



ACOMPANHAMENTO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA

O **consumo específico de energia** é um excelente indicador para monitorar se sua empresa está usando a energia adequadamente, dentro de padrões razoáveis em relação a outras empresas semelhantes. Ou seja, indica se há um afastamento de um padrão de consumo de energia típico e, consequentemente, se há ineficiência e oportunidades de economias de energia.

Esse indicador pode se referir à quantidade de energia, tanto térmica (calor), quanto elétrica, consumida na produção. Portanto, **quanto mais baixo for o consumo específico de energia, mais eficiente é sua empresa.**

Se o consumo específico de energia estiver muito elevado, com certeza há algum desperdício de energia e alguma forma de reduzir perdas ou melhorar a operação dos equipamentos. Geralmente as principais perdas de calor, que resultam num consumo de energia mais elevado, se dão na combustão, refletindo condições existentes nos gases quentes na chaminé (gases de exaustão), conforme indicado na *caixa amarela 1* da **Figura 1**.

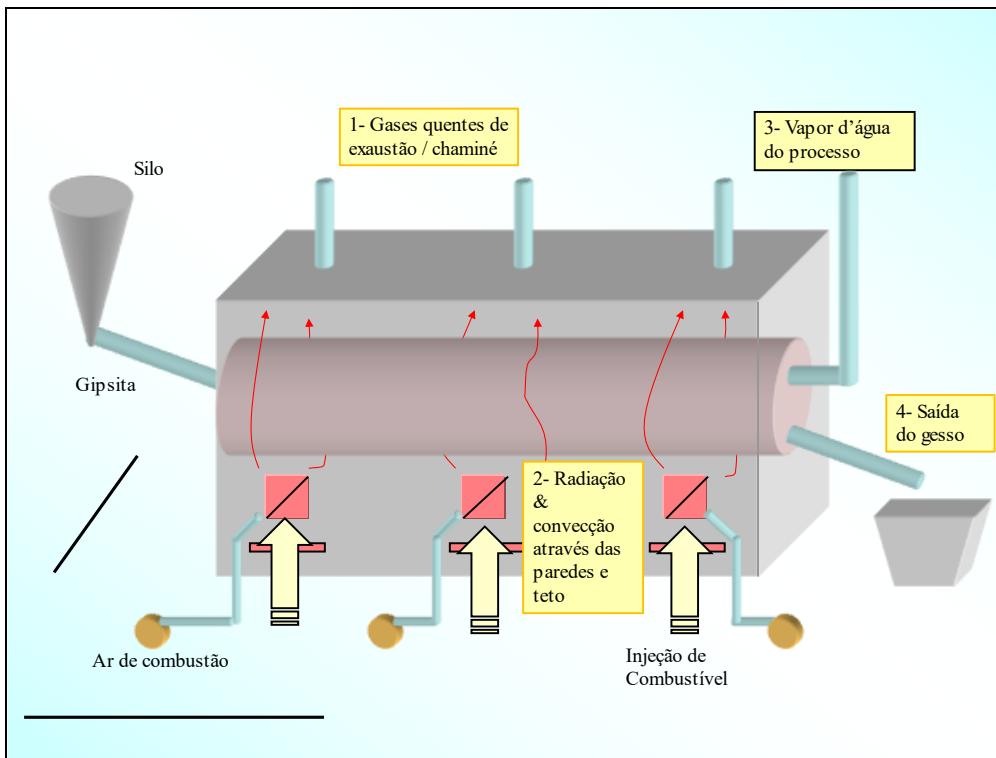


Figura 1. Representação de um forno calcinador de gipsita e suas perdas de calor (indicadas nas caixas amarelas).

COMO CALCULAR?

O cálculo do **consumo específico de energia** é bem simples. É a razão entre o **consumo de energia dividido pela produção da empresa** ou a produção de um equipamento qualquer.

$$\text{Consumo específico de energia} = \frac{\text{Consumo de energia (térmica ou elétrica)}}{\text{Produção total}}$$

Para esse cálculo são necessários os seguintes dados:

- **No caso da energia térmica** - consumo mensal do combustível (ou por batelada), sendo no caso da lenha e de outras biomassas em metro cúbico ou tonelada, sua massa específica (em kg/m³) e o seu conteúdo energético, chamado de poder calorífico inferior (PCI).
- **Produção total da empresa ou do calcinador** em tonelada (t) por mês do produto final ou por batelada.

Para o consumo específico de energia elétrica basta ter os consumos de eletricidade extraídos das contas mensais de energia da concessionária.

EXEMPLO DE CÁLCULO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA TÉRMICA

Este exemplo descreve um caso fictício para uma determinada produção de gesso.

