

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO  
DISTRIBUÍDA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

**DENIS APARECIDO DIOGO**

**METODOLOGIA PARA A GESTÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
COMO ALTERNATIVA À GERAÇÃO CENTRALIZADA APLICADA  
ATRAVÉS DA COGERAÇÃO A GÁS NATURAL**

**São Paulo  
2015**

**DENIS APARECIDO DIOGO**

**METODOLOGIA PARA A GESTÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COMO  
ALTERNATIVA À GERAÇÃO CENTRALIZADA APLICADA ATRAVÉS DA  
COGERAÇÃO A GÁS NATURAL**

Monografia apresentada ao Programa de Educação  
continuada da Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo para obtenção do título de  
Especialista em Energias Renováveis, Geração  
Distribuída e Eficiência Energética.

Orientador: Prof. MSc. Ronaldo Andreos

**São Paulo  
2015**

## **DEDICATÓRIA**

A memória de meus pais José Diogo Filho e Maria Ramos Diogo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, em quem coloco a minha fé.

Agradeço ao meu pai Jose Diogo Filho e a minha mãe Maria Ramos Diogo que sempre me apoiaram e me incentivaram.

Agradeço ao apoio dado pelos meus colegas de trabalho na empresa KAP Componentes Elétricos Ltda.

A todos os professores e colegas do PECE que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

Agradeço a todos os meus amigos que me incentivaram em especial ao casal Lamartine e Cintia pelo apoio.

Aos professores membros da banca de qualificação pela paciência, desprendimento e pelos importantes comentários feitos para a melhoria do trabalho.

Agradeço ao meu orientador Prof. MSc. Ronaldo Andreos, pela orientação para a realização dessa monografia.

## RESUMO

Devido ao aumento no consumo e a grande dificuldade para geração da energia elétrica, tornou-se muito importante criar uma metodologia para melhorar a eficiência energética de máquinas e equipamentos e o desempenho energético das organizações. Para auxiliar nesse importante desafio este trabalho tem como objetivo analisar o sistema de gestão da energia proposto pela norma ABNT NBR ISO 50001 – Sistemas de gestão da energia – Requisitos com orientações para uso, publicada em 2011. A metodologia proposta por essa norma é baseada na ferramenta da qualidade chamada ciclo PDCA, que propõe a implantação de um sistema de melhoria contínua. Para analisar essa norma foi realizado um estudo de como seria a implantação desse sistema de gestão em um Shopping Center ainda na fase de projeto. Nessa análise foi possível definir cada fase do ciclo PDCA: planejamento, execução, verificação e ação para correção de falhas no sistema. Como alternativa para a melhoria do desempenho energético do empreendimento foi sugerida a aplicação da cogeração a gás natural para geração de energia elétrica e de água gelada para o sistema de refrigeração do Shopping Center em relação ao sistema convencional utilizado em empreendimentos semelhantes. Para auxiliar nessa escolha foi realizado um comparativo entre o sistema convencional e a cogeração, esse comparativo levou em consideração o cálculo financeiro e parâmetros técnicos como o fator de utilização da energia (FUE).

**Palavras-chave:** Gestão energética, Norma ABNT NBR ISO 50001.

## ABSTRACT

The growths of electricity consumption as well as the power generation constraints have created an opportunity to develop a methodology which aims not only energy efficiency but also the energy performance of organizations. The objective of this paper is to analyze the energy management system that is presented by the regulation ABNT NBR ISO 50001 – Sistemas de gestão da energia – Requisitos com orientações para uso (Energy management systems — Requirements with guidance for use), published in 2011. The methodology proposed by this regulation is based on the quality tool called PDCA Cycle, which presents the implementation of a continuous improvement system. In order to analyze the ABNT regulation, it was carried out a case study which depicts the implementation of an energy management system at a Mall (still on design phase). It was defined each phase of PDCA Cycle, i.e. planning, execution, checking, and action to correct the system failures. The application of natural gas co-generation, instead of conventional systems, was submitted as an alternative to power generation and ice water for using in Mall's cooling system. As a support tool, I carried out a comparative study between co-generation and conventional systems. It was taking into account the financial feasibility as well as the energy utilization factory (FUE).

**Keywords:** Energetic management, standard ABNT NBR ISO 50001

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Forma esquemática da cogeração de energia. Fonte: ANDREOS, 2014. ....	17
Figura 2 Balanço energético. Fonte. ANDREOS, 2014.....	19
Figura 3 Comparativo entre a geração convencional e a cogeração. Fonte: FERNANDO DE SÁ, 2010.....	20
Figura 4 Cogeração com ciclo Rankine. Fonte: Brasil, 2005.....	21
Figura 5 Cogeração com ciclo Brayton. Fonte: ANDREOS, 2014.....	22
Figura 6 Exemplo de aplicação do Ciclo Combinado. Fonte: ANDREOS, 2014. ....	23
Figura 7 Esquema de cogeração conforme regime Bottoming. Fonte: ANDREOS, 2014 .....	23
Figura 8 Esquema de cogeração conforme regime Topping. Fonte: ANDREOS, 2014 .....	24
Figura 9 Cogeração com turbina ou motor. Fonte: Brasil, 2005.....	25
Figura 10 Configuração normalmente utilizada em setores de serviços como hotéis, hospitais e shopping centers. Fonte: Brasil, 2005. ....	25
Figura 11 Processo real de combustão interna de uma turbina a gás a operar em circuito aberto. Fonte: ANDREOS, 2014. ....	27
Figura 12 Rendimento elétrico de um motor alternativo de combustão quando utilizado na cogeração. Fonte: ANDREOS, 2014.....	28
Figura 13 Comparativo entre Motores Diesel e Motores Otto. Fonte: ANDREOS, 2014. ....	29
Figura 14 Esquema de cogeração utilizando ciclo Rankine. Fonte: BRASIL, 2005. ....	32
Figura 15 Exemplo de uma microturbina utilizada para cogeração. Fonte: ANDREOS, 2014.....	33
Figura 16 Caldeira de recuperação de Calor. Fonte: Brasil, 2005.....	36
Figura 17 Ciclo frigorífico por absorção, componentes básicos. Fonte: ANDREOS, 2014. ....	37
Figura 18 Esquema de uma planta de cogeração utilizando a trigeração. Fonte: ANDREOS, 2014.....	38
Figura 19 Gás Natural – Tipo de poços/ composição. Fonte: ANDREOS, 2014.....	46
Figura 20 Rede de distribuição do gás natural no Brasil. Fonte: ANDREOS, 2014 ..	46
Figura 21 Mapa representando as possibilidades de fornecimento de gás natural para o Brasil. Fonte: Plano Nacional de Energia, 2030.....	47
Figura 22 Empresas distribuidoras de gás em São Paulo. Fonte: ANDREOS, 2014. ....	48
Figura 23 Desenvolvimento da rede de distribuição da COMGÁS. Fonte: Balanço Energético Nacional, 2014. ....	49
Figura 24 Crescimento da oferta interna de fontes energéticas. Fonte: Balanço Energético Nacional, 2014. ....	50
Figura 25 Modelo de Sistema de Gestão da Energia. Fonte: Apostila ERG-004 – Eficiência Energética em Empreendimentos.....	57

Figura 26 Modelo de Sistema de Gestão da Energia. Fonte: Apostila ERG-004 – Eficiência Energética em Empreendimentos.....	57
Figura 27 Pilares de um Programa de Eficiência Energética. Fonte: Guia Procel, 2005. ....	59
Figura 28 Sugestão de estrutura para a criação da CICE. Fonte: Guia Procel, 2005. ....	60
Figura 29 Diagrama conceitual do processo de planejamento energético. Fonte: Norma ABNT NBR ISO 50001. ....	61
Figura 30 Diagrama conceitual para cálculo do parâmetro Fonte Eletropaulo. Fonte: Produção própria.....	77
Figura 31 Diagrama conceitual para cálculo do parâmetro Fonte Eletropaulo. Fonte: Produção própria.....	78
Figura 32 Configuração da central de cogeração utilizada no empreendimento. Fonte ANDREOS, 2014.....	78
Figura 33 Comparativo do custo operacional anual entre as propostas. Fonte: ANDREOS, 2014.....	84
Figura 34 Metodologia para análise do PIMVP Fonte: Metodologia de aplicação.....	88

**LISTA DE TABELAS**

Tabela1- Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de sistemas de cogeração.....	26
Tabela 2 - Desempenho de microturbinas com diferentes tipos de arranjos.....	34
Tabela 3 - Combustíveis utilizados na cogeração.....	40
Tabela 4 - Consumo mundial de gás natural.....	45
Tabela 5 - Aumento de participação de cada fonte na geração elétrica.....	50
Tabela 6 - Projeção das reservas e da produção de gás natural.....	51
Tabela 7 - Projeção do balanço de gás natural.....	52
Tabela 8 - Balanço energético da cogeração.....	81
Tabela 9 - Comparativo entre a proposta tradicional e a proposta alternativa.....	83

## **LISTA DE SIGLAS**

SGE	Sistema de Gestão da Energia
GN	Gás natural
AEE	Ação de Eficiência Energética
CICE	Comissão interna de conservação de energia
EE	Eficiência energética
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
RN	Resolução Normativa
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PIMVP	Programa Internacional de Medição e Verificação de Processos
FUE	Fator de utilização de energia
CAG	Central de água gelada

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2. ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>17</b>
2.1 CONCEITO DE COGERAÇÃO .....	17
2.2 CICLOS DISPONIVEIS .....	21
2.3 REGIMES DE FUNCIONAMENTO APLICADOS NA COGERAÇÃO .....	23
2.4 TECNOLOGIAS DISPONIVEIS.....	24
2.5 TRIGERAÇÃO.....	38
2.6 COMBUSTIVEIS APLICADOS NA COGERAÇÃO.....	39
2.7 FATOR DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA (FUE).....	42
<b>3. COGERAÇÃO A GÁS NATURAL .....</b>	<b>44</b>
3.1 APLICAÇÕES .....	44
3.2 BASE INSTALADA.....	45
3.3 POTENCIAL DE MERCADO .....	49
<b>4. SISTEMA DE GESTÃO DA ENERGIA.....</b>	<b>53</b>
4.1 NORMA ABNT NBR ISO 50001 .....	53
4.2 ESTRUTURA DA NORMA ABNT NBR ISO 50001 .....	54
4.3 RESPONSABILIDADE DA DIREÇÃO .....	58
4.4 COMISSÃO INTERNA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (CICE).....	59
4.5 PLANEJAMENTO ENERGÉTICO .....	61
4.6 IMPLEMENTAÇÃO E OPERAÇÃO.....	64
4.7 VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO .....	67
4.8 ANÁLISE CRITICA PELA DIREÇÃO .....	71
<b>5. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>73</b>
5.1 IMPLANTAÇÃO DO SGE.....	74
5.1.1 Aprovação da direção.....	74
5.1.2 Criação da Comissão interna de conservação de energia (CICE) .....	85
5.1.3 Planejamento energético .....	85
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>96</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a nossa grande dependência da energia elétrica e dos graves problemas que o setor energético brasileiro está enfrentando para garantir o fornecimento dessa energia, fica evidente a necessidade de desenvolvermos uma cultura de utilização mais eficiente dessa energia elétrica o que foi a motivação para a escolha do tema dessa monografia.

O objetivo dessa monografia foi de analisar e estudar o sistema de gestão da energia (SGE) proposto pela norma ABNT NBR ISO 50001. A escolha dessa norma se deve ao fato do sistema proposto ser possível de aplicação em qualquer tipo de organização, sem obrigatoriedade de resultar em uma certificação e podendo ainda ser integrado a outros sistemas de gestão como os definidos nas normas ABNT NBR ISO 9001 e ABNT NBR ISO 14001.

Como alternativa para diminuir a dependência da geração centralizada e melhorar a eficiência energética e o desempenho energético das organizações foi analisada a cogeração a gás natural.

Para alcançar os objetivos de estudo da monografia a pesquisa baseou-se em acervo bibliográfico sobre o tema e um estudo de caso.

No capítulo 2, procura-se explicar bibliograficamente o que é a cogeração a gás natural, apresentar os tipos de equipamentos, tecnologias disponíveis, configurações básicas, combustíveis utilizados entre outros aspectos.

No capítulo 3, procura-se apresentar dados sobre a cogeração a gás natural, como aplicações, base instalada e potencial de mercado.

No capítulo 4, analisa-se a norma ABNT NBR ISO 50001 e o seu sistema de gestão da energia.

No capítulo 5, é demonstrado o estudo de caso onde se comenta sobre os passos para o desenvolvimento e implantação do SGE em um Shopping Center ainda na fase de projeto e mostram-se os cálculos utilizados para a escolha da cogeração a gás natural como alternativa viável para o empreendimento.

## 2. ESTADO DA ARTE

### 2.1 CONCEITO DE COGERAÇÃO

A cogeração é uma tecnologia que possibilita a produção simultânea e continua de duas ou mais formas de energia a partir de uma única fonte de energia primária (ANDREOS, 2014).

A figura 1 mostra a forma esquemática e simplificada do conceito de cogeração onde a partir de uma fonte primária são produzidas duas formas simultâneas de energia.

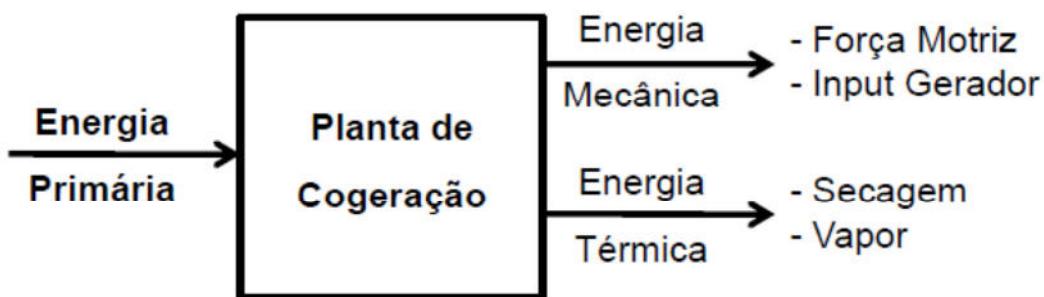


Figura 1 - Forma esquemática da cogeração de energia. Fonte: ANDREOS, 2014.

A fonte de energia primária para o processo de cogeração pode ser obtida de diferentes tipos de combustíveis como o óleo, carvão, biomassa, gás natural ou gás liquefeito entre outros combustíveis.

Considerando as leis da termodinâmica, aprendemos que a energia não pode ser criada, mas sim transformada e que no processo de transformação do calor em energia mecânica sempre existem perdas que limitam o rendimento do sistema.

A cogeração é uma tecnologia que permite diminuir essas perdas, pois na cogeração é possível aproveitar os rejeitos térmicos do processo da combustão.

O sistema de cogeração abordado será o sistema de cogeração que utiliza o gás natural como combustível.

Os sistemas de cogeração utilizam máquinas térmicas onde por meio de processos de queima de um combustível geram energia mecânica que é transformada por meio de um gerador em energia elétrica. O diferencial da cogeração é que em seus processos, conseguimos aproveitar melhor os gases

quentes (rejeitos térmicos) resultantes do processo de combustão que antes eram desperdiçados, essa característica torna esses processos mais eficientes do que os processos tradicionais, utilizados para a geração de energia elétrica e energia térmica de maneira separada.

Com essa maior eficiência global os sistemas de cogeração são mais eficientes e sustentáveis que os sistemas tradicionais, apresentando vantagens conforme as descritas abaixo:

**Vantagens ambientais:** com processos mais eficientes conseguimos utilizar melhor o combustível, gastando menos e consequentemente poluindo menos o meio ambiente.

**Vantagens econômicas:** redução nos custos com o combustível já que conseguimos realizar um processo mais eficiente gastando menos combustível.

**Vantagens sociais:** com a aplicação de geração distribuída, novos postos de trabalho serão criados.

Como foi mencionado anteriormente a cogeração é um processo caracterizado pela geração contínua e simultânea de duas formas de energia, dessa maneira podemos dimensionar o rendimento global do processo utilizando uma fórmula que relaciona o rendimento elétrico com o rendimento térmico.

Para o cálculo do rendimento elétrico e térmico em processos de produção separados considerasse a quantidade de energia elétrica ou de energia térmica produzida sempre levando em consideração a quantidade de poder calorífico inferior (PCI) contida no combustível que foi utilizada.

No cálculo do rendimento para sistemas de cogeração é possível considerar um sistema com rendimento global, dessa maneira a fórmula chamada de rendimento global considera as quantidades de energia elétrica e de energia térmicas produzidas simultaneamente com a mesma quantidade de energia (PCI) do combustível.

Abaixo são apresentadas as fórmulas para o cálculo do rendimento elétrico e do rendimento térmico de maneira separada e a utilizada para o cálculo do

rendimento global que caracteriza o sistema de cogeração como sendo de geração contínua de duas formas de energia (ANDREOS, 2014).

$$\text{Rendimento Elétrico: } \eta_e = \frac{E}{C} \quad (\text{Geração Elétrica}) \quad (1)$$

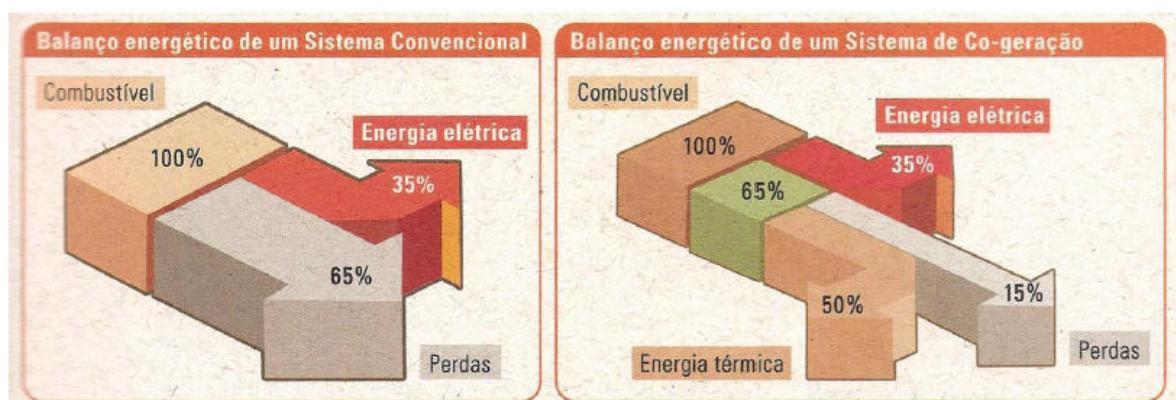
$$\text{Rendimento Térmico: } \eta_t = \frac{Qu}{C} \quad (\text{Geração Térmica}) \quad (2)$$

$$\text{Rendimento Global: } \eta_G = \frac{E + Qu}{C} \quad (\text{Cogeração}) \quad (3)$$

Onde:

- $\eta_e$  = rendimento elétrico [%].
- $\eta_t$  = rendimento térmico [%].
- $\eta_G$  = rendimento global da cogeração [%].
- $E$  = energia elétrica produzida [kW].
- $Qu$  = taxa de calor útil produzido ou recuperado [kW].
- Fluxo mássico do combustível:  $C$  [kJ/kg] x  $m$  [kg/s].

As plantas de cogeração podem apresentar diferentes equipamentos e configurações, mas todas elas devem procurar desenvolver o melhorar balanço energético para o sistema e garantindo um melhor aproveitamento do combustível.



$$\eta_G = \eta_e = 35\% \text{ (Geração Elétrica)}$$

$$\eta_G = \eta_e + \eta_t = 85\% \text{ (Cogeração)}$$

Figura 2 Balanço energético. Fonte. ANDREOS, 2014

Na figura acima podemos perceber que dos 100% da energia que é fornecida pelo combustível enquanto no sistema convencional temos uma perda de até 65%, restando somente 35% para a geração de energia elétrica, na cogeração devido ao reaproveitamento dos rejeitos térmicos do processo de combustão conseguimos reduzir as perdas podendo chegar a um rendimento de até de 85% de energia útil (ANDREOS, 2014).

A geração de energia próxima aos locais de consumo também apresenta vantagens por evitar as perdas ocorridas nos sistemas de transmissão (RIBEIRO DE SÁ, 2010).

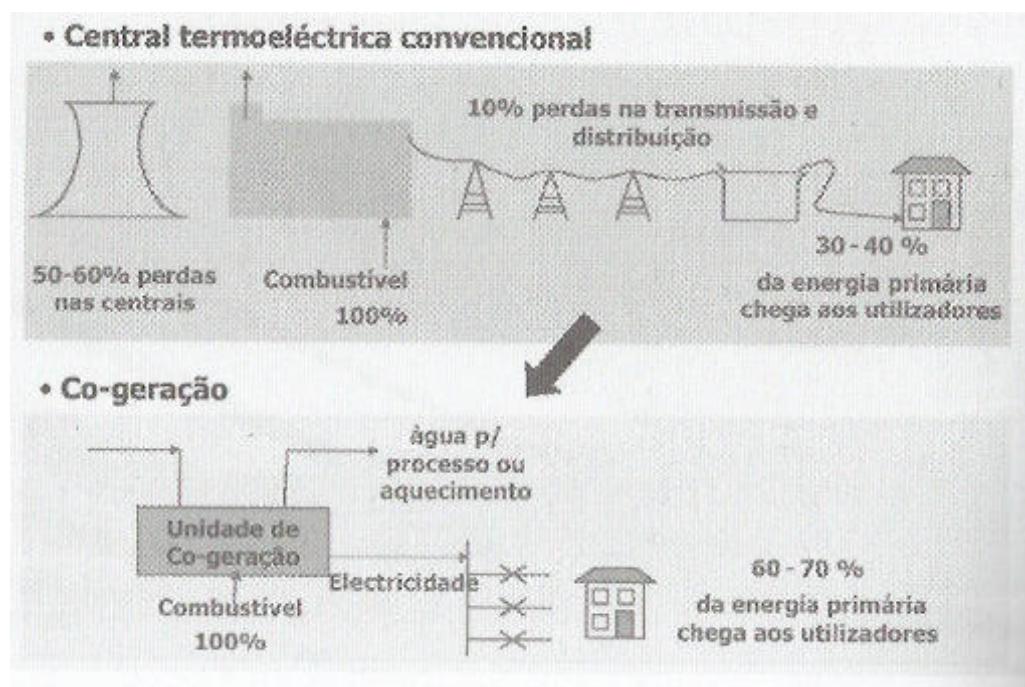


Figura 3 Comparativo entre a geração convencional e a cogeração. Fonte: FERNANDO DE SÁ, 2010

As centrais de cogeração devem ser inseridas em sistemas com redundância essa redundância pode ser garantida por meio da conexão com sistemas independentes de geração de energia elétrica e de energia térmica e com a concessionária de energia elétrica local. Dessa maneira ocorrendo à necessidade de saída forçada da central de cogeração ou mudança de estratégia quanto à utilização as demandas elétricas e térmicas exigidas serão atendidas (BALESTIERI, 2002).

