



Universidade de Coimbra
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica

Produção e Distribuição Centralizada de Energia Térmica e Cogeração

Trabalho Realizado por: Cátia Solange L. Silva
João Pedro L. Mendonça

Produção e Distribuição Centralizada de Energia Térmica e Cogeração

Cátia Solange L. Silva
João Pedro L. Mendonça

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	4
2. COGERAÇÃO	5
2.1. DEFINIÇÃO.....	5
2.2. DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA COGERAÇÃO	6
2.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA COGERAÇÃO	7
2.4. SITUAÇÃO ENERGÉTICA PORTUGUESA	8
2.5. COGERAÇÃO EM PORTUGAL.....	8
2.6. TECNOLOGIAS DE COGERAÇÃO.....	10
2.6.1. <i>Sistemas de Cogeração de Turbinas a Vapor</i>	11
2.6.2. <i>Sistemas de Cogeração de Turbinas a Gás</i>	14
2.6.3. <i>Motores Alternativos</i>	16
2.6.4. <i>Comparação entre Motores e Turbinas</i>	17
2.6.5. <i>Ciclo Combinado</i>	18
2.7. CICLOS DE COGERAÇÃO COM PRODUÇÃO DE FRIO (TRIGERAÇÃO).....	18
3. PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO CENTRALIZADA DE ENERGIA TÉRMICA, DISTRICT ENERGY	21
3.1. VANTAGENS DA PRODUÇÃO DESCENTRALIZADA DE ENERGIA TÉRMICA	21
3.2. DISTRICT ENERGY, DISTRICT HEATING, DISTRICT COOLING	21
3.3. DISTRICT HEATING E A COGERAÇÃO	22
3.4. DISTRICT HEATING/COOLING E A COGERAÇÃO.....	23
3.4.1. <i>Integração da Produção de Frio nos Sistemas de District Heating</i>	24
3.4.2. <i>O Desenvolvimento do District Heating/Cooling</i>	24
3.5. EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS, VIABILIDADE ECONÓMICA	25
3.5.1. <i>Eficiência dos Sistemas de District Energy</i>	25
3.5.2. <i>Viabilidade Económica</i>	26
4. CASOS DE ESTUDO	27
4.1. ASSENS - ILHA DE FUNEN, DINAMARCA	27
4.1.1. <i>O combustível</i>	27
4.1.2. <i>A Central</i>	28
4.2. CENTRAL TÉRMICA DO PARQUE EXPO, PORTUGAL	29
4.2.1. <i>Funcionamento</i>	29
4.2.2. <i>Descrição da Climaespaço</i>	30
4.2.3. <i>Considerações</i>	31
4.3. COSMOSQUARE- OSAKA, JAPÃO	32
4.3.1. <i>O Princípio</i>	32
4.3.2. <i>A Situação</i>	33
4.3.3. <i>Economia</i>	35
4.4. SOUTHAMPTON, REINO UNIDO	36
4.4.1. <i>A Cidade</i>	36
4.4.2. <i>Contexto</i>	36
4.4.3. <i>A Experiência de Southampton</i>	36
4.4.4. <i>O Financiamento</i>	38
4.5. UNIVERSIDADE CORNELL- CIDADE DE ÍTHACA, EUA	39
4.5.1. <i>District Energy</i>	39
4.5.2. <i>Inovação Contínua do Sistema</i>	40
4.5.3. <i>Arrefecimento com base na água do Lago (Lake Source Cooling, LSC)</i>	40
4.5.4. <i>O Sistema LSC</i>	41
4.6. OUTROS SISTEMAS DE DISTRICT ENERGY	42
4.6.1. <i>Centrais de District Heating com Cogeração de Energia na Dinamarca</i>	42
4.6.2. <i>Central de Cogeração com Biomassa de Pfaffenhofen, Bavária, Alemanha</i>	44
4.6.3. <i>Sistema de District Heating/Cooling de Solna, Suécia</i>	45
4.6.4. <i>Quadro Resumo</i>	44
5. CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS	50

1. Introdução

Este trabalho insere-se no âmbito da disciplina de Gestão de Energia, do Ramo Termodinâmica e Fluidos, Licenciatura em Engenharia Mecânica, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

O que motivou a escolha deste tema em particular, foi o interesse crescente que os temas de cogeração começam a ter no panorama energético nacional e internacional, nomeadamente através de implementação de directivas europeias relacionadas com o controlo de emissões e a racionalização energética.

O aquecimento por combustão directa e desenvolvimento de sistemas de vapor constituem uma parte substancial dos recursos energéticos industriais. Mas porque o calor e vapor são frequentemente necessários a uma temperatura relativamente baixa, não há um bom aproveitamento dos produtos da combustão, a temperaturas relativamente elevadas. Esta fonte de ineficiência pode ser reduzida através de um sistema de cogeração, onde o combustível é utilizado para produzir electricidade e vapor (calor), mas com gastos de combustível menores que os que seriam necessários para a produção individual dos mesmos.

Os sistemas de *district energy* (*district heating/cooling*) são sistemas que fornecem calor e/ou frio a partir de uma unidade central.

A energia para um sistema de *district energy* pode ser gerada numa central de potência convencional, numa planta de ciclo combinado ou por chillers e/ou caldeiras eléctricos ou a gás. Existe ainda a possibilidade de construir ou converter sistemas de *district energy* para sistemas de cogeração. Neste sistema uma central térmica é integrada na comunidade por forma a fornecer electricidade para a indústria, comércio, e uso doméstico, ao mesmo tempo que produz vapor outras necessidades, tais como aquecimento de espaços e aquecimento de águas domésticas. O “district heating” é um sistema comum na Europa do Norte, Canadá, U.S.A. e Japão.

O presente trabalho é composto por uma descrição história e funcional da cogeração, das diferentes tecnologias utilizadas na cogeração. Seguidamente é apresentado um capítulo intitulado produção e distribuição centralizada energia térmica.

São ainda apresentados cinco casos de estudo: Assens – Ilha de Funen (Dinamarca), Central Térmica Parque Expo (Portugal), Cosmosquare – Osaka (Japão), Southampton- Reino Unido e Universidade Cornell- EUA.

Finalmente são apontadas algumas características de outros sistemas de district energy: centrais de district heating com cogeração de energia na Dinamarca, central de cogeração com biomassa em Pfaffenhofen, Bavária – Alemanha e o sistema de district heating/cooling de Solna – Suécia.

2. Cogeração

2.1. Definição

A cogeração é definida como sendo o processo em que há produção simultânea de energia térmica e energia mecânica (normalmente convertida em energia eléctrica), destinados a consumo próprio ou de terceiros, a partir de uma fonte de combustível (biomassa, fuelóleo, gás natural, gás propano, resíduos industriais,...). O calor produzido pode ser utilizado directamente no processo industrial, bem como recuperado e convertido para utilização em aquecimento de espaços e/ou aquecimento de água.

Complementarmente a partir do calor poderá ainda produzir-se frio, por absorção, passando o processo a designar-se por trigeração.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 186/95, a cogeração é definida como:

“O processo de produção combinada de energia eléctrica e térmica, destinando-se ambas a consumo próprio ou de terceiros, com respeito pelas condições previstas na lei.”

Tradicionalmente, os consumidores satisfazem a sua procura de energia comprando separadamente a electricidade e os combustíveis às companhias distribuidoras.

A cogeração representa uma alternativa, de elevada eficiência energética, que permite reduzir a factura energética dos utilizadores com necessidades simultâneas de calor (água quente ou vapor) e electricidade ou energia mecânica.

Na figura 1 é apresentado um esquema de produção de energia eléctrica convencional e do sistema de produção de energia com cogeração.

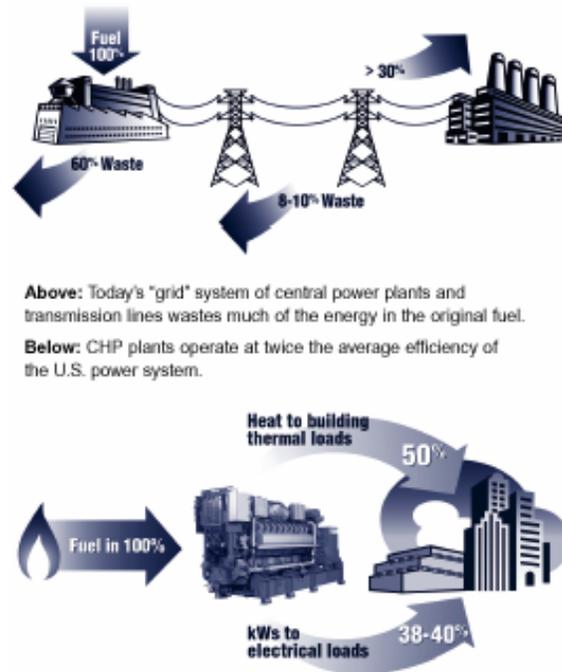


Figura 1 – Esquema do sistema de produção de energia eléctrica convencional e do sistema de produção de energia com cogeração (Fonte: Cummins Power Generation).

2.2. Desenvolvimento Histórico da Cogeração

A cogeração apareceu nos finais de 1880 na Europa e E.U.A. No início do século 20 a maior parte das indústrias gerava a sua própria electricidade usando caldeiras em que o combustível era carvão e geradores de turbinas de vapor. Muitas dessas indústrias utilizavam ainda o vapor proveniente dos gases de escape nos processos industriais. Estima-se que nos E.U.A., no início de 1900, da totalidade da energia produzida localmente em plantas industriais, 58% era cogerada.

Quando começaram a ser construídas as centrais termoeléctricas com infraestruturas de apoio dignas de confiança e os custos da electricidade baixaram, muitas das indústrias começaram a comprar essa electricidade deixando de a produzir. O resultado foi uma diminuição drástica do uso da cogeração na indústria americana.

Outro factor que contribuiu para o declínio da cogeração industrial foi a regulamentação do sector energético.

Após a subida dramática do preço dos derivados do petróleo na década de 70 houve uma revitalização da cogeração. Sistemas eficientes de produção de energia que pudessem utilizar combustíveis alternativos tornaram-se mais importantes, face à subida do preço e incerteza de fornecimento dos derivados do petróleo.

Adicionalmente à diminuição do consumo de derivados do petróleo a cogeração resulta numa diminuição das emissões de gases poluentes. Por este motivo, os governos na Europa, E.U.A. e Japão estão a ter um papel activo no aumento do uso da cogeração, através da implementação de medidas que estimulem a sua aplicação.

2.3. Vantagens e Desvantagens da Cogeração

A cogeração representa uma alternativa, de elevada eficiência energética, que permite reduzir a factura energética dos utilizadores com necessidades simultâneas de calor (água quente ou vapor) e electricidade. Para além da redução da factura energética do utilizador, a cogeração apresenta a grande vantagem de reduzir o consumo de energia primária.

A cogeração permite poupar cerca de 15 a 30% da energia primária necessária para produzir, separadamente, electricidade e calor. Outra vantagem da cogeração é a redução do impacto ambiental causado pela transformação de energia.

A utilização mais eficiente dos combustíveis fósseis permitida pela cogeração resulta numa diminuição significativa das emissões de gases poluentes (em particular do CO₂, que é o gás que mais contribui para o efeito de estufa). Ao produzir a electricidade e o calor no local da sua utilização, a cogeração permite ainda reduzir os custos de transporte e distribuição da energia eléctrica..

Outras vantagens da cogeração são (Educogen, 2001):

- elevada eficiência dos sistemas de conversão e utilização de energia;
- possibilidade de utilização de variadas formas de combustível como a biomassa, fuelóleo, gás natural, gás propano, desperdícios industriais, lixo agrícola, etc.;
- forma descentralizada de produção de energia, projectada para satisfazer as necessidades dos consumidores locais, com elevada eficiência, e com menores perdas no sistema de transporte e distribuição de energia;
- mais segurança no abastecimento geral e local – a produção local de energia, através da cogeração, apresenta menos falhas no abastecimento de electricidade e/ou calor aos consumidores;
- redução da carga térmica rejeitada para o ambiente ao utilizar de forma mais eficiente a energia contida no combustível;
- redução da dependência energética de terceiros;
- possibilidade de venda à EDP de eventuais excedentes de electricidade resultantes da produção simultânea de electricidade e calor/frio;
- redução do impacte ambiental associado à produção de energia eléctrica;
- melhoria do rendimento energético nacional e preservação das reservas de energias não renováveis;

Problemas associados com cogeração

Sendo a cogeração tão atractiva do ponto de vista termodinâmico, porque não se usa mais? (Castelhano, s.d.)

- Investimento que pode não ser rentável economicamente:
 - riscos duma acção a longo prazo (decidir e fixar a procura energética da empresa, preços de combustíveis, taxas e impostos);

- mudança no processo de produção pode mudar o factor de cogeração $\lambda = \text{Calor/Electricidade}$, Isto implica custos adicionais;
 - necessidade de inclusão de unidades de 'back-up' (para calor ou potência), o que implica custo de capital que não está sempre a render;
 - custos do sistema de distribuição, que devem ser contabilizados logo no projecto inicial.
- Problemas de barulho e poluição local.

2.4. Situação Energética Portuguesa

A economia portuguesa, do ponto de vista energético, é caracterizada por uma muito fraca produtividade energética, quando comparada com a dos restantes países europeus. Esta produtividade é normalmente medida através de um conjunto de indicadores energéticos, dos quais se destacam:

- as intensidades energéticas do rendimento (nacional; industrial; sectorial);
- os consumos específicos da produção;
- as elasticidades do consumo de energia (em relação ao PIB ou ao VAB).

A comparação destes indicadores, entre Portugal e os países europeus, é francamente decepcionante, já que estes se encontram situados no topo das tabelas, sendo em alguns casos o dobro dos valores europeus.

No sector terciário, e nos grandes espaços comerciais em particular, tem-se verificado nos últimos anos um elevado crescimento, na procura da energia final. Esta tendência tem vindo a agravar a intensidade energética deste sector, contribuindo para este facto os elevados consumos médios de energia final (tep/m² ou Watt/m²) que se estão a verificar neste sector.

De realçar que mais de 25% do consumo total de energia final, verificado nos grandes espaços comerciais, é atribuído à climatização dos locais. Normalmente, a forma de energia utilizada para esses fins é a electricidade, que adiciona todo um conjunto de inconvenientes, inerentes à utilização desta forma de energia, como sejam, entre outros (Ferreira, 1997):

- preços elevados;
- efeitos ambientais negativos (rendimentos da ordem dos 35%);
- dependência de um monopólio do Estado; etc.

2.5. Cogeração em Portugal

A cogeração foi introduzida em Portugal no sector industrial nos anos 40, sendo as primeiras instalações baseadas em turbinas de vapor (contra-pressão) que satisfaziam grandes necessidades de

vapor de baixa pressão. No entanto, apenas na década de 90 a cogeração veio a ter um crescimento significativo em termos de potência instalada e de energia produzida.

A cogeração a gás natural é a única que actualmente ainda se encontra em crescimento, enquanto que a cogeração a diesel e a cogeração em contra-pressão mantêm uma tendência de estabilização.

Actualmente existem cerca de 1 090 MW de potência instalada e os 5 623 GWh de energia eléctrica produzida em cogeração representam, respectivamente, cerca de 11% e 13% da potência eléctrica instalada e da produção de energia eléctrica no S.E.N. –Sistema Eléctrico Nacional. O custo de investimento numa central de cogeração ronda os 750 €/kW (DGE, 2001).

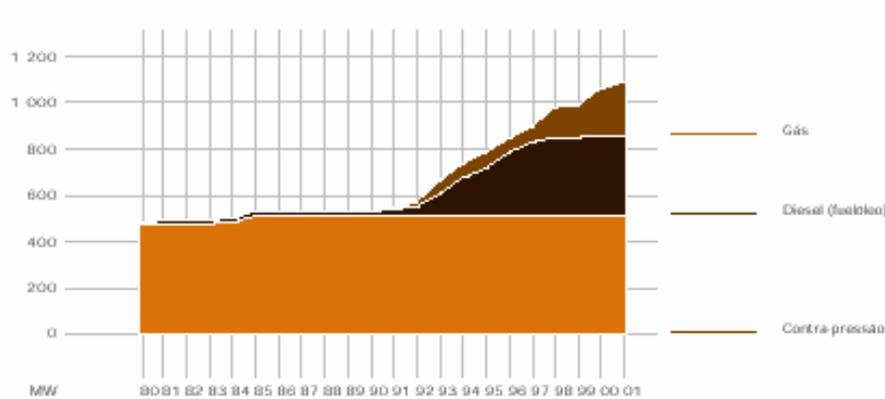


Figura 2- Evolução da potência instalada em cogeração nos últimos 20 anos em Portugal (Fonte: Cogen Portugal).

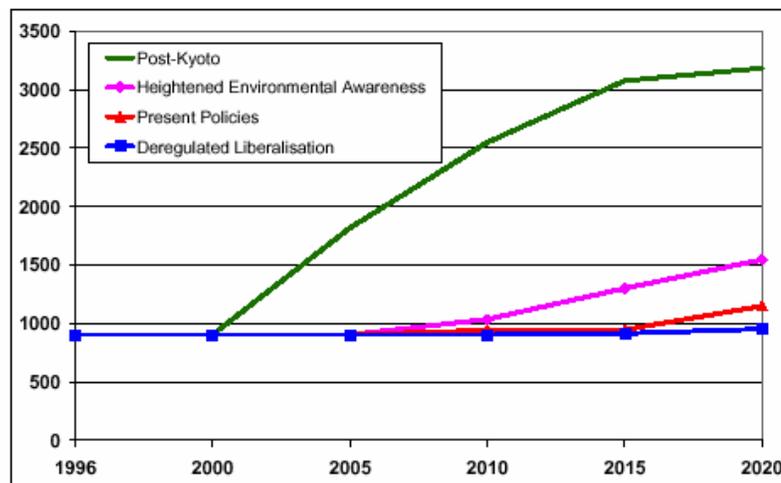


Figura 3 – Evolução da capacidade de cogeração em MW para vários cenários possíveis (Fonte: Future Cogen, 2001).

A energia produzida nas centrais de cogeração é, na sua maioria, destinada a satisfazer as necessidades energéticas da indústria. Verificando-se apenas uma pequena penetração dos motores a gás propano e gás natural no sector dos serviços.

No contexto europeu, Portugal encontra-se aproximadamente na média da União Europeia, no que respeita à percentagem de electricidade produzida em cogeração (DGE, 2001).

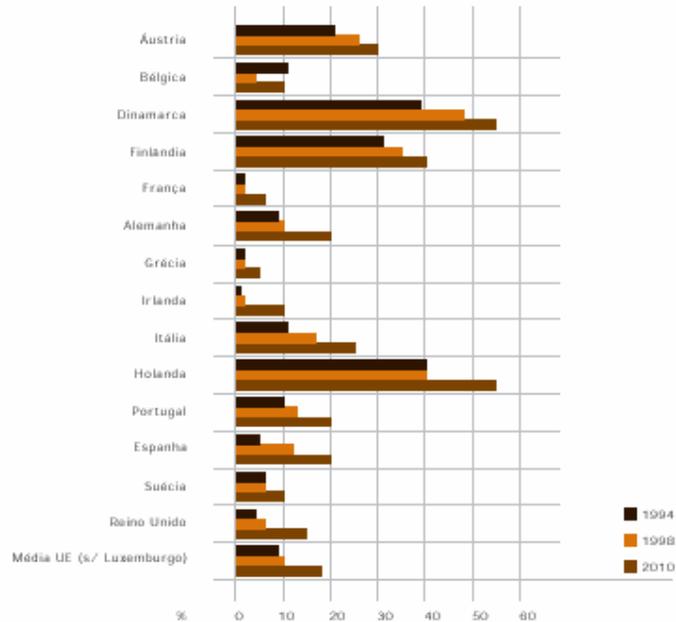


Figura 4 – Percentagem de electricidade produzida em cogeração nos vários países da UE (Fonte: Cogen Europe).

2.6. Tecnologias de Cogeração

A maioria dos sistemas de cogeração podem ser caracterizados tanto como *topping systems* como *bottoming systems*.

No caso de *topping systems*, um fluido a alta temperatura (gases de exaustão, vapor) acciona uma turbina para produzir electricidade, enquanto que um fluido a baixa temperatura é utilizado em processos térmicos ou no aquecimento/arrefecimento de espaços.

No caso de *bottoming systems*, numa primeira fase é produzido calor a altas temperaturas para um determinado processo (por exemplo numa fundição, indústria vidreira ou cimenteira) e após o processo os gases de combustão são utilizados directamente para accionar a turbina a gás, caso a sua pressão seja adequada, ou indirectamente para produzir vapor num recuperador de calor, o qual acciona a turbina a vapor (Educogen, 2001).

Na figura 5 são apresentados intervalos de temperaturas de funcionamento para os dois tipos de sistemas referidos anteriormente.

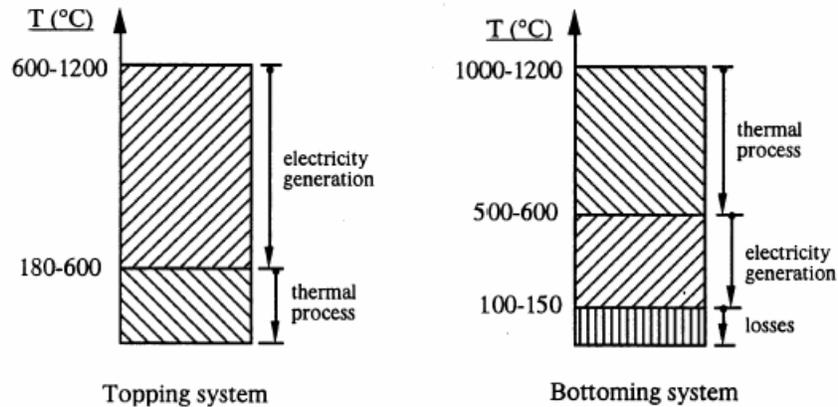


Figura 5 - Intervalos de temperatura de funcionamento do topping system e bottoming system, (Fonte: Educogen, 2001).

De seguida são descritas algumas tecnologias de cogeração e respectivo método de funcionamento.

2.6.1. Sistemas de Cogeração de Turbinas a Vapor

Um sistema baseado em turbinas a vapor é constituído por três componentes principais: uma fonte de calor, uma turbina de vapor e uma área de transferência de calor. Este sistema opera segundo o Ciclo de *Rankine*, quer na sua forma básica ou em versões melhoradas.

As condições de operação podem variar numa larga gama. Para aplicações de cogeração, a pressão de vapor pode variar desde alguns bars até 100 bar, a temperatura de vapor pode variar desde alguns graus de calor sobreaquecido até 450°C e a potência de saída varia entre os valores de 0,5 – 100 MW, apesar de ser possível atingir um valor mais elevado.

Este tipo de sistemas possui uma elevada fiabilidade e um longo ciclo de vida (25 a 35 anos). No entanto é de referir que o período de instalação pode ser desde 12 a 18 meses para unidades pequenas até 3 anos para unidades grandes (Educogen, 2001).

De seguida apresentam-se exemplos de configurações deste tipo de sistemas de cogeração.

2.6.1.1. Configurações de Sistemas de Cogeração de Turbinas a Vapor

A. Sistemas de Turbinas a Vapor de Contra-Pressão

Este tipo de sistemas constitui a configuração mais simples. O seu método de funcionamento baseia-se nos seguintes pressupostos: o vapor sai da turbina a alta pressão ou pelos menos igual à pressão atmosférica, o que depende das necessidades da carga térmica. Sendo também possível extrair vapor de estágios intermédios da turbina a valores de pressão e temperatura apropriados para a carga térmica (ver figura 6). Após a saída do vapor da turbina este vai alimentar o processo, onde liberta calor e condensa. O condensado retorna ao sistema com um caudal que poderá ser menor do que o caudal de vapor, caso existam perdas de vapor no processo ou ao longo da conduta, adições de água mantém o balanço mássico (Educogen, 2001).

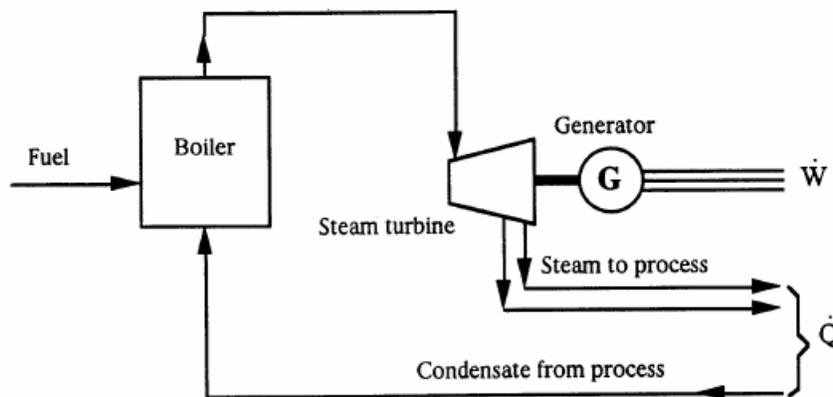


Figura 6 - Sistema de cogeração com turbina a vapor "Contra-Pressão" (Fonte: Educogen, 2001)

Este tipo de configuração apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens:

- Configuração simples com poucos componentes;
- Os custos relacionados com estágios a baixa pressão na turbina são evitados;
- Custo de capital baixo;
- Necessidades reduzidas ou inexistentes de água de refrigeração;
- Elevada eficiência total devido à inexistência de rejeição de calor para o meio ambiente através do condensador.

Desvantagens:

- A turbina a vapor é maior para a mesma potência de saída, pois opera abaixo da diferença de entalpia do vapor;
- O caudal mássico de vapor através da turbina depende do processo, consequentemente, a electricidade gerada pelo vapor é controlada pelo processo, o que resulta em pouca flexibilidade do sistema.

B. Sistemas de Turbinas a Vapor com Condensador

Neste tipo de sistema, o vapor necessário ao processo é obtido por extracção de um ou mais estágios intermédios a pressão e temperatura apropriada (ver figura 7). O restante vapor sai da turbina para o condensador, o qual se encontra a pressões baixas (até 0,05 bar, o que corresponde a uma temperatura de condensação de 33 °C). É pouco provável que para temperaturas tão baixas se encontre uma aplicação útil, daí que o calor seja rejeitado para o meio ambiente.

O vapor extraído pode ser usado para aquecer a água de alimentação, o que aumenta a eficiência do Ciclo de *Rankine* e accionar o equipamento auxiliar.

Comparando com o sistema A - Sistemas de Turbinas a Vapor de Contra-Pressão, o sistema com condensador possui um custo de capital mais elevado e em geral uma eficiência total mais baixa. Contudo, este tipo de sistema pode controlar a potência eléctrica independentemente da carga térmica, pela regulação do caudal de vapor através da turbina (Educogen, 2001).

