

## 1- Definição

A co-geração é definida como o processo de produção combinada de calor útil e energia mecânica, geralmente convertida total e parcialmente em energia elétrica, a partir da energia química disponibilizada por um ou mais combustíveis, cujas principais vantagens em relação a outros processos são o consumo menor de combustíveis e a conseqüente redução de emissões.

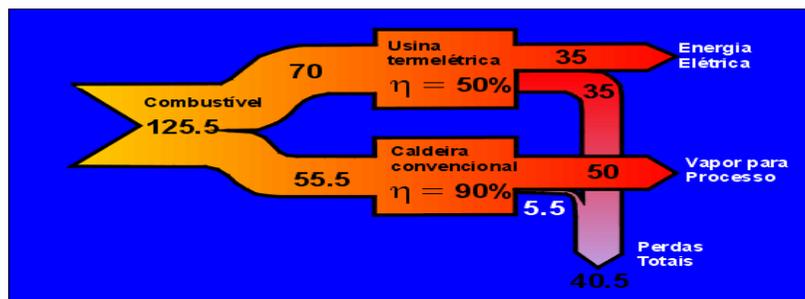
Os produtos de combustão a alta temperatura possuem uma grande disponibilidade para conversão de sua energia interna em trabalho. Quando se utiliza esta energia em baixas temperaturas (como calor para processo) esta disponibilidade é dissipada. A co-geração visa o aproveitamento deste potencial, obtendo uma forma de energia de maior qualidade termodinâmica (trabalho), abaixando a temperatura dos produtos de combustão que depois fornecem calor para processo.

## 2- Vantagens da Cogeração

Um motor térmico, por exemplo uma turbina a gás, aproveita a energia dos produtos de combustão produzindo trabalho. Os gases de exaustão são rejeitados a uma temperatura suficientemente alta para fornecerem calor para processo ao passarem por uma caldeira de recuperação.

A junção da produção de trabalho e de energia térmica com uma única queima de combustível e aproveitamento seqüencial em temperatura resulta em uma grande economia de energia primária (combustível).

Na produção em separado de 35 unidades de energia elétrica e de 50 unidades de calor são consumidas 125.5 unidades de energia, como apresentado abaixo.



Em uma usina de co-geração, utilizando uma turbina a gás e uma caldeira de recuperação, são necessárias 100 unidades de energia de combustível para a produção de 35 unidades de energia elétrica e 50 unidades de calor. Se a eficiência da turbina a gás for igual a 35 %, são consumidas 100 unidades de energia de combustível para a produção de 35 unidades de energia elétrica. Com as 65 unidades de energia rejeitadas nos gases de exaustão, uma caldeira de recuperação com 77% de eficiência produz as 50 unidades de calor para processo na forma de vapor.



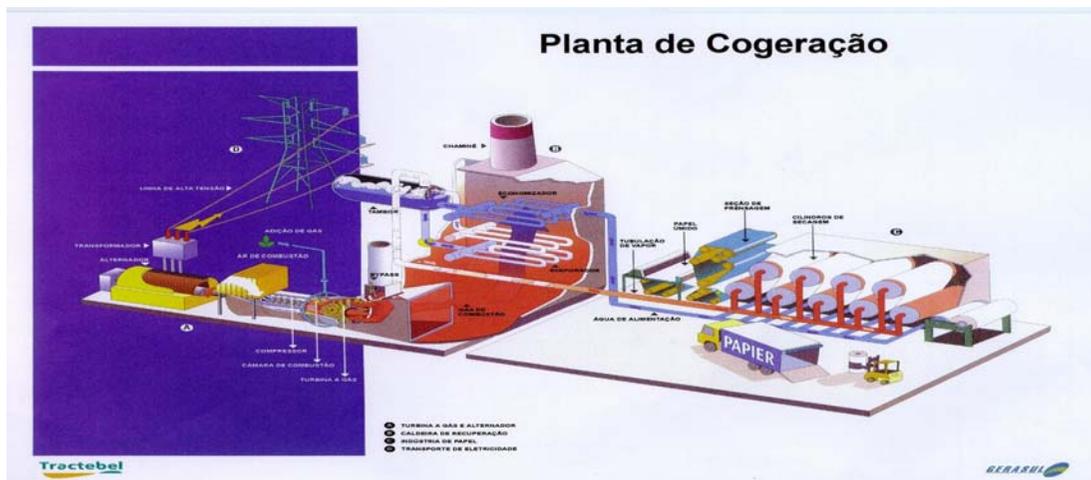
A usina de co-geração produz as mesmas quantidades de energia elétrica e calor com uma economia de energia de combustível de:

125.5 - 100	= 20.3 %
125.5	

Do ponto de vista termodinâmico (preservação de reservas de combustível), de meio ambiente (redução global de emissão de poluentes) a co-geração é plenamente justificável.

### 3- Configuração Típica da Co-geração a Gás Natural

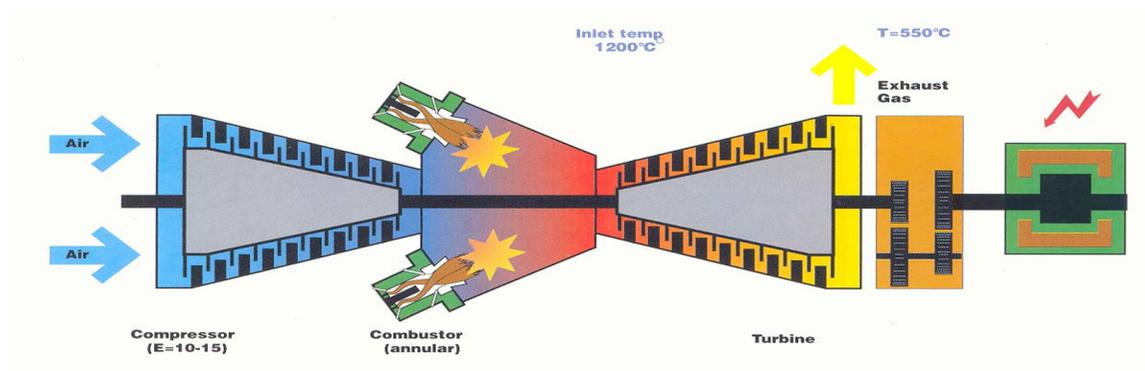
Podemos considerar como um esquema típico de co-geração a gás natural o esquema mostrado abaixo:



Este esquema típico é composto basicamente de dois equipamentos principais (turbina a gás e caldeira de recuperação) e dos sistemas auxiliares:

#### 3.1- Turbina a gás

Turbinas a gás são equipamentos em geral de construção compacta, integrados por um compressor que aspira ar do meio ambiente e o comprime para uma câmara onde o combustível injetado continuamente sob pressão constante é queimado - câmara de combustão - e por uma turbina que é impelida pela massa em expansão de gases aquecidos, provenientes desta combustão, conforme mostrado abaixo:

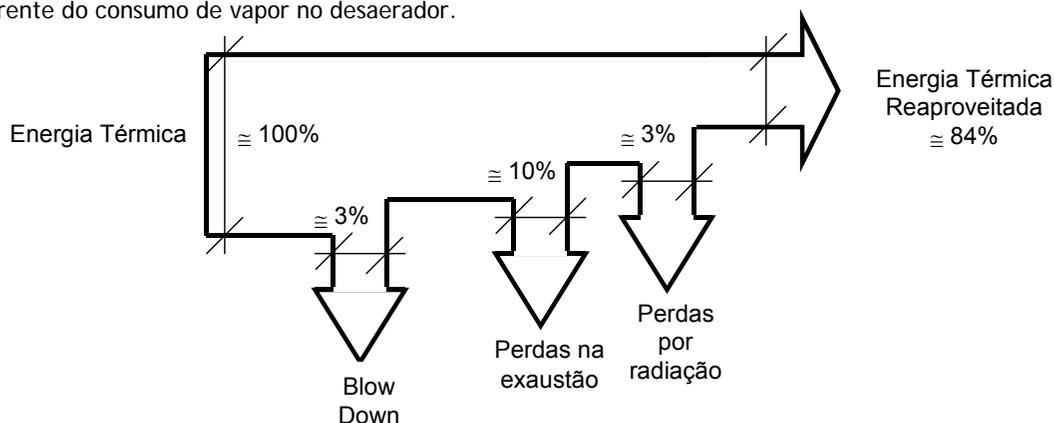


### 3.2- Caldeira de recuperação - HRSG

São equipamentos utilizados para aproveitar o calor dos gases de exaustão de instalações industriais, como fornos, plantas químicas, refinarias, etc., produzindo vapor ou água quente por troca térmica. Têm basicamente os mesmos componentes das caldeiras convencionais, exceto a fornalha.

O conteúdo térmico dos gases insuflados nas caldeiras de recuperação não pode ser totalmente recuperado para a geração de vapor ou água quente. Parte desta energia é perdida na exaustão da caldeira, uma vez que, para se evitar a ocorrência de corrosão pela condensação do vapor d'água presente nos gases e formação de ácidos, as temperaturas neste ponto são projetadas para situarem-se entre 130°C e 170°C.

Além destas perdas devem também ser computada a perda por radiação, as de "blow down" (purga de vapor) e a decorrente do consumo de vapor no desaerador.



### 3.3- Sistemas auxiliares

Para o funcionamento de uma central de co-geração são necessários, além dos dois equipamentos principais acima mencionados, alguns outros sistemas tais como:

- Sistema de Combustível;
- Sistema de supervisão, controle e proteção;
- Transformadores, painéis, disjuntores, etc;
- Sistema de lubrificação;
- Sistemas de resfriamento água/ar;
- Sistema de redução de emissões;
- Sistema de proteção contra incêndio;
- Sistema de proteção acústica;
- Sistema de tratamento de água e efluentes;
- Obras civis.



## 4- Case de Co-geração a Gás Natural

### 4.1- Descrição

O "case" apresentando contempla atender duas empresas químicas em suas demandas de energia e vapor de processo.

A energia elétrica e o vapor de processo são fornecidos às indústrias a partir da central co-geradora adiante descrita, até o limite da sua capacidade de produção.

Considerando temperatura ambiente de 21 oC e umidade relativa do ar de 88%, a capacidade de produção da Unidade é de: 23,3 MW (bruto) de energia elétrica, 14,5 t/h de vapor (@ 4 bara, 160°C para a indústria A) e 45 t/h de vapor (@ 25 bara, 225°C para a indústria B).

A energia elétrica de “backup”, durante a indisponibilidade da central, é fornecida pela TRACTEBEL ENERGIA, através do sistema elétrico. A parcela de energia necessária para complementar a energia elétrica gerada na central co-geradora, em condições normais de operação, será fornecida pela TRACTEBEL ENERGIA, através do sistema elétrico.

A caldeira de recuperação possui um sistema especial de “fresh air” que a torna capaz de continuar produzindo até 29 t/h de vapor quando ocorrer um bloqueio não programado da turbina, evitando as paradas em emergência das indústrias.

Durante as paradas prolongadas da central de cogeração, o vapor de “backup” será fornecido através das caldeiras existentes atualmente nas indústrias químicas.

#### 4.2- Parâmetros básicos de consumo de energia elétrica e vapor

		INDUSTRIA A			INDUSTRIA B		
1) ENERGIA ELÉTRICA		Mín	Médio	Máx	Mín	Médio	Máx
1.1) Consumo	MWe	12,5	16,0	18,8	4,0	5,0	5,5
2) VAPOR PROCESSO		Mín	Médio	Máx	Mín	Médio	Máx
2.1) Consumo	t/h	9,0	12,0	14,5	20,0	32,5	45,0
2.2) Pressão	bar (g)	4	4	4	25	25	25
2.3) Temperatura	°C	160	160	160	225	225	225
3) VAPOR "FLARE"		Mín	Médio	Máx	Mín	Médio	Máx
3.1) Pressão	bar (g)	9	9	9			
3.2) Temperatura	°C	200	200	200			
3.3) Consumo Contínuo	t/h	0,10	0,15	0,20			
3.4) Consumo Emergência	t/h		10,00				

### 4.3- Configuração Técnica

#### 4.3.1- Turbina a gás

Uma turbina a gás acoplada a um gerador com capacidade de 23,3 MWe (Condições “on site”); Instalação “Out door” equipada com os acessórios auxiliares para lubrificação, motor elétrico para partida, supervisão, controle e resfriamento do bloco térmico, utilizando gás natural como combustível. Para controle do nível de ruído o turbogerador é enclausurado com fechamento acústico, com iluminação a prova de explosão e ventilação forçada. A tomada de ar da turbina é equipada com filtros para a eliminação de particulados existentes no ar atmosférico, equipado com silenciador e tela de proteção.

A turbina a gás é equipada com queimadores secos de baixa emissão de NOx (DLE – Dry Low Emission). A emissão garantida é de 25 ppmv.

#### 4.3.2- Caldeira de Recuperação

Uma caldeira de recuperação (HRSG), utilizando os gases de exaustão da turbina a gás, gerando vapor em um nível de pressão com queima suplementar e um sistema de queima independente com ventiladores para ar de combustão (Fresh Air Fan System).

A caldeira de recuperação, é aquatubular, mono drum, de construção membrana, adequada para alta queima suplementar, com economizador de tubos aletados de forma a otimizar a geração de vapor.

A caldeira de recuperação tem capacidade de produzir as quantidades máximas de vapor necessário para as indústrias, conforme definido acima.

A caldeira é projetada para instalação "Out door", equipada com sistema de água de alimentação, bombas, tanque de alimentação e desaerador, sistemas de amostragem de água/vapor, injeção de produtos químicos, escadas e plataformas, e a instrumentação necessária para o controle e supervisão da mesma.

O condensado de retorno é armazenado em tanque e bombeado para o sistema de alimentação.

Para o controle da geração de vapor, é utilizado uma chaminé de "by-pass" dos gases da turbina com silenciador equipado com "diverter" de desvio regulável.

A chaminé da caldeira é equipada com silenciador, para atender os níveis de ruído requeridos pelo órgão ambiental.

#### ***4.3.3- Sistema de Gás Combustível***

Estação para recebimento de gás natural na pressão de (36 bar-a), filtros e pré-aquecimento para a queima suplementar, instrumentos de medição etc.

#### ***4.3.4- Sistema Elétrico***

Um sistema elétrico completo incluindo transformadores, disjuntores, iluminação, cablagem, proteções, cubículos, medição e supervisão, MCC, Painéis de Controle necessários para o atendimento da central co-geradora bem como a entrega da energia elétrica aos consumidores. Para o controle e supervisão integrados da central co-geradora será utilizado um DCS.

Sistema de supervisão e controle (DCS) ao qual serão integrados os gerenciamentos dos sistemas periféricos e janelas dedicadas para os sistemas de controle do turbogerador, caldeira: aquisição de dados e monitoração; controles em malha aberta; controles em malha fechada; controladores locais; interfaces remotas; interface homem-máquina;

#### ***4.3.5- Estação de Desmineralização de água***

Será instalada uma estação de desmineralização de água para complementar a produção da água de "make-up" necessária para a central co-geradora.

#### ***4.3.6- Transporte de Vapor***

Foram inclusos no fornecimento as tubulações, válvulas, suportes, isolamento térmico e acabamento de proteção, necessários para entregar o vapor às empresas nas condições estipuladas e nos locais indicados dos coletores de distribuição de vapor de cada cliente.

#### ***4.3.7- Água de Resfriamento***

Existe necessidade de implantação de uma torre de resfriamento para resfriamento do óleo lubrificante do turboalternador e resfriamento do gás combustível. O consumo de água nesta torre é de 2,16 m<sup>3</sup>/h.

#### ***4.3.8- Obras Cíveis***

As obras cíveis incluíram as estruturas metálicas, edificações, fundações, estruturas de concreto e vias para as bases dos equipamentos, canaletas e suportes da tubulação de vapor, compreendendo principalmente:

- Investigação do "site" (topografia, caracterização do solo, etc.);
- Escavações;
- Fundação para a caldeira - HRSG;
- Fundação para a turbina - GT;
- Fundação para a estação de gás;
- Fundações para os "pipe rack";
- Estruturas metálicas;
- Sala de comando e sistemas elétricos auxiliares;
- Base civil para os transformadores
- Sistema de água e esgoto, etc.

#### 4.3.9- Sistema de Combate a Incêndio

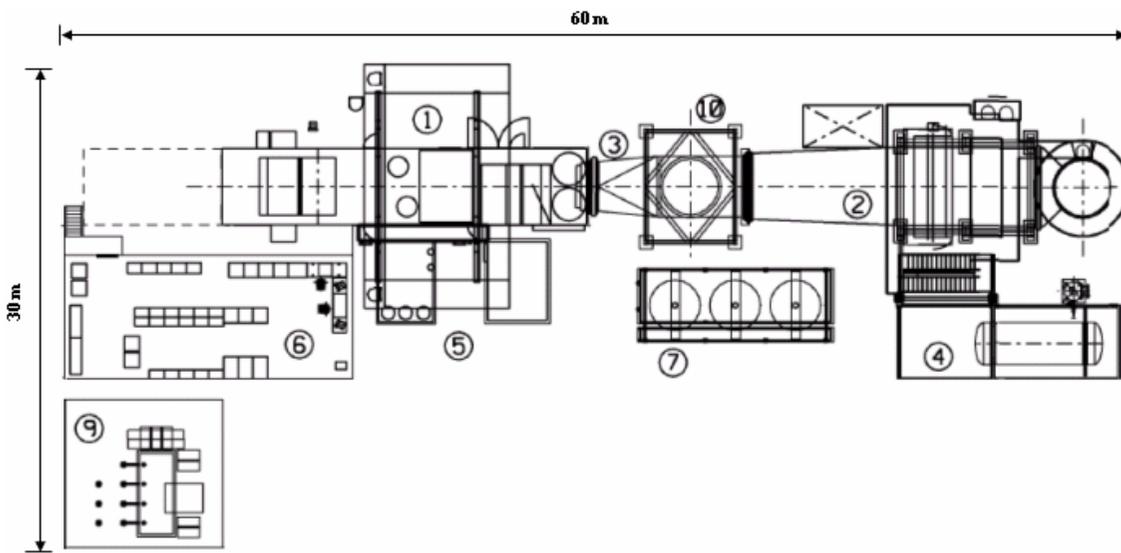
A central co-geradora está equipada com sistema de supervisão e detecção de fogo com alarme sonoro e indicação luminosa, centralizado no painel da sala de comando.

Essas informações poderão ser disponibilizadas, se conveniente, na Área de Segurança da Fábrica.

A proteção contra incêndio na turbina a gás será constituída de uma bateria de cilindros de CO2.

O sistema de Hidrantes e de Pré-Ação usado para proteção dos equipamentos e edifícios é uma extensão do sistema de hidrantes existentes nas instalações atuais.

#### 4.4- Lay Out



LEGENDA	
1. Turbina a gás	1. Auxiliares elétricos e controles
2. HRSG	2. Resfriadores de ar
3. Silenciador	3. Estação de gás natural
4. Alimentação de água	4. Transformador
5. Auxiliares mecânicos	5. Chaminé de By-Pass



**COGEN - SP**  
 Associação Paulista de  
 Cogeração de Energia

*(1) Colaboração da TRACTEBEL ENERGIA*