A Cogeração possibilita que o restante da energia do combustível antes desperdiçada nos rejeitos térmicos dos processos de combustão seja aproveitado

reduzindo as perdas, o que caracteriza um processo mais eficiente (ANDREOS, 2014).

## 2.2 CICLOS DISPONIVEIS

Nas centrais de cogeração que utilizam o gás natural alguns ciclos termodinâmicos são muito utilizados entre eles podemos destacar:

- Ciclo Rankine ou a vapor;
- Ciclo Brayton ou a gás
- Ciclo Combinado.

### CICLO RANKINE OU A VAPOR

O ciclo Rankine é caracterizado pela utilização de caldeiras que fornecem vapor a alta pressão para turbinas a vapor de condensação e extração ou turbinas de contrapressão (BALESTIERI, 2002).

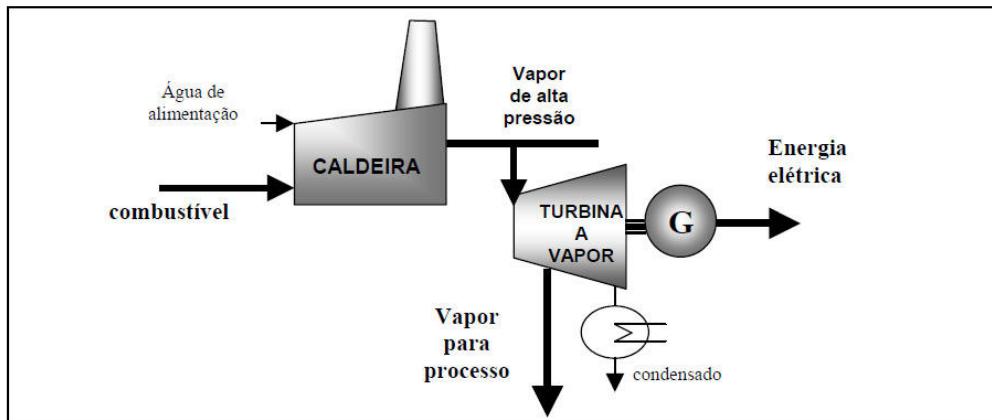


Figura 4 Cogeração com ciclo Rankine. Fonte: Brasil, 2005.

### CICLO BRAYTON OU A GÁS

Nesse ciclo se utilizam conjuntos geradores formados por um compressor, uma câmara de combustão e uma turbina a gás. O compressor comprime o ar que é injetado na câmara de combustão junto com o combustível em nosso caso o gás natural. Na câmara de combustão como o próprio nome diz ocorre o processo de

combustão gerando os gases resultantes da combustão que fazem o eixo da turbina girar, como este está acoplado a um gerador de energia elétrica a energia mecânica gerada no eixo é transformada em energia elétrica. Os gases quentes que saem da turbina a gás podem ser utilizados, por exemplo, em uma caldeira de recuperação de calor.

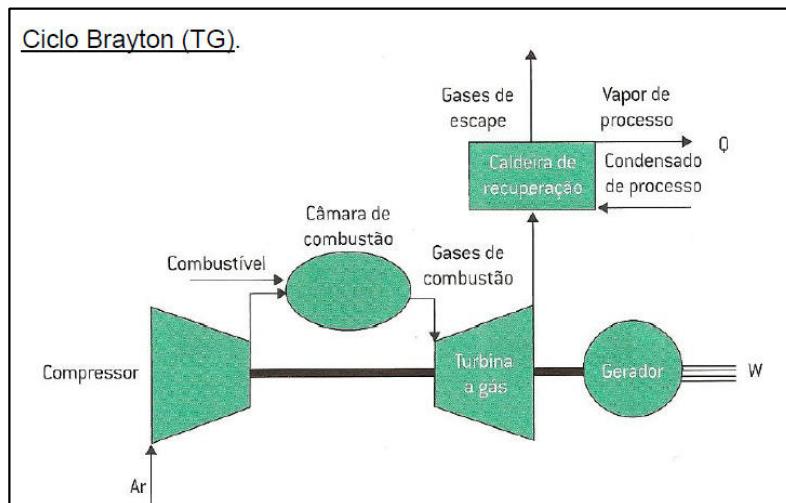


Figura 5 Cogeração com ciclo Brayton. Fonte: ANDREOS, 2014.

## CICLO COMBINADO

O ciclo combinado utilizado na cogeração é um processo que combina equipamentos que trabalham segundo o ciclo Brayton com equipamentos que trabalham conforme o ciclo Rankine.

No ciclo combinado os gases quentes que saem de uma turbina a gás (Ciclo Brayton) ainda apresentam temperaturas elevadas podendo chegar a temperaturas entre 500°C e 600°C (FELAMINGO, 2010).

Esses gases de exaustão que ainda apresentam altas temperaturas são então utilizados para aquecer um fluido de trabalho normalmente água que será transformada em vapor de água que será utilizado, por exemplo, em uma turbina a vapor (ciclo Rankine) (FELAMINGO, 2010).

- Ciclo Brayton + Ciclo Rankine;
- Eficiência elétrica até 57%

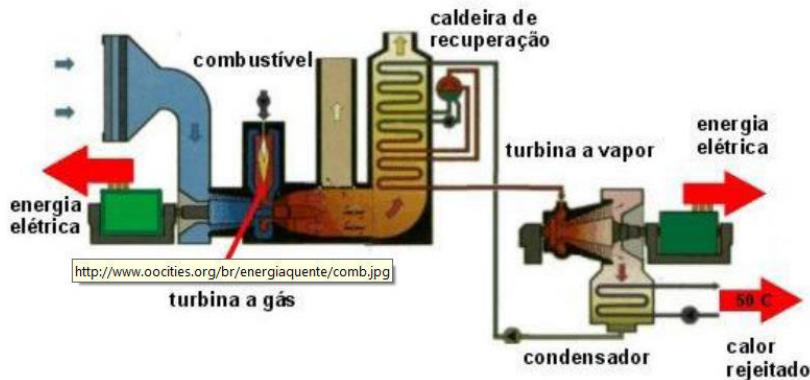


Figura 6 Exemplo de aplicação do Ciclo Combinado. Fonte: ANDREOS, 2014.

## 2.3 REGIMES DE FUNCIONAMENTO APLICADOS NA COGERAÇÃO

Dependendo do processo ao qual a cogeração está associada pode ser necessário priorizar a geração de energia elétrica em relação à energia térmica ou vice-versa.

Quando ocorre a necessidade de priorizarmos a geração de um tipo de energia em detrimento da outra o regime utilizado na cogeração pode ser classificado como sendo regime Bottoming ou Topping.

### REGIME BOTTOMING

Centrais de cogeração que operam nesse regime são aquelas em que o objetivo principal é gerar energia térmica para a planta, a energia elétrica fica em segundo plano.



Figura 7 Esquema de cogeração conforme regime Bottoming. Fonte: ANDREOS, 2014

## REGIME TOPPING

As centrais de cogeração que operam nesse regime são desenvolvidas para atender a plantas onde a produção de energia elétrica se faz mais necessária que a energia térmica.



Figura 8 Esquema de cogeração conforme regime Topping. Fonte: ANDREOS, 2014

## 2.4 TECNOLOGIAS DISPONIVEIS

Os sistemas de cogeração podem utilizar diferentes máquinas térmicas em seus processos e essas máquinas podem ser utilizadas em diferentes configurações.

As máquinas térmicas são os principais equipamentos de uma planta de cogeração, pois são as responsáveis por transformar a energia química ou térmica do combustível em potência útil para o processo.

Os equipamentos utilizados na cogeração podem ser classificados como de combustão interna ou de combustão externa.

Normalmente os equipamentos de combustão externa são aqueles cujo calor gerado na combustão não é aplicado diretamente no fluido de trabalho ele é transferido. Nesse tipo de equipamentos normalmente são utilizados combustíveis sólidos como o carvão mineral, madeira, biomassa etc. O fluido de trabalho normalmente utilizado nesses equipamentos é a água. Como exemplo desse tipo de equipamento pode citar os motores Stirling.

Os equipamentos de combustão interna são aqueles cujo calor gerado na combustão é aplicado diretamente no fluido de trabalho. Nesse tipo de equipamento o fluido de trabalho é o próprio combustível que está no estado gasoso. O fluido de

trabalho é formado pela mistura do ar atmosférico com o combustível no estado gasoso.

As tecnologias mais utilizadas nos sistemas de cogeração a gás natural utilizam equipamentos considerados tradicionais como as turbinas a gás ou a vapor ou motores de combustão interna ou equipamentos mais modernos como as microturbinas a gás (RIBEIRO DE SÁ, 2010).

Nas figuras abaixo são apresentadas alguns exemplos de instalações para a cogeração de energia elétrica e energia térmica.

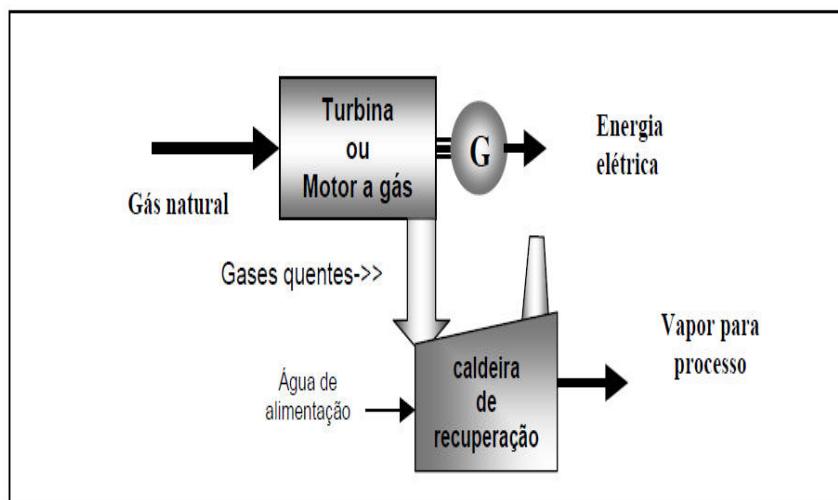


Figura 9 Cogeração com turbina ou motor. Fonte: Brasil, 2005.

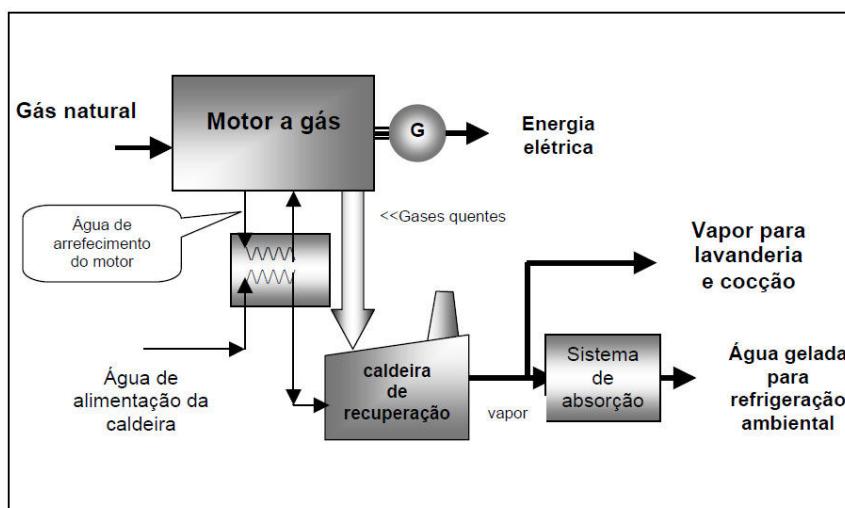


Figura 10 Configuração normalmente utilizada em setores de serviços como hotéis, hospitais e shopping centers. Fonte: Brasil, 2005.

Segundo Fernando de Sá, 2010, os equipamentos utilizados nos sistemas de cogeração apresentam vantagens e desvantagens conforme as apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de sistemas de cogeração.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
<b>Turbinas a gás</b>	Confiabilidade elevada Emissões poluentes baixas Calor e temperaturas elevadas (500 -600C) Não necessita de refrigeração	Operação com gás a alta pressão; Rendimento reduzido a carga parcial Potencia de saída diminui com o aumento da temperatura ambiente; Ineficiente em processos com poucas necessidades térmicas
<b>Motores alternativos</b>	Rendimento elétrico elevado; Bom desempenho com carga parcial; Arranque rápido; Energia térmica a dois níveis de temperatura-gases de escape e arrefecimento do motor; Manutenção no local com pessoal não especializado; Operação com gás a baixa pressão.	Custos de manutenção elevados; Calor de baixa temperatura; Emissões poluentes relativamente elevadas; Necessita de refrigeração; Ruídos de baixa frequência.
<b>Turbinas a vapor</b>	Rendimento global elevado; Operação com diversos tipos de combustível; Vida útil e confiabilidade elevada; Vapor a alta pressão.	Arranque lento; Rendimento elétrico baixo.
<b>Microturbinas</b>	Dimensões compactas; Peso reduzido; Emissões poluentes baixas; Não necessita de refrigeração	Custos elevados; Calor de baixa temperatura; Tecnologia em maturação

Fonte: FERNANDO DE SÁ, 2010

## TURBINA A GÁS

A turbina a gás é uma máquina térmica responsável por transformar a energia térmica obtida no processo de combustão em energia mecânica que será depois transformada em energia elétrica pelo gerador que está acoplado ao seu eixo.

As turbinas a gás operam segundo o Ciclo de Brayton.

As turbinas a gás utilizadas na cogeração a gás natural fazem parte de um conjunto gerador formado por um compressor, uma câmara de combustão e uma turbina propriamente dita.

O funcionamento desse conjunto gerador acontece da seguinte maneira:

- O ar atmosférico entra pelo compressor que é o equipamento responsável por expandir esse ar. O compressor eleva a pressão e a temperatura do ar atmosférico contido em seu interior.
- O ar com pressão e temperatura elevadas sai do compressor e vai para a câmara de combustão onde entra em contato com o combustível. Na câmara de combustão ocorre à queima dessa mistura e os gases resultantes são enviados para turbina.
- Na turbina os gases resultantes do processo de combustão fazem o eixo da turbina girar e dessa maneira a energia térmica é transformada em energia mecânica. Essa energia mecânica será passada ao gerador elétrico que está acoplado ao eixo da turbina gerando a energia elétrica.
- Os gases resultantes do processo de combustão que entraram na turbina são aproveitados para a geração de energia térmica, pois apresentam temperaturas elevadas na casa de 450C até 900C dependendo da potência da turbina a gás utilizada (BRASIL, 2005) (RIBEIRO DE SÁ, 2010).

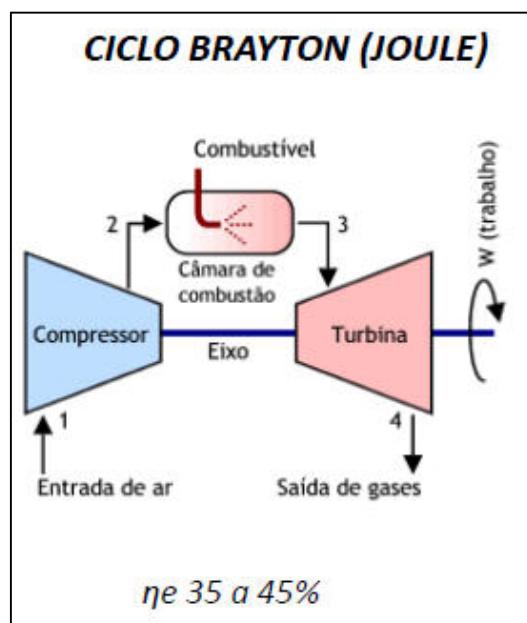


Figura 11 Processo real de combustão interna de uma turbina a gás a operar em circuito aberto. Fonte: ANDREOS, 2014.

## MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA (MCI)

$\eta_e$ : 25 a 45%

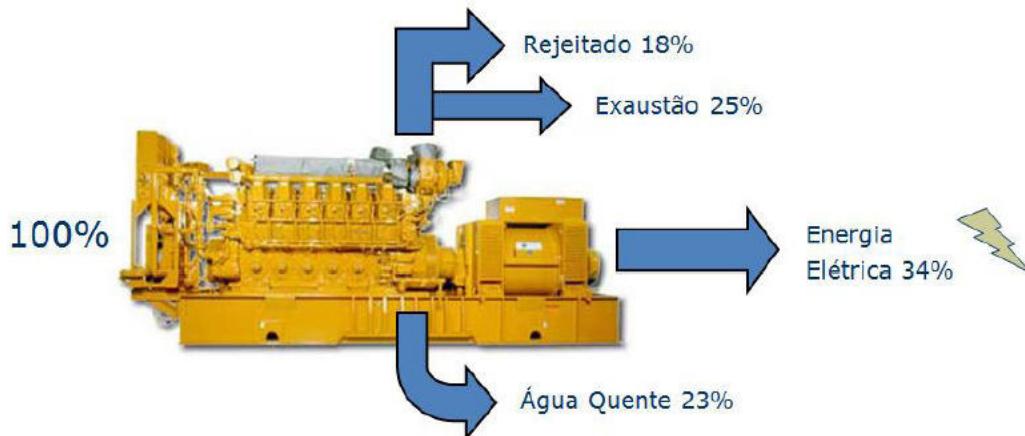


Figura 12 Rendimento elétrico de um motor alternativo de combustão quando utilizado na cogeração. Fonte: ANDREOS, 2014.

Motores de combustão interna (MCI) são equipamentos muito utilizados nas centrais de cogeração, pois de maneira semelhante às turbinas a gás os motores são responsáveis por transformar a energia química contida no combustível e liberada na forma de calor em energia mecânica.

Essa energia mecânica faz com que os pistões do motor realizem um movimento de sobe e desce que através do conjunto formado pela biela e pela manivela passa a ser um movimento rotativo e que faz o eixo do motor girar. Semelhante às turbinas o eixo do motor está conectado ao gerador que irá transformar essa energia rotativa em energia elétrica.

Os MCI utilizados nos processos de cogeração podem ser divididos em dois grupos quando se estuda a maneira com que eles realizam o processo de combustão.

As formas de se provocar o processo de combustão para retirar a energia contida dentro do combustível podem ser de ignição por compressão ou ignição por faísca.

O motor em que o processo de combustão ocorre devido à ignição por compressão é chamado de Motor Diesel, enquanto o motor em que o processo de combustão é gerado por uma faísca ou centelha é chamado de Motor Otto.

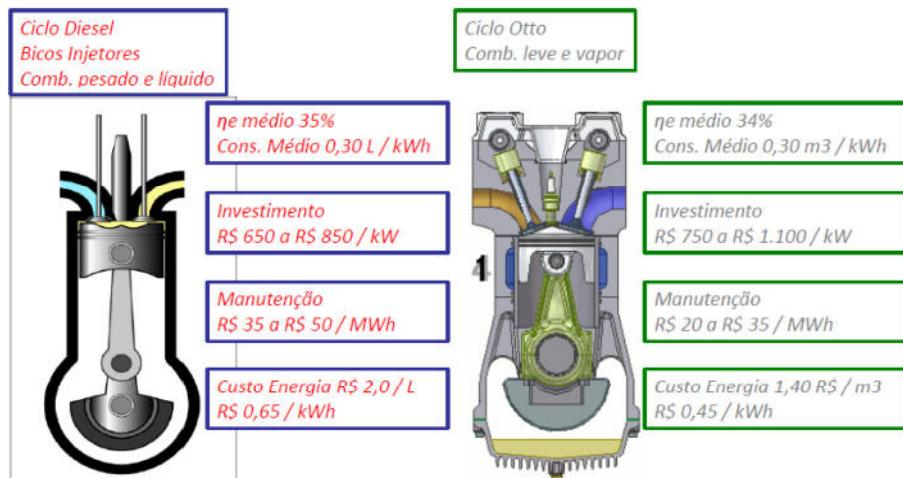


Figura 13 Comparativo entre Motores Diesel e Motores Otto. Fonte: ANDREOS, 2014.

Os MCI também podem ser divididos em grupos em função da sua velocidade de rotação.

De acordo com a California Energy Comission (2002) esses grupos podem ser descritos da seguinte maneira:

- As unidades de alta velocidade são derivadas de motores de automóveis, e operam entre 1200 e 3600 rpm. Apresentam a maior produção de potencia por unidade de deslocamento e tem os mais baixos custos específicos de investimento, porém a eficiência é menor.
- As unidades de média velocidade são derivadas de motores de locomotivas e de navios de médio porte, e operam entre 275 e 1200 rpm. Apresentam elevados custos específicos de investimento, porém maiores eficiências;
- As unidades de baixa velocidade são derivadas de motores de propulsão de grandes navios, e operam entre 58 e 275 rpm. São projetados para queimar combustíveis residuais de baixa qualidade e só são práticos se o óleo pesado e o gás natural se houver um grande diferencial entre o óleo pesado e o gás natural, e quando não há nenhuma restrição ambiental. (California Energy Comission, 2002) (LORA; HADDAD, 2006).

Nesses motores o ar é aspirado para dentro das câmaras dos cilindros onde é comprimido o que gera o seu aumento da sua temperatura e pressão. O processo de combustão ocorre quando o combustível é injetado na câmara dos pistões com pressão superior a que o ar se encontra, devido à temperatura elevada do ar ocorre à queima do combustível. Dessa maneira é possível eliminar a necessidade de um equipamento elétrica que gera a faísca necessária para que ocorra a ignição.

O combustível usado nesse tipo de motor normalmente é o óleo diesel que é um combustível normalmente inferior e com menor poder calorífico do que os usados nos motores Otto (RIBEIRO DE SÁ, 2010).