1. **PRODUÇÃO DE GESENTO: 2.500 toneladas por mês**
2. **CONSUMO DE LENHA: 1.500 metros estéreos (st) de lenha/mês ou 375 toneladas/mês**, considerando uma massa específica de 250 kg/st (1.500 st x 250 kg/st). Essa massa de lenha (em quilos) por volume é variável, dependendo de seu tipo e do percentual de umidade,
3. **ENERGIA EQUIVALENTE**: Para obter esse dado é necessário conhecer o **poder calorífico (PCI)** do combustível empregado, que é expresso em quilocalorias (kcal) ou quilojoules (kJ). Neste exemplo, adotou-se um **PCI** para a lenha, com umidade de 30%, no valor de 3.153 kcal/kg (vide gráfico adiante). Assim, para um consumo de 375 t/mês de lenha, resulta em **1.182.375.000 kcal/mês** ou **1.182 Gcal/mês** (gigacalorias) (375.000 kg de lenha x 3.153 kcal/kg).

De posse desses dados de (1), (2) e (3), é possível calcular o **CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA** com dois enfoques mais usuais: 4 (a) e 4 (b) a seguir.

4. CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA

- a. **ENFOQUE NO CONSUMO DE LENHA ou OUTRAS BIOMASSAS** (em estéreos ou em quilos de lenha por tonelada de gesso calcinado): item (2) ÷ item (1)

- $1.500 \text{ metros estéreos (st)}/\text{mês} \div 2.500 \text{ toneladas de gesso}/\text{mês} = 0,6 \text{ st/t de gesso}$
- $375.000 \text{ kg de lenha}/\text{mês} \div 2.500 \text{ t} = 150 \text{ kg de lenha/t de gesso}$

- b. **ENFOQUE NO CONSUMO DE ENERGIA** (em kcal/t de gesso ou kJ/t): item (3) ÷ item (1)

- $1.182.375.000 \text{ kcal}/\text{mês} \div 2.500.000 \text{ kg de gesso} = 473 \text{ kcal/kg de gesso}$

As duas alternativas acima (A e B) são bastante úteis, mas na verdade, a alternativa (B) é a forma que melhor expressa tecnicamente o **consumo específico de energia** de uma empresa ou de um equipamento. É mais precisa porque embute as possíveis variações do poder calorífico, principalmente no caso da lenha ou de outras biomassas.

Com base nestes dados hipotéticos, cada empresa pode se autoavaliar periodicamente e se comparar com o setor ou outras empresas. Caso o valor esteja mais elevado que os valores típicos ou médios, deve-se investigar os motivos, que podem ser, por exemplo: devido ao **tipo do calcinador**, **problemas na combustão**, **dimensionamento da câmara de combustão**, **tiragem desajustada**, **perdas excessivas através das paredes**, **intervalos muito longos entre as bateladas**, **emprego manual de lenha**, **emprego de biomassas muito úmidas** e outros.

De qualquer forma, caso o combustível seja a lenha, pó de serra ou similar, é comum acontecerem variações ao longo de um ano, pelo fato destas biomassas não terem muita uniformidade ou mesmo em função de procedimentos distintos dos foguistas em sistemas não automatizados.

CASO DA LENHA E BIOMASSAS – PCI x UMIDADE

No caso da lenha, o seu poder calorífico (PCI) varia conforme o seu tipo (algaroba, poda de cajueiro, nativa da caatinga, eucalipto e outras), mas principalmente com a massa em quilos por metro estéreo (que pode variar de 210 a 400 kg) e ainda do grau de umidade, que pode oscilar entre **15 e 40%**, se muito seca ou muito úmida. A **Figura 2** mostra esta variação do conteúdo energético de acordo com o teor de umidade. Quanto mais seca, maior será o conteúdo de energia.

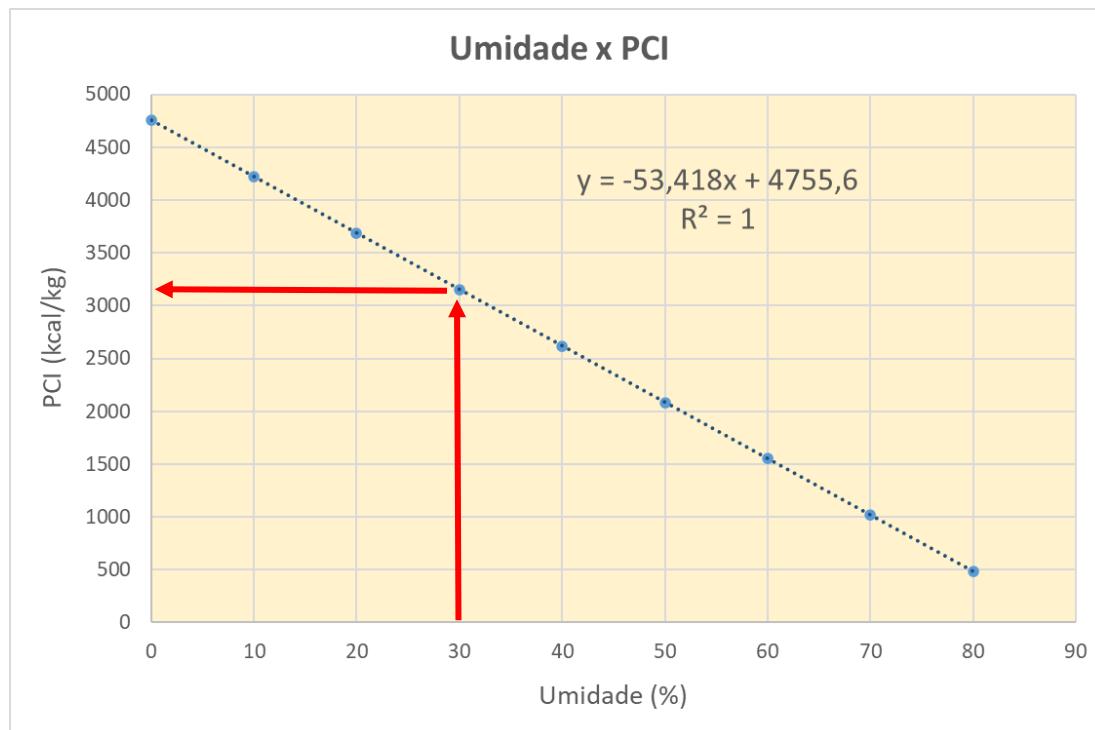


Figura 2. Poder calorífico inferior da lenha (em kcal/kg) x teor de umidade da lenha (%).

PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI) DE OUTROS ENERGÉTICOS

Tabela 1. Poder Calorífico Inferior (PCI) de alguns combustíveis.

PCI (em kcal/kg)	
Óleo BPF	9.590
Coque de petróleo	8.390
Gás natural	8.800 kcal/m ³
GLP	11.100
Lenha/serragem (15% umidade)	3.954
Lenha/serragem (25% umidade)	3.420
Lenha/serragem (35% umidade)	1.865

CONSUMOS ESPECÍFICOS TÍPICOS DE ALGUNS TIPOS DE CALCINADORES

Tabela 2. Consumos específicos de diferentes tipos de fornos.

Forno	Consumo específico (m ³ st lenha/t gesso)	Consumo específico (kcal/t gesso)
Marmita rotativa (barriga quente)	0,3 – 0,7	277 - 646
Contínuo	80 kg biomassa/t gesso	316
Panela (*)	2,1	1.644
Marmita vertical (*)	1,4	1.096

Obs.: todos os valores desta tabela podem ter variações significativas dependendo principalmente da umidade da lenha, do tipo de biomassa empregada e das condições de operação dos fornos calcinadores.

() Modelos ultrapassados.*

DICAS PARA REDUZIR O CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA TÉRMICA

- 1) Dar preferência para equipamentos com operação contínua.
- 2) Reduzir os intervalos entre as calcinações.
- 3) Empregar preferencialmente lenha picada, pó de serra ou serragem, que possibilitam uma combustão com menor quantidade de ar e maior estabilidade.
- 4) Adotar sistemas de alimentação contínua de lenha picada automatizados.
- 5) Usar lenha ou material picado com umidade reduzida.
- 6) Controlar e ajustar a combustão, evitando a entrada de ar em excesso, como também sua falta, que provoca fuligem.
- 7) Recuperar calor para preaquecimento do ar de combustão.
- 8) Empregar mantas refratárias de fibra cerâmica no revestimento interno dos calcinadores.

Lembre-se:

Controlar o consumo específico de energia é o primeiro passo para usar a energia de forma eficiente e sem desperdícios.



Este informe técnico faz parte do conjunto de materiais de disseminação tecnológica do Projeto “Eficiência Energética nos Arranjos Produtivos Locais (APL) na Produção de Gesso na Região do Araripe-PE”, a cargo do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), e sob encomenda do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). É voltado para apoio ao polo produtor de gesso e busca promover o Uso Eficiente de Energia e a implementação de Fontes Renováveis de Energia, em particular de lenha sustentável e de energia solar fotovoltaica, dentre outros temas de interesse das empresas. O objetivo geral é fomentar maior produtividade no setor, além de proporcionar sustentabilidade no seu sentido mais amplo.

No site do Instituto Nacional de Tecnologia é possível ter acesso a outros materiais dedicados ao setor gesseiro, tais como: uso de lenha picada, energia solar fotovoltaica, eficiência energética, entre outros.

Acesse: <https://www.gov.br/int/pt-br/central-de-conteudos/apl-gesso>

Elaborado por:

Instituto Nacional de Tecnologia (INT) - <https://www.gov.br/int/pt-br>

Laboratório de Energia (LABEN) – Divisão de Avaliações e Processos Industriais (DIAPI)

Contatos: augusto.rodrigues@int.gov.br / mauricio.henriques@int.gov.br

A reprodução total ou parcial deste material é permitida devendo ser mencionada a autoria do INT.

Instituto Nacional de Tecnologia (INT). Consumo Específico de Energia. Coleção Boas Práticas e Tecnologias na Produção de Gesso, N° 04. Projeto APL Produção de Gesso na Região do Araripe-PE. Rio de Janeiro, 2023.

Parceria:



Realização:

