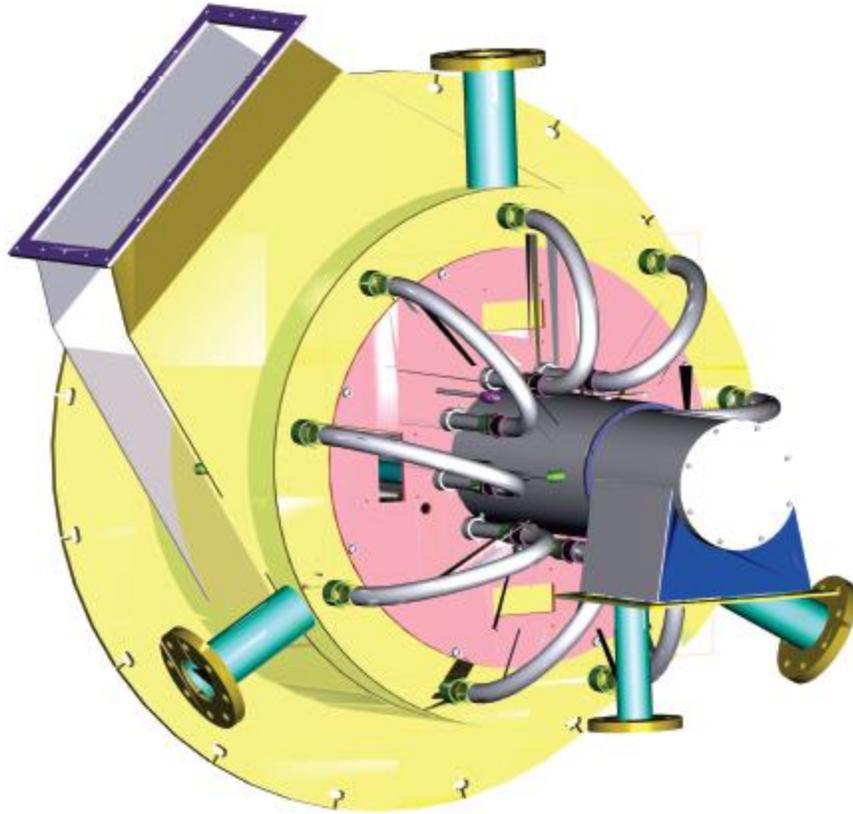


ORTHOS: LowNOx, gama de modulação alargada

- Potências disponíveis entre 8 e 20 MW
- Funcionamento com combustíveis gasosos
- Duas cabeças de combustão
- Duas rampas de gás
- Dois ventiladores
- Regulação de oxigénio



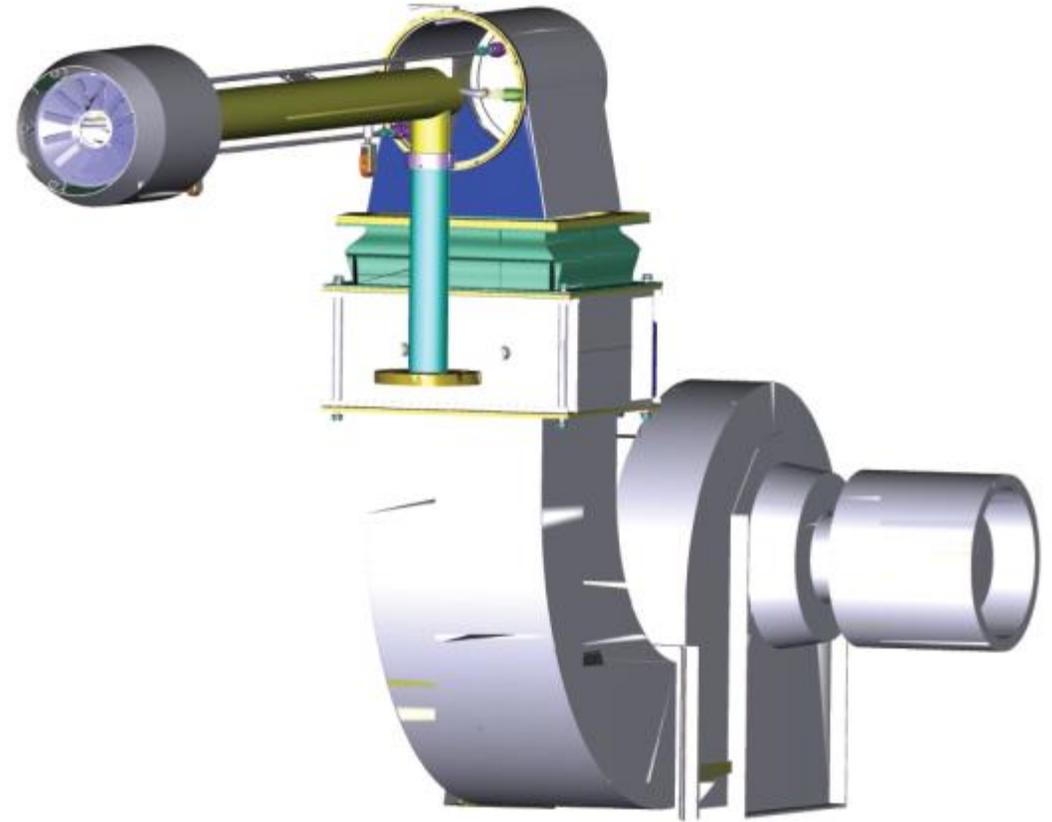
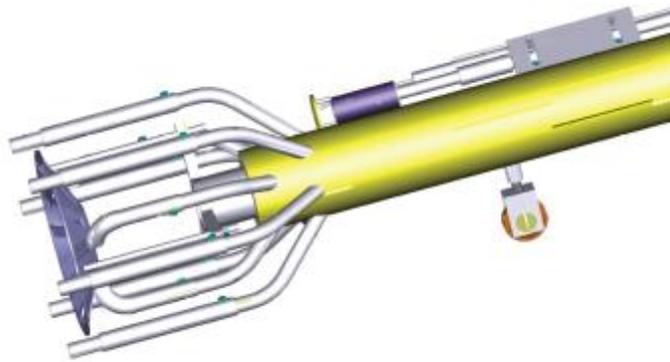
ORTHOS: Esquema de princípio



ORTHOS: Esquema de princípio

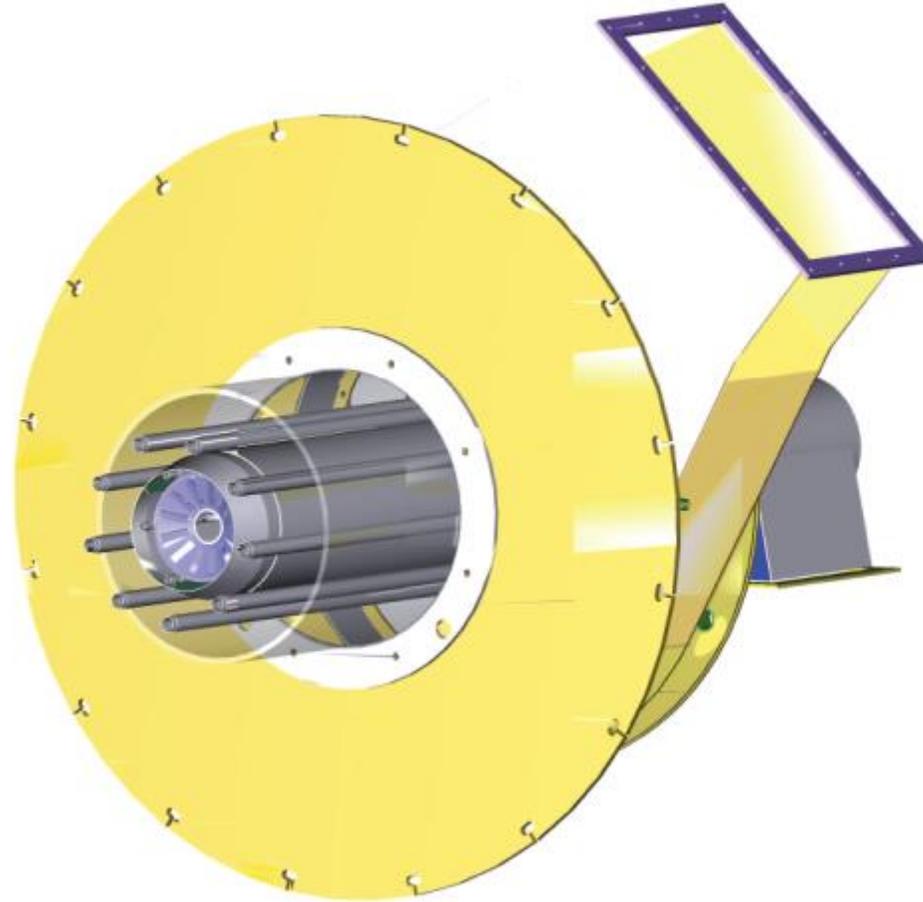
Uma chama primária

- **Queimador autónomo:**
ventilador + rampa de gás + chama piloto + célula de deteção de chama
- Assegura a modulação entre 30 e 8
(de 3,3 % a 12,5 % de modulação)



ORTHOS: Esquema de princípio

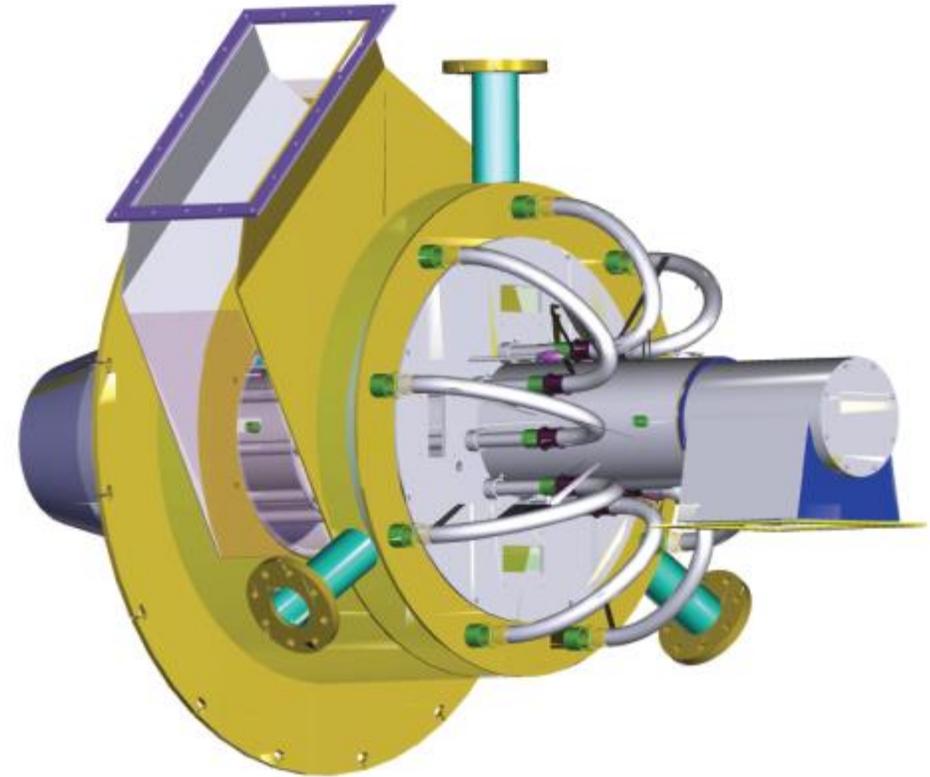
Uma chama primária



ORTHOS: Esquema de princípio

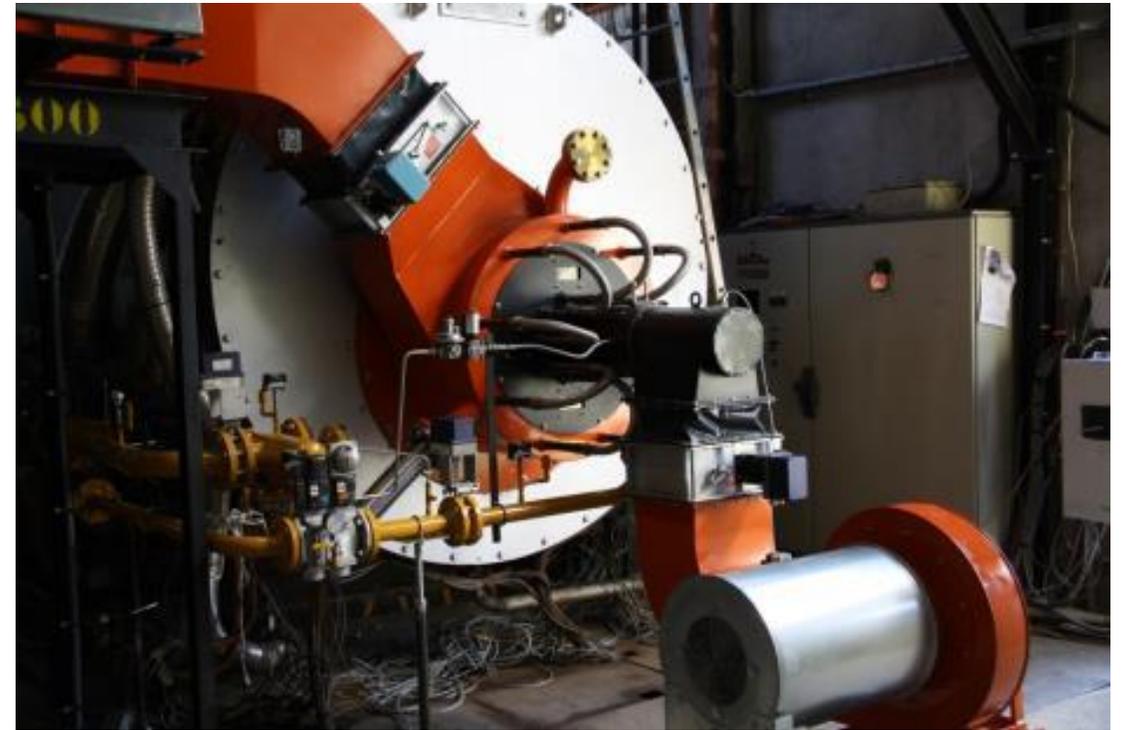
Uma chama principal

- **Queimador autónomo:**
ventilador + rampa de gás.
- Assegura a modulação entre 8 e 1 (de 12,5% a 100% de modulação)