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

Nesse tipo de motor o processo de combustão ocorre devido a um artifício gerado por um equipamento elétrico no caso chamado de vela que gera uma faísca ou centelha que causa a ignição da mistura gás e combustível. Nesse tipo de processo a combustão não ocorre por autoignição, ela é provocada.

Os combustíveis usados nesse tipo de motor normalmente são combustíveis líquidos com elevado poder calorífico e que evaporam facilmente como o gás natural e o gás liquefeito de petróleo (GLP) (RIBEIRO DE SÁ, 2010).

O processo Diesel e Otto são parecidos a principal diferença entre eles está no ponto de adição de calor enquanto no ciclo Otto esse acréscimo de calor acontece a volume constante no ciclo Diesel ocorre à pressão constante.

Outra diferença entre esses motores é que a taxa de compressão nos motores Otto é menor que nos motores Diesel, isso ocorre, pois nos motores Otto o que é comprimido é uma mistura de ar e combustível, enquanto nos motores Diesel é só ar (RIBEIRO DE SÁ, 2010).

## APLICAÇÕES PARA MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Os motores de combustão interna vêm sendo cada vez mais utilizados na cogeração de energia elétrica e energia térmica, pois novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas para a recuperação do calor contido nos gases de exaustão, no

líquido utilizado para o resfriamento dos motores e até para recuperação do calor contido no óleo lubrificante.

Com esse desenvolvimento o potencial de contribuição desses motores com a geração de energia térmica vem aumentando entre as vantagens de aplicação desses motores podemos citar:

- Grande disponibilidade de capacidades chegando a potências inferiores a 100kW;
- Funcionamento seguro e confiável;
- Disponibilidade de combustíveis de boa qualidade e com preços acessíveis como o gás natural;
- O aperfeiçoamento de tecnologias que garantem uma geração de energia elétrica na frequência utilizada na rede 60Hz;
- Os motores apresentam bom funcionamento em processos que exigem cargas com variação do consumo de em condições de carga parcial;
- Maior procura pelo mercado de grupos geradores para o fornecimento de energia de back-up.
- Os motores apresentam grande perspectiva para atender ao consumo na geração na base, em situações de consumo no pico e na geração descentralizada (LORA; HADDAD, 2006).

## TURBINAS A VAPOR

As turbinas a vapor são máquinas térmicas que recebem o vapor de água e transformam a energia térmica contida nesse vapor em energia mecânica que será transformada pelo gerador acoplado ao eixo da turbina em energia elétrica.

O funcionamento das turbinas a vapor obedece ao Ciclo térmico de Rankine, por possuírem combustão externa que é realizada na caldeira apresentam a vantagem de poder utilizar diferentes tipos de combustíveis como biomassa, carvão, gás natural entre outros.

As turbinas a vapor são normalmente utilizadas em plantas de cogeração que trabalham no ciclo bottoming ou em ciclos combinados. (RIBEIRO DE SÁ, 2010), (BRASIL, 2005).

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

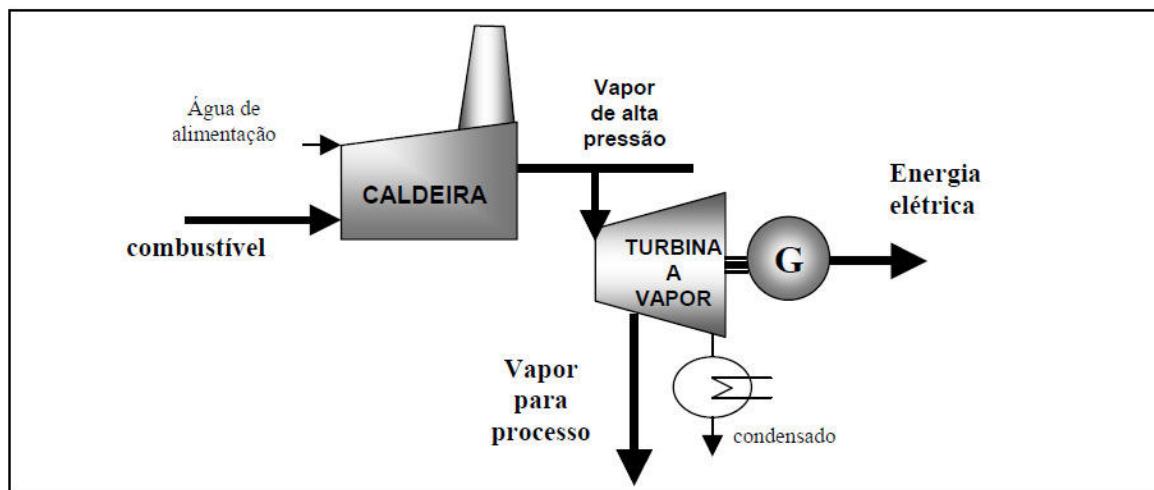


Figura 14 Esquema de cogeração utilizando ciclo Rankine. Fonte: BRASIL, 2005.

No exemplo acima a água que está na caldeira que é um equipamento de combustão externa é aquecida e transformada em vapor saturado e de alta pressão e está a uma temperatura superior à temperatura de saturação.

Esse vapor de alta pressão é conduzido para a turbina a vapor onde se expande dentro da turbina gerando movimento no mecanismo da turbina, nesse momento a energia térmica contida no vapor está sendo transformada em energia mecânica mais especificamente em movimento giratório do eixo da turbina.

No eixo da turbina está acoplado o eixo do gerador que irá transformar essa energia mecânica em energia elétrica.

O vapor que sai da turbina dependendo do tipo de turbina pode ser usado diretamente no processo para atender a demanda térmica ou pode passar por um condensador para ser novamente enviado para a caldeira e recomeçar o ciclo (BRASIL, 2005).

## MICROTURBINAS

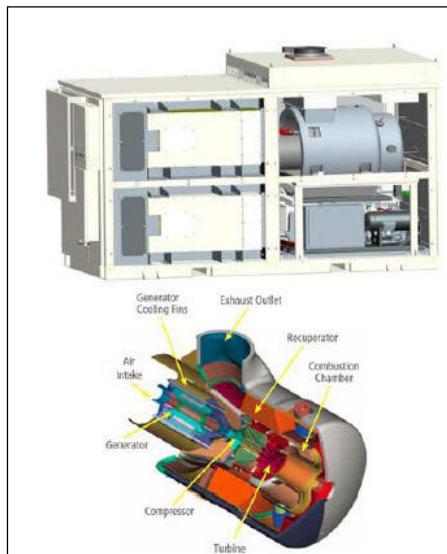


Figura 15 Exemplo de uma microturbina utilizada para cogeração. Fonte: ANDREOS, 2014.

As microturbinas são máquinas térmicas que operam de maneira semelhante às turbinas a gás, esses equipamentos podem trabalhar na faixa de 30 até 300kW de potência enquanto as turbinas a gás maiores trabalham a partir de 500kW.

A tecnologia utilizada nas microturbinas foi desenvolvida a partir da tecnologia de motores turbo utilizados em caminhões e da tecnologia das pequenas turbinas de sistemas auxiliares usados na aviação.

Dependendo do projeto as microturbinas podem ser classificadas em dois grupos:

- Primeiro grupo: microturbinas que utilizam um sistema para recuperar o calor contido nos gases resultantes do processo de combustão. Esse calor recuperado é usado para aumentar a temperatura do ar atmosférico que entra na câmara de combustão. Com o ar da mistura ar combustível mais quente é possível diminuir a quantidade de combustível utilizado. Com esse processo é possível elevar a eficiência da microturbina que fica por volta de 25 a 30%.
- No segundo grupo temos as microturbinas que não utilizam o sistema de recuperação de calor, logo apresentam eficiência menor que as pertencentes ao primeiro grupo. A eficiência das microturbinas desse grupo está na casa de 18%. As microturbinas desse grupo são mais baratas (LORA; HADDAD, 2006) .

## APLICAÇÕES

As microturbinas podem ser utilizadas em diferentes aplicações de cogeração. Existem inúmeros pesquisas sendo realizadas pelos fabricantes no intuito de aumentar o número de combustíveis disponíveis para serem utilizados nas microturbinas entre eles o gás natural, o óleo diesel, gás de aterro (propano) entre outros.

Na medida em que a tecnologia das microturbinas se torne mais acessível elas podem ser uma ótima alternativa para hospitais, hotéis, restaurantes entre outras.

As microturbinas podem ser utilizadas como equipamentos de reserva para qualquer emergência, para o atendimento em momentos de pico de carga ou em aplicações de cogeração (LORA; HADDAD, 2006).

Na tabela abaixo é apresentado um comparativo entre a eficiência obtida pelos microturbinas quando utilizadas em diferentes tipos de configurações, nesse caso podemos destacar a grande eficiência obtida quando se utiliza as microturbinas para a cogeração.

Tabela 2 Dados de desempenho de Microturbinas com diferentes arranjos

Configuração	Eficiência
Sem recuperação de calor	18%
Com recuperação de calor	25 a 30%
Com cogeração	Até 85%

Fonte: LORA; HADDAD, 2006

Para que as microturbinas possam ser mais utilizadas elas devem apresentar melhorias em vários aspectos como os listados abaixo:

- Redução dos custos de aquisição, implantação e manutenção.
- Melhoria da confiabilidade
- Melhoria do desempenho para geração de energia térmica (aplicação na cogeração).

- Maior flexibilidade de tipos de combustíveis, entre outras (LORA; HADDAD, 2006).

## CALDEIRAS

### CALDEIRA DE GERAÇÃO DE VAPOR

Esse é um equipamento de combustão externa, utilizado para gerar vapor de água.

Normalmente utiliza-se a queima de um combustível que pode ser o gás natural, bagaço de cana, carvão, óleo diesel entre outros.

Semelhante a uma panela de pressão a água dentro da caldeira é aquecida e se torna vapor com alta pressão.

Esse vapor será posteriormente utilizado em equipamentos com as turbinas a vapor (BRASIL, 2005).

### CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO DE CALOR

Como o próprio nome diz essas caldeiras são responsáveis por recuperar, ou melhor, dizendo aproveitar o calor existente nos gases de exaustão.

Os gases quentes utilizados nessas caldeiras são normalmente os gases que saem dos escapamentos dos motores alternativos de combustão interna, ou da tubulação das turbinas a gás.

São os gases resultantes dos processos de combustão que ainda mantêm altas temperaturas.

Na caldeira de recuperação esses gases quentes aquecem as serpentinhas por onde internamente passa a água através do processo de convecção.

Dependendo do processo é possível utilizar uma queima extra para aumentar a temperatura desse vapor caso o processo necessite aumentando a eficiência da caldeira.

Existem vários fatores que podem influenciar no rendimento dessas caldeiras entre eles podemos destacar tempo de uso, limpeza da caldeira entre outros fatores.

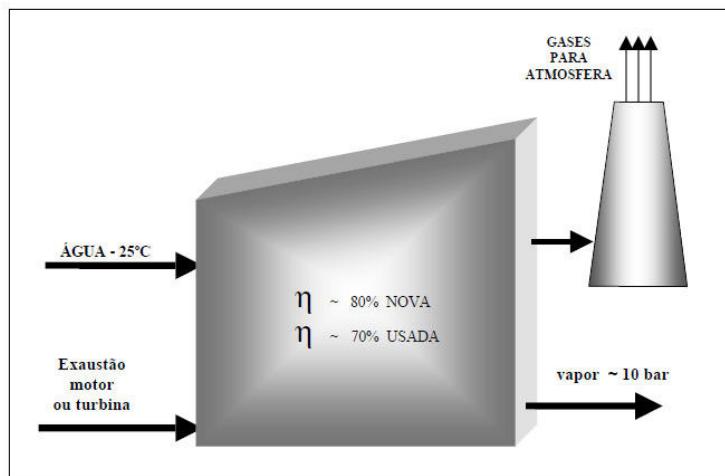


Figura 16 Caldeira de recuperação de Calor. Fonte: Brasil, 2005.

## CHILLER

Os chillers são equipamentos utilizados em grandes sistemas de refrigeração, normalmente utilizado em plantas industriais ou em grandes sistemas de ar condicionado como o do um Shopping Center. O chiller é um equipamento capaz de reduzir a temperatura da água de um reservatório, água essa que poderá ser utilizada para resfriar outras máquinas ou utilizada para o resfriamento de ambientes. O chiller é um equipamento de grande porte que utiliza muita água, seu condensador é um trocador de calor. No chiller existem duas tubulações de água isoladas. Para resfriar a água em um sistema o outro sistema deve absorver a temperatura. Essa água aquecida é enviada para uma torre de resfriamento onde perderá temperatura e retornará para o condensador, retornando ao processo que é processo contínuo.

O ciclo frigorífico de um chiller elétrico é chamado ciclo frigorífico de compressão, esse tipo de equipamento e basicamente é formado pelos seguintes componentes:

- Válvula de expansão
- Evaporador
- Compressor
- Condensador

Nesse sistema o funcionamento é basicamente realizado por 2 bombas de água, uma que puxa a água que está no reservatório de água fria para o evaporador onde essa água perde temperatura e retorna para o reservatório e outra que faz a água do outro sistema fluir do condensador para a torre de resfriamento e retornar para o condensador. Como alternativa aos chillers elétricos, temos os chillers de absorção que não necessitam de energia elétrica para funcionar e que em seu processo não necessitam de válvulas de expansão ou de compressor. Nesse tipo de chiller o processo de resfriamento ocorre devido a uma reação química. Basicamente a água contida em um sistema isolado é usada para resfriar a água contida em outro sistema isolado. Essa água que retirou calor do outro sistema ao se evaporar entra em contato com uma substância absorvedora que pode ser brometo de lítio (LiBr). Essa substância absorve a água no estado gasoso fazendo a retornar ao estado líquido, depois essa mistura de água é substância absorvedora é aquecida e retorna para o estado gasoso e o sistema recomeça.

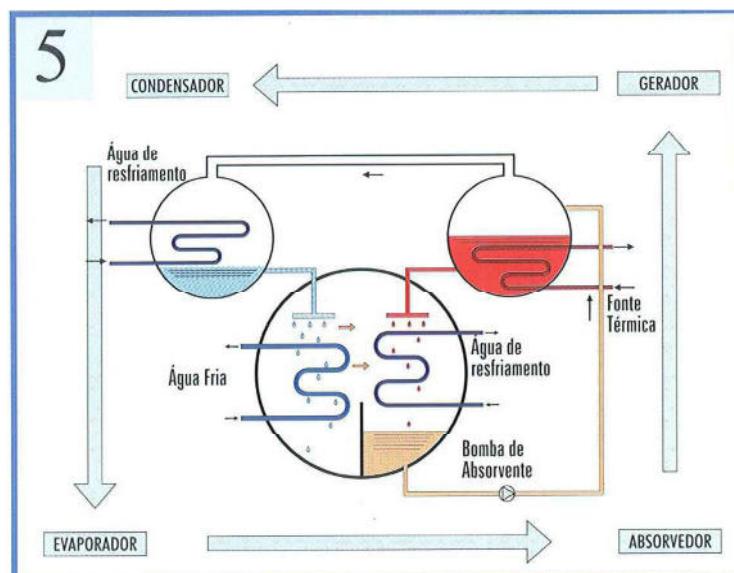


Figura 17 Ciclo frigorífico por absorção, componentes básicos. Fonte: ANDREOS, 2014.

Como já foi mencionada uma das grandes vantagens da utilização dos chillers de absorção é o seu baixo consumo de energia elétrica que é utilizada somente para acionar as bombas necessárias para o transporte do líquido refrigerante, de solução refrigerante e absorvedor e para a geração do ambiente em vácuo.

Esse baixo consumo de energia elétrica associada à possibilidade de uso do calor residual do processo, coloca a tecnologia de refrigeração por absorção como uma grande opção para os sistemas de cogeração.

## 2.5 TRIGERAÇÃO

A trigeração consiste em uma nova tecnologia que vem ampliando a capacidade de aplicação dos sistemas de geração distribuída que utilizam os ciclos de cogeração para a geração de energia elétrica e energia térmica.

Os sistemas de trigeração aplicados na cogeração vêm ganhando cada vez mais mercado, pois representam uma opção para substituir os sistemas frigoríficos tradicionais que utilizam chillers de compressão que demandam grande consumo de energia elétrica.

Os sistemas de trigeração aqui analisados serão aqueles que utilizam os chillers de absorção, pois os mesmos podem utilizar como fonte de energia o calor residual de um determinado processo, como os que são normalmente gerados nos processos de cogeração a gás natural.

Nas centrais de cogeração que operam utilizando essa tecnologia de trigeração é possível utilizar até 4/5 da energia fornecida pelo combustível o que resulta em menos desperdício de combustível, menos problemas para o meio ambiente e consequentemente vantagens financeiras (RIBEIRO DE SÁ, 2010).

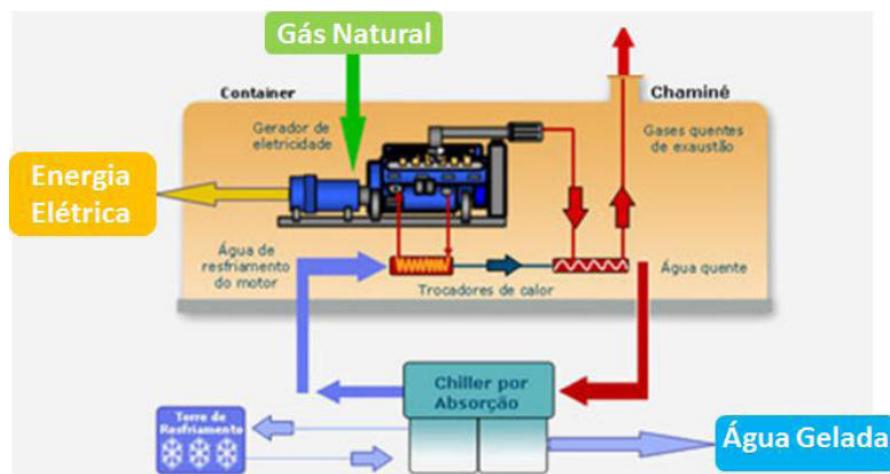


Figura 18 Esquema de uma planta de cogeração utilizando a trigeração.  
Fonte: ANDREOS, 2014.

No momento os chillers de absorção ainda são mais caros e mais pesados que os seus concorrentes os chillers de compressão, em parte esse custo se deve ao fato de necessitarem de torres de resfriamento maiores por reprezentarem taxas de rejeição de calor maiores em seus processos do que os de compressão.

Entretanto os chillers de absorção apresentam vantagens e entre elas podemos citar a simplicidade de projeto, com poucas partes móveis, são equipamentos muito silenciosos, apresentam baixo consumo de energia, são capazes de atender a uma vasta faixa de demandas de refrigeração e por utilizarem líquidos refrigerantes com reduzido potencial de agressão ao meio ambiente e reduzido potencial para causar o aquecimento global.

## GERAÇÃO DE FRIO

Como foi mencionado anteriormente visando contribuir para o incentivo a aplicação da cogeração a gás natural, vamos nos concentrar no funcionamento dos chillers de absorção que podem utilizar o calor residual que existe nas plantas de cogeração a gás natural.

Os chillers de absorção aqui analisados utilizam como refrigerante uma mistura formada por água e brometo de lítio ( $H_2O$  e  $LiBr$ ).

Nessa mistura a água exerce a função de refrigerante e o brometo de lítio a função de substância absorvente.

## 2.6 COMBUSTIVEIS APLICADOS NA COGERAÇÃO

Na cogeração podem ser utilizados diferentes tipos de combustíveis nos estados sólidos, líquidos ou gasosos.

Tabela 3 Combustíveis utilizados na cogeração

Combustível	Unidade de comercialização (UC)	Poder Calorífico Superior (PCS) por unidade de comercialização (kcal / UC)
Gás Natural	m <sup>3</sup>	9.400
Biogás	m <sup>3</sup>	5.000
Óleo Combustível B1	kg	10.161
Óleo Combustível A1	kg	10.073
Óleo Combustível A2	kg	10.035
Óleo Combustível 3A	kg	9.962
GLP	kg	11.800
Lenha	estéreo (m <sup>3</sup> empilhado)	1.287.000
Carvão (CE 6000)	kg	5.760
Carvão (CE 5200)	kg	4.992
Bagaço de Cana	kg	2.257
Querosene Iluminante	l	8.761
Óleo Diesel	l	9.159

Fonte: ANDREOS. 2014

## PARÂMETROS PCS E PCI

Quando analisamos diferentes tipos de combustíveis para a utilização em processos de cogeração vários parâmetros precisam ser levados em consideração.

Entre esses parâmetros temos tipo de equipamento utilizado, disponibilidade de oferta, custo de aquisição entre outros.

Contudo existem dois parâmetros que são muito importantes é que servem para indicar aos consumidores desses combustíveis a capacidade energética de cada combustível esses parâmetros são identificados como Poder Calorífico Superior (PCS) e Poder Calorífico Inferior (PCI).

### PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS)

O PCS é um parâmetro que leva em consideração a energia que o combustível libera na forma de calor durante o processo de combustão mais a energia que esse combustível gasta para evaporar ou condensar a água contida em sua própria composição durante o mesmo processo de combustão.

A energia gasta pelo combustível para evaporar ou condensar a água pode ser entendida como uma perda da energia útil que o combustível é capaz de fornecer para o processo.

## PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI)

O PCI leva em consideração somente a energia útil que o combustível fornece na forma de calor durante o processo de combustão, o PCI não leva em consideração a energia gasta pelo combustível para evaporar ou condensar a água existente em sua composição.

Combustíveis com menor concentração de hidrogênio ( $H_2$ ) ou umidade apresentam melhor PCI.

Quando se pensa em um combustível para se aplicar na cogeração deve se levar em consideração primeiramente o PCI, pois esse corresponde à energia útil que o combustível pode oferecer para o processo (ANDREOS, 2014).

## COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS

Os combustíveis sólidos podem ser representados por todo o tipo de material sólido que pode ser queimado em uma caldeira entre os principais combustíveis sólidos utilizados na cogeração podemos citar o bagaço e palha de cana, madeira, carvão, etc.

Esses combustíveis apresentam baixo custo unitário, pois normalmente são obtidos de matérias que são resíduos de outros processos.