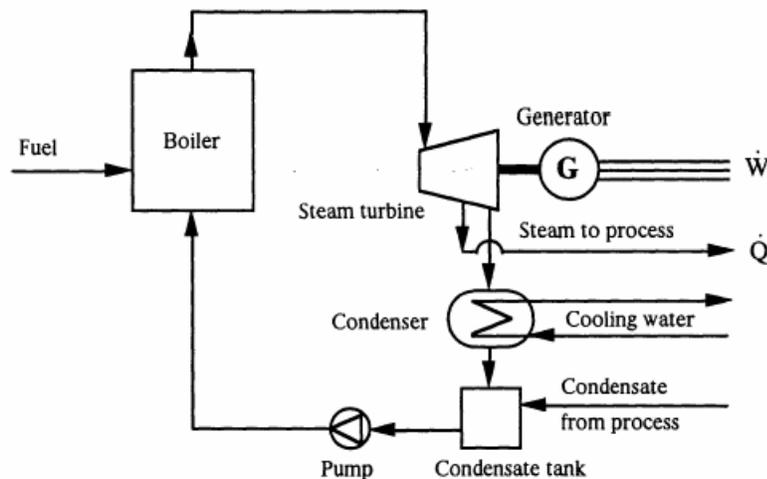


Figura 7 - Sistema de cogeração com turbina a vapor com condensador (Fonte: Educogen, 2001)

C. Sistemas de Turbinas a Vapor com *Bottoming Cycle*

Muitos processos industriais (por exemplo: fundições, vidreiras, fabricas de cerâmica, cimenteiras,...) libertam gases de combustão a temperaturas muito elevadas (1000-1200°C). Depois do processo os gases mantêm ainda temperaturas elevadas (500-600°C). Em vez de libertar directamente os gases para a atmosfera, estes podem passar através de um recuperador de calor, gerador de vapor, o qual acciona uma turbina a vapor (ver figura 8).

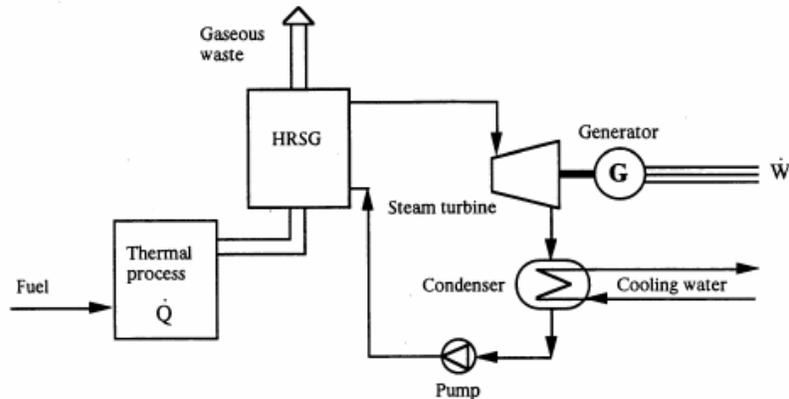


Figura 8 - Sistema de cogeração com turbina a vapor com condensador de bottoming cycle
(Fonte: Educogen, 2001)

2.6.2. Sistemas de Cogeração de Turbinas a Gás

As turbinas a gás constituem a tecnologia mais utilizada em sistemas de cogeração modernos, de média a alta potência. A potência eléctrica produzida pode variar desde algumas centenas de kW a centenas de MW. Por outro lado pesquisas recentes têm por objectivo a construção de micro-turbinas, com potência eléctrica de apenas alguns kW.

As turbinas a gás foram desenvolvidas quer como unidades pesadas para utilizações industriais, quer como motores eficientes, leves e compactos para uso na aviação. Estes motores são modificados para aplicações estacionárias – *turbinas aeroderivativas*. No geral, são capazes de arranques rápidos e respostas rápidas a variações de carga. Ambos os *designs* são usados com sucesso na cogeração, tendo como vantagens principais o custo inicial baixo, manutenção rápida e de baixos custos, capacidades de mudanças de combustível, eficiências altas para dimensões elevadas.

2.6.2.1. Ciclos de Turbinas a Gás

As turbinas a gás podem operar em ciclo aberto ou ciclo fechado. De seguida são apresentados alguns conceitos sobre o método de funcionamento destes dois tipos.

A. Sistemas de Cogeração com Turbinas a Gás em Ciclo - Aberto

A maioria das turbinas a gás existentes operam segundo o ciclo aberto de *Brayton*, também designado por ciclo de *Joule* (ver figura 9). Um compressor retira ar da atmosfera e induz o ar a uma pressão elevada no combustor. A temperatura do ar aumenta devido à compressão. Unidades antigas e pequenas operam com relações na gama de 15:1, enquanto que as unidades modernas e grandes operam com relações de pressão na gama de 30:1.

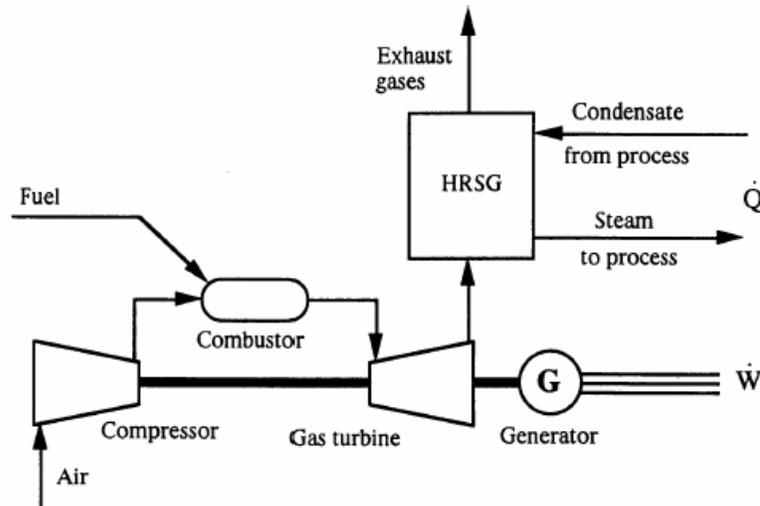


Figura 9 - Sistema de cogeração com turbina a gás em ciclo aberto (Fonte: Educogen, 2001)

Os gases de exaustão na saída da turbina estão a uma temperatura considerável (450-600°C), o que torna viável a recuperação de calor. Tal é efectuado através de um recuperador de calor de pressão simples ou pressão dupla. O vapor produzido pode ter alta qualidade (pressão e temperatura altas), o que o torna apropriado não só para processos térmicos, mas também para operar uma turbina a vapor, produzindo assim potência adicional.

Os sistemas de cogeração com turbinas a gás em ciclo aberto produzem uma potência eléctrica na ordem dos 100 kW-100 MW. Uma grande variedade de combustíveis pode ser utilizada, como o gás natural ou o light diesel.

A instalação de um sistema de cogeração deste tipo com uma potência até 7 MW demora cerca de 9 -14 meses. Para sistemas grandes este valor pode ser de 2 anos.

A fiabilidade e disponibilidade anual de sistemas com turbinas a gás, queimando gás natural, são comparáveis aos sistemas com turbina a vapor. O ciclo de vida destes sistemas é de cerca de 15–20 anos (Educogen, 2001).

B. Sistemas de Cogeração com Turbinas a Gás em Ciclo – Fechado

Em sistemas de cogeração com turbinas a gás em ciclo-fechado (ver figura 10) o fluido de trabalho (hélio ou ar) circula num circuito fechado. Sendo aquecido num permutador de calor antes de entrar na turbina, e é arrefecido após a saída da turbina, libertando calor útil. Desta forma o fluido de trabalho é limpo, não causando corrosão ou erosão.

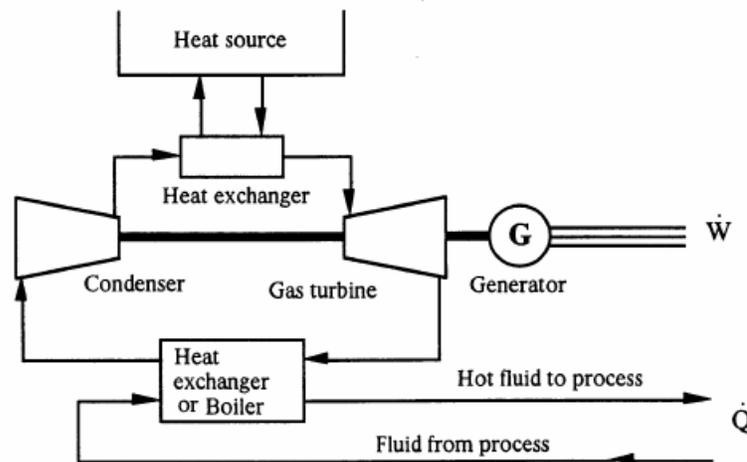


Figura 10 - Sistema de cogeração com turbina a gás em ciclo fechado (Fonte: Educogen 2001)

As fontes de calor podem ser de combustão externa de qualquer combustível, podendo mesmo ser provenientes de resíduos industriais ou urbanos. Energia solar e nuclear também podem ser utilizadas. Sistemas deste tipo têm uma produção típica de electricidade de cerca 2-50 MW, operando na Europa e Japão, mas em número reduzido. A fiabilidade de sistemas em ciclo fechado é similar à dos sistemas em ciclo aberto.

2.6.3. Motores Alternativos

Os motores alternativos, são muito utilizados na cogeração, quer funcionando segundo o ciclo *Diesel*, quer funcionando segundo o ciclo *Otto*. Neste caso, utiliza-se um gerador acoplado a um motor térmico para produção de electricidade. A energia térmica é recuperada a partir dos gases de escape para a produção de vapor, bem como a partir dos circuitos de refrigeração do motor para produção de água quente a 85-90°C. (Xavier e Costa, s.d.)

De referir que em certos processos (por ex. secagem) é possível utilizar directamente os gases de escape do motor.

A quantidade de energia residual recuperada não é das mais expressivas, por isso a sua aplicação mais frequente é nas instalações que necessitam de pequenas quantidades de calor a temperatura moderadas e maiores quantidades de energia eléctrica ou força motriz.

São comuns plantas de cogeração utilizando estes ciclos, nas potências de poucas dezenas de kW até potências da ordem de 20 MW ou pouco mais.

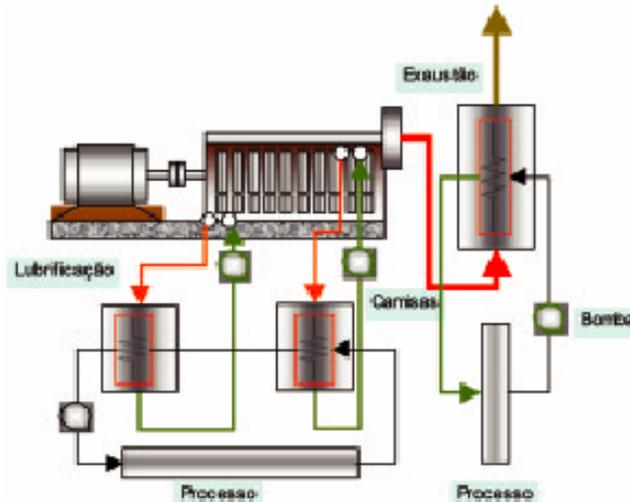


Figura 11 – Cogeração com motor alternativo (Fonte: GESP, 2001).

2.6.4. Comparação entre Motores e Turbinas

Os motores tem perdas repartidas, a relação calor/electricidade tem um valor de 1 a 2.5 [kg vapor/kWh].

As turbinas em si são mais caras que os motores mas o custo global da instalação é similar à do motor. O rendimento eléctrico é inferior ao dos motores, mas devido a não ter perdas de calor, o rendimento global é elevado. A emissão de poluentes é baixa, proporcionam um grande volume de gases a 500-600° C, capazes de produzir de 4 a 5 [kg vapor/kWh].

As caldeiras de recuperação são caras mas produzem vapor de baixa pressão. Sendo assim o factor fundamental para a escolha do tipo de equipamento é normalmente a relação calor/electricidade que caracteriza o tipo de instalação cujas necessidades pretendemos ver satisfeitas.

Assim a título de exemplo, numa instalação em que a relação calor/ electricidade seja próxima da unidade podemos decidir por uma turbina a gás com rendimento eléctrico inferior, ao passo que para relações calor/electricidade mais baixas a opção deve fazer-se pelos motores de combustão interna.

2.6.5. Ciclo Combinado

Esta forma de cogeração é utilizada nas situações em que se deseja produzir energia eléctrica e energia térmica úteis em quantidades variáveis de acordo com as cargas consumidoras ou para atendimento de mercados específicos. É constituída basicamente de um ciclo combinado com flexibilização da geração eléctrica e de energia térmica (normalmente vapor) através da extracção de vapor na turbina a vapor, condensação parcial, queima suplementar de combustível na caldeira de recuperação.

Existem plantas tão flexíveis que podem operar desde a produção máxima de energia eléctrica sem extracção de vapor para o processo industrial até a produção máxima de vapor para processo sem produção de energia eléctrica.

Outra forma de cogeração deste tipo é aquela em que os accionamentos são de equipamentos mecânicos (bombas, compressores,...) ao invés de geradores eléctricos.