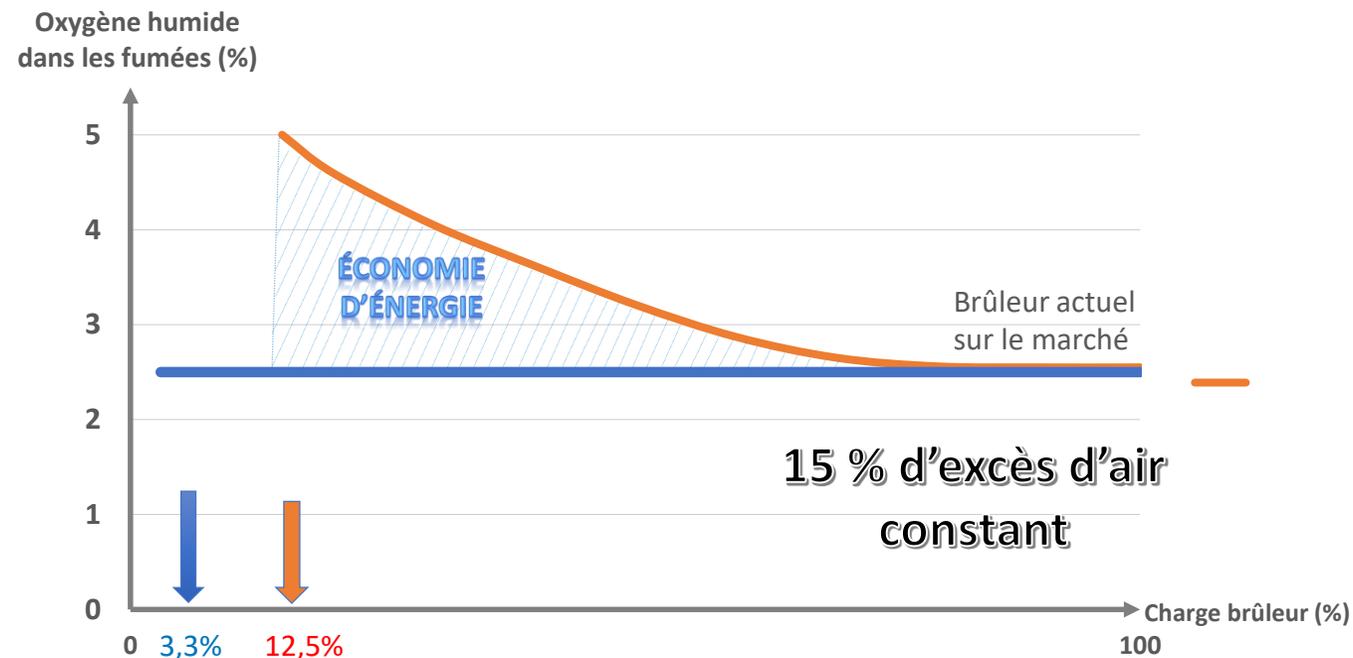
ORTHOS: Performance

- ✓ $\text{NO}_x < 100 \text{ mg}$
- ✓ Gama de modulação: 1 a 30
- ✓ Excesso de ar de 15 % sobre toda a gama de modulação



ORTHOS: Melhoria do rendimento de exploração

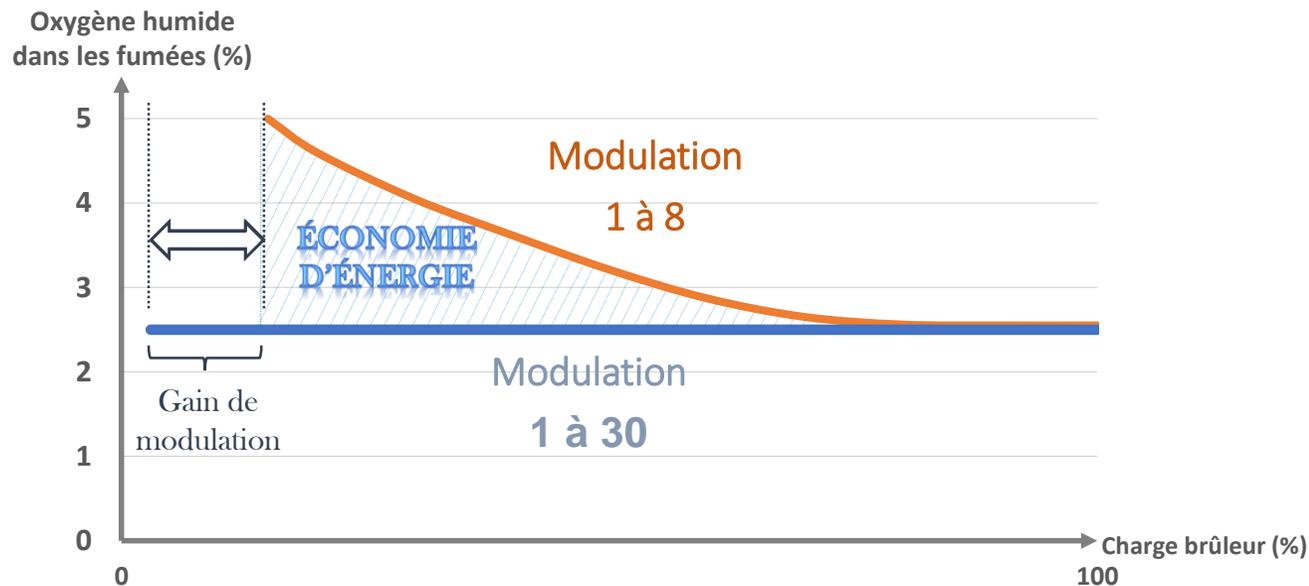
- Mínimo de excesso de ar em toda a modulação de potência = aumento direto do rendimento de exploração



Ex : -1% O₂ seco ⇔ + 0,6% de rendimento (0,3% com economizador)

ORTHOS: Melhoria do rendimento de exploração

- ✓ Gama de modulação alargada: 1 à 30
- Mínimo técnico mais baixo
- Aumento do rendimento de exploração



Evita os ciclos de paragem/arranque do queimador, reduzindo os períodos e perdas de energia associadas na paragem e pré-ventilação

Ex : Para uma caldeira à carga média de 60% e com um regime de 3 paragens/arranques por hora, o aumento de rendimento excede 1%

ORTHOS: Ganhos no rendimento de exploração

- Queimador Orthos vs TA (1:8)

% de carga do queimador (média anual)				
	20%	40%	60%	70%
Ganho de rendimento de exploração com o queimador ORTHOS	2,0%	1,6%	1,4%	1,3%

ORTHOS: Retorno do investimento

	Taux de charge moyen annuel					
	20%	40%	60%	70%		
Temps de fonctionnement annuel						
Chaudière 10 t/h avec économiseur						
8 000 h						
5 500h						
4 500h						
2 000 h						
Chaudière 20 t/h avec économiseur						
8 000 h						
5 500h						
4 500h						
2 000 h						
Chaudière 27 t/h avec économiseur						
8 000 h						
5 500h						
4 500h						
2 000 h						

	< 2 ans
	entre 2 et 4 ans
	> 4 ans

Nota: Baseado no custo do gás natural em França

Contactos

pmorgado@babcock-wanson.com

Remoção de O₂ da água como solução híbrida e poupança de energia e água através de purgas

Bosch Termotecnologia, S.A.

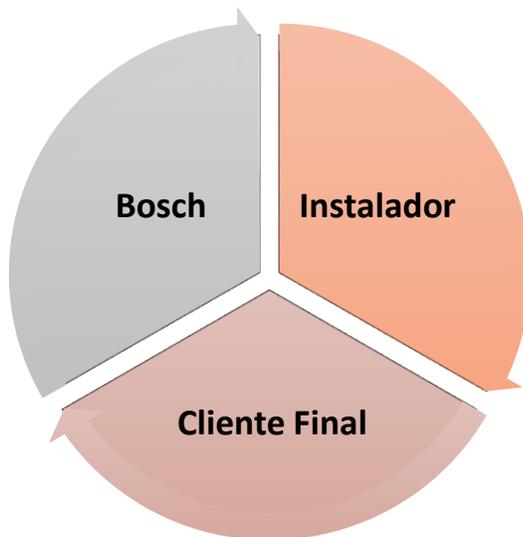
Eficiência Energética em Geradores de Calor

Auditório INOVAGAIA, 26-06-2019

Eficiência Energética em Geradores de Calor - *Workshop Técnico*

Bosch Industrial

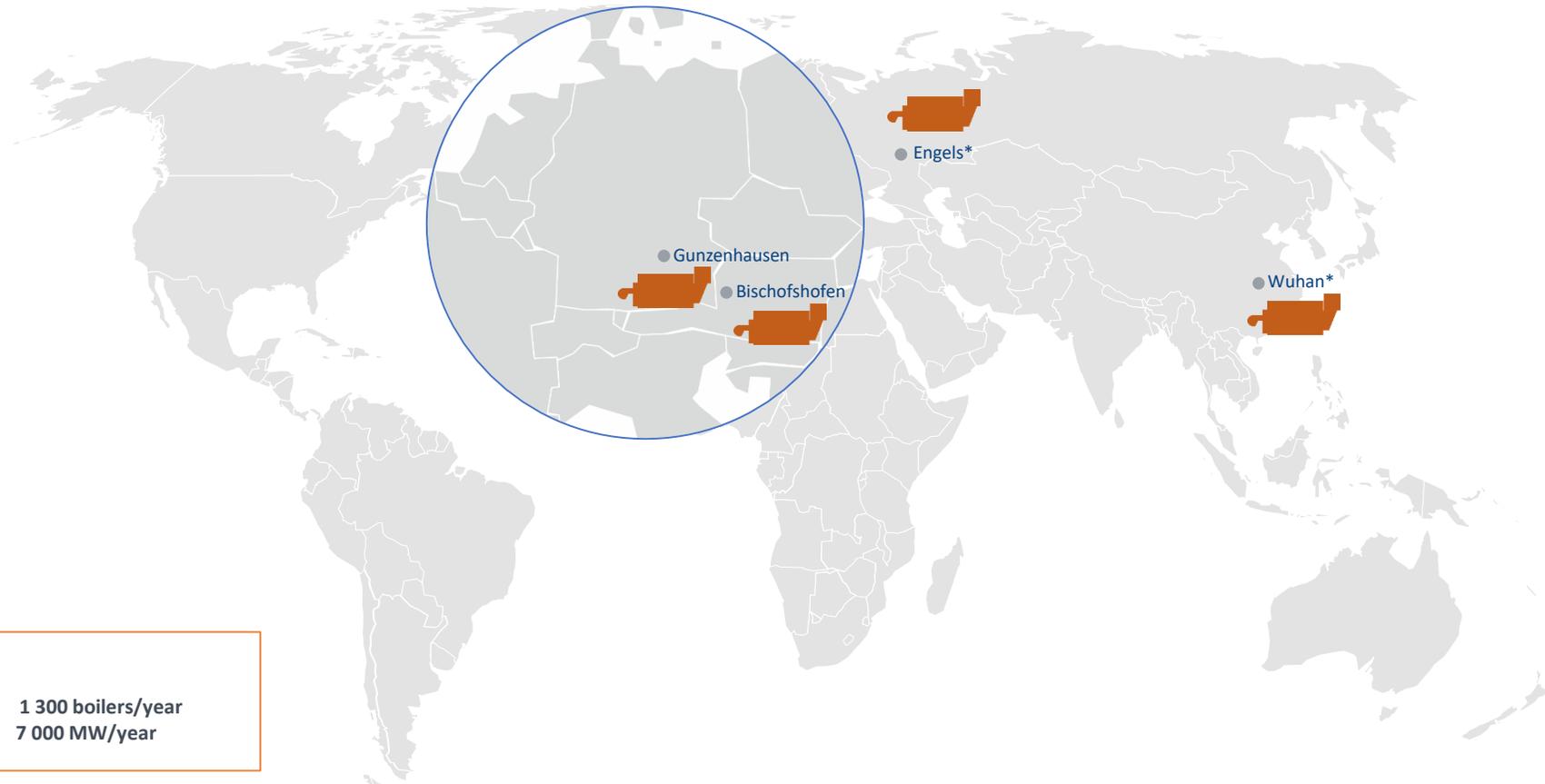
- Fundada em 1865 (Loos International)
- Mais de 115 000 Caldeiras industriais em 140 países
- Aquisição da LOOS em 2009



- Focus na relação cliente/instalador
- Aconselhamento ao projetista
- Partilha de boas práticas de operação e manutenção

Eficiência Energética em Geradores de Calor - *Workshop Técnico*

Bosch Industrial



Industrial boilers (DE, AT)

- Boiler manufacturing 1 300 boilers/year
- Boiler output 7 000 MW/year



Controlo e manutenção

- Poupança de 3% em combustível
- Aumento da vida útil dos equipamentos
- Melhoria do funcionamento

Economizador

- ✓ Poupança de combustíveis até 7%

Condensador de gases

- ✓ Poupança de combustíveis até 7%

Pré-aquecimento do ar

- ✓ Poupança de combustíveis até 2%

Tratamento da água

- ✓ Melhor qualidade da água
- ✓ Aumento da qualidade do vapor
- ✓ Quantidade mínima de purga

Combustão modulante

- ✓ Poupança de combustível até 1%

Controlo de velocidade do ventilador

- ✓ Poupança de eletricidade até 75%

Controlo de O₂/CO

- ✓ Poupança de combustível até 1%

Sistema de condensados

- ✓ Poupança de combustível até 12%
- ✓ Poupança de água de reposição e água bruta
- ✓ Redução da água residual
- ✓ Poupança de produtos químicos até 90%

Sistema de desgaseificação

- ✓ Poupança de produtos químicos até 80%

Módulos de expansão e recuperação de calor

- ✓ Poupança de combustível até 1%
- ✓ Poupança de água de reposição até 1%
- ✓ Poupança de água de arrefecimento até 100%
- ✓ Poupança de água residual até 70%

Recuperador de calor

- ✓ Poupança de combustível até 0,5%

Remoção de O_2 da água com solução híbrida

Módulo de Desgaseificação

Remoção de O_2 da água com solução híbrida

Percurso da água em sistemas de vapor

Tratamento
de água



Tanque de água
de alimentação



Caldeira



Remoção de O_2 da água com solução híbrida

Percurso da água em sistemas de vapor

Tratamento
de água



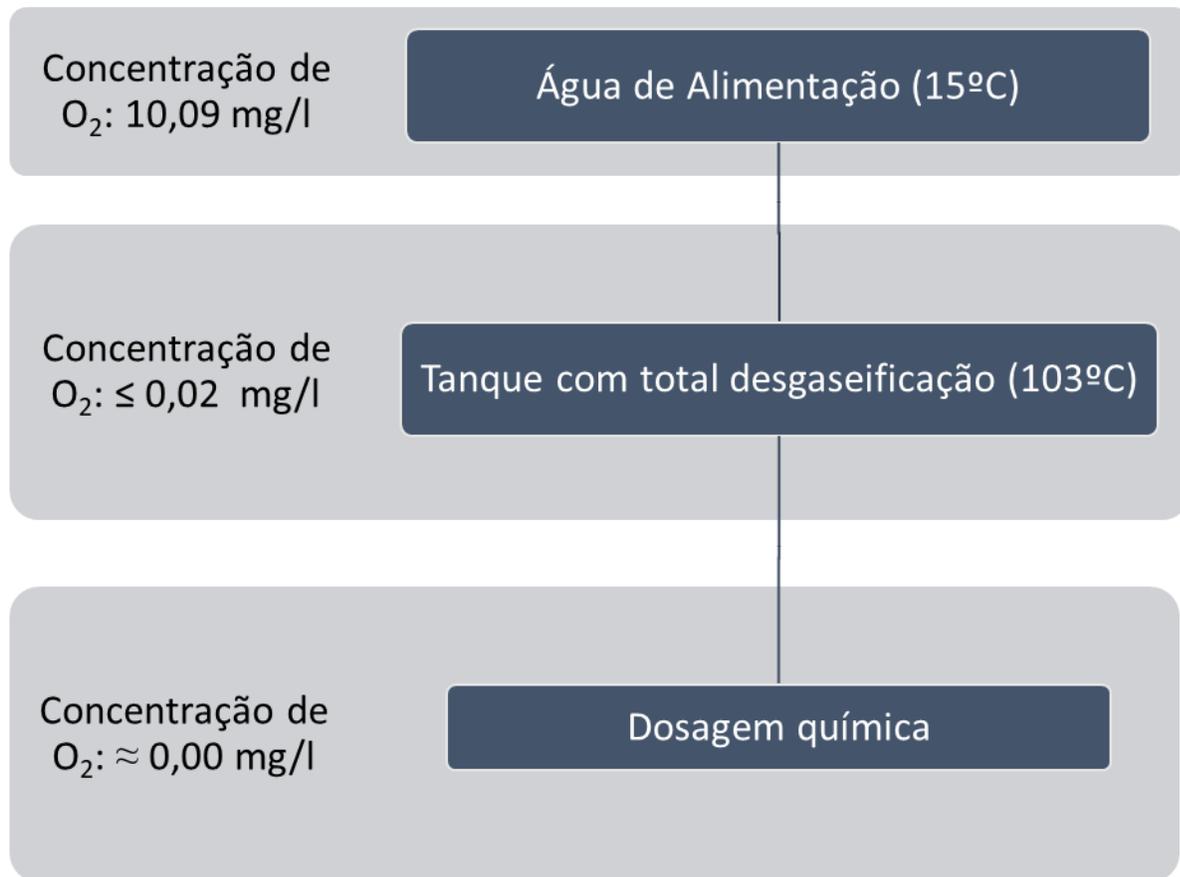
Tanque de água
de alimentação

- Preaquecimento da água
- Recuperação de condensados
- Dosagem química
 - Controlo de pH
 - Ortofosfato (PO_4^{3-})
 - **Remoção de oxigénio**
 - **Sulfito de Sódio (Na_2SO_3)**



Remoção de O_2 da água com solução híbrida

Tanque de água de alimentação com desgaseificação completa



Remoção de O_2 da água com solução híbrida

Desgaseificação completa vs. Desgaseificação parcial

Produção de vapor	Operação Anual	Água de alimentação	Concentração de O_2 após Desgaseificação completa (103°C)	Custo Anual em Químicos	Concentração de O_2 Desgaseificação Parcial (90°C)	Custo Anual em Químicos	Poupança com Desgaseificação total
kg/h	Horas	kg/h	mg/L	€/ano	mg/L	€/ano	€/ano
5000	2000	2500	0,02	603,20	3,51	4 651,60	4 048,40
	5600			1 688,96		13 024,48	11 335,52
	8400			2 533,44		19 536,72	17 003,28
8000	2000	4000		965,12		7 442,56	6 477,44
	5600			2 702,34		20 839,17	18 136,83
	8400			4 053,50		31 258,75	27 205,25
10000	2000	5000		1 206,40		9 303,20	8 096,80
	5600			3 377,92		26 048,96	22 671,04
	8400			5 066,88		39 073,44	34 006,56
12000	2000	6000		1 447,68		11 163,84	9 716,16
	5600			4 053,50		31 258,75	27 205,25
	8400			6 080,26		46 888,13	40 807,87
16000	2000	8000	1 930,24	14 885,12	12 954,88		
	5600		5 404,67	41 678,34	36 273,66		
	8400		8 107,01	62 517,50	54 410,50		



Considerações:

Retorno de condensados: 50%
 Na_2SO_3 (preço/50kg): 1 450€

8h / dia	5 dias / semana	50 semanas / ano	2000 horas
16h / dia	7 dias / semana	50 semanas / ano	5600 horas
24h / dia	7 dias / semana	50 semanas / ano	8400 horas

Remoção de O_2 da água com solução híbrida

Desgaseificação completa vs. Sem Desgaseificação

Produção de vapor	Operação Anual	Água de alimentação	Concentração de O_2 após Desgaseificação completa (103°C)	Custo Anual em Químicos	Concentração de O_2 Sem desgaseificação (15°C)	Custo Anual em Químicos	Poupança com Desgaseificação total
kg/h	Horas	kg/h	mg/L	€/ano	mg/L	€/ano	€/ano
5000	2000	2500	0,02	603,20	9,1	11 136,00	10 532,80
	5600			1 688,96		31 180,80	29 491,84
	8400			2 533,44		46 771,20	44 237,76
8000	2000	4000		965,12		17 817,60	16 852,48
	5600			2 702,34		49 889,28	47 186,94
	8400			4 053,50		74 833,92	70 780,42
10000	2000	5000		1 206,40		22 272,00	21 065,60
	5600			3 377,92		62 361,60	58 983,68
	8400			5 066,88		93 542,40	88 475,52
12000	2000	6000		1 447,68		26 726,40	25 278,72
	5600			4 053,50		74 833,92	70 780,42
	8400			6 080,26		112 250,88	106 170,62
16000	2000	8000	1 930,24	35 635,20	33 704,96		
	5600		5 404,67	99 778,56	94 373,89		
	8400		8 107,01	149 667,84	141 560,83		



Considerações:
 Retorno de condensados: 50%
 Na_2SO_3 (preço/50kg): 1 450€

8h / dia	5 dias / semana	50 semanas / ano	2000 horas
16h / dia	7 dias / semana	50 semanas / ano	5600 horas
24h / dia	7 dias / semana	50 semanas / ano	8400 horas

Remoção de O_2 da água com solução híbrida

Módulo de Água de Alimentação com desgaseificação completa

- Retorno de investimento através dos Químicos:

Produção de vapor	Perfil de operação	Investimento	Payback (anos)	
			Desgaseificação parcial para total	Sem Desgaseificação para total
5 T/h	2000	31 203,11 €	7,7	3,0
	5600		2,8	1,1
	8400		1,8	0,7
8 T/h	2000	35 994,44 €	5,6	2,1
	5600		2,0	0,8
	8400		1,3	0,5
10 T/h	2000	37 890,51 €	4,7	1,8
	5600		1,7	0,6
	8400		1,1	0,4
12 T/h	2000	40 540,57 €	4,2	1,6
	5600		1,5	0,6
	8400		1,0	0,4
16 T/h	2000	49 906,97 €	3,9	1,5
	5600		1,4	0,5
	8400		0,9	0,4

- Facil instalação, arranque, operação e manutenção
- Poupança em químicos, água e combustível

Uso de Químicos

Aumento da condutividade no sistema

Aumento de purgas

Diminuição do tempo de vida do equipamento

Maior consumo de água

Maior consumo de combustível

Maior necessidade de manutenção

Remoção de O_2 da água com solução híbrida

Módulo de Água de Alimentação com desgaseificação

- WSM-T
- Desgaseificação parcial (90°C)
- WSM-V
- Desgaseificação completa (103°C)
- Spray ou Cascata



Remoção de O_2 da água com solução híbrida

Módulo de Água de Alimentação com desgaseificação



Sala térmica Beck+Heun

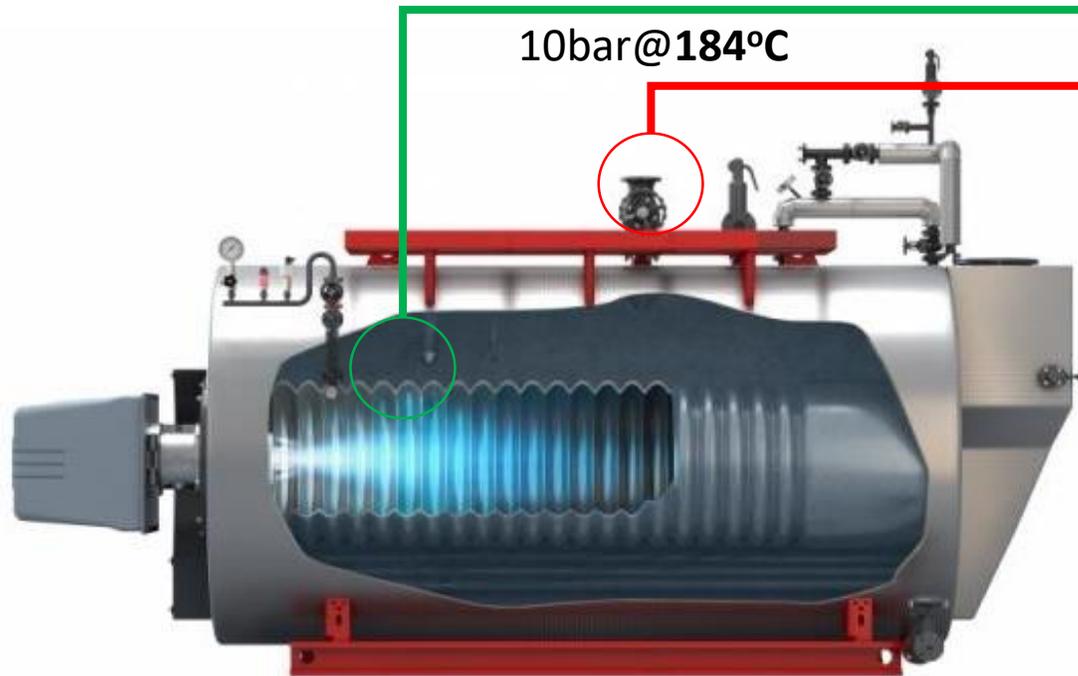
Módulo desgaseificador total WSM-V

Poupança de energia e água através de purgas

Módulo de Expansão, de recuperação de calor e de água de descarga

Poupança de Energia e água através de purgas

Módulo de Expansão, de recuperação de calor e de água de descarga



Produção de vapor	Purga de superfície	Consumo de combustível (Sem recuperação de purgas)	Consumo de água para arrefecimento de purgas (10°C)
kg/h	kg/h	m ³ n/h	kg/h
5000	279	374	606
8000	446	599	969
10000	557	748	1211
12000	669	898	1454
16000	892	1197	1938

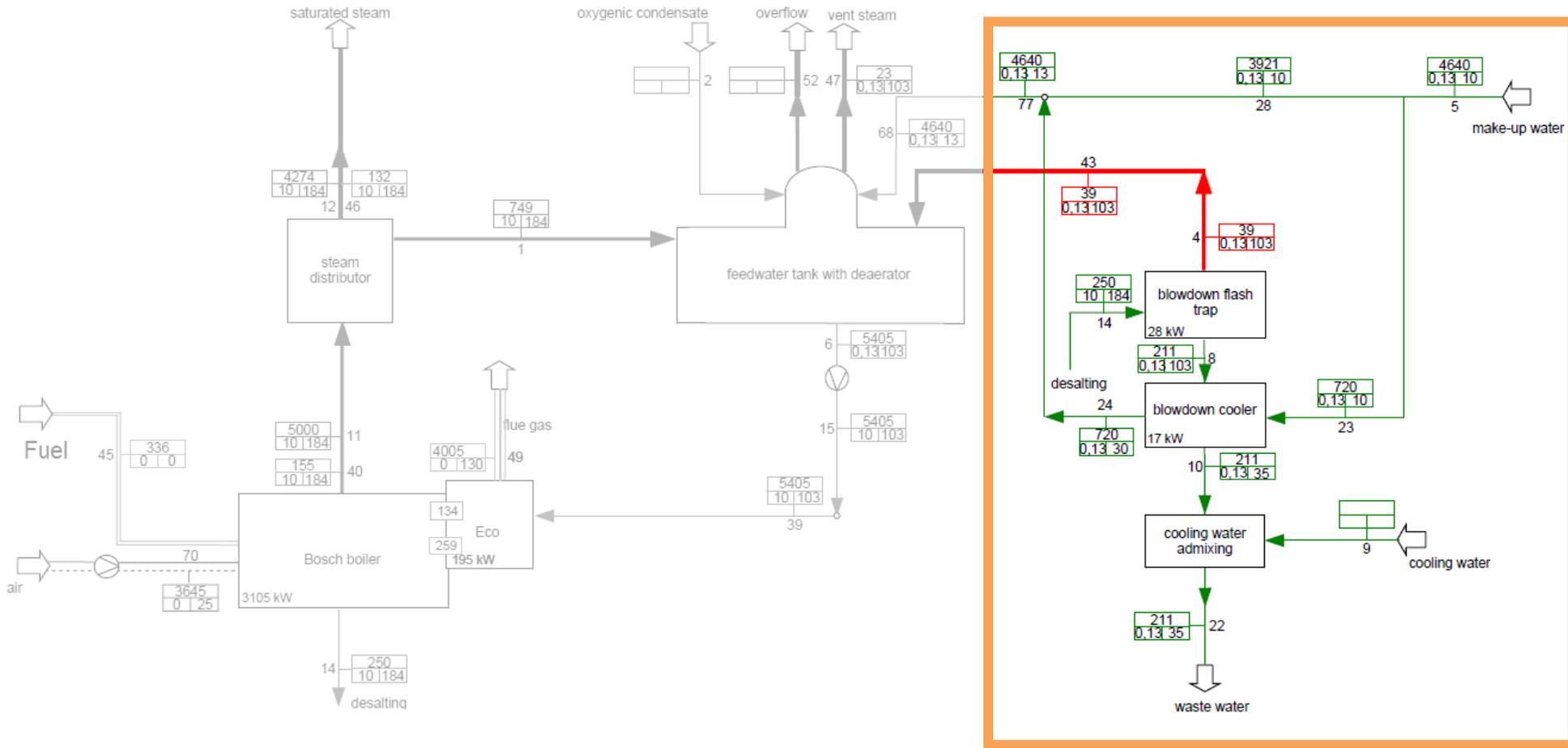
Considerações:

- Retorno de condensados: 50%
- Purga de Superfície: 5%
- Gas Natural (PCI): 10,35 kWh/Nm³
- Gas Natural (preço): 0,04 €/kWh



Poupança de Energia e água através de purgas

Módulo de Expansão, de recuperação de calor e de água de descarga



Poupança de Energia e água através de purgas

Módulo de Expansão, de recuperação de calor e de água de descarga

Produção de vapor	Purga de superfície	Consumo de combustível (Sem recuperação de purgas)	Consumo de água para arrefecimento de purgas (10°C)	Custo de Gás Natural
kg/h	kg/h	m ³ n/h	kg/h	€/h
5000	279	374	606	154,84 €
8000	446	599	969	247,99 €
10000	557	748	1211	309,67 €
12000	669	898	1454	371,77 €
16000	892	1197	1938	495,56 €

Produção de vapor	Purga de superfície	Consumo de combustível (em recuperação de purgas)	Consumo de água para arrefecimento de purgas (10°C)	Custo de Gás Natural
kg/h	kg/h	m ³ n/h	kg/h	€/h
5000	275	369	0	152,77 €
8000	440	590	0	244,26 €
10000	550	738	0	305,53 €
12000	660	886	0	366,80 €
16000	879	1181	0	488,93 €

Consumo de água reduzido

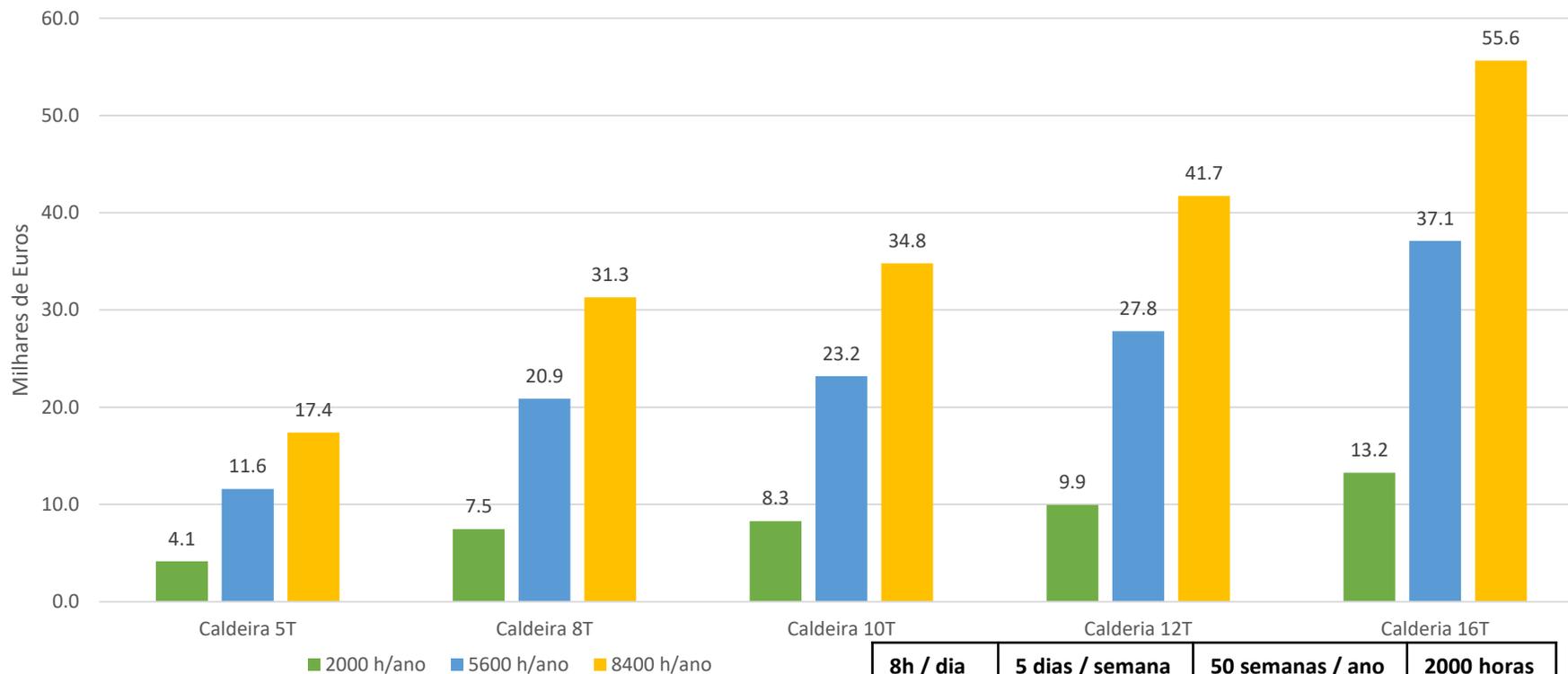
Purga de superfície reduz



Poupança de Energia e água através de purgas

Módulo de Expansão, de recuperação de calor e de água de descarga

Poupança Anual de Combustível (NG)



8h / dia	5 dias / semana	50 semanas / ano	2000 horas
16h / dia	7 dias / semana	50 semanas / ano	5600 horas
24h / dia	7 dias / semana	50 semanas / ano	8400 horas



Poupança de Energia e água através de purgas

Módulo de Expansão, de recuperação de calor e de água de descarga

- Retorno de investimento:

Produção de Vapor (kg/h)	2000 h/ano	5600 h/ano	8400 h/ano
5000	3,62	1,29	0,86
8000	2,01	0,72	0,48
10000	1,81	0,65	0,43
12000	1,51	0,54	0,36
16000	1,13	0,40	0,27

- Montagem rápida e simples, com poucas ligações.
 - Imediatamente operacional
- Aumenta o grau de eficiência da instalação
- Reduz o custo de combustível e de água de arrefecimento.



Poupança de Energia e água através de purgas

Módulo de Expansão, de recuperação de calor e de água de descarga



Remoção de O_2 da água com solução híbrida

Módulo de Expansão, de recuperação de calor e de água de descarga

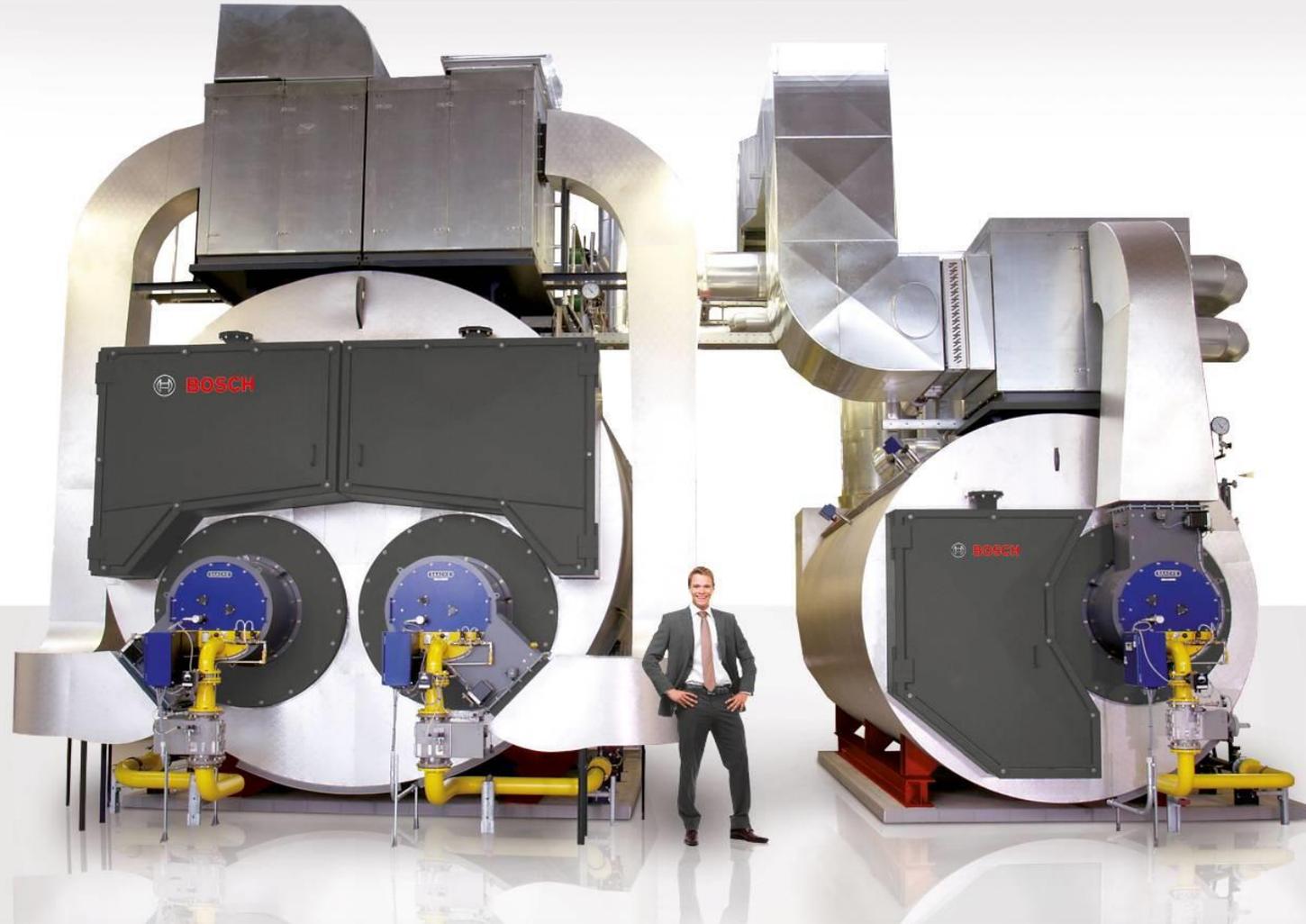


Sala térmica Beck+Heun

Obrigado pela vossa atenção!

www.bosch-industrial.com

bosch.industrial@pt.bosch.com



Contactos

Bosch.Industrial@pt.bosch.com ou Rita.Alexandra@pt.bosch.com

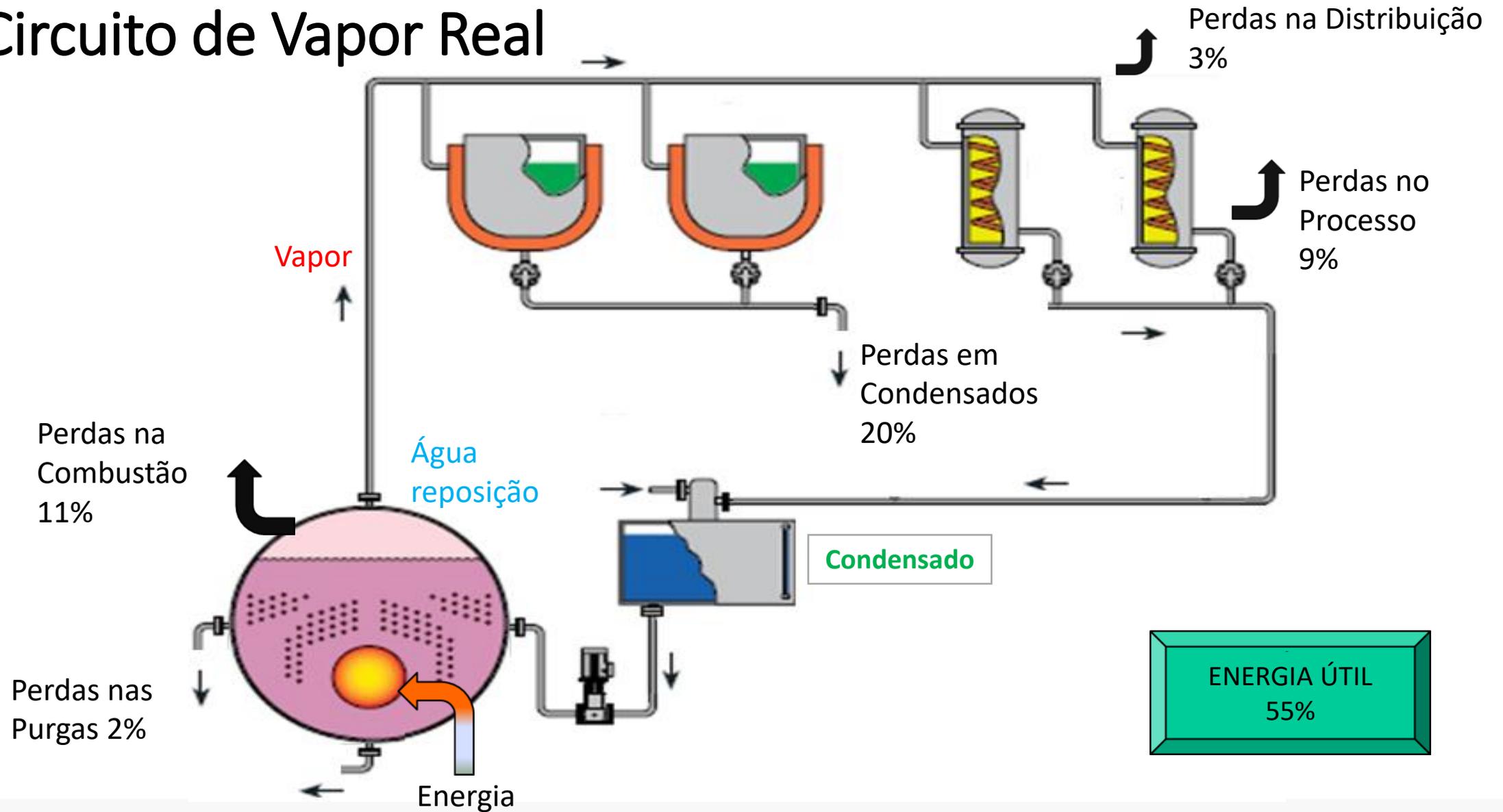
Recuperação de Condensado e de Vapor de Flash

Fernando Sousa – SPIRAX SARCO

Eficiência Energética em Geradores de Calor

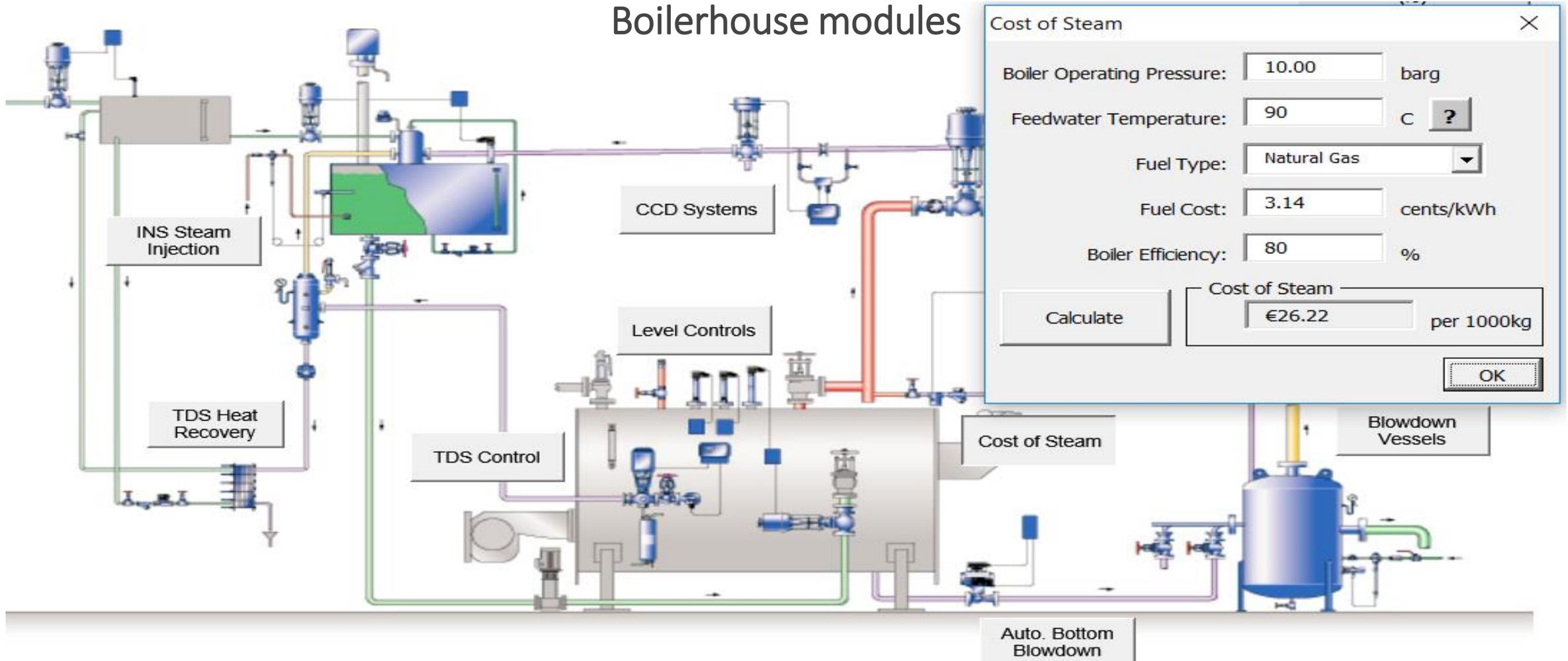
Auditório INOVAGAIA, 26-06-2019

Circuito de Vapor Real

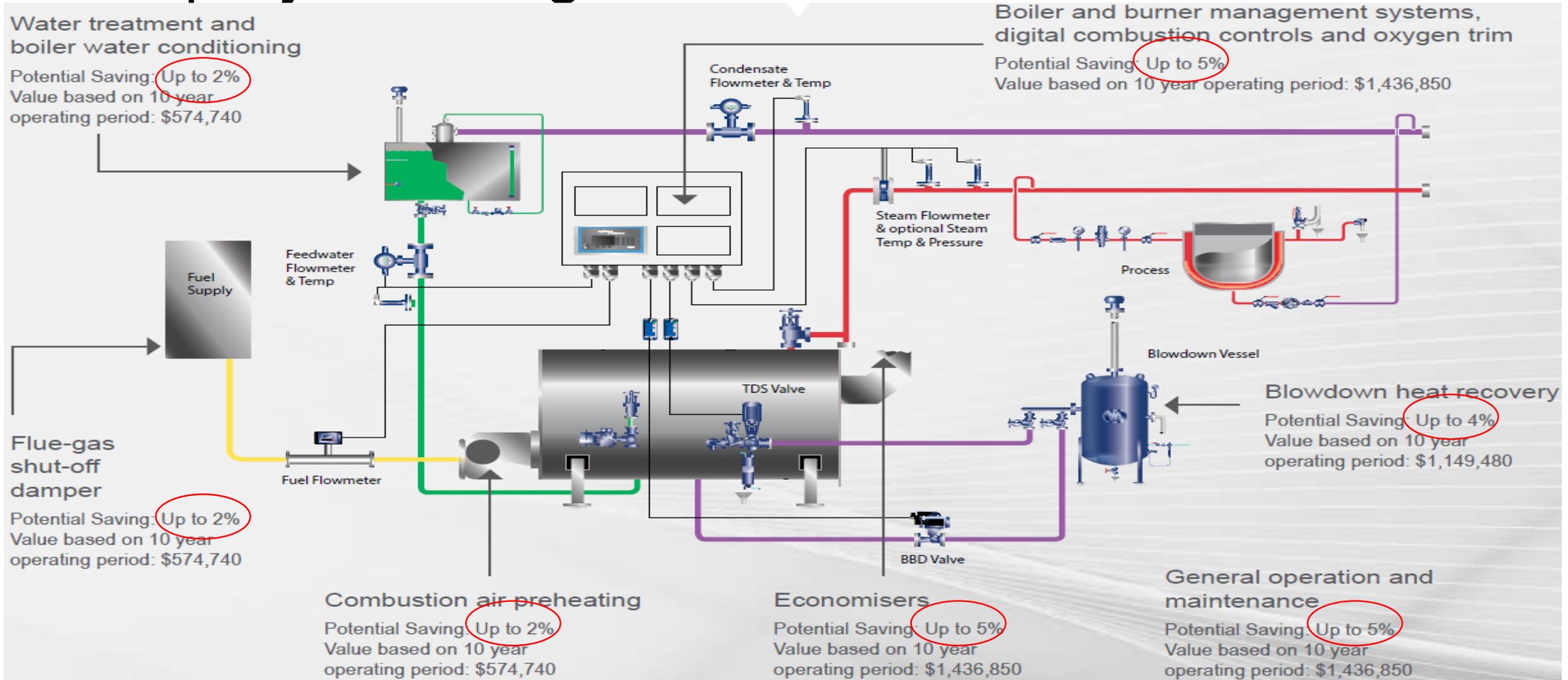


Cálculo custo Produção de Vapor

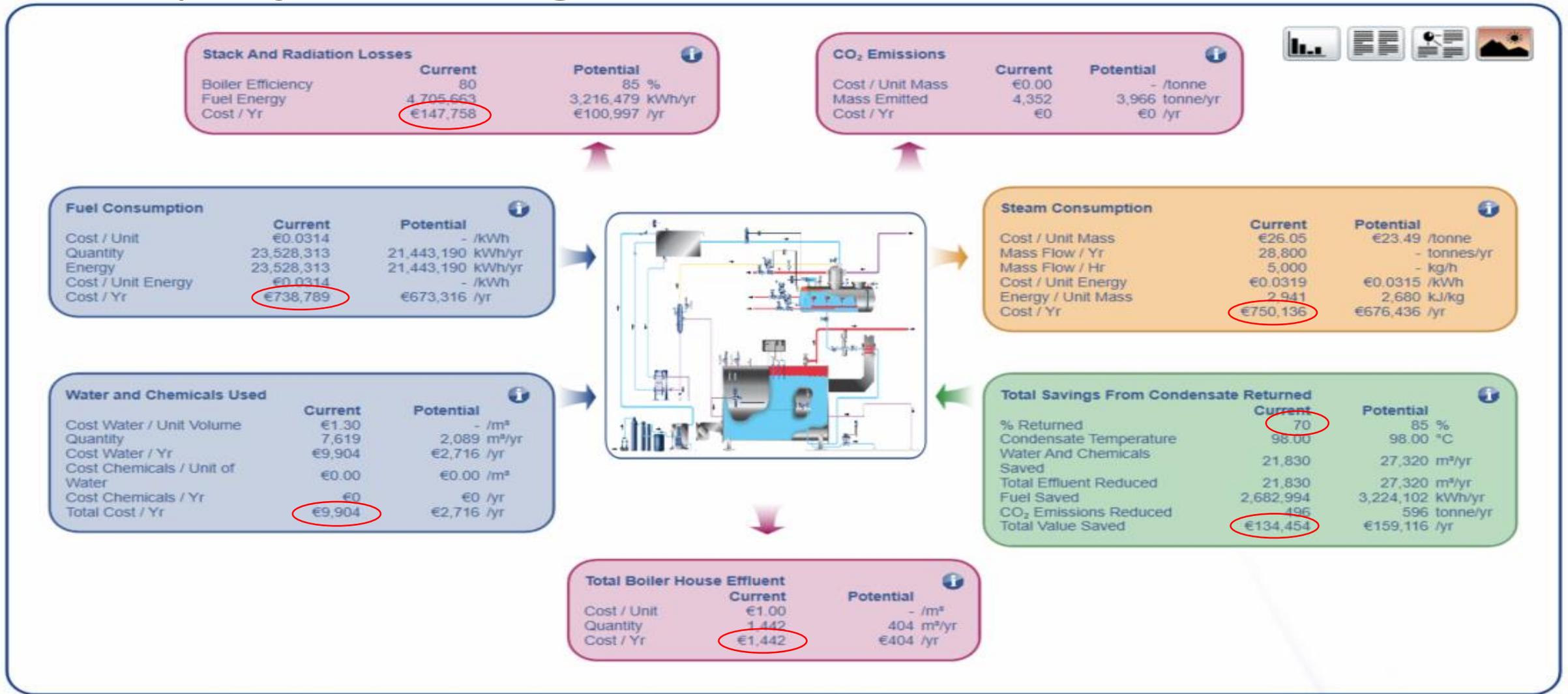
Boilerhouse modules



Poupanças de Energia na Central Térmica

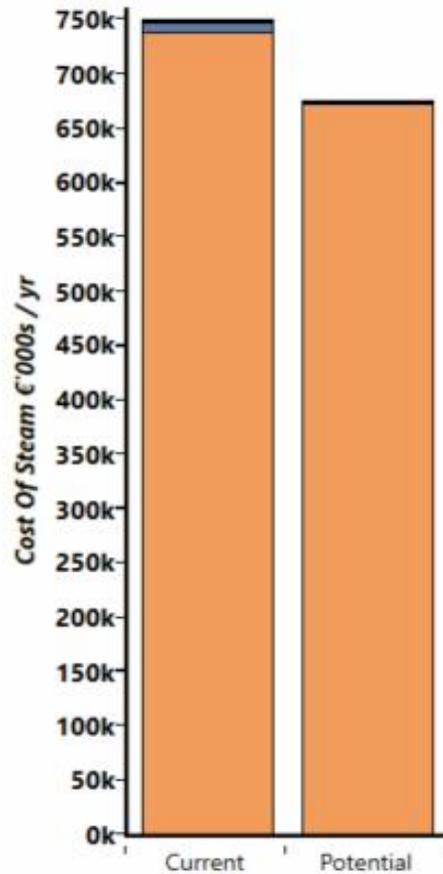


Poupanças de Energia na Central Térmica

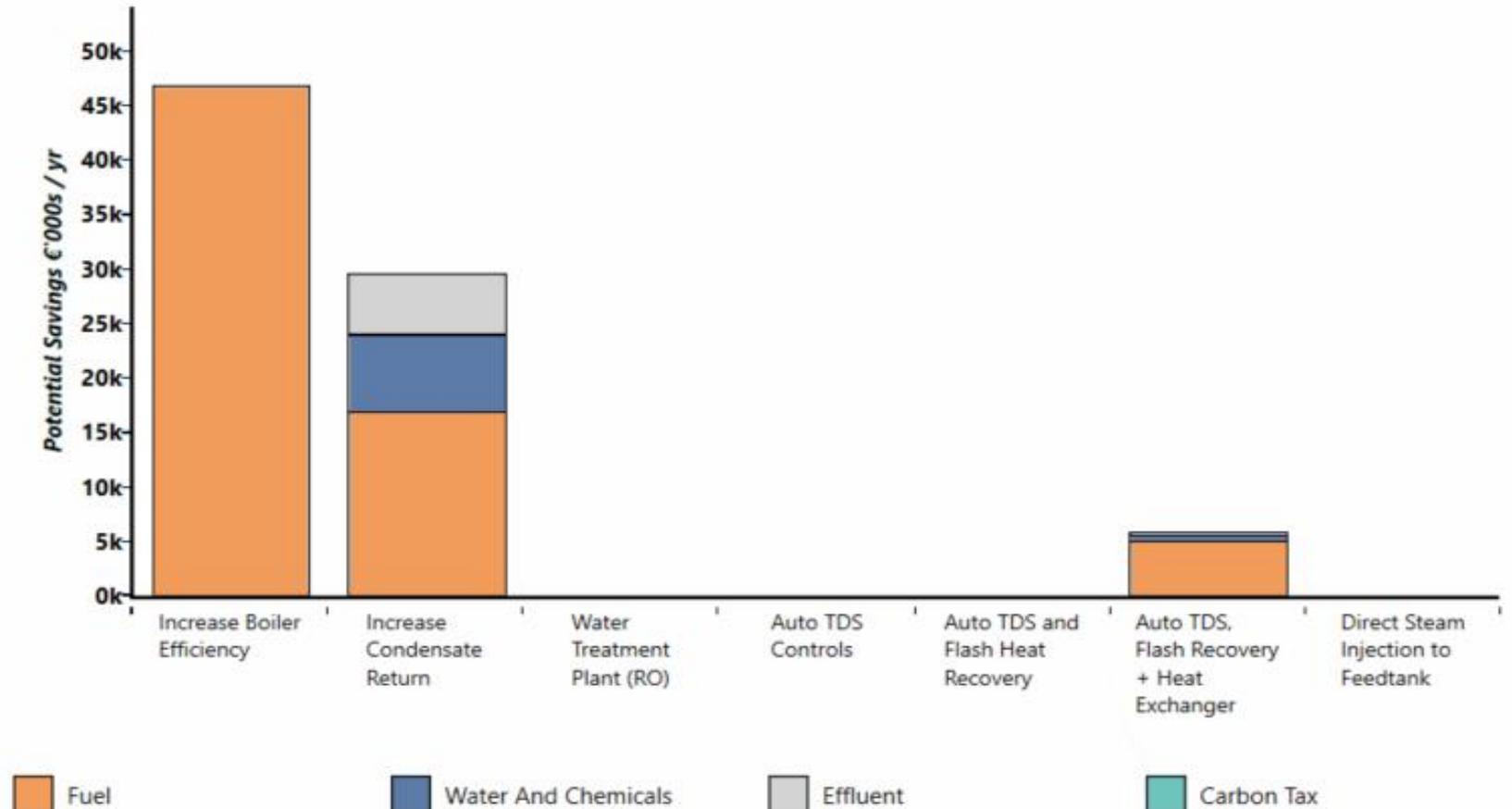


Poupanças de Energia na Central Térmica

Cost of Steam Generation



Potential Boiler House Savings By Project



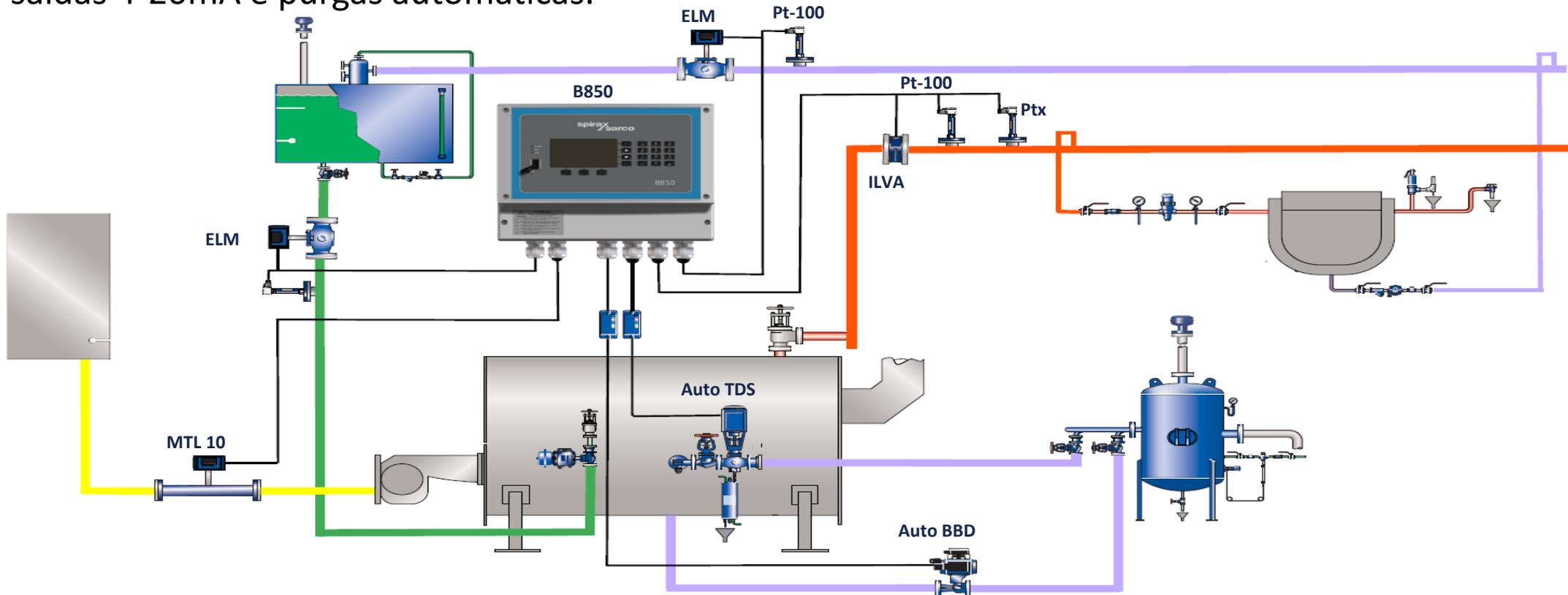
Poupanças de Energia na Central Térmica

B850

Boilerhouse Energy Monitor

Monitorização em contínuo e cálculo automático em contínuo da eficiência do gerador de vapor

O computador B850 é compatível com todos os medidores da Spirax Sarco e/ou outras marcas com saídas 4-20mA e purgas automáticas.



Poupanças de Energia: Circuito de Vapor e Condensados

Hoje só vamos abordar as recuperações relativas a:

- Vapor de Flash
- Retorno de condensados

Vapor de Flash (Reevaporado)

- Quando o condensado passa de uma pressão e temperatura, para uma pressão inferior com temperatura de saturação mais baixa, parte do condensado converte-se em vapor. Designa-se por **Reevaporação**.
- A quantidade de vapor reevaporado calcula-se com a seguinte equação:



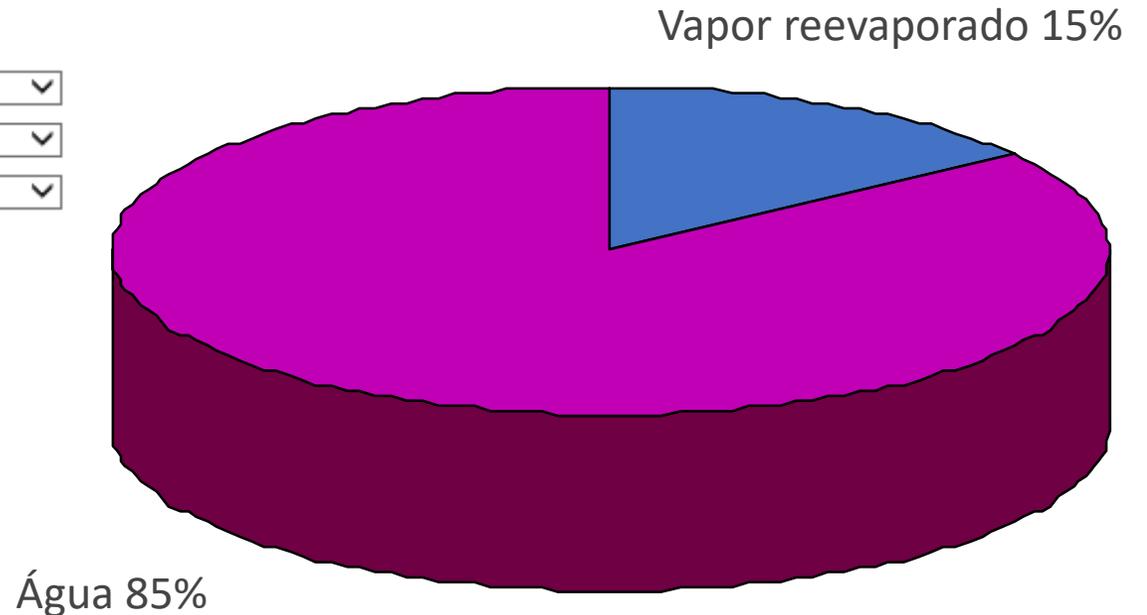
Drenagem do condensado com reevaporação

$$\text{Caudal reevaporado} = \frac{\text{Entalpia condensado alta pressão} - \text{Entalpia condensado baixa pressão}}{\text{Entalpia evaporação baixa pressão}} \times \text{caudal condensado}$$

Relação da Massa de Condensado/Vapor Reevaporado

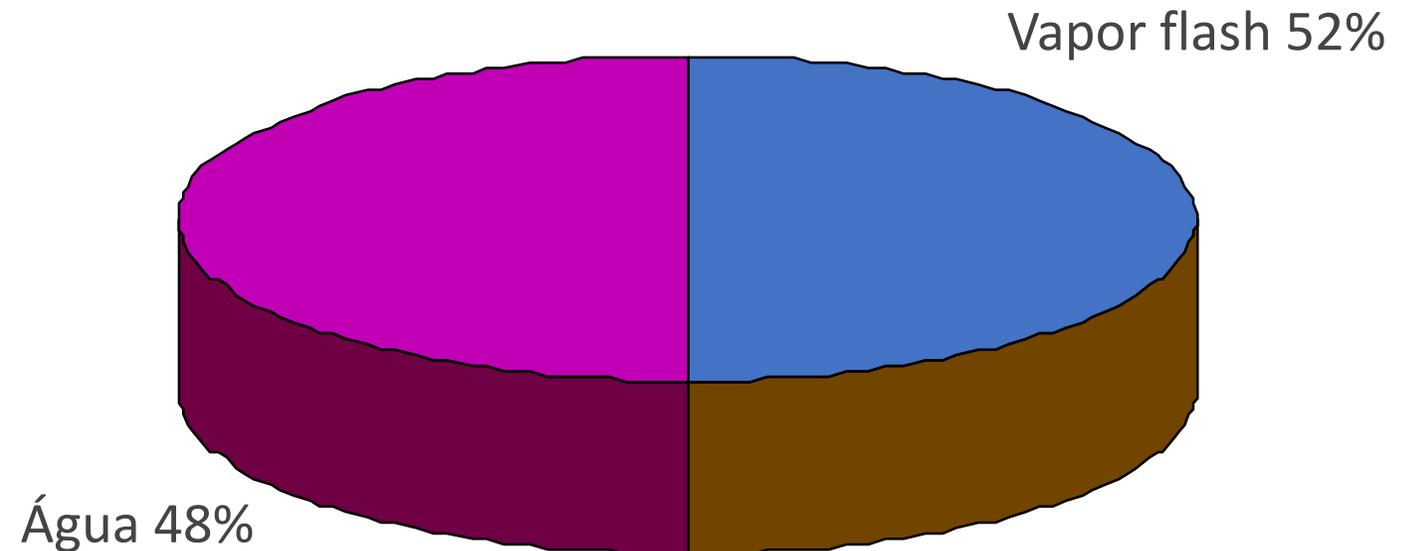
Upstream Pressure (P1)	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="bar gauge"/>
Downstream Pressure (P2)	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="bar gauge"/>
Condensate Flow Rate	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="kg/h"/>
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		

Percentage Flash Steam Formed	<input type="text" value="15.1845"/>	<input type="text" value="%"/>
Flash Steam Formed	<input type="text" value="151.845"/>	<input type="text" value="kg/h"/>
Condensate Remaining	<input type="text" value="848.155"/>	<input type="text" value="kg/h"/>



Relação da Energia de Condensado/Vapor Reevaporado

	Pressure	Temp	ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/kg K			SPEC VOL m ³ /kg	
		°C	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g	v_f	v_g
bar g	10									
bar a	11.013	184.2	781.2	1998.5	2779.9	2.1780	4.3707	6.5489	0.0011	0.1790
bar g	0.2									
bar a	1.213	105.1	440.3	2243.2	2683.7	1.3634	5.9296	7.2930	0.0010	1.4112



Relação do Volume de Condensado/Vapor Reevaporado

Upstream Pressure (P1)

Downstream Pressure (P2)

Condensate Flow Rate

Percentage Flash Steam Formed

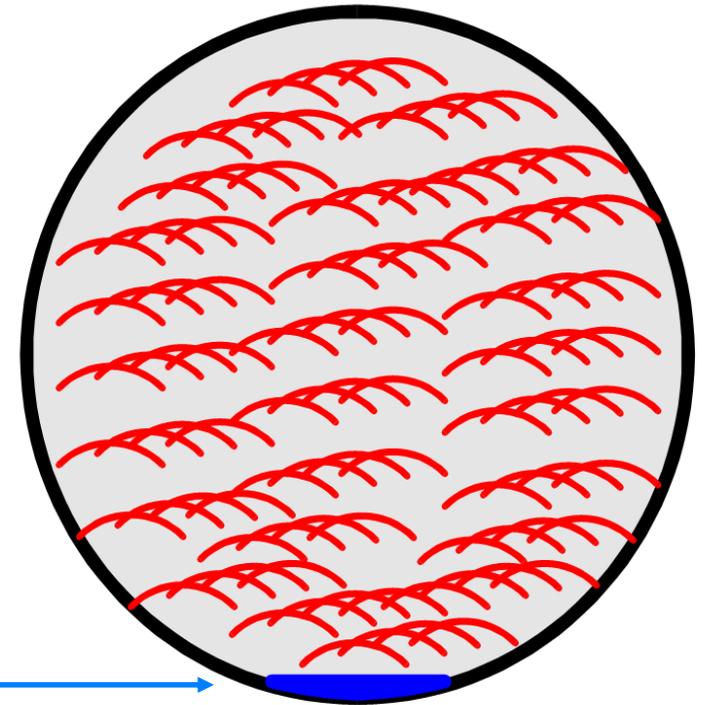
Flash Steam Formed

Condensate Remaining

	Pressure	Temp	ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/kg K			SPEC VOL m ³ /kg	
	0.2	°C	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g	v_f	v_g
bar g										
bar a	1.213	105.1	440.3	2243.2	2683.7	1.3634	5.9296	7.2930	0.0010	1.4112

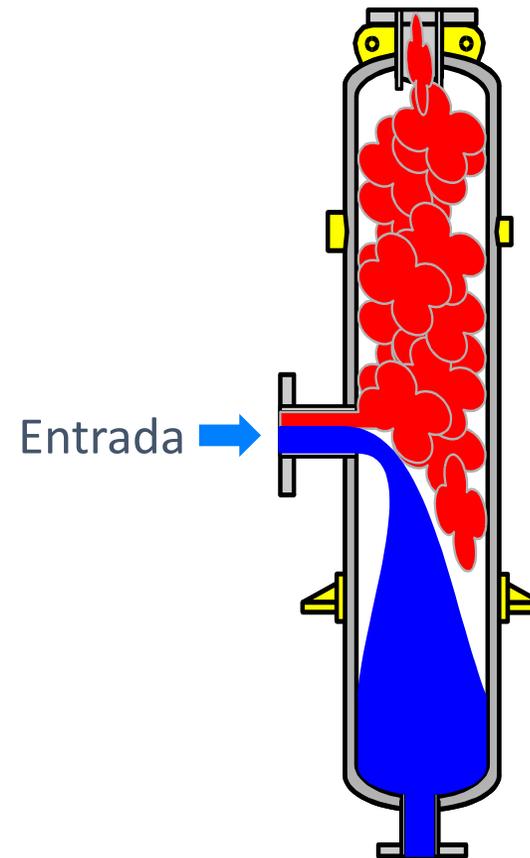
150 kg Vapor Reevaporado
99.6% do volume total

