

EDUCAÇÃO e ————— TECNOLOGIA



Revista do Instituto Politécnico da Guarda

"EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA"
Revista do Instituto Politécnico da Guarda

Director: João Bento Raimundo

Redacção: Rua Comandante Salvador do Nascimento
Telef. 21634 6300 GUARDA

Propriedade: Instituto Politécnico da Guarda

Execução Gráfica: Secção de Reprografia do IPG

Depósito Legal Nº 17.891/87

Reprodução total ou parcial proibida

Nº VI / Fevereiro de 1990

Scientia lucet omnibus

Com a presente edição, "*Educação e Tecnologia*" entrou no terceiro ano de existência e, simultaneamente, na década de noventa.

Publicação que tem acompanhado e reflectido o crescimento, progressivo, do Instituto Politécnico da Guarda, esta Revista é já hoje a certeza de um desafio ganho em termos editoriais, científicos, pedagógicos e culturais.

Integrada numa das várias vertentes da acção do Instituto Politécnico, "*Educação e Tecnologia*" tem-se afirmado como pólo aglutinador de múltiplas participações e colaborações, algumas oriundas de estabelecimentos de ensino superior inseridos no quadro da cooperação interuniversitária europeia.

Entendemos que este projecto é bem o símbolo da abertura às realidades hodiernas e "forum" de um diálogo multifacetado sob a trave mestra deste Instituto: "*Scientia lucet omnibus*".

Aliás, as modificações resultantes de toda uma dinâmica ao nível económico e social, que se vêm registando no distrito, têm merecido uma particular atenção ao Instituto Politécnico da Guarda.

Como exemplo podemos referir a proposta, já apresentada oficialmente, de novos cursos — de que a região carece — para o próximo ano lectivo, cursos que se vêm juntar ao leque dos já existentes. Por outro lado, há todo um trabalho de organização e implementação de projectos subjacentes às duas Escolas Superiores que integram o I.P.G..

Factor de desenvolvimento regional, o Instituto Politécnico da Guarda tem nesta publicação um alicerce seguro de um vasto trabalho de informação, divulgação e reflexão.

João Bento Raimundo

Presidente da C. I. do
Instituto Politécnico da Guarda

UM SISTEMA AVANÇADO PARA O APROVEITAMENTO DE CALOR PERDIDO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DE EDIFÍCIOS NUM CENTRO DE PRODUÇÃO DE CIMENTO

Albino Reis *

INTRODUÇÃO

Segundo a Comissão Económica para a Europa das Nações Unidas, o Sector Industrial é responsável por 44% do consumo de energia final, dos quais 50%-55% é perdido para o ambiente.

A recuperação desse calor residual constitui uma das medidas mais atractivas para a poupança de energia na Indústria, poupança essa que irá reduzir a componente energética do custo dos seus produtos e, consequentemente, aumentar as suas possibilidades de sucesso no contexto da competitividade empresarial e penetração de mercados.

Uma Indústria em que a componente energética do custo do seu produto é significativa, é a Indústria do Cimento; mais precisamente, cerca de 53% do custo total vai para Energia. Por outro lado, este Sector Industrial tem um potencial enorme para a recuperação de calor perdido.

As tecnologias da recuperação de calor para efeitos de aquecimento em edifícios e processos industriais já são suficientemente conhecidas, embora ainda não muito aplicadas em Portugal. Pelo contrário, a recuperação de calor para efeito de arrefecimento constitui ainda tema muito pouco conhecido.

Neste trabalho dá-se conta dos resultados do estudo,

* Professor Coordenador
Director do Departamento de Engenharia Industrial da E.S.T.G.

projecto e instalação de um sistema que aproveita parte (1 MW) do calor perdido no Centro de Produção da Maceira, Cimpor - Cimentos de Portugal E.P., para aquecimento de um novo edifício de escritórios e de uma nova fábrica de sacos de papel (no Inverno) e para arrefecimento do mesmo edifício de escritórios e de outros sectores da Empresa (no Verão). Este objectivo é atingido através da utilização de uma caldeira recuperativa, de uma unidade de refrigeração por absorção e dos componentes tradicionais de transporte e distribuição de calor/frio.

Para recuperar esses 1000 KW são consumidos apenas 15 KW e 120 KW de energia eléctrica para a produção de calor (Inverno) e frio (Verão), respectivamente.

O Investimento (diferença entre o custo da instalação objecto deste trabalho e o custo de uma instalação alternativa convencional) foi recuperado em pouco mais de um ano.

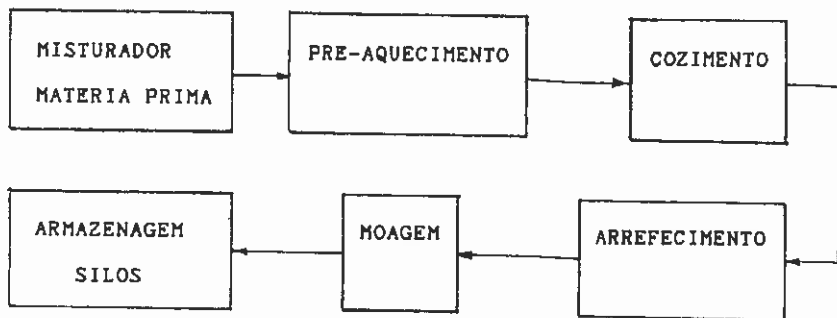
O sistema, que arrancou em 1988, está em bom funcionamento e, tanto quanto nos é dito, a parte relativa à geração de frio (no Verão) não só é invulgar (na Indústria em geral) como é única na Indústria Cimenteira Mundial.

O potencial deste sistema para outras Indústrias em que o calor possa ser aproveitado a temperaturas da ordem dos 90-110°C é simplesmente notável.

O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CIMENTO

A unidade fabril da Maceira, pertencente à Cimpor - Cimentos de Portugal E.P., possui 2 fornos rotativos de 4 metros de diâmetro e 64 metros de comprimento, instalados ao ar livre, adaptados para a queima de pó de carvão. O cru, antes de entrar no forno, sofre um pré-aquecimento através do calor que é retirado aos gases de combustão, conseguindo-se assim uma primeira economia de energia. Após a sua entrada no forno, a matéria prima de base é cozida a temperaturas elevadas, as quais oscilam entre os 1100° C e os 1400° C consoante a zona em que se encontre. O clínquer formado a partir do cru atinge por fim o extremo do forno onde ainda possui uma temperatura elevada, da ordem dos 1300° C. Aí, sofre um arrefecimento devido à insuflação de ar à temperatura ambiente através dele, conseguindo-se assim uma redução significativa da sua temperatura. Para se obter o cimento basta agora transformar o clínquer num pó muito fino através de um processo de moagem. Finalmente, ele é armazenado em silos, ficando à espera de ser ensacado, o que acontece na própria altura em que é vendido. Esquemáticamente, as fases que constituem o

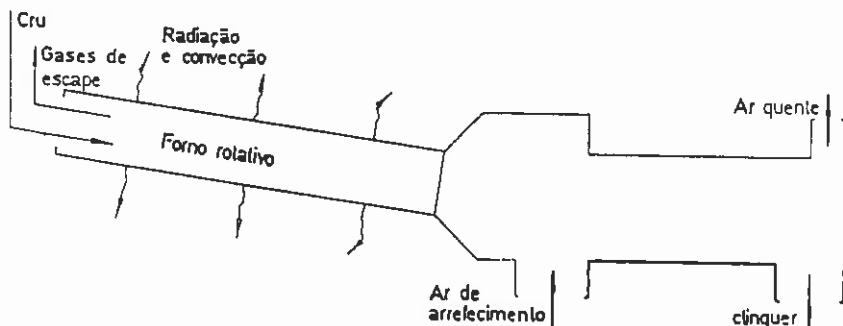
processo de produção de cimento (via seca), adoptado na unidade da Maceira, podem ser representadas da seguinte forma:



PERDAS DE ENERGIA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO

Uma análise energética a um desses fornos revela que da energia fornecida ao sistema, parte perde-se por radiação e convecção nas paredes do forno, parte sai juntamente com os gases de combustão e parte é absorvida pela matéria prima que se transforma em clínquer, o qual acaba por sair do forno a uma temperatura superior a 1000°C . Esta última é por sua vez removida por ar ambiente que é insuflado através do clínquer para o arrefecer; parte deste ar é utilizado como ar de combustão, havendo, assim, uma recuperação directa de energia. O restante é conduzido para uma chaminé, donde sai para a atmosfera, constituindo, assim, uma perda adicional de energia.

O balanço energético está resumido na fig. 1.



A energia que se perde nos gases de combustão é já em parte recuperada, pois estes atravessam a matéria prima antes de ela entrar no forno, pré-aquecendo-a deste modo. O restante poderá ou não ser recuperável dependendo da temperatura de saída dos gases.

As perdas por radiação e convecção são enormes, aproximadamente 4.5 e 3 MW, respectivamente, e, para a sua redução, estão em curso estudos de isolamento térmico e captação da radiação em painéis onde circula um fluido operante.

CONVERGINDO PARA O OBJECTIVO DO TRABALHO

Neste trabalho estamos unicamente interessados na energia que se perde através do ar de arrefecimento do clínquer. Segundo medições efectuadas, os gases emanam da chaminé a uma temperatura média de 230° C, e com um caudal de 150 000 m³ efectivos por hora.

Suponhamos que um recuperador de calor instalado na chaminé provoca uma redução de temperatura do ar para 150° C; isto significa um diferencial de temperatura do ar de 80° C.

Considerando as propriedades do ar a uma temperatura média de 190° C, temos que a quantidade de energia recuperada é de 2,5 MW, o que constitui um teor energético considerável.

Uma das regras básicas para a concepção de um sistema de recuperação de energia é que ela seja necessária e isto nem sempre acontece. No caso presente, por exemplo, verificou-se que as utilizações necessárias consistiam no aquecimento, de Inverno, do novo Edifício Administrativo e da nova Fábrica de Sacos de Papel, e no arrefecimento, no Verão, daquele mesmo Edifício. Feitos os cálculos verificou-se que dos 2.5 MW disponíveis apenas 1 MW seria necessário.

OBJECTIVO DO TRABALHO

Definiu-se o objectivo deste trabalho como sendo o de calcular, dimensionar, desenhar e instalar um sistema de recuperação de energia dos gases de arrefecimento do clínquer do Forno V do Centro de Exploração da Maceira da Cimpor - Cimentos de Portugal E.P. e utilização dessa energia para climatizar o novo edifício de escritórios e a nova fábrica de sacos de papel.

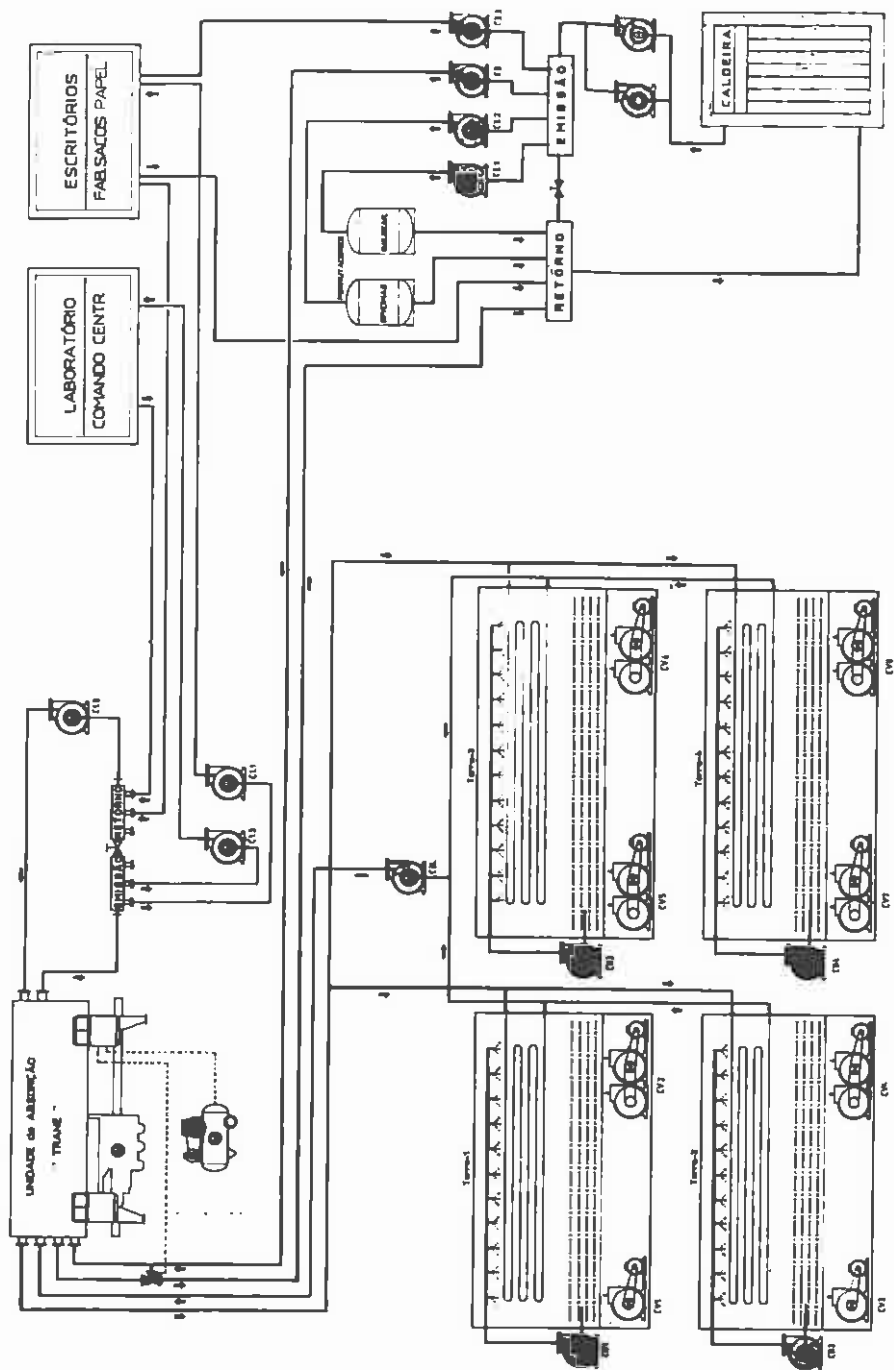
DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO

O novo edifício de escritórios situa-se para leste do forno e a uma distância da chaminé do mesmo, em linha recta, de cerca de 260 m.

A fábrica de sacos de papel situa-se ligeiramente para sudeste em relação ao forno e a uma distância aproximada da chaminé do mesmo de 280 m.

No edifício de escritórios fica concentrada toda a parte administrativa do Centro bem como oficinas de manutenção e

Fig. 2



conservação. É constituído por um piso térreo onde ficam situadas as oficinas e onde existem vários gabinetes de chefes de oficina, responsáveis de armazenagem, etc., e dois pisos de escritórios destinados à parte administrativa e técnica. Para este edifício pretende-se a climatização de alguns gabinetes situados ao nível das oficinas bem como todos os gabinetes dos dois pisos de escritórios.

A fábrica de sacos de papel tem uma Área de 3 430 m² e uma altura máxima de 11 m. Contém maquinaria com uma potência de cerca de 300 KVA.

Pretende-se ainda o aquecimento das águas sanitárias dos 2 edifícios.

O diâmetro da chaminé é de 3 m. O diâmetro das condutas que ligam a unidade de despoeiramento à chaminé é de 2 m. Nestas existe um registo regulador do caudal de arrefecimento em função do regime de arrefecimento do clínquer.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROJECTADO

O esquema geral está representado, de uma forma muito simplificada, na fig. 2.

Uma caldeira recuperativa aquece água até uma temperatura de 109° C. No Inverno, esta água circula directamente nos emissores de calor situados no edifício de escritórios (ventilo-convectores) e na fábrica de sacos de papel (termoventiladores). No Verão, a água serve como fonte de calor de uma unidade de absorção, a qual refrigera o ambiente. O absorvedor e o condensador da unidade de absorção são arrefecidos a água, a qual é por sua vez arrefecida em uma torre de refrigeração.

Válvulas automáticas de 3 vias modulantes controlam as temperaturas nos diversos ramais.

Válvulas de 2 vias tudo-ou-nada fazem a transição Verão-Inverno do funcionamento da instalação.

Debitómetros, manómetros e termómetros permitem fazer um seguimento do comportamento da instalação.

Ventoinhas de tecto na fábrica de sacos de papel minimizam o efeito de estratificação térmica.

Caldeira Recuperativa

A caldeira, que desenvolve uma potência de aquecimento de 1000 KW, aquece água até uma temperatura de 109° C. A pressão de serviço é de 3 Kg/cm².

A caldeira é do tipo feixe tubular no interior da qual passam os gases quentes, circulando a água a aquecer no exterior.

Estando ligada à conduta que vem da unidade de despoeiramento, elimina-se a necessidade de ventiladores. Da caldeira o ar é conduzido para a chaminé. O diâmetro da conduta

de ligação à caldeira é de 1,5 m.

Um registo controlado automaticamente regula a passagem do ar de modo a manter a temperatura da água entre 105 e 109° C.

Unidade de Absorção

A unidade de absorção utiliza como fluido refrigerante água a baixa pressão, e como fluido absorvedor o brometo de lítio. A fonte de calor é água sobreaquecida a 109° C, e a água refrigerada sai a uma temperatura de 8° C, e regressa a 12° C. O absorvedor e o condensador são arrefecidos a água, a qual é por sua vez arrefecida em uma torre de refrigeração.

CONCLUSÃO

O sistema apresentado está totalmente instalado, funcionando muitíssimo bem e satisfazendo as necessidades de conforto do Centro de Produção Cimpor - Maceira Liz.

O Investimento (diferença entre o custo da instalação objecto deste trabalho e o custo de uma instalação alternativa convencional) foi da ordem dos 20.000 contos.

A poupança de energia anual ronda também os 20.000 contos.

Quer isto dizer que o período de retorno foi da ordem de um ano.

Este projecto poderá vir a ser aplicado nos outros Centros de Produção da Cimpor. Poderá ainda ser aplicado noutras Indústrias em que se possa gerar água quente a 90 - 110° C, através do aproveitamento de calor perdido.

A parte de geração de frio associando calor perdido a uma unidade de refrigeração por absorção é, tanto quanto sabemos, algo de novo na Indústria em geral e, tanto quanto nos é dito, original na Indústria Cimenteira Mundial.

Este conceito será extensivo à geração de frio para conservação de alimentos, particularmente em países subdesenvolvidos, através da queima de resíduos agrícolas e florestais, tendo já sido submetido um projecto nesse sentido ao Programa Comunitário "Science and Technology for Development" em colaboração com Centros de Investigação da Holanda, Espanha e Egipto.

Os resultados mais detalhados deste trabalho foram considerados como dignos de integrarem uma Comunicação a apresentar à 2nd European Conference on Industrial Furnaces and Boilers.

Agradecimentos

O sucesso do sistema aqui apresentado não seria possível sem a grande capacidade de projecto do Eng. Vasconcelos Carvalho e a grande experiência prática do Eng. Joaquim Carvalho (Cimpor).