Os ciclos combinados são apropriados em processos com consumo de energia eléctrica e energia térmica sob a forma de vapor a baixa pressão.

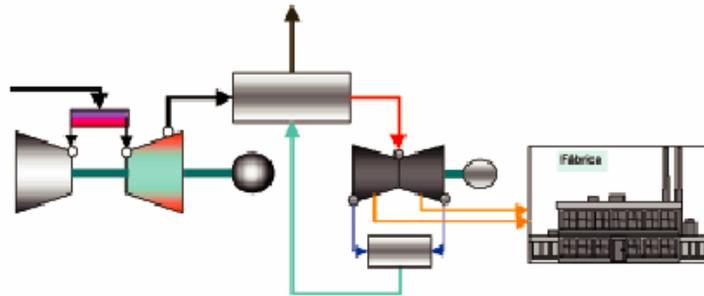


Figura 12 - Ciclo combinado (Fonte: Manual da Energia.)

2.7. Ciclos de Cogeração com Produção de Frio (Trigeração)

Os mercados potenciais para este ciclo são: os hospedeiros da planta de cogeração, que necessitam, além da energia eléctrica, de condicionamento ambiental ou sistema de refrigeração. Os equipamentos ideais para este uso são os *chillers* de absorção.

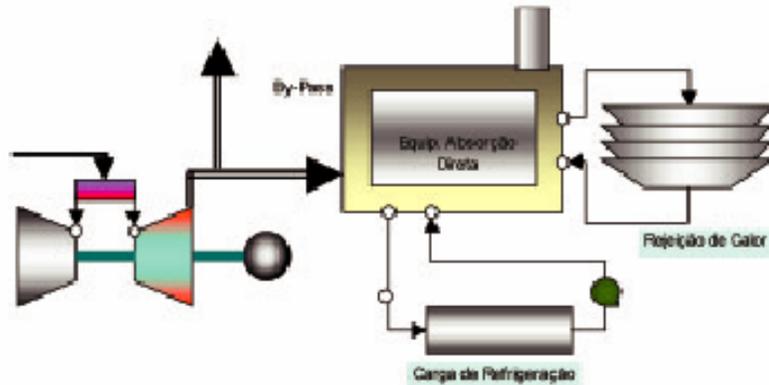


Figura 13 – Ciclo de cogeração com produção de frio (Fonte: Manual da Energia, 2001)

Os *chillers* de absorção são produzidos industrialmente para capacidades de 100 até cerca de 2.000 toneladas de refrigeração por hora. São comuns os de um e de dois estágios. A figura a seguir mostra o princípio de funcionamento de um equipamento desta natureza.

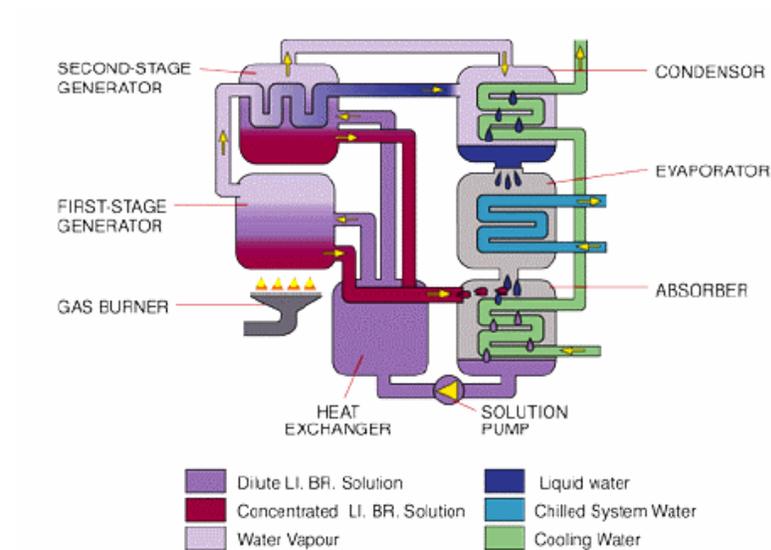


Figura 14 – Componentes e equipamento de um chiller de absorção de duplo efeito (Fonte: www.fsc-online.com).

Uma planta típica de trieração consiste numa planta de cogeração à qual é acoplada um *chiller* de absorção que produz frio, através do reaproveitamento do calor rejeitado pelo sistema de cogeração.

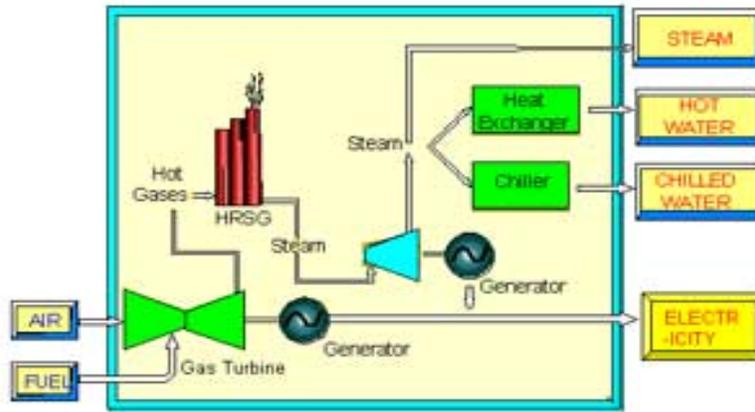


Figura 15 – Esquema duma instalação de trigeriação baseada numa instalação de cogeração com turbina a gás
(Fonte: www.unescap.org/enrd/energy/co-gen).

3. Produção e Distribuição Centralizada de Energia Térmica, District Energy

3.1. Vantagens da Produção Descentralizada de Energia Térmica

Segundo (Ferreira, 1997) as soluções convencionais de climatização, pressupõem a existência de uma produção térmica autónoma, que tem como inconvenientes principais:

- necessidade de grandes áreas para a implantação dos equipamentos de produção e de armazenamento;
- custos elevados, associados à construção civil específica;
- perda da flexibilidade e excesso de potência térmica instalada;
- necessidade de controlar e eliminar os ruídos perturbadores (internos e externos) emitidos pelos equipamentos de produção;
- rendimentos globais normalmente reduzidos, tendo em consideração o regime não constante de funcionamento dos equipamentos;

quando comparadas com uma solução em rede urbana, de produção centralizada.

Assim, sempre que for possível, é preferível a adopção de soluções que prevejam a produção centralizada que, através de uma rede de fluidos, forneça energia térmica ao edifício principal (um grande espaço comercial por exemplo) e, concomitantemente, a outros edifícios adjacentes que se venham a constituir nas suas imediações.

Este tipo de soluções substitui de forma eficiente, apenas, os meios de produção térmica. As redes internas de distribuição de frio e calor, pelos locais a climatizar (redes secundárias), deverão ser projectadas e concebidas, por forma que sejam mantidos elevados padrões da eficiência energética.

3.2. District Energy, District Heating, District Cooling

Os sistemas de “*district energy*”, são sistemas que fornecem calor e/ou frio a edifícios a partir de uma unidade central. A energia é transportada até aos edifícios através de uma rede subterrânea de tubos de água quente ou vapor. Quando o sistema distribui calor é chamado de “*district heating (DH)*”, quando produz frio chamado de “*district cooling (DC)*”.

As centrais de produção de energia térmica e eléctrica podem ser construídas ou convertidas em sistemas de cogeração, abastecendo com calor e/ou frio cidades ou parte de cidades, indústrias, estufas, aquários, etc.

Estudos feitos em países com climas frios, tais como os países do Norte da Europa, em que as necessidades de calor são grandes, mostram que DH é economicamente viável.

Nos países do Sul da Europa, em que os climas são quentes, para que os sistemas de DH sejam viáveis é necessário que para além do aquecimento se utilize a cogeração para arrefecimento dos espaços. Ou seja, no Sul da Europa utilização de DHC é mais adequada.

A distância, a dispersão dos utilizadores e a potência térmica requerida são alguns dos parâmetros importantes para a viabilidade económica dos sistemas de *district energy*. Na grande maioria dos casos a distância económica para a transferência de energia térmica não excede os 10 km, podendo em casos excepcionais atingir os 30 km (Educogen, 2001).

Os benefícios da *district energy* com cogeração são:

- Benefícios para a sociedade:
 - o aumento da eficiência da energia;
 - a possibilidade de utilização de energias locais e energias renováveis (quando existem);
 - redução das emissões poluentes totais.

- Benefícios para os municípios:
 - uso de fontes de energia pertencentes à comunidade (quando possível), implica uma diminuição da factura da energia comprada a terceiros;
 - emprego durante a construção;
 - ao utilizar fontes de energia locais e energias renováveis diminui a quantidade de combustível comprado a terceiros;
 - salvaguarda da estética arquitectural dos edifícios.

- Benefícios para o consumidor:
 - permite o acesso a energia a baixo custo;
 - eliminação das fornalhas ou caldeiras instaladas no local;
 - redução dos custos de manutenção e da mão de obra necessária, para os sistemas de aquecimento no local;
 - aumento da fiabilidade do abastecimento da energia térmica.

3.3. District Heating e a Cogeração

O conceito de “district heating” não é um conceito novo. De facto, as primeiras aplicações de “district heating” datam dos Romanos, que faziam circular água quente em canais abertos para aquecer edifícios e banhos comunitários. Nos E.U.A., o primeiro sistema moderno de “district

heating” foi introduzido em Lockport, Nova Iorque em 1877. A tecnologia da cogeração emergiu no início de 1900, com o desenvolvimento de pequenas unidades que aqueciam pequenos distritos.

O uso de redes de “district heating” é comum em zonas urbanas no norte e centro da Europa onde os invernos são longos e frios e portanto, existem maiores necessidades de aquecimento.

Os sistemas de DH são muitas vezes baseados na incineração de resíduos (lixo municipal, etc.), que associado a um controle adequado de emissões poluentes constituem uma melhor solução ambiental do que a simples deposição de lixo em aterros. Os sistemas de DH também podem utilizar biomassa, e/ou gás natural. A utilização de gás natural, como combustível adicional promove a flexibilidade do sistema de DH.

Os modernos sistemas de DH encontram-se perante novos desafios, por um lado os sistemas de tubagem modernos tornaram mais económico o transporte do calor mas, por outro, os custos de implementação de um sistema deste tipo continuam elevadíssimos. Historicamente os custos de construção de redes de DH foram subsidiados, a nível nacional ou local, por entidades estatais, mas actualmente este tipo de financiamento já não é tão prontamente disponibilizado.

Na figura seguinte mostra-se um esquema de um sistema de “district heating” a energia gerada na central é distribuída a utilizadores que podem ser edifícios de apartamentos, edifícios de escritórios, casas, edifícios públicos tais como escolas e hospitais.

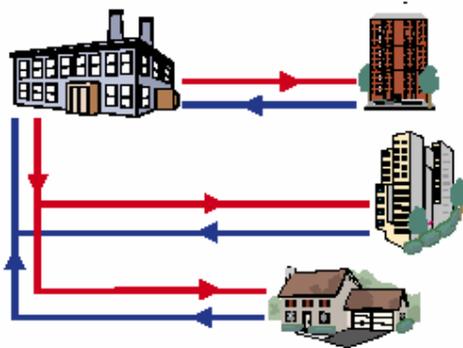


Figura 20 - Esquema de um sistema de district heating (Fonte: CANMET Energy Technology Centre).

3.4. District Heating/Cooling e a Cogeração

Os sistemas de cogeração com produção de frio são chamados de sistemas de trieração. Nestes sistemas uma única fonte de combustível é convertida em três tipos de energia: electricidade, vapor ou água quente e frio.

Recentemente os sistemas de DHC¹ com cogeração, tem sido considerado como um dos métodos mais favoráveis para arrefecimento de áreas residenciais e comerciais. É particularmente adequado para grandes áreas urbanas com elevada densidade de escritórios e serviços e áreas residenciais onde a necessidade de ar condicionado é elevada.

Os sistemas de DHC apesar de serem recentes, já são largamente utilizados no Japão e EUA. Na Europa, com excepção da Suécia, apesar de haver bastantes conhecimentos relativamente à tecnologia utilizada, existe muito menos experiência neste tipo de sistemas.

¹ DHC – District heating and cooling

Uma das grandes barreiras à aplicação do DHC na Europa é o facto de os países com melhores condições climatéricas para a aplicação destes sistemas, se situarem no sul da Europa (Portugal, Espanha, Itália, Grécia), ou seja, nos países com menos infraestruturas de “district heating” (sem redes de distribuição, etc.).

3.4.1. Integração da Produção de Frio nos Sistemas de District Heating

Um sistema de “district heating” (DHS – district heating system) pode fornecer uma “substância fria”, com a qual os *chillers* de absorção produzem água gelada que por sua vez irá abastecer sistemas secundários.

Durante o verão, quando as exigências de calor são menores, a produção de água gelada apresenta-se como uma das formas de aumentar a eficiência do sistema de DH. Duas das principais soluções possíveis para equipar um DHS, para a produção de frio são:

- 1ª integração de um chiller de absorção de um estágio numa rede de água quente com uma temperatura aproximada de 100°C;
- 2ª integração de um chiller de dois estágios numa rede de vapor ou de água sobreaquecida.

O DHC é a aplicação de cogeração que apresenta maiores desafios, visto que enfrenta os desafios do DHS (elevado custo de capital, etc.) e os desafios que advém do facto de ser uma nova tecnologia (Educogen, 2001).

3.4.2. O Desenvolvimento do District Heating/Cooling

A tecnologia de DC desenvolveu-se de formas muito diferentes no mundo inteiro. O grau de desenvolvimento dos sistemas de DHC num país, geralmente não coincide com o grau de desenvolvimento da cogeração nesse país, nem mesmo com o grau de desenvolvimento dos sistemas de “district heating” com produção combinada de calor e potência.

Os factores mais importantes que afectam o desenvolvimento do DHC com cogeração, são:

- a política energética e o quadro de regulamentação do país;
- a tradição no desenvolvimento de sistemas de district energy como sistemas de utilidade pública ou de iniciativa privada;
- os preços da energia e as pré-condições económicas para o investimento;
- o clima do país.

Na figura seguinte encontra-se uma comparação entre os sistemas de district heating/cooling convencionais e os sistemas de district heating/cooling com cogeração:

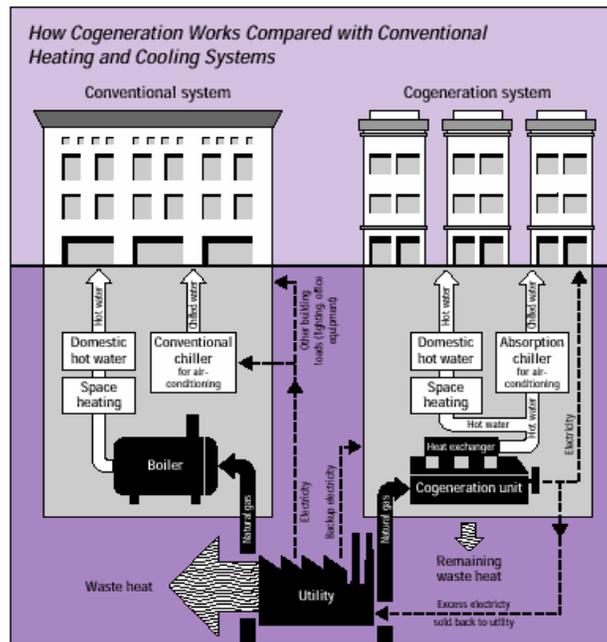


Figura 21 – Comparação entre os sistemas de district heating/cooling convencionais e os sistemas de district heating/cooling com cogeração (Fonte: U.S. Department of Energy).

3.5. Eficiência dos Sistemas, Viabilidade Económica

3.5.1. Eficiência dos Sistemas de District Energy

Os sistemas de “district energy” com cogeração são mais eficientes por duas razões:

- existe produção de energia térmica centralizada ;
- existe produção combinada de energia térmica e electricidade.

Optimização ao dimensionamento das potências a instalar em cada edifício consumidor, pode corresponder a reduções de potência, na ordem dos 50%.

No estudos de eficiência de sistemas de “district energy” com cogeração, para além do estudo da eficiência da central de cogeração, tem que se ter em atenção as perdas térmicas do sistema de distribuição de energia térmica.

Num estudo efectuado (Shimoda, et. al) em sistemas de DHC no Japão tiraram-se algumas conclusões relativamente à performance das redes de distribuição de energia térmica. As principais conclusões foram:

- o consumo anual de energia no sistema de distribuição de calor (que consiste na energia em energia para bombagem e consumo de energia em perdas térmicas) ocupa 6% do total das perdas de energia;

- o consumo de energia nas redes de distribuição diminui com o aumento do tamanho da instalação, na maioria dos casos estudados;
- o aumento do consumo de energia nas redes de distribuição aumenta quando há aumento da densidade de carga de calor. Contudo este aumento não é muito significativo quando comparados com o consumo total de energia;
- se a diferença de temperatura da água gelada entre o abastecimento e o retorno se tornar menor do que a que foi projectada então, existe um aumento considerável de perdas de energia na planta de DHC, não só no sistema de distribuição mas também no sistema total.

As conclusões que aqui foram referidas, permitem ter uma ideia geral da performance dos sistemas de distribuição de energia térmica. No entanto, podem existir variações devendo portanto ser efectuado um estudo para cada caso.

Factores tais como; a temperatura ambiente, os materiais utilizados (tipo de tubos, isolamento,...), o tipo de central de cogeração, as tecnologias utilizadas, idade da instalação, o tipo de combustível, etc., têm que ser cuidadosamente estudados antes de se optar pela instalação de um sistema de *district energy*.

3.5.2. Viabilidade Económica

Em países do norte e centro da Europa, nos E.U.A., Canadá e Japão, que correspondem ao conjunto de países que já possuem infraestruturas de “*district energy*”, a reconversão das centrais de “*district heating*” convencionais para centrais de cogeração apresenta-se, na maioria dos casos como uma alternativa viável e até aconselhável.

A possibilidade de se usarem fontes de energia locais, permite manter a energia, os empregos e o dinheiro dentro da comunidade. Se o sistema de “*district energy*” usar resíduos de madeira, então haverá actividades no local associadas à recolha e transporte dos resíduos de madeira. Se a fonte de energia for o calor perdido por indústrias locais, então as indústrias tornam-se mais lucrativas. Acresce-se ainda que, um sistema mais diversificado e eficiente do uso da energia pode, a longo prazo, atrair mais indústria e serviços para o local.

Os sistemas de “*district energy*” implicam elevados investimentos e grandes períodos de retorno e requerem por isso um estudo muito cuidado.

Para a análise de viabilidade económica de um sistema de “*district energy*” tem que se incluir a análise económica do sistema de cogeração e do sistema de distribuição.

4. Casos de Estudo

4.1. Assens - Ilha de Funen, Dinamarca

Central de District Heating

(Fonte: Torbe Skøtt)

No dia 29 de Março de 1999, foi inaugurada a maior central de produção combinada de calor e potência (CHP) com queima de biomassa, na pequena cidade de Assens, na ilha de Funen.

A central foi erigida pelo operador de “district heating”, Assens Fjernvarme, que é conhecido localmente pela sua habilidade para fornecer o “district heating” aos 10000 habitantes da cidade, a preços muito favoráveis.

A central constitui o maior investimento alguma vez feito na região, e tem capacidade para fazer face às exigências de calor e electricidade de toda a cidade, através da utilização de energia amiga do ambiente.

26000 MWh de energia eléctrica e 50000 MWh de calor são gerados cada ano. A central original de “district heating” queimava carvão, mas no final da década de 80 o conselho de administração concordou que esta não era viável, considerando o aumento em energia e impostos ambientais. Em consequência, o carvão foi substituído por peletes de madeira, e mais tarde por outros combustíveis derivados da madeira.

A decisão de construir a nova central de cogeração foi tomada em 1996, quando a Agência de Energia Dinamarquesa, ordenou que, de futuro, a central passasse a produzir energia eléctrica, para além do calor.

As duas alternativas possíveis na altura eram o gás natural e a biomassa. Por um lado, a construção de uma central de gás natural seria a alternativa mais barata. Por outro havia a disponibilidade por parte do estado de conceder ajudas à construção e subsídios adicionais por cada kW de energia gerada, caso se optasse pela central de biomassa. Desta forma, a central de biomassa tornou-se a opção mais atractiva.

4.1.1. O combustível

A nova planta de CHP usa lascas de madeira e peletes de origem Dinamarquesa, troncos de árvore importados dos países do Báltico e ainda aparas e outros desperdícios de madeira (serradura, etc.) provenientes de indústrias madeireiras.

Segundo o gerente da Central, John Jessen, o combustível mais caro é o de origem Dinamarquesa e o mais barato são as aparas de madeira mas, a caldeira não admite o uso de mais de 30% de aparas.

A central tem uma capacidade de armazenamento de combustível, para 10 dias na carga máxima. Todos os dias são queimadas aproximadamente 150 ton. de produtos da madeira e gerados 4.68 MW de potência eléctrica e 10.3 MW de calor.

4.1.2. A Central

Grande parte da central, tal como a caldeira e a turbina de vapor, é baseada em tecnologia tradicional mas, contém ainda várias inovações, é o caso do sistema de alimentação da caldeira. Trata-se de um sistema inovador que permite a utilização de diferentes formas de combustível de madeira.

A central está totalmente automatizada, sendo necessários apenas quatro funcionários para dirigir as operações da central.

Dois guindastes inteiramente automáticos e um transportador levam o combustível desde a área de armazenamento até ao silo alimentador que se situa em frente à caldeira. Daqui, o combustível é transportado para os chamados “air-spouts” que atiram o combustível para cima de uma grelha oscilante na caldeira. Muito do combustível é queimado enquanto plana na câmara, e as partes maiores queimam na grelha.

O calor produzido na caldeira é utilizado para produzir vapor a uma temperatura de 525°C à pressão de 75 bar. Esta produção é similar àquela que é obtida em centrais bastante maiores e tornou possível atingir uma eficiência eléctrica de 27% e uma eficiência total bruta de 87%.

Os fumos são limpos num precipitador electrostático de corrente continua de 70000 volt e conduzidos até à chaminé a uma temperatura de aproximadamente 110°C. As cinzas, são depositadas num contentor e subsequentemente depositadas num aterro controlado.

O vapor sai da turbina a 85°C e a 0.6 bar. Isto permite que o vapor necessário para o “district heating” volte em forma de água desde aproximadamente 37°C até 75°C.

No inverno, quando o uso de combustíveis molhados aumenta (por ex. as lasca de madeira), é introduzido um condensador capaz de gerar mais 3.5 MW de calor. Naturalmente que o condensador não é introduzido enquanto a exigência de calor não excede os 10.3 MW que a central pode produzir.

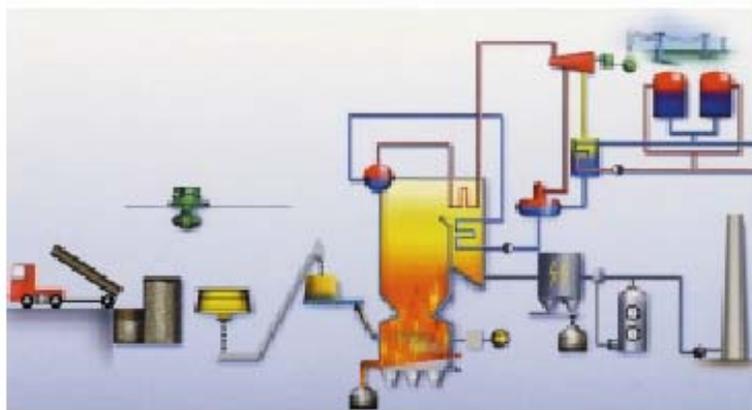


Figura 22 – Esquema funcionamento de central de Assens.

4.2. Central Térmica do Parque Expo, Portugal

A Climaespaço é uma Central Térmica situada no Parque das Nações. Tem como função cobrir todas as necessidades térmicas do Parque Expo, sendo estas, o aquecimento central dos edifícios, a sua refrigeração e o aquecimento das águas sanitárias destes.



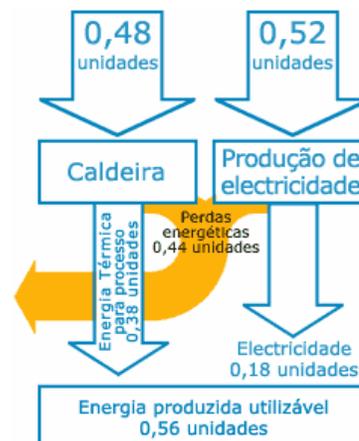
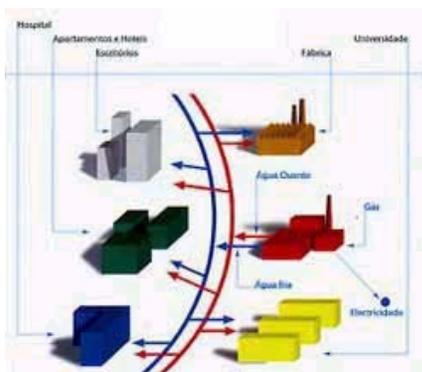
Figura 23 - Parque Expo.

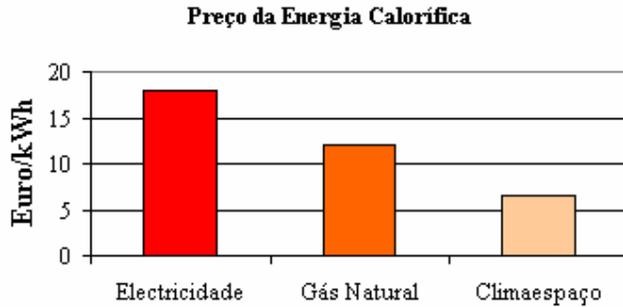
4.2.1. Funcionamento

A Central funciona segundo um processo de trigeriação, ou seja, a partir da mesma fonte energética (gás natural), produz simultaneamente energia eléctrica, calor e frio.

O sistema de distribuição urbana de energia térmica baseia-se na utilização de uma central de produção e de um meio de transporte de energia em circuito fechado (tubagens enterradas ou instaladas em galeria técnica).

A energia térmica distribuída aos edifícios permite satisfazer as necessidades de climatização (arrefecimento e aquecimento) e de aquecimento de águas sanitárias, sendo para isso necessário que o edifício disponha dos equipamentos e sistemas terminais para a transformação da energia térmica.





Na sala de controlo da central é monitorizado todo o sistema da ClimaEspaço. Este sistema está sob constante controlo por pessoal qualificado. Existe uma rede de circuitos secundários de distribuição de frio e calor, com subestações que geram as entregas de potência, de acordo com as solicitações de utilização. Foi realizado um investimento superior a 60 milhões de Euros, a realizar até ao ano 2010.

A implantação desta unidade foi do tipo “chave na mão”, efectuada por um grupo francês, que forneceu igualmente formação aos técnicos da central.

A central de produção termoelétrica em Trigeriação tem uma potência térmica em frio de 22 MW (extensível a 40 MW) e uma potência térmica em calor de 11 MW. A central utiliza como único combustível o Gás Natural, com uma previsão de consumos de 15 000000 m³ /ano (1998), que poderão evoluir até aos 30 000000 m³ /ano , a partir do ano 2010.

4.2.2. Descrição da Climaespaço

A. Gerador de calor/frio

Esta unidade para a produção de frio e calor possui:

- Um turbo alternador que inclui um alternador com uma potência eléctrica de 4,8MW.
- Uma caldeira de recuperação com sistema de pós combustão, com uma potência total de 12 MW de calor.
- Uma caldeira auxiliar com uma potência calorífica de 15 MW de calor.
- Dois grupos de refrigeração de absorção de duplo efeito, instalados em paralelo e com uma potência unitária de 5 MW de frio.
- Dois grupos de refrigeração de compressão, instalados em paralelo e com uma potência unitária de 5,85 MW de frio.

B. Rede de distribuição de fluidos térmicos

É constituída por:

- Aproximadamente 40 km de rede, enterrada e em galeria técnica, em toda a zona de intervenção da Expo. A rede de água fria na ida fornece água a 5,5°C enquanto a temperatura do circuito de retorno é de aproximadamente 12°C. A rede de água

quente abastece os utilizadores com água a 100°C, sendo a temperatura da água do circuito de retorno de aproximadamente 65°C.

- Subestações de energia térmica (frio e calor) em cada edifício utilizador. Estas são localizadas nos pontos de entrega aos utilizadores, estão equipadas com permutadores de calor compactos (de placas), que realizam a interface com a rede interna dos edifícios. São compostas, normalmente, por dois permutadores de calor, um destinado ao circuito de água fria e o outro ao circuito de água quente. As subestações incluem, também, sistemas de medição de caudal e de energia assim como sistemas de controlo das temperaturas de retorno.
- Um reservatório de 15.000 dm³ de água fria (com uma capacidade equivalente a 10 MW de frio).

4.2.3. Financiamento

Dada a qualidade e rentabilidade do projecto, o investimento foi apoiado financeiramente, quer pelo Programa Energia - SIURE quer pelo programa comunitário THERMIE. Este projecto foi, também, financiado por um sindicato bancário, liderado pelo BPI e constituído pelo Banco Português de Investimento, Banque Nationale de Paris, Caixa Geral de Depósitos e Banco Espírito Santo e Comercial de Lisboa, tendo a participação do Fundo EFTA para o desenvolvimento industrial de Portugal.

4.2.4. Considerações

Na ausência de uma política energética coerente para Portugal, o projecto da ClimaEspaço apresenta um forte carácter inovador, apostando na utilização racional de energia, bem como no emprego de tecnologias de produção, distribuição e controlo de elevada eficiência. Assim este projecto responde claramente às exigências das directivas europeias nos domínios de energia e ambiente.

Este projecto usa apenas o Gás Natural, contribuindo assim para uma melhoria do ambiente, bem como para a diminuição da dependência nacional dos mercados petrolíferos.

Nos dias de hoje, o conforto em habitações e escritórios, mais do que um luxo, tornou-se numa exigência por parte dos consumidores. É pois urgente racionalizar a energia disponível (e poluição associada), neste crescente consumo urbano no nosso país. A criação e melhoramento da distribuição urbana de frio e calor, constitui uma vantagem para as construções modernas em termos de economia, conforto, segurança, e integração urbanística.

A central ClimaEspaço por todos os motivos aqui apresentados constitui um projecto de grande viabilidade, sendo um exemplo a seguir quer pelo sector privado quer pelo próprio Estado.

4.3. Cosmosquare- Osaka, Japão

Central de District Heating/Cooling

(Fonte: Caddet Energy Efficiency)

A companhia Cosmosquare Energy Service Corp., fornece energia térmica a edifícios comerciais e de serviços, com uma área total de chão de 750000 m². A Cosmosquare Energy Service Corp. foi fundada para este projecto em Dezembro de 1990 sendo o resultado de uma Join Venture levada a cabo pelas companhias Osaka Gas Co. Ltd. e a Kansai electric Power Co. Inc..

A central térmica foi construída nos 21 hectares da zona central da Cosmosquare (160 ha) em Nanko, Osaka.

O serviço de energia térmica foi planeado e desenhado para fornecer de forma estável e eficiente vapor e água quente/fria, enquanto mantém os custos e a carga ambiental o mais baixos possível. Através do uso eficiente das vantagens da energia eléctrica e do gás da cidade o serviço opera na melhor mistura de energia.

O uso de água do mar para arrefecimento e como fonte de calor na central de energia realça o coeficiente de performance (COP) dos seus refrigeradores de absorção, aquecedores/chillers de absorção e bombas de calor.

Um sistema de armazenamento de gelo térmico em larga escala permite o uso de energia durante a noite quando ela é mais barata. Um sistema de cogeração com turbina a gás com elevada eficiência total nivela as exigências de energia da central, poupando-se desta forma, quer nas despesas de electricidade quer no consumo de energia primária.



4.3.1. O Princípio

O sistema fornece anualmente cerca de 435 TJ de água gelada para arrefecimento, 71 TJ de água quente para aquecimento e 100 TJ de vapor. O sistema tem ainda a capacidade de satisfazer exigências máximas de 285 GJ/h, 105 GJ/h e 38 GJ/h de água gelada, água quente e vapor, respectivamente.

A água gelada e a água quente são produzidas em refrigeradores de absorção, aquecedores/chillers de absorção e turbos eléctricos e bombas de calor de parafuso, com uma capacidade de refrigeração total de 62 MW. Adicionalmente a estas máquinas de absorção e bombas de calor, existe um sistema de grande volume, do tipo estático, de armazenamento de gelo com uma capacidade de armazenamento de 103 MWh que expande a capacidade de abastecimento de água gelada para 83 MW. As bombas de calor usam energia durante a noite (quando ela é mais acessível) para produzir gelo.

O vapor fornecido aos clientes e utilizado pelos aquecedores/chillers de absorção é gerado por caldeiras alimentadas por gás e ainda, por caldeiras de recuperação de calor das unidades de cogeração com turbina a gás.

A capacidade de aquecimento destas caldeiras, máquinas de absorção e bombas de calor atinge os 57 MW.

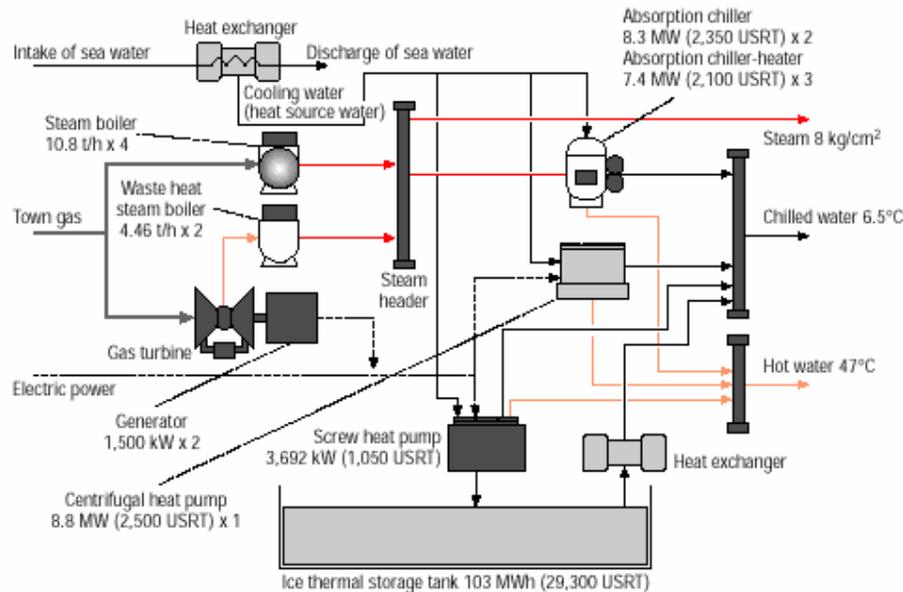


Figura 16- Sistema de energia do sistema de district heat da Cosmosquare (Fonte: Cadder energy efficiency)

4.3.2. A Situação

A água do mar é retirada pela central de água do mar (quantidade máxima utilizada 13100 m³/h) e troca calor com a água fresca. Esta água fresca é utilizada pelas máquinas de absorção e bombas de calor. O uso da água do mar, que relativamente à atmosfera está mais fria no verão e mais quente no inverno, torna o COP deste mecanismo mais elevado do que o dos sistemas com fontes de ar e torres de arrefecimento.

Este sistema economiza energia primária e reduz as emissões de CO₂. Estas poupanças estão estimadas em cerca de 7.5% (ver figura 18). Como não há necessidade de máquinas com fontes de ar (e torres de arrefecimento), existe uma redução significativa das quantidades de água tratada necessárias. Outro efeito, envolve a eliminação da radiação de calor para o ar induzindo assim, ao alívio do fenómeno de ilha.

A alteração na temperatura da água, produzida pela descarga da água no mar após as trocas de calor é confinada à proximidade da saída. Portanto, a temperatura da água do mar da área circundante mal é afectada pelas descargas de água aquecida ou arrefecida.

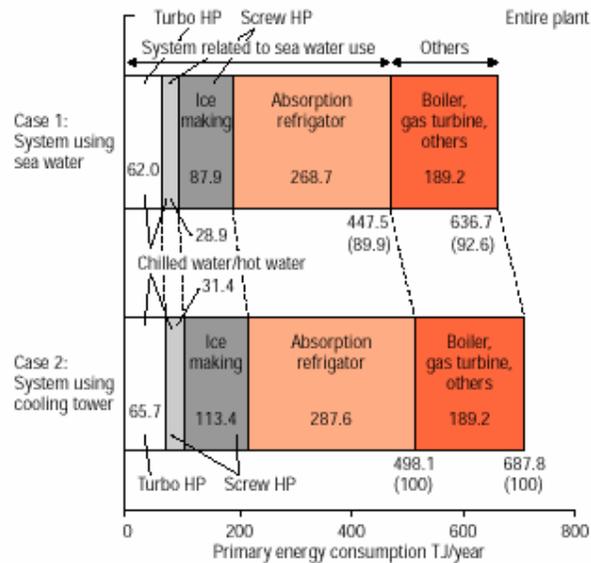


Figura 17 – Estimativas para as poupanças no consumo de energia primária (Fonte: Caddet energy efficiency)

O sistema de cogeração com turbina a gás tem uma eficiência final de 23.8% e uma eficiência total de 73.4%. O sistema ligado à rede em conjunto com o sistema de armazenamento térmico, nivela as necessidades de potência útil da central de energia e conseqüentemente economiza nos custos de energia. Além da economia nos custos da energia, a elevada eficiência total também promove a redução dos custos da energia primária.

Um dos geradores pode operar tanto com gás como com óleo pesado (heavy oil). Este gerador, trabalha como gerador de emergência no caso de falha no abastecimento do combustível comercial (gás de cidade).

Para reduzir tanto quanto possível as emissões de NO_x , as turbinas utilizam o método da urea-selective catalytic reduction assim como, o usual método de injeção de água. Esta medida é utilizada para reduzir as emissões de NO_x das turbinas em aproximadamente mais 30% do que quando apenas é utilizado o método de injeção de água.

As caldeiras utilizam queimadores de baixo NO_x e um sistema de recirculação de gases de exaustão, para controlar as emissões de NO_x .

A central de energia foi construída em 1994 e tem operado de forma tranquila após alguns fracassos iniciais tais como, a mistura de gases não condensáveis nos refrigerantes e o entupimento dos filtros de água do mar. Contudo, sob as condições de negócio lentas resultantes da quebra numa economia inchada, as exigências de energia térmica estão bastante atrás do crescimento inicialmente planejado.

Actualmente a utilização da central térmica resume-se a um terço das suas capacidades.

4.3.3. Economia

A utilização de água do mar reduz os custos correntes da central de energia através do melhoramento do COP do equipamento fonte de calor e eliminação da necessidade de tratamento de água para as torres de arrefecimento. Adicionalmente, as unidades de cogeração com elevada eficiência total levam a poupanças adicionais.

A utilização de energia, no período da noite, para produzir e armazenar gelo também leva a poupanças nos custos de energia visto, que neste período a energia é mais barata.

A construção das instalações de extracção da água do mar foi subsidiada pelo Ministério do Comércio Internacional do Japão, o que levou a uma redução significativa nos custos de construção.

4.4. Southampton, Reino Unido

Sistema de District Heating

(Fonte: Energie-Cités)

4.4.1. A Cidade

A cidade de Southampton está situada na costa sul de Inglaterra, cobre uma área de 50 km², tem uma população de 212000 habitantes e uma temperatura média de 10.8°C.

A cidade é o maior centro de comércio, negócios, lazer, ensino e emprego da zona de South Hampshire. Os seus parques tornaram-na conhecida como a cidade mais verde do Reino Unido.



4.4.2. Contexto

Southampton é membro da Energie-Cités e aspira a ser uma das melhores cidades do Reino Unido. O seu desejo é oferecer uma elevada qualidade de vida a todos os seus habitantes incluindo a oportunidade de viver agora e no futuro de forma sustentável.

Procura-se a redução das emissões nocivas e de gases de estufa resultantes da produção de energia, a conservação dos stocks de combustíveis fósseis e a maximização da eficiência energética. O esquema de energia da cidade contribui para todos estes objectivos a um preço competitivo para os negócios e suportável pelos clientes.

Southampton liderou o primeiro esquema de district heating/cooling com energia geotérmica e cogeração do Reino Unido.

As credenciais geotérmicas de Southampton foram estabelecidas, inicialmente, na década de 80 quando o Departamento de energia do Reino Unido pesquisou e desenvolveu um programa com o intuito de determinar o potencial dos aquíferos geotérmicos do Reino Unido.

O primeiro poço foi aberto no centro de Southampton, em Vessex Basin em 1981, mas como era de dimensões demasiado pequenas para o esquema de district heating que estava planeado o projecto foi abandonado pelo Departamento de Energia. Contudo, a cidade recusou-se a abandonar o ideia e após esforço considerável conseguiu desenvolver uma parceria com a empresa de gestão de energia Utilicom Ltd. com o objectivo de desenvolver o projecto.

4.4.3. A Experiência de Southampton

O Poço

O poço foi perfurado no centro da cidade pelo Departamento de Energia em conjunto com a Assembleia da Cidade de Southampton e a Unidade de Apoio Tecnológico.

A água foi encontrada a aproximadamente 1800 m de profundidade, a 76°C e sobe naturalmente até à profundidade de 100 m, daí é bombeada até à central de calor, chegando à superfície a 74°C. A salmoura quente do poço geotérmico fornece cerca de 18% da mistura total do sistema de *district heating* sendo o restante calor gerado com fuel óleo (10%) e gás natural (70%).

O Esquema

A construção do esquema de *district heating* iniciou-se em Julho de 1987. Logo, no início da construção a Assembleia da cidade compreendeu que uma vez instaladas as infraestruturas de *district heating* era possível a ligação a qualquer outra fonte de calor. Foi então que se decidiu adicionar uma pequena central de cogeração e bombas de calor de absorção. Desde então a planta de cogeração cresceu consideravelmente.



Figura 18 - Colocação da canalização do sistema de *district heating* (Fonte: Energie-Cités)

O sistema de *district cooling* foi adicionado ao esquema de *district heating* em 1994 e desde então o pedido de água gelada e ar condicionado tem crescido rapidamente.

A água quente tratada circula desde a estação de calor até aos clientes e retorna para aquecimento por via de tubagem subterrânea. O calor oriundo das diversas fontes de energia (geotérmica, cogeração) é distribuído num loop fechado, por tubos isolados de alta tecnologia. Para cada utilizador, um par de tubos com válvulas de isolamento e um contador de calor substituem a convencional caldeira.

O sistema de arrefecimento faz circular água gelada desde a central térmica até aos consumidores através de canalização isolada.

Na central térmica o calor da salmoura é transferido para o sistema de distribuição de água quente. O permutador pelo qual passa a salmoura trabalha em conjunto com uma bomba de calor de absorção, e transfere o calor para a água limpa. A salmoura arrefece até os 28°C e é encaminhada para o mar.

A electricidade produzida na central de cogeração, por um gerador de elevada eficiência que produz 5.7 MW e pode utilizar vários combustíveis, esta electricidade é utilizada pelas bombas de circulação e pela central térmica.



Figura 19- Central térmica (Fonte: Energie-Cités)

Estatísticas e Dados Técnicos

Após 10 anos de operação, o sistema de district energy distribui mais de 30000 MWh de calor por ano ao mesmo tempo que vende cerca de 4000 MWh de electricidade e ainda fornece 1200 MWh de potência à água gelada.

A central de cogeração permite uma diminuição de mais de 10000 ton/ano de emissões de CO₂.

A água é bombeada pela cidade através de 11 km de tubos isolados e num raio de 2 km da central de calor, sendo as perdas de calor de apenas 5°C/km.

4.4.4. O Financiamento

O investimento no projecto foi feito por privados (4 M€), empréstimos bancários (6.07 M€) e pelas taxas de instalação cobradas aos clientes (2.4 M€). Adicionalmente, foram concedidos quatro subsídios:

- 2 subsídios da EC Thermie para o desenvolvimento do poço geotérmico e exploração da superfície totalizando 1111000 €;
- 1 subsídio da EC Thermie no valor de 115000 € para a demonstração de uma bomba de calor de absorção a trabalhar em conjunto com um poço geotérmico;
- 1 subsídio da EC Thermie no valor de 1111000 € para demonstração de uma nova forma de motor gás diesel de alta eficiência .

4.5. Universidade Cornell- Cidade de Ithaca, EUA

Sistema de District Heating e LSC

(Fonte: International District Heating Association)

O Department of Utilities and Energy Management da universidade de Cornell opera o sistema de energia térmica da universidade. Este sistema inclui a produção e a distribuição de vapor e água gelada com cogeração de electricidade. Para além, do sistema de energia térmica o departamento também possui e opera uma subestação eléctrica e um sistema de distribuição, um sistema de distribuição e produção de água potável, e um sistema de esgotos e ainda um sistema de gerência e operação de edifícios. Estes sistemas servem mais de 300 edifícios e cobrem uma área superior a 1210000 m².

No sistema de energia de Cornell as operações correm de forma similar à das empresas com fins lucrativos, com a excepção de que aqui não é obtido algum lucro. Este sistema de gestão de negócios baseado na lógica de mercado faz com que o sistema de energia de Cornell mantenha a competitividade em relação às opções externas de distribuição de energia.

No modelo de negócios da universidade de Cornell:

- todas as cargas são medidas;
- as contas são baseadas em medições;
- os custos são contabilizados separadamente;
- o investimento de capital e serviços de débito são recuperados em tarifas;
- preços impostos pela divisão das necessidades do cash flow pelas unidades de vendas projectadas;
- os novos projectos tem que exceder ou igualar os valores limites definidos;

4.5.1. District Energy

A planta de aquecimento central em Cornell fornece vapor e electricidade para aproximadamente 250 edifícios. O vapor produzido por 6 caldeiras abastecidas por carvão, gás e óleo e é distribuído através do campus via 41500 m de tubagem subterrânea de abastecimento e retorno. Duas turbinas de vapor accionadas pelas caldeiras geram 8 MW de energia eléctrica.

As características do sistema de cogeração estão assinaladas a seguir:

Caldeiras:	4 caldeiras 27.6 bar e 2 caldeiras 13.8 bar
Capacidade de vapor:	272 ton/h
Carga máxima de vapor:	163 ton/h
Carga média de vapor:	57.6 ton/h
Geradores:	2 geradores de turbinas de vapor em contra-pressão com 4.14 bar
Produção de electricidade:	30 milhões de kWh/ano

4.5.2. Inovação Contínua do Sistema

A universidade está constantemente a tentar melhorar a eficiência e confiabilidade do sistema, para tal foram implementados numerosos pequenos projectos. Tais como:

- arrefecimento com água do lago;
- armazenamento de água gelada;
- substituição e reconstrução de caldeiras;
- substituição do sistema de distribuição;
- cogeração;
- potência eléctrica melhorada;
- instalação de *baghouses* nas caldeiras a carvão;
- monitorização das emissões predicativas ;
- upgrade dos controlos das operações;
- vigilância por infra-vermelhos;
- *digital utility mapping*.

4.5.3. Arrefecimento com base na água do Lago (Lake Source Cooling, LSC)

Foram quatro os factores essenciais que influenciaram a decisão de empreender a iniciativa de arrefecimento com água do lago:

- não utilização de CFC's;
- aumento das cargas de arrefecimento;
- aumento dos custos de energia;
- equipamento envelhecido;

Seis dos oito chillers da universidade não poderiam ser convertidos para não utilizarem CFC's e portanto tiveram que ser substituídos. Devido ao grande investimento necessário para a substituição e expansão da capacidade de arrefecimento a universidade decidiu investigar alternativas, que não as tradicionais para criar uma solução sustentável a longo termo, para as exigências de arrefecimento do campus.

Cornell escolheu o LSC porque era um método tecnologicamente simples e utilizava uma fonte natural, não poluente e renovável.

O sistema utiliza as águas frias e profundas do lago Cayuga para arrefecer o campus universitário, sem a necessidade de refrigeração mecânica. Todo o calor que é adicionado ao lago é libertado no inverno.

Após um investimento de 58 milhões de USD, o projecto começou a ter benefícios. Por exemplo as escavações para os pipelines resultaram em numerosas melhorias nas estradas públicas e passeios.

A cidade de Ithaca, recebeu aproximadamente 1.5 milhões de USD em infraestruturas a custo zero.

4.5.4. O Sistema LSC

As águas profundas do lago Cayuga encontram-se aproximadamente a 4-5°C. A água à profundidade de 76.2 m é conduzida por um pipeline com 160.02 cm de diâmetro e 3169.92 m de comprimento até uma instalação de permutadores de calor situada na margem do lago. Aqui a água fria é bombeada através dos permutadores de calor de aço inoxidável e o calor é absorvido por um segundo fluxo separado de água proveniente do campus (os dois fluxos nunca se misturam). Este segundo fluxo de água, é arrefecido 5-7°C e bombeado de volta ao campus (a 4828 m de distância) via 3658 m de tubos de aço soldado, com 106.68 cm de diâmetro. A água gelada é utilizada para climatização de laboratórios e outros espaços do edifício.

A água do lago é aquecida para 9-13°C e retorna ao lago, saindo a aproximadamente 152 m da margem do lago através de um difusor especialmente desenhado.

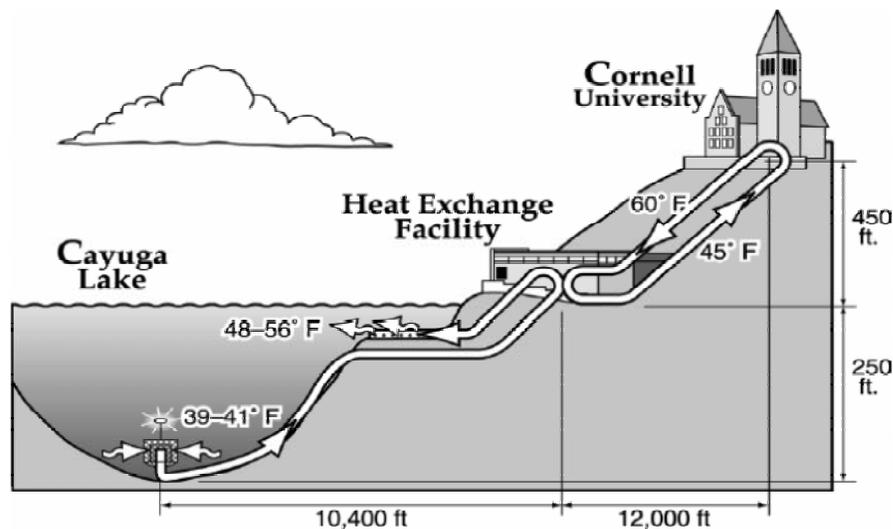


Figura 20

4.6. Outros Sistemas de District Energy

4.6.1. Centrais de District Heating com Cogeração de Energia na Dinamarca

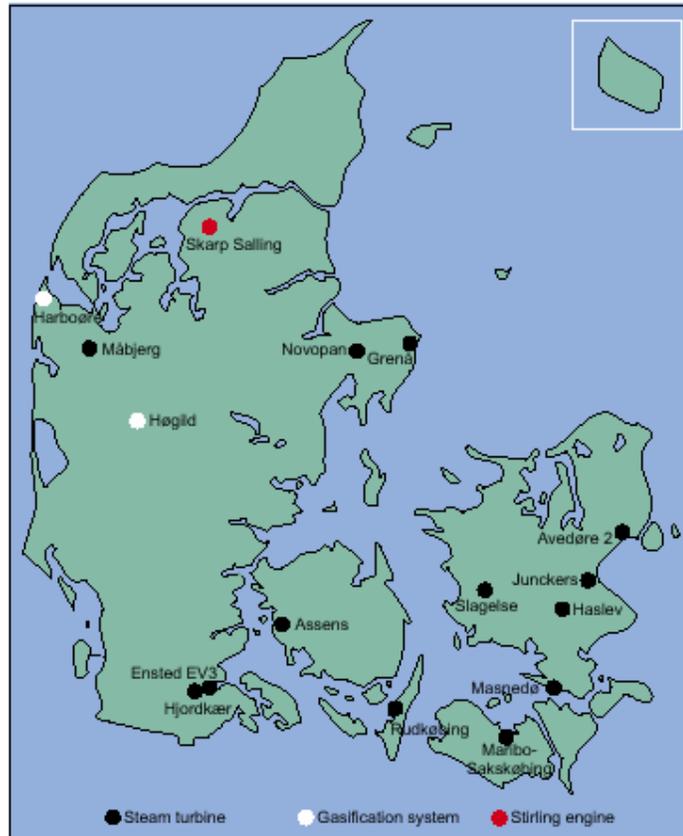


Figura 21 - Localização de algumas centrais de cogeração na Dinamarca(Fonte:Combined Heat and Power)