850 kg Condensado
0.4 % do volume total



Recuperação de Vapor Reevaporado

Saída de Vapor Reevaporado



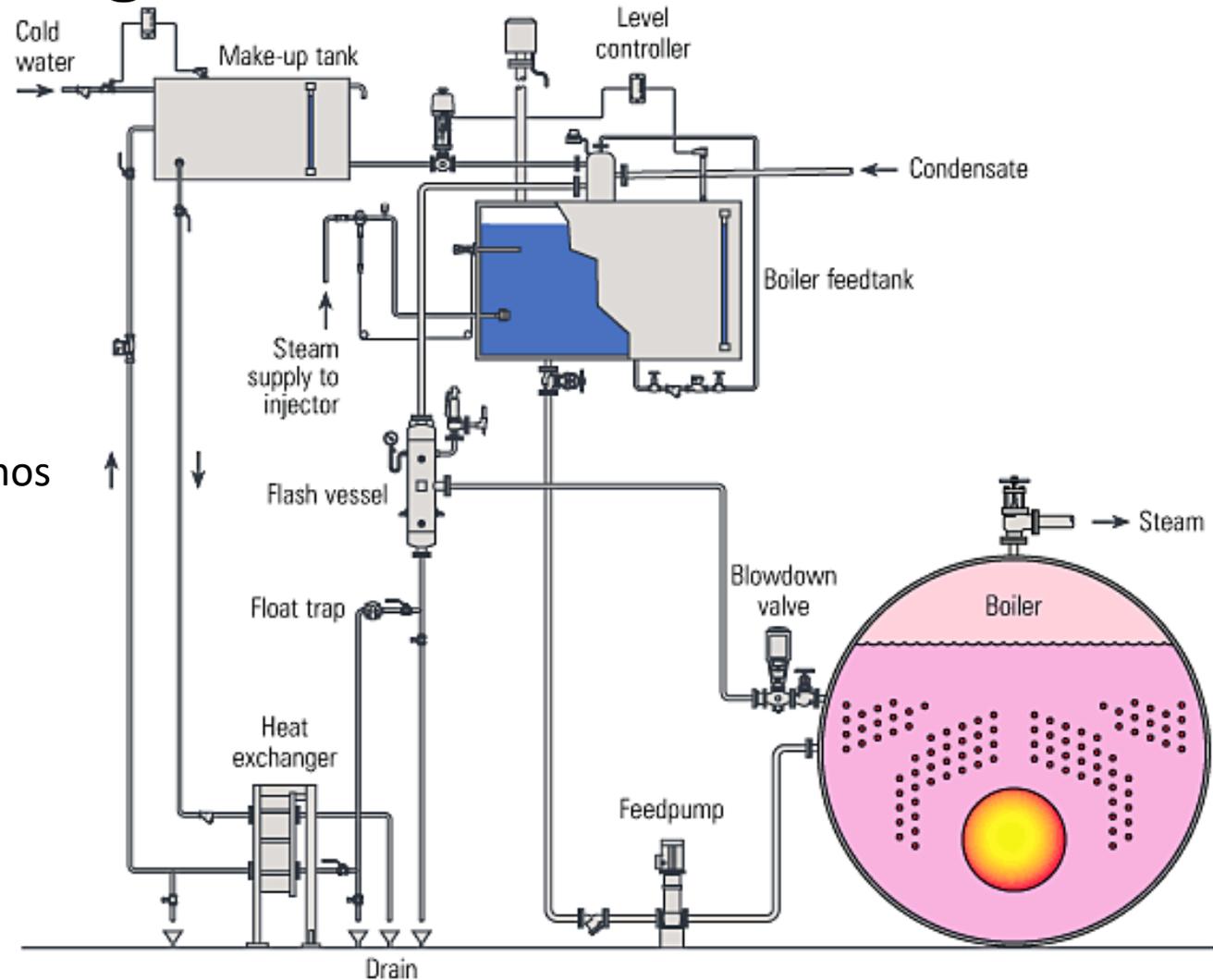
Saída de condensado

APLICAÇÕES DE VAPOR DE FLASH

Recuperação de Calor das Purgas da Caldeira

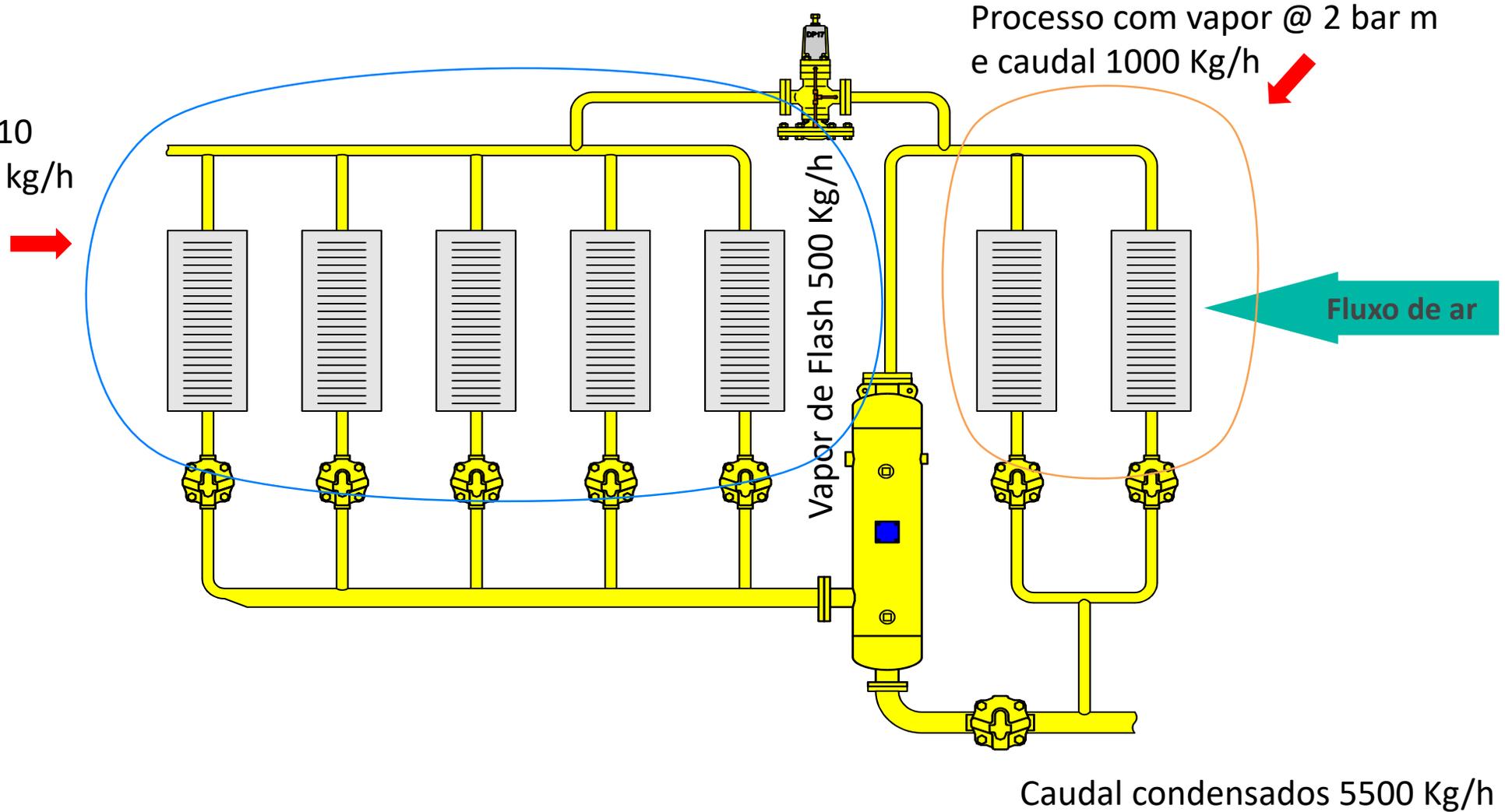
- As purgas automáticas de TDS do Gerador, são dirigidas para tanque de flash cujo vapor vai diretamente para o degaseificador, sendo a fase líquida aproveitada para pré-aquecer a água de reposição.
- O vapor condensado reduz igualmente os consumos de água

Pode ser recuperado até 80% da energia térmica da purga de sais da caldeira.



Aplicações de Recuperação de Vapor de Flash

Processo com vapor @ 10 bar m e caudal de 5000 kg/h



Aplicações de Recuperação de Vapor de Flash

Sistema sem pressurização

- O condensador EVC não pressuriza o sistema e mantém sempre a exaustão para a atmosfera em caso de não passagem de fluido no secundário e/ou excesso de vapor de flash.
- **Vantagens:**
 - ✓ Não pressuriza o tanque de condensados
 - ✓ Não adiciona contra pressão ao sistema
 - ✓ Recupera a energia térmica do vapor de Flash
 - ✓ Recupera caudal equivalente de água
 - ✓ Fácil instalação
 - ✓ Utilização de cabeça de exaustão



Aplicações de Recuperação de Vapor de Flash

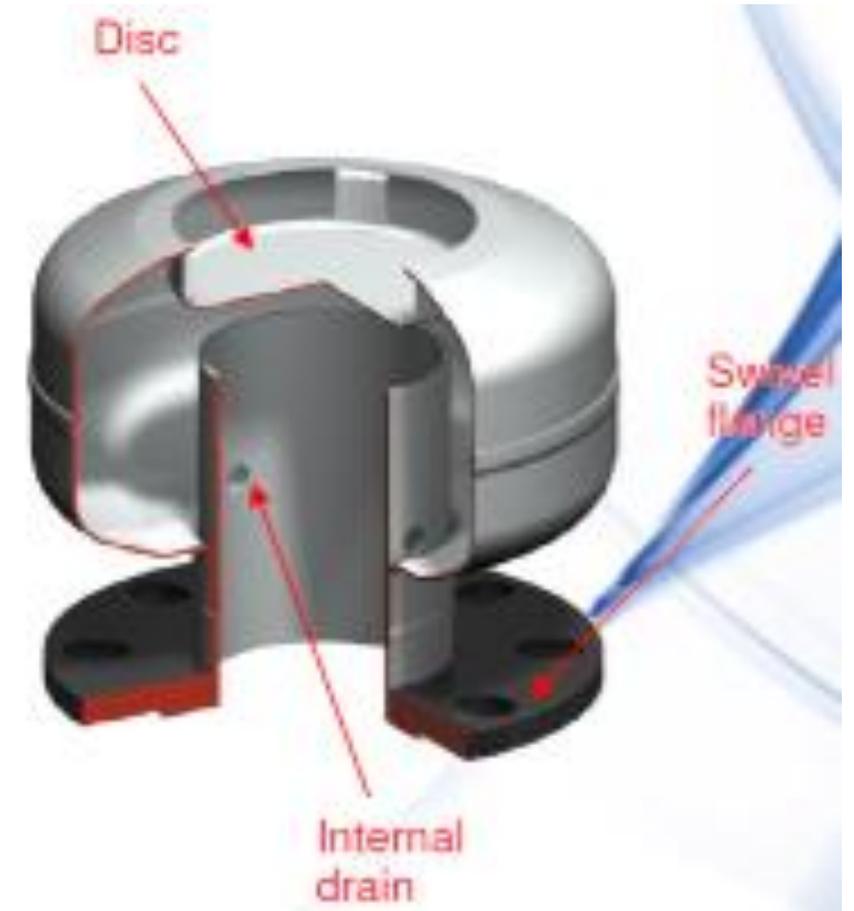
O condensador de Vapor de Flash da Spirax Sarco, modelo EVC recupera a energia térmica perdida para a atmosfera, geralmente na exaustão do tanque de condensados. Permite ainda recuperar o caudal equivalente de água.



Aplicações de Recuperação de Vapor de Flash

Cabeça de Exaustão

- A Cabeça de Exaustão modelo VHT utilizada em conjunto com o condensador EVC garante um sistema não pressurizado.
- **Vantagens:**
 - ✓ Dreno de condensado incorporado
 - ✓ Operação por sistema vortex toroide
 - ✓ Sem partes móveis
 - ✓ Aço inox nas partes húmidas





RECUPERAÇÃO DE CONDENSADOS

Recuperação dos Condensados

- O condensado não é apenas água
- É água que foi evaporada na caldeira (em geral com alto grau de pureza)
- A temperatura elevada

Por cada 6°C que aumentarmos na temperatura da água de alimentação de uma caldeira, poupamos 1% de combustível

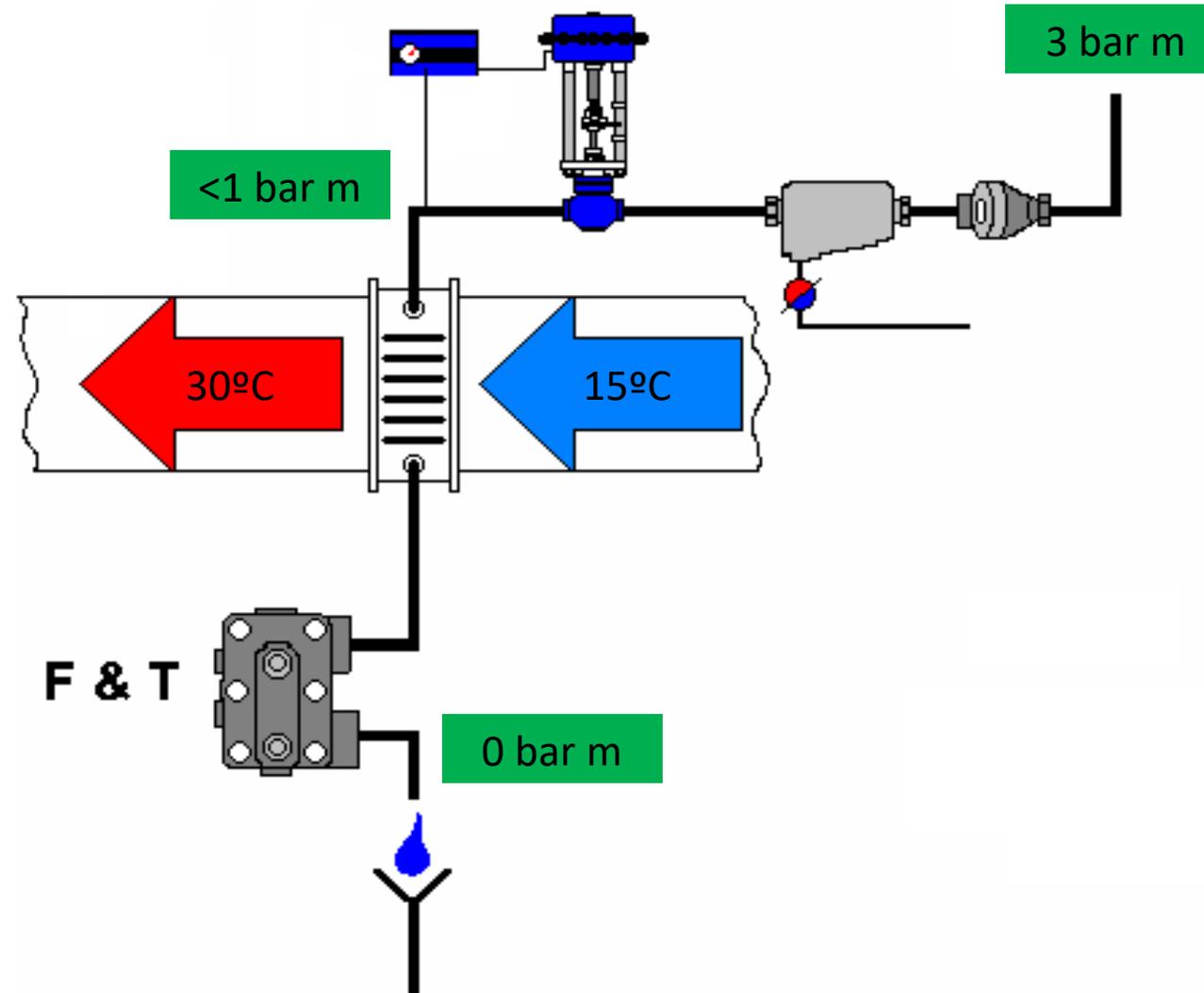
Recuperação dos Condensados

Tipicamente a não recuperação dos condensados deve-se a:

- Fugas na rede de distribuição
- Não recuperação por dificuldade remoção dos condensados
- Não recuperação por risco de contaminação
- Injeção direta de vapor no processo (estes nunca podem ser recuperados)

APLICAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DE CONDENSADOS

Recuperação dos Condensados



Recuperação dos Condensados

- Quando um **purgador** está ligado a uma linha de retorno de condensado, deve existir suficiente **pressão diferencial** entre vapor e condensado.
- Em sistemas em que não exista esta pressão diferencial é necessário um sistema com **bomba-**

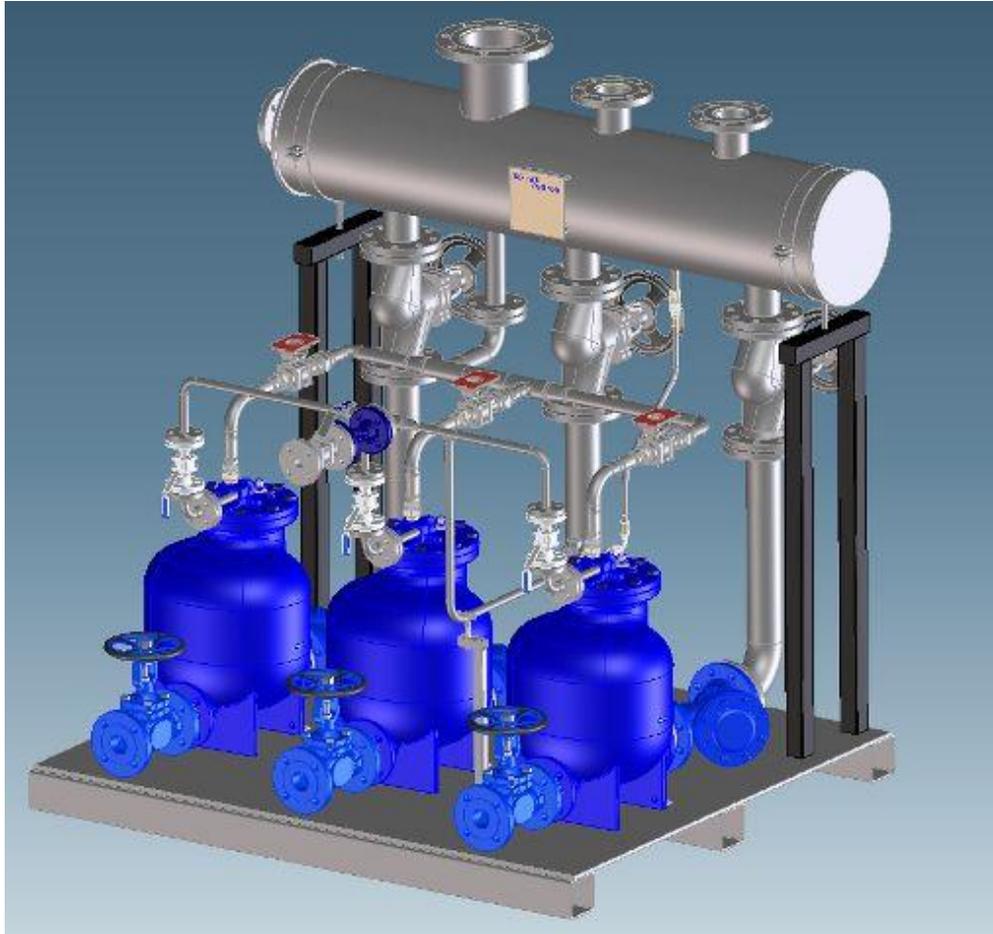


Drenagem com purgador



Drenagem com bomba-purgador

Bombagem de Condensados

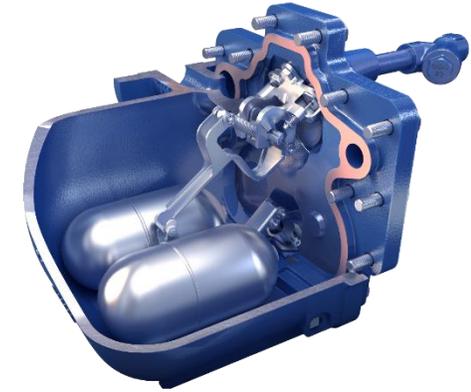


Conjunto compacto MFP14 Triplo

Bomba MFP14

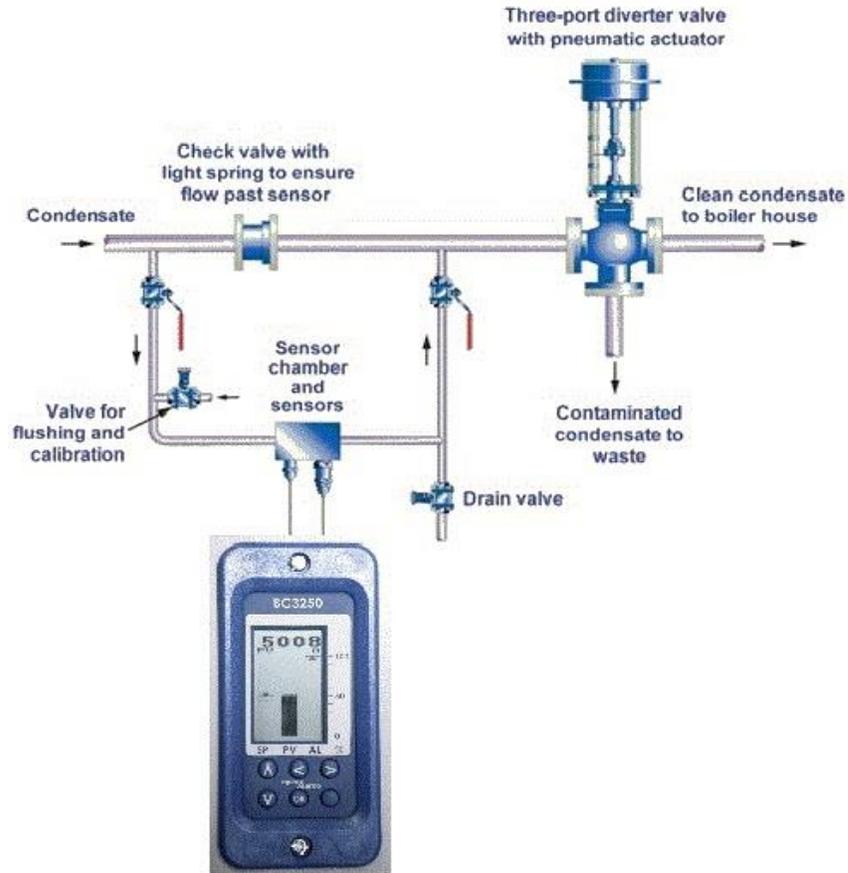


Bomba/Purgador APT 14



Conjunto compacto APT14

Monitorização em contínuo contaminação de condensados



Sistema de monitorização por condutividade



Sistema de monitorização por turbidez

EXEMPLO CÁLCULO RECUPERAÇÃO FLASH

Cálculo de Vapor de Flash - Exemplo

Considerando uma instalação típica que opera nas seguintes condições:

Cliente X

- Produção média de vapor de 5000 kg/h @ 10 bar
- Horas de operação: 5760 h/ano (24h/dia*5 dias/semana*48 semanas/ano)
- Taxa de retorno de condensados de 80%
- Cerca de 150 Kg/h em purgas de linha distribuição @ 10 bar
- Cerca de 2000 kg/h em equipamentos a operar a 6 bar
- Cerca de 1850 kg/h em equipamentos a operar a 3 bar
- Custo médio de produção de vapor de 26 €/Ton de vapor

(Para efeitos de cálculo de vapor de flash considerou-se uma queda de pressão de 1 bar nos conjuntos de purga)

Cálculo de Vapor de Flash - Exemplo

<https://beta.spiraxsarco.com/resources-and-design-tools/calculators/>

Dimensionamento Tubagem

Calculation	Sizing on Pressure Drop	
Upstream Pressure	10	bar gauge
Downstream Pressure	9.9	bar gauge
Mass Flow Rate	5000	kg/h
Equivalent Pipe Length	150	m
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40	

Calculate Reset Print

Theoretical Pipe Bore 143.419 mm

Closest Larger Available Pipe

Nominal Bore	150	mm
Upstream Velocity	13.2025	m/s
Downstream Pressure	9.93015	bar gauge

Closest Smaller Available Pipe

Nominal Bore	125	mm
Upstream Velocity	19.0710	m/s
Downstream Pressure	9.82447	bar gauge

Cálculo Perdas em funcionamento

Pipe Standard	ANSI - Schedule 40	
Nominal Pipe Size	5 in, 125 mm	
Equivalent Pipe Length	150	m
Steam Pressure	10	bar gauge
Ambient Temperature	20	°C
Start Up Time	10	min

Choose Pipe Location

- Indoor
 Outdoor Sheltered
 Outdoor Exposed

Calculate Reset Print

Start Up Condensing Rate

Start Up Condensing Rate	788.026	kg/h
Minimum Start Up Valve Capacity	5.96271	Kv

Minimum Number of Traps Required 5.00000

Running Condensing Rate

Un-insulated Pipe	388.307	kg/h
50mm Insulation	29.8076	kg/h
75mm Insulation	23.4491	kg/h
100mm Insulation	18.7575	kg/h

Running Heat Loss

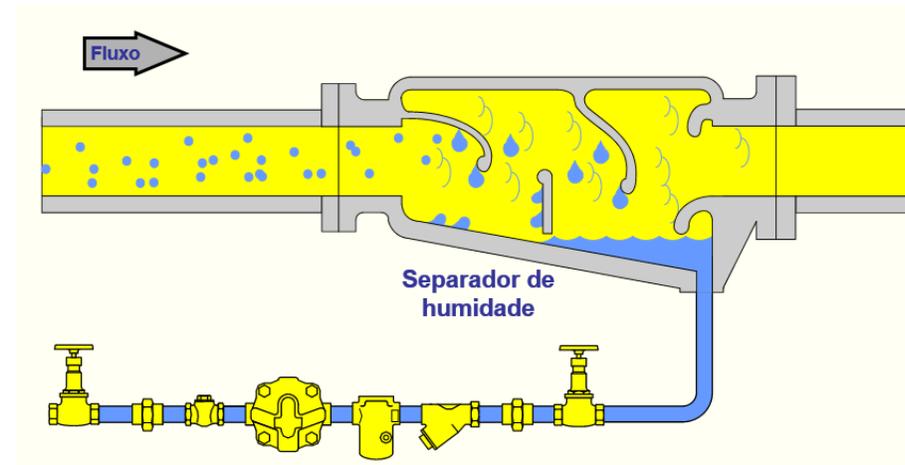
Un-insulated Pipe	215.664	kW
50mm Insulation	16.5550	kW
75mm Insulation	13.0235	kW
100mm Insulation	10.4179	kW

Cálculo de Vapor de Flash - Exemplo

<https://beta.spiraxsarco.com/resources-and-design-tools/calculators/>

Cálculo Perdas em funcionamento

Pipe Standard	ANSI - Schedule 40
Nominal Pipe Size	5 in, 125 mm
Equivalent Pipe Length	150 m
Steam Pressure	10 bar gauge
Ambient Temperature	20 °C
Start Up Time	10 min
Choose Pipe Location	<input checked="" type="radio"/> Indoor <input type="radio"/> Outdoor Sheltered <input type="radio"/> Outdoor Exposed
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>	
Start Up Condensing Rate	
Start Up Condensing Rate	788.026 kg/h
Minimum Start Up Valve Capacity	5.96271 Kv
Minimum Number of Traps Required	5.00000
Running Condensing Rate	
Un-insulated Pipe	388.307 kg/h
50mm Insulation	29.8076 kg/h
75mm Insulation	23.4491 kg/h
100mm Insulation	18.7575 kg/h
Running Heat Loss	
Un-insulated Pipe	215.664 kW
50mm Insulation	16.5550 kW
75mm Insulation	13.0235 kW
100mm Insulation	10.4179 kW



Devido ao vapor produzido não ser 100% seco, mas tipicamente com título de 0.98 significa que existirá um caudal de descarga de condensado ligeiramente superior ao valor teórico calculado.

Exemplo: 5000 Kg/h vapor com título 0.98 significa que terá de ser removido 2% de humidade, o que será cerca de 100 kg/h

Cálculo de Vapor de Flash - Exemplo

Cliente: **Cliente X**

Flash Pressure

0 bar g

Trap pressure

9 bar g

Condensate load

150 kg/h

Trap pressure

5 bar g

Condensate load

2,000 kg/h

Trap pressure

2 bar g

Condensate load

1,850 kg/h

Trap pressure

0 bar g

Condensate load

0 kg/h

15.30%	% Flash
23	kg/h flash
11.22%	% Flash
224	kg/h flash
6.38%	% Flash
118	kg/h flash
0.00%	% Flash
0	kg/h flash
365	kg/h
229	KW

Total condensate

4,000 kg/h

Total Flash

365 kg/h

Hours run

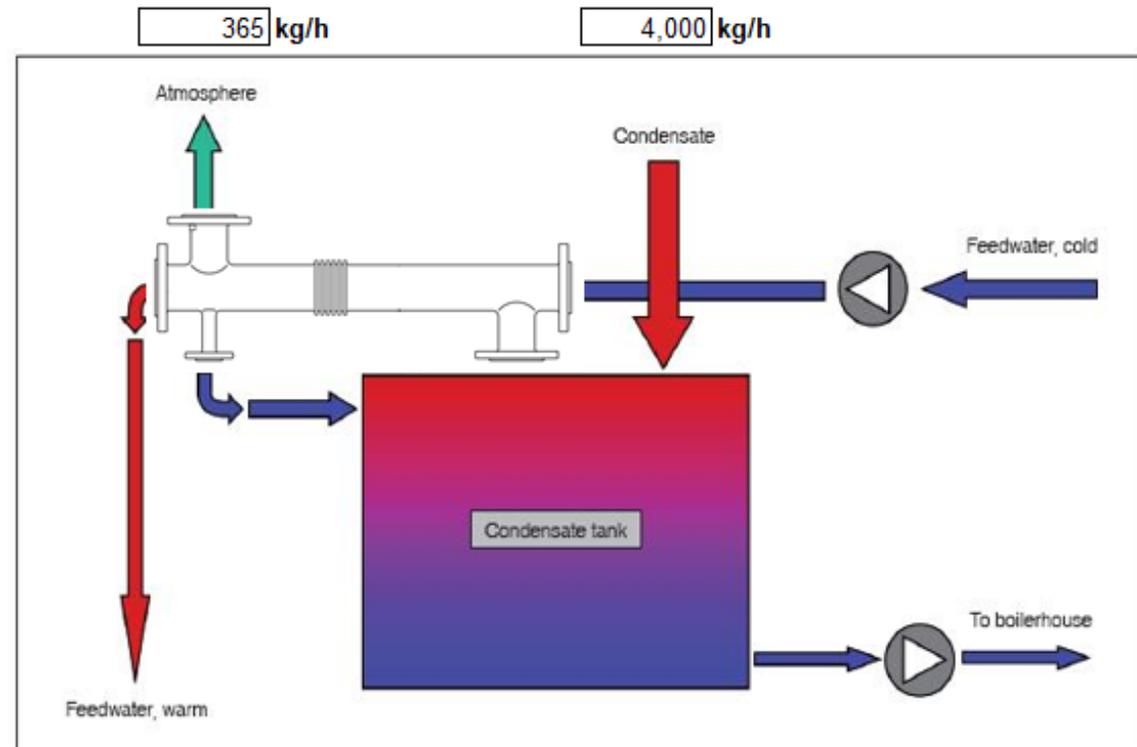
5760 h/year

Steam price

26.00 €/ton

Potencial Savings

54712 €/ano



RECUPERAÇÃO FLASH

Caso Prático

Recuperação Vapor de Flash – Caso Prático

Caso Prático

- Cliente:-----
- Tipo Indústria: Tinturaria e Acabamentos



Recuperação Vapor de Flash – Caso Prático

- Iniciamos o processo com uma inspeção ao funcionamento dos purgadores, onde se verificou uma perda de energia elevada na descarga da válvula de segurança do desgaseificador, devido a purgadores em fuga e vapor de flash.
- Para além da perda energética era igualmente um problema ambiental devido ao ruído, essencialmente devido a queixas dos vizinhos durante a noite.



Recuperação Vapor de Flash – Caso Prático

- Foi identificado um potencial de Recuperação de cerca 400 KW
- Como se tratava de uma tinturaria já possuíam, sistema de recuperação térmica dos efluentes para pré-aquecer a água para os seus processos.

Solução:

- Intercalar na rede existente um sistema de Recuperação de Flash e Bombagem de Condensados.



Recuperação Vapor de Flash – Caso Prático



Solução vendida em Skid, pronta a instalar.



Recuperação Vapor de Flash – Caso Prático

Atualmente a imagem é bem diferente!...

- O Cliente obteve um pay-back inferior a 12 meses

Obrigado pela V/ atenção



Contactos

spirax@pt.spiraxsarco.com ou fernando.sousa@pt.spiraxsarco.com

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM GERADORES DE CALOR

Auditório INOVAGAIA, 26-06-2019