



### INTRODUÇÃO

O emprego de **lenha picada** objetiva, basicamente, obter uma melhoria da combustão de um determinado equipamento térmico e, conseqüentemente, reduzir o consumo de combustível e melhorar o rendimento global do processo.

O conceito embutido na melhoria da combustão baseia-se na utilização de uma **quantidade adequada de ar de combustão**, evitando tanto o excesso quanto a falta de ar no equipamento térmico.

O excesso de ar de combustão, muito além do necessário, causa perdas de calor excessivas nos gases de exaustão na chaminé, conforme mostrado adiante. E a falta de ar determina a produção de fuligem em demasia, que também indica perda de energia.

Assim sendo, três condições básicas devem estar sempre presentes:

- I. Ter uma câmara de combustão dimensionada corretamente para a capacidade energética desejada, que é função da capacidade de produção por batelada do calcinador;**
- II. Praticar uma mistura bem homogênea e íntima entre o combustível e o ar de combustão (comburente), de modo a melhorar a queima; e**
- III. Operar a queima com uma proporção adequada entre as quantidades do combustível e do ar.**

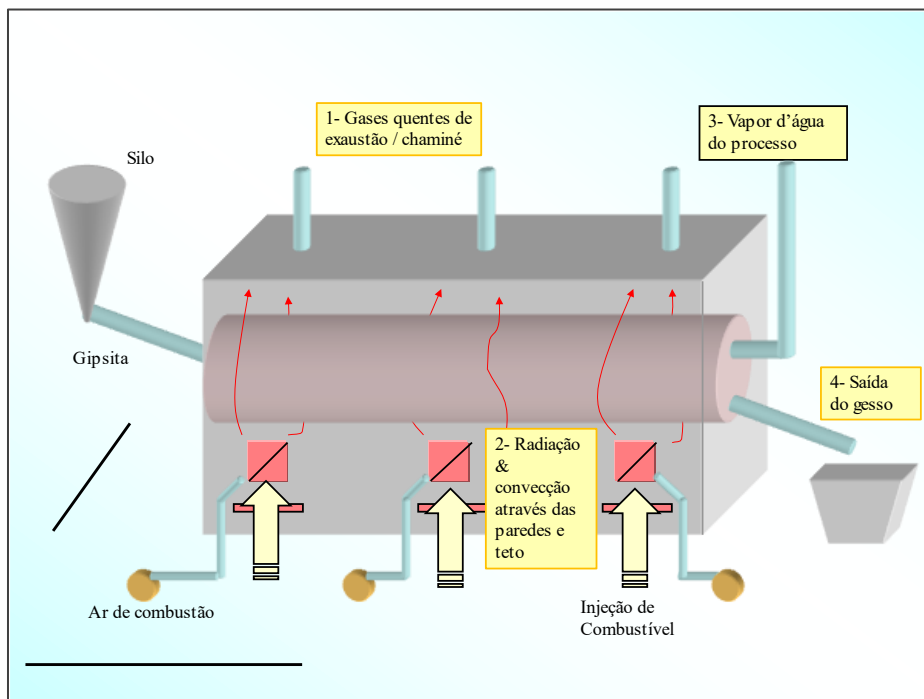
A proporção adequada de combustível e ar de combustão varia de acordo com a forma que a lenha é utilizada, seja em toras e galhos ou picada. Quando usada em toras e galhos, a superfície de contato desta com o ar de combustão é menor, o que exige muito ar para queimar. E, de modo oposto, quando a lenha está picada, a superfície de contato é muito maior, o que permite que a quantidade de ar seja menor.



**Figura 1.** Lenha em tora e galhos (à esquerda) e lenha picada (à direita).

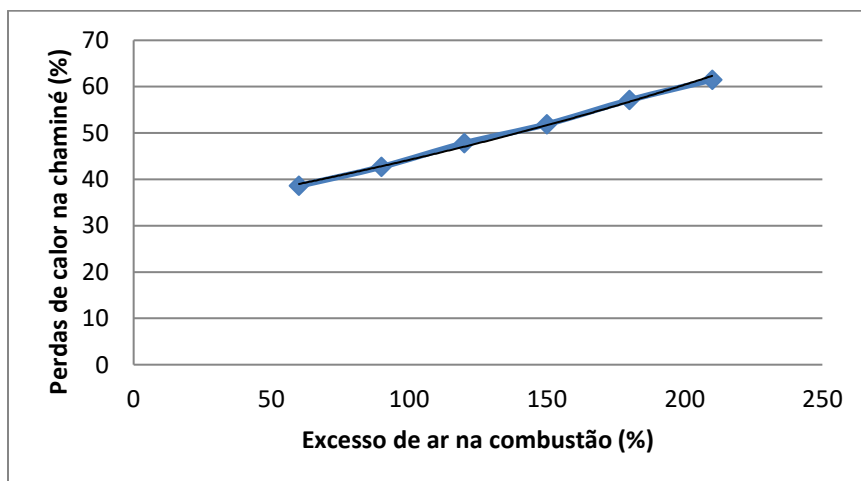
## QUAL A VANTAGEM OU CONSEQUÊNCIA DA MELHORIA DE COMBUSTÃO?

Essas quantidades maiores ou menores de ar de combustão estão diretamente relacionadas às perdas nos gases quentes na exaustão (ou na base da chaminé), que são as mais importantes nos calcinadores, conforme figura a seguir.



**Figura 2.** Perdas de calor em um calcinador.

Quanto maior o volume desses gases de exaustão, compostos de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e ar de excesso ( $\text{N}_2$  e  $\text{O}_2$ ) que “sobrou” da combustão, maiores serão as perdas de calor que deixam o calcinador pela chaminé. Portanto, seguindo esse conceito, mostrado na **Figura 3** e na **Tabela 1** seguintes, pode-se dizer que, ao **usar a menor quantidade de ar possível para uma boa combustão, consegue-se economizar combustível, e é exatamente isso que pode ser alcançado empregando lenha picada.**



**Figura 3.** Exemplo do comportamento das perdas de calor nos gases quentes na chaminé a  $500^\circ\text{C}$  em função do % de excesso de ar na combustão para a queima de lenha com 30% de umidade.

**Tabela 1.** Exemplo das perdas de calor usando-se lenha em toras/galhos x lenha picada em um calcinador.

Tipo de lenha	Excesso de ar na combustão (%)	Perdas de calor nos gases de exaustão na base da chaminé a 500°C (%)	Eficiência térmica calcinador (*) (%)
Em toras / galhos	205	62,2	37,8
Picada ou pó de serra	60	40,4	59,6

(\*) Eficiência térmica do calcinador considerando somente as perdas de calor nos gases de exaustão na chaminé.

Dessa forma, diante de uma diferença de perdas de calor tão elevada, é possível obter uma economia de energia térmica também bastante expressiva, caso os ajustes da relação ar/combustível possam ser alcançados. Neste exemplo da **Tabela 1** há um **aumento da eficiência do calcinador de 21,8 pontos percentuais** (59,6% – 37,8%), desconsiderando outras perdas presentes num calcinador, ilustradas na **Figura 2** anterior.

#### COMO AJUSTAR ESSA RELAÇÃO AR DE COMBUSTÃO E COMBUSTÍVEL?

Esse ajuste pode ser conseguido através do controle dos teores dos gases de combustão (CO<sub>2</sub> ou O<sub>2</sub>) empregando-se analisadores eletrônicos ou químicos, tais como os kits do tipo Bacharach.



**Figura 4.** Kit Bacharach para análise de teor de CO<sub>2</sub>.

Para se alcançar os padrões ideais de combustão e de excesso de ar, pode-se seguir as faixas CO<sub>2</sub> ou de O<sub>2</sub> correspondentes mostrados na **Tabela 2**.

**Tabela 2.** Faixas ideais de excessos de ar de combustão em função dos teores de CO<sub>2</sub> ou de O<sub>2</sub> na chaminé.

Tipo de combustível	Faixa ideal de excesso de ar (%)	% equivalente na chaminé	
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Lenha (em toras)	80 – 110	9,5 – 11,0	9,5 – 11,0
Lenha picada ou pó de serra	45 – 60	12,5 - 13,5	6,8 – 7,9

## POR QUE O EMPREGO DE LENHA EM TORAS E GALHOS PROVOCA PERDAS AINDA MAIORES?

Além das explicações anteriores sobre as proporções das quantidades de ar de combustão, dois outros fatores também determinam perdas de calor ainda mais elevadas.

- i. **Descontrole da combustão** - A queima de lenha em toras/galhos é mais difícil, pois há momentos em que a câmara de combustão está com muito combustível e há pouco ar ou falta deste e, em outros momentos, na medida em que a lenha vai sendo consumida, a fornalha fica com pouco combustível e com muito ar em excesso. Assim, a queima fica muito instável, a temperatura no processo oscila bastante e há produção de fuligem.

Diferentemente dessa condição, o emprego de lenha picada ou pó de serra permite uma **maior estabilidade na queima e controle da temperatura desejada**, principalmente se o sistema de alimentação for contínuo e controlado automaticamente. Vide **Figuras 5, 6 e 7**.



**Figura 5.** Representação gráfica de fornalhas: i) com excesso de lenha em toras e pouco ar; ii) com pouca lenha e muito ar; iii) com pedaços menores de biomassa numa situação equilibrada com a quantidade de ar de combustão.



**Figura 6.** À esquerda - queima de lenha em toras sem controle de alimentação e da combustão; à direita emissões de fuligem por má combustão.

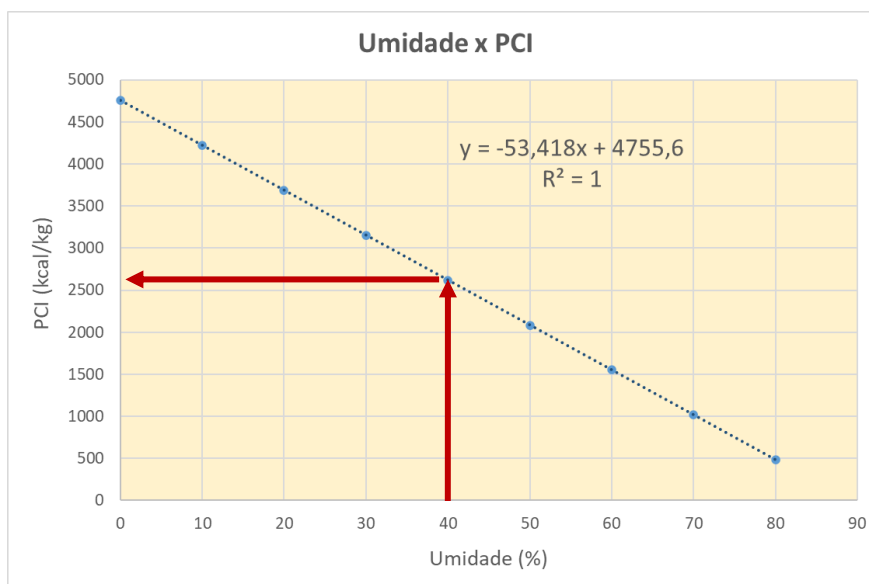


**Figura 7.** Vista de fornalha com queima de lenha picada.

- ii. **Umidade da biomassa** - O segundo fator que contribui para uma maior economia de energia é o fato da lenha picada geralmente se encontrar mais seca e bastante uniforme, tendo em vista que uma parcela da umidade presente na lenha original em toras é reduzida naturalmente ao se “picar” a biomassa. **A umidade da lenha em toras pode variar de 15 a 40%**, caso essa se encontre muito “verde” ou molhada artificialmente. **Quanto mais seca, maior será seu conteúdo energético (poder calorífico)<sup>1</sup>**, conforme demonstrado na **Figura 8**.

---

<sup>1</sup> O poder calorífico inferior (PCI) da lenha, além da umidade, também apresenta ligeira variação de acordo com a espécie da biomassa, se mata da caatinga, algaroba, poda de cajueiro, eucalipto ou outras.



**Figura 8.** Poder calorífico inferior da lenha (em kcal/kg) x % de umidade da lenha ou biomassa.

### RESULTADO POSSÍVEL

A implementação de um sistema de lenha picada com alimentação contínua e automatizada pode garantir uma **economia de energia entre 18 e 25%**, dependendo da faixa de temperatura dos gases de exaustão na entrada da chaminé e da proporção de ar/combustível para manter uma boa combustão.

Ou seja, para uma empresa mediana com uma produção de 2.000 t de gesso/mês, e um consumo de lenha de 1.000 estéreos (st) de lenha/mês, pode se alcançar uma **economia de até 250 st de lenha por mês (cerca R\$ 20.000,00/mês, considerando preços de set/2024)**. E note que, a energia elétrica a ser consumida pelo sistema de picagem e alimentação de lenha pode se tornar sem custo, caso essa energia possa ser provida por painéis solares fotovoltaicos.

### Lembre-se:

O emprego da lenha picada em um sistema automatizado com alimentação contínua pode garantir uma **economia de energia entre 18 e 25%** e, conseqüentemente, reduzir os custos de produção.





APL GESSO ARARIPE - PE

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

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

No site do Instituto Nacional de Tecnologia é possível ter acesso a outros materiais dedicados ao setor gesseiro, tais como: calcinadores eficientes, licenciamento ambiental, energia solar, elétrica, entre outros.

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

Elaborado por:

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

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

Contatos: [augusto.rodrigues@int.gov.br](mailto:augusto.rodrigues@int.gov.br) / [mauricio.henriques@int.gov.br](mailto: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). Lenha Picada. Coleção Boas Práticas e Tecnologias na Produção de Gesso, N° 03. Projeto APL Produção de Gesso na Região do Araripe-PE. Rio de Janeiro, 2024.

Parceria:



Realização:

