



COLEÇÃO

# BOAS PRÁTICAS E TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO DE GESSO

COLEÇÃO

# BOAS PRÁTICAS E TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO DE GESSO

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

Rio de Janeiro, Abril de 2025



INSTITUTO  
NACIONAL DE  
TECNOLOGIA



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO



Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca do INT (COPTe)  
Bibliotecária Lúdia Maria da Silva Schrago Mendes - CRB 7 / 3756

I59a Instituto Nacional de Tecnologia (Brasil).

Coleção Boas Práticas e Tecnologias na Produção de Gesso / Maurício Francisco Henriques Junior ... [et al.] – Rio de Janeiro : INT, 2025.

– Documento eletrônico.

68p. : il. col.

Inclui bibliografia.

ISBN: 978-65-985944-3-5

1. Gesso. 2. Energia. 3. Eficiência energética. 4. Boas práticas. I. Título. II. Henriques Junior, Mauricio Francisco. III. Rodrigues, Joaquim Augusto Pinto. IV. Cícero, Paula Rocha. V. Silva, Talita Pereira Faro da. VI. Dresch, Patrícia Miranda. VII. Pacheco, Luiz Felipe Lacerda.

CDU: 620.9:666.9

**Instituição Executora**  
**Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)**  
Ministra: Luciana Barbosa de Oliveira Santos

**Instituto Nacional de Tecnologia (INT)**  
Diretora Geral: Marcia Gomes de Oliveira

**Coordenação de Engenharia de Produtos e Processos (COENG)**  
Coordenadora: Rosana Medeiros Moreira

**Divisão de Avaliações e Processos Industriais (DIAPI)**  
Chefe: Luiz Manoel Pereira Simões

**Laboratório de Energia (LABEN)**  
Chefe: Joaquim Augusto Pinto Rodrigues

**Projeto**  
Eficiência Energética no Arranjo Produtivo Local (APL) Gesseiro da Região do Araripe – PE  
Coordenador: Joaquim Augusto Pinto Rodrigues

**Autores**  
Maurício Francisco Henriques Junior  
Joaquim Augusto Pinto Rodrigues  
Paula Rocha Cícero  
Talita Pereira Faro da Silva  
Patrícia Miranda Dresch  
Luiz Felipe Lacerda Pacheco

**Diagramação**  
Rayane Oliveira da Silva Pires

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



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.



# APRESENTAÇÃO



**A COLEÇÃO BOAS PRÁTICAS E TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO DE GESSO** compreende oito temas específicos de aplicação prática nas indústrias de gesso, e que podem proporcionar ganhos econômicos por meio do uso eficiente de energia, do aumento da produtividade, da redução de perda e pela melhoria da qualidade dos produtos.

Esta coleção é um compilado de Fichas Informativas desenvolvidas no âmbito do Projeto “Eficiência Energética no Arranjo Produtivo Local (APL) Gesseiro da Região do Araripe – PE”, a cargo do Instituto Nacional de Tecnologia – INT, sob encomenda da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e com o apoio da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Computação Científica (FACC).

As “**Fichas Informativas**” reunidas contam com os seguintes temas específicos:

|  |    |
|--|----|
| Eficiência Energética – Energia Térmica  | 06 |
| Melhoria da Combustão                    | 14 |
| Lenha Picada                             | 20 |
| Consumo Específico de Energia            | 28 |
| Manejo Florestal Sustentável da Caatinga | 34 |
| Energia Solar Fotovoltaica               | 42 |
| Mercado Livre de Energia                 | 50 |
| Financiamento                            | 58 |

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – ENERGIA TÉRMICA



## INTRODUÇÃO

**Eficiência energética** significa produzir algo ou realizar um serviço empregando **uma menor quantidade de energia**, mas sem prejudicar a qualidade do produto final ou do serviço. Ou seja, significa produzir a mesma coisa, ou até mais, mas sem desperdiçar energia.

Nos **processos e equipamentos térmicos**, onde há a produção de calor para realizar alguma transformação física ou química, ou ainda um tratamento térmico de um modo geral, usualmente se emprega muita energia. Entretanto, uma boa parte dessa energia sempre é perdida, tanto por questões intrínsecas ao próprio processo, quanto por mau uso. E esse mau uso é o vilão da história, mas que pode ser minimizado.

Nos calcinadores de produção de gesso, várias perdas de calor podem ser reduzidas, como é o caso da combustão, das perdas nas paredes e na operação dos equipamentos como um todo.

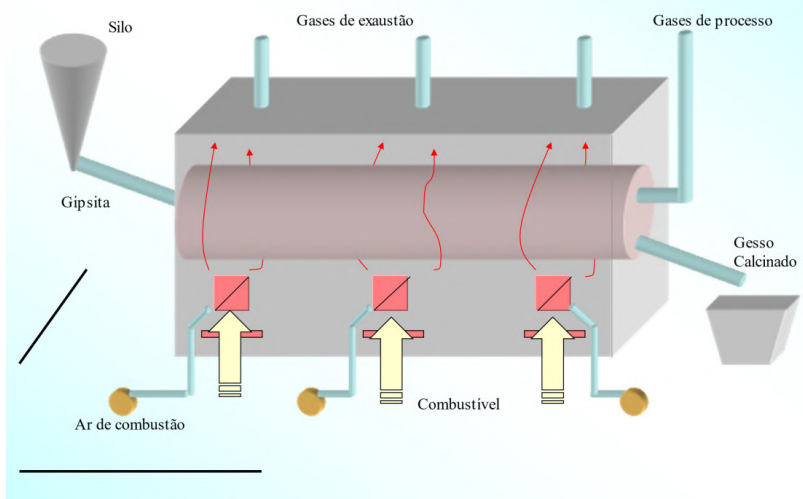
Usando-se a energia de forma eficiente, além da redução de custos que se consegue, também é possível obter uma melhoria da qualidade dos produtos finais e/ou redução de perdas, afora a redução das emissões atmosféricas poluentes.

## FLUXOS DE ENERGIA EM CALCINADORES

Conforme representado na **Figura 1** adiante, o calor fornecido pela queima de um combustível qualquer (lenha, óleo, coque ou gás) é direcionado ao material que está sendo processado (no caso a gipsita), mas também se dispersa por várias partes do calcinador, tais como: nos gases de exaustão da fornalha (chaminé), através das paredes por radiação e convecção, no vapor d'água da desidratação da gipsita e no próprio gesso aquecido quando é retirado do calcinador. **Só uma parcela em torno de 30-45% é o chamado calor útil**, que é de fato empregado na transformação da gipsita em gesso em pó.

Uma parcela muito grande do calor fornecido na combustão é perdida nos **gases quentes de exaustão na chaminé**, que pode variar entre 30 e 50%, dependendo do tipo do calcinador e de suas condições operacionais. Partindo deste dado, reduzir esse montante ou tentar recuperá-lo parcialmente, são formas efetivas para garantir uma maior economia de energia, conforme tratado nos itens seguintes.





**Figura 1.** Esquema simplificado de um calcinador e seus fluxos de entradas e saídas de materiais, insumos e gases.

## MELHORIA DA COMBUSTÃO

Operar uma boa combustão, independentemente do tipo do combustível usado, permite obter economias significativas nos calcinadores de produção de gesso. Cada tipo de combustível – lenha, óleo, coque ou gás tem suas características próprias, facilidades ou dificuldades, conteúdo energético, custos, como também exigem condições de combustão específicas para que se consiga uma condição ótima de operação, com menores perdas de calor na chaminé e de emissão de fuligem.

Na Ficha seguinte sobre “Melhoria da Combustão”, se encontram mais detalhes de algumas condições básicas fundamentais para uma boa combustão.

Perdas de calor elevadas nos gases quentes de exaustão (na chaminé) acontecem em todos os equipamentos térmicos atendidos pela queima de combustíveis, pois se trata de uma condição intrínseca ao processo de combustão industrial, mas que só pode ser atenuada quando se tem um ajuste adequado da proporção **ar/combustível**. Ou seja, é essencial não existir excesso de ar de combustão muito além do necessário, nem ter ar insuficiente (faltar ar), que produz fuligem. O excesso de ar de combustão além do necessário acaba gerando perdas de calor ainda mais altas nos gases de exaustão (na chaminé). Portanto, quanto menor for esse “excesso de ar”, menores serão essas perdas.

Assim, para cada tipo de combustível há uma faixa ideal de mistura ar/combustível, conforme **Tabela 1**. Essas proporções de ar de combustão ideais podem ser controladas através de medições dos gases de chaminé, via teores de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) ou de oxigênio (O<sub>2</sub>), empregando-se analisadores de combustão (químicos ou eletrônicos).

**Tabela 1.** Excessos de ar de combustão ideais em função dos teores de CO<sub>2</sub> ou de O<sub>2</sub> na chaminé por tipo de combustível, medidos com analisadores de combustão.

| Combustível                 | % Ideal de excesso de ar | Faixa ideal na chaminé |                       |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
|                             |                          | de CO <sub>2</sub> (%) | de 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             |
| Óleo combustível            | 10 - 25                  | 12,7 – 14,5            | 2,0 – 4,5             |
| Gás natural                 | 4 - 10                   | 10,6 – 11,3            | 0,7 – 2,3             |



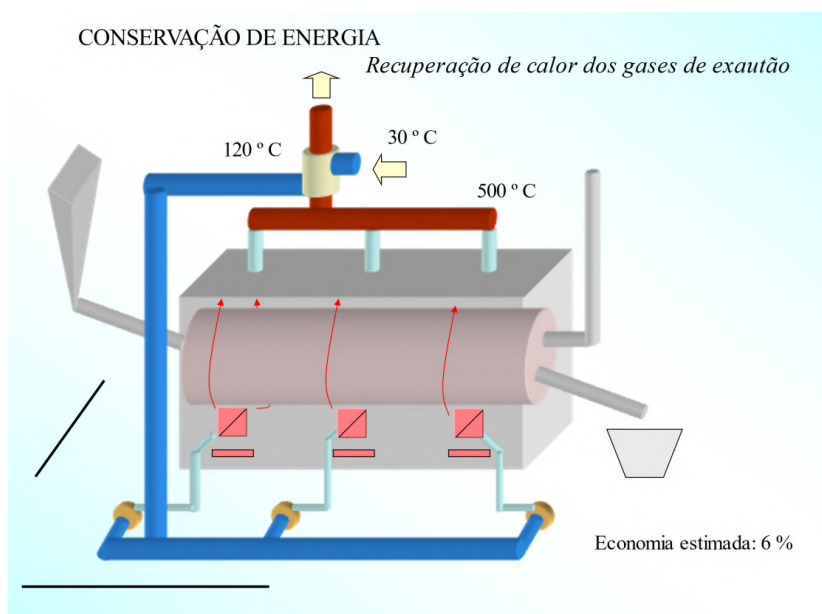
**Figura 2.** Kit Bacharach para medição de teor de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ou de oxigênio (O<sub>2</sub>) em gases de combustão.

No caso da queima de lenha em toras, é comum acontecer um descontrole muito grande na combustão, pois há momentos em que a câmara está com muito combustível e pouco ar de combustão e, em outros momentos, ao contrário. Isso porque, à medida que a lenha vai sendo consumida, passa a existir muito ar de combustão, que continua sendo injetado excessivamente. Assim, o processo de queima fica muito instável, e gera perdas de calor elevadas nos gases na chaminé e fuligem excessiva.

## RECUPERAÇÃO DE CALOR

Conforme mencionado, os calcinadores geralmente apresentam perdas de calor que podem atingir até 45% nos gases de exaustão na chaminé, mediante as condições de combustão e temperatura desses gases na saída da fornalha (e entrada na chaminé). É possível aproveitar parcialmente esse calor para pré-aquecer o próprio ar de combustão, adotando-se um sistema bastante simples, que consiste em um trocador de calor na saída do calcinador junto ao duto da chaminé.

Caso se consiga elevar a temperatura do ar de combustão até 120 °C, por exemplo, a economia de energia que se pode atingir é de 6%, conforme ilustrado na **Figura 3** a seguir.



**Figura 3.** Esquema da recuperação de calor aproveitando os gases quentes de exaustão na saída do calcinador.

## ADEQUAÇÃO DO COMBUSTÍVEL

No caso do emprego de biomassas energéticas, uma forma de se conseguir maior estabilidade na queima e menor quantidade de ar de combustão, é usar lenha picada ou pó de serra, isto é, um material bem homogêneo e mais seco. Com isso, obtém-se uma melhor mistura de ar e combustível, e pode-se usar um menor volume de ar, o que traz economia de energia (**Figura 4**). E para que o sistema opere de forma ainda mais eficiente, o ideal seria que a alimentação de pó de serra ou de lenha picada fosse feita de forma contínua e automatizada.

Além dessas vantagens, ao se trabalhar com pó de serra ou lenha picada, uma parcela da umidade presente na lenha é suprimida naturalmente, o que não exige um “gasto extra” de energia para evaporar essa água durante a queima. Uma lenha muito “verde” pode conter mais de 30% de água, que representa um desperdício de energia.



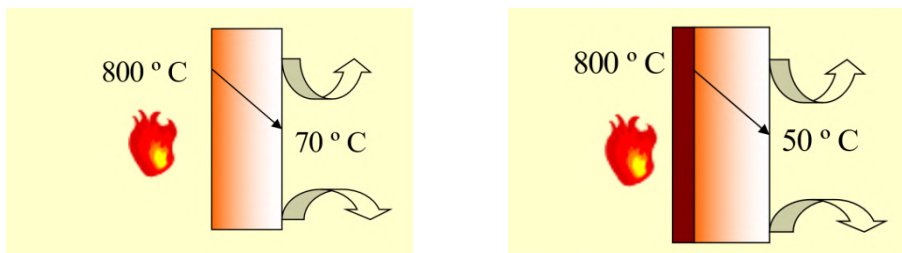
**Figura 4.** Representação gráfica de fornalhas com excesso de lenha em toras, com pouca lenha e muito ar, e com pedaços pequenos de biomassa numa situação ajustada de ar de combustão.

## MELHORIA DO ISOLAMENTO TÉRMICO

A eficiência energética nos calcinadores também pode ser otimizada com o emprego de refratários de maior qualidade e com a instalação de revestimentos internos com mantas de fibra cerâmica aplicadas sobre a alvenaria refratária. Dessa forma é possível reduzir as perdas de calor por radiação e/ou convecção através das paredes e teto.



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



**Figura 5.** Redução de perdas de calor através das superfícies: à esquerda – parede sem revestimento interno de fibra cerâmica; à direita – parede com revestimento, considerando em ambas a temperatura interna na fornalha a 800 °C.

## CONTROLE DO PROCESSO

O controle do processo se faz fundamental, não somente para garantir uma boa qualidade dos produtos, mas também para evitar desperdício de energia.

Para tal, faz necessário o controle de tempo de cada batelada de produção, das temperaturas, da corrente elétrica de alguns motores, dentre outros. As temperaturas na saída da fornalha do calcinador (ou entrada da chaminé), que podem ser medidas através de termopares (do tipo *chromel-alumel*), são importantes para controle da calcinação e garantir uma combustão dentro do padrão definido como ideal.



0+1008



# MELHORIA DA COMBUSTÃO



## INTRODUÇÃO

Nos processos térmicos, ou seja, onde há a produção de calor e o processamento físico e/ou químico de um dado material, geralmente se emprega muita energia, produzida pela queima de um dado combustível ou emprego de energia elétrica.

No caso da queima de combustíveis, uma parte da energia produzida se destina efetivamente ao produto ou processo final, mas outra parte, normalmente em maior proporção, é perdida em diferentes partes do equipamento térmico. Diante disso, torna-se importante buscar sempre reduzir essas “perdas térmicas”, obtendo-se uma maior **eficiência energética e redução de custos**.

Um dos pontos mais importantes para se obter essa redução de perdas de calor em equipamentos térmicos, tais como nos calcinadores da produção de gesso, é **operar uma boa combustão**, independentemente do tipo do combustível usado, se lenha, óleo, coque ou gás. Cada um desses tem suas características próprias, facilidades ou dificuldades, conteúdo energético e custos distintos, mas todos esses podem ser empregados de forma mais eficiente e com as menores perdas possíveis.

## A COMBUSTÃO - CONCEITOS

Ao se processar uma queima ou combustão, são gerados calor e os chamados “gases quentes de combustão” ou “gases de exaustão”. Estes gases são compostos de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e de vapor d’água, que são os produtos da própria combustão, e também alguma quantidade de ar “de excesso”, que “sobrou” por não ter participado da reação de combustão. Há também alguma quantidade de monóxido de carbono (CO) e de fuligem ou material particulado (carbono não queimado), que são produzidos por má combustão, principalmente quando se usa combustível sólido, como a lenha, carvão e coque.

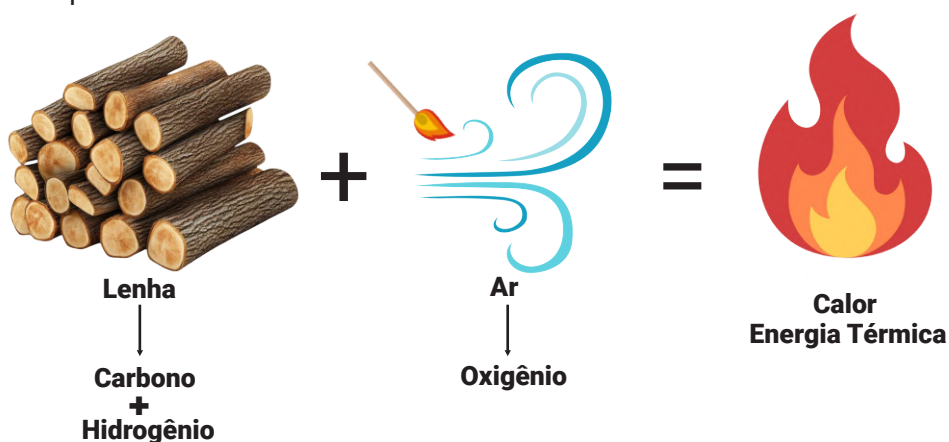


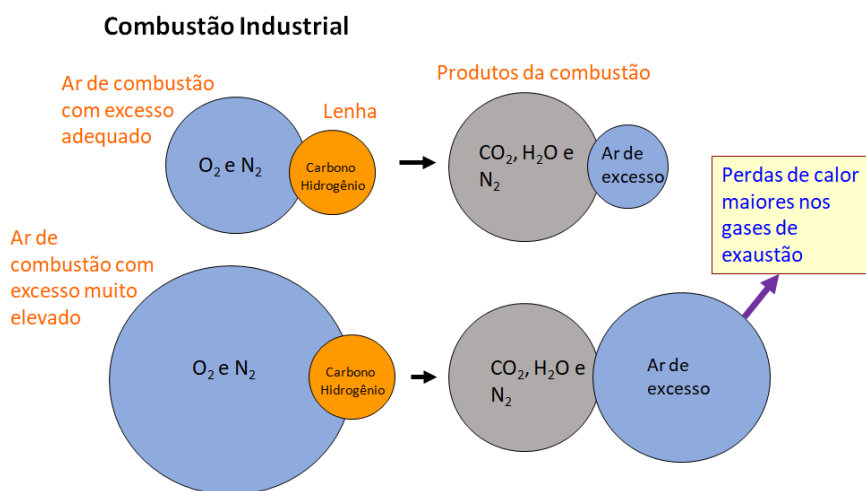
Figura 1. Esquema de combustão.

Para uma boa combustão, independentemente do tipo do combustível, três condições básicas são imprescindíveis:

- I. Ter uma câmara de combustão projetada adequadamente para a capacidade energética que se deseja e de acordo com o tipo do combustível;
- II. Ter uma mistura bem homogênea do combustível com o ar de combustão (comburente);
- III. Ter uma proporção adequada entre as quantidades de ar e de combustível, que é variável em função do tipo de combustível.

Caso estas condições não ocorram, há perda de energia e produção de fuligem. E caso a proporção de ar e combustível não esteja adequada, as perdas de calor podem se tornar muito elevadas nos chamados “gases quentes de exaustão”, na saída da câmara de combustão do equipamento ou na chaminé.

Essas perdas de calor elevadas nos gases quentes na chaminé acontecem na maior parte dos equipamentos térmicos, tais como caldeiras, fornos, incluindo os calcinadores de produção de gesso. Trata-se de uma condição intrínseca ao processo de combustão industrial, e que só pode ser minimizada quando se tem uma **recuperação de parte desse calor** ou quando se tem um ajuste adequado da proporção **ar/combustível**, conforme explicado a seguir.



**Figura 2.** Processo de combustão industrial.

**Importante:** cada tipo de combustível (lenha, óleo, coque ou gás) exige um projeto específico de câmara de combustão e de tiragem dos gases quentes (exaustão). Portanto, a simples troca de coque para lenha ou vice-versa (ou qualquer outra), necessita de um dimensionamento específico, sob pena de se perder eficiência energética.

## O QUE ACONTECE NA PRÁTICA QUANDO SE QUEIMA LENHA EM TORAS

No caso da queima de lenha em toras, ocorre muito descontrole de combustão, pois há momentos em que a fornalha está demasiadamente cheia de lenha e há pouco ar de combustão e, em outros momentos, ao contrário, há pouca lenha para uma quantidade injetada de ar fixa, que acaba se tornando excessiva. Assim, o processo de queima oscila bastante, ou seja, tem momentos com níveis baixíssimos de ar de combustão (e com emissão de fuligem), e em outros, com muito ar de excesso para pouco combustível. Operando dessa forma, a temperatura de queima não se estabiliza e perde-se muita energia nos gases de exaustão/chaminé, conforme demonstrado adiante.



**Figura 3.** Fornalha com excesso de lenha e pouco ar de combustão (à esquerda). Fornalha com lenha em quantidade adequada aos volumes de ar (à direita).

## OTIMIZANDO A COMBUSTÃO

Geralmente uma combustão industrial opera com uma quantidade de ar superior, 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 for esse excesso de ar, menores poderão ser as perdas na chaminé**. Esse ar de excesso também não pode ser muito pequeno, sob pena de produzir fuligem. Portanto, para cada tipo de combustível **há uma faixa ideal de mistura ar/combustível**.

O controle ou medição da quantidade de ar de combustão pode ser feita através da análise do teor de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) ou de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) presentes nos gases de exaustão, empregando-se aparelhos portáteis, como o kit Bacharach ou instrumentos eletrônicos.

Assim, de acordo com os teores de CO<sub>2</sub> ou O<sub>2</sub>, obtém-se o percentual do excesso de ar de combustão que está acontecendo no calcinador e, conseqüentemente, é possível avaliar se a combustão está acontecendo numa faixa ideal ou não, conforme **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Faixas de excessos de ar de combustão ideais por tipo de combustíveis em função dos teores de CO<sub>2</sub> ou de O<sub>2</sub>, medidos nos gases de exaustão de chaminé.

| Combustível                 | % Ideal de excesso de ar | Faixa de CO <sub>2</sub> (%) | Faixa de 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                   |
| Óleo combustível            | 10 - 25                  | 12,7 – 14,5                  | 2,0 – 4,5                   |
| Gás natural                 | 4 - 10                   | 10,6 – 11,3                  | 0,7 – 2,3                   |

Em suma, quando se tem uma combustão com falta de ar ou volume insuficiente, ocorre má combustão e há geração de muita fuligem. E por outro lado, quando se tem uma combustão com ar em excesso muito elevado, as perdas de calor na saída da câmara de combustão (na chaminé) aumentam bastante, conforme mostrado na Tabela 2. Nesta tabela percebe-se que é possível obter uma economia de **22% de energia (lenha)** quando se reduz a quantidade de excesso de ar de 135% para 65%, aproximadamente. Ou seja, **vale a pena controlar e buscar reduzir o excesso de ar de combustão**.

**Tabela 2.** Estimativas de perdas de calor, eficiência energética e economias em calcinadores para diferentes condições de combustão.

| % de excesso de ar de combustão | % de CO <sub>2</sub> | Perdas calor totais (%) | Eficiência energética (%) | Economia de energia pela regulação do excesso de ar (%) |
|---------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|---|
| 65                              | 12,0                 | 41,8                    | 58,2                      | 22,2  |
| 135                             | 8,5                  | 54,7                    | 45,3                      |   |

*Base de cálculo: Lenha em tora e picada com 30% e 20% de umidade, respectivamente; temperatura média dos gases quentes na chaminé durante o processo de 500°C; e 5% de outras perdas (referentes ao calor através das paredes, estrutura e no produto ainda quente ao ser retirado dos calcinadores), somadas às perdas na chaminé.*

Vale destacar que as economias potenciais podem variar de acordo com outros parâmetros do processo, como por exemplo, a umidade da lenha e a temperatura dos gases de exaustão. Caso a umidade da lenha seja maior e as temperaturas de exaustão sejam mais elevadas, as economias podem ser ainda maiores.



## VANTAGENS DE SE USAR LENHA PICADA/PÓ DE SERRA E ALIMENTAÇÃO AUTOMATIZADA

No caso da queima de biomassas, quanto mais fracionado estiver o combustível, isto é, na forma de pó de serra, cavacos, lascas ou briquetes, a queima é facilitada e mais econômica, pois se consegue **maior homogeneidade** na mistura ar/combustível, como também é possível trabalhar com um menor volume de ar de combustão conforme explicado, afora o melhor controle e estabilidade do processo.

Outra vantagem que a lenha picada oferece refere-se à **redução natural da umidade** presente na biomassa energética. Uma menor umidade favorece a combustão e traz economia, já que não se gasta energia do próprio forno para evaporar essa água contida na biomassa. Deve-se lembrar que quando se usa lenha muito “verde”, o **teor de água pode ser superior a 30%**, e isso representa um gasto adicional de energia.



**Figura 4.** Biomassa picada.

Nos calcinadores, o emprego de lenha picada ou pó de serra em sistemas com alimentação contínua automatizada proporciona uma economia média de combustível em torno de 22%, podendo variar de acordo com os parâmetros operacionais do equipamento.



# LENHA PICADA



## 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.

Condições básicas que devem estar sempre presentes são:

- 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.

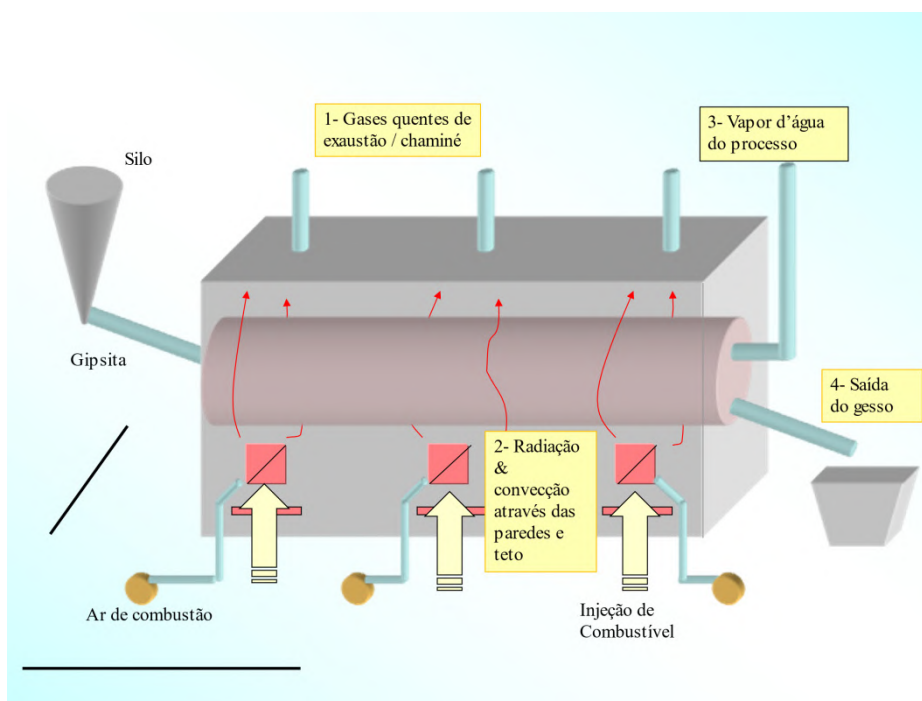
A proporção adequada de combustível e ar de combustão varia de acordo com a forma que a lenha é utilizada, seja em toras e galhos ou picada. Quando usada em toras e galhos, a superfície de contato desta com o ar de combustão é menor, o que exige muito ar para queimar. E, de modo oposto, quando a lenha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

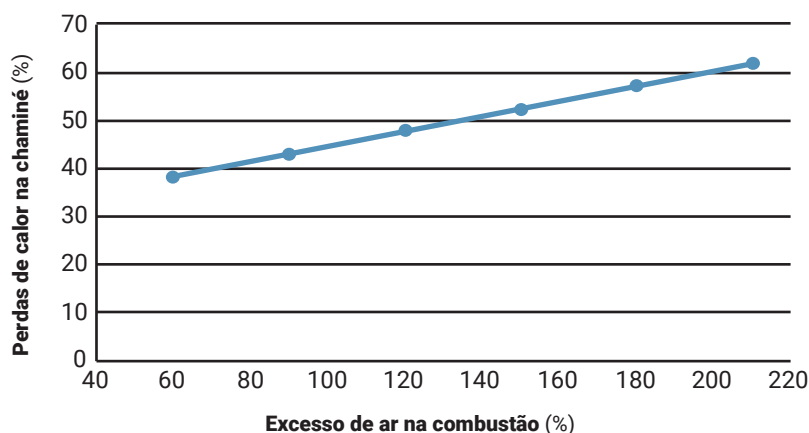
## QUAL A VANTAGEM OU CONSEQUÊNCIA DA MELHORIA DE COMBUSTÃO?

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°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 ou equipamentos eletrônicos.



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 4 e 5**.

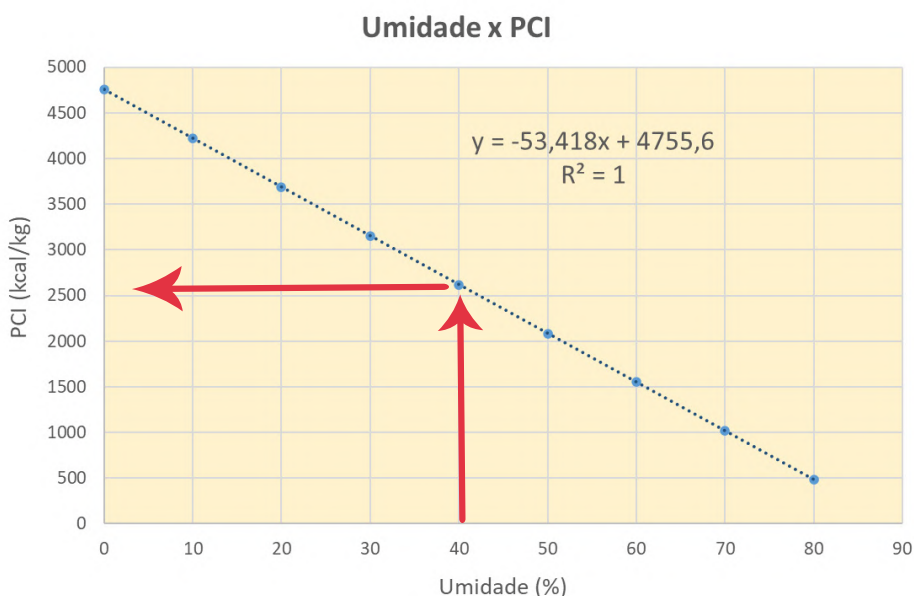


**Figura 4.** Queima de lenha em toras sem controle de alimentação e da combustão (à esquerda). Emissões de fuligem por má combustão (à direita).



**Figura 5.** Vista da 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 6**.



**Figura 6.** Poder calorífico inferior da lenha (em kcal/kg) x % de umidade da lenha ou biomassa.

1. 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.

## 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.





PERIGO  
SUPERFICIE  
QUENTE  
NÃO TOQUE

CUIDADO  
ESCADA



# CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA



## ACOMPANHAMENTO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA

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

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

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

## COMO CALCULAR?

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

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

Para esse cálculo são necessários os seguintes dados:

- > No caso da **energia térmica** - consumo mensal do combustível (ou por batelada), sendo no caso da lenha e de outras biomassas em metro estéreo ou tonelada, sua massa específica (em kg/m<sup>3</sup>) e o seu conteúdo energético, chamado de poder calorífico inferior (PCI).
- > **Produção total da empresa ou do calcinador** em tonelada (t) por mês do produto final ou por batelada.

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

## EXEMPLO DE CÁLCULO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA TÉRMICA

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

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

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

### 4. CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA

- a. **ENFOQUE NO CONSUMO DE LENHA ou OUTRAS BIOMASSAS** (em estéreos ou em quilos de lenha por tonelada de gesso calcinado): item (2) ÷ item (1)
  - >  $1.500 \text{ metros estéreos (st)/mês} \div 2.500 \text{ toneladas de gesso/mês} = 0,6 \text{ st/t de gesso}$
  - >  $375.000 \text{ kg de lenha/mês} \div 2.500 \text{ t} = 150 \text{ kg de lenha/t de gesso}$
- b. **ENFOQUE NO CONSUMO DE ENERGIA** (em kcal/t de gesso ou kJ/t): item (3) ÷ item (1)
  - >  $1.182.375.000 \text{ kcal/mês} \div 2.500.000 \text{ kg de gesso} = 473 \text{ kcal/kg de gesso}$

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

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

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

## CASO DA LENHA E BIOMASSAS – PCI x UMIDADE

No caso da lenha, o seu poder calorífico (PCI) varia conforme o seu tipo (algaroba, poda de cajueiro, nativa da caatinga, eucalipto e outras), mas principalmente com a massa em quilos por metro estéreo (que pode variar de 210 a 400 kg) e ainda do grau de umidade, que pode oscilar entre de **15 e 40%**, se muito seca ou muito úmida.

## PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI) DE OUTROS ENERGÉTICOS

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

| PCI (em kcal/kg)             |               |
|------------------------------|---------------|
| Óleo BPF                     | 9.590         |
| Coque de petróleo            | 8.390         |
| Gás natural                  | 8.800 kcal/m³ |
| GLP                          | 11.100        |
| Lenha/serragem (15% umidade) | 3.954         |
| Lenha/serragem (25% umidade) | 3.420         |
| Lenha/serragem (35% umidade) | 1.865         |

## CONSUMOS ESPECÍFICOS TÍPICOS DE ALGUNS TIPOS DE CALCINADORES

**Tabela 2.** Consumos específicos de diferentes tipos de fornos.

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

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

(\*) Modelos ultrapassados.

## DICAS PARA REDUZIR O CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA TÉRMICA

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

### Lembre-se:

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







# MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL DA CAATINGA



## INTRODUÇÃO

A presente ficha foi elaborada com base em publicações disponibilizadas pelo Banco do Nordeste – BNB em seu site, com a finalidade de viabilizar o financiamento ao manejo florestal sustentável da Caatinga.

Destinada principalmente aos empresários e gestores das empresas do Polo Gesseiro do Araripe - PE, que tem sua matriz energética baseada na queima de lenha, esta ficha se propõe demonstrar como o Manejo Florestal Sustentável se viabiliza como um modelo de administração da floresta essencial para garantir o fornecimento contínuo desse recurso, garantindo ao mesmo tempo a **proteção do meio ambiente, o desenvolvimento social e econômico e a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais.**

## CARACTERÍSTICAS DA CAATINGA E DO MFS

A Caatinga é considerada a região semiárida mais povoada do mundo e, por isso, vem sofrendo enorme pressão pela ação do homem, uma vez que é de lá que tiram seu sustento, seja através da extração de lenha, seja pela abertura de novas áreas para pastagens e agricultura ou mesmo pela exploração mineral.

Como resultado, **hoje restam pouco mais que 50% da sua vegetação original**, com perda de qualidade da água e do solo, o que compromete a sua capacidade produtiva. Ou seja, sua vegetação já não se recompõe no mesmo padrão de crescimento, afetando os estoques de biomassa necessários à demanda local.



**Figura 1.** Visão de uma Caatinga.

Para garantir que a Caatinga se mantenha produtiva é necessário o uso de técnicas de exploração de impacto reduzido, onde os produtos da floresta são extraídos de forma a possibilitar a recuperação da estrutura florestal a partir do estoque de plantas



remanescentes. Essas técnicas compõem um modelo de administração da floresta denominado Manejo Florestal Sustentável (MFS).

Na Caatinga, o MFS deve ser feito nas regiões e propriedades com vegetação florestal em área e qualidade suficientes para possibilitar uma produção regular. Além disso, o manejo deve atender a uma demanda dentro de um raio econômico viável que depende do valor do produto e do custo do transporte.

Para colocar o MFS em prática é necessário elaborar um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) da área a ser explorada. O PMFS deverá ser elaborado e acompanhado por um profissional habilitado (Engenheiro Florestal), que assume formalmente a responsabilidade técnica pelo mesmo.

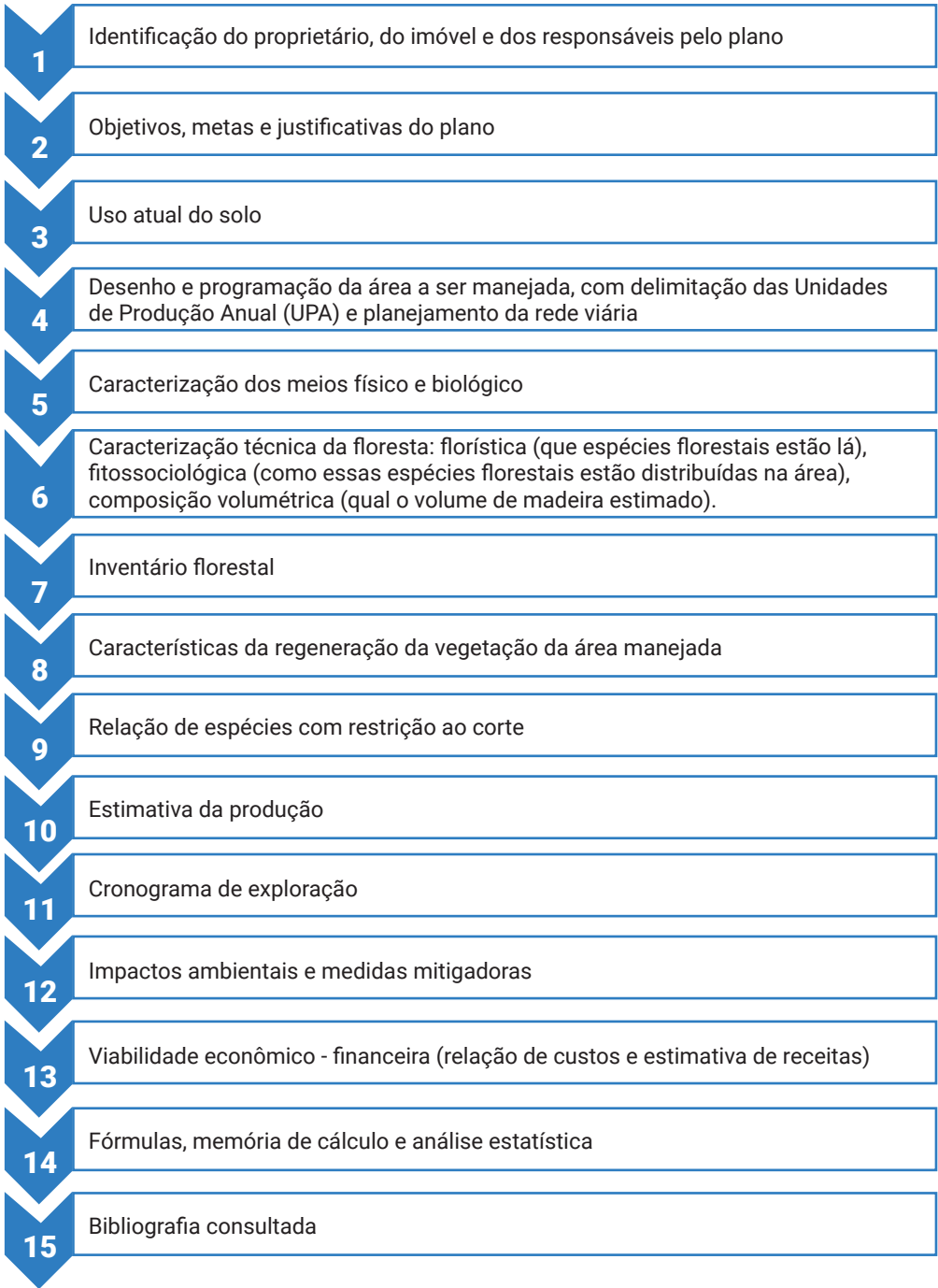
O PMFS deverá ser protocolado no órgão ambiental competente, onde será analisado tecnicamente, inclusive com vistoria de campo e, se houver necessidade, serão exigidas modificações no documento apresentado.

Quando aprovado, poderá, então, ser iniciada a exploração do primeiro talhão e, a cada 12 meses, o responsável técnico deve apresentar o relatório técnico anual e o detentor do PMFS deverá solicitar autorização para continuar o manejo no ano seguinte.

Os principais aspectos técnicos necessários no PMFS são:

- **Definição da área a ser manejada:** a área manejável deve estar compreendida dentro dos limites da propriedade. Especialistas em MFS da Caatinga recomendam áreas a partir de 400 ha;
- **Inventário florestal:** é feito o levantamento e medição das espécies existentes na propriedade, a quantidade e tamanho das árvores e o volume utilizável (tecnicamente denominado estoque);
- **Estimativa do crescimento:** é o aumento do estoque florestal ao longo do tempo, resultante do aumento no diâmetro, na altura e no número de árvores na floresta. É o que define o ciclo de corte, ou seja, o tempo necessário para a vegetação se recuperar (em anos) entre um corte e o seguinte, numa mesma Unidade de Produção Anual (UPA);
- **Técnicas de intervenção:** baseiam-se em dois tipos de corte: a) corte raso, onde se cortam todas as árvores e arbustos, independentemente de tamanho e espécie; e b) corte seletivo, onde é feita a retirada seletiva de árvores produtivas;
- **Arranjo da exploração:** área a ser manejada deve ser dividida em Unidades de Produção Anual (UPA) ou Talhões. O número de talhões é normalmente igual ao ciclo de corte;
- **Tratos silviculturais:** as técnicas aplicadas no povoamento florestal como: a) Controle da rebrota, onde se procura obter maiores diâmetros em um menor tempo; b) Controle de espécies, que consiste no corte de espécies não desejadas.

As legislações ambientais estaduais trazem um roteiro de elaboração dos PMFS, que em geral apresentam o seguinte conteúdo:



**Figura 2.** Etapas de um PMFS.

Cada PMFS traz seu respectivo Plano Operacional Anual (POA) que também tem roteiro de elaboração definido pela legislação ambiental estadual e que em geral apresenta o seguinte conteúdo:

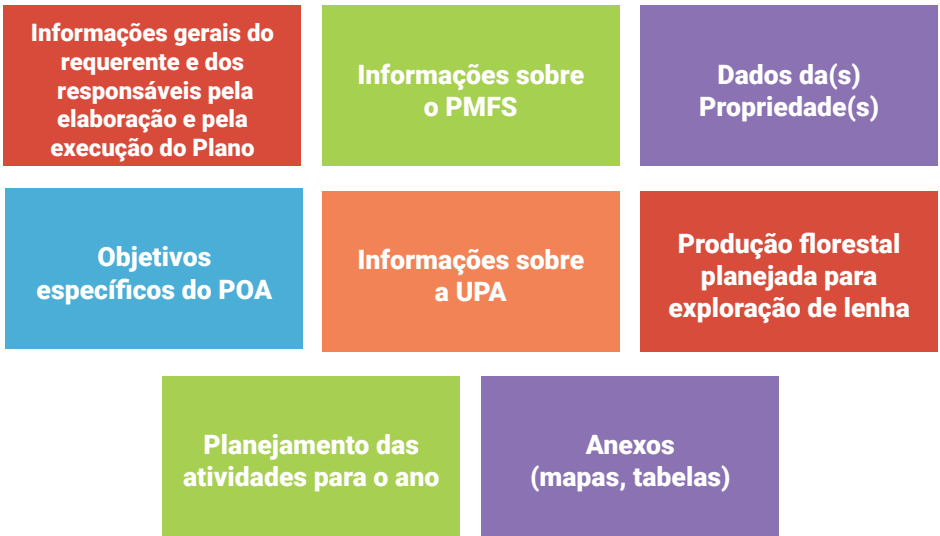


Figura 3. Etapas de um POA.

Abaixo um exemplo do arranjo da produção de uma área que vai ser manejada, com um ciclo de corte de 10 anos. As UPAs, aqui chamadas de talhões, estão representadas pela letra T.

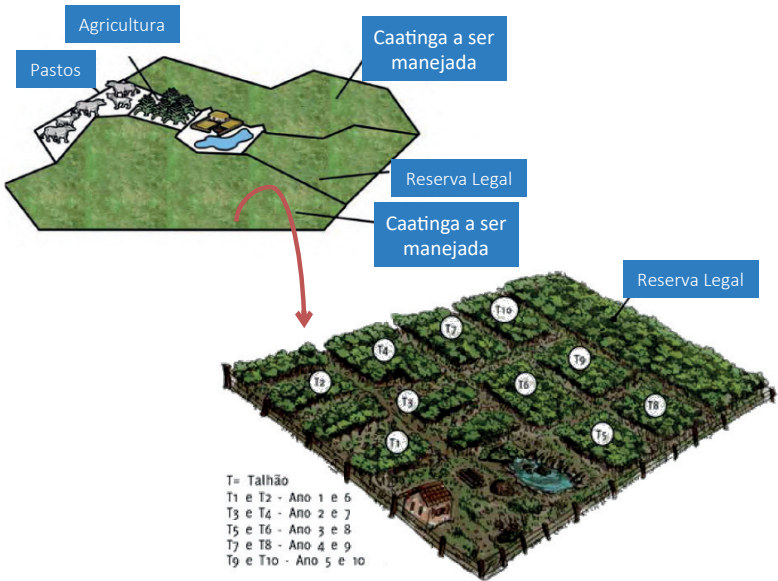


Figura 4. Esquema de corte em UPAs alternadas (uma UPA por vez).

Fonte: Adaptado do Guia Técnico “Manejo Sustentável dos Recursos Florestais da Caatinga” / MMA (2008).



**Figura 5.** Áreas sob MFS. Rebrotas das árvores (à esquerda). Pilhas de lenha exploradas no PMFS (à direita).

## INSTRUMENTOS LEGAIS

A competência pela gestão do MFS no estado de Pernambuco é da CPRH. Através da Instrução Normativa CPRH Nº 007/2006 de 29.12.2006, são disciplinados os procedimentos referentes à:

- Aprovação da localização da Reserva Legal em propriedades e posses rurais;
- Autorização para supressão de vegetação e intervenção em Áreas de Preservação Permanente; e
- Autorização para o desenvolvimento das atividades florestais tais como o MFS.

Os órgãos ambientais federais têm competência para aprovação de PMFS em zonas fronteiriças com áreas contínuas que abrangem mais de um estado ou em áreas localizadas em Unidades de Conservação Federais.

## ASPECTOS FINANCEIROS

O Manejo Florestal Sustentável da Caatinga tem linhas de financiamento junto ao Banco do Nordeste, são elas:

- PRONAF Florestal e
- FNE Verde.

Essas linhas de crédito têm juros baixos, prazos acessíveis e bônus para quem paga em dia. O produtor rural pode financiar desde a elaboração do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) até o custeio do Manejo Florestal Sustentável ano a ano.

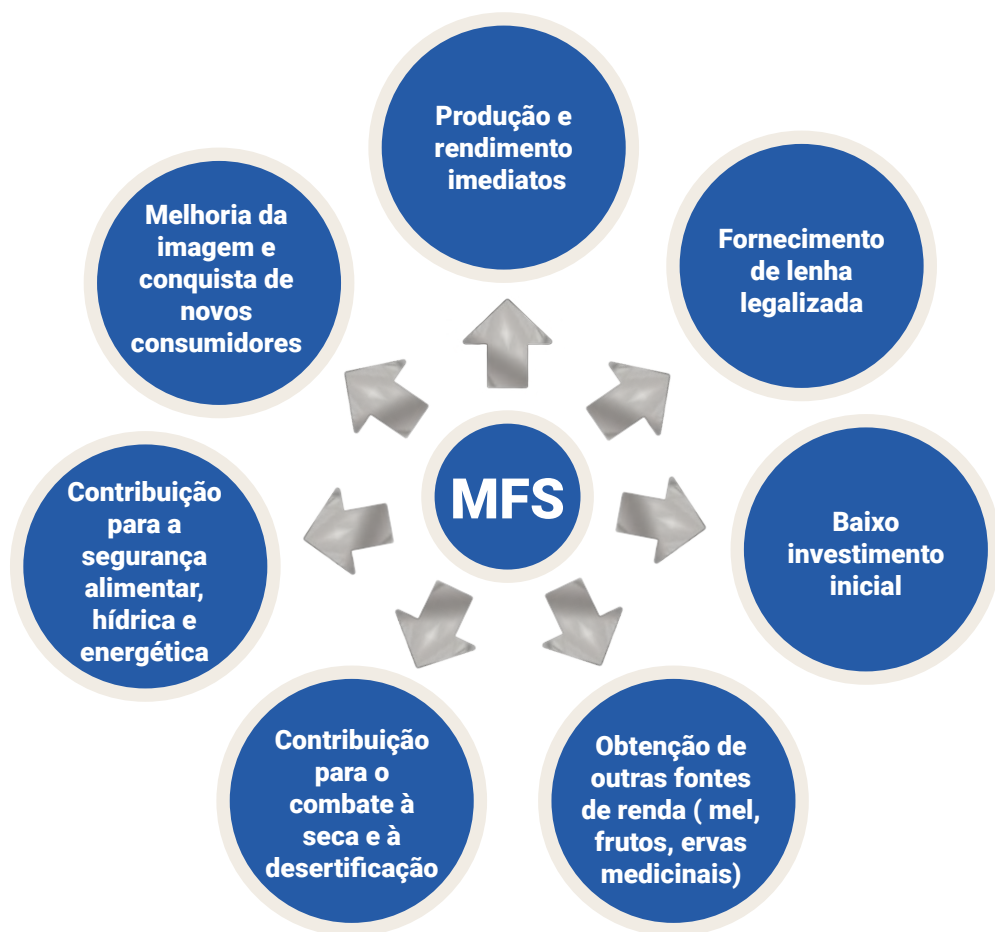


Para se ter noção dos valores, o quadro abaixo traz um exemplo da relação custo/benefício de administração de um PMFS, ao longo do tempo, no semiárido de Pernambuco.

| Itens                    | Ano 0          | Ano 1         | Ano 2         | Ano 3         | ... | Ano 15        |
|--------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|-----|---------------|
| x10³ R\$                 |                |               |               |               |     |               |
| <b>Receita</b>           |                |               |               |               |     |               |
| Venda da lenha           |                | 222,03        | 227,98        | 234,10        |     | 321,59        |
| <b>Custos anuais</b>     |                |               |               |               |     |               |
| Corte de lenha           |                | 51,56         | 53,79         | 56,13         |     | 93,43         |
| Baldeio                  |                | 2,56          | 2,59          | 2,63          |     | 3,07          |
| Abertura de picadas      |                | 2,29          | 2,38          | 2,47          |     | 3,93          |
| Carregamento da lenha    |                | 2,99          | 2,99          | 2,99          |     | 2,99          |
| Manutenção de aceiros    |                | 0,61          | 0,62          | 0,63          |     | 0,74          |
| Assistência Técnica      |                | 0,65          | 0,66          | 0,66          |     | 0,73          |
| Relatório anual          |                | 2,86          | 3,11          | 3,39          |     | 9,44          |
| Taxa de vistoria anual   |                | 0,28          | 0,28          | 0,28          |     | 0,28          |
| Transporte da Produção   |                | 73,31         | 73,73         | 74,15         |     | 79,39         |
| <b>Investimento</b>      |                |               |               |               |     |               |
| Elaboração do Projeto    | - 15,64        |               |               |               |     |               |
| Cartório                 | - 0,31         |               |               |               |     |               |
| Marco do talhão          | - 0,91         |               |               |               |     |               |
| Placa do Plano de Manejo | - 1,66         |               |               |               |     |               |
| Preço da terra           | - 232,49       |               |               |               |     |               |
| <b>FC</b>                | <b>-251,01</b> | <b>359,12</b> | <b>368,12</b> | <b>377,41</b> |     | <b>515,58</b> |

**Figura 6.** Exemplo de custos de administração de um PMFS no semiárido de Pernambuco (ano de 2021).  
 Fonte: Santos Junior (2024). Tese "Avaliação Espacial, Econômica e Ambiental da Extração de Lenha nos Planos de Manejo Florestal Sustentáveis (PMFS) no Semiárido de Pernambuco – Brasil".

## BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS DO MFS



**Figura 7.** Vantagens econômicas, sociais e financeiras do MFS.

# ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA



## INTRODUÇÃO

Esta ficha técnica tem como objetivo facilitar a compreensão sobre a energia solar fotovoltaica, abordando conceitos básicos e tendências futuras. É destinada aos empresários e gestores das empresas do Polo Gesseiro do Araripe que desejam entender como essa tecnologia pode ser utilizada em benefício de suas empresas.

A energia solar fotovoltaica vem se apresentando como uma das fontes de energia renovável mais promissoras neste momento de transição energética para a segurança energética das empresas e do sistema como um todo. Com a crescente busca por energia limpa e redução nos custos, entender essa tecnologia é um diferencial para o desenvolvimento sustentável.

A energia solar fotovoltaica trata-se de uma tecnologia onde **a luz solar é convertida diretamente em eletricidade pelo efeito fotovoltaico**. O processo de conversão é realizado por dispositivos chamados células fotovoltaicas, que são geralmente feitas de materiais semicondutores, como o silício.



Este efeito fotovoltaico foi descoberto por Edmond Becquerel em 1839 e ao longo dos anos essa tecnologia foi evoluindo de forma significativa com destaque para as últimas décadas, tornando-se, atualmente, uma tecnologia de uso amplamente difundido e com custos acessíveis.

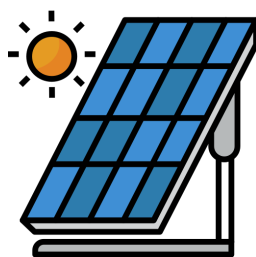


## PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

**Efeito fotovoltaico:** fenômeno físico onde um material semicondutor gera uma corrente elétrica quando exposto à luz solar.



**Células fotovoltaicas:** dispositivos que convertem luz solar em eletricidade.



**Módulos fotovoltaicos (placas solares):** conjunto de células fotovoltaicas interconectadas.



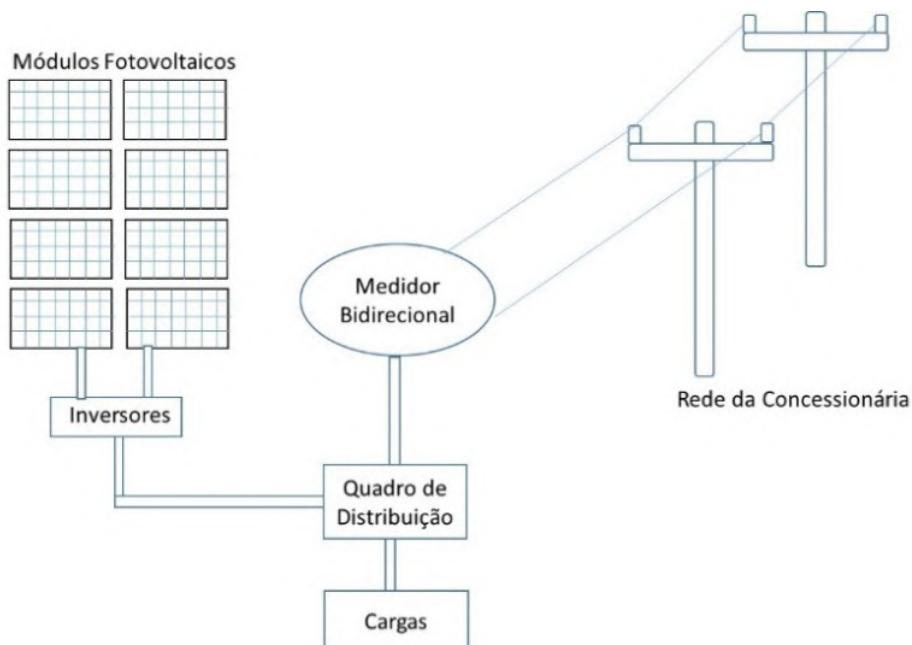
**Figura 1.** Painéis solares na região do Araripe – PE.

**Inversor:** dispositivo que converte a corrente contínua (CC) gerada pelos painéis solares em corrente alternada (CA).



**Figura 2.** Exemplo de inversor.

**Diagrama esquemático do sistema fotovoltaico:** os módulos fotovoltaicos produzem a energia elétrica em corrente contínua, a mesma é transformada em corrente alternada pelos inversores e então distribuída para atendimento da carga ou injetada na rede da concessionária.



**Figura 3.** Esquema de um sistema fotovoltaico.

## VANTAGENS/DESVANTAGENS

A implementação de um sistema de geração de energia fotovoltaica apresenta para as empresas as seguintes vantagens e desvantagens:

### > Vantagens

**Economia de custos:** após a amortização do investimento inicial, a energia gerada pelo sistema se transforma em ganhos, pois a empresa não estará mais abatendo o valor do investimento e sua geração será refletida em economia de recursos que seriam pagos à concessionária.

**Segurança energética:** ao gerar sua própria energia a empresa garante sua operação independente de quaisquer eventualidades que possam ocorrer no sistema de fornecimento de energia.

**Custo baixo de manutenção:** os sistemas fotovoltaicos precisam de pouca manutenção, sendo necessário o estabelecimento de uma rotina de limpeza dos painéis.

**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 diversos segmentos, entre eles a indústria.

**Queda no preço dos componentes:** uma vantagem a ser considerada é a queda no custo dos equipamentos em virtude do aumento na escala de produção, levando a valores bem mais acessíveis em 2024.

**Linhas de crédito:** existem linhas de crédito que incentivam a adoção e facilitam os investimentos nos sistemas de geração fotovoltaica.

**Durabilidade:** 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, o equipamento seja utilizado por mais tempo.

### > Desvantagens

**Investimento inicial alto:** apesar da queda nos custos, os investimentos iniciais para a implementação de um sistema de geração solar fotovoltaico para uma indústria do polo gesso ainda representa um valor considerável.

**Intermitência:** a geração de energia depende da disponibilidade de luz solar, variando com o clima e a hora do dia.

**Armazenamento de energia:** o sistema de armazenamento possui um elevado custo tornando o investimento mais alto quando se pensa nesta modalidade.

**Espaço:** a instalação do sistema requer a disponibilidade de uma área para a instalação dos painéis.

## TIPOS DE SISTEMAS

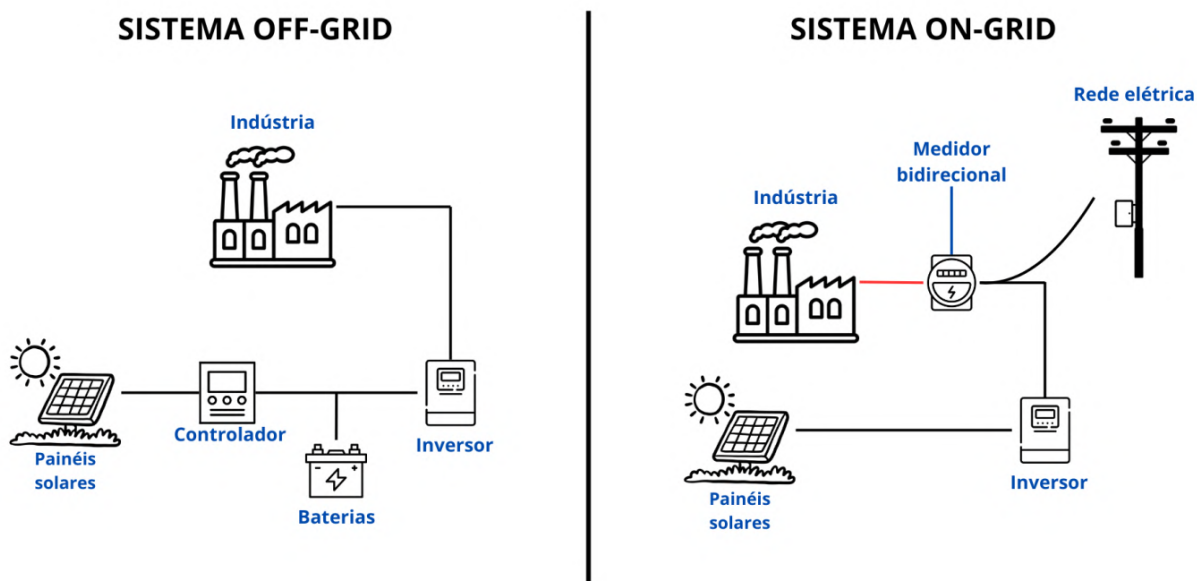
As indústrias podem adotar tipos diferentes de sistemas fotovoltaicos de acordo com suas necessidades. A escolha do tipo se baseia em diferentes parâmetros tais como: perfil de **consumo**, disponibilidade de **espaço e questões financeiras** e de regulamentação.

Sistemas tipo **“On Grid”** – Este sistema é conectado com a rede através de um medidor bidirecional que tanto **mede a energia consumida da concessionária pela empresa, como a energia injetada pela empresa na rede**. A energia gerada pelo sistema de placas solares, após ser convertida pelo inversor, é destinada a atender a demanda de energia da instalação. Em caso desta energia gerada exceder a necessidade de consumo, ela é então exportada para a rede da concessionária.

Sistemas tipo **“Off Grid”** – Este sistema é independente da rede da concessionária, sendo utilizado em casos onde **a conexão à rede não é viável ou em instalações onde se tem uma parte da carga ligada diretamente a esta fonte energética**. Este sistema necessita de controlador de carga e baterias para armazenamento da energia gerada e não consumida de forma instantânea. Além disso, possui um valor de **investimento mais elevado** e requer uma **maior manutenção** em virtude das baterias.

Sistemas tipo **“Híbridos”** – Este sistema é uma **junção dos dois sistemas anteriores**, onde a instalação industrial possui um sistema conectado à rede das concessionárias e, ao mesmo tempo, a um banco de baterias.





**Figura 4.** Diagramas de Sistemas On e Off Grid.

## CASO EXEMPLO

A seguir é apresentado um exemplo de um projeto de instalação de geração solar fotovoltaica para uma unidade consumidora de alta tensão Grupo A.

O sistema de energia solar proposto conta com 522 módulos solares de 540 Wp cada e 5 inversores, sendo 2 de 75 kVA e 3 de 30 kVA. A potência total instalada é de 281,88 kWp, considerando-se a variação

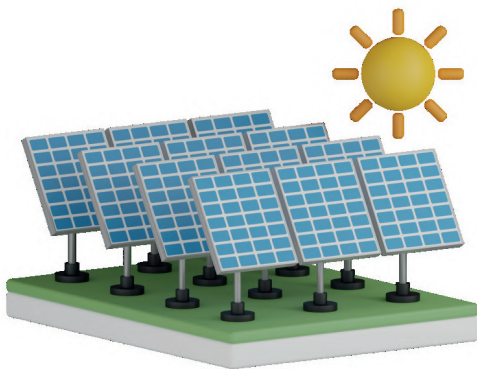
O investimento total nos equipamentos e os custos de instalação foi orçado em R\$ 740.000,00.

**Tabela 1.** Dados referentes a uma instalação de geração solar fotovoltaica.

| Mês          | Consumo (kWh)  | Produção solar (kWh) | Custos sem geração fotovoltaica (R\$) | Custos com geração fotovoltaica (R\$) | Redução de custos (R\$) | % de redução |
|--------------|----------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------|
| jan          | 50.390         | 34.469               | 40.062                                | 12.658                                | 27.404                  | 68,4         |
| fev          | 44.740         | 30.013               | 35.362                                | 11.640                                | 23.722                  | 67,1         |
| mar          | 47.388         | 31.817               | 37.522                                | 12.329                                | 25.193                  | 67,1         |
| abr          | 40.288         | 23.379               | 31.629                                | 13.274                                | 18.354                  | 58,0         |
| mai          | 39.725         | 23.052               | 31.862                                | 13.372                                | 18.490                  | 58,0         |
| jun          | 33.834         | 18.306               | 27.222                                | 12.493                                | 14.729                  | 54,1         |
| jul          | 34.984         | 22.971               | 28.230                                | 9.694                                 | 18.536                  | 65,7         |
| ago          | 42.652         | 24.439               | 34.795                                | 14.858                                | 19.937                  | 57,3         |
| set          | 42.452         | 24.372               | 33.937                                | 14.453                                | 19.483                  | 57,4         |
| out          | 41.611         | 29.004               | 33.249                                | 10.074                                | 23.175                  | 69,7         |
| nov          | 48.801         | 30.096               | 38.594                                | 14.792                                | 23.802                  | 61,7         |
| dez          | 45.656         | 32.948               | 36.069                                | 10.039                                | 26.030                  | 72,2         |
| <b>Total</b> | <b>512.518</b> | <b>324.865</b>       | <b>408.531</b>                        | <b>149.678</b>                        | <b>258.854</b>          | -            |
| <b>Média</b> | <b>42.710</b>  | <b>27.072</b>        | <b>34.044</b>                         | <b>12.473</b>                         | <b>21.571</b>           | <b>63,1</b>  |

## > Resultados

|  |         |
|--|---------|
| <b>Custo total anual de energia (R\$)</b>                          | 408.531 |
| <b>Economia (R\$/ano)</b>  | 258.854 |
| <b>Prazo de retorno (ano)</b>                                      | 2.9     |
| <b>Custo total anual de energia abatendo a geração solar (R\$)</b> | 149.678 |
| <b>Investimento (R\$)</b>  | 740,000 |



## > Recomendação

O uso da energia solar fotovoltaica representa uma oportunidade significativa para as indústrias do polo gesso do Araripe na adoção de medidas de redução de custos, sustentabilidade e segurança energética. A alta incidência solar da região, aliada às necessidades das empresas, torna a energia solar uma solução atrativa e com bom retorno econômico.

# MERCADO LIVRE DE ENERGIA



## INTRODUÇÃO

Esta ficha técnica tem como objetivo facilitar a compreensão sobre o **mercado livre de energia**, abordando conceitos básicos e tendências futuras. É destinada aos empresários e gestores das empresas do Polo Gesseiro do Araripe que desejam entender como o mercado livre de energia pode ser usado em benefício de suas empresas.

Este tema é importante, pois o mercado livre de energia trata-se de uma alternativa ao mercado cativo convencional, permitindo **maior flexibilidade e competitividade**. Em face da crescente busca por eficiência e sustentabilidade, entender esse mercado é um diferencial para as empresas que buscam aperfeiçoar seus custos e contribuir para um futuro energético mais sustentável.

## CONCEITOS IMPORTANTES

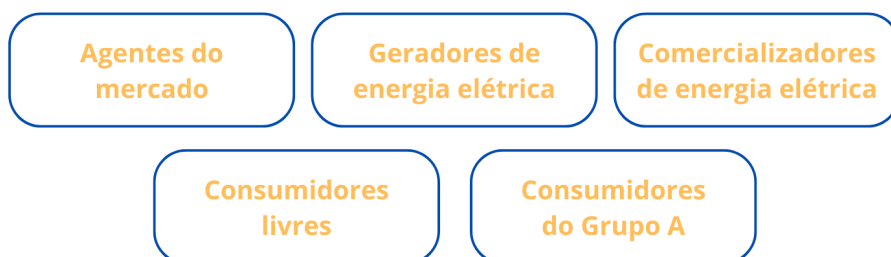
**Energia elétrica** é a forma de energia resultante do **movimento dos elétrons** através de um condutor, e a mais utilizada devido à sua versatilidade e facilidade de transporte.

**Mercado cativo** é o ambiente onde os consumidores compram sua **energia exclusivamente da distribuidora local**, sem a possibilidade de escolher outro fornecedor. As tarifas praticadas são reguladas pelo governo.

**Mercado livre** é o ambiente onde os **consumidores podem escolher seus fornecedores de energia**, através de uma negociação direta com geradores ou comercializadores de energia. Esse modelo promove uma competição e pode resultar em tarifas mais baixas e condições contratuais mais favoráveis.

O surgimento do mercado livre de energia ocorre na busca pela necessidade de aumentar a eficiência e a competitividade no setor elétrico. Em nosso país, a liberalização do mercado teve seu início na década de 1990, com a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

A estrutura do mercado livre possui os seguintes atores:





## > Função da CCEE

É papel da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) garantir total transparência e a segurança nas operações no mercado livre, registrando os contratos e mediando disputas. Ela é responsável por toda **liquidação de energia gerada e consumida** no país, tanto no cativo, quanto no livre.

## > Contratos de Energia

No mercado livre os contratos de energia variam em termos de prazo, volume e tarifa. Podendo existir contratos de **curto, médio e longo prazo**, com características próprias e benefícios distintos.

A regulação e a legislação do mercado livre de energia obedecem a uma série de leis e normas, incluindo a Lei nº 9.074/1995 e a Resolução Normativa ANEEL nº 247/2006. Essas regulamentações visam garantir a transparência e a competitividade no mercado.

A criação da Portaria Normativa nº50/2022 do Ministério de Minas e Energia, possibilitou a abertura para todo o Grupo A. Porém, apenas a partir da aprovação da Resolução Normativa 1.081, em dezembro de 2023, essas mudanças foram oficialmente publicadas pela ANEEL.

Sendo assim, desde janeiro de 2024, qualquer consumidor de energia elétrica conectado em Alta Tensão (Grupo A), passou a estar habilitado a usufruir o direito de realizar a portabilidade de sua compra de energia.

## VANTAGENS

**Redução de custos:** A competição entre fornecedores pode resultar em preços mais baixos.

1

**Sustentabilidade:** Possibilidade de optar por fontes de energia renovável.

3

**Flexibilidade Contratual:** Consumidores podem negociar contratos que melhor atendam às suas necessidades.

2

**Previsibilidade:** Contratos de longo prazo podem proporcionar maior previsibilidade de custos.

4

## DESVANTAGENS

Com relação às possíveis desvantagens na migração do mercado cativo para o mercado livre se encontram: a complexidade na **gestão de contratos**, a necessidade de **conformidade regulatória** e os riscos de mercado relacionados a **flutuações**. Estes são mitigados e resolvidos pela empresa comercializadora, que de forma eficiente irá tratar estes assuntos, pois a empresa que fará a migração cuidará de todos os trâmites burocráticos, jurídicos, regulatórios, tornando a gestão mais fluida e transparente.

Sobre os riscos de mercado, existe a possibilidade de flutuação de preços, mas **uma vez que esse cliente compra um contrato de energia, ele estará seguro quanto a qualquer flutuação de mercado**. Isso ocorre, pois seu contrato estará com preços de energia pré-definidos, fornecendo mais segurança e estabilidade financeira.

O mercado livre de energia foi criado na década de 90 e já passou por diversos governos, é um mercado totalmente seguro e regulado. Atualmente, mais de 40% da energia consumida no país vem desse mercado, o que inclui mais de 42 mil unidades consumidoras e a projeção é que esse percentual de empresas migradas chegue em 70% até 2029.

## COMO MIGRAR PARA O MERCADO LIVRE DE ENERGIA

### 1º) Análise de Viabilidade

Antes de migrar para o mercado livre, é essencial realizar uma análise de viabilidade para avaliar se a migração é vantajosa. Isso inclui analisar o perfil de consumo, os custos envolvidos e os potenciais benefícios.

#### Benefícios da Migração:

- **Preço fixo de energia e previsibilidade de custos.** As negociações de compra e venda de energia no mercado livre de energia, proporcionam um planejamento de custos de longo prazo. Como a energia é livremente negociada com preço fixo, os consumidores livres não estão mais sujeitos a reajustes na energia determinados pela ANEEL.
- **Fim das bandeiras tarifárias.** Os consumidores não são sujeitos às variações tarifárias do mercado tradicional regulado pela ANEEL, logo, as bandeiras tarifárias cobradas pelas distribuidoras não são aplicáveis a consumidores livres.
- **Não existe a diferenciação nas tarifas (Ponta e Fora Ponta).** Clientes que estão no livre, terão uma única tarifa de energia para as 24h do dia, sendo assim, não terá o valor da tarifa maior no horário ponta (pico).

## 2º) Passos para a Migração

Nesta etapa são necessários os seguintes procedimentos:

**Adequação técnica:** realizar adequações técnicas necessárias, como a instalação de medidores de energia. As adequações são realizadas pela própria distribuidora, e a maioria não cobra para fazer a adequação;

**Contratação de fornecedores:** negociar e firmar contratos com geradores ou comercializadores de energia;

**Registro na CCEE:** realizar o registro na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Esse registro junto a CCEE é feito pela própria comercializadora que o cliente tem contrato.

**Gestão de contratos:** monitorar e gerenciar os contratos de fornecimento de energia. Gestão feita pela própria comercializadora.

### CASO EXEMPLO

A seguir é apresentada uma avaliação realizada pelo Grupo Witzler com dados reais de uma empresa do polo gesseiro, comparando a situação de contrato atual da empresa no mercado cativo versus uma mudança para o mercado livre de energia.

**SIMULAÇÃO - FATURA MERCADO REGULADO -  
VERDE**
**Considerando o cenário de Bandeira Tarifária Amarela\***

| Descrição da Operação            | Contratado | Quantidade Registrada | Quantidade Faturada | Tarifas Com Tributo (R\$) | Valor Total Operação (R\$) | ICMS        | PIS (R\$) | COFINS (R\$) |
|----------------------------------|------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|-------------|-----------|--------------|
|                                  |            |                       |                     |                           |                            | 20,50%      | 0,94%     | 4,36%        |
| Consumo Ponta [kWh] - TUSD       |            | 3.842,33              | 3.842,33            | 1,92                      | 7393,35                    | R\$1.515,64 | 55,25     | 256,27       |
| Consumo Fora Ponta [kWh] - TUSD  |            | 67.905,00             | 67.905,00           | 0,12                      | 8446,80                    | R\$1.731,59 | 63,12     | 292,78       |
| Consumo Ponta - Band. - TE       |            | 3.842,33              | 3.842,33            | 0,71                      | 2715,07                    | R\$ 556,59  | 20,29     | 94,11        |
| Consumo Fora Ponta - Band. - TE  |            | 67.905,00             | 67.905,00           | 0,43                      | 28947,33                   | R\$5.934,20 | 216,32    | 1003,37      |
| Adicional Band Ponta             |            | 3.842,33              | 3.842,33            | 0,04                      | 152,55                     | R\$ 31,27   | 1,14      | 5,29         |
| Adicional Band Fora Ponta        |            | 67.905,00             | 67.905,00           | 0,04                      | 2695,94                    | R\$ 552,67  | 1,14      | 5,29         |
| Consumo Reativo Ponta            |            | 0,00                  | 0,00                | 0,00                      | 0,00                       | R\$ 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| Consumo Reativo Fora Ponta       |            | 0,00                  | 0,00                | 0,00                      | 0,00                       | R\$ 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| Demanda Única [kW]               |            | 260,00                | 260,00              | 30,38                     | 7898,10                    | R\$1.619,11 | 59,02     | 273,76       |
| Demanda Isenta [kW]              |            | 0,00                  | 0,00                | 24,15                     | 0,00                       | R\$ 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| Ultrapassagem Demanda Única [kW] |            | 0,00                  | 0,00                | 60,75                     | 0,00                       | R\$ 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| PIS/PASEP                        |            |                       |                     |                           |                            | 0,94%       |           |              |
| COFINS                           |            |                       |                     |                           |                            | 4,36%       |           |              |
| ICMS                             |            |                       |                     |                           |                            | 20,50%      |           |              |
| Total da Distribuidora           |            |                       |                     |                           | 58.249,14                  |             |           |              |
| Contribuição Custeio IP - CIP    |            |                       |                     |                           | 0,00                       |             |           |              |
| Outros (Liminar ICMS)            |            |                       |                     |                           | 0,00                       |             |           |              |
| Total Outros Serviços            |            |                       |                     |                           | 0,00                       |             |           |              |
| Total a Pagar                    |            |                       |                     |                           | 58.249,14                  |             |           |              |



# SIMULAÇÃO - FATURA MERCADO REGULADO - VERDE (MELHOR CENÁRIO) - ENERGIA: 150%

| Descrição da Operação               |        | Quantidade Registrada | Quantidade Faturada | Tarifas Com Tributo | Valor Total Operação (R\$) | ICMS        | PIS (R\$) | COFINS (R\$) |
|-------------------------------------|--------|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|-------------|-----------|--------------|
|                                     |        |                       |                     |                     |                            | 20,50%      | 0,94%     | 4,36%        |
| USD Consumo Reativo Ponta           |        | 0,000                 | 0,000               | 0,000000            | 0,00                       | R\$ 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| USD Consumo Reativo Fora Ponta      |        | 0,000                 | 0,000               | 0,000000            | 0,00                       | R\$ 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| Energia ACL - Ponta                 |        | 3.842,333             | 3.842,333           | 0,706621            | 2715,07                    | R\$ 556,59  | 20,29     | 94,11        |
| Energia ACL - Fora Ponta            |        | 67.905,000            | 67.905,000          | 0,426292            | 28947,33                   | R\$5.934,20 | 216,32    | 1003,37      |
| Demanda Única [kW] - TUSD           | 50,00% | 206,000               | 260,000             | 15,188646           | 3949,05                    | R\$ 809,55  | 29,51     | 136,88       |
| Demanda Única [kW] - TUSD           | 50,00% | 13,000                | 13,000              | 12,074974           | 156,97                     | R\$ 0,00    | 1,48      | 6,84         |
| Ultrapassagem [kW]                  |        | 0,000                 | 0,000               | 60,754584           | 0,00                       | R\$ 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| TUSD Enc Cons Fora Ponta [kWh]      |        | 67.905,000            | 67,905,000          | 0,124391            | 8446,80                    | R\$ 0,03    | 0,00      | 0,00         |
| TUSD Enc Cons Ponta [kWh]           |        | 3.842,333             | 3.842,333           | 1,024287            | 3935,65                    | R\$ 0,21    | 0,01      | 0,04         |
| Subvenção tarifária                 |        |                       |                     |                     | 7563,72                    | R\$ 0,00    | 71,10     | 329,78       |
| PIS/PASEP                           |        |                       |                     |                     |                            | 0,94%       |           |              |
| COFINS                              |        |                       |                     |                     |                            | 4,36%       |           |              |
| ICMS                                |        |                       |                     |                     |                            | 20,50%      |           |              |
| Total Distribuidora                 |        |                       |                     |                     | 56.658,06                  |             |           |              |
| Contribuição Custeio IP - CIP       |        |                       |                     |                     | 0,00                       |             |           |              |
| Outros                              |        |                       |                     |                     | 0,00                       |             |           |              |
| Total Outros Serviços               |        |                       |                     |                     | 0,00                       |             |           |              |
| Desconto Energia ACL Ponta          |        |                       |                     |                     | - 2.715,07                 |             |           |              |
| Desconto Energia ACL Fora Ponta     |        |                       |                     |                     | - 28.947,33                |             |           |              |
| Total Devoluções/ Ajustes           |        |                       |                     |                     | - 31.662,40                |             |           |              |
| Crédito Desconto Tarifário ACL TUSD |        |                       |                     |                     | -5.724,94                  |             |           |              |
| Total a Pagar                       |        |                       |                     |                     | 19.270,73                  |             |           |              |

| FATURA ENERGIA ACL              |                         |                             |                             |               |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| Contrato:                       | Consumo Faturado [MWh]: | Preço da Energia [R\$/MWh]: | ICMS[R\$/MWh] :             | Valor:        |
| COMERCIALIZADORA                | 71,747                  | 229,93                      | 289,22                      | R\$ 20.750,77 |
| SIMULAÇÃO CCEE                  |                         |                             |                             |               |
| Descrição:                      |                         |                             |                             | Valor:        |
| Contribuição CCEE               |                         |                             |                             | R\$ 0,00      |
| ESS                             |                         |                             |                             | R\$ 0,00      |
| <b>TOTAL ACL: R\$ 40.021,50</b> |                         |                             | <b>ECONOMIA ACL: 31,29%</b> |               |

**Figura 1.** Avaliação comparativa entre o mercado cativo versus mercado livre de energia.  
Fonte: Espelhamento de fatura realizado pelo Grupo Witzler.

Este exemplo mostra que o custo da energia na modalidade cativa para esta empresa é de R\$ 58.249,14 e a simulação realizada com a adoção de um contrato no mercado livre de Energia teria um custo de R\$ 19.270,73 + R\$ 20.750,77, totalizando um valor de R\$ 40.021,50.

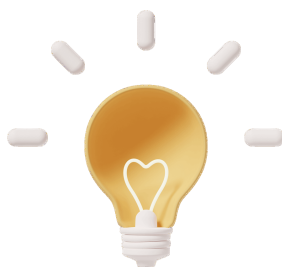
Esta simulação apresenta uma economia de **R\$18.227,64**,

O que equivale a uma redução nos custos de **31,29%**.



## > Recomendações

O **mercado livre de energia** veio para oferecer uma série de benefícios aos consumidores, porém, também apresenta desafios que necessitam de conhecimento especializado e estratégias eficazes para sua boa gestão. A evolução contínua do setor de energia apresenta o mercado livre como uma opção cada vez mais atraente para consumidores que buscam **eficiência e sustentabilidade**.



# FINANCIAMENTO



## INTRODUÇÃO

Conseguir **maior produtividade, reduzir custos e ter maior qualidade** sempre é um dos objetivos centrais das empresas do polo gesseiro do Araripe. E neste sentido, muitas alternativas tecnológicas estão disponíveis, mas o acesso ao crédito pode ser uma barreira, uma vez que a viabilidade técnico-econômica dos investimentos precisa estar plenamente estabelecida, como também os requisitos demandados pelos agentes financeiros precisam ser atendidos. Se essas condições não são atendidas, muitas oportunidades podem ser perdidas ou deixadas de lado, atrasando a modernização e o desenvolvimento das empresas.

No caso do polo gesseiro, as **alternativas tecnológicas** podem estar presentes em todas as etapas de produção, desde a mineração à produção dos artefatos (placas e blocos), passando pela calcinação, onde de fato o processo fabril tem muitas possibilidades de otimização e modernização.

Para efetivar a modernização dos processos produtivos, através de novas máquinas, equipamentos e outros dispositivos, várias **linhas de crédito** estão disponíveis em diversas instituições financeiras, públicas e privadas, podendo ser destacadas aquelas ofertadas pelos bancos estatais - Banco do Nordeste (BNB), Banco do Brasil (BB), Caixa Econômica Federal (CEF), cujas linhas se destinam à: aquisição de **equipamentos** de produção, **caminhões e máquinas** pesadas; troca e/ou adaptações do forno; instalação de sistema de geração de **energia solar** e **capital de giro**. As principais linhas de crédito do BNB, o banco voltado para o desenvolvimento do Nordeste do país, serão apresentadas mais adiante.

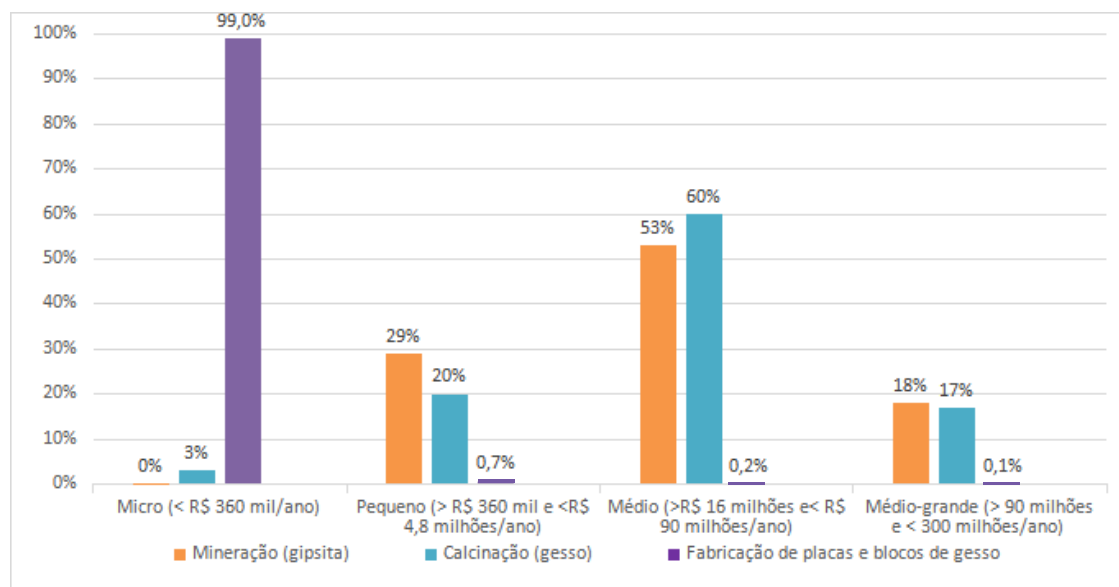


**Figura 1.** Instalação de painéis solares.



## PANORAMA E NECESSIDADES DO SETOR

O setor de gesso da região do Araripe está constituído por empresas de todos os portes, com incidência de empresas médias nas atividades de mineração e calcinação e, de modo contrário, por microempresas na fabricação de placas e blocos. Na **Figura 2** abaixo é possível observar os resultados estatísticos levantados.



**Figura 2.** Estimativa da quantidade de empresas no Polo Gesseiro por porte.

Obs.: Estes dados não representam resultados de levantamentos estatísticos detalhados em amostra significativa de empresas, nem tão pouco são extraídos de base de dados completas.

Nas **mineradoras**, as empresas envolvidas com a extração de gesso a partir de minas ou pedreiras, podem investir em novos equipamentos para as atividades de mineração da gipsita, como **britadeiras, guindastes, transportadores de correia**, entre outros.

Para a etapa de **calcinação** podem ser aplicadas nas indústrias melhorias de diferentes finalidades, tais como: implementar adaptações ou a troca do **forno**, investir em **picador de lenha**, automatizar os **equipamentos** do processo de produção do gesso, como esteiras e elevadores para silos, bem como no sistema de alimentação de biomassa. Isso com intuito de melhorar a qualidade dos produtos e reduzir perdas no processo de produção, tornando mais eficientes em energia.



**Figura 3.** Equipamentos do processo de produção do gesso que podem ser financiados.  
(a) Britadeira; (b) Esteira; (c) Automação do processo de calcinação; (d) Picador; (e) Forno de calcinação “marmitta rotativa”.

Já a produção de **pré-moldados**, onde a grande maioria ainda emprega processos manuais e intensivos em mão de obra, há a oportunidade de mecanizar e automatizar a produção de placas através “**mesas do tipo carrossel**”, onde ocorre a fundição da pasta de gesso em moldes de aço inox e alumínio.



**Figura 4.** Produção de placas de gesso em “mesas do tipo carrossel”.

## LINHAS DE CRÉDITOS DO BNB DISPONÍVEIS

O BNB é uma instituição financeira estatal, constituída na forma de sociedade de economia mista, de capital aberto, controlada pelo Governo Federal Brasileiro, e que tem por finalidade **promover o desenvolvimento sustentável** da Região Nordeste do Brasil, por meio do apoio financeiro aos agentes produtivos regionais. Sua missão é atuar na promoção do desenvolvimento regional sustentável.

Todas as linhas abaixo listadas adiante têm como fonte de recursos o “Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE)”. Os limites de crédito dependem do porte do beneficiário, os juros variam de acordo com a legislação vigente, e os prazos e carência variam de acordo com o projeto no qual o valor será investido.

As **linhas de financiamento** mais utilizadas e aplicáveis ao polo gesso são as seguintes:

### 1. Cartão BNB -Crédito rotativo pré-aprovado para aquisição de bens e capital de giro

#### i. Cartão BNB para Micro e Pequenas Empresas e Microempreendedores Individuais (MEI)

##### Público-alvo



EMPRESAS | Microempresa – Pequena Empresa – Microempreendedores Individuais (MEI)

##### Objetivos

Facilitar a aquisição de bens e insumos financiados junto a fornecedores cadastrados, levando mais agilidade e benefícios à sua micro e pequena empresa.

#### i. Cartão BNB para Empresarial e Corporate

##### Público-alvo



EMPRESAS | Pequena-média Empresa - Média Empresa - Grande Empresa

##### Objetivos

Facilitar a aquisição de bens e insumos financiados junto a fornecedores cadastrados, levando mais agilidade e benefícios para empresas do setor industrial, de turismo, de comércio, de prestação de serviços e agroindústrias.

### O que financia?

- Bens novos (máquinas, equipamentos, veículos, móveis e utensílios)
- Matérias-primas
- Insumos
- Mercadorias

### Garantias

Alienação Fiduciária; Aval; Hipoteca; Limite de Crédito Garantido por Hipoteca; Limite de Crédito Garantido por Alienação Fiduciária de Bem Imóvel.

## 2. FNE MPE – Microempresa / Pequena Empresa / Microempreendedor Individual (MEI)

Programa de Financiamento às Microempresas, Empresas de Pequeno Porte e ao Empreendedor Individual

### Público-alvo



EMPRESAS|Microempresa - Pequena Empresa - Microempreendedor Individual (MEI)

### Objetivo

Fomentar o desenvolvimento das microempresas, empresas de pequeno porte e de microempreendedores individuais (MEIs) dos setores industrial, agroindustrial, mineração, turismo, comércio, prestação de serviços, empreendimentos culturais, bem como a produção, circulação, divulgação e comercialização de produtos e serviços culturais.

- Gastos com construção, reforma e ampliação de benfeitorias e instalações (de acordo com condições específicas), exceto para reformas de moradias
- Aquisição de veículos necessários ao funcionamento do empreendimento financiado
- Aquisição de máquinas e equipamentos
- Modernização de máquinas e equipamentos
- Gastos com frete para o transporte e/ou montagem de máquinas e equipamentos financiados
- Aquisição de unidades industriais já construídas ou em construção
- Aquisição de imóvel com edificações concluídas em área urbana



- Elaboração de estudos ambientais necessários ao funcionamento do empreendimento
- Capital de giro associado ao investimento, exceto para MEI
- Financiamento para aquisição da produção agropecuária para fins de industrialização ou beneficiamento, desde que oriunda de produtores financiados pelo Banco do Nordeste, ao amparo de termos de parceria
- Permite-se o financiamento, inclusive de forma isolada, para a contratação de serviços relacionados a adequação à Lei nº 13.709/2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)

### **Garantias**

Alienação Fiduciária; Aval; Fiança; Hipoteca; Penhor.

## **3. FNE Industrial –Empresarial | Corporate**

Programa de Apoio ao Setor Industrial do Nordeste

### **Público-alvo**



INDÚSTRIAIS | Pequena-média Empresa - Média Empresa - Grande Empresa

### **Objetivo**

Fomentar o desenvolvimento do setor industrial, por meio da modernização, aumento da competitividade, ampliação da capacidade produtiva e inserção internacional.

### **O que financia?**

- Investimentos, inclusive a aquisição de empreendimentos com unidades industriais já construídas ou em construção, desde que atenda a condições específicas do programa
- Gastos com construção, reforma e ampliação de benfeitorias e instalações, vedado o financiamento de reformas para quaisquer tipos de moradia
- Gastos com pesquisa mineral e caracterização de minérios
- Aquisição de veículos utilitários
- Modernização de máquinas e equipamentos
- Móveis e Utensílios

- Aquisição de imóvel urbano com edificações concluídas para empresas com faturamento de até R\$ 16 milhões
- Capital de giro associado ao investimento

### Garantias

Alienação Fiduciária; Aval; Fiança; Hipoteca; Penhor.

## 4. FNE Inovação – Entidade Representativa/ Microempresa / Empresarial / Corporate / Agronegócio / Miniprodutor Rural / Pequena Empresa

Programa de Financiamento à Inovação para empresas e empreendimentos rurais

### Público-alvo



EMPRESAS| Microempreendedor Individual (MEI) - Todos os portes



PRODUTORES RURAIS



COOPERATIVAS RURAIS



ASSOCIAÇÕES RURAIS

### Objetivo

Promover a inovação em produtos, serviços, processos e métodos organizacionais nos empreendimentos

### O que financia?

- Nos setores não rurais: implementação de um produto, serviço ou processo novo ou significativamente melhorado ou de um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas, contemplando investimentos em obras e aquisição de bens de capital; e capital de giro, quando exclusivamente associado ao investimento.
- No setor rural: projetos para inovação tecnológica nos empreendimentos agropecuários, contemplando investimento rural e custeio associado ao investimento.

## Garantias

Alienação Fiduciária; Aval; Fiança; Hipoteca; Penhor.

Além destas modalidades citadas, existem outras que também se aplicam ao setor, entre elas estão:

## 5. FNE Verde –Entidade Representativa / Microempresa / Empresarial / Corporate / Agronegócio / Miniprodutor Rural / Pequena Empresa / Microempreendedor Individual

Programa de Financiamento à Sustentabilidade Ambiental

### Público-alvo



PRODUTORES RURAIS



EMPRESAS



COOPERATIVAS RURAIS



ASSOCIAÇÕES RURAIS

### Objetivo

Promover o desenvolvimento de empreendimentos e atividades econômicas que propiciem a preservação, conservação, controle e a recuperação do meio ambiente, com foco na sustentabilidade e competitividade das empresas e cadeias produtivas.

### O que financia?

- Uso sustentável de recursos florestais, sem supressão de mata nativa, de acordo com as regras do órgão ambiental competente (por exemplo: Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS, ou plantios para a produção de lenha sustentável)
- Recuperação ambiental e convivência com o semiárido
- Produção de base agroecológica, sistemas orgânicos de produção agrícola ou pecuária e transição agroecológica, inclusive beneficiamento dos produtos
- Controle e prevenção da poluição e da degradação ambiental em suas diversas formas, além da redução de emissão de gases do efeito estufa
- Energias renováveis e eficiência energética
- Eficiência no uso de materiais, abrangendo sistemas, produção, comercialização ou prestação de serviços relacionados ao uso eficiente de materiais e recursos naturais, obras civis sustentáveis ou ecológicas

- Planejamento e gestão ambiental
- Adequação a exigências legais, contemplando o atendimento a condicionantes de licenças ambientais emitidas por órgãos competentes e a adequação de empreendimentos às exigências da vigilância sanitária
- Capital de giro associado ao investimento, exceto no setor rural

#### **Garantias**

Alienação Fiduciária; Aval; Fiança; Hipoteca; Penhor.

### **6. FNE Sol – Você/ Entidade Representativa / Microempresa