Esse tipo de combustível normalmente é utilizado em processos de cogeração que operam em Ciclo Bottoming onde são utilizados nas caldeiras de geração de vapor, que são equipamentos que trabalham de maneira satisfatória com esses combustíveis (ANDREOS, 2014).

## COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS

Os combustíveis líquidos utilizados nos processos de cogeração podem ser os seguintes:

- Combustíveis líquidos derivados de petróleo como o óleo combustível ou o óleo diesel.

- Combustíveis líquidos chamados biocombustíveis como o etanol que é gerado da cana de açúcar e o biodiesel.
- Licor negro, esse combustível é um resíduo do processo de produção de papel e celulose. Este resíduo antes descartado agora é queimado em uma caldeira para gerar vapor em processos de cogeração que operam segundo regime Bottoming (ANDREOS, 2014).

## COMBUSTÍVEIS GASOSOS

Os combustíveis gasosos são amplamente utilizados por apresentarem maior viabilidade econômica e técnica.

Equipamento como turbina a gás e motores alternativos de combustão interna são equipamentos que só trabalham com esses tipos de combustíveis.

Entre os combustíveis gasosos podemos destacar dois combustíveis que apresentam grande potencial de crescimento devido à expansão da cogeração.

Os combustíveis são:

- Gás natural (combustível com um mercado de uso já bem estabelecido e com grande potencial de crescimento)
- Biogás (combustível com mercado em crescimento)

Os combustíveis gasosos apresentam grande potencial de crescimento a sua facilidade de uso, custo reduzido e devido à facilidade de adaptação para diferentes tipos de equipamentos como caldeiras, turbinas a gás, motores de combustão entre outros (ANDREOS, 2014).

## 2.7 FATOR DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA (FUE)

O fator de utilização da energia é um parâmetro que relaciona a quantidade de energia fornecida pela combustível que é indicada pelo PCI (poder calorífico inferior) com a soma da quantidade de trabalho útil produzido (no caso da cogeração vamos considerar a quantidade de energia elétrica gerada com a energia mecânica

produzida pelo processo de combustão) e a quantidade de energia térmica produzida com os rejeitos térmicos do processo de cogeração.

No caso da cogeração da cogeração por se tratar de um processo contínuo de geração de duas formas de energia de maneira simultânea a eficiência global do sistema pode ser analisada utilizando se a seguinte fórmula:

$$FUE = \frac{\dot{W} + \dot{Q}_u}{\dot{m} \times PCI} \quad (4)$$

- $\dot{W}$  = Potência do eixo produzida pela máquina (kW).
- $\dot{Q}_u$  = Taxa de calor útil produzido ou recuperado (kW).
- PCI = Poder calorífico inferior do combustível (KJ/Kg).
- $\dot{m}$  = vazão mássica de combustível (Kg/s)

### 3. COGERAÇÃO A GÁS NATURAL

#### 3.1 APLICAÇÕES

O gás natural é uma fonte energética que vem ganhando cada vez mais aplicações se comparada a fontes energéticas tradicionais como o petróleo e o carvão mineral.

O gás natural apresenta vantagens ambientais por ser menos poluente se comparado a outras fontes não renováveis como o petróleo e o carvão mineral.

Segundo o Plano Nacional de Energia 2030, a utilização do GN emite menos CO<sub>2</sub> para a atmosfera do que o óleo combustível que é derivado de petróleo (20% a 25% menos) e ainda menos que o carvão mineral (cerca de 40% a 50%).

Outra vantagem do gás natural é que quando queimado em equipamentos adequados apresenta baixa emissão de óxido de enxofre bem como reduzida emissão de fuligem e de particulados.

O gás natural pode ser utilizado em diferentes aplicações conforme as listadas abaixo:

- Geração de energia elétrica o gás natural é utilizado como combustível para ser queimado nas usinas termelétricas ou em usinas de cogeração.
- Transportes o gás natural pode ser utilizado como substituto para a gasolina e o óleo diesel no caso é utilizado o gás natural Veicular o GNV.
- Aplicação industrial o gás natural pode ser utilizado como substituto para o óleo combustível ou pode ser transformado em outros produtos como ureia ou amônia ou outros produtos que podem ser utilizados como matéria prima em diferentes processos.
- Aplicações residenciais como substituto para o gás liquefeito de petróleo mais conhecido como GLP.

Na tabela abaixo temos um exemplo das aplicações do gás natural e uma comparação da evolução do consumo mundial dessa fonte energética não renovável.

Tabela 4 Consumo mundial de gás natural (em milhões de tep)

	1973	2003	Δ ao ano %
<b>Oferta Total (energia primária)</b>	<b>979,1</b>	<b>2.244,1</b>	<b>2,8</b>
Geração de Energia Elétrica	160,0	468,6	3,7
Cogeração	50,9	275,4	5,8
Geração de Calor	0,7	87,7	17,5
Outros Usos	96,1	220,5	2,8
Uso Final	671,4	1.191,9	1,9
Fonte: International Energy Agency (2005)			

Fonte: Plano Nacional de Energia 2030.

No intuito de ampliar a utilização do gás natural no Brasil principalmente em regiões afastadas das redes de transporte e de distribuição do gás natural está sendo empregando o gás natural liquefeito (GNL) que é o gás natural na forma líquida.

O gás natural liquefeito pode ser entendido como o processo de transformação do gás do estado gasoso para o líquido através da aplicação de temperaturas muito baixas (PLANO NACIONAL ENERGÉTICO, 2030).

### 3.2 BASE INSTALADA

No Brasil o principal tipo de gás natural encontrada em nossas reservas é do tipo associado que é aquele onde o gás natural encontra-se em solução misturado ao petróleo.

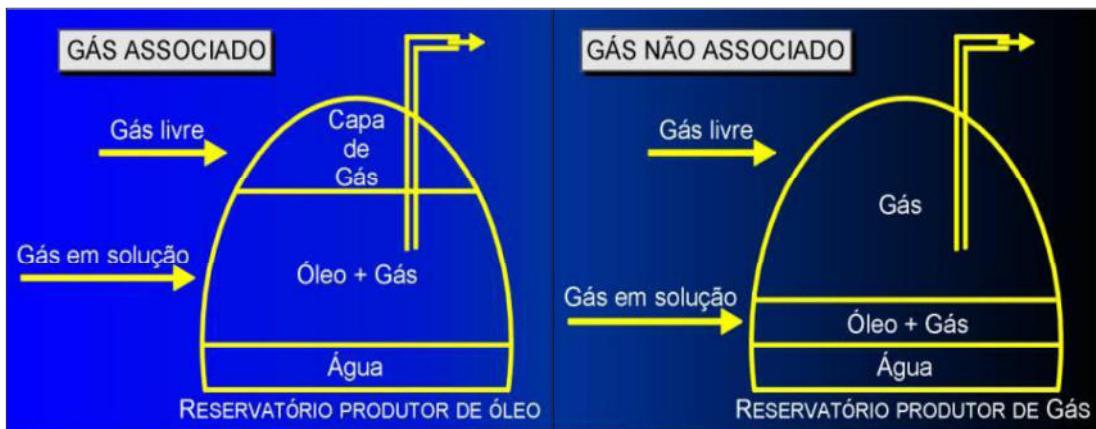


Figura 19 Gás Natural – Tipo de poços/ composição. Fonte: ANDREOS, 2014

Devido ao fato das principais reservas de produção de petróleo e gás natural encontrar-se localizadas no mar (77%) com destaque para a região Sudeste (67%), podemos entender o motivo de as principais redes de transporte de gás natural os gasodutos estarem localizadas próximas ao litoral.

Atualmente o Brasil possui 11,6 mil km de redes de gasodutos destinados à distribuição de gás natural e 18.400 km de redes de distribuição do produto.



Figura 20 Rede de distribuição do gás natural no Brasil. Fonte: ANDREOS, 2014

Para suprir a crescente demanda pelo gás natural no Brasil utiliza-se a importação de gás natural de países vizinhos como a Argentina, Venezuela e principalmente da Bolívia.

Na figura abaixo temos uma representação das principais possibilidades de fornecimento de gás natural para o Brasil.

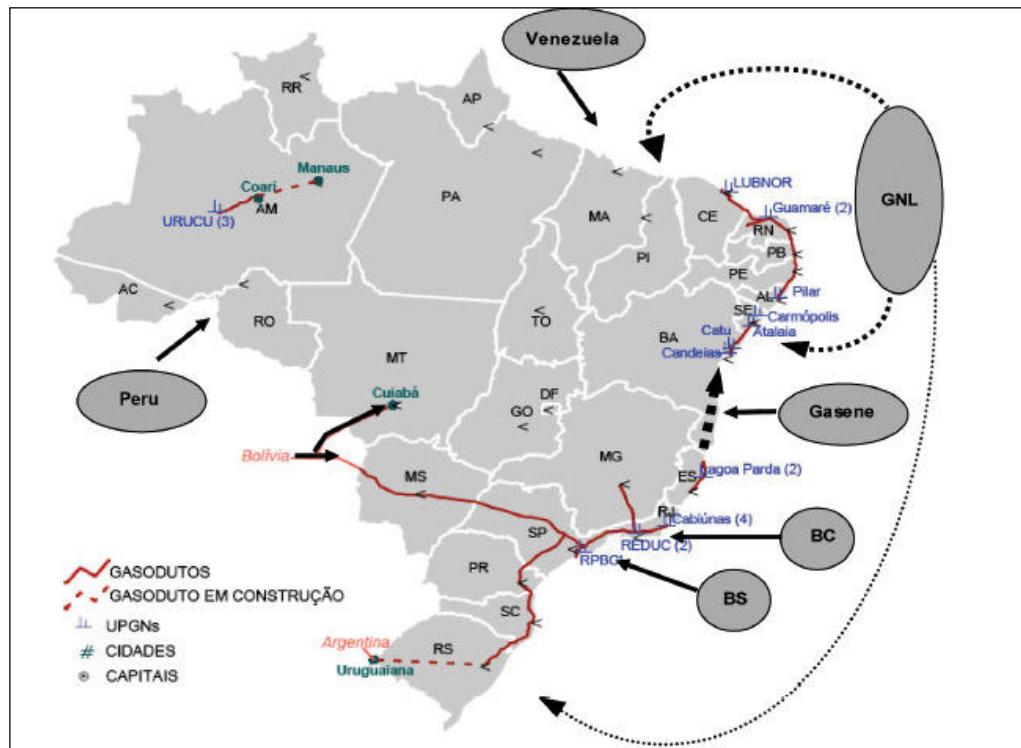


Figura 21 Mapa representando as possibilidades de fornecimento de gás natural para o Brasil. Fonte: Plano Nacional de Energia, 2030

Segundo a Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) pertencentes ao Ministério de Minas e Energia (Plano Nacional de Energia 2030, 2007, p. 132) estão sendo construídos os gasodutos de Urucu-Coari-Manaus, Campinas-Rio de Janeiro, Sergipe Alagoas e o Gasene (gasoduto que compreende o trecho de Macaé-Vitória-Cacimbas), outros gasodutos estão em ampliação como o gasoduto Rio de Janeiro - Belo Horizonte.

No Brasil a regulação da atividade da atividade de produção e transporte do gás natural (gasodutos) é de responsabilidade da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), enquanto a atividade de distribuição do gás natural é de responsabilidade dos governos estaduais.

Os governos estaduais podem conceder a concessão do serviço de distribuição do gás natural a uma empresa estatal ou a uma empresa privada, para formar a rede de distribuição, contido o governo estadual regular as atividades das empresas envolvidas.

No estado de São Paulo a ARSESP (Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo) é a responsável por controlar e verificar as atividades das empresas distribuidoras de gás natural.

No estado de São Paulo temos três empresas responsáveis pela distribuição de gás natural são elas a Companhia de Gás de São Paulo – COMGÁS (pelo leste do estado) a Gás Natural (sul do estado) e a Gás Brasiliiano (norte do estado).



Figura 22 Empresas distribuidoras de gás em São Paulo. Fonte: ANDREOS, 2014.

A rede de distribuição no estado de São Paulo vem sendo ampliada ano após ano para atender a um número cada vez maior de clientes residenciais, comerciais e industriais.



Figura 23 Desenvolvimento da rede de distribuição da COMGÁS. Fonte: Balanço Energético Nacional, 2014.

Em outras regiões do estado do estado como a região do Vale do Paraíba, Campinas e Baixada Santista também está se investindo na ampliação das redes de distribuição para o atendimento a novos clientes.

### 3.3 POTENCIAL DE MERCADO

O potencial de crescimento para o gás natural no Brasil vem crescendo muito desde que o combustível passou a ser utilizado para a produção de energia elétrica.

Devido à crise no abastecimento de energia elétrica em 2001, a utilização do gás natural nas plantas termelétricas para a geração de energia elétrica vem crescendo e se confirmado como uma importante aplicação para esse combustível.

Tabela 5 Aumento da participação de cada fonte na Geracão elétrica GWh

Fonte	2013	2012	Δ 13 / 12
Hidrelétrica	390.992	415.342	-5,9%
Gás Natural	69.017	46.760	47,6%
Biomassa <sup>1</sup>	39.679	34.662	14,5%
Derivados do Petróleo <sup>2</sup>	22.090	16.214	36,2%
Nuclear	14.640	16.038	-8,7%
Carvão Vapor	14.801	8.422	75,7%
Eólica	6.579	5.050	30,3%
Outras <sup>3</sup>	12.241	10.010	22,3%
<b>Geração Total</b>	<b>570.025</b>	<b>552.498</b>	<b>3,2%</b>

<sup>1</sup> Inclui lenha, bagaço de cana e lixívia<sup>2</sup> Inclui óleo diesel e óleo combustível<sup>3</sup> Inclui outras recuperações, gás de coqueria e outras secundárias

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2014

O potencial de crescimento do gás natural deve-se muito ao aumento da sua aplicação na indústria substituindo o óleo combustível, na aplicação veicular onde substitui a gasolina e o óleo diesel e nas aplicações residenciais como substituto do GLP.

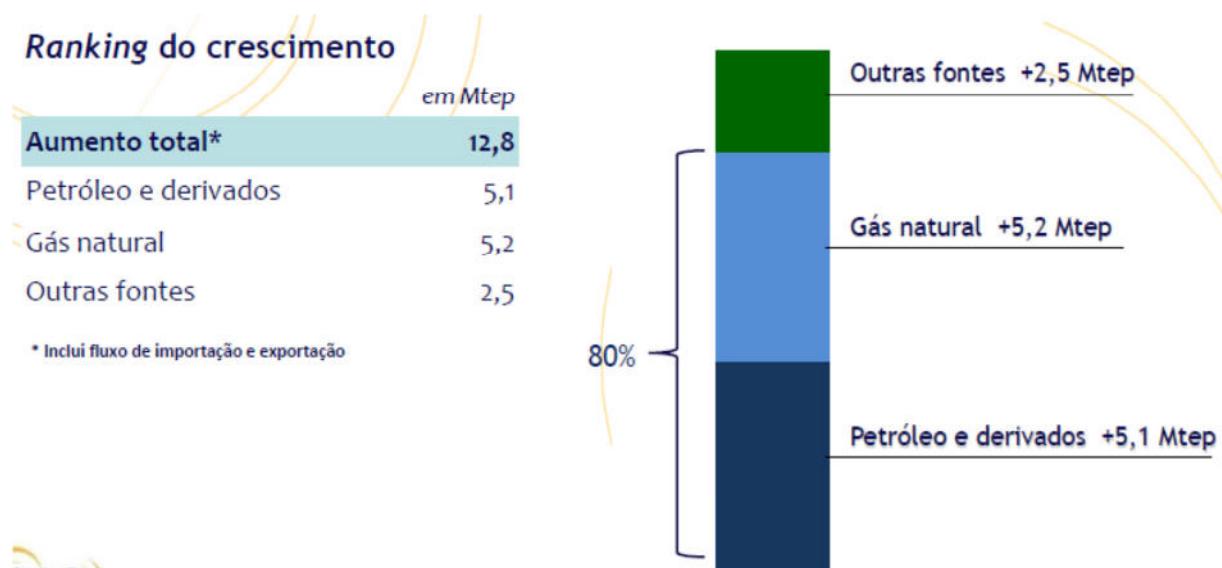


Figura 24 Crescimento da oferta interna de fontes energéticas. Fonte: Balanço Energético Nacional, 2014.

Conforme demonstrado na figura acima o petróleo e o gás natural representaram 80% do crescimento da oferta interna de energia.

Com o aumento da utilização do gás natural para a geração da eletricidade, gerou-se a expectativa se as nossas reservas naturais seriam suficientes para garantir o abastecimento do mercado consumidor.

O potencial de crescimento do mercado de gás natural está diretamente ligado à garantia da disponibilidade de oferta do produto.

O que pode ser garantido com o aumento da importação de gás natural dos países vizinhos e com a descoberta de novas reservas de petróleo e gás natural como a do Pré-Sal.

Na tabela abaixo temos uma projeção das reservas e da produção de gás natural nacionais.

Tabela 6 Projeção das reservas e da produção nacional de gás natural

Ano	Produção milhões de m <sup>3</sup> /dia	Reservas bilhões de m <sup>3</sup>	R/P anos
2005	48,5	306	17,3
2010	94,2	595	17,3
2020	169,0	1.100	18,0
2030	251,7	1.650	18,0

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2014

Segundo a Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) pertencentes ao Ministério de Minas e Energia (Plano Nacional de Energia 2030, 2007, p. 136) podemos esperar um crescimento no consumo de gás natural para os próximos 25 anos por volta de 6,3%, conforme demonstrado na tabela seguinte:

Tabela 7 Projeção do balanço de gás natural (Milhões de m<sup>3</sup>/ano)

	2005	2010	2020	2030
<b>Consumo total</b>	<b>20.973</b>	<b>42.079</b>	<b>63.826</b>	<b>97.460</b>
<b>Transformação</b>	<b>5.934</b>	<b>18.897</b>	<b>23.957</b>	<b>39.419</b>
Produção derivados de petróleo	1.429	4.903	8.114	15.367
Geração de energia elétrica	4.505	13.994	15.843	24.052
<b>Consumo final</b>	<b>15.040</b>	<b>23.181</b>	<b>39.869</b>	<b>58.040</b>
Consumo não-energético	849	1.082	2.854	4.413
Consumo energético	14.191	22.099	37.015	53.627
Setor energético	3.500	6.468	11.720	16.537
Residencial	217	432	666	812
Comercial/Público	321	426	790	1.513
Transportes	1.945	3.231	4.940	7.048
Industrial	8.209	11.543	18.899	27.718

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2014

As perspectivas para o mercado de gás natural são muito animadoras tendo em vista o aumento da participação do GNL (gás natural liquefeito) como opção para levar o combustível a regiões que não são abastecidas pelas redes de distribuição do gás natural, seja pelo aumento dessa forma de combustível no mercado internacional.

O mercado de utilização do gás natural para geração de energia elétrica é outro segmento que apresenta grande potencial de crescimento tendo em vista a nossa constante necessidade de se gerar mais energia elétrica seja nas termoelétricas a gás natural seja nas plantas de cogeração.

## 4. SISTEMA DE GESTÃO DA ENERGIA

### 4.1 NORMA ABNT NBR ISO 50001

Entre os inúmeros desafios que os responsáveis pela direção das organizações sejam elas pequenas ou grandes necessitam enfrentar esta em como desenvolver um uso mais eficiente da energia elétrica, promovendo dessa maneira uma redução nos custos relacionados a energia elétrica.

Como reduzir custos e ainda manter a qualidade dos produtos e serviços, como fazer com que as pessoas envolvidas com a organização estejam engajadas na procura dessa melhoria?

No intuito de auxiliar as pessoas interessadas em desenvolver uma sistemática para a melhoria da eficiência energética e do desempenho energético das organizações no ano de 2005, foi formado um grupo com especialistas de diferentes países na elaboração de sistemas de gestão da energia.

Dessa troca de experiências nasceu em 2011, uma norma internacional publicada pela International Organization for Standardization a ISO 50001/2011.

No mesmo ano foi publicada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) uma norma baseada na norma internacional ISO 50001 com o nome de ABNT NBR ISO 50001 - Sistemas de gestão da energia – Requisitos para uso.

Nessa norma os interessados terão uma série de recomendações e requisitos que visam auxiliar na elaboração e implantação de um sistema de gestão da energia identificado pela sigla SGE que possibilita a melhoria da eficiência energética e do desempenho energético de qualquer tipo de organização independente do tamanho e do tipo de atividade realizada.

A norma ABNT NBR ISO 50001, apresenta muitas semelhanças com outras normas de sistemas de gestões como a ABNT NBR ISO 9001 (Sistemas de

gestão da qualidade) e ABNT NBR ISO 14001 (Sistemas de Ambiental) o que permite uma integração entre os sistemas.

O SGE pode representar um grande diferencial no mercado tendo em vista que ele pode gerar benefícios não só no uso da energia elétrica, mas no uso de outros recursos como, por exemplo, a água.

O SGE tem seu trabalho fundamentado em dois planos de ação principais.

O primeiro plano de ação consiste em investir nas pessoas, através de treinamentos, campanhas de conscientização, mudança de metodologia de trabalho e de processos. Esse plano de ação defende a utilização da informação e da conscientização dos funcionários como caminho para a quebra de paradigmas, as pessoas são o elemento fundamental para que o sistema funcione.

O segundo plano de ação consiste na aquisição de máquinas e equipamentos mais eficientes ou substituição de equipamentos e máquinas ineficientes.

O SGE pode trazer inúmeras vantagens entre elas podemos destacar:

- Possibilita a integração de todos os funcionários e até dos usuários do empreendimento;
- Possibilita a redução na emissão de gases poluentes ao meio ambiente;
- Possibilita um conhecimento detalhado da organização sobre seu consumo de energia elétrica nos diversos setores que a compõe e assim auxiliar na tomada de decisões;
- Possibilita a integração com outros sistemas de gestão como o sistema de gestão da qualidade (ABNT NBR ISO 9001) e o sistema de gestão ambiental (ABNT NBR ISO 14001);

#### 4.2 ESTRUTURA DA NORMA ABNT NBR ISO 50001

A estrutura da norma baseia-se na adaptação dos requisitos da norma, a sistemática de trabalho desenvolvida em uma ferramenta da qualidade chamada

ciclo PDCA que é dividida quatro partes que geram um ciclo de trabalho voltado para a melhoria contínua do processo.

A sigla PDCA é formada pela iniciais de quatro termos em Inglês, são eles Plan (planejar), Do (fazer), Check (verificar) e Act (agir), esses quatro termos servem para definir uma metodologia que busca a melhoria contínua.

Para atender aos objetivos da norma as quatro etapas do ciclo PDCA apresentam objetivos bem definidos conforme os descrito abaixo:

1. Na etapa de planejamento (PLan), os objetivos a serem realizados são:

- Consolidar a participação da Diretoria da organização com o sistema de gestão da energia (SGE);
- Definir os funcionários responsáveis pelo SGE;
- Definir a política energética da organização;
- Definir os requisitos legais e outros requisitos que podem interferir no funcionamento do SGE;
- Nessa etapa é planejado como será o diagnóstico energético a ser realizado;
- Definir os indicadores de desempenho da organização no que se refere ao uso da energia elétrica.
- Definição de como o SGE irá atuar na organização, em quais setores e quais são os objetivos, metas e planos de ação.

2. Na etapa de execução (Do), os objetivos a serem realizados são:

- Providenciar os treinamentos necessários para a qualificação das pessoas envolvidas com o SGE;
- Estabelecer uma comunicação com todos na organização sobre o SGE.
- Estabelecer quais são os requisitos para a elaboração da documentação relacionada ao SGE;
- Executar a metodologia de controle e utilização de todos os documentos da organização relacionada ao SGE;
- Definir como será executar o controle operacional do SGE;
- Nessa etapa ocorre a contratação de serviços relacionados, por exemplo, aquisição de energia elétrica com a concessionária, compra de equipamentos, máquinas e produtos, equipamentos entre outros

que podem apresentar impacto significativamente sobre o consumo de energia da organização.

3. Na etapa de verificação (Check), os objetivos a serem realizados são:

- Monitorização, medição e análise do processo.
- Avaliação do cumprimento dos requisitos legais e outros requisitos.
- Verificação de não conformidades, a fim de determinar o que precisa ser corrigido e como essa correção será realizada;
- Após todo o processo de verificação todos os dados coletados devem ser registrados para análise futura;
- Nessa etapa é fundamental a criação e o estabelecimento de uma rotina de inspeção.

4. Na etapa de ação (Act) os objetivos a serem realizados são:

- Essa etapa corresponde à aplicação de procedimentos de ação corretiva para as não conformidades detectadas durante as auditorias, verificação de possíveis melhorias a serem efetuadas e execução de ações preventivas como manutenção de equipamentos entre outras ações;
- Nessa etapa são preparados os relatórios para a Direção da organização contendo tudo o que foi feito pelo SGE e os resultados obtidos é dever da Direção analisar e verificar a necessidade ou não de modificações no SGE. Como a direção é responsável pela definição da política energética da organização e obrigação da Direção manter o SGE alinhado com essa política.

Nas imagens abaixo temos duas representações de como os requisitos da norma ficam distribuídas dentro da metodologia proposta pela ferramenta de qualidade chamada ciclo PDCA:

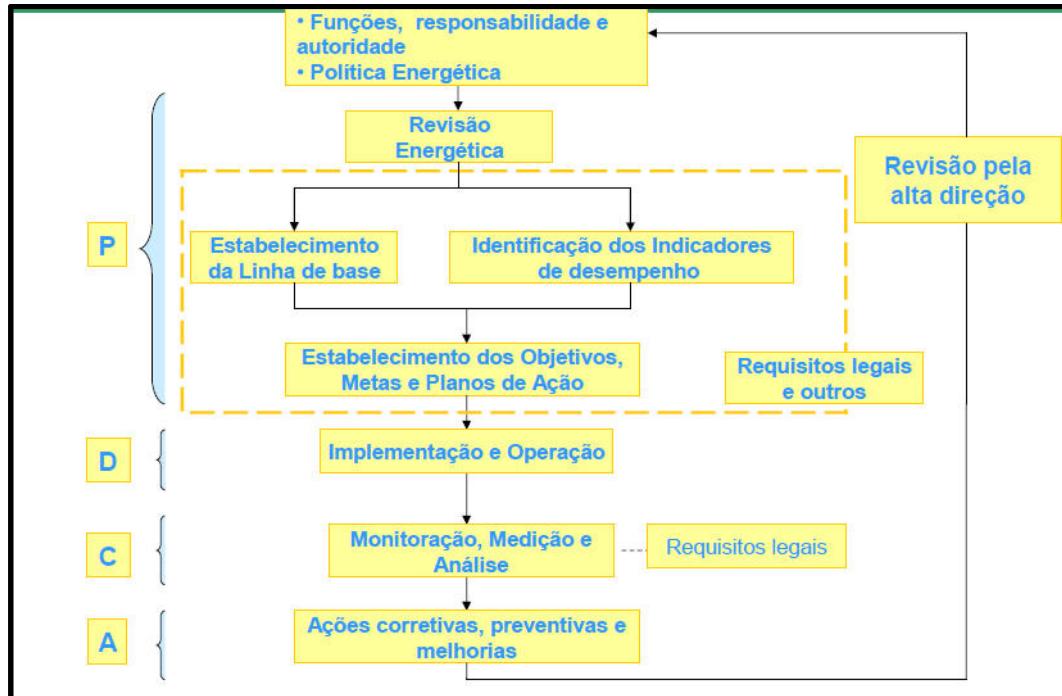


Figura 25 Modelo de Sistema de Gestão da Energia. Fonte: Apostila ERG-004 – Eficiência Energética em Empreendimentos.

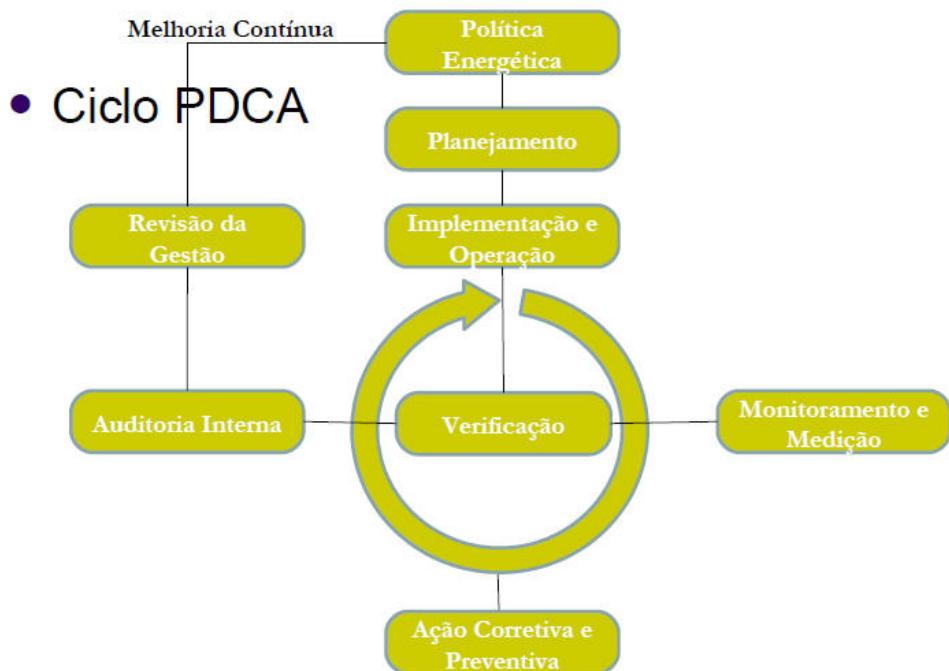


Figura 26 Modelo de Sistema de Gestão da Energia. Fonte: Apostila ERG-004 – Eficiência Energética em Empreendimentos.

### 4.3 RESPONSABILIDADE DA DIREÇÃO

Conforme as definições da norma a participação da direção da organização é fundamental para que o SGE tenha êxito, pois a direção é responsável por vários fatores importantes ao longo do funcionamento do SGE como, por exemplo, definir a política energética da organização, escolher o coordenador da CICE e pela própria implantação do SGE.

Utilizando um antigo provérbio “é o olho do dono que engorda o gado” fica fácil perceber que se a diretoria da organização não estiver engajada em participar efetivamente do SGE, esse não conseguirá ter grande influência sobre o restante dos funcionários o que pode provocar o seu fracasso.

### POLITICA ENERGÉTICA

A política energética é a declaração da organização quanto aos seus objetivos e metas para a utilização da energia elétrica.

A política energética definida para a organização deve ser fundamentada em alguns conceitos básicos para um bom desenvolvimento do sistema de gestão da energia, entre esses conceitos podemos destacar:

- Comprometimento com a melhoria contínua da organização.
- Deve ter definido de forma clara e objetiva, quais são as pretensões da organização em relação à eficiência energética e ao desempenho energético da organização.
- A política energética deve ser conduzida de forma a integrar todos os funcionários internos da organização e até funcionários terceirizados e fornecedores.
- A política energética deve ser documentada e registrada, bem como toda a documentação relacionada ao sistema de gestão da energia.

A política energética da organização não deve ser entendida como algo estático, ela deve ser revisada periodicamente, para que seja mantida atualizada.

#### 4.4 COMISSÃO INTERNA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (CICE)

Nesta monografia vamos nos referir a essa equipe por meio da sigla CICE que é abreviação de comissão interna de conservação de energia.

Essa definição surgiu no guia elaborado pela empresa Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras) em parceria como o Consórcio Efficientia/FUPAI no ano de 2005, para atender ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) criado pelo Governo Federal e coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME).

A CICE é responsável por desenvolver e aplicar o SGE, que está baseado em três pilares que são comunicação, diagnóstico e controle.

Comunicação é o conjunto de iniciativas realizadas para promoção e divulgação das ideias, planos e metas do SGE, bem como todas as iniciativas para conscientizar os membros da organização.

Diagnóstico é o processo realizado no planejamento energético para conhecimento da organização a respeito da sua relação com o consumo da energia elétrica.

Controle são as atividades relacionadas à análise dos dados obtidos com o diagnóstico energético inicial e de todos os dados resultantes das medidas tomadas pelo SGE para a melhoria da organização (ELETROBRÁS, 2005).

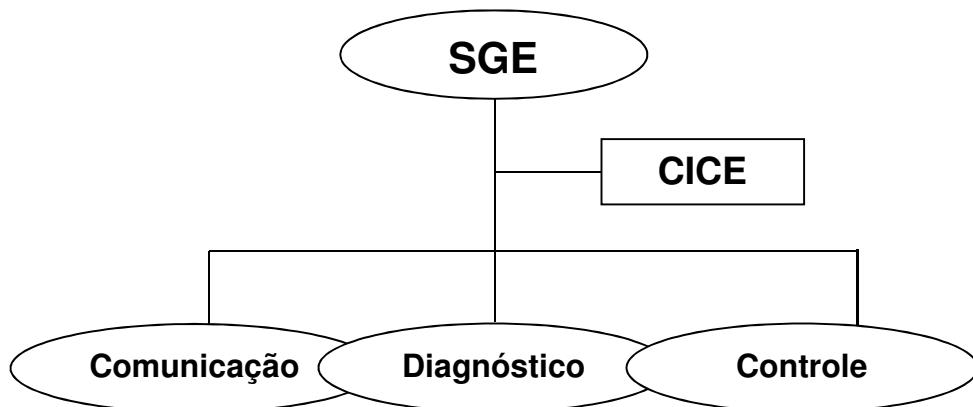


Figura 27 Pilares de um Programa de Eficiência Energética. Fonte: Guia Procel, 2005.

Na figura abaixo apresentamos uma sugestão que a diretoria da organização pode adotar para a estrutura da CICE.

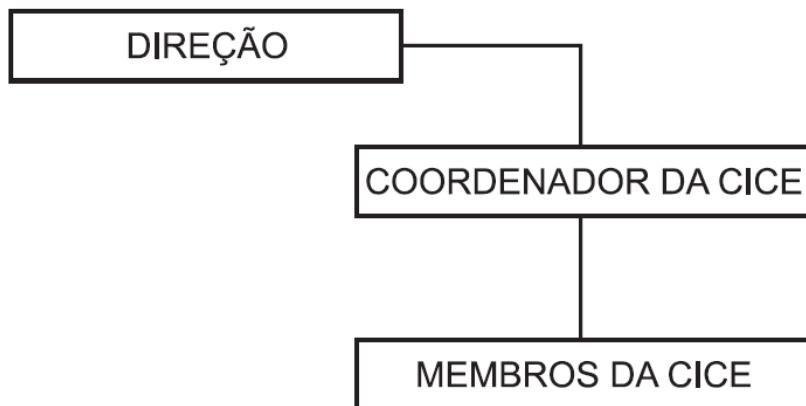


Figura 28 Sugestão de estrutura para a criação da CICE. Fonte: Guia Procel, 2005.

Essa equipe pode inicialmente ser formada somente por pessoas escolhidas pela diretoria e futuramente contar com pessoas eleitas pela organização.

Deve ficar claro que a CICE é a equipe que recebe os objetivos e metas definidos pela diretoria para o desempenho energético da organização e tem a missão de transformá-los em realidade.

Os membros da CICE devem ser pessoas de preferência de diferentes setores da organização e com diferentes formações, e que compreendam e sejam capazes de propor ideias e que estejam engajadas, na proposta de melhoria contínua do desempenho energético da organização.

A diretoria deve ter participação ativa na CICE, para determinar objetivos e metas e para avaliar se o trabalho desenvolvido pela comissão está de acordo com os objetivos propostos.

## 4.5 PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

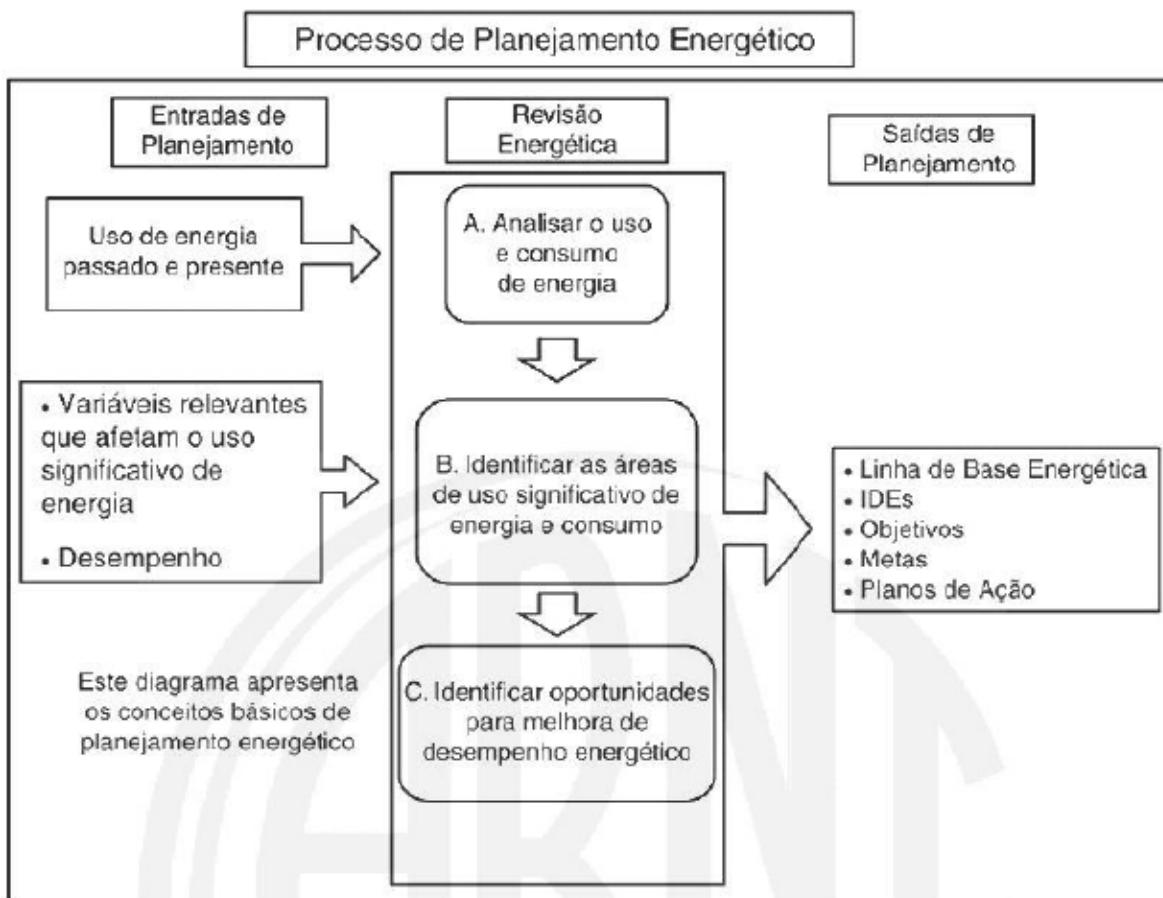


Figura 29 Diagrama conceitual do processo de planejamento energético. Fonte: Norma ABNT NBR ISO 50001.

O planejamento energético é executado pela CICE e pode ser dividida em três partes que são as entradas de planejamento, revisão energética e saídas de planejamento.

O processo de planejamento energético serve para traçar quais serão as medidas necessárias para atender aos objetivos definidos na Política energética da organização.

O planejamento energético deve se preocupar em desenvolver os seguintes aspectos:

- I. Revisão energética;
- II. Linha de base de energia;

- III. Indicadores de desempenho energético;
- IV. Requisitos legais e outros requisitos;
- V. Objetivos, metas e planos de ação.

## REVISÃO ENERGÉTICA

A revisão energética é um processo de autoconhecimento da organização sobre como ela se relaciona com a energia elétrica.

Por esse motivo os métodos utilizados para essa coleta de dados devem ser registrados na documentação do SGE e periodicamente revisados para verificar se são capazes de fornecer um perfil energético da organização.

A revisão energética deve abordar todos os setores que podem ter influência no atendimento aos objetivos traçados pela diretoria da organização na política energética.

Somente se conhecendo a organização de maneira clara, objetiva e bem fundamentada será possível a tomada de decisões para a melhoria contínua proposta pelo SGE.

## LINHA DE BASE

Baseados nos dados coletados durante a elaboração da revisão energética é possível criar um gráfico onde podemos identificar e quantificar o consumo de energia elétrica da organização.

O gráfico de linhas de base de energia deve ser elaborado com o objetivo de ser o mais fiel possível à realidade da organização, pois esse gráfico será usado como parâmetro, para comparar o antes e o depois da organização após as medidas de tomadas pelo SGE serem aplicadas.

## INDICADORES DE DESEMPENHOS ENERGÉTICO (IDES)

Indicadores de desempenho energético (IDE) são ferramentas utilizadas para se medir o desempenho energético de processos ou sistemas.

A norma não determina a quantidade e nem quais devem ser os indicadores de desempenho utilizados pela organização, mas determina que a organização deve criar, controlar e registre os seus indicadores.

Os IDEs definidos pela organização serão utilizados para a elaboração e revisão da linha de base de energia, por esse motivo devem ser registrados e armazenados ao longo do tempo.

O desempenho energético deve ser medido mensalmente e registrado no gráfico de linhas de base de energia.

A maneira como os indicadores são atualizados e medidos deve ser registrada na documentação do SGE, para se medir os processos e sistemas da organização podem ser desenvolvidos sistemas de medição e controle.

Como qualquer ferramenta de controle e acompanhamento utilizado nas normas ISO os indicadores estão passíveis de revisão e alteração, que deve ser registrada na documentação do SGE.

## REQUISITOS LEGAIS E OUTROS REQUISITOS

A organização deve relacionar todos os requisitos legais ou outros requisitos que podem afetar o seu desempenho energético do empreendimento.

Podemos definir como requisitos legais aqueles requisitos que precisam ser atendidos por serem obrigatórios, como exemplo os itens apresentados a seguir:

- Leis nacionais e internacionais.
- Diretrizes como a resolução número 390 da ANEEL que regulariza um a central de cogeração como cogeração qualificada.
- Leis municipais, estaduais e governamentais.

## OBJETIVOS, METAS E PLANOS DE AÇÃO PARA GESTÃO DA ENERGIA.

Os objetivos e metas devem estar de acordo com a política energética determinada pela própria diretoria da organização.

Todos os objetivos e metas devem ser registrados na documentação do SGE e comunicados a todos os integrantes da organização.

Esses objetivos e metas devem ser voltados para a melhoria contínua da organização, devem ser claros e específicos e devem ter prazos para a sua execução.

Os planos de ação representam a tomada de atitude da organização em busca da sua melhoria contínua no que se refere ao desempenho energético.

São através dos planos de ação que a organização consegue atingir os objetivos e as metas especificadas.

Os planos de ação devem ficar registrados na documentação do SGE e periodicamente devem ser atualizados para garantir que continuem a ser eficientes para a procura de melhoria continua da organização.

#### 4.6 IMPLEMENTAÇÃO E OPERAÇÃO

Para que o SGE seja capaz de atender a política energética definida pela organização a sua aplicação e operação deve ser conduzida de forma a atender aos princípios destacados na norma ABNT NBR ISO 50001.

Os princípios apresentados pela norma para a aplicação do SGE são:

- Competência, treinamento e conscientização.
- Documentação
- Controle operacional
- Projeto
- Comunicação
- Aquisição de serviços, produtos, equipamentos e energia.

#### COMPETÊNCIA, TREINAMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO.

A organização deve assegurar que todas as pessoas envolvidas com as tarefas relacionadas ao SGE sejam capacitadas para exercer as funções solicitadas,

essa capacitação pode ser comprovada por meio de formação externa, mas também pode ser obtida com a aplicação de treinamentos.

A organização deve garantir que todas as pessoas sejam elas funcionários diretos ou de empresas terceirizados que prestam serviços para a organização e que possam de alguma maneira colaborar para a melhoria na utilização de energia elétrica na organização tenham conhecimento e compreensão do que é a política energética e como elas podem contribuir para que essa política seja bem sucedida.

## DOCUMENTAÇÃO

Toda a documentação necessária para descrever os elementos chaves do SGE e suas interações devem ser criadas e controladas pela organização.

A documentação relacionada ao SGE deve conter as seguintes informações:

- Definição do escopo e das fronteiras de atuação do SGE;
- A definição da política energética;
- Os objetivos e metas energéticas definidas no planejamento energético bem como os planos de ação;
- Documentos e registros exigidos pela norma, bem como todos os documentos que a organização considerar necessários para o funcionamento e aplicação do SGE (ABNT 50001, 2011).

Segunda a norma a organização deve criar e aplicar uma série de procedimentos para garantir a correta utilização dos documentos.

## CONTROLE OPERACIONAL

A organização deve desenvolver e aplicar um controle operacional das atividades comprometido em atender a política energética.

O controle operacional deve ser realizado de maneira a contribuir para que os objetivos, metas e planos de ação energética desenvolvidos no planejamento energético sejam atingidos.

## PROJETO

A partir da implantação do SGE pela organização todos os projetos desenvolvidos pela organização devem levar em consideração a melhoria do desempenho energético.

Os projetos a serem desenvolvidos devem levar em consideração novas opções tecnológicas voltadas para a eficiência energética.

Os projetos desenvolvidos devem priorizar oportunidades de melhoria da organização nesse conceito devem ser considerados projetos de instalações, controle, reformas, aquisição de equipamentos e máquinas.

## COMUNICAÇÃO

A melhor maneira de conseguir o engajamento das pessoas com o SGE e com a política energética da organização é através de uma comunicação bem planejada.

Desenvolver métodos mais eficientes de trabalho e de comportamento não pode ser algo imposto às pessoas sejam elas funcionários internos ou colaboradores externos, as pessoas devem ser conscientizadas da importância de participarem desse processo de melhoria contínua, que deve estar de acordo com a política energética assumida pela organização.

A implantação do SGE deve ser marcada por uma campanha clara e objetiva que busque informar a todas as pessoas o que é o SGE, qual a sua importância, seus objetivos, metas e planos de ação.

A organização deve registrar e documentar todas as iniciativas para a divulgação do SGE e da política energética e deve desenvolver diferentes níveis de comunicação para atingir a diferentes públicos.

## AQUISIÇÃO DE SERVIÇOS DE ENERGIA, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS.

A organização deve vincular a compra dos equipamentos e serviços a parâmetros de eficiência energética.

Toda a aquisição que possa causar uma mudança significativa no consumo de energia elétrica ou no desempenho energético da organização deve ser avaliada com base nos objetivos e metas determinados no planejamento energético.

#### 4.7 VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO

Após a aplicação das medidas de eficiência energética propostas no planejamento energético terem sido aplicadas a organização deve desenvolver uma sistemática para verificar quais foram os resultados obtidos a fim de comprovar se os objetivos e metas definidos no SGE foram alcançados.

O processo de verificação do desempenho compreende cinco etapas que são definidas como:

- Monitoramento, medição e análise;
- Verificação se os requisitos legais e outros requisitos foram obedecidos e atendidos;
- Realização de auditorias internas;
- Depois de encerradas as auditorias a organização deve proceder com a identificação e correção de não conformidades, realização de ações corretivas e preventivas;
- Controle de registros.

#### MONITORAMENTO MEDIÇÃO E ANÁLISE

A organização deve garantir que todo o uso significativo de energia seja monitorado, medido e analisado somente dessa maneira será possível determinar se as ações tomadas pelo SGE estão surtindo o efeito desejado.

A organização deve garantir que os meios utilizados para o monitoramento, medição e análise do consumo de energia elétrica sejam processos confiáveis e estáveis.

A medição correta dos dados é fundamental para se avaliar os trabalhos realizados pelo SGE.

Essas medições estão ligadas aos indicadores de desempenho energético (IDEs) e futuramente esses resultados serão utilizados para atualizar a linha de base energética.

A organização deve determinar a periodicidade das medições.

Todos os dados obtidos com o monitoramento e com as medições devem ser registrados permitindo a consulta e a utilização quando for necessário.

A organização deve garantir que periodicamente sejam verificados se todos os requisitos legais e demais requisitos assumidos pela organização estão sendo cumpridos.

## AUDITORIAS INTERNAS

A organização deve promover a realização de auditorias internas para verificar se o SGE está em conformidade com a política energética e com os objetivos e metas traçados.

A organização deve determinar quais departamentos ou setores devem ser auditados, quais devem ser os pontos abordados nas auditorias bem como a periodicidade com que elas devem ser realizadas.

A organização deve capacitar funcionários para que eles sejam auditores internos.

As auditorias internas e as questões abordadas nessas auditorias devem ser qualificadas, objetivas e imparciais. O relatório da auditoria deve levar em consideração sempre as características do departamento ou setor a ser auditado.

Os resultados das auditorias devem ser registrados, armazenados e analisados para utilização futura.

Os resultados das auditorias devem ser analisados e reportados para a CICE a fim de se elaborar ações corretivas.

O objetivo das auditorias internas é a melhoria contínua da organização no que se refere ao desempenho energético.

## NÃO CONFORMIDADES, AÇÕES CORRETIVAS E AÇÕES PREVENTIVAS

Não conformidade pode ser entendida como qualquer problema encontrado durante uma auditoria que represente um obstáculo para que a organização cumpra com a política energética estabelecida ou com os objetivos e metas definidas no planejamento energético.

A organização deve procurar corrigir toda a não conformidade encontrada, sempre uma não conformidade é encontrada uma ação corretiva deve ser aplicada.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 50001, 2011, p. 13) a organização deve tratar todas as não conformidade por meios de ações corretivas que devem incluir:

- a) análise crítica de não conformidades ou potências não conformidades;
- b) determinação das causas de não conformidades ou potenciais não conformidades;
- c) avaliação da necessidade de ações para assegurar que não conformidades não ocorram ou não ocorram novidades;
- d) determinação e implementação de ações necessárias apropriadas;
- e) manutenção de registros de ações corretivas e preventivas tomadas (ABNT 50001, 2011).

As ações corretivas e preventivas tomadas devem ser proporcionais ao tamanho do problema causado pelas não conformidades.

A organização deve manter o registro de todas as auditorias realizadas bem como de todas as ações corretivas e preventivas realizadas.

## CONTROLE DE REGISTROS

A organização deve desenvolver uma sistemática para o armazenamento e controle das informações geradas pelo SGE, garantindo que essas informações estejam disponíveis, sempre que necessário.

Entre os assuntos abordados por esses registros devem constar os seguintes temas:

- Definição do perfil energético da organização;
- Planos de ação definidos pela CICE;
- Métodos utilizados para a análise e determinação do uso da energia da organização;
- Método utilizado para a criação dos indicadores de desempenho energético (IDEs);
- Gráficos da linha de base da organização;
- Treinamentos realizados, lista de participantes, metodologia utilizada para a determinação da necessidade dos mesmos, critérios de avaliação dos treinamentos, etc;
- Dados referentes às equipes que compõe o SGE como competência, formação, experiência, etc;
- Dados sobre os projetos de desempenho energético;
- Registros das medições e verificações do desempenho energético da organização;
- Resultados das auditorias internas;
- Controle das ações corretivas abertas e encerradas;
- Definições da política energética da organização e suas possíveis revisões.
- Dados referentes a todos os setores e departamentos com uso significativo de energia;
- Dados sobre os equipamentos comprados ou reformados que tenham impacto sobre o desempenho energético da organização;

A organização deve manter controle sobre todas as informações que possam causar qualquer impacto sobre a política energética assumida, ou sobre os objetivos e metas definidos no planejamento energético.

## 4.8 ANÁLISE CRITICA PELA DIREÇÃO

Para a norma a alta direção é responsável por determinar a política energética da organização e por avaliar os resultados obtidos com as ações praticadas pelo SGE.

A CICE deve providenciar os dados necessários para que a alta direção possa realizar a sua análise.

Segunda a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 50001, 2011, p. 14) os dados que a alta direção deve abordar os seguintes assuntos:

- a) ações de acompanhamento de análises críticas realizadas pela direção anterior;
- b) análise crítica da política energética;
- c) análise crítica do desempenho energético e respectivos IDEs;
- d) resultados de avaliações de conformidade com requisitos legais e alterações em requisitos legais e outros requisitos aos quais a organização subscreve;
- e) grau do cumprimento de objetivos e metas energéticas;
- f) resultados de auditorias do SGE;
- g) a situação de ações corretivas e ações preventivas;
- h) desempenho energético projetado para o período seguinte;
- i) recomendações de melhoria (ABNT 50001, 2011).

## RESULTADO DA ANÁLISE REALIZADA PELA DIREÇÃO

A análise crítica realizada pela alta direção da organização deve resultar em melhorias para a organização.

Normalmente as saídas desse processo de análise resultam em mudanças nas seguintes áreas:

- a) modificação no desempenho energético da organização;
- b) modificação na política energética da organização;

- c) modificação nos indicadores de desempenho energético;
- d) modificações nos objetivos e metas estabelecidas no planejamento energético ou em outros elementos do SGE;
- e) alteração no emprego de recursos (ABNT 50001, 2011).

## CERTIFICAÇÃO ABNT NBR ISO 50001

A aplicação da Norma NBR ISO 50001 não exige que a organização providencie a sua certificação pela respectiva norma.

A norma pode ser aplicada somente para a melhoria do desempenho energético da organização, não sendo necessária a comprovação por uma empresa de auditoria externa.

Dependendo da necessidade que a organização tenha em comprovar a sua conformidade com a norma perante clientes ou qualquer entidade externa ela pode optar por uma declaração da própria organização ou por uma certificação externa.

## 5. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso proposto nessa monografia refere-se à implantação de um sistema de gestão da energia conforme o proposto pela norma ABNT NBR ISO 50001 em um Shopping Center que ainda encontra-se na fase de projeto.

O objetivo é definir o sistema de gestão nesse momento, para que o empreendimento já inicie suas atividades com uma postura de preocupação com a melhoria da eficiência energética e do desempenho energético.

O SGE proposto pela norma apresenta inúmeras vantagens entre elas podemos destacar a possibilidade de integração desse sistema com outros sistemas de gestão muito utilizados no Brasil como o sistema de gestão da qualidade (ISO 9001) e o sistema de gestão ambiental (ISO 14001), formando assim um sistema de gestão completo para o empreendimento.

No aspecto de marketing, um empreendimento engajado em desenvolver um consumo mais eficiente da energia elétrica, aliado a políticas de preservação do meio ambiente e de uso racional dos recursos, pode significar uma grande diferencial junto aos clientes.

Para o inicio desse trabalho algumas considerações devem ser definidas sobre o SGE.

O SGE proposto pela norma deve ser compreendido como um sistema que procura desenvolver um conhecimento amplo do empreendimento visando descobrir de que maneira a energia elétrica é utilizada e como é possível diminuir o consumo através da criação e implantação de um processo de melhoria contínua da organização.

O SGE é um sistema com data de inicio, mas não de término, ele deverá existir durante todo o período de funcionamento do empreendimento.

O SGE não deve ser confundido com uma justificativa para a diminuição da qualidade dos serviços prestados no empreendimento, nem com uma campanha voltada para a economia de capital apenas ele corresponde à mudança de comportamentos e hábitos de todos aqueles envolvidos com o empreendimento.

## 5.1 IMPLANTAÇÃO DO SGE

### 5.1.1 Aprovação da direção

O ponto de partida para a implantação do SGE consiste na adesão da Direção do empreendimento que deve estar comprometida com o SGE sendo informada de todas as vantagens e de todas as consequências da implantação do sistema no empreendimento, somente dessa maneira a Direção será capaz de compreender e aprovar os custos e as ações a serem tomadas pelo SGE.

Para esse empreendimento utilizaremos duas estratégias principais para a implantação do SGE que podem ser definidas como:

- Treinamentos direcionados a todos os funcionários envolvidos com o SGE. Por se tratar de um shopping campanhas direcionadas para os usuários do empreendimento também são interessantes e devem ser aplicadas como forma de conscientizar o público sobre a necessidade de utilização racional da energia elétrica e dos recursos naturais como a água.
- Como se trata de um empreendimento na fase de projeto todos os itens a serem adquiridos para o empreendimento como máquinas, equipamentos, sistemas de automação, elevadores, escadas rolantes, entre outros que possam causar impacto significativo no consumo de energia elétrica devem ser adquiridos levando em consideração a análise técnica da eficiência energética. Normalmente essas ações tem custo maior, e levam menor tempo para surtirem o efeito desejado. O empreendimento pode relacionar à compra desses itens a comprovação da eficiência energética declarada pelo fabricante.

A participação da Direção é fundamental para que o SGE tenha sucesso, pois é ela que entre outras funções importantes analisa os resultados obtidos pelo SGE e que define a política energética para o empreendimento.

A primeira decisão que a Direção do empreendimento precisa tomar diz respeito escolher entre duas alternativas importantes para o fornecimento de energia elétrica e de água gelada para o sistema de ar condicionado.

A primeira proposta consiste em comprar a energia elétrica da concessionária local e usar parte dessa energia em um equipamento chamado chiller elétrica para a geração da água gelada para o sistema de ar condicionado.

A segunda proposta é de instalação de uma central de cogeração movida a gás natural para a geração de energia elétrica e para a produção de água gelada será utilizado um chiller de absorção que também utiliza gás natural.

## PREMISSAS DO PROJETO

### **Horário de funcionamento**

Operação Ponta: 66 horas/mês, Fora de Ponta: 384 horas/mês, 12 meses por ano.

### **Energia elétrica**

AES Eletropaulo A4 Azul, Demanda a contratar: 7.700kW. FC na Ponta: 0,84 e FC fora da ponta: 0,77.

### **Sistema de ar condicionado**

Central de água gelada de 2.600TR, composta por 4 unidades de 650TR.

Resfriadores de líquido com compressores centrífugos e condensação a água.

Rendimento igual a 0,50kW/TRh e FC global: 0,7

**Custo com água e esgoto:** R\$ 14,00/m<sup>3</sup> e taxa de evaporação da torre igual a 1% da vazão de condensação.

## PROPOSTA NÚMERO 1 - CONVENCIONAL

A proposta número 1 consiste em um sistema convencional onde parte demanda elétrica contratada junto à concessionária é utilizada para alimentar um chiller elétrico de condensação a água que é o equipamento responsável por gerar a água gelada necessária para o sistema de ar condicionado do empreendimento.

O sistema convencional apresenta as seguintes características:

- Energia Elétrica: fornecida pela Concessionária A4 Azul.

Para o estabelecimento do grupo tarifário ao qual o empreendimento deve ser enquadrado foram usadas as condições estabelecidas pela Resolução da ANEEL número 456.

De acordo com essa resolução o empreendimento foi classificado como pertencente ao grupo A (“Alta tensão”) onde a tensão de fornecimento deve ser maior ou igual a 2300V.

Ainda dentro do grupo A o empreendimento foi classificado como pertencente ao Subgrupo A4 cuja tensão de fornecimento encontra-se entre 2,3kV a 25kV.

Conforme a Resolução Homologatória da ANEEL, número 1.319, de 3 Julho de 2012, foi definido que o empreendimento deverá obedecer a modalidade tarifária horária Azul.

A Modalidade tarifária horária Azul é aplicada somente a unidades consumidoras classificadas como Grupo A e determina a aplicação de tarifas diferentes para o consumo de energia elétrica (R\$/MWh) e de demanda de potencia (R\$/MW), dependendo se o consumo foi no horário de Ponta ou Fora de ponta.

- O sistema de ar condicionado será do tipo sistema de expansão indireta, utilizando uma centras de água gelada (CAG) com chiller com condensação á agua.
- Equipamento utilizado

O chiller a ser utilizado será com compressor do tipo centrífugo.

A escolha por esse equipamento se deve ao fato a vários fatores entre eles podemos destacar:

- Capaz de atender a grandes capacidades (até 8500TR)
- Apresenta maior eficiência que os chillers com condensação á agua.

O roteiro utilizado para cálculo do sistema convencional foi o seguinte:

- 1) Cálculo da energia elétrica total;

- 2) Carga térmica anual;
- 3) Custo de manutenção da central de água gelada – (CAG);
- 4) Custo com a água utilizada nas torres de resfriamento.

## FATOR DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA PARA O SISTEMA CONVENCIONAL

Para que fosse possível comparar as alternativas propostas um dos critérios utilizados foi à comparação do FUE.

Para a proposta número 1 que trata do sistema convencional foi desenvolvido um cálculo para se determinar qual a quantidade de energia elétrica acima da quantidade demandada pelo Shopping Center que uma central termelétrica necessitaria gerar para atender a demanda contratada. Para esse cálculo foi considerado que o rendimento elétrico da central é de 40% e as perdas na linha de transmissão são de 18%, esses dados foram dados obtidos durante as aulas da disciplina ERG-003 Cogeração.

Para a análise do modelo de geração centralizada foi proposto o esquema abaixo:

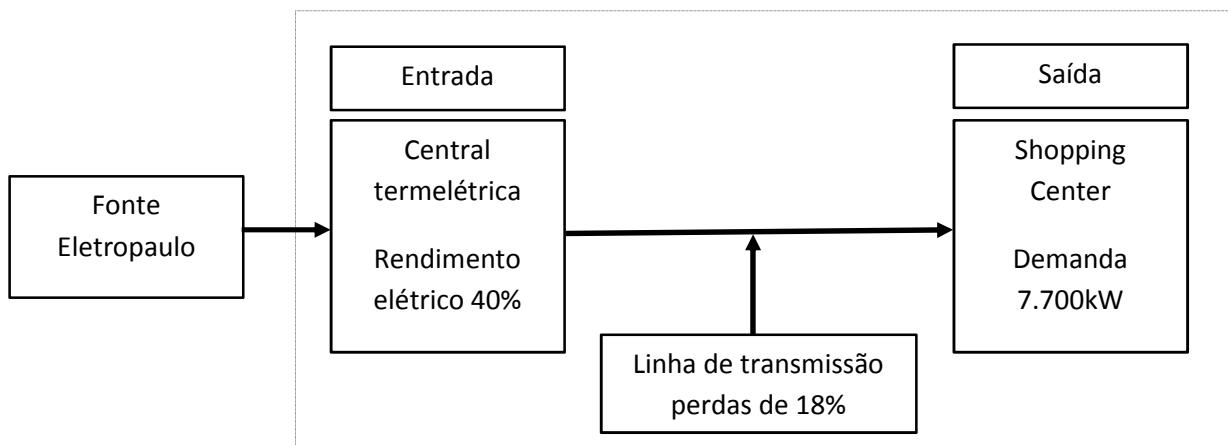


Figura 30 Diagrama conceitual para cálculo do parâmetro Fonte Eletropaulo. Fonte: Produção própria.

Utilizando a fórmula abaixo concluímos que para atender a demanda solicitada pelo empreendimento que é de 7700kW serão necessários 23.476kW.

$$\text{Fonte Eletropaulo} = 7.700\text{kW}/(0,4 \times 0,82) \quad (6)$$

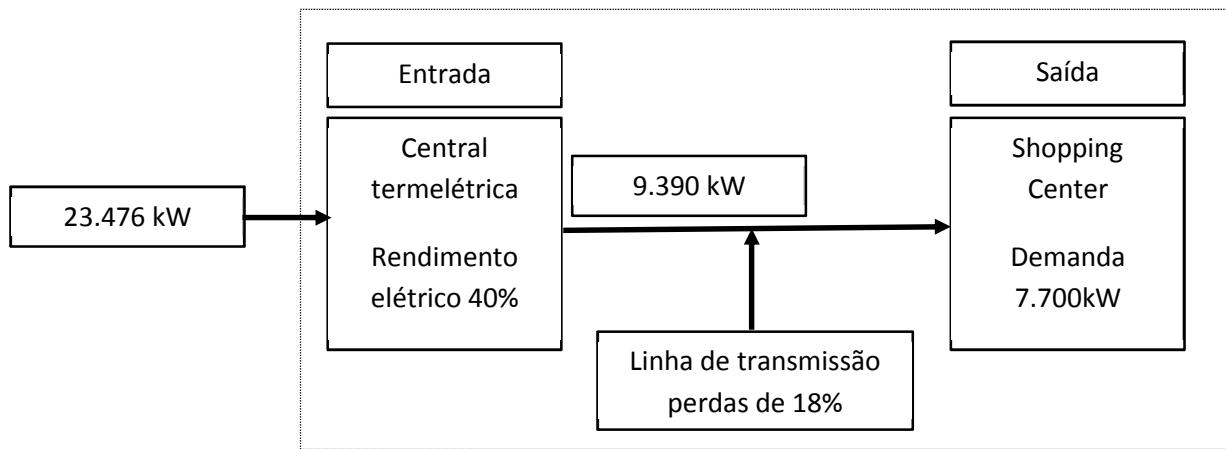


Figura 31 Diagrama conceitual para cálculo do parâmetro Fonte Eletropaulo. Fonte: Produção própria.

## CÁLCULO DO FATOR DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA - FUE

Considerando os valores do projeto, chegamos a um FUE para a proposta número 1 convencional de 33%.

## PROPOSTA ALTERNATIVA – COGERAÇÃO A GÁS NATURAL

A proposta alternativa consiste na implantação de um sistema de cogeração a

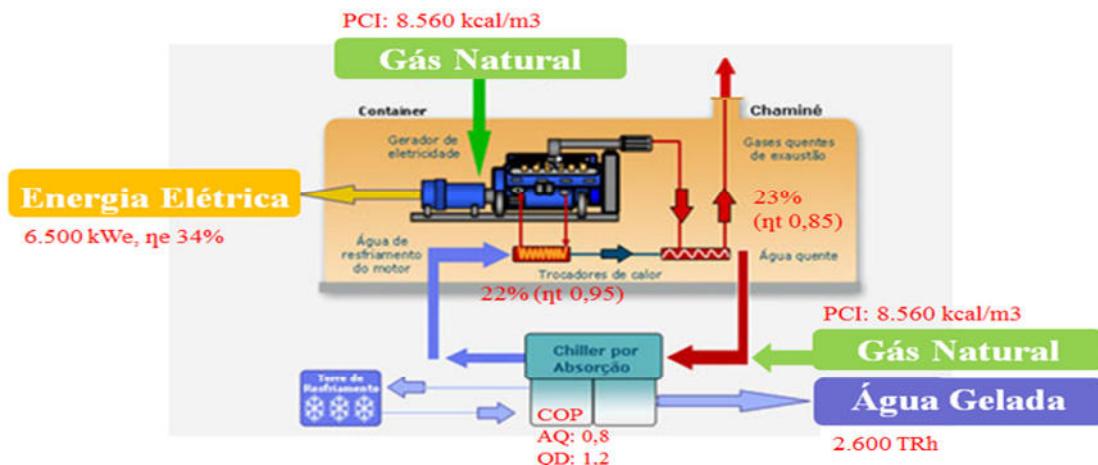


Figura 32 Configuração da central de cogeração utilizada no empreendimento. Fonte ANDREOS, 2014.

gás natural, conforme o diagrama apresentado abaixo:

A central de cogeração vai trabalhar no regime Topping onde o objetivo principal é a geração de energia elétrica para o empreendimento, utilizando o gás natural como combustível.

O sistema proposto é formado por um motogerador que é uma máquina formada por um motor de combustão interna (MCI), movido a gás natural e que está acoplado a um gerador de energia elétrica, dessa maneira a energia mecânica gerada no eixo do motor devido ao processo de combustão é transformada em energia elétrica.

Os gases quentes que são rejeitos térmicos do processo de combustão saem do motor e passam por um trocador de calor onde a energia contida nesses gases é usada para esquentar a água que será utilizada no gerador do chiller de absorção.

No gerador do chiller de absorção essa água quente será usada para aquecer a solução diluída de  $H_2O$  e LiBr, liberando o líquido refrigerante  $H_2O$  da substância absorvedora LiBr (brometo de lítio) ambos utilizados no chiller de absorção, esse processo de aquecimento é complementado com a queima de gás natural.

O chiller de absorção é responsável por produzir a água utilizada para o resfriamento do motor e a água gelada necessária para o sistema de ar condicionado do empreendimento. O chiller de absorção produz a água gelada por meio de um processo químico que não agride o meio ambiente.

Entre as vantagens desse sistema está o fato de que o chiller de absorção utiliza cerca de 1% da energia elétrica utilizada em um chiller convencional (ANDREOS, 2014).

Outras vantagens do chiller de absorção é que se trata de um equipamento de operação silenciosa e isenta de vibração, apresenta baixo custo de manutenção e porque utiliza como substância refrigerante a água que não agride o meio ambiente.

A aplicação da cogeração a gás natural não evitárá que o empreendimento necessite comprar energia elétrica da concessionária local, contudo possibilita que a demanda de energia elétrica contratada da concessionária local, contudo

possibilitará que a demanda contratada seja menor o que significa redução de custos.

Outra vantagem que o sistema de cogeração possibilitará é a capacidade do empreendimento se planejar para utilizar menos energia da concessionária principalmente nos períodos de ponta onde o custo da energia é mais elevado.

Para o estabelecimento do grupo tarifário ao qual o empreendimento deve ser enquadrado foram usadas as condições estabelecidas pela Resolução da ANEEL número 456.

De acordo com essa resolução o empreendimento foi classificado como pertencente ao grupo A (“Alta tensão”) onde a tensão de fornecimento deve ser maior ou igual a 2.300V.

Ainda dentro do grupo A o empreendimento foi classificado como pertencente ao Subgrupo A4 cuja tensão de fornecimento encontra-se entre 2,3kV a 25kV.

Outra vantagem que o empreendimento consegue ao utilizar a tecnologia de cogeração em sua planta é que essa tecnologia garante maior independência da energia elétrica fornecida pela concessionária o que na prática permite a possibilidade de se desenvolver um planejamento para diminuir o consumo da energia elétrica fornecida pela concessionária principalmente nos períodos de Ponta onde o seu custo é mais elevado.

Dessa maneira conforme a Resolução Homologatória da ANEEL, número 1.319, de 3 Julho de 2012 o empreendimento pode utilizar uma modalidade tarifária horária mais interessante a modalidade tarifária mais interessante no caso a verde.

A Modalidade tarifária horária Verde é aplicada somente a unidades consumidoras classificadas como Grupo A e determina a aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica (R\$/MWh), e permite uma única tarifa de demanda de potencia (R\$/MW),

- Equipamento utilizado

Ag – Chiller ABS AQ e QD de absorção.

O roteiro utilizado para o cálculo da cogeração foi o seguinte:

- 5) Cálculo da geração da energia elétrica;
- 6) Cálculo da energia térmica gerada;
- 7) Novo custo da energia elétrica total
- 8) Custos de manutenção da CAG;
- 9) Custo com a água utilizada nas torres de resfriamento.

## BALANÇO ENERGÉTICO

Tabela 8 Balanço energético da cogeração

<b>Balanço Energético</b>		
Consumo Gerador:	0,2955	m3/kWh
Capacidade:	6.500	kW
Vazão horária GN:	1.921	m3/h
PCI GN	8.560	kcal/m3
Energia Entra Gerador	16.441.176	kcal/h
Energia Térmica Bloco	22%	
Eficiência do Trocador	0,95	
Energia Térmica Bloco Útil	3.436.206	kcal/h
Energia Térmica Exaustão	23%	
Eficiência do Trocador	0,85	
Energia Térmica Exaustão Útil	3.214.250	kcal/h
Energia Térmica Útil total	6.650.456	kcal/h
COP Chiller ABS AQ	0,8	
Cap. Geração Térmica AG	5.320.365	kcal/h
Cap. Geração Térmica AG	<b>1.759</b>	TRh
Demandas Térmicas Total	<b>2.600</b>	TRh
Cap. Gerador acoplado QD	<b>841</b>	TRh

Fonte: Produção própria

## QUALIFICAÇÃO DA COGERAÇÃO

Para que uma central cogeração possa ser classificada como cogeração qualificada ela deve atender aos requisitos declarados na Resolução nº 235 de 14/11/06 da ANEEL.

Os requisitos que a central cogeradora deverá atender são os especificados abaixo:

- 1) A central cogeradora deverá ter sua situação regularizada perante ANEEL, conforme a Resolução nº 112, de 8 de maio de 1999.
- 2) Atender aos requisitos mínimos de racionalidade energética, através do cumprimento das inequações (a) e (b) respectivamente.

Fonte/potência elétrica instalada	X	Fc%
<b>Derivados de Petróleo, Gás Natural e Carvão:</b>		
Até 5 MW	2,14	41
Acima de 5 MW e até 20 MW	2,13	44
Acima de 20 MW	2,00	50
<b>Demais combustíveis:</b>		
Até 5 MW	2,50	32
Acima de 5 MW e até 20 MW	2,14	37
Acima de 20 MW	1,88	42
<b>Calor recuperado de processo:</b>		
Até 5 MW	2,60	25
Acima de 5 MW e até 20 MW	2,17	30
Acima de 20 MW	1,86	35

$$Ef = 14.171 \text{ kWh/h}$$

$$Ee = 4.818 \text{ kWh/h}$$

$$Et = 4.587 \text{ kWh/h}$$

$$X = 2,13$$

$$Fc = 44\%$$

### Requisito

$$a) \quad \frac{Et}{Ef} \geq 15\% \quad 32\% - \text{cumpre} \quad (5)$$

$$(b) \quad \left( \frac{Et}{Ef} \right) \div X + \frac{Ee}{Ef} \geq Fc\% \quad 49\% - \text{cumpre} \quad (6)$$

A central de cogeração proposta para o projeto pode ser classificada como cogeração qualificada, pois atende a todos os requisitos declarados na Resolução nº 235 da ANEEL.

#### FATOR DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA - FUE

$\dot{W}$ = Potência de eixo produzida pela máquina	6.500kW
$\dot{Q}_u$ = Taxa de calor útil produzido ou recuperado	6.186kW
Taxa de energia do combustível utilizada	10.118kW
Fator de utilização de energia (FUE)	66%

#### COMPARATIVO ENTRE A PROPOSTA CONVENCIONAL E A PROPOSTA ALTERNATIVA.

Tabela 9 Comparativo entre a proposta convencional x alternativa

	Convencional	Cogeração
Custo anual total de energia elétrica	R\$ 18.635.429	R\$ 1.919.042
Custo anual de geração de energia elétrica		R\$ 9.555.462
Custo anual de GN adicional Chiller ABS QD		R\$ 717.805
Custo com manutenção do Ar Condicionado		R\$ 208.000
Custo com reposição de água tratamento químico AC		R\$ 1.269.685
Custo operacional por ano	R\$ 19.869.312	R\$ 13.669.994
Economia operacional		R\$ 6.226.318
Fator de utilização da energia - FUE	33%	66%

Fonte: produção própria

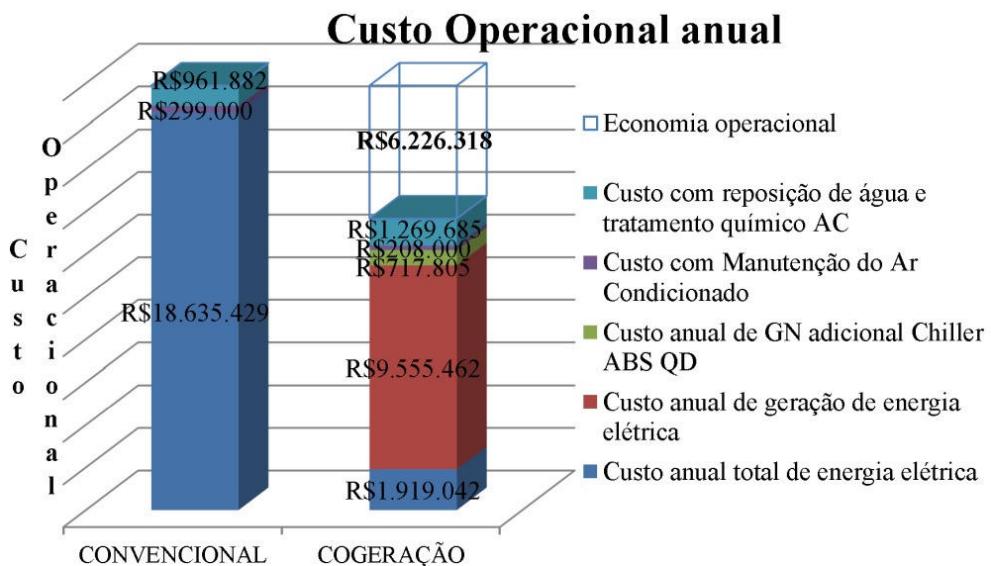


Figura 33 Comparativo do custo operacional anual entre as propostas. Fonte: ANDREOS, 2014

### COMPARATIVO FINANCEIRO ANUAL

- Economia operacional = 31%
- Payback Simples = 2,5 anos

### CENÁRIO FUTURO ANO 2015

Energia elétrica (AES Eletropaulo) aumento da inflação + 5% = 11%

Gás Natural (Comgás) previsão de redução no preço devido à queda no preço do petróleo = -20%

### RESULTADO DO COMPARATIVO ENTRE A ALTERNATIVA CONVENCIONAL X COGERAÇÃO

Após analise das duas propostas, podemos perceber que a cogeração apresenta um FUE de 66% maior que o FUE de 33% da proposta convencional o que significa que a cogeração é mais eficiente que a proposta convencional.

Outro fator importante é que o custo final da proposta alternativa é menor que o custo da proposta convencional.

Dessa maneira a proposta escolhida é a proposta alternativa cogeração a gás natural.

### 5.1.2 Criação da Comissão interna de conservação de energia (CICE)

Para o desenvolvimento do SGE será necessário à criação da CICE no empreendimento, a sugestão é que essa equipe seja formada por funcionários de todos os setores do empreendimento.

Como sugestão de como deveria ser a Formação da CICE para o empreendimento analisado no estudo de caso segue a figura abaixo:

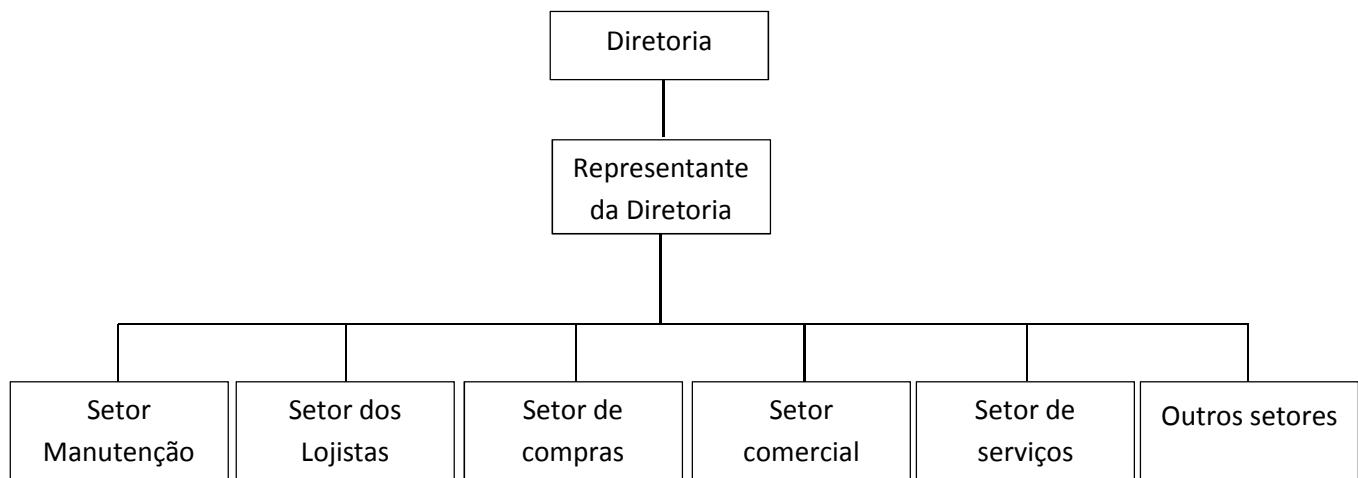


Figura 48 – Sugestão de estrutura da CICE para o empreendimento  
Fonte: Produção própria

A CICE deve identificar o consumo de energia primário e secundário do empreendimento.

Como consumo primário de energia do empreendimento vamos considerar a compra de energia na forma bruta como a energia elétrica comprada da concessionária ou a compra do combustível no caso o gás natural.

Como consumo secundário, vamos considerar o consumo de energia elétrica ocorrida nos setores de iluminação, motores, escadas rolantes, elevadores, etc.

### 5.1.3 Planejamento energético

O planejamento energético compreende um conjunto de atividades fundamentais para a realização dos trabalhos do SGE.

O planejamento energético é uma atividade complexa que lida com todas as áreas de consumo de energia elétrica do empreendimento.

Através dos dados de entrada é que podemos conhecer onde, quando e como a energia elétrica é utilizada no empreendimento, através desse planejamento energético é possível realizar um diagnóstico energético da organização.

O planejamento deve ser minucioso, pois a partir dele serão desenvolvidos os seguintes aspectos:

- Revisão energética;
- Linha de base de energia;
- Indicadores de desempenho energético;
- Requisitos legais e outros requisitos;
- Objetivos, metas e planos de ação.

## DIVISÃO DO SISTEMA

Para a realização do planejamento energético devem ser identificados todos os setores com consumo significativo de energia elétrica no empreendimento.

Os dados coletados com esses consumidores serão os dados de entrada do planejamento energético.

Os dados coletados serão importantes para indicar os locais de consumo a quantidade consumida, esses dados serão importantíssimos para que seja possível conhecer o empreendimento no que se refere ao consumo de energia elétrica.

Para auxiliar na determinação do consumo total do empreendimento é recomendável identificar os setores consumidores e analisá-los de forma individual identificando todas as entradas e saídas de cada setor.

Essa divisão auxilia na coleta de dados no armazenamento e na análise dos dados coletados.

Todo o consumo significativo de energia elétrica ou de algum recurso importante como a água no empreendimento deve ser medido, registrado e monitorado.

Os dados coletados serão usados para a elaboração do diagnóstico energético da organização.

## COLETA DE DADOS

No Processo de elaboração do planejamento energético são coletados todos os dados significativos para a elaboração da revisão energética que pode ser entendida como um retrato de como o empreendimento gasta seus recursos energéticos.

Essa coleta de dados corresponde a uma etapa muito importante do trabalho da CICE.

Os dados servirão para se determinar o consumo de cada departamento, durante esse trabalho devem se utilizar meios confiáveis para a aquisição dos dados.

Através de um processo de aquisição de dados confiável e possível identificar falhas, equipamentos com defeito, não conformidades no sistema e oportunidades de melhoria por esse motivo a frequência com que os dados são coletadas deve ser determinada de acordo com o tipo de atividade de cada organização, essa determinação fica a cargo da CICE.

Para definição do procedimento de medição e verificação de um sistema ou processo podemos utilizar como base as informações contidas no PIMVP (Programa internacional de Verificação e Medição) que é um documento elaborado pela organização EVO (Organização de Avaliação de Eficiência), nesse manual temos orientações sobre ferramentas de medição e verificação de projetos de eficiência energética.

Na figura seguinte temos um fluxograma utilizado para auxiliar na elaboração do programa de inspeção e verificação do processo.

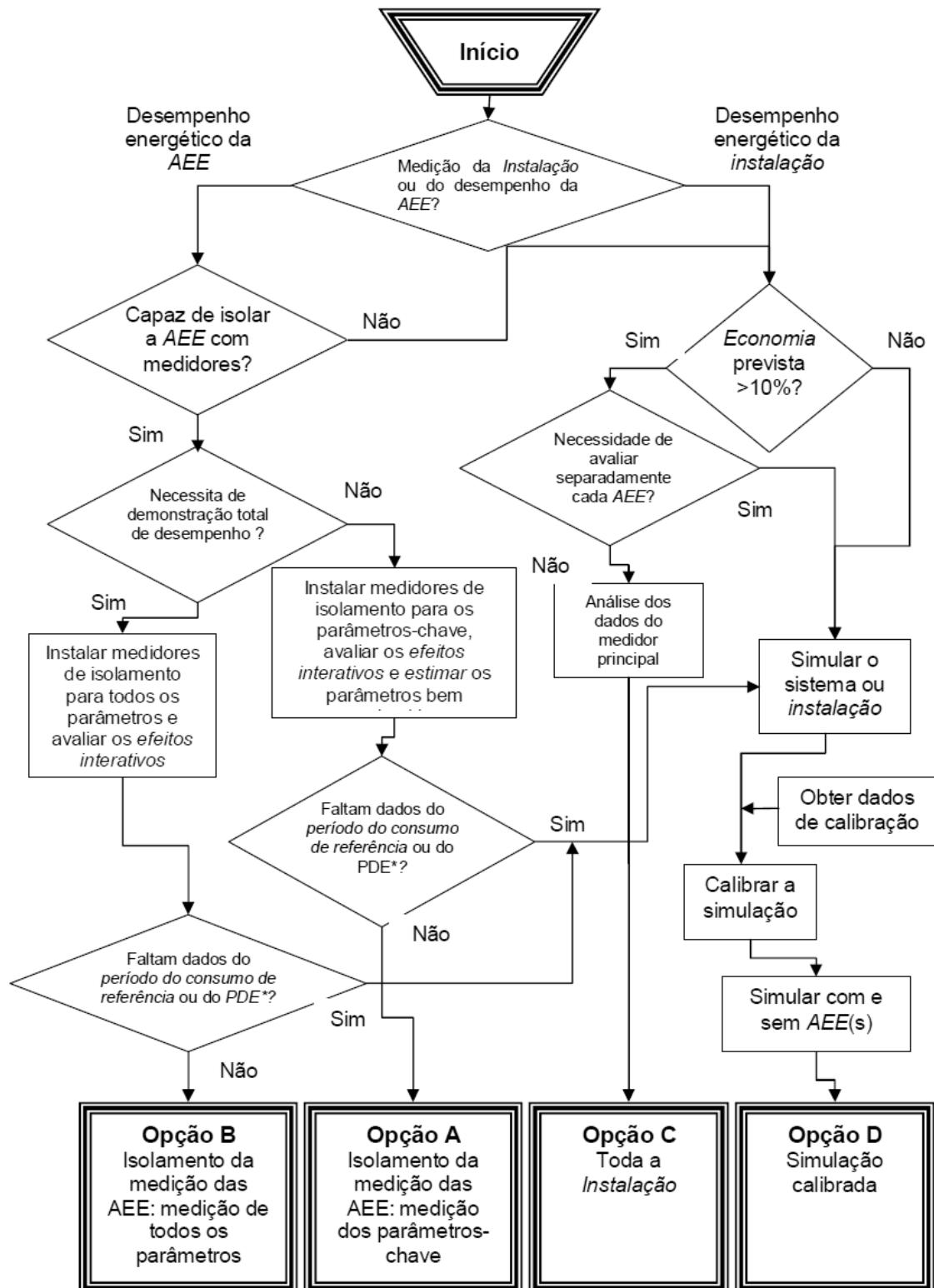


Figura 34 Metodologia para análise do PIMVP Fonte: Metodologia de aplicação

No caso do empreendimento analisado que é um Shopping Center seguem algumas áreas que devem ser acompanhadas entre eles:

- Iluminação interior e exterior do empreendimento;
- Aquecimento, ventilação e de ar condicionado;
- Motores, elevadores, escadas rolantes,
- Consumo de cada loja e restaurante;
- Tarifas de água, luz;
- Ar comprimido entre outros.

No caso do empreendimento deve se analisar a possibilidade de sistemas que evitem que escadas rolantes fiquem funcionando sem usuários, deve se analisar a possibilidade de durante a construção das instalações do empreendimento incentivar o uso de luz natural, outro fator interessante de ser analisado é a aplicação de leds na iluminação de áreas internas e externas.

Para a diminuição do consumo de água a sugestão é que o empreendimento seja preparado para armazenar a água das chuvas podendo utilizá-la em situações que não seja necessária água potável.

Outra ferramenta importante que pode ser utilizada é a criação de sistemas de controle para quando as cargas consumidoras da energia elétrica do empreendimento começam a funcionar e qual o seu impacto no consumo total do empreendimento. Dessa maneira talvez seja possível planejar para que as cargas não comecem a trabalhar ao mesmo tempo.

## ANÁLISE DE DADOS

Fica a cargo da equipe da CICE a análise dos dados coletados e a definição dos objetivos e das metas bem como dos planos de ação, devemos lembrar que todas essas ações devem estar voltadas para o cumprimento da política energética definida para o empreendimento.

A análise dos dados deve gerar a Revisão Energética do empreendimento, essa etapa também pode ser chamada de diagnóstico energético pois compreende uma etapa de conhecimento do empreendimento e deve indicar áreas com uso significativo da energia elétrica no empreendimento e propiciar oportunidades de melhoria.

## SAÍDAS DO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

Os dados de saída esperados após a realização do diagnóstico energético devem ser direcionados para atender aos seguintes objetivos:

- Criação da linha de base energética do empreendimento;
- Criação e definição dos indicadores de desempenho energético (IDE) do empreendimento;
- Definição dos objetivos, metas e planos de ação para o empreendimento;

## LINHA DE BASE ENERGÉTICA

A linha de base energética corresponde a um gráfico representativo do consumo total da organização durante um determinado período de tempo, normalmente esse gráfico é mensal e apresenta a duração de 12 meses.

No estudo de caso analisado não foi elaborada uma linha de base energética, pois o estudo de caso ainda está na fase de projeto.

## INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

Os IDEs podem ser os mais variados possíveis, mas devem ser adequados para cada tipo de organização.

Como sugestão para os possíveis IDEs que a CICE pode utilizar para um Shopping Center podemos sugerir:

- Contas de água e de energia elétrica do empreendimento;

- Instalar medidores de consumo de água e de energia elétrica, individuais em todos os consumidores significativos;
- Verificar a qualidade da energia, nesse aspecto o controle do Fator de potencia pode ser considerado como um indicador de desempenho energético do empreendimento entre outros.
- Pode se criar um banco de dados com o registro de consumo de todos os equipamentos para assim poder criar um histórico de consumo. Para os equipamentos novos pode se utilizar as informações de consumo existentes nos manuais dos fabricantes.
- Caso existam parâmetros externos que interfiram no consumo de energia elétrica do empreendimento os mesmos devem ser considerados e de alguma maneira medidos e registrados, por exemplo, aumento do número de usuários do Shopping Center em feriados.
- Todos os equipamentos comprados para o Shopping Center e que tenham impacto significativo no consumo de energia elétrico ou no desempenho energético do empreendimento devem ter sua compra vinculada a análise da eficiência energética do item.

## OBJETIVOS, METAS E PLANOS DE AÇÃO.

Após toda a atividade do Planejamento Energético ter sido realizada, a CICE deve definir quais devem ser os objetivos e metas a serem alcançados.

Os objetivos e as metas devem estar voltados para o atendimento da Política Energética estabelecida pela direção da organização.

## SEGUNDA ETAPA

Essa segunda corresponde à fase de aplicação do SGE no empreendimento.

Como foi mencionado anteriormente o SGE proposto pela norma é estruturado na ferramenta de qualidade chamada ciclo PDCA o que significa um

sistema em constante mudança para a procura da melhoria contínua da organização.

Basicamente as atividades mensais do SGE devem ser voltadas para o monitoramento e análise do empreendimento, como guia para essas atividades pode-se sugerir o seguinte ciclo:

a) Atender a Política Energética

- O SGE deve atender aos objetivos e metas determinados no planejamento energético.
- A CICE deve trabalhar para que o SGE esteja de acordo com a Política Energética definida pela Diretoria.

b) Realizar a revisão do Planejamento Energético

- Nessa revisão são analisados os dados de entrada e refeita a Revisão Energética, o que pode originar uma nova linha de base energética.
- Os indicadores de desempenho energético também devem ser revisados para se comprovar se os mesmos continuam adequados e eficazes para a análise da organização. Caso sejam necessários novos indicadores podem ser criados, ou até inativados.
- Deve se verificar se os objetivos e metas definidos anteriormente foram realizados no prazo estabelecido e se os resultados esperados foram atingidos.

c) Fase de implantação e operação

- Nessa fase as ações de eficiência energética devem ser implantadas e monitoradas.
- Devem ser aplicados treinamentos e programas de conscientização dos funcionários e dos fornecedores. Podem ser realizadas também campanhas publicitárias e de

conscientização direcionadas para o público que frequenta o empreendimento.

- Nessa fase também está compreendida o controle da documentação relacionada ao SGE como a revisão de documentos, o controle e análise de todos os registros relacionados ao SGE.

d) Fase de verificação

- Sempre após ser realizada qualquer ação de eficiência energética segue uma fase de monitoração, medição e análise para avaliar os seus resultados.
- Nessa fase ocorre à medição e monitoração dos indicadores de desempenho energético, esse processo ocorre através de relatórios e leituras;
- Nessa fase procura se identificar não conformidades no sistema, realizar ações corretivas, ações preventivas e identificar possíveis pontos de melhoria.
- Nessa fase ocorrem as auditorias internas do SGE e também podem ocorrer auditorias externas;
- Etc.

e) Fase de análise crítica pela direção

- Nessa fase a direção recebe os resultados de todos os trabalhos realizados pelo SGE (planos da ação de eficiência energética, objetivos e metas, resultados das auditorias internas e talvez até externas).
- A partir da análise crítica realizada pela direção a Política Energética da organização pode ser atualizada, recomendações de melhorias podem ser realizadas. Para a norma ABNT NBR ISO 50001 a participação da direção é fundamental para o processo de melhoria contínua da organização.

## 6. CONCLUSÃO

O sistema de gestão da energia (SGE) proposto pela Norma ABNT NBR ISO 50001, pode representar uma importante ferramenta para o desenvolvimento de um conhecimento mais amplo de qualquer tipo de organização, contribuindo de maneira significativa para a tomada de decisões.

No estudo de caso apresentado nessa monografia, foi possível desenvolver os conceitos da norma e constatar a sua importância para a criação de uma sistemática de trabalho cujo objetivo é a melhoria contínua no consumo de energia elétrica, mas que pode abranger o consumo de qualquer outro recurso como a água.

A sistemática de trabalho proposta pelas normas ISO pode representar em um primeiro momento um grande desafio, pois exige grande esforço de todos os envolvidos para a sua aplicação e continuidade, mas se aplicada corretamente pode representar um diferencial para as empresas e organizações.

Por estar familiarizado com a metodologia de trabalho proposta pela norma ABNT NBR ISO 9001, considero que o esforço necessário para a criação de um sistema de trabalho organizado apesar de muito trabalhoso, traz inúmeros benefícios, quando utilizado corretamente.

A grande contribuição que essa norma trouxe para a minha formação foi a de proporcionar mecanismos para o desenvolvimento de uma metodologia de trabalho capaz de proporcionar uma maneira mais embasada de conhecer um empreendimento ou uma organização e dessa maneira ser capaz de propor melhorias.

A cogeração a gás natural analisada neste trabalho mostrou se uma alternativa vantajosa se comparada ao sistema convencional seja no aspecto seja no aspecto técnico ou no econômico.

Se considerarmos o FUE da cogeração que foi de 66% o dobro do sistema convencional que foi 33%, já podemos perceber que essa tecnologia de cogeração pode representar um grande avanço para o desenvolvimento de um desempenho energético mais eficiente para o empreendimento, sem mencionarmos os ganhos gerais para o sistema elétrico brasileiro, que seria menos exigido.

A cogeração a gás natural pode ser classificada como uma alternativa muito interessante e viável para a redução de custos e para a melhoria no desempenho energético.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 50001:**  
Sistemas de Gestão da Energia – Requisitos com orientações para uso.
- FROZZA J.F.; LAFAY J.S.; BALDIN V.; MARANGONI F.; **Metodologia de Implementação de um sistema de Gestão de Energia utilizando ABNT NBR ISO 50001**, Texto sobre a aplicação da norma - VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão – Brasil - 08 a 09 de Junho de 2012.
- ANDREOS, Ronaldo. **Estudo de viabilidade técnico-econômica de pequenas centrais de cogeração a gás natural no setor terciário do estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.
- ANEEL, **Resolução normativa número 235**, de 14 de novembro de 2006. Brasilia, Diário Oficial de 22.11.2006, seção 1, p.78, v.143, n.223.
- NIGRO, L.G.; ANDREOS, R. **Apostila do curso de especialização em energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**, Apostila ERG-003 – Cogeração, 01 de Agosto de 2014.
- SIMÕES-MOREIRA, J.R.; PIMENTA, M.M.; **Cogeração, Apostila do curso de especialização em energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**, ERG-009, 2013.
- SIMÕES-MOREIRA, J.R. **Aplicação Da Termodinâmica**. Versão 1.1. Primeira Versão 2010. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Mecânica – SISEA – lab.De Sistemas Energéticos Alternativos. 1 Semestre de 2012.
- FELAMINGO, J.C. **Cogeração, Apostila do curso de climatização e cogeração a gás natural**, Revisão 00, Maio de 2010.
- BRASIL, N.P. **Cogeração, Apostila do curso de engenharia de equipamentos**, Edição de Agosto de 2005
- LORA, E.E.S.; HADDAD, J. Coordenadores. **Livro Geração Distribuída Aspectos Tecnológicos, Ambientais e Institucionais**. Rio de Janeiro: Editora Interciênciac, 2006, Projeto “Oportunidade e Barreiras da Geração distribuída para a Distribuição de Energia Elétrica”.
- RIBEIRO DE SÁ, A.F. **Livro Guia de Aplicações de gestão de energia e eficiência energética**, Segunda Edição, 2010, Editora Publindústria.

- Balesteri, J.A. (2002) **Cogeração – Geração combinada de eletricidade e calor.** Florianópolis: Editora da UFSC
- (Eletrobrás, 2005). **Guia Técnico de Gestão Energética do Procel.** Rio de Janeiro: Eletrobrás
- ISHIMOTO, E.; KATO E.A.; YAMADA, E.S.; TREMURA, J. **Apostilas do curso de especialização em energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética,** Apostila ERG-004 – Eficiência Energética em Empreendimentos, 25 de Outubro de 2014.
- Brasil Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, Secretaria de Políticas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED, Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima – CGMC. **Estimativas anuais de emissão de gases de efeito estufa no Brasil.** Brasília, 2013.
- (Efficiency Valuation Organization – EVO, 2012) **Protocolo de Medição e Verificação de Processo.**
- Brasil, Ministério de Minas e Energia, colaboração Empresa de pesquisa Energética. Brasília. MME, EPE 2007. **Plano Nacional de Energia 2030**

**ANEXO A** – Modelo de documento para formalização do SGE – Guia Procel**TIMBRE da EMPRESA**

CIRCULAR Nº ...../2004

*Implanta o "Programa de Gestão Energética" na (nome da Unidade / Empresa).*

O Presidente/ Diretor (fulano de tal) da (nome Empresa),

CONSIDERANDO que:

- a (Empresa) necessita reduzir custos e tornar-se mais competitiva;
- a Diretoria é a responsável pela elaboração da Política de Gestão Energética da empresa;
- o uso eficiente da energia deve ser uma preocupação de todos e impacta positivamente o meio ambiente, a comunidade e os resultados da empresa;
- (Inserir outros motivos, se necessário);

RESOLVE:

1º - Fica instituído na Empresa o "Programa de Gestão Energética" (ou outro nome).

2º - A coordenação e execução do programa ora instituído ficará a cargo da Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) (ou outro nome).

3º - Integram a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) o \_\_\_\_ (função), que a coordenará, e o \_\_\_\_ (função), que será seu Secretário Executivo, a partir desta data.

4º - A CICE poderá ter outros participantes voluntários ou eleitos. O Coordenador e o Secretário ficam responsáveis pela constituição da equipe da CICE, em até \_\_\_\_ dias.

5º - O estatuto e as atribuições da CICE serão definidos por seus membros e aprovados pela Diretoria, num prazo de \_\_\_\_ dias.

6º - É missão da CICE otimizar o uso de energia na EMPRESA, sendo sua meta nos próximos \_\_\_\_ meses reduzir o consumo específico de energia em \_\_\_\_ %.

Esta Circular entra em vigor na data de sua publicação.

---

Nome - Diretor  
cidade, data.

## ANEXO B – Cronograma de atividades da CICE – Guia Procel

ITEM	ATIVIDADE	FREQÜÊNCIA						Responsável
		Única (período)	Anual	Semestral	Mensal	Semanal	Outra	
<b>1 ADMINISTRATIVAS</b>								
1.1	Criar CICE	1º mês						Diretoria
1.2	Definir a política do uso eficiente de energia na empresa – nível estratégico.	1º mês						Diretoria
1.3	Estabelecer metas e objetivos (executáveis, mensuráveis e administráveis) - nível tático.	1º mês	X					Dir. e CICE
1.4	Elaborar/revisar plano de trabalho - nível operacional.	2º mês		X				CICE
1.5	Negociar com a Direção da empresa para que os recursos obtidos com a redução de despesas advindas dos resultados positivos sejam alocados em conta especial.	1º mês					X	Pres. CICE
1.6	Elaborar pauta e convocar os membros para as reuniões da Comissão.			X				Sec. CICE
1.7	Realizar reunião da CICE, apds o recebimento da conta de energia.			X				CICE
1.8	Preparar e divulgar ata das reuniões.			X				RP CICE
1.9	Elaborar relatório de progresso.		X					Pres. CICE
1.10	Participar de Prêmios de Conservação de Energia		X					DT/RP CICE
1.11	Visitar empresas com processos, usos finais ou programas semelhantes.		X					CICE
1.12	Participar de congressos, seminários de capacitação/atualização em eficiência energética e do setor a que pertence a empresa.					eventual		CICE
<b>2 COMUNICAÇÃO</b>								
2.1	Lançar o PGE e a CICE.	1º mês						Diretoria
2.2	Divulgar informações relativas ao uso racional de energia.			X				DT/RP CICE
2.3	Promover campanhas coletivas, como concursos, palestras e caixas de sugestões, para o uso eficiente de energia.		X			sempre		CICE
2.4	Divulgar os resultados alcançados, em função das metas estabelecidas.			X				CICE
2.5	Divulgar os gráficos de acompanhamento do "Consumo Específico", "Custo Específico", "Economia de Energia" e "Economia em Reais".			X				DT /RP CICE
2.6	Implementar identidade visual do programa, 1º / 2º mês por meio de cartazes, cartilhas, adesivos, bôtons, mascote, símbolo, grife e memorandos internos.			X				CICE

**ANEXO C – Cronograma de atividades da CICE continuação – Guia Procel**

ITEM	ATIVIDADE	FREQÜÊNCIA						Responsável
		Única (período)	Anual	Semestral	Mensal	Semanal	Outra	
2.7	Implantar manuais/placas de uso eficiente de energia em equipamentos.					X		CICE
2.8	Promover cursos, treinamentos, simpósios, palestras técnicas e/ou motivacionais para empregados e gerentes.					X		CICE
2.9	Realizar atividades socioculturais relacionadas com energia.						quando puder	RP CICE
<b>3 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO</b>								
3.1	Avaliar, do ponto de vista energético, as instalações e os procedimentos.				X			CICE
3.2	Avaliar e elaborar diagnóstico da situação atual do consumo de energia da empresa.	2º mês		X				CICE
3.2.1	Identificar os usos finais de energia e utilidades da empresa.	2º mês		X				CICE
3.2.2	Levantar o regime de funcionamento por equipamento.	2º mês		X				CICE
3.2.3	Realizar o rateio de energia e da demanda por setores/usos finais.	2º mês		X				CICE
3.2.4	Identificar os equipamentos/processos que mais consomem energia.	2º / 3º mês		X				CICE
3.2.5	Priorizar setores / equipamentos a serem avaliados.	2º / 3º mês		X				CICE
3.3	Solicitar ou verificar a memória de massa (perfil de energia a cada 15 minutos).	2º / 3º mês		X				DT CICE
3.4	Instalar medições setoriais ou criar metodologias de rateio.	2º / 3º mês					quando puder	DT CICE
3.5	Sugerir medidas de eficientização energética.	4º mês					sempre	CICE / Empresa
3.5.1	Verificar impactos na produção, no meio ambiente e na rotina.	4º mês					sempre	CICE
3.5.2	Auxiliar/elaborar avaliações econômicas das medidas propostas.	4º mês					sempre	CICE
3.6	Avaliar a contratação de consultorias e fornecedores de produtos e serviços de eficiência energética.						quando necessário	CICE
3.7	Participar/apoiar licitações de equipamentos que envolvam consumo de energia.						sempre	CICE
3.8	Checkar a realização da manutenção periódica nos equipamentos.				X			CICE

**ANEXO D** - Cronograma de atividades da CICE continuacão - Guia Procel

ITEM	ATIVIDADE	FREQÜÊNCIA						Responsável
		Única (período)	Anual	Semestral	Mensal	Semanal	Outra	
<b>4 CONTROLES</b>								
4.1	Identificar o consumo específico.	1º mês			X			CICE
4.2	Identificar o preço médio.	1º mês			X			CICE
4.3	Identificar o custo específico.	1º mês			X			CICE
4.4	Acompanhar o faturamento de energia elétrica.				X			CICE
4.5	Estabelecer critérios para o acompanhamento da evolução do consumo mensal de energia.	2º mês	X					CICE
4.6	Elaborar os gráficos de acompanhamento do "Consumo Específico", "Custo Específico", "Economia de Energia" e "Economia em Reais".	2º mês			X			CICE
4.7	Estabelecer metas de redução do consumo específico de energia elétrica.	3º mês	X					CICE
4.8	Analisa a melhor modalidade tarifária.	3º mês	X					CICE
4.9	Analisa os motivos das variações.				X			DT CICE
4.10	Gerenciar o fator de potência indutivo e capacitivo.				X			DT CICE
4.11	Gerenciar o fator de carga.				X			DT CICE
4.12	Discutir com os funcionários sobre possíveis alterações de processos de trabalho.						quando necessário	RP CICE
4.13	Gerenciar e monitorar as ações planejadas.				X			CICE
4.14	Controlar a demanda.					X		DT CICE
4.15	Controlar o consumo específico de energia.				X			CICE
4.16	Controlar o custo específico.				X			CICE
4.17	Analisa os resultados, visando à melhoria das eficiências.				X			CICE
4.18	Negociar com a Concessionária.		X					quando necessário Pres. CICE

## ANEXO D – Memorial de Cálculo do Estudo de Caso

UTILIDADES	CONVENCIONAL	COGERAÇÃO
<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>AES Eletropaulo A4 AZUL</b>	<b>AES Eletropaulo A4 VERDE</b>
Demanda Energia Elétrica (kW)	7.700	6.478
Consumo Anual Ponta (kWh)	5.122.656	285.211
Consumo Anual Fora Ponta (kWh)	27.320.832	1.521.125
Consumo Anual Total (kWh)	32.443.488	1.806.336
(Fator de Carga Resultante)	0,78	
<b>Custo Específico (R\$/kWh) - C/ Impostos</b>	<b>R\$0,57440</b>	<b>R\$1,06239</b>
<b>Custo anual total de energia elétrica</b>	<b>RS18.635.429</b>	<b>RS1.919.042</b>
<b>GERAÇÃO DE ENERGIA A GÁS NATURAL</b>		<b>Motogerador</b>
Capacidade (kW)		6.500
Energia Elétrica Anual Gerada (kWh)		26.017.992
Consumo Anual de Gás Natural (m <sup>3</sup> )		7.688.109
Custo do GN (R\$/m <sup>3</sup> ) - C/ Impostos		R\$1.073679
Custo com Manutenção do(s) gerador(es)		RS1.300.900
<b>Custo anual de geração de energia elétrica</b>		<b>R\$9.555.462</b>
<b>Custo do kWh Gerado (R\$/kWh) - C/ Impostos</b>		<b>RS0,36726</b>
<b>ENERGIA TÉRMICA - AR CONDICIONADO</b>		
CARGA TÉRMICA ANUAL (TRh)	9.828.000	9.828.000
TR cogen (TR)		1.759
ENERGIA TÉRMICA PRODUZIDA PELA COGERAÇÃO (TRh)		7.042.389
<b>AR CONDICIONADO ELÉTRICO</b>		
Carga Térmica (TR)	2.600	2.600
Rendimento kW/TR da Central de Água Gelada	0,50	
Demandas de Energia Elétrica do Sistema de Ar Cond (kW)	1.300	
Consumo EE Anual Total (kWh)	4.914.000	
<b>Custo com Manutenção do Ar Condicionado</b>	<b>R\$299.000</b>	
<b>Custo com reposição de água e tratamento químico AC</b>	<b>R\$961.882</b>	
Custo com Energia Elétrica - CAG	R\$2.822.585	
Custo Total da CAG	RS4.083.467	
<b>Custo Relativo por TR (R\$/TRh)</b>	<b>RS0,4155</b>	
<b>AR CONDICIONADO A GÁS NATURAL (ABSORÇÃO ÁGUA QUENTE + QUEIMA SUPLEMENTAR)</b>		
TR Queima Suplementar (TR)		841
ENERGIA TÉRMICA PRODUZIDA PELA QUEIMA DIRETA (TRh)		2.785.611
Consumo Anual de Gás Natural Queima Suplementar (m <sup>3</sup> )		668.547
<b>Custo anual de GN adicional Chiller ABS QD</b>		<b>R\$717.805</b>
Rendimento kW/TR da Central de Água Gelada		0,03
Demandas de Energia Elétrica do Sistema de Ar Cond GN (kW)		78
Consumo EE Anual Total (kWh)		294.840
Custo com Energia Elétrica - CAG		RS313.237
<b>Custo com Manutenção do Ar Condicionado</b>		<b>R\$208.000</b>
<b>Custo com reposição de água e tratamento químico AC</b>	<b>R\$1.269.685</b>	
Custo Total da CAG		RS2.508.726
<b>Custo Relativo por TR (R\$/TR)</b>	<b>RS0,2553</b>	
<b>CUSTO OPERACIONAL</b>	<b>CONVENCIONAL</b>	<b>COGERAÇÃO</b>
Custo anual total de energia elétrica	RS18.635.429	RS1.919.042
Custo anual de geração de energia elétrica	-	R\$9.555.462
Custo anual de GN adicional Chiller ABS QD	-	R\$717.805
Custo com Manutenção do Ar Condicionado	R\$299.000	R\$208.000
Custo com reposição de água e tratamento químico AC	R\$961.882	R\$1.269.685
<b>CUSTO OPERACIONAL TOTAL</b>	<b>RS19.896.312</b>	<b>RS13.669.994</b>
<b>ECONOMIA OPERACIONAL</b>	<b>REFERÊNCIA</b>	<b>RS6.226.318</b>
		31%