Local	Ano	Construtor	Combustível	Tecnologia	Pressão de Vapor [bar]	Temperatura do Vapor [°C]	Caudal Máximo de Vapor [ton/h]	Potência eléctrica de saída [MW]	Calor à saída [MJ/s]	Eficiência eléctrica bruta %	Eficiência total bruta %	Tanque de armazenamento [m³]
Grenå	1992	Caldeiras Aalborg Ahistrøm	Carvão e palha	Turbina de Vapor	92	505	104	18.6 ²	60	18	-	4000
Haslev	1989/99	Vølund	Palha	Turbina de vapor	67	450	26	5 ⁴	13	25	86	3200
Hjordkær	1997	Sønderjyllands Maskinfabrik	Lascas de madeira Bio-lixo	Turbina de vapor	30	396	4.4	0.6	2.7	16	86	1000
Maribo-Sakskøbing	2000	FLS Miljø	Palha	Turbina de vapor	90	540	43.2	10.2 ⁴	20	29	87.5	600
Masnedø	1996	B&W Energi	Palha Lascas de madeira	Turbina de vapor	92	522	43	8.3 ⁴	20.8	28 ⁴	91	5000
Måbjerg	1993	Vølund	Palha Lascas de madeira gás natural (sistema de backup)	Turbina de vapor	65	520	123	28 ⁴	67	27	88	5000
Slagelse	1990	Aalborg Ciserv BWE Vølund	Palha	Turbina de vapor	67	450	40	11.7 ⁴	28	29	-	3500

² Potência de saída bruta

4.6.2. Central de Cogeração com Biomassa de Pfaffenhofen, Bavária, Alemanha

(Fonte: eta energy-consulting, 2001)

Dados Técnicos

- Caldeira de biomassa com grelha de vibração arrefecida por água com potência de aquecimento de 26.7 MW
 - **Parâmetros de Vapor:**
 - Temperatura máxima: 450°C
 - Pressão: 6 MPa
 - **Fabricante:** Ansaldo Vølund, Dinamarca

- 2 caldeiras de vapor com capacidade de 10 e 20 MW de potência térmica para suportar a fornalha de biomassa durante as carga elevadas e para assegurar o fornecimento de calor.
 - **Combustível Principal:** gás
 - **Combustível de apoio:** gasóleo
 - **Fabricante:** LOOS International, Alemanha

- Turbina de vapor com capacidade de 7.5 MVA respectivamente 6 MW
 - **Produção de electricidade prevista anualmente:** 40 GWh
 - **Fabricante:** Blohm & Voss, Alemanha

- Tubo condutor de vapor para um fabricante de comida de bebé (HIPPI)
 - **Parâmetros de Vapor:**
 - Temperatura máxima: 180°C
 - Pressão: 12.5 MPa

- District Heating
 - 150 consumidores
 - **Potência:** 15-3500 kW
 - **Rede de alta temperatura:**
 - **Comprimento:** 11 km
 - **Temperatura máxima:** 130°C
 - **Rede de média temperatura:**
 - **Comprimento:** 4 km
 - **Temperatura máxima:** 85°C

- District Cooling
- 1 chiller de absorção Li-Br (8/13°C) para um hospital
 - **Capacidade de arrefecimento:** 250 kW
- 1 chiller de absorção Li-Br (6/14°C) para exigências básicas de frio em 2 edifícios de negócios
 - **Capacidade de arrefecimento:** 700 kW
- 1 chiller de absorção NH₃ (-6/14°C) combinado com um pistão-compressor-chiller eléctrico (2×125 kW) para cargas elevadas, para aplicações nocturnas, a baixa temperatura numa fábrica de cerveja e para o ar condicionado do sistema de district cooling de diversos edifícios de negócios.
 - **Capacidade de arrefecimento:** 700 kW
- Custos totais da central de cogeração, logística do combustível, vapor, rede de distribuição do sistema de district heating, ligação aos consumidores, chiller do district cooling: aproximadamente 36 milhões €
 - **Finaciado por:** Ministério da Agricultura e florestas da Bavária e pelo Ministério do Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear da Alemanha Federal
- **Poupanças no gasóleo pelo uso de combustível regenerativo:** 24 milhões de €
- **Poupança no CO₂:** 65000 ton/h
- **Planeamento e construção:** Kraftanlagen Heidelberg, Munique, Alemanha
- **Conceito e Realização:** eta energy-consulting, Pfaffenhofen, Alemanha

4.6.3. Sistema de District Heating/Cooling de Solna, Suécia

(Fonte: <http://www.norrenergi.se>)

- **Empresa:** Norrenergi AB
- **Capacidade total de Frio:** 25 MW
- **Edifícios servidos:** 23
- **Fornecimento anual de frio:** 23 GWh
- **Bombas de calor:** 4×3 MW de capacidade de calor para o *district heating*
- **Tanque de armazenamento:** 6500 m³
- **Temperatura de fornecimento da água fria:** 7°C
- **Temperatura de retorno da água:** 16°C
- **Tubagem:**
 - **Comprimento total:** 5 km
 - **Diâmetro:** 600 mm

Local	Ano		Construtor/instal.	Combustível	Tecnologia	Potência eléctrica à saída [MW]	Caudal máximo de Vapor [ton/h]	Calor à saída [MJ/s]	Eficiência eléctrica bruta %	Eficiência total bruta %	Cap. de refrig. [MW]	Outros dados
Pfaffenhofen, Alemanha	2001	DHC	Loos Internatinal (caldeiras) Blohm & Voss (turbina) Ansaldo Vølund	Aparas de madeira gás e gasóleo (para suportar as caldeiras adicionais utilizadas nos picos de carga)	Turbina de Vapor Chiller de absorção Li-Br Chiller de absorção NH ₃ Chiller de compressão	6	-	5.3	-	-	1.65	-
Cosmosquare Japão	1994	DHC	-	Gás de cidade	Turbina a Gás	-	-	36.8	23.8 ³	73.4 ³	62 (extensível a 83 MW)	Tem a capacidade de satisfazer exigência máximas de 285 GJ/h de água gelada, 105 GJ/h de água quente e 38 GJ/h de vapor.
Climaespaço Portugal	1998	DHC	-	Gás natural	Turbo Alternador Chiller de Absorção Chiller de Compressão	4.8	-	11	-	-	22 (extensível a 40 MW)	Apróx. 40 km de rede Fornecer água fria a 5.5°C e água quente a 100°C. Reservatório de água fria com 15000 dm ³ .
Universidade UCLA EUA	-	DHC	Kiewit Pacific	65% Gás natural 35% Biogás (proveniente de aterro)	Turbinas de Vapor Chiller de absorção Chiller centrífugo	43	-	68.5	-	-	-	capacidade de refrigeração de 16600 ton e 5300 ton de refrig. de reserva

³ Referente apenas à cogeração

Local	Ano		Construtor/instal.	Combustível	Tecnologia	Potência eléctrica à saída [MW]	Caudal máximo de Vapor [ton/h]	Calor à saída [MJ/s]	Eficiência eléctrica bruta %	Eficiência total bruta %	Cap. de refrig. [MW]	Outros dados
Universidade Cornell EUA	-	DH	-	Carvão, gás, óleo	Turbinas de Vapor	8	163	-	-	-	-	Possui ainda um sistema de LSC ⁴ com 16000 ton de capacidade de refrigeração apenas para Laboratórios e salas do campus universitário. Capacidade de vapor máxima de 163 ton/h.
Cesena Emilia-Romagna Itália	2000	DH	AMGA Energia Guascor (Motor)	Gás Natural	Motor de Combustão Interna	0.5	-	90 (apenas 1 MW de cogeração)	-	83	-	Temperatura máxima de vapor: 400°C
Charlottetown Canada	1983 ⁵	DH	CANMET Trigen	Resíduos sólidos serradura	Turbinas de Turbina de Vapor	1.2	-	33	-	-	-	Temperatura máxima de abastecimento 120°C e pressão máxima de 1.722 kPa
Cornwall Canada	1995	DH	CANMET	Gás Natural	Motor CI	5	-	7	-	90	-	Temperatura máxima de abastecimento 120°C e pressão de abastecimento de 1.585 kPa.
Gazprom Rússia	-	DH	Wärtsilä (Motores)	Gás	Motor CI	3	-	3.4	39	87	-	-

⁴ Lake Source Cooling

⁵ A central original data de 1983 mas foi actualizada em 1986 os dados referem-se à capacidade actu

5. Conclusões

Sendo a cogeração uma área de crescente interesse no panorama energético nacional e internacional, têm sido desenvolvidos inúmeros estudos e publicações sobre o tema, existindo fortes motivações por parte de instituições governamentais, ambientalistas e outras na sua implementação.

A cogeração constitui um processo em que há produção simultânea de energia térmica e energia mecânica (normalmente convertida em energia eléctrica), a qual representa uma alternativa, de elevada eficiência energética, que permite reduzir a factura energética dos utilizadores com necessidades simultâneas de calor (água quente ou vapor) e electricidade ou energia mecânica. Este tipo de sistema permite poupar cerca de 15 a 30% da energia primária necessária para produzir, separadamente, electricidade e calor, além de que reduz o impacto ambiental causado pela transformação de energia.

Na pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho deparámos com muita informação, cuja a análise nos permitiu retirar muitas considerações, no entanto nem sempre conseguimos esclarecer determinados pontos. Na realidade consoante as características funcionais do sistema pretendido (potência pretendida, flexibilidade,...) existe um grande leque de soluções tecnológicas aparentemente viáveis, tendo sido encontradas muitas informações técnicas por parte dos respectivos construtores e vendedores, mas a comparação entre as várias tecnologias nem sempre é fácil, especialmente pela dificuldade em encontrar valores monetários para os custos de componentes e de instalação.

É importante manter sob perspectiva a possível viabilidade económica de um sistema de cogeração em projectos industriais. De facto a existência de possíveis apoios governamentais ou comunitários, visando a diminuição da dependência nacional dos combustíveis fósseis, ou devido a questões ambientais, aliadas a tecnologias com rendimentos bastante elevados e de reduzidas manutenções poderão em muitos casos proporcionar poupanças energéticas muito significativas.

A cogeração é cada vez mais utilizada em aplicações de “district energy” (“district heating/cooling”). Na realidade na sociedade ocidental, onde o sector terciário ocupa cada vez mais a população activa, existindo grandes aglomerados de escritórios e serviços, que utilizam cada vez mais sistemas de climatização e refrigeração constituindo portanto uma grande fonte de consumo de energia. Trata-se assim de uma área onde a racionalização dos consumos pode conduzir a grandes poupanças energéticas.

Em Portugal este sistema não possui grande tradição, não existindo portanto infra-estruturas de distribuição em áreas urbanas, o que implica custos demasiados onerosos na maioria dos projectos desta natureza.

No entanto em intervenções de grande escala, como aconteceu no Parque Expo, ou nas infra-estruturas envolvidas no Programa Polis, estes projectos poderão ser viáveis.

É importante notar que em muitas regiões de Portugal existem grandes amplitudes térmicas (temperaturas muito elevadas no Verão e muito baixas no Inverno), pelo que se tornam zonas candidatas a sistemas de trigeração. Grandes centros comerciais e estádios (ambos muito populares no nosso país) e edificios de grandes dimensões são igualmente potenciais utilizadores destes sistemas.

É no entanto importante notar que nos diversos casos observados constatou-se que existe quase sempre fortes apoios estatais e/ou comunitários na implementação dos mesmos. Ou seja, embora as poupanças de energia levem a que estes sistemas sejam geralmente competitivos e rentáveis, os custos iniciais são geralmente muito elevados, o que leva a que não se verifiquem investimentos por parte de empresas privadas sem apoios que diminuam os fortes riscos de tais empreendimentos.

Referências

- Azevedo, João L. Toste, Apontamentos sobre Cogeração, IST, 2001.
- CADDET energy efficiency, District Heat Service Combines Energy-Saving Methods, 1998.
- CETC-CANMET Energy Thecnology Centre, Charlottetown, Prince Edward Island – DHS, 2001.
- CETC-CANMET Energy Thecnology Centre, Cornwall, Ontario – District Heating System, 2001.
- Castelhana, Manuel R.M., Cogeração, s.d.
- Cogeneration Power Up Cost-Competitive Energy, artigo do U.S. Department of Energy (DOE), 1995.
- Cummins Power Generation, Evaluating Cogeneration for your facility, 2001.
- DGE, Energia em Portugal 2001, Textype, Artes Gráficas, Lda., 2002.
- Educogen, Educogen – The European Educational Tool on Cogeneration, 2001.
- Educogen, Guide to Cogeneration, 2001.
- Energi-Cités, Geotermie District heating scheme – Southampton United Kingdon, 2001.
- EST's energy services, Case Study 09: The development of community heating in Southapton, s.d.
- eta energy-consulting, Biomass CHP unit in Pfaffenhofen/Germany, 2001.
- Ferreira, João de Jesus, Exemplo de uma nova solução para climatização de espaços comerciais, artigo da revista Shopping n.º 22, 1997.
- Future Cogen, Final Publish Report, 2001.
- Governo do Estado de São Paulo- Secretaria da Energia, Manual da Energia, 2001.
- International District Energy Association, Case Study Series: College Campus CHP-Cornell, s.d.
- Nock, David, Community heating and long-term private sector involvement, artigo da revista CHPA Guide to the UK CHP industry, 2001.
- OPET SEED (Italy), District Heating CHP plant installed in the municipality of Cesena (Emilia-Romagna, Itally) , 2002.
- Pierce, Morris A., Historical Foundations of District Heating, 1994
- Shapiro, Howard N. e Moran, Michael J., Fundamentals of Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons, 1998.
- Skøtt, Torben, Combined Heat and Power.
- Xavier, Celso e Costa, Sérgio, Cogeração- As várias Alternativas, Cadernos do Ambiente AIP, s.d.