



COLEÇÃO
BOAS PRÁTICAS E TECNOLOGIAS NA
CERÂMICA VERMELHA



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



Instituição Executora

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)
Ministro: Paulo Alvim

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Diretora Geral: Ieda Maria Vieira Caminha

Coordenação de Engenharia de Produtos e Processos (COENG)

Coordenadora: Rosana Medeiros Moreira

Divisão de Avaliações e Processos Industriais (DIAPI)

Chefe: Luiz Manoel Pereira Simões

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**

Coordenador: Joaquim Augusto Pinto Rodrigues

Autores

Mauricio Francisco Henrques Junior
Luiz Felipe Lacerda Pacheco
Renata de Sousa Candido
Patrícia Miranda Dresch
Joaquim Augusto Pinto Rodrigues

Revisão

Márcia Carla Ribeiro de Oliveira
Júlia Santos Campos

Colaboração

Rivaldo Nóbrega Jr.



É permitida a reprodução total ou parcial deste material desde que citada a autoria do INT, e que não seja para fins comerciais. Os textos são de exclusiva responsabilidade dos autores.

FICHA CATALOGRÁFICA

Coleção Boas Práticas e Tecnologias na Cerâmica Vermelha / Mauricio F. Henrques Jr., Luiz Felipe Pacheco, Renata de S. Candido, Patrícia Dresch, Joaquim Augusto P. Rodrigues. Rio de Janeiro: INT/MCTI, 2022, 76p.

ISBN 978-65-00-58182-9

1. Energia, 2. Cerâmica Vermelha, 3. Biomassa Energética, 4. Emissões Atmosféricas.



FOTO: M. HENRIQUES

COLEÇÃO
BOAS PRÁTICAS E TECNOLOGIAS NA
CERÂMICA VERMELHA

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)

Rio de Janeiro, Outubro 2022



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



APRESENTAÇÃO



FOTO: M. HENRIQUES

A COLEÇÃO BOAS PRÁTICAS E TECNOLOGIAS NA CERÂMICA VERMELHA compreende nove temas específicos de aplicação prática nas indústrias de cerâmica vermelha, e que podem proporcionar ganhos econômicos através do uso eficiente de energia, do aumento da produtividade, da redução de perdas na produção, pela melhoria da qualidade dos produtos e também das condições de salubridade nas empresas.

Esta Coleção faz parte do conjunto de “Fichas Informativas” desenvolvidas no âmbito 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 que contou com o apoio da Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI) do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

O Projeto, por sua vez, se insere no leque de atividades do Comitê Temático da Rede Brasileira de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral (CT Rede APL Mineral), coordenado pela SEMPI/MCTI.

As “**Fichas Informativas**” aqui reunidas tratam dos seguintes temas específicos:

Eficiência Energética	06
Secagem e Secadores	16
Uso de Lenha Picada e Serragem	24
Fornos Multicâmaras	32
Emissões Atmosféricas em Fornos	40
Licenciamento Ambiental	46
Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica	56
Uso Eficiente de Energia Elétrica	62
Consumo Específico de Energia	70

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



FOTO: M. HENRIQUES

INTRODUÇÃO

Eficiência energética significa usar uma menor quantidade de energia para se obter uma determinada produção ou serviço ou, em outras palavras, empregar a mesma quantidade de energia e conseguir produzir mais ou realizar mais serviços. Portanto, não significa racionar ou cortar o uso de energia, mas sim a utilizar de forma mais eficiente, reduzindo desperdícios, e fazendo uso de procedimentos e tecnologias que estão ao alcance de todos.

As vantagens diretas da eficiência energética são: redução de custos nos processos e equipamentos, possibilidade de redução de perdas na produção, melhoria da qualidade dos produtos e menor emissão de poluentes. Muitas vezes, também, é possível alcançar aumento de produção e fabricação de peças de maior valor, proporcionando maior produtividade e competitividade.



A Eficiência Energética pode abranger desde medidas bem simples e de baixo custo, até outras bem mais complexas e caras, mas que mesmo assim podem trazer rápido retorno financeiro. Por vezes, algumas destas medidas para o uso eficiente de energia podem parecer, à primeira vista, algo inviável economicamente. Porém, na verdade, se outros ganhos associados ou indiretos também forem computados, o resultado final geralmente é positivo.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA NO FORNO

Para compreender melhor as possibilidades de economia de energia em um forno, é importante conhecer como o calor gerado pela queima de um combustível qualquer (lenha, cavacos, briquetes, serragem e outros) se distribui no seu interior. Note que o que mais importa é ceder energia ou calor para o produto que se está queimando. Todos os pontos ou zonas restantes para onde o calor vai ou se acumula constituem perdas, e por isso devem ser minimizadas ao máximo.

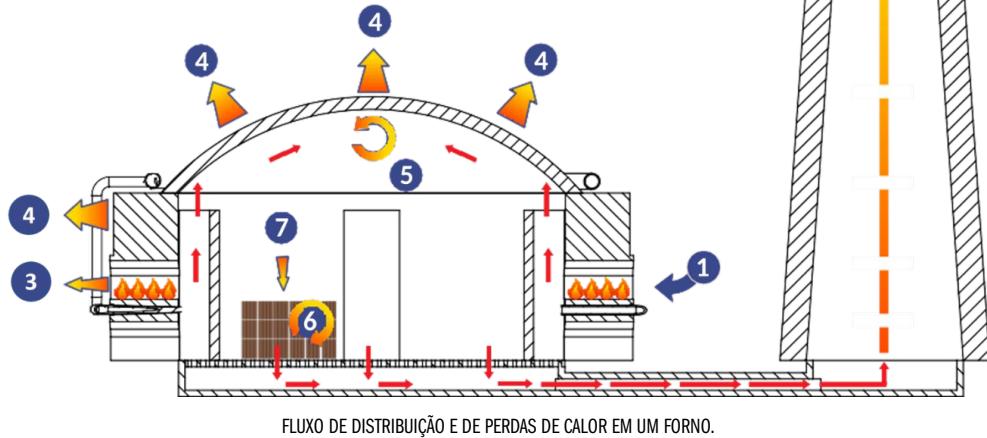
Conforme ilustrado a seguir, o calor produzido na combustão (1) tem o objetivo central de cozer ou queimar as peças cruas (7). No entanto, uma boa parte deste calor se distribui e é perdido em vários pontos do forno.

Geralmente, a maior parcela de calor perdido concentra-se nos gases de combustão (fumaça) que saem das câmaras do forno ainda muito quentes e vão para a chaminé (2) com uma grande quantidade de ar de combustão em excesso.

Pequena parte do calor é perdida pelas portas e vazamentos na estrutura (3); outra é perdida por radiação e convecção através das paredes e abóbada ou teto (4), além do calor que fica armazenado na própria estrutura do forno (5), e no calor remanescente nas próprias peças queimadas na fase de resfriamento (6). Ou seja, quando se diz que um forno qualquer tem uma eficiência de 50%, está se afirmado que somente 50% da energia cedida ao forno é de fato usada para a sinterização dos produtos. Os outros 50% são perdidos ou em parte recuperados para outro processo, como por exemplo na secagem.

FLUXO DE CALOR EM FORNO CERÂMICO

- 1 FORNECIMENTO DE CALOR/QUEIMA DE COMBUSTÍVEL
- 2 PERDA DE CALOR PELA CHAMINÉ (GASES DE EXAUSTÃO)
- 3 PERDAS DE CALOR EM ABERTURAS E FRESTAS
- 4 PERDAS DE CALOR POR RADIÇÃO E/OU CONVEÇÃO ATRAVÉS DE PAREDES E TETO/ABÓBADA
- 5 CALOR ACUMULADO NAS PAREDES E TETO DO FORNO
- 6 CALOR ACUMULADO NAS PEÇAS PRODUZIDAS
- 7 CALOR ÚTIL ABSORVIDO PELAS PEÇAS NO COZIMENTO



MEDIDAS PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE ENERGIA E DE RECUPERAÇÃO DE CALOR

Portanto, como regra geral, deve-se procurar reduzir todas as perdas ao máximo, e também buscar recuperar parte do calor disponível, durante ou após a queima, quando possível. Vários tipos de fornos permitem alcançar estas duas situações.

A seguir serão apresentadas algumas possibilidades técnicas que geralmente resultam em boa economia de energia.

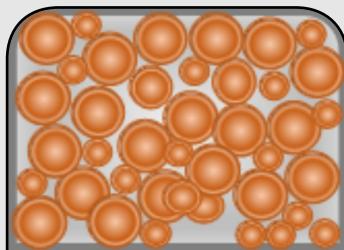
1. MELHORIAS DA COMBUSTÃO

Geralmente a combustão industrial sempre necessita operar com uma grande quantidade de ar (chamado de ar de excesso). Entretanto, parte desse ar em excesso acaba gerando perdas ainda mais altas nos gases de exaustão (na chaminé) descritos anteriormente. Assim, quanto menor esse excesso de ar, menores serão as perdas na chaminé.

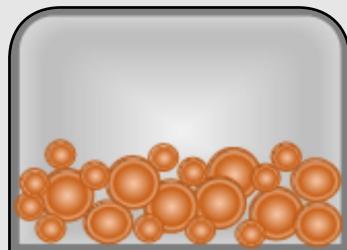


Uma forma para atenuar esse problema é operar o forno com alimentação contínua de lenha picada ou serragem ou cavaco, o que evita grandes oscilações na combustão, situação comum quando se queima lenha em toras ou pedaços. A alimentação contínua, mesmo com modulações (fogo baixo, fogo alto ou on/off), permite ter uma melhor combustão, inclusive sem a produção de fuligem.

SITUAÇÃO COMUM: QUEIMA COM TORAS DE DIFERENTES FORMAS E DIMENSÕES ► COMBUSTÃO IRREGULAR E INCONSTANTE

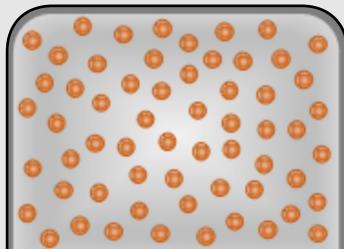


FORNALHAS COM EXCESSO DE LENHA
FALTA DE AR ► GERA FULIGEM



FORNALHAS COM POUCA DE LENHA
EXCESSO DE AR ► CONSUMO ELEVADO DE LENHA

SITUAÇÃO DESEJÁVEL: QUEIMA COM CAVACOS, BRIQUETES OU SERRAGEM ► COMBUSTÃO CONSTANTE



FORNALHA COM LENHA PICADA EM VOLUMES ESTÁVEIS E EQUILIBRADOS:
► REDUÇÃO NA EMISSÃO DE FULIGEM
► ECONOMIA DE ENERGIA (BIOMASSA)
► MELHOR CONTROLE DA TEMPERATURA NO INTERIOR DOS FORNOS
E FORNALHAS

QUANTO MENOR OS PEDAÇOS DE BIOMASSA, PODE-SE TER MELHOR
CONTROLE DA QUANTIDADE DE AR NECESSÁRIA PARA UMA COMBUSTÃO
EFICIENTE E EQUILIBRADA.



FORNALHA COM EXCESSO DE LENHA E POUCA ENTRADA DE AR



FORNALHA COM LENHA PICADA EM VOLUMES DE AR
EQUILIBRADOS E ESTÁVEIS

DIMENSIONAMENTO CORRETO DA FORNALHA

Uma boa combustão exige um correto dimensionamento das fornalhas ou das câmaras de combustão (volume e forma da câmara de acordo com o tipo de combustível). Por exemplo, uma câmara de combustão muito pequena, alimentada com muita lenha pode não receber ar suficiente para uma boa queima, e assim gerar muita fuligem e desperdício de energia.

Portanto, cada tipo de combustível (lenha, serragem ou cavaco) deveria implicar numa fornalha específica para se conseguir uma boa combustão (sem desperdício e sem fuligem).



EMPREGO DE AR FORÇADO (INJEÇÃO DE AR)

O insuflamento de ar de combustão por meio de ventiladores (ar forçado), quando bem ajustado, pode ajudar na combustão, tornando-a mais estável. Esse procedimento é aplicável a alguns tipos de fornos e podem proporcionar economia de até 15%, assim como uma melhoria da qualidade do produto.

Esta solução pode reduzir os problemas frequentes de má distribuição do calor em fornos, evitando a queima com chama de cor amarela, o que indica combustão ineficiente. Evidentemente ocorre um consumo de eletricidade nos ventiladores, mas que geralmente pode ser compensado pela economia de lenha. Trata-se de uma possibilidade mais aplicada para alguns tipos de fornos onde a exaustão de gases quentes é mais difícil.



INSUFLAMENTO DE AR DE COMBUSTÃO

USO DE LENHA PICADA E ALIMENTAÇÃO CONTÍNUA

Quanto mais fracionado estiver o combustível (lenha, cavacos, briquetes ou serragem), a queima se torna mais facilitada, como também se obtém uma economia por se trabalhar com menor excesso de ar de combustão e melhor controle. Em muitos tipos de fornos (intermitentes ou batelada), o emprego de lenha picada pode proporcionar uma economia de combustível entre 15 e 25%. Em fornos semi-contínuos (tipo câmaras) ou contínuos também é possível obter ganhos (entre 10 e 15%), incluindo o melhor controle da curva de queima.



PICADOR DE LENHA



LENHA PICADA



SISTEMA DE CAIXAS ALIMENTADORAS DE LENHA PICADA
EM FORNO CÂMARA



CAIXAS/QUEIMADORES PARA LENHA PICADA



SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE CAVACO/LENHA PICADA EM FORNO MÓVEL

Uma outra vantagem refere-se à umidade presente no combustível. Ao picar a lenha, parte da umidade é suprimida, o que favorece a combustão, além de não se “gastar” energia no próprio forno para evaporar essa água contida na lenha. Deve-se lembrar que quando se emprega lenha muito “verde”, o teor de água é muito elevado (pode ser superior a 30%), e prejudica a queima.

2. CONTROLE DA TEMPERATURA

O controle da curva de temperatura se faz fundamental, não somente para garantir uma boa qualidade dos produtos, mas também para evitar desperdício de energia. Cada tipo de “traço” ou de mistura de argilas deve obedecer a uma determinada curva de queima.

Para tal, faz necessário o controle através de termopares (do tipo Cromel-Alumel) que devem estar posicionados em pontos estratégicos no interior do forno, e que possam refletir o comportamento interno de zonas específicas, por exemplo: topo, meio, fundo (piso) ou outras regiões importantes. A alimentação de briquetes, cavacos ou serragem, se não for automatizada, deve seguir a evolução da curva de queima, de modo a não ultrapassar a programação pré-estabelecida, nem tão pouco ficar abaixo desta.



PAINEL DE CONTROLE EM FORNO

3. MELHORIA DO ISOLAMENTO TÉRMICO

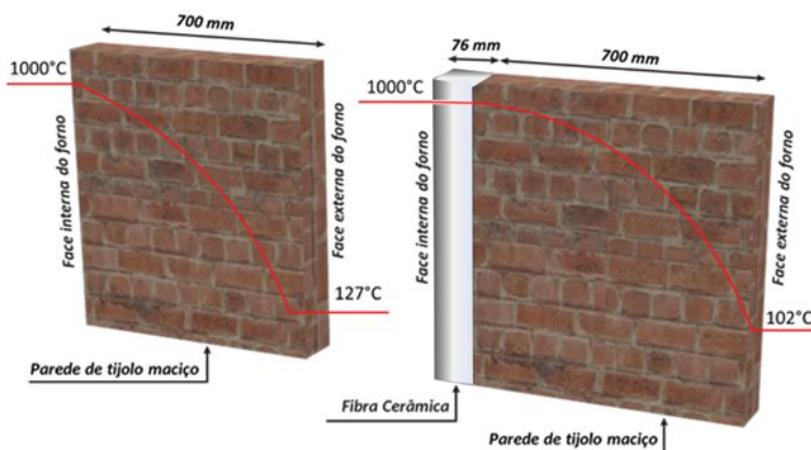
A eficiência dos fornos pode ser ampliada com o emprego de materiais adequados de isolamento térmico, buscando reduzir as perdas de calor, que podem atingir até 30% da energia térmica total fornecida, considerando o calor acumulado nas paredes e teto (ou abóbada), bem como aquele perdido por radiação e/ou convecção nas superfícies.

A aplicação de mantas e coberturas de fibra cerâmica, recobrindo internamente tetos, paredes e portas, conforme o tipo de forno, permite também uma redução do ciclo de operação do forno.

Os atuais fornos vagão e do tipo móvel são revestidos integralmente com mantas de fibra cerâmica, e isso é exatamente o que lhes confere maior rendimento energético e maior rapidez para aquecer e resfriar, e que torna o ciclo de queima mais curto.

O dimensionamento adequado de paredes e a perfeita vedação de portas e fornalhas também contribuem para uma maior economia de energia.

Como melhorar o Isolamento Térmico



ESQUEMA DE MELHORIA DO ISOLAMENTO TÉRMICO COM O REVESTIMENTO INTERNO COM MANTAS DE FIBRA CERÂMICA.

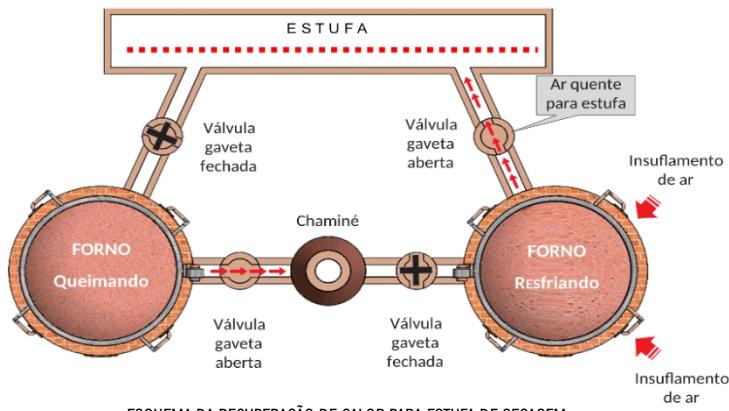
4. MELHORIA NA DISPOSIÇÃO DAS PEÇAS NOS FORNOS

A disposição das peças cerâmicas no interior dos fornos é de grande importância, não somente para uma boa eficiência dos fornos, como também para obter peças mais uniformes e de primeira qualidade. A redução de consumo energético e o tempo de operação podem ser da ordem de 5% e este é um procedimento que não tem custos, apenas uma mudança do método de arrumação das peças no forno.

Os produtos devem ser acomodados e alinhados de forma a permitir uma boa circulação dos gases quentes de combustão entre as peças cerâmicas, de modo a melhorar a troca de calor com a carga do forno, atingindo a correta temperatura de queima e o tempo necessário para a sinterização.

5. RECUPERAÇÃO DE CALOR

Os fornos do setor cerâmico geralmente apresentam perdas de calor da ordem de 30 a 60%, principalmente através dos gases de exaustão. Portanto, trata-se de uma parcela muito elevada e que pode ser aproveitada em muitas situações.



ESQUEMA DA RECUPERAÇÃO DE CALOR PARA ESTUFA DE SECAGEM.

As recuperações típicas possíveis são do ar quente da fase de resfriamento para uso em estufas ou secadores, ou ainda dos gases quentes durante a queima visando o preaquecimento da carga a ser queimada em forno vizinho. Cada tipo de forno irá possibilitar um ou outro tipo de aproveitamento, permitindo economias entre 15 e 30%.



DUTOS AUXILIARES DE RECUPERAÇÃO DE CALOR E INTERLIGAÇÃO COM CANAIS SUBTERRÂNEOS EM FORNO ABÓBADA (DURANTE A QUEIMA)

Fornos semi-contínuos (Hoffman e tipo câmaras) já embutem em seus conceitos esse tipo de aproveitamento de calor entre as câmaras, e por isso são mais eficientes. Ou seja, uma determinada câmara que está sendo queimada, tem o calor aproveitado na câmara seguinte (que está sendo preaquecida).

E ao mesmo tempo, o ar de resfriamento que é insuflado na câmara anterior, já queimada, é aproveitado como ar de combustão quente na câmara que se encontra na fase de queima. O mesmo tipo de aproveitamento de calor se dá no forno túnel.

De outro lado, nos fornos intermitentes, tanto nos modelos mais antigos (abóbada, paulista etc) aos mais modernos (vagão e móvel com fibra cerâmica), a recuperação de calor mais viável se dá somente na fase de resfriamento para extração de ar quente para a secagem.

6. EMPREGO DE RESÍDUOS RICOS EM CARBONO EM MISTURA À MASSA CERÂMICA

É possível aproveitar alguns tipos de resíduos agrícolas e industriais em mistura às massas de argila para a produção de blocos de cerâmica vermelha. Estes resíduos podem ser: finos de carvão, coque de petróleo, turfa, borra de óleo e outros. Estes materiais podem ser adicionados à massa cerâmica em proporções entre 1 e 5% em peso, dependendo do tipo de resíduo. Na fabricação de telhas, esse procedimento não se aplica, pois geralmente ocorre um aumento da porosidade e da absorção de água da peça cerâmica.

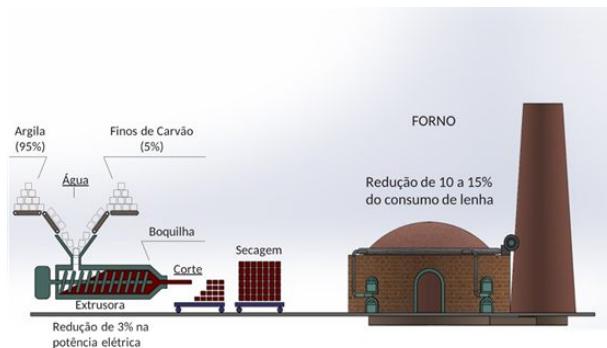


ILUSTRAÇÃO DO USO DE RESÍDUOS EM MASSA CERÂMICA.

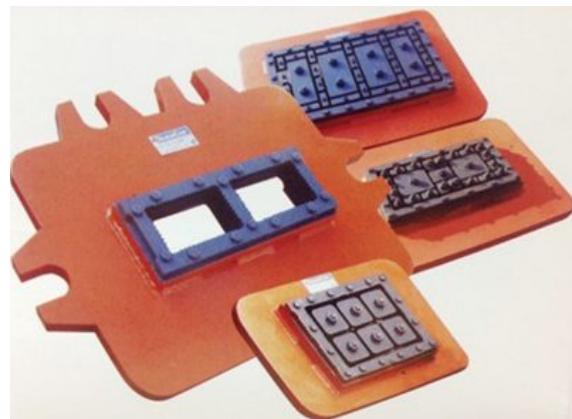
A economia de combustível proporcionada pode variar entre 10 e 15%, além de melhorar consideravelmente a qualidade do produto, em especial a resistência mecânica e a porosidade. Pode-se conseguir alguma economia de energia elétrica na extrusora e maromba, pois a argila tende a se tornar mais plástica.

7. EMPREGO DE BOQUILHAS DE CERÂMICA DURA

Ao longo do tempo, o perfil de extrusão de boquilhas em aço na maromba vai se desgastando com o atrito com a sílica da argila, o que promove um aumento no perfil da peça cerâmica (telha ou bloco). Com isso, ocorre um gradativo aumento do consumo de argila (peças mais pesadas ao longo do tempo), e também do consumo de energia elétrica no motor da maromba, além de mais combustível nas estufas e fornos, já que a massa unitária das peças vai aumentando pelo engrossamento de suas paredes e estrutura.

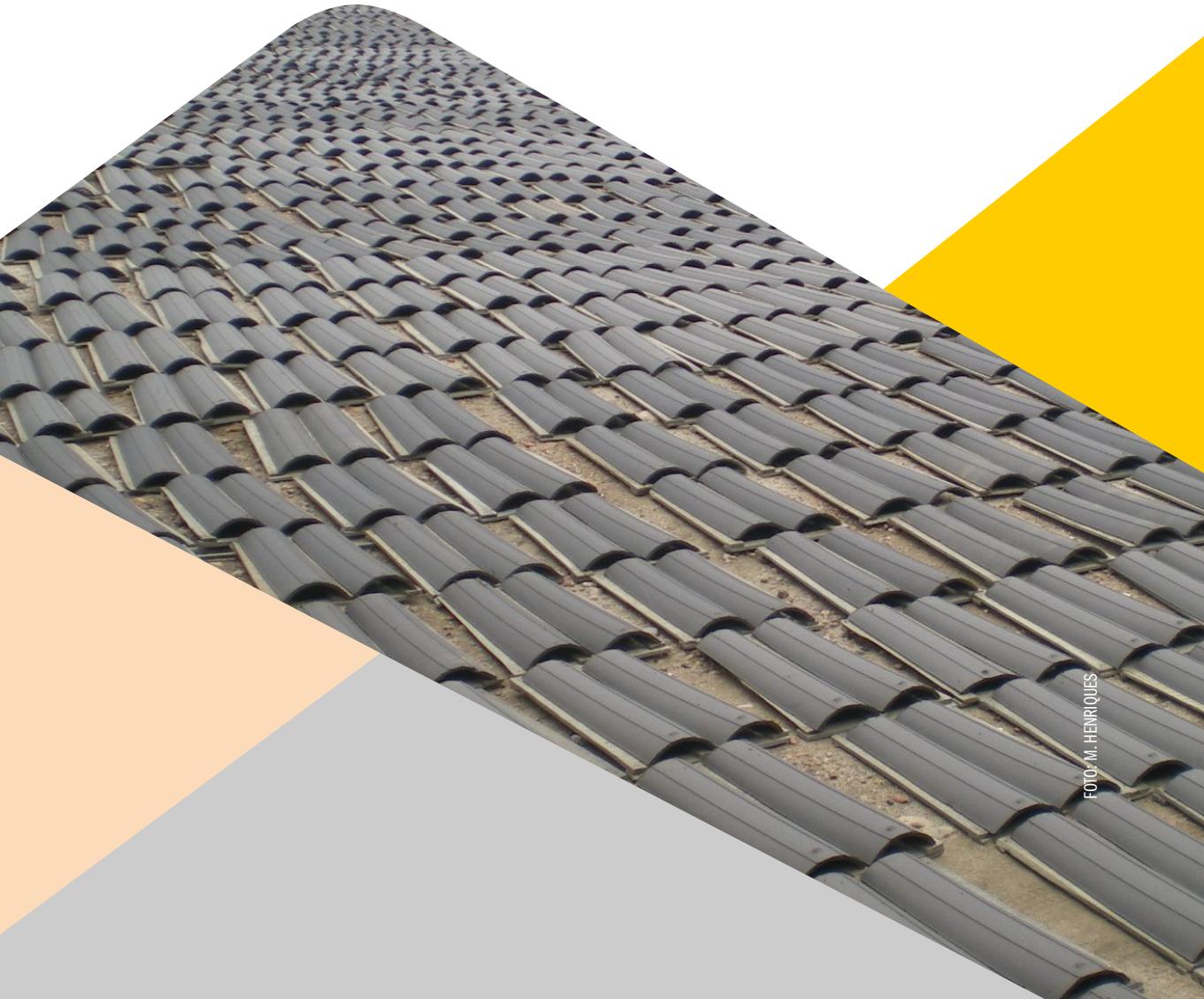
Portanto, um ponto bastante negativo que o desgaste acentuado das boquilhas tradicionais em aço provoca é a alteração das dimensões finais dos produtos, deixando-os fora de especificação técnica. Além disso, a troca do perfil exige interrupções do processo produtivo, o que traz aumento de custo para a empresa.

A redução de interrupções na produção e a obtenção de peças cruas mais padronizadas é conseguida com o emprego de perfis de cerâmica dura (alumina-zircônia). Estas sofrem menor desgaste, permitindo assim produzir por mais tempo dentro dos padrões técnicos, além de economizar energia.



BOQUILHAS. FONTE: DURACER

SECAGEM E SECADORES



POR QUE É IMPORTANTE TER UMA SECAGEM DE PEÇAS BEM FEITA?

A secagem das peças de cerâmica vermelha constitui uma etapa fundamental no processo de fabricação de telhas e blocos para obtenção de produtos de qualidade e sem defeitos, além de proporcionar uma redução de perdas.

Para definir o sistema de secagem mais apropriado para a sua empresa, vários pontos precisam ser definidos, como por exemplo: tipo de argilas e minerais disponíveis, produção de desejada, tipo de produtos (telhas, blocos e outros), comportamento da massa cerâmica na secagem, transporte internos dos produtos, grau de automação possível, disposição das peças em estantes ou vagonetes e o controle do ambiente interno da estufa ou secador.

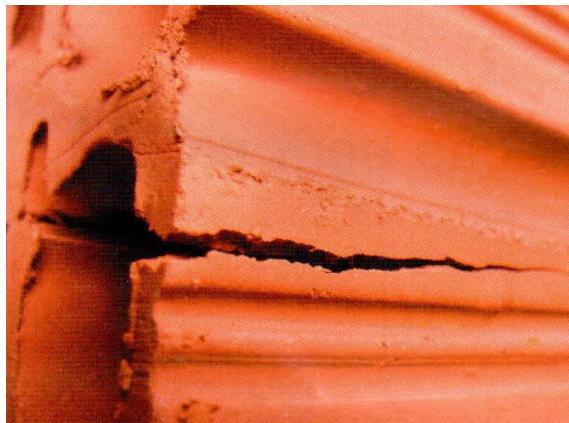
CONCEITOS E FUNDAMENTOS IMPORTANTES

Cada tipo de argila e suas misturas devem ter uma condição ideal de secagem, e em laboratório é possível determinar alguns parâmetros importantes que ajudam nesta definição. São eles: teor de umidade, retração de secagem e o arranjo granulométrico da massa.

A secagem precisa ser feita de forma lenta, fazendo com que a umidade presente nas peças cruas seja extraída de forma homogênea, evitando trincas e estouros. Ou seja, todas as peças, seja em posições baixas, intermediárias ou superiores, seja nas laterais ou centro, devem estar submetidas às mesmas condições de temperatura e umidade durante todo o ciclo ou tempo de secagem.

Importante – fornos não foram feitos para secar.

A presença de umidade residual pode causar deformações, trincas e estouros. Na verdade, a extração da umidade precisa ocorrer numa temperatura em torno de 100°C, que é a temperatura de evaporação da água.



TRINCAS NO FORMATO EM "V" TÍPICAS DE SECAGEM MAL FEITA (MÁS, E. EM FORNOS CERÂMICOS UM A UM)

TIPOS E FORMAS DE SECAGEM - VANTAGENS X DESVANTAGENS

SECAGEM NATURAL AO TEMPO

Esse tipo de secagem é muito empregado no Brasil. É realizada em pátios abertos, aproveitando o clima propício de alta incidência solar e temperaturas elevadas.

A grande vantagem é que não há gasto com a geração de calor. Mas, as desvantagens são inúmeras: os produtos ficam expostos a eventuais chuvas e a ventos irregulares, há necessidade de uma grande área, é mais demorada, exige muita mão de obra e ocorre muitas perdas de peças, tanto por manuseio excessivo, quanto por deformações devido à incidência desigual de sol e ventos. Além disso, a umidade relativa do ar ambiente influencia bastante o tempo de secagem.



SECAGEM AO TEMPO EM PÁTIO

SECAGEM NATURAL EM GALPÕES COBERTOS

É semelhante ao caso da secagem natural ao tempo em termos da vantagem de não haver custos para a geração de calor, mas sem as desvantagens advindas das condições do clima (chuvas e sol direto).

Nesta secagem são empregados galpões cobertos por material plástico translúcido. Neste caso é importante aproveitar a direção dos ventos predominantes lateralmente e ter uma disposição das peças de modo a facilitar o fluxo de ar entre elas. Isso garante maior homogeneização da secagem das peças. Este processo também exige muito manuseio e a secagem também é lenta.



SECAGEM EM GALPÕES COM COBERTA DE PLÁSTICO

SECAGEM ARTIFICIAL

Neste bloco existem vários tipos de secadores ou estufas, todos bastante empregados no setor. São eles: estáticos (em câmaras) e semi-contínuos ou contínuos.

As vantagens desses secadores artificiais são muitas: menores tempos de secagem, maior controle das condições ideais, menor manipulação das peças e perdas muito baixas. Em contrapartida, há um custo de investimento para a estrutura, vagonetas, exaustores, ventiladores, instrumentos de controle, afora os gastos com energia térmica (lenha) e energia elétrica.

O secador constitui um ambiente fechado com capacidade variável, que pode ser ajustada conforme a carga a ser processada. As temperaturas de operação idealmente se situam na faixa de 60°C a 90°C, utilizando uma circulação do ar aquecido por uma fonte própria de geração de calor (em fornalha) ou do ar quente de resfriamento dos fornos. O tempo médio de secagem se situa em torno de 24 horas.



SECADORES TIPO TÚNEL

Embora tenham características técnicas e operacionais diversas, esses secadores apresentam boa eficiência operacional e energética (térmica e elétrica). Os critérios de escolha são: a velocidade necessária aos ventiladores, a quantidade de ventiladores, a oferta de ar quente do processo, o tipo de argila processada, tipos de produto (densidade e geometria), escala de produção, capacidade de estocagem de produtos úmidos e de produtos secos, tipo de ventiladores (fixos ou auto-viajantes) e velocidade de secagem (rápida ou lenta).

Deve-se sempre ter em mente que a secagem deve se dar lentamente, de modo que água presente nas peças possa ser retirada sem causar trincas e estouros, e de forma o mais homogênea possível. Na figura a seguir é mostrada as temperaturas iniciais no secador ou estufa (na sua entrada), que devem se situar por volta de 40°C a 45°C, e a umidade em torno de 85%. Ao final do processo, após determinado tempo, com as peças já secas, a temperatura deve se encontrar entre 90-100°C e umidade no máximo em 6%, que já é adequada para o encaminhamento dos produtos para a queima.

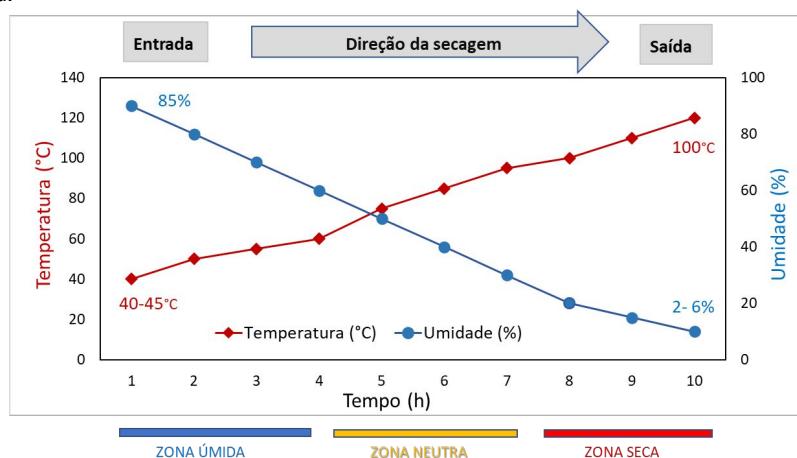


DIAGRAMA TÍPICO DAS CURVAS DE TEMPERATURA E UMIDADE EM UM SECADOR.
(OBS.: A DURAÇÃO EM HORAS DA SECAGEM PODE VARIAR BASTANTE, PODENDO ATÉ CONSUMIR 36H, CONFORME O TIPO DE PRODUTOS E MESCLA DE ARGILAS E O QUÃO É EFICIENTE O SECADOR.)

Nos secadores estáticos ocorrem variações de temperatura e umidade sobre o material parado. Já nos secadores contínuos tais variações são estabilizadas ao longo do trajeto dos materiais. Entretanto, são equipamentos mais caros e sofisticados.

Outra caracterização dos secadores está associada com o tipo de circuito que os alimenta: circuito aberto - o ar se renova continuamente por tiragem natural (chaminé) ou forçada (exaustores) ou circuito fechado - o ar é passado mais vezes sobre o material com tiragem forçada.

A escolha entre os tipos de secadores vai depender do volume de produção da empresa.

Diante de uma relevante carga de alimentação de peças, recorre-se aos secadores contínuos, ao invés dos intermitentes, considerando-se uma redução significativa nos tempos mortos e a adoção de ciclos mais mecanizados.

Os secadores contínuos rápidos, conhecidos como "talisa", são recentes no mercado. O ciclo de secagem é extremamente reduzido, podendo ser inferior a uma hora. Nestes secadores, as peças são tratadas de forma individual, criando-se uma situação de equilíbrio e homogeneidade no processo. A secagem rápida tem os mesmos conceitos dos secadores túnel com uma maior rapidez do processo que permite tratamento em condições ótimas para cada peça processada.



SECADOR RÁPIDO “TALISCA”

Importante – em todos esses secadores e estufas faz-se importante ter um bom controle instrumental, através de termômetros, higrômetros (medição da umidade do ar) ou termo-higrômetros.

DICAS

PARA MELHORAR A SECAGEM NATURAL

- No caso de secagem em pátios abertos: ter um bom nivelamento e drenagem do terreno, retirar mato e poças de água próximas;
- Cobrir as peças logo após sua disposição no pátio para evitar uma evaporação muito rápida da umidade, no caso muito vento e sol;
- No caso de galpões, utilizar cortinas laterais durante as primeiras horas da secagem para que a ventilação inicial não seja excessiva, pois pode acarretar atraso do processo devido ao fechamento das micro-passagens nas superfícies, que dificultam a saída de água das peças;
- As coberturas de plástico em galpões devem ter pé direito abaixo de três metros;
- As frestas de passagem de ar entre as peças devem ter espaço para uma boa circulação de ar;

- Nas estruturas com tubos de aço e cobertura em plástico (mais barato que o custo de estufas com telhas e paredes em alvenaria, que muitas vezes exigem a operação de ventiladores), deixar as peças cobertas inicialmente por no mínimo quatro horas;
- Caso já existam galpões de alvenaria, substituir ao menos parte de suas telhas convencionais por telhas translúcidas;
- Orientar os furos dos blocos na direção do vento;
- Evitar a colocação de peças úmidas junto a peças mais secas, assim como peças empilhadas muito próximas da cobertura de plástico, evitando-se a incidência de calor em excesso, o que pode provocar trincas no material;
- Peças maciças ou de grande porte devem ser mantidas cobertas por mais tempo;
- Aproveitar, se possível, o calor disponível junto de paredes de fornos para uma pré-secagem de peças, evitando-se aquecimentos bruscos.

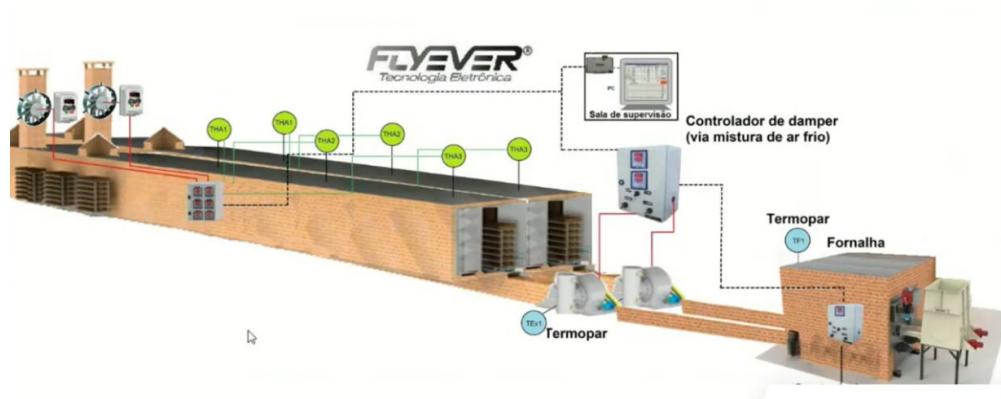
PARA O USO DE SECADORES E ESTUFAS

- Não se deve alimentar os fornos com peças úmidas, uma vez que pode ocorrer uma secagem abrupta nas superfícies e o aparecimento de trincas e estouros.
- Importante lembrar que para um bom funcionamento, qualquer tipo de secador precisa ser bem projetado, construído e ter a operação bem controlada. No mercado estão disponíveis diversos fabricantes com muita experiência para um projeto sob medida para cada caso.
- Manter as portas sempre fechadas, evitando distúrbios na circulação de ar que possam alterar a curva de secagem;
- Manter a umidade relativa do ar na entrada do secador (zona úmida) em 85% e temperatura por volta de 45°C;
- Manter uma ordem de retirada das vagonetas, sob pena de interferir na curva de secagem, podendo causar trincas ou deficiência de secagem;
- Controlar a retirada de ar úmido pelo extrator/exaustor ou chaminé, lembrando que a umidade inicial é responsável pela qualidade e produtividade da secagem;
- Quanto maior o volume de ar fornecido pelos ventiladores, maior a eficiência da secagem;
- Na falta de umidade inicial, usar aspersores ou tambores com água na entrada do secador;
- O gotejamento de água na entrada do secador em períodos quentes (verão) é sinal de entrada de ar frio na zona úmida;
- Manter a altura da vagoneta próxima da altura interna do secador, evitando espaços entre a vagoneta e o teto. Vagonetas muito baixas em relação à altura do secador provocam bolsão de ar quente no teto. Além de dificultar a secagem, provoca trincas;
- Produtos secos, caso não sigam diretamente para a queima, devem ser armazenados em local ventilado para não sofrerem reabsorção da umidade do ar.

CONTROLE/AUTOMAÇÃO

Conforme visto, para uma boa secagem das peças cerâmicas faz importante ter um bom controle da operação dos secadores e estufas. Isso somente é conseguido com um monitoramento das temperaturas e da umidade no equipamento, e em pelo menos três posições do secador (entrada, meio e saída).

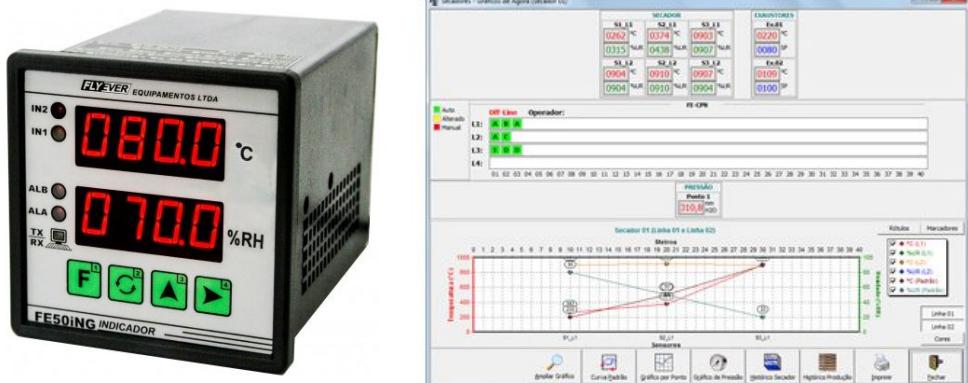
Esse monitoramento pode ser feito com instrumentos simples (termômetros tipo relógio ou digitais/termopares, registradores de umidade e termo-higrômetros). A partir destas informações pode-se fazer ajustes nos extratores de umidade, exaustores e na injeção de ar quente. No entanto, estão disponíveis no mercado sistemas completamente automatizados, programáveis, e que podem controlar toda a extração de umidade através de inversores de frequência, como também a injeção de calor, modulando a entrada de ar frio em mistura com o calor da fornalha externa e/ou ar quente dos fornos através de dampers. De fato, este tipo de sistema é mais caro, mas traz um enorme ganho para uma secagem de boa qualidade e homogênea. A figura a seguir mostra um secador duplo, com monitoramento em três zonas (entrada, meio e saída) e com controle de extratores de umidade e do ar frio para mistura com o ar quente da fornalha, tudo automatizado.



ESQUEMA DE UM SECADOR COM DOIS TÚNEIS COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURAS E UMIDADE

(Fonte: Flyever Equipamentos Ltda. Disponível em: youtube, Anfamec 14/04/21

<https://www.youtube.com/watch?v=r034oJowZWM&t=4233s>



INDICADOR DE TEMPERATURA E UMIDADE E TELA DE SOFTWARE DE MONITORAMENTO DE SECADOR

(Fonte: Flyever Equipamentos Ltda

<http://www.flyever.com.br/web/produtos/ceramica-3/>

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A.C.P. Uma indústria de cerâmica vermelha no Brasil: na visão de Antônio Carlos Pimenta Araújo. 1^a. edição, Rio de Janeiro, WalPrint, 2020.
- SCHWOB, M., DE OLIVEIRA, A., HENRIQUES JR., M., RODRIGUES, J.A. Manual de sistemas de secagem na Indústria de cerâmica vermelha, Instituto Nacional de Tecnologia (INT)/MCTIC, Rio de Janeiro, 2016.
- MÁS, E. Forno um a um. Centro de Estudos Cerâmicos, 90 pgs., 2018.
- SENAI-MG. Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha. FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais e FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente, Centro de Formação Profissional Paulo de Tarso, Belo Horizonte, 31 pgs., 2013.

USO DE LENHA PICADA/SERRAGEM



FOTO: M. HENRIQUES

INTRODUÇÃO

A queima de lenha picada ou processada e serragem vem sendo cada vez mais empregada nas empresas de cerâmica vermelha, fabricantes de telhas, tijolos e blocos, trazendo consigo inúmeras vantagens, tais como:

- ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL POR MAIOR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA;
- MAIOR ESTABILIDADE E CONTROLE NA QUEIMA;
- OBTENÇÃO DE PRODUTOS MAIS UNIFORMES;
- MELHORIA DA QUALIDADE DOS PRODUTOS;
- REDUÇÃO DE PERDAS NA PRODUÇÃO.

A lenha picada proveniente de toras e galhos em geral pode ser empregada em vários tipos de fornos, enquanto que o sistema de processamento ainda permite o aproveitamento de resíduos de madeira de diversas procedências e de baixo custo, tais como: restos de madeiras da construção civil, da indústria moveleira e serrarias, podas em geral, cascas, dentre outros.

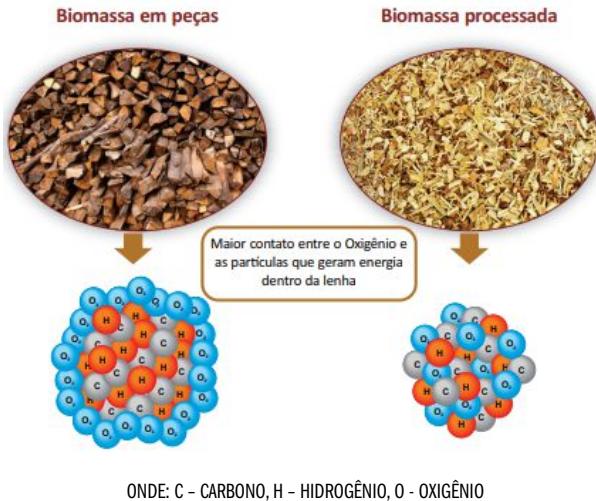
POR QUE SE CONSEGUE ECONOMIA DE ENERGIA?

O uso da lenha picada ou de serragem em fornos de cerâmica traz consigo o conceito do “Uso Eficiente de Energia”. Ou seja, possibilita usar uma menor quantidade de energia para se obter uma determinada produção ou, em outras palavras, empregar a mesma quantidade de energia para produzir ainda mais. Na verdade, no caso dos fornos nas indústrias de cerâmica, o que se busca é usar a energia de forma eficiente, e isto representa reduzir as perdas de calor presentes nos fornos ou destinar uma maior parcela de calor possível para a sinterização (queima dos produtos). Isso é de fato o que interessa.

O calor fornecido pela queima da lenha ou de um combustível qualquer se distribui por várias partes do forno, mas somente algo em torno de 50% é efetivamente aproveitado na sinterização ou queima das peças. Quase todo o calor restante é perdido de alguma forma – na estrutura através das paredes, teto e portas, nos próprios produtos já queimados etc. No entanto, a parcela mais significativa de perdas de calor se concentra nos gases quentes de combustão (fumaça) que deixam o forno pelas chaminés. Sabendo disso, torna-se importante tentar diminuir essa quantidade de calor que vai para as chaminés. E exatamente aí onde o emprego da lenha picada ou de serragem ajuda a economizar combustível.

O QUE ACONTECE TECNICAMENTE?

A Figura a seguir mostra o comportamento dos componentes necessários para a combustão, quando é utilizada lenha em toras (à esquerda) e também lenha picada ou processada (à direita). Note os posicionamentos do ar (oxigênio em azul) e do combustível (carbono e hidrogênio, respectivamente em cinza e laranja). Na queima da lenha em toras ou em pedaços maiores (à esquerda), o ar não entra em contato imediatamente com a parte interna do combustível, fazendo com a combustão seja mais difícil e lenta. E nesse caso, geralmente é necessário usar muito ar para a queima. No caso da lenha processada (à direita), o ar está em contato com praticamente toda a superfície das lascas de madeira, o que facilita a sua queima e passa a exigir uma menor quantidade ou volume de ar para a combustão. Esse fato irá trazer economia de combustível, conforme detalhado adiante.



Portanto, para uma combustão eficiente e mais econômica dois conceitos devem ser considerados:

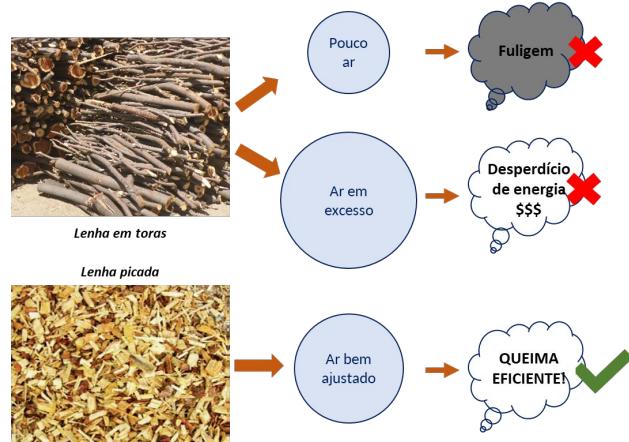
- 1º) Facilitar o contato do ar de combustão com o combustível. Costuma-se dizer – promover um contato o mais “íntimo possível”; e
- 2º) Adequar a quantidade de ar de combustão para uma determinada quantidade de combustível.

No primeiro caso, o maior contato entre o combustível e o ar é conseguido à medida em que a lenha está mais dividida, em pedaços menores, pois a superfície de contato do combustível é aumentada, o que facilita a queima (reação de combustão), conforme demonstrado na figura anterior.

No segundo caso, praticamente uma consequência da situação anterior, estando a lenha em pedaços menores, a quantidade de ar necessária para uma boa combustão também passa a ser menor. Consequentemente, se a quantidade ou volume de ar é reduzido, a quantidade de calor que é arrastada nos gases de combustão e que se perde pela chaminé também se reduz. Dessa forma, as perdas de calor nestes gases são menores, e se consegue-se uma economia no consumo de combustível.

RESUMO/CONCLUSÕES

- 1) Se existir uma quantidade de ar de combustão muito além do necessário, esse ar excessivo tem o papel de “roubar” calor da combustão e arrastá-lo para a chaminé, que representa exatamente perdas de calor elevadas nos gases de combustão. De outro lado, se faltar ar, ocorre combustão incompleta, e há a geração de fumaça preta, que também representa uma perda de combustível e poluição do ar.
- 2) Deve-se trabalhar com quantidades de ar bem ajustadas para cada tipo de combustível. A queima de lenha em toras exige uma quantidade muito grande de ar e, por isso, as perdas de calor nos gases de combustão na chaminé aumentam. Na medida em que se emprega lenha picada ou serragem, consegue-se melhor equilíbrio nas misturas ar/combustível, o que torna possível trabalhar com menores volumes de ar de combustão, resultando em redução de perdas de calor, e em economia de combustível.



Processo de combustão – Lenha em toras sempre irá exigir uma quantidade de ar de combustão muito grande (entre 250 e 350% de excesso), o que traz perdas elevadas na chaminé. Lenha picada e serragem admitem excesso de ar de combustão menor (na faixa de 90 a 130% somente), que resulta em perdas na chaminé mais baixas, ou seja, em economia de energia.

MAIOR ESTABILIDADE NA COMBUSTÃO E CONTROLE DA QUEIMA

Nos processos com queima em toras e com alimentação manual, ora a fornalha está com muita lenha e pouco ar, o que resulta em má combustão e fuligem; ora há pouca lenha, já que ela vai sendo consumida, e a fornalha fica com muito ar (excesso) para pouco combustível. Essa instabilidade, além de gerar desperdícios, causa um “descontrole” na curva de queima, o que é péssimo para a sinterização dos produtos. A curva de queima precisa seguir uma programação previamente estabelecida, mantendo uma determinada taxa ou velocidade de elevação de temperatura, e sem muitas oscilações. Com isso, consegue-se produtos de melhor qualidade, produtos mais uniformes e redução de perdas na produção.

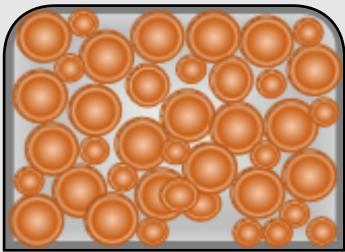


FORNALHA COM EXCESSO DE LENHA E POUCA ENTRADA DE AR



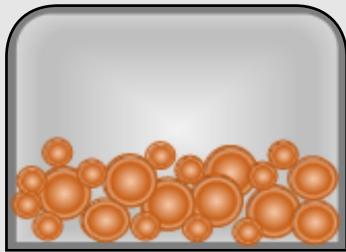
FORNALHA COM LENHA PICADA EM VOLUMES DE AR EQUILIBRADOS E ESTÁVEIS

SITUAÇÃO COMUM: QUEIMA COM TORAS DE DIFERENTES FORMAS E DIMENSÕES ► COMBUSTÃO IRREGULAR E INCONSTANTE



FORNALHAS COM EXCESSO DE LENHA

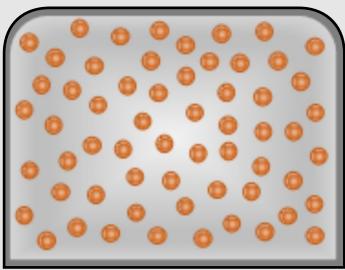
FALTA DE AR ► GERA FULIGEM



FORNALHAS COM POUCA DE LENHA

EXCESSO DE AR ► CONSUMO ELEVADO DE LENHA

SITUAÇÃO DESEJÁVEL: QUEIMA COM CAVACOS, BRIQUETES OU SERRAGEM ► COMBUSTÃO CONSTANTE



FORNALHA COM LENHA PICADA EM VOLUMES ESTÁVEIS E EQUILIBRADOS:

- REDUÇÃO NA EMISSÃO DE FULIGEM
- ECONOMIA DE ENERGIA (BIOMASSA)
- MELHOR CONTROLE DA TEMPERATURA NO INTERIOR DOS FORNOS E FORNALHAS

QUANTO MENOR OS PEDAÇOS DE BIOMASSA, PODE-SE TER MELHOR CONTROLE DA QUANTIDADE DE AR NECESSÁRIA PARA UMA COMBUSTÃO EFICIENTE E EQUILIBRADA.

A ALIMENTAÇÃO CONTÍNUA DE LENHA PICADA, MECANIZADA E AUTOMATIZADA

Para resolver esse problema de grandes oscilações nas quantidades de lenha e descontrole nas quantidades de ar, uma sugestão eficaz é implantar um sistema de alimentação contínua de lenha picada ou serragem, se possível controlado automaticamente. Isso assegura uma combustão mais estável e econômica. Os sistemas disponíveis podem modular a injeção de lenha picada para aumentar a temperatura mais rapidamente, ou desacelerar ou até interromper, se necessário. Tudo é controlado através de termopares e painel, onde o operador pode programar previamente a curva de queima desejada.

Conclusão – O uso de lenha picada e/ou serragem também permite maior controle e estabilidade na condução da queima, o que favorece a obtenção de produtos de maior qualidade e mais uniformes, como também as perdas no processo são menores.

MAS QUAL A ECONOMIA DE LENHA QUE SE CONSEGUE?

A economia que se consegue por empregar lenha picada vai depender do tipo de forno e de quão bem a combustão vinha sendo conduzida, e de como passa a ser realizada e controlada. Quanto menos eficiente for o forno, maiores são as economias possíveis. Mesmos em fornos mais eficientes, como os do tipo câmaras, cedar, móvel, vagão e outros, pode-se obter economias consideráveis. Veja os exemplos a seguir.

Tipo de Fornos	Abóbada	Vagão	Móvel	Paulista e similares	Câmara/ Cedar
Faixas de economia estimada (%)	15 a 25	18 a 22	18 a 22	18 a 22	7 a 11

OBS.: O SISTEMA DE LENHA PICADA NÃO SE APLICA EM FORNOS DO TIPO CAIPIRA/CAIEIRA.

OUTRO FATOR DE ECONOMIA – COMBUSTÍVEL MAIS SECO

Uma outra vantagem refere-se à umidade presente no combustível. Ao picar a lenha, parte da umidade é suprimida, o que favorece a combustão, além de não se “gastar” energia no próprio forno para evaporar a água contida na lenha. Quando se emprega lenha muito “verde”, onde o teor de água pode superar 30%, gasta-se muita energia da própria lenha para evaporar esta água em excesso. No caso da lenha picada na forma de cavacos, lascas etc, a umidade fica entre 8 e 15%, o que é bastante vantajoso em termos de economia de energia. Veja a seguir, como a quantidade de energia contida na lenha (seu poder calorífico) aumenta na medida em que se usa uma lenha mais seca.

Umidade na lenha (%)	35	25	15	5
Poder calorífico inferior (kcal/kg)	2.770	3.290	3.810	4.330

MAQUINÁRIO E INSTALAÇÕES NECESSÁRIAS

Consiste em um picador, sistema de esteiras transportadoras, caixas alimentadoras ou queimadores com mecanismos de catraca para injeção do material picado e sistema de controle automático para modulação da alimentação ou parada, que seria o dispositivo ideal para uma operação mais eficiente e precisa.

O picador deve ser dimensionado de acordo com o consumo estimado de lenha por dia, podendo ter capacidade para produzir material para estoque em galpão coberto, isto é, o equipamento não necessita operar continuamente. Embora não seja o ideal, e enchimento das caixas alimentadoras/queimadores com a lenha picada também pode ser manual ou com auxílio de elevador de caçamba ou até pá carregadeira de pequeno porte. Esse esquema, no entanto, é muito trabalhoso, e sempre estará sujeito a alguma falha operacional.

Todo o sistema de lenha picada aqui descrito usualmente deve trazer retorno financeiro em até dois anos.

Lembre-se - quanto mais cara estiver a lenha e mais ineficiente for o forno, maior será a economia com o sistema de lenha picada, e mais rapidamente se recupera o investimento.

Importante - todo esse sistema constitui itens financiáveis em condições especiais em bancos estatais.



PICADOR DE LENHA



SISTEMA DE CAIXAS ALIMENTADORAS DE LENHA PICADA
EM FORNO CÂMARA



CAIXAS/QUEIMADORES PARA LENHA PICADA



SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE CAVACO/LENHA PICADA EM FORNO MÓVEL

Observação: esse sistema não se aplica para fornos do tipo caipira/caieira.

DICA IMPORTANTE

Operar fornos com alimentação contínua de lenha picada ou serragem evita grandes oscilações na combustão, situação comum quando se queima lenha em toras ou em pedaços maiores. A alimentação contínua, mesmo com modulações (fogo baixo, fogo alto ou on/off), permite ter uma melhor combustão e sem a emissão de fuligem.

Quanto mais dividida estiver a lenha, na forma de cavacos, briquetes, chips, pellets ou serragem, a queima é facilitada e se consegue economia de energia, além de maior estabilidade e controle. Resultado disso proporciona ainda produtos mais uniformes e com melhor qualidade, além de redução nas perdas de produção.



FOTO: M. HENRIQUES

FORNOS MULTICÂMARAS



FOTO: M. HENRIQUES

INTRODUÇÃO

Os fornos multicâmaras ou “tipo câmaras” vêm despertando grande interesse na produção de artefatos de cerâmica vermelha, devido à sua maior eficiência energética, alta produtividade, boa qualidade dos produtos e custos relativamente acessíveis diante de outras opções.

Os modelos derivam dos tradicionais fornos Hoffmann e operam de forma semicontínua. Diversos projetos estão disponíveis, cada um deles com algum detalhe interno que os diferenciam, geralmente na passagem dos gases quentes para as câmaras vizinhas.

Os fornos também são conhecidos pelos nomes de seus projetistas ou nome fantasia, como por exemplo: Ceden, Federico, Paskocimas, Eco-Smart, dentre outros. O Eco-Smart tem um diferencial adicional, pois opera com vagonetetas para a movimentação das peças para o interior das câmaras, ou seja, o carregamento e o descarregamento do material acontecem fora do forno.

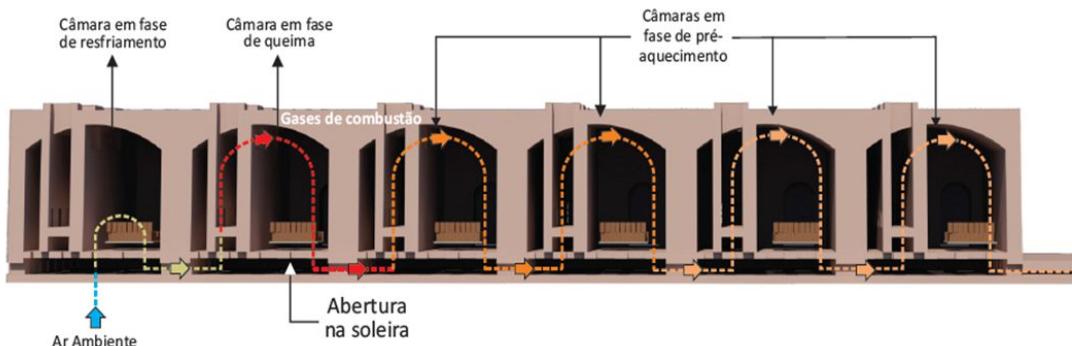


O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

POR QUE ESTE FORNO TEM MAIOR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA?

O princípio de funcionamento do forno está baseado no conceito do aproveitamento interno do calor entre as câmaras. Enquanto uma câmara se encontra na fase de queima, o calor de combustão desta câmara é aproveitado nas câmaras posteriores (à frente), promovendo aquecimento das peças cruas ou verdes já dispostas.

Simultaneamente, na câmara anterior a que está sendo queimada, onde os produtos sinterizados estão sendo resfriados, ar ambiente é insuflado e direcionado para a câmara que se encontra na fase de queima, atuando como ar de combustão aquecido. Ou seja, sempre há câmaras operando, como se fossem fornos acoplados uns aos outros e funcionando simultaneamente, como num forno contínuo. Como resultado, todos esses aproveitamentos internos de calor entre as câmaras tornam o forno mais eficiente e agilizam os ciclos de produção.



FLUXOS DE AR E DE GASES DE COMBUSTÃO ENTRE AS CÂMARAS. EM AZUL - AR AMBIENTE DE RESFRIAMENTO; EM AMARELO - AR AQUECIDO DA CÂMARA DE RESFRIAMENTO SENDO DIRECIONADO PARA A COMBUSTÃO; EM VERMELHO - GASES QUENTES DE COMBUSTÃO DIRECIONADOS PARA A QUEIMA DO MATERIAL; EM LARANJA - GASES QUENTES TROCANDO CALOR COM PEÇAS CRUAS EM PREAQUECIMENTO E SEGUINDO PARA A CHAMINÉ.

DESCRÍÇÃO GERAL

Fornos multicâmaras de menor capacidade podem ter apenas uma reta, estabelecendo uma cadência de processamento em que, após a queima de uma câmara extrema, volta-se a queimar a câmara mais distante.

No caso de fornos de maior capacidade, emprega-se o sistema de queima em duas retas (em ciclo), com queima nas câmaras dos dois lados, como nos fornos Hoffmann. Essas câmaras, lado a lado, podem totalizar desde 12 unidades (6 câmaras x 2 retas), como no caso dos fornos mais antigos e menores; até conjuntos maiores, onde se tem conhecimento, de 22 câmaras no total, sempre aos pares.

A capacidade de cada câmara pode variar bastante, começando entre 28 e 30 mil peças ou cerca de 38 t, no caso dos fornos mais antigos, indo até 60 a 70 mil peças (equivalente a aproximadamente 84 t), conforme as dimensões internas e o tipo de produto enfornado, se telhas, tijolos, blocos ou a combinação destes.

A operação do forno é praticamente “contínua”, no sentido longitudinal, o que faz com que sempre existam lotes de peças cerâmicas preaquecendo, queimando e resfriando, graças às interligações entre as câmaras.

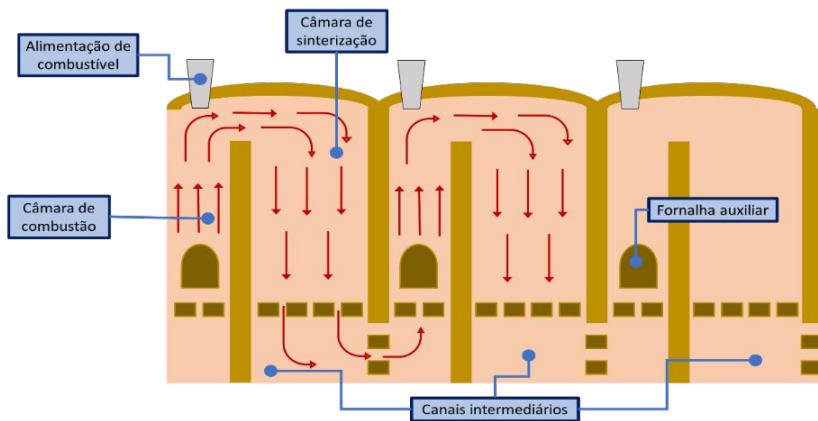
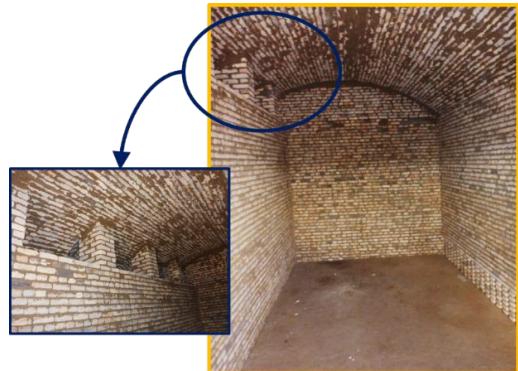
Cada câmara é composta de dois compartimentos – o de combustão e o de queima ou de sinterização das peças. Estes são interligados entre si e a todas as câmaras à frente e para trás. O compartimento ou câmara de combustão se conecta ao compartimento de sinterização por passagens na parte superior em uma das paredes laterais, e também ao compartimento de sinterização anterior, neste caso na sua parte inferior, através de piso crivado e canais, ou ainda, em alguns modelos, por passagens na parede lateral quando não há piso crivado.

A alimentação de lenha se dá pelo topo do forno (teto), podendo ser manual, no caso de toras e galhos, ou contínua, quando se tem lenha picada ou serragem. Há também janelas auxiliares na parede frontal para a alimentação de lenha, caso necessário.

FLUXO DOS GASES DE COMBUSTÃO

A combustão ocorre exclusivamente nos compartimentos ou câmaras de combustão nas laterais dos compartimentos ou câmaras centrais de sinterização.

Os gases quentes de combustão seguem um fluxo ascendente até a abóbada da câmara de sinterização, quando sofrem uma inversão de direção, atravessam a pilha de peças num movimento descendente até o piso crivado ou para as passagens localizadas na parte inferior da parede oposta junto ao solo. Portanto, não há contato direto do combustível com as peças cerâmicas que estão sendo queimadas.



DETALHE DAS PASSAGENS E DO FLUXO DE GASES QUENTES NO INTERIOR DAS CÂMARAS DE COMBUSTÃO E DE SINTERIZAÇÃO
(ADAPTADO DE OLIVEIRA A., 2013).



A chaminé fica localizada num dos extremos do forno e a tiragem dos gases de combustão geralmente tem o auxílio de exaustor, que ajuda no controle da “puxada do forno” e da pressão interna (sempre negativa).

OPERAÇÃO

Considerando a capacidade das câmaras, os fornos podem ter uma produção mensal bastante variável, entre 1.000 e 2.000 milheiros (1.300 a 2.600 t/mês), de acordo com o tipo de produtos, dimensões das câmaras e ritmo de produção da empresa, isto é, quantidade de queimas mensais. A obtenção de peças de primeira qualidade geralmente supera 90% e as perdas de produção são mínimas, abaixo de 2%.

Os fornos multicâmaras operam na faixa de temperatura entre 900° a 950°C, dependendo do tipo da argila. Cada câmara necessita de cerca de 15 a 18 horas para a queima, e outras 2 ou 3 horas para preaquecimento e resfriamento, totalizando de 18 a 21 horas para um ciclo completo. Desse modo, o forno idealmente pode ter um ritmo mensal entre 35 a 40 queimas. Eventualmente esse número de queimas pode ser ligeiramente aumentado, mas irá depender do tipo de argila e da condução da queima, pois há riscos de não se obter uma sinterização bem feita. Além disso, na prática, é preciso ter material cru e seco estocado para alimentar o forno.

Portanto, uma grande vantagem é que o ciclo de queima dos fornos multicâmaras não envolve os períodos de carregamento e descarregamento dos produtos, já que estas operações se dão enquanto o forno se encontra nas suas fases de queima, de “esquente” e de resfriamento nas câmaras vizinhas.

O consumo de energia, representado pela lenha, situa-se na faixa de 0,5 a 0,6 m³st/milheiro (considerando uma mescla de telhas e tijolos com peso médio 1,3 kg por peça enfornada), podendo variar em função de diversos itens, tais como: temperatura de queima da argila, tipo da lenha/biomassa empregada (poder calorífico, umidade e granulometria), tipo de queima (se contínua ou intermitente), se há ou não controle da queima, disposição das peças no interior do forno, dentre outros aspectos.

O forno praticamente não emite fuligem ou material particulado durante a queima. Isso acontece devido às repetidas mudanças de direção do fluxo de gases de combustão e pelas passagens desses gases entre as próprias peças e através do piso crivado, que agem como “filtros” retendo partículas não queimadas (carbono) e cinzas.

A operação deste forno geralmente exige seis funcionários para as operações de carregamento e descarregamento e outros quatro foguistas para a queima.

CUSTOS

O custo de investimento num forno de 14 câmaras para uma produção de cerca de 1.200 milheiros/mês é da ordem de R\$ 650 mil. Já os fornos maiores, com 20 câmaras, para aproximadamente 60 mil peças/câmara (volume internos da câmara de cerca de 90 m³), e produção em torno de 2.000 milheiros/mês, podem custar cerca de R\$ 950 mil, conforme custos com refratários, ferragens e outros (base: julho/2021).

Boa parte dos tijolos maciços para a alvenaria externa pode ser produzida na própria empresa, como também pode-se utilizar mão de obra própria, aspectos que ajudam a reduzir os custos.

RESUMO – CARACTERÍSTICAS GERAIS

Formatos e Dimensões	<ul style="list-style-type: none">▪ Quantidade de câmaras: de 12 a 22 unidades, sempre em pares e divididas em 2 linhas (ex.: 6x2, 7x2, etc)▪ Comprimento: 36 a 50m; Largura: 15 a 24m; Altura: 4,2m.▪ Formato das câmaras: seção horizontal retangular e teto em arco (abóbada).▪ Dimensões internas das câmaras: Profundidade (da porta à parede do fundo): 8,5 a 12,0m; Largura (entre as paredes laterais): 3,0 a 3,7 m; Altura: 3,0 a 3,7 m.
Produção	<ul style="list-style-type: none">▪ Produtos: telhas, tijolos e lajotas.▪ Capacidade das câmaras: 28.000 a 70.000 peças (36 a 91 t/carga).▪ Capacidade de produção mensal: 1.000 a 2.000 milheiros (1.300 a 2.600 t/mês).
Energia	<ul style="list-style-type: none">▪ Consumo de lenha: 0,5 a 0,6 m³st/milheiro (com massa média das peças sinterizadas de 1,3 kg (85% telhas coloniais e 15% tijolos 8 furos)).▪ Consumo específico de energia: 430 a 515 kcal/kg.▪ Eficiência térmica média: 54%.
Ciclo de queima	<ul style="list-style-type: none">▪ Duração da queima em cada câmara: 15 a 18 h, dependendo do tipo da argila e da lenha empregada.▪ Ciclo completo: 3,5 dias (considerando esquente, queima e resfriamento/câmara).▪ Cadêncnia de queima: 1 a 2 câmaras por dia.
Qualidade das peças	<ul style="list-style-type: none">▪ Peças de primeira: superior a 90%.▪ Perdas: menor que 2%.

PRINCIPAIS PONTOS POSITIVOS E VANTAGENS

- Possibilidade de aumento da produção;
- Baixo consumo de energia térmica;
- Redução da emissão de fuligem (material particulado);
- Projeto do forno “sob medida” à demanda da empresa;
- Flexibilidade de produção (queima feita em “lotes”);
- Baixo custo operacional;
- Queima homogênea;
- Possibilidade de recuperação de calor para a secagem;
- Boas condições de salubridade no ambiente da produção;
- Boa produtividade e velocidade de produção;
- Elevado índice de produção de peças de primeira qualidade;
- Baixo nível de perdas por quebras e trincas

BOAS PRÁTICAS PARA UMA OPERAÇÃO EFICIENTE

Para obter um maior desempenho em geral, o forno multicâmaras também deve seguir alguns procedimentos que são comuns para vários tipos de fornos:

- **Controle da curva de queima através de termopares** - Na parte superior de cada câmara devem ser instalados termopares ligados a um painel indicador digital de temperaturas. Isso possibilita um melhor controle da curva de queima, e a obtenção de produtos mais uniformes e com maior qualidade.
- **Emprego de lenha picada e alimentação contínua** - o uso de lenha picada, na forma de cavacos, chips ou serragem, pode proporcionar uma economia de combustível entre 7 e 11%, além de melhor controle da curva de queima. O investimento necessário com um picador, sistema de transporte e os alimentadores/queimadores de biomassa geralmente pode se pagar em cerca de dois anos, variando conforme o preço da lenha.
- **Não usar o forno como secador** - a queima propriamente dita de uma determinada câmara só deve ter início com fogo forte quando as peças se encontram “secas”, ou seja, com pelo menos 6% de umidade. Quando peças úmidas, com índices de umidade mais altos, são submetidas a subidas de temperatura muito rápidas ocorrem trincas e quebras.
- **Limpeza periódica** - as passagens nos pisos crivados e canais nas partes baixas precisam de limpeza periódica.



FOTO: M. HENRIQUES

EMISSÕES ATMOSFÉRICAS EM FORNOS



FOTO: M. HENRIQUES

EMISSÕES ATMOSFÉRICAS EM CHAMINÉS DE FORNOS DE CERÂMICA

Uma das principais emissões atmosféricas na indústria de cerâmica vermelha é proveniente dos fornos, causadas pela queima de lenha ou de outras biomassas, tais como cavacos, briquetes, serragem etc.

Geralmente a combustão nos fornos cerâmicos não é muito eficiente e termina gerando fuligem em excesso (fumaça preta). Isso indica que não se está realizando uma queima adequada, ou seja, a quantidade de ar de combustão é insuficiente para uma boa combustão. Falta ar de combustão para uma boa queima.



COMBUSTÃO INEFICIENTE EM INDÚSTRIAS CERÂMICAS

Geralmente a queima de toras muito grandes e grossas é mais difícil de se controlar, e quase sempre gera fuligem em excesso em alguns momentos, exatamente quando o ar de combustão é insuficiente. Esse problema ocorre quando o foguista alimenta as bocas dos fornos, momento em que o ar de combustão é insuficiente. Nesse caso, a injeção de ar pressurizado, empregando ventiladores (ventoinhas), pode melhorar bastante a combustão.

A emissão de fuligem em excesso também varia de acordo com o tipo de forno e com o processo de alimentação do combustível, se manual ou automatizada. Por exemplo, nos fornos multicâmaras (cedan, Hoffmann e outros), há a vantagem de ter queimas mais contínuas, além do que as suas estruturas internas ajem como se fossem “filtros internos”, retendo as partículas mais grossas e pesadas de fuligem.

A alimentação automatizada de lenha picada ou serragem também ajuda bastante, pois a injeção de combustível passa a ser contínua e ajustada à quantidade de ar necessária. Pode também ser modulável de acordo com comando automático por termopares, prática que possibilita economia significativa de combustível.

Outro tipo de emissão comum nas empresas é a emissão de material particulado, na forma de partículas inaláveis grossas, na manipulação e no transporte da argila em pátios, condição também facilmente atenuada com a borrifação de água.

QUAL A IMPORTÂNCIA DE CONTROLAR AS EMISSÕES DE CHAMINÉ?

O controle da qualidade do ar objetiva reduzir os efeitos da degradação do ambiente atmosférico, garantindo melhores condições ambientais para os empregados e na vizinhança das empresas.

A avaliação da qualidade do ar baseia-se em duas etapas: medição dos parâmetros indicadores de concentração dos poluentes, e comparação desses valores medidos com valores de referência da qualidade do ar vigentes na legislação ambiental seguida pelo estado.

O QUE DIZ A LEGISLAÇÃO

É necessário que sejam aplicados procedimentos técnicos para o controle das emissões de poluentes atmosféricos e o limite máximo de emissão (LME), que é a quantidade máxima permitida a ser lançada para a atmosfera desses poluentes em fontes fixas, conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 382/2006.

Esta resolução é complementada pela resolução nº 436/2011, a qual estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anterior a 2 de janeiro de 2007. À época, a intenção era obrigar que as fábricas antigas se modernizassem e diminuíssem suas emissões, equiparando-as às fábricas novas, impondo, portanto, novos limites de emissão.

No que são baseados os limites de emissão apresentados na norma?

- No grau de saturação da região onde se encontra a fonte geradora;
- No uso de materiais e equipamentos ambientalmente adequados;
- Na adoção de tecnologias de controle de emissões de poluentes atmosféricos técnica e economicamente viáveis;
- Na possibilidade de diferenciação das fontes de emissão e dos poluentes,
- Nas informações técnicas e mensurações de emissões feitas no país e exterior.

Nestas resoluções, os limites máximos de poluentes atmosféricos são fixados por poluentes e pelo tipo da fonte geradora, e seus valores são estabelecidos de acordo com o Anexo IV, que é direcionado para processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira (caso das cerâmicas da região).

Este Anexo IV da Resolução traz algumas definições e considerações acerca dos limites de emissão dos gases poluentes provenientes da queima de derivados de madeira, os quais devem ser verificados em condições típicas de operação, ou seja, nas condições em que a operação da unidade geradora de calor permanece na maior parte das horas em funcionamento.

No caso de equipamentos novos, o atendimento aos limites estabelecidos deverá ser verificado nas condições de plena carga (pelo menos 90% da capacidade nominal).

Limites máximos de emissão de acordo com a resolução nº 382/2006:

Potência térmica nominal (MW)	Material Particulado (mg/Nm ³)*	NO _x (como NO ₂) (mg/Nm ³)*
Menor que 10	730	N.A.**
Entre 10 e 30	520	650
Entre 30 e 70	260	650
Maior que 70	130	650

* em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio.

** N.A. - Não aplicável.

Limites máximos de emissão de acordo com a resolução nº 436/2011 (para fontes fixas instaladas antes de 02/01/2007):

Potência térmica nominal (MW)	Material Particulado (mg/Nm ³)*	NO _x (como NO ₂) (mg/Nm ³)*
Menor que 10	730	N.A.**
Entre 10 e 50	520	650
Maior que 50	300	650

* em base seca a 8% de oxigênio.

** N.A. - Não aplicável.

No caso da grande maioria das empresas de cerâmica vermelha, o enquadramento da potência térmica nominal se situa em “Menor que 10 MW”.



TÉCNICOS REALIZANDO AMOSTRAGEM EM CHAMINÉ.
FONTE: CONSULTORIA TECNOLÓGICA EM CERÂMICA NOVA CANAÁ LTDA

OS SERVIÇOS PARA AS MEDIÇÕES?

Para a medição das emissões atmosféricas são dois documentos que trazem boas orientações - a “Ficha Técnica” do SEBRATEC sob o código nº31011-2 e o documento do IDEMA/RN “Diretrizes gerais e instruções para a realização do monitoramento das emissões atmosféricas e para a elaboração do relatório de monitoramento para indústria cerâmica que utiliza derivados de madeira ou bucha de coco como combustível”. Ambos apresentam um roteiro geral para a realização do monitoramento das emissões atmosféricas, bem como para a elaboração do relatório que é exigido.

Algumas empresas de consultoria e serviços estão habitadas para tais medições e elaboração dos referidos relatórios. Basicamente o prestador de serviços deverá estar capacitado com os seguintes itens:

- Câmera fotográfica digital;
- Sistema de monitoramento, que compreende notebook com sistema planilhas específicas para monitoramento contínuo, medição, armazenamento e tratamento de parâmetros das emissões;
- Coletor isocinético de poluentes atmosféricos (CIPA), que deverá possuir sensores de vazão, velocidade, pressão e temperatura, que são variáveis monitoradas e armazenadas ao longo do processo de amostragem;
- Caixa térmica e gelo para o controle de temperatura do sistema CIPA;
- Filtros de papel para o CIPA;
- Analisador portátil de gases de combustão, utilizado para a medição direta dos gases: monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NOX);
- Balança analítica com sensibilidade para determinação de 0,5 mg;
- Estufa para secagem das amostras.



COLETOR ISOCINÉTICO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS (CIPA).
FONTE: RMV SERVIÇOS.

RESUMO E DICAS PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES

Gases poluentes

- Adotar fornos mais modernos e eficientes, e que possuem melhor desempenho na queima do combustível.
- Empregar lenha picada na forma de cavacos, briquetes, chips e serragem.
- Adotar sistema de alimentação contínua de lenha picada, preferencialmente automatizado.

Poeiras e material particulado

- Borrifar água nas áreas onde há poeira por manejo de argila e movimentação/transporte de matéria prima.
- Construir cercas vivas para conter a dispersão de material particulado.
- Instalar sistemas de proteção e cobertura da argila, inclusive nos caminhões, no transporte entre a jazida e a fábrica.



Notar que a “fumaça branca” em uma chaminé não indica necessariamente que se esteja emitindo material poluente. Essa emissão é basicamente vapor d’água proveniente da umidade da lenha e/ou dos próprios produtos cerâmicos não completamente secos.

REFERÊNCIAS

- CONAMA, 2006 - Resolução 382/2006: eficiência energética com responsabilidade ambiental.
- , 2011 - RESOLUÇÃO Nº 436, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2011. Complementa as Resoluções nº 05/1989 e nº 382/2006.
- FLORÊNCIO R.V.S.; MARQUES J.A.C.C., 2000 - Estudo da poluição atmosférica originada na indústria cerâmica. IPEN Biblioteca. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbecimat/2000/Docs/TC109-001.pdf>. Acesso em 20/07/2022.
- IDEMA/RN, 2020. Diretrizes gerais e instruções para a realização do monitoramento das emissões atmosféricas e para a elaboração do relatório de monitoramento para indústria cerâmica que utiliza derivados de madeira ou bucha de coco como combustível.
- MMA, 2020 - Artigo Cidades Sustentáveis - Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar.html>. Acesso em 20/07/2022.
- ResearchGate, 2015 - Levantamento das emissões atmosféricas da indústria da cerâmica vermelha no sul do estado de Santa Catarina, Brasil. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281664415_Levantamento_das_emissoes_atmosfericas_da_industria_da_ceramica_vermelha_no_sul_do_estado_de_Santa_Catarina_Brasil. Acesso em 20/07/2022.

LICENCIAMENTO AMBIENTAL



FOTO: M. HENRIQUES

LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA

O QUE É?

O Licenciamento Ambiental é um instrumento destinado a licenciar atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais que podem de alguma maneira causar poluição e/ou degradação ambiental.

Através das licenças ambientais, o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, para localizar, instalar, ampliar e operar seus negócios ou atividades.

POR QUE É IMPORTANTE?

A falta de uma licença ambiental válida, além de crime previsto na Lei nº 9.605/98 - a Lei de Crimes Ambientais, também impede que a empresa obtenha financiamento e incentivos governamentais de órgãos públicos, como o BNDES, agências de fomento, dentre outros.

As instituições financeiras privadas, por sua vez, comprometem-se aceitar em apenas projetos de empresas que estejam cumprindo com a legislação ambiental.

QUEM CONDUZ?

A condução do licenciamento ambiental é de responsabilidade da União, dos estados ou municípios, sendo o IBAMA o órgão executor pela União, o IDEMA no caso do Estado do Rio Grande do Norte e, caso a competência seja do município, o órgão local responsável.

Para definir de quem é a competência, deve-se verificar o enquadramento (ou não) do empreendimento/atividade nos critérios estabelecidos na Lei Complementar nº 140/11, art. 7º, inciso XIV, e no Decreto nº 8.437/15.

COMO FUNCIONA?

Os principais passos para iniciar um processo de licenciamento ambiental, de acordo com a Resolução CONAMA nº 237/1997, são:

- I. Definir junto com o órgão ambiental competente os documentos, projetos e estudos ambientais necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença a ser requerida;
- II. Requerer a licença ambiental, dando a devida publicidade;
- III. O órgão ambiental competente analisa os documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e realiza as vistorias técnicas quando necessárias;
- IV. O órgão ambiental solicita esclarecimentos e complementações, quando couber;
- V. Realização de audiência pública, se for o caso, de acordo com a regulamentação pertinente;
- VI. O órgão ambiental solicita esclarecimentos e complementações decorrentes de audiências públicas, se for o caso;
- VII. O parecer técnico conclusivo é emitido e, se couber, um parecer jurídico;
- VIII. O pedido de licença é deferido ou indeferido, e é dada a devida publicidade.

Além da proposição desses procedimentos, a Resolução CONAMA nº 237/1997 define em seu art. 8º as modalidades de licença expedidas pelo Poder Público, a saber: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Entretanto, conforme o tipo de empreendimento ou atividade, os órgãos ambientais licenciadores podem determinar por instrumentos legais estaduais as seguintes licenças: Licença de Instalação Corretiva (LIC), Licença de Operação Corretiva (LOC), Licenciamento Simplificado (LS), Licença Prévia simultânea à Licença de Instalação (LP + LI) e Licença de Instalação e Operação (LIO).

Obs.: A renovação das licenças ambientais que permitam a operação dos empreendimentos e atividades deverá ser requerida antes da expiração de seu prazo de validade, fixado na respectiva licença.

COMO FUNCIONA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE?

No Estado do Rio Grande do Norte, a implantação de um empreendimento somente poderá ser iniciada após a emissão da Licença de Instalação ou outra que lhe autorize tal procedimento (Licença Simplificada, Licença Simplificada de Instalação e Operação, Licença de Instalação e Operação). As referidas licenças são emitidas pelo órgão ambiental estadual, o IDEMA.

Toda a documentação técnica apresentada para o licenciamento ambiental deverá conter o nome do responsável técnico e estar por ele assinada. Todas as plantas, projetos e estudos ambientais apresentados deverão estar acompanhados das Anotações de Responsabilidade Técnica (ART), devidamente registradas nos respectivos conselhos de classe.

É importante saber que, a qualquer momento da análise, o IDEMA poderá solicitar outras informações ou documentos, caso necessário.

TIPOS DE LICENÇA - IDEMA

Licença Prévia (LP) - atesta a viabilidade ambiental do empreendimento, atividade ou obra, estabelece os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implantação, bem como os parâmetros para lançamento de efluentes líquidos e gasosos, resíduos sólidos, emissões sonoras, além de exigir a apresentação de propostas de medidas de controle ambiental em função dos possíveis impactos ambientais a serem gerados.

Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento, atividade ou obra de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, fixando cronograma para execução das medidas mitigadoras e da implantação dos sistemas de controle ambiental.

Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade, obra ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento das medidas de controle ambiental e condicionantes determinadas nas licenças anteriores.

Licença Simplificada (LS) - concedida para a localização, instalação, implantação e operação de empreendimentos e atividades que, na oportunidade do licenciamento, possam ser enquadrados na categoria de pequeno e médio potencial poluidor e degradador e de micro ou pequeno porte. Poderá ser expedida em duas etapas, Licença Simplificada Prévia - LSP e Licença Simplificada de Instalação e Operação - LSIO;

Licença de Regularização de Operação (LRO) - destinada a disciplinar, durante o processo de licenciamento ambiental, o funcionamento de empreendimentos e atividades em operação e ainda não licenciados, sem prejuízo da responsabilidade administrativa cabível;

INICIANDO O PROCESSO - DEFINIR O TIPO DE LICENÇA A SER REQUERIDA

O tipo de licença a ser requerida vai depender da fase em que se encontra o empreendimento ou atividade (planejado, já existente, operando ou não) e da definição de sua classe e magnitude de impacto ambiental, conforme o quadro abaixo.

Tipos de licença necessárias conforme porte e potencial poluidor degradador do empreendimento/atividade:

Porte	Potencial poluidor e degradador			
	Insignificante	Pequeno	Médio	Alto
Micro	Dispensa	LSP, LS, LSIQ, LRO	LSP, LS, LSIQ, LRO	LP, LI e LO, LRO
Pequeno	Dispensa	LSP, LS, LSIQ, LRO	LSP, LS, LSIQ	LP, LI e LO, LRO
Médio	Dispensa	LP, LI e LO, LRO	LP, LI e LO, LRO	LP, LI e LO, LRO
Grande	Dispensa	LP, LI e LO, LRO	LP, LI e LO, LRO	LP, LI e LO, LRO

FONTE: IDEMA, 2022.

Escolhida a licença que se pretende obter, seguem-se os passos determinados pelo IDEMA, conforme seu site, e resumidos a seguir.

OBTENÇÃO DE LP OU LSP

ETAPA1

Obter, junto ao IDEMA as informações e os formulários referentes ao tipo de licença a ser requerida.

São feitas as seguintes verificações:

1. Se o empreendimento/atividade/obra pode ser licenciado pelo município onde se encontra;
2. Se o empreendimento/atividade/obra é dispensado de licenciamento estadual;
3. Se a Atividade é temporária;
4. Se o interessado quer fazer alteração, ampliação ou modificação de empreendimento já regularizado;
5. Será necessário informar o porte do empreendimento/atividade/obra para identificar a relação da documentação exigida para Licença relacionada.

Como a maior parte das cerâmicas do APL do Seridó-RN é composta por empreendimentos e atividades de micro, pequeno e médio porte, a seguinte sequência deve ser obedecida:

ETAPA2

Providenciar a documentação exigida para o licenciamento ambiental do empreendimento e retornar à Central de Atendimento, onde a documentação será conferida. Caso a documentação esteja completa, será emitido um boleto bancário para pagamento.

O passo a passo é:

- I. Dar entrada no pedido de LP ou LSP
- II. Preencher Requerimento de Licença - Modelo IDEMA;
- III. Apresentar Documentos da Pessoa Física ou Jurídica, conforme relação apresentada nas Instruções Técnicas emitidas pelo IDEMA;

- IV. Apresentar Documento, com firma reconhecida, que comprove a legalidade do uso da área para a instalação do empreendimento (Escritura Pública ou Escritura Particular ou Comprovação de Posse ou Contrato de Compra e Venda);
- V. Apresentar Contrato de Arrendamento ou Autorização do Proprietário, registrada em cartório (para os empreendimentos que apresentarem documentos da área em nome de terceiros);
- VI. Apresentar Certidão da Prefeitura Municipal, expedida há no máximo 02 anos da data de apresentação, declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo, e especificando se o empreendimento está inserido em zona urbana ou rural. Em substituição a essa Certidão, poderá ser apresentado, quando disponível, o Alvará de Localização do empreendimento (*);
- VII. Apresentar Certidão emitida pelo DNIT e/ou DER-RN, nos casos de empreendimentos localizados na faixa de domínio público de rodovias federais ou estaduais, informando que não se opõe ao uso dessa área de domínio público, e que estão sendo atendidos os limites legais de área não-edificável ao longo das rodovias, devendo anexar planta baixa devidamente aprovada com carimbo do órgão responsável;
- VIII. Apresentar Memorial Descritivo da área e descrição sucinta do empreendimento, Planta de localização, georreferenciada, da área do empreendimento e Cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade;

(*) Certidão de acordo com modelo apresentado no site do IDEMA (Certidão para fins de Licenciamento Ambiental) e deverá contemplar, no seu corpo, cada uma das instalações a serem licenciadas, de forma explícita e facilmente identificável. Os valores referentes ao LP estão na tabela:

<http://www.adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000248747.PDF>

ETAPA 3

Providenciar o pagamento do boleto e retornar à Central de Atendimento para protocolar o requerimento.

Nessa etapa, o que ocorre é:

- I. Publicação do pedido da Licença Simplificada (LS) no DOE
- II. Protocolo do requerimento de LS e demais documentos no CAT (sede do IDEMA) (Requerimento de Licenciamento Ambiental; demais documentos segundo relação de documentação exigida por atividade).
- III. Solicitação de anuência prévia dos órgãos intervenientes, conforme modelos do IDEMA, se for o caso.

ETAPA 4

O IDEMA realiza a análise técnica e vistoria a área/empreendimento. Se necessário, pode solicitar algum documento, ou informação complementar.

No caso de haver supressão da vegetação nativa na implantação do empreendimento, será exigida a apresentação da Autorização para Supressão Vegetal (caso já não tenha sido solicitada) e para Uso Alternativo do Solo (se for o caso). Essa Autorização é uma condição para se emitir a licença de instalação (LI), a licença de instalação e operação (LIO), a licença simplificada (LS) ou a licença simplificada de instalação e operação (LSIO).

Ainda nessa fase, se ficar constatada obra de intervenção no recurso hídrico para retirada de água para a operação do empreendimento, será solicitada a apresentação da Licença Prévia de Obra Hidráulica (caso já não tenha sido pedido). Isso é condição para emissão da licença de instalação (LI), licença de instalação e operação (LIO), da licença simplificada (LS) ou a licença simplificada de instalação e operação (LSIO). Já, para requerer a Licença de Operação (LO), o empreendedor deverá apresentar a Outorga de Uso da Água obtida junto ao IGARN.

Dependendo do porte, da localização e do potencial de impacto do empreendimento, ou conforme avaliação técnica do órgão, poderá ser solicitado algum tipo de estudo ambiental (EIA/Rima, RCA, RAS ou outros) em complementação.

ETAPA 5

É apresentado o resultado da análise do empreendimento. Se for favorável, a licença emitida ficará à disposição do empreendedor na Central de Atendimento do IDEMA por 15 (quinze) dias. Após esse prazo, o documento será enviado ao interessado via Correios (com AR).

LS concedida?

1. Sim: Publicação do deferimento da LS ou Solicitar a Renovação da LS dias antes do prazo de validade.
2. Não: Interpor recurso, caso conveniente.

LICENÇA DE INSTALAÇÃO

ETAPA1

Providenciar a documentação exigida abaixo listada:

- I. Requerimento de Licença - Modelo IDEMA;
- II. Licença anterior;
- III. Todos os documentos exigidos nos condicionantes da licença anterior;
- IV. Projeto do empreendimento, layout das instalações e planta de locação, acompanhados do Memorial Descritivo de funcionamento, plantas, cortes e detalhes, conforme Instruções Técnicas emitidas pelo IDEMA;
- V. Projeto completo do sistema de controle de emissões atmosféricas, conforme Instruções Técnicas;
- VI. Projeto completo do sistema de tratamento e disposição final de esgotos sanitários acompanhado dos Memoriais Descritivo e de Cálculo, plantas, cortes e detalhes das unidades;
- VII. Autorização para desmatamento fornecida pelo IDEMA- RN, com cópia do projeto de desmatamento;
- VIII. Cadastro de Atividades, conforme modelo IDEMA;
- IX. Cronograma físico de implantação do empreendimento;
- X. Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs) de todos os projetos (ambiental, engenharia);
- XI. Publicações do Pedido de Licença, conforme modelo IDEMA;
- XII. Comprovante de pagamento do custo do licenciamento ambiental (boleto bancário quitado);
- XIII. Se usar recursos hídricos, solicitar a Licença Prévia de Obra Hidráulica junto ao IGARN;
- XIV. Se precisar de Intervenção Florestal, solicitar Autorização para Supressão Vegetal junto ao IDEMA;
- XV. Após todas as verificações e ajustes necessários, publicar pedido da Licença de Instalação (LI) no DOE.

ETAPA 2

Protocolar o requerimento de LI e demais documentos no CAT (sede do IDEMA)

ETAPA 3

Os técnicos iniciam a fase de análise técnica e vistoria da área/empreendimento.

Na fase de licença de instalação o Plano de Controle Ambiental é exigido para aqueles empreendimentos que apresentaram um EIA/RIMA, RCA ou RAS na fase de licença prévia.

Sempre que a implantação do empreendimento ou atividade depender da realização de supressão vegetal nativa, esta deve ser autorizada previamente pelo IDEMA. O requerimento para a Autorização de Supressão Vegetal pode ser protocolado prévia, concomitante ou posteriormente ao requerimento da licença de instalação. A licença para implantação do empreendimento (LI, LIO, LSIO, LS), contudo, somente é expedida mediante a emissão da Autorização de Supressão Vegetal.

ETAPA 4

LI concedida?

1. S: (Empreendedor) Publicação da concessão da LI.
2. N: (Empreendedor) Interpor recurso, caso conveniente.

LICENÇA DE OPERAÇÃO

ETAPA 1

Identificar no site ou na sede do IDEMA e providenciar relação de documentação exigida para Licença de Operação (LO), conforme os passos a seguir:

- I. Requerimento de Licença - Modelo IDEMA;
- II. Licença anterior;
- III. Todos os documentos exigidos nos condicionantes da licença anterior;
- IV. Autorização de desmatamento para uso da lenha, fornecida pelo IDEMA – RN, ou declaração de compra e venda de produtos florestais, acompanhada da autorização do proprietário da área, se não for o próprio requerente;
- V. Requerimento para extração de argila junto à ANM (Agência Nacional de Mineração);
- VI. Licença de Operação, emitida pelo IDEMA, para extração de argila;

ETAPA 1.1: LO Para Argila

A) Para extração de argila (Regime de Licenciamento)

Apresentar a seguinte Documentação:

- i. Formulário de requerimento da LO preenchido;
- ii. Guia de Recolhimento devidamente quitado;
- iii. Cadastro de Atividades do Extrativismo Mineral;
- iv. Cópia da Licença de Instalação;

- v. Todos os documentos exigidos nos condicionantes da licença anterior;
- vi. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART's) de todos os profissionais envolvidos na elaboração de documentos técnicos;
- vii. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART's) de execução do Engenheiro de Minas responsável pela lavra, conforme as Normas Reguladoras da Mineração (NRM) e Resolução 247 de 16 de abril de 1977 - CREA;
- viii. Registro de licença da Agência Nacional de Mineração;
- ix. Cópia de publicação do pedido de LO.

B) Para compra da argila

Apresentar cópia da Licença de Operação emitida pelo órgão competente, em nome do fornecedor;

III. Para a Regularização da Lavra de Argilas

Buscar o licenciamento para a mineração conforme a seguir:

- i. Obter a concessão de lavra: Verificar na ANM se a área está livre. Se a área não estiver onerada, o alvará de pesquisa poderá ser requerido. Se a área estiver onerada, existe a possibilidade de buscar uma solução negociada com o detentor do direito mineral, podendo haver apoio da ANM;
- ii. Obtido o alvará, iniciam-se os trabalhos de pesquisa mineral. Até o vencimento do alvará deve ser apresentado à ANM um Relatório Final de Pesquisa (RFP) que deve conter os trabalhos realizados e os respectivos resultados (positivos ou negativos), visando sua aprovação. É importante frisar que durante a etapa de pesquisa, há uma série de exigências e obrigações que o minerador deve atender;
- iii. Uma vez aprovado o RFP positivo, o minerador terá um ano para requerer a lavra com o respectivo Plano de Aproveitamento Econômico (PAE).

É importante o minerador estar atento às licenças ambientais (LP, LI e LO), além das exigências legais em nível federal, estadual e municipal.

Outra modalidade de extração de argilas é o regime de licenciamento, mais simplificado e que não exige a etapa de pesquisa mineral. Nesse caso, é necessária a autorização municipal, licenciamento ambiental e permissão do proprietário da área onde está situado o depósito de argila.

ETAPA 1.1.2: Publicar o Pedido de Licença, conforme modelo IDEMA;

ETAPA 1.1.3: Comprovar pagamento do custo do licenciamento ambiental (boleto bancário quitado).

Observações:

- a. A não apresentação de algum dos documentos relacionados acima, por não se aplicar tecnicamente ao empreendimento em análise, deverá ser justificada por meio de formulário específico;
- b. Quando o empreendimento não houver sido licenciado na(s) fase(s) anterior(es), o interessado deverá apresentar para o licenciamento, além dos documentos constantes desta relação, todos aqueles exigidos naquela(s) fase(s), no que couber, excluídas as repetições;
- c. Todos os documentos apresentados em forma de fotocópia deverão ser impressos frente e verso;

- d. A qualquer momento da análise, o IDEMA poderá solicitar outras informações ou documentos, caso julgue necessário;
- e. Os documentos apresentados em forma de fotocópia deverão estar autenticados ou ser acompanhados do documento original, para simples conferência.

ETAPA 1.2: LO Para o uso dos recursos hídricos

Solicitar Outorga de Uso de Recursos Hídricos junto ao IGARN.

PRAZO DE VALIDADE PARA AS LICENÇAS

Licença de Autorização	Mínimo	Máximo
Licença Prévia (LP); Licença Prévia para Perfuração (LPPER); Licença Prévia de Produção para Pesquisa (LPRO)	Igual ao estabelecido pelo cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade	2 anos
Licença de Instalação (LI)	Igual ao estabelecido pelo cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade	4 anos
Licença de Alteração (LA)	Igual ao estabelecido pelo cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade	4 anos
Licença de Operação (LO)	1 ano	6 anos
Licença Simplificada (LS)	1 ano	6 anos
Licença de Instalação e Operação (LIO)*	1 ano	10 anos
Licença de Regularização de Operação (LRO)	-	2 anos
Autorização Especial (AE)	Corresponderá ao período necessário para o desenvolvimento da atividade ou da instalação autorizada	

ADAPTADO DE IDEMA, 2021



FOTO: M. HENRIQUES

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA



FOTO: M. HENRIQUES

INTRODUÇÃO

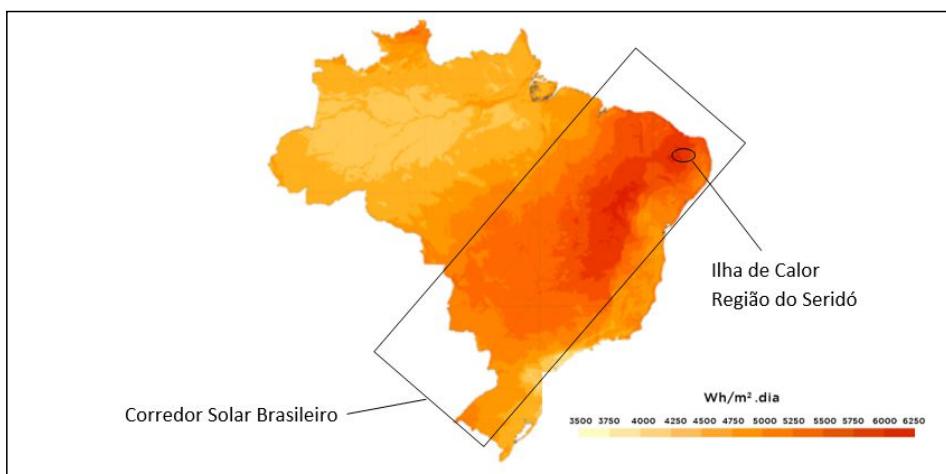
A Energia Solar Fotovoltaica é a energia elétrica produzida a partir da transformação da luz solar (energia luminosa) em energia elétrica pelos painéis/placas fotovoltaicos. Quanto maior a incidência de luz ou radiação solar sobre os painéis solares, maior será a quantidade de energia elétrica produzida.



POTENCIAL DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL/REGIÃO DO SERIDÓ

Por estar próximo à linha do Equador e não haver grandes variações da incidência do sol ao longo das quatro estações do ano, o Brasil se torna um território amplamente beneficiado para produção de energia fotovoltaica. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE, 2017), o Brasil recebe mais de três mil horas de luz solar, gerando uma incidência solar diária de 4.500 a 6.300 Wh/m² (Watt por metro quadrado). Comparativamente, o Brasil recebe 40% a mais de luz do sol que a Alemanha, o país que mais investe e usa a energia solar no mundo.

Conforme ilustração a seguir, percebe-se que um dos locais com maior incidência solar no Brasil está situado exatamente na região do Seridó no Nordeste, zona bastante privilegiada para o aproveitamento da energia solar.



VANTAGENS E DESVANTAGENS DA APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar se destaca não somente pela economia de energia nas despesas da unidade consumidora, mas também por não poluir, ser renovável, ser limpa, silenciosa, além de poder ser usada em áreas isoladas da rede elétrica, exigir pouca manutenção, possuir vida útil longa e facilidade de instalação. Alguns pontos de destaque:

ECONOMIA

Normalmente a economia com a energia elétrica se situa entre 50% e 95%, dependendo da potência do sistema instalado, que está diretamente ligada ao investimento realizado. Essa economia se dá por conta de uma geração de própria energia e, consequentemente da redução ou eliminação do consumo de energia fornecida pela empresa concessionária. Essa economia se dá através do “Sistema de Compensação de Energia Elétrica”.

SISTEMA DE COMPENSAÇÃO

O Sistema de compensação de energia elétrica é uma regulamentação dos “Créditos de Energia Solar”. Esse Sistema tem como princípio a interconexão do sistema de energia fotovoltaico à rede de energia elétrica, através de um medidor “bidirecional”. Esse componente mede não só a energia consumida, mas também a quantidade de energia que o sistema solar injeta na rede elétrica nos momentos de sobra.

Desse modo, a energia solar produzida para uso industrial que não for consumida é injetada no sistema da distribuidora de energia elétrica local e é convertida em créditos, que serão descontados da conta de energia seguinte, podendo diminuir consideravelmente o seu valor. Assim, após a concessão dos créditos, a empresa tem um prazo de 60 meses para utilizar o Sistema de Compensação, havendo também a possibilidade destes créditos serem usados em outras unidades da própria empresa.

INCENTIVOS FISCAIS

O Brasil conta também com o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), que busca estimular e ampliar a geração distribuída com fontes renováveis em diversas segmentos, entre eles a indústria.

Consumidores que geram energia solar podem ter direito a três grandes benefícios fiscais no Brasil: i) isenção de PIS/COFINS sobre a energia produzida através da Lei nº 13.169/2015; ii) isenção de ICMS pelo convênio CONFAZ 16/2015; e iii) desconto no IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) do imóvel por meio de leis municipais de cada cidade. Ou seja, isso significa que toda a energia excedente que o seu sistema produziu, que foi injetada na rede da distribuidora e que depois retorna párea a empresa na forma de créditos energéticos é isenta de PIS/COFINS e ICMS. Já a energia consumida da rede durante a noite ou em dias nublados/chuvosos ainda está sujeita a cobrança desses impostos. Por fim, o desconto no IPTU (chamado de IPTU Verde ou IPTU Amarelo) é oferecido por várias cidades brasileiras como forma de incentivar a instalação de soluções sustentáveis.

DURABILIDADE

Segundo o Portal Solar (2022), os painéis de energia solar são altamente duráveis e demandam baixa manutenção. Comumente, a durabilidade das placas é garantida com potência máxima em 90% até o décimo segundo ano e até 80% em 25 anos. Entretanto, nada impede que, por meio da boa manutenção que o equipamento seja utilizado por mais tempo.

MANUTENÇÃO

A correta instalação dos sistemas solares fotovoltaicos pode reduzir bastante a necessidade e a frequência de manutenção. Pontos importantes:

- Escolha adequada do local, em coberturas ou no solo, observando a direção predominante dos ventos para que resíduos industriais não sejam direcionados para os módulos fotovoltaicos.
- O modo de instalação deve privilegiar o escoamento perfeito da água da chuva, facilitando a limpeza natural dos módulos fotovoltaicos.
- Evitar a proximidade de vegetação, construções ou objetos que venham sombrear os módulos e reduzir a incidência solar.

A manutenção preventiva do sistema de energia fotovoltaica basicamente se resume a uma limpeza periódica dos painéis solares e uma checagem dos componentes elétricos e mecânicos do sistema com objetivo de manter sua produtividade. A limpeza manual do sistema de energia solar não exige mão de obra especializada, mas deve seguir critérios de segurança e orientações do fornecedor. É recomendável limpar os módulos solares uma ou duas vezes por ano, conforme as condições ambientais do local.

SUSTENTABILIDADE EM ALTA

Investir em energia solar industrial contribui com as boas práticas Ambientais, Sociais e de Governança (ESG em inglês).

Atualmente vários fundos de investimento apoiam essas empresas que adotam os conceitos do ESG, como também o emprego da energia solar pode compor uma espécie de Marketing Verde.

Desvantagens:

O investimento numa unidade de geração de energia solar fotovoltaica é elevado, embora algumas análises econômicas e financeiras demonstrem boa atratividade econômica diante da vida útil longa do sistema, além dos preços crescentes praticados para a energia elétrica. Dependendo do sistema a ser instalado, o retorno do investimento realizado (payback) pode ser longo.

Para as indústrias de cerâmica vermelha as áreas para acomodação dos módulos solares podem ser sobre as coberturas de galpões ou no solo em uma área vizinha a instalação fabril. O primeiro caso tem o inconveniente da maior dificuldade para manutenção e/ou limpeza e em alguns casos é necessário um reforço estrutural para a sustentação das placas. Segundo o Portal Solar (2022), o espaço necessário segue uma regra prática - para cada kW_p de potência, são necessários cerca de 10 m².

TIPOS DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Existem três tipos de sistemas de energia solar fotovoltaicos aplicados no mercado: “on grid”, “off grid” e “híbrido”.

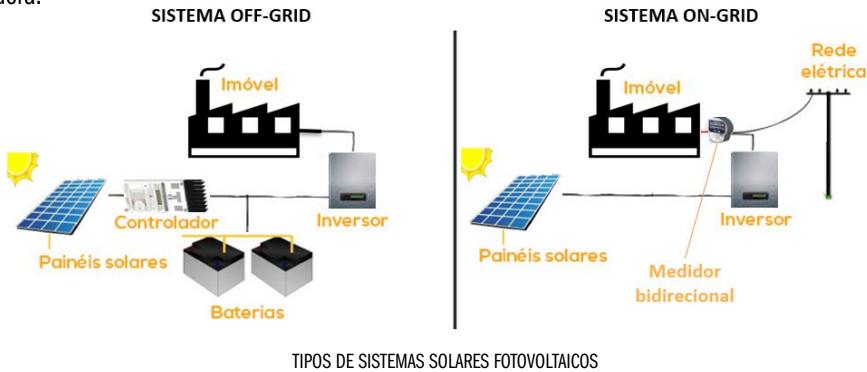
a) **“On grid”** – o nome vem do inglês e significa “na rede”. Normalmente são instalados em áreas urbanas ou com fácil acesso à rede elétrica de distribuição, já que o sistema permanece conectado à esta rede pública. Ou seja, a radiação solar captada e convertida em eletricidade pelo sistema é usada pela própria unidade consumidora e o que sobra é entregue à concessionária, que concede créditos ao cliente, convertidos em descontos.

Por outro lado, caso a irradiação solar captada seja insuficiente para atender à demanda da empresa, a rede pública abastece com o que faltar. Esse processo é feito automaticamente e ajuda muito na redução do valor da conta.

b) **“Off grid”** - A unidade consumidora onde a energia fotovoltaica é gerada está “fora da rede”, ou seja, opera de forma autônoma e sem integração à rede pública,

A energia produzida em sistemas “off grid” é armazenada em baterias para garantir a fornecimento em períodos sem sol ou durante a noite. A quantidade de baterias está atrelada a quantidade de cargas e ao tempo de autonomia desejado para o sistema. Em contrapartida, o custo desse tipo de sistema é bem mais elevado por conta das baterias necessárias.

c) “**Sistema híbrido**” – É a junção dos dois sistemas anteriores. Ou seja, a mesma coisa que um gerador solar conectado na rede com um back-up de baterias. A bateria solar funciona como um no-break para a unidade consumidora.



PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Módulos, Painéis ou Placas Fotovoltaicas: são compostos pelas “células” que captam a radiação solar. São o ponto de partida do sistema e o seu funcionamento adequado depende deles, em primeiro lugar. Cada módulo, em geral, tem de 60 a 70 células que podem gerar uma potência de 300 a 600W, conforme o fornecedor.

Inversor de frequência: responsável pelo processo de conversão da energia fornecida pelas placas para a forma que é usada nos equipamentos da unidade consumidora. Essa conversão é que a corrente contínua gerada pelas placas é transformada em corrente alternada, de acordo com a necessidade da unidade consumidora. Além disso, ele é responsável por ajustar a tensão (110 ou 220Volts) e garantir qualidade da energia fornecida.

O inversor ainda atua no direcionamento da energia que “sobra”. Se o sistema for “on-grid”, ou seja, conectado com a rede elétrica, o que não é utilizado é injetado na rede da concessionária. Já se for “off-grid”, o caminho é até as baterias.

Medidor bidirecional: aparelho de medição que serve para identificar qual é o caminho da energia nos dois sentidos: da rede de distribuição para a unidade consumidora e do sistema para a área da distribuidora de energia elétrica.

Caixa de junção: conhecida como “string box”, a caixa de junção é um dos mais importantes elementos de segurança do kit de energia solar. Ela conta com diversos componentes que protegem os módulos contra possíveis falhas, problemas no sistema ou na rede de distribuição.

Além disso, é nessa caixa em que há o sistema de desligamento para quando é preciso reparar o conjunto. De certo modo, o sistema atua como o disjuntor e é determinante para a durabilidade e o funcionamento de maneira segura em toda unidade consumidora.

Cabeamentos: servem para que tudo funcione conforme o esperado. Além de ser recomendado usar cabos especiais, há conectores específicos que garantem a transmissão correta. É necessário ter cuidado extra com essa parte, já que itens de baixa qualidade podem prejudicar o funcionamento do conjunto. Também é preciso contar com estruturas de fixação das placas, de modo a maximizar sua durabilidade.

Sistema de monitoramento: a tecnologia serve para deixar o sistema ainda melhor e mais seguro. É acoplado ao inversor e ajuda a controlar como anda a produção energética, a conversão e o funcionamento geral. É um recurso indispensável para garantir a prevenção contra anomalias e a identificação de problemas de forma antecipada.

CASOS DE APLICAÇÕES NO SERIDÓ

Com base na localização geográfica da região do Seridó, o nível de irradiação solar médio é de 5,69 kWh/m², segundo dados do CRESESB – CEPEL e analisando as faturas de algumas indústrias de cerâmica vermelha da região, em 12 meses entre 2021 e 2022, foi considerado o valor médio da tarifa de energia elétrica de R\$ 0,66/kWh.



Itens	Exemplo
Consumo antes da instalação kWh/mês	40.000
Investimento R\$	889.000,00
Quantidade de placas	778
Potência de cada placa solar	345W (268,41kWp)
Quantidade inversores	4,00
Potência Inversores	3x60kW e 1x40kW
Expectativa de geração kWh/mês	38.000
Tarifa média de energia elétrica R\$/kWh	0,66
Economia R\$/mês	25.080,00
Payback simples do investimento (meses)	35

Nesse caso exemplo, percebe-se que o tempo aproximado para se ter um retorno financeiro do investimento em projetos semelhantes está por volta de 3 anos, lembrando que a vida útil das placas é de 25 anos, podendo chegar a bem mais se realizadas as devidas manutenções.

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR, 2016. Avanços tributários para a energia solar. Associação Brasileira de Energia Solar. São Paulo. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/>, acesso em: 15 jul. 2022.
- ANEEL, 2015.. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>, acesso em: 15 jul. 2022.
- _____. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Brasília, 2015. Disponível em: <https://microinversor.com.br/resolucao-normativa-687-aneel/?v=19d3326f3137>, Acesso em: 15 jul. 2022.
- INPE, 2017. Atlas brasileiro de energia solar, 2a. edição, São José dos Campos, 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>, acesso em: 15 jul. 2022.
- PORTAL SOLAR, 2022. Número de conexões de micro e minigeração de energia. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/>. Acesso em: 15 jul. 2022.

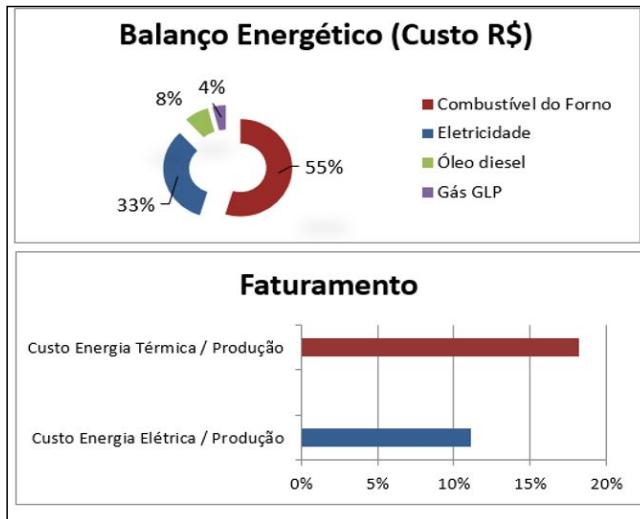
USO EFICIENTE DA ENERGIA ELÉTRICA



FOTO: M. HENRIQUES

INTRODUÇÃO

Apesar de não ser o principal insumo energético utilizado, nem o principal custo da indústria de cerâmica vermelha, a gestão eficiente do consumo de energia elétrica pode se proporcionar economias importantes para as empresas.



REPRESENTAÇÃO PERCENTUAL DOS INSUMOS ENERGÉTICOS UTILIZADOS EM UMA INDÚSTRIA CERÂMICA TÍPICA.

Energética (PEE-ANEEL) e a norma internacional ISO 50001. O PEE é um programa que financia projetos de eficiência energética através de chamadas públicas, realizadas anualmente pelas concessionárias distribuidoras de energia e pela Eletrobras, via PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Já a ISO 50001 é uma norma que estabelece requisitos para a implantação de um Sistema de Gestão de Energia, e traz um roteiro básico a ser seguido. O Selo PROCEL/INMETRO é outro mecanismo bastante útil, pois classifica equipamentos elétricos, ajudando na escolha do equipamento mais eficiente de cada categoria de consumo (motores, lâmpadas, condicionadores de ar, dentre outros).

DEFINIÇÕES IMPORTANTES

CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA - É a quantidade de potência elétrica (kW) consumida em um intervalo de tempo (horas), expresso em quilowatt·hora (kWh). O consumo de uma empresa é o resultado da soma de todas as potências de cada equipamento elétrico pelo período em horas de seu funcionamento.

DEMANDA - Somatório das potências elétricas, ativas ou reativas, de cada equipamento na empresa. É expressa em quilowatts (kW).

DEMANDA CONTRATADA - Calculada no período em que mais cargas funcionam simultaneamente. Essa demanda deve ser contratada junto à concessionária distribuidora de energia elétrica local. A demanda, conforme valor e período de vigência no contrato de fornecimento, deverá ser integralmente paga, seja ela utilizada ou não, durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

HORÁRIO DE PONTA - É o período de 3 (três) horas consecutivas, exceto sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária, em função das características de seu sistema elétrico. No caso da região do Seridó, esse horário é de 17h:30min às 20h:30min, onde as tarifas de demanda e de consumo de energia elétrica têm valores mais elevados.

HORÁRIO FORA DE PONTA - Demais 21 horas do dia, que não sejam referentes ao horário de ponta.

MODALIDADES TARIFÁRIAS

Para consumidores do Grupo B, onde se enquadram uma minoria de indústrias, que recebem energia elétrica em baixa tensão (O transformador é da concessionária local e não está dentro da propriedade):

Tarifa Branca ou Convencional - Neste tipo de contrato, o consumidor paga pela energia de acordo com os horários ao longo do dia. Nos dias úteis, são cobrados três valores diferentes de tarifa, denominados:

- Horário Ponta: tarifa mais elevada (17h:30min às 20h:30min);
- Horário Intermediário: tarifa de valor intermediário (RN - 15h:30min às 17h:29min e PB - 16h:30min às 17h:29min e 20h:31min às 21h:30min)
- Horário Fora Ponta: tarifa de valor menor E também para fins de semana e feriados nacionais.

Enquanto a Tarifa Branca varia conforme horários pré-determinados, a Tarifa Convencional possui um preço fixo independente do horário do dia, o qual fica entre os valores de Fora de Ponta e Intermediário.

Para consumidores do grupo A, onde se enquadram as indústrias que recebem energia elétrica em média/alta tensão, e possuem transformador próprio:

- **Tarifa Azul** - Nesta modalidade há dois valores de demanda, um para o período de ponta e outro para o período de fora de ponta. Ideal para unidades que funcionam dentro do horário de ponta ou em boa parte dele.
- **Tarifa Verde** - Para a modalidade tarifária verde, não haverá contrato de demanda de ponta, presumindo-se que a unidade consumidora não faz utilização ou pouco utiliza a energia elétrica neste horário ou que se utiliza de outras fontes de alimentação para suas atividades neste período. Caso haja realização de consumo no horário de ponta, tarifas elevadas de consumo e demanda são aplicadas.

DEMANDA DE ULTRAPASSAGEM - Parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada (acima de 5%), expressa em quilowatts (kW). Normalmente o valor é três vezes superior ao da demanda contratada.

DEMANDA MEDIDA OU REGISTRADA - Maior demanda de potência ativa verificada pelo medidor, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

DEMANDA FATURÁVEL - Maior das demandas entre o valor “contratado” e o “medido”, mais acréscimos de ultrapassagem se houver.

TARIFA MONÔMIA E BINÔMIA - A modalidade monômia é aplicada aos consumidores do Grupo B (recebem energia em baixa tensão) constituída por preços aplicáveis somente ao consumo de energia elétrica (kWh) e a binômia aos do Grupo A (recebem energia em média/alta tensão) constituída por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica e também à demanda faturável (kW), onde se enquadram as indústrias de cerâmica vermelha.

BANDEIRAS TARIFÁRIAS - Atualmente, com a resolução instituída pela ANEEL nº 547/2013, estão sendo praticadas “bandeiras tarifárias”, que indica acréscimos ao valor da tarifa com o objetivo de sinalizar para o consumidor os períodos em que a geração de energia está mais cara ou mais barata.

A seguir estão apresentados os valores das bandeiras tarifárias para o período de julho de 2022 a junho de 2023, aprovados pela ANEEL.

Bandeira Verde	Condições favoráveis de geração	Sem custo adicional
Bandeira Amarela	Condições menos favoráveis	R\$ 2,989 a cada 100 kWh consumidos
Bandeira Vermelha 1	Condições desfavoráveis	R\$ 6,500 a cada 100 kWh consumidos
Bandeira Vermelha 2	Condições muito desfavoráveis	R\$ 9,795 a cada 100 kWh consumidos
Bandeira Escassez Hídrica	Condições extremas	R\$ 14,200 a cada 100 kWh consumidos

As bandeiras tarifárias são decididas com base na análise dos dados meteorológicos, dos níveis de água nos reservatórios, consumo, feita pela empresa ONS (Operador Nacional do Sistema elétrico brasileiro).

COMO EVITAR EXCEDENTES DE COBRANÇA EM SUA CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

O consumidor, além do pagamento até a data de vencimento da conta, deve ficar atento a duas condições que podem levar a acréscimos na conta de energia elétrica mensal, são estes:

- O medidor deve registrar demandas com variações máximas de 5% para mais ou para menos da demanda contratada junto à concessionária local (para consumidores do grupo A – atendidos em média/alta tensão);
- O Fator de Potência deve estar dentro da faixa permitida pela resolução 414 da ANEEL. Caso contrário um excedente de cobrança aparecerá na conta com o nome de Energia Reativa Excedente – ERE ou Excedente de Reativo – ER.

Esses tópicos serão detalhados adiante.

ACOMPANHAMENTO E CONTRATAÇÃO DA DEMANDA

Para uma primeira contratação junto à concessionária local (contrato de fornecimento), é permitida a avaliação pelo consumidor de até 3 ciclos de faturamento (equivalente a 90 dias) para pedir alteração no valor da demanda contratada estipulada inicialmente. Após realização deste contrato, e passado o período de testes, só será possível a alteração do contrato após 12 ciclos de faturamento, ou em caso de realização de projetos de eficiência energética, cabendo à concessionária aceitar ou não, em um prazo de 30 dias.

O ideal é que a demanda contratada seja um pouco abaixo da demanda registrada, para aproveitar a tolerância de 5% que é permitida. No entanto, as demandas variam dia a dia e mês a mês, naturalmente, por inúmeras razões.

Assim, a escolha da demanda contratada ideal deve levar em conta:

- Minimizar ao máximo acionar cargas simultâneas (melhoria do Fator de Carga)
- Histórico de pelo menos 12 meses
- Sazonalidade na atividade da empresa
- Enquadramento tarifário (atual e ideal)
- Eventuais previsões de crescimento
- Projetos de geração própria e eficiência energética

CONTROLE E AJUSTE DO FATOR DE POTÊNCIA - FP

O fator de potência (FP) nada mais é do que a relação entre potência ativa – ou seja, aquela que realmente converte a energia elétrica em energia mecânica, por exemplo, medida em quilowatt (kW) – e potência reativa, que mantém campos magnéticos e é medida em quilovolt-Ampere Reativo (kVAr).

Simplificando ao máximo, FP é uma força necessária para realização de um trabalho por um equipamento. Essa força é limitada pela concessionária para evitar que consumidores usem muita energia para realização de trabalhos que outros consumidores também fazem com uma quantidade bem menor de energia.

O Fator de Potência deve ser no mínimo de 0,92. Caso o valor se encontre abaixo disso, a unidade consumidora estará sujeita a “excedentes” de cobrança pela concessionária de energia elétrica local. Esse problema normalmente em indústrias de cerâmica vermelha está diretamente ligado a motores e/ou transformadores trabalhando superdimensionados, ou seja, operando com pequenas cargas ou em vazio por muito tempo.

USO EFICIENTE DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS

MOTORES

Nas empresas cerâmicas o principal consumo se dá em motores em geral, acoplados a equipamentos diversos com o propósito de converter a energia elétrica em mecânica.

Considerando a alta vida útil dos equipamentos em geral, pode-se dizer que ainda existem muitos tipos ultrapassados ainda em funcionamento, como também muitos desses foram recondicionados com novos enrolamentos, que tornaram ainda mais ineficientes. Hoje em dia os motores são desenvolvidos para desempenhos energéticos superiores, e têm as etiquetas de eficiência energética do PROCEL/INMETRO. Isso significa que os motores novos são mais eficientes e trabalham com o menor gasto de energia possível.

Recentemente entrou em vigor a lei que determina o nível mínimo de rendimento em IR3 (faixa de potência de 0,16 a 500 cv, de 2 a 8 polos), válido para todos os motores comercializados. Além do IR3 Premium, exigido por lei, fabricantes já disponibilizam linhas IR4 Super Premium e IR5 Ultra Premium, superando os valores da norma.

Alguns fabricantes em parceria com as concessionárias de energia elétrica locais incentivam a substituição de motores usados antigos, danificados ou com baixos níveis de rendimento por modelos novos garantindo bônus na compra de um novo, de alta eficiência. O dimensionamento correto do motor ao trabalho a ser realizado é um item fundamental e deve ser feito por um especialista. Depois disso deve-se manter as características do motor caso necessite de troca. Se as características não forem obedecidas, um motor subdimensionado irá queimar facilmente e um superdimensionado irá gastar mais energia para realizar o mesmo trabalho, além de gerar problemas de fator de potência.

Uma análise prática seria a medição da corrente do motor em funcionamento para comparação com a corrente nominal apresentada na placa. Estando estas bem próximas, o motor provavelmente estará bem dimensionado.

	Dados	Motor Atual Superdimensionado
Potência (CV)		10
In-Corrente Nominal de Placa (A)		27
Corrente Média Medida (A)		15,6
Tensão (V)		220
Fator de Potência		0,85
Rendimento (%)		80%
Horas de Funcionamento por mês		176
Consumo médio mensal (kWh)		2.917,20

↓

	Dados	Novo Motor Instalado
Potência (CV)		5
In-Corrente Nominal de Placa (A)		13,6
Corrente Média Medida (A)		11,5
Tensão (V)		220
Fator de Potência		0,95
Rendimento (%)		90%
Horas de Funcionamento por mês		176
Consumo médio mensal (kWh)		2.403,50
Economia		17,61%

EXEMPLO DE SUBSTITUIÇÃO DE MOTOR SUPERDIMENSIONADO

INVERSORES DE FREQUÊNCIA

O inversor de frequência é um equipamento eletroeletrônico que possui duas funções:

- Minimizar as altas correntes de partida que geram altos consumos de energia elétrica e podem danificar os motores;
- Controlar e modular as velocidades dos motores ao trabalho que ele de fato está sendo submetido durante sua operação. Este dispositivo é imprescindível na otimização de processos industriais e principalmente no caso da automação industrial, pois consegue modular a corrente elétrica que chega aos motores de determinadas máquinas ajustando a velocidade de operação de ventiladores, bombas, marombas, dentre outros.

ILUMINAÇÃO

O uso de energia para iluminação é bastante baixo nas indústrias de cerâmica vermelha, limitado a escritórios, em galpões para trabalhos noturnos e ao redor da empresa visando segurança. As orientações gerais são:

- Utilizar equipamentos com selos “A” de eficiência (PROCEL/INMETRO).
- Utilização da tecnologia LED em todos os pontos de luz da unidade consumidora.
- Observação a norma ABNT 5413 de iluminâncias necessárias para cada ambiente de trabalho.
- O conjunto óptico deve ser sempre composto de lâmpada e luminária devidamente adequadas e dimensionadas para cada ambiente.

POTÊNCIA DAS LÂMPADAS EM WATTS (W)								FLUXO LUMINOSO EM LÚMENS (lm)	
LED	INCANDESCENTES	FLUORESCENTES COMPACTAS	FLUORESCENTES TUBULARES	HALÓGENAS PALITO	VAPOR DE SÓDIO OU MULTI VAPOR METÁLICO	VAPOR DE MERCÓRIO	MISTAS	Mínimo	Máximo
								50	80
2	20	6						180	270
3	35	8						240	420
5	40	11						390	550
6	50	13	12					510	640
7	60	15	14					600	830
9	70	18	18					610	950
10	80	20	20	50				900	1100
12	100	25	25	60				955	1200
13	110	30	28	70				1000	1400
15	120	40	32	75				1100	1700
18	140	50	40	90				1200	1900
20	150	60	44	120				1250	2400
25	200	70	58	150				1300	2500
30	250	80	70	170				160	3200
35	300	90		180				250	4500
50	350	100		200	100	150		2440	7500
80	400	150		250	150	250		5100	9500
100	500	200		300	250	400		6000	11000
120	550	250		350	300	700		7500	14000
150	700	300		500	400	1000			

EQUIVALÊNCIA DE LÂMPADAS (FLUXOS LUMINOSOS) PARA SUBSTITUIÇÃO PELA TECNOLOGIA LED

FONTE: VOLANI, 2015

Um ponto que pode refletir em melhor produtividade é que durante o dia o olho humano é mais sensível à luz de cor próxima ao sol (Luz Morna Amarelada - 2300 a 4000K) e a noite da luz próxima à da lua (Luz Fria Azulada - 4000 a 6500K). Visto isso, vale analisar os períodos de funcionamento da indústria para aplicação dos equipamentos adequados. No caso das indústrias cerâmicas é indicado a instalação de lâmpadas LED de cor morna nos escritórios e nos galpões as lâmpadas LED de cor fria.

CONDICIONAMENTO DE AR - AMBIENTES DE ESCRITÓRIO - RECOMENDAÇÕES

- Utilizar equipamentos do tipo “split system” com selos de eficiência PROCEL/INMETRO “A”;
- Dimensionar o equipamento para o ambiente de trabalho utilizando calculadoras de cargas térmicas ou de BTU’s disponíveis na internet;
- Manter portas e janelas fechadas;
- Escolher o melhor equipamento, a quantidade de equipamentos e a disposição desses equipamentos no ambiente para se conseguir conforto e homogeneidade da temperatura requerida.

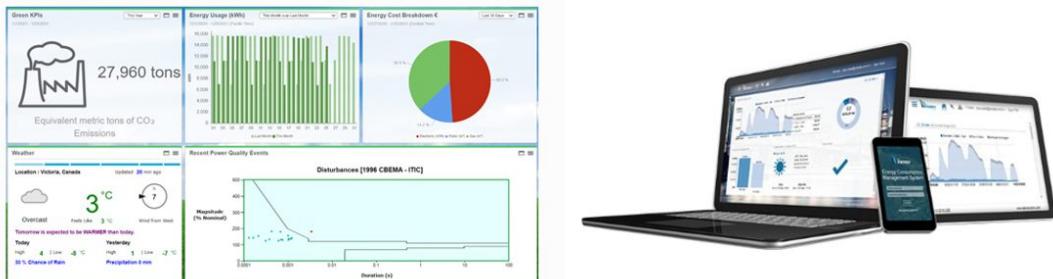
Lembrar que os equipamentos devem gerar um fluxo rotativo de ar na parte superior do ambiente (devem ser instalados acima das janelas), fazendo com que o ar da parte de cima do ambiente fique mais frio, e por convecção, desça, de forma homogênea, até as pessoas que utilizam o ambiente. É importante levantar que num bom projeto de condicionamento de ar, as pessoas devem se sentir confortáveis (temperaturas entre 23 a 25°C) e não sentirem incidência da ventilação.

MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Manutenção é uma atividade essencial para garantir maior disponibilidade, segurança e durabilidade aos ativos da empresa. São três tipos de manutenção que são efetuadas - corretiva, preventiva e preditiva, aplicáveis respectivamente para sanar um defeito, evitar algum problema que possa acontecer, e planejar ações de modo a minimizar riscos seguindo avaliações e dados coletados antecipadamente.

IMPORTÂNCIA DE UMA GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA INFORMATIZADA

Para um acompanhamento dos parâmetros de energia elétrica de forma mais acurada, estão disponíveis no mercado alguns softwares de gerenciamento de energia. Estes proporcionam uma visualização dos dados de consumo de energia em tempo real, enquanto também fornecem indicadores confiáveis para um planejamento mais adequado de operação, manutenção e correção de desvios e ineficiências.



SOFTWARES DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA

Com o mapeamento e monitoramento digital dos diversos pontos e unidades de consumo de energia, consegue-se também definir ações mais básicas de eficiência energética, como a necessidade de substituir ou modernizar equipamentos e infraestrutura, que pode incluir automação no desligamento de linhas de produção, por exemplo.

OBSERVAÇÕES FINAIS

Vale lembrar que nas instalações elétricas, o quadro de distribuição é o componente responsável por abrigar um ou mais dispositivos de proteção e/ou de manobra e onde estão as principais conexões dos condutores elétricos. Sua finalidade é a de distribuir a energia de forma segura aos diversos circuitos e equipamentos da unidade. Os quadros devem sempre estar limpos, com seus equipamentos de proteção ou comando bem dimensionados, com seus cabos e fios bem presos (evitando maus contatos), aterrados e fechados.

O atendimento às normas reguladoras, estabelecidas pelo Ministério do Trabalho, voltadas para redução dos riscos de acidentes em ambientes industriais também são importantes, e têm requisitos obrigatórios para garantir a proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores. Destacam-se a NR- 10 e a NR-12. A primeira se ocupa das diretrizes para instalações elétricas em suas etapas de projeto, engenharia, montagem, operação e manutenção; e a segunda define os procedimentos indispensáveis aos ambientes que comportam máquinas, equipamentos, operações e dispositivos de partida e parada.

REFERÊNCIAS

- ANEEL, 2010 - Resolução nº414 - Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 25.07.2022.
- _____, 2013 - Resolução nº547 - Estabelece os procedimentos comerciais para aplicação do sistema de bandeiras tarifárias, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 25.07.2022.
- ABNT, 1992 - NBR 5413: Iluminação de interiores. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM802/NBR5413.pdf>. Acesso em 25.07.2022.
- WEG, 2014 - Catálogo Geral de Motores Elétricos. Jaraguá do Sul - SC: Weg. Disponível em: <http://www.weg.com.br/>. Acesso em 25.07.2022.
- VOLANI, 2015. Equivalência entre Watts e Lumens em produtos LED. Fonte: Volani - Lighting Designs. Obtido em: <http://www.volani-designs.com/produtos-led/>. Acesso em 25.07.2022.

CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA



FOTO: M. HENRIQUES

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, consequentemente, 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 milheiros (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 milheiros/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 milheiros/mês de telha (480 t/mês) e 600 milheiros/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 m³ de lenha/mês, e a lenha com peso específico de 250 kg/m³, significa que há uma demanda em um determinado mês de 250.000 kg de lenha (1.000 m³ x 250 kg/m³) ou 250 toneladas.

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 x 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 variar 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.

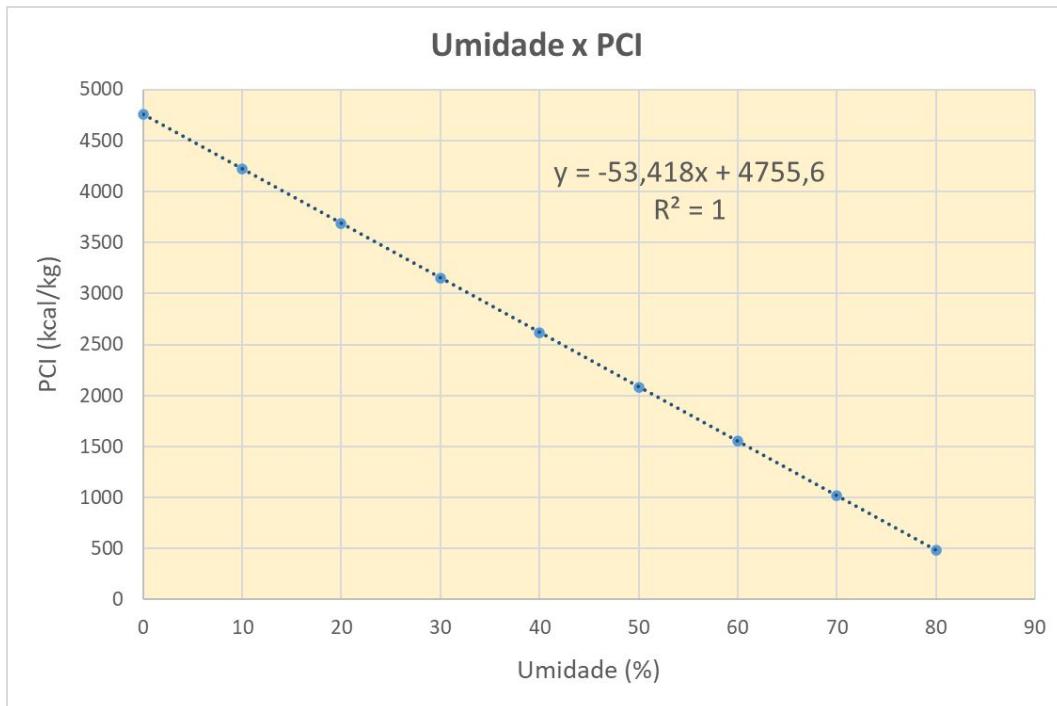


FIGURA – PODER CALORÍFICO DA LENHA (EM KCAL/KG) X TEOR DE UMIDADE DA LENHA (%).

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.

Dados para cálculos		
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
Consumo específico		
Consumo específico (m ³ /milheiro)	1.000÷1.000	1,0
Consumo específico (m ³ /tonelada)	1.000÷1.980	0,50
Consumo específico (tonelada lenha/milheiro)	250÷1.000	0,25
Consumo específico (t lenha/tonelada produto)	250÷1.980	0,13
Consumo específico (kcal/kg)	750.000.000÷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 fogistas.

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).
- Esse 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.



FOTO: M. HENRIQUES

Esta coletânea técnica 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, 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.

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

Elaboração



Parceria



Realização



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES

