

COLEÇÃO “BOAS PRÁTICAS E TECNOLOGIAS NA CERÂMICA VERMELHA”



CONSUMO ESPECÍFICO
DE ENERGIA
Nº 09/2022



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 entre empresas assemelhadas. Ou seja, indica se há um afastamento de um padrão de consumo de energia típico e, conseqüentemente, se há ineficiência e oportunidades de economias de energia.

Esse indicador refere à quantidade de energia, tanto térmica (calor) quanto elétrica, consumida na produção de um determinado produto. Portanto, quando mais baixo é o **Consumo Específico**, mais eficiente é sua empresa.

COMO CALCULAR?

O cálculo do **consumo específico de energia** é bem simples. É a razão entre o consumo de energia térmica ou de energia elétrica dividido pela produção da empresa, ou de um forno ou um processo específico.

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

Para esse cálculo são necessários os seguintes dados:

- **Produção total mensal da empresa ou do forno em milhares (1.000 peças) ou em quilos (kg) ou tonelada (t) do produto final, por tipo de produtos, descontando ou não as perdas.**
- **Pesos médios de cada tipo de produtos (quilos).**
- **No caso da energia térmica - consumo mensal (em m³ estéreo ou tonelada) de lenha ou de outras biomassas, sua massa específica (kg/m³) e o seu conteúdo energético, chamado de poder calorífico.**
- **Para o consumo específico de energia elétrica basta ter as contas mensais de energia da concessionária.**

EXEMPLO DE CÁLCULO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA TÉRMICA

1) Produção

Por hipótese, considerando uma empresa com uma produção de **1.000 milhares/mês**, sendo 40% de telha (com 1,2 kg/peça) e 60% de bloco de vedação (com 2,5 kg/peça), significa que há uma produção de 400 milhares/mês de telha (480 t/mês) e 600 milhares/ mês de blocos de vedação (1.500 t/mês), que resulta em uma produção total de **1.980 t/mês**.

Produtos	Proporção (%)	Produção mensal (milheiros/mês)	Peso médio (kg)	Produção mensal (t/mês)
Telha	40	400	1,2	480
Tijolo	60	600	2,5	1.500
Total	100	1.000	-	1.980

2) Consumo de lenha

Também por hipótese, considerando um consumo de 1.000 m^3 de lenha/mês, e a lenha com peso específico de 250 kg/m^3 , significa que há uma demanda em um determinado mês de 250.000 kg de lenha ($1.000 \text{ m}^3 \times 250 \text{ kg/m}^3$) ou 250 toneladas.

3) Energia equivalente

Neste exemplo, considerando que a lenha utilizada tenha um poder calorífico de **3.000 kcal/kg**, o consumo de energia equivalente seria de 250.000 kg de lenha \times 3.000 kcal/kg , e resultaria em **750.000.000 de kcal/mês**.

O poder calorífico da lenha varia conforme o tipo de madeira (algaroba, poda de cajueiro, caatinga etc), sua massa em quilos por metro estéreo (que pode varia de 210 a 300 kg) e grau de umidade (variando de 18 a 35%, se muito seca ou muito úmida). A figura a seguir mostra esta variação do conteúdo energético de acordo com seu grau de umidade. Quanto mais seca, maior um conteúdo de energia.

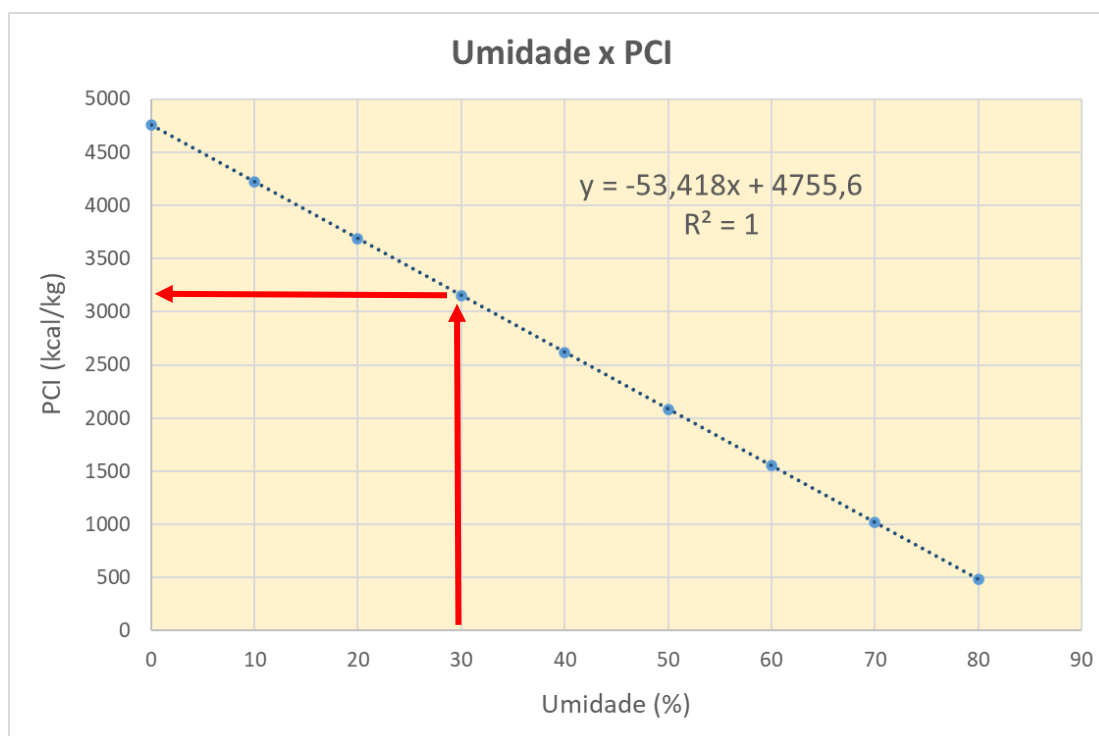


Figura – Poder calorífico da lenha (em kcal/kg) x teor de umidade da lenha (%).

4) Consumo específico de energia

De posse de todos esses dados, o **consumo específico de energia** pode ser calculado de diversas formas, sendo uma maneira muito comum aquela expressa em **“metros estéreos de lenha por milheiro”**. No

entanto, esse indicador traz consigo alguma impressão. Primeiro porque o “metro de lenha” pode ter conteúdos de energia bastante variados ao longo do ano, como também a produção em milheiros embute variações com relação à proporção de produtos, se tijolos, telhas etc., cujos “pesos” (massas) são distintos.

- A expressão que retrata tecnicamente com maior fidedignidade o **consumo específico de energia** é aquela convertida em **energia/massa de produtos**, ou seja, em **quilocalorias/quilo (kcal/kg)** ou **quilojoules/quilo (kJ/kg)**.
- No caso do exemplo aqui tratado, portanto, teríamos um consumo de energia da lenha de **750.000.000 kcal**, que dividido pela massa de produtos mensal, de **1.980.000 kg**, resulta em um **consumo específico de energia térmica de 379 kcal/kg**. Com base nestes dados hipotéticos esse seria o valor de referência para a empresa se autoavaliar periodicamente.
- O consumo de lenha ou de outra biomassa em secadores e estufas também pode ser incluído no cálculo.

OUTRAS FORMAS PARA EXPRESSAR O CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA

A tabela a seguir mostra esses cálculos considerando outras formas para expressar o consumo específico, com base nos dados de consumo de lenha e de produção citados acima, como exemplo.

<i>Dados para cálculos</i>		
Consumo de lenha (m ³ estéreo/mês)		1.000
Consumo de lenha (tonelada/mês)		250
Consumo de energia equivalente (kcal)		7.500.000
Produção (milheiros/mês)		1.000
Produção (toneladas/mês)		1.980
<i>Consumo específico</i>		
Consumo específico (m ³ /milheiro)	$1.000 \div 1.000$	1,0
Consumo específico (m ³ /tonelada)	$1.000 \div 1.980$	0,50
Consumo específico (tonelada lenha/milheiro)	$250 \div 1.000$	0,25
Consumo específico (t lenha/tonelada produto)	$250 \div 1.980$	0,13
Consumo específico (kcal/kg)	$750.000.000 \div 1.980.000$	379 *

* valor meramente ilustrativo.

Obtendo-se este indicador periodicamente, a empresa pode acompanhar o comportamento do consumo de combustível ou de energia elétrica (por exemplo em kWh/milheiro ou kWh/tonelada), e se comparar com valores típicos ou de concorrentes.

Se o valor estiver mais elevado que os valores típicos ou médios, deve-se investigar os motivos, que podem ser oriundos de vários fatores. Por exemplo: devido ao tipo de forno ou por conta da forma de queima, se em toras ou lenha picada, se a alimentação é manual ou automatizada, pelas características da matéria prima, dentre outros.

De qualquer forma é comum acontecerem variações ao longo de um ano, principalmente pelo fato de a lenha estar mais ou menos úmida, por mudanças no traço de misturas da argila ou mesmo pela rotina de alimentação dos fornos por parte dos foguistas.

CONSUMOS ESPECÍFICOS TÍPICOS DE ALGUNS MODELOS DE FORNOS

Forno	Consumo específico (m ³ st lenha/milheiro)	Consumo específico (kcal/kg)
Túnel	0,5	381
Multicâmaras / Cedan	0,5-0,6	477
Hoffman	0,9-1,2	527
Vagão metal/fibra cerâmica	0,7-0,8	458
Móvel metal/fibra cerâmica	0,7-0,8	458
Paulistinha / Abóbada	1,1-1,7	748
Caipira	1,2-1,5	949

Observações:

- ✓ Valores em kcal/kg tomando-se como base o poder calorífico para a lenha de 3.650 kcal/kg, uma massa variável de 1.240 a 2.500 kg de produtos cerâmicos por milheiro (representando uma mescla de telhas e tijolos), e a variabilidade da massa de biomassa combustível entre 225 a 320 kg por metro cúbico estéreo (m³ st).
- ✓ Esses valores também podem apresentar variações de acordo com a região e com as características das argilas empregadas, além condições operacionais mencionadas acima (tipo de alimentação de biomassas, ritmo de operação e outros).

DICAS PARA REDUZIR O CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA TÉRMICA

- 1) Preferir fornos de operação contínua ou semi-contínua, como os do tipo túnel, multicâmaras e também os modelos de paredes de fibra cerâmica, como os móveis e vagão.
- 2) Preferencialmente empregar lenha picada ou serragem, que permitem operar com menor quantidade de ar de combustão.
- 3) No caso anterior, se possível usar sistemas de alimentação contínua e automatizada, controlada por termopares.
- 4) Usar lenha com baixa umidade, se possível.
- 5) Controlar e ajustar a combustão, evitando a entrada de ar em excesso, como também sua falta, que provoca fuligem.
- 6) Controlar as curvas de queima em fornos através de termopares.
- 7) Recuperar calor para uso em secador/estufa ou no preaquecimento de material a ser queimado.
- 8) Se possível, empregar mantas refratárias de fibra cerâmica internamente nos fornos.

Lembre-se:

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

Elaboração:



Este informe técnico faz parte do conjunto de materiais de disseminação tecnológica do Projeto “Eficiência Energética nos Arranjos Produtivos Locais (APL) do Setor de Cerâmica Vermelha na Região do Seridó dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte”, 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 cerâmica vermelha regional e busca promover o Uso Eficiente de Energia e a Implementação de Fontes Renováveis de Energia. O objetivo geral é fomentar maior produtividade no setor e sustentabilidade no seu sentido mais amplo.

Para mais conteúdos referentes ao setor de cerâmica vermelha, acesse:

<https://www.gov.br/int/pt-br/central-de-conteudos/ceramica-vermelha>

Elaborado por:

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

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

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). Eficiência energética. Coleção Boas Práticas e Tecnologias na Cerâmica Vermelha, N° 05. Projeto APL Cerâmica Vermelha no Seridó. Rio de Janeiro, 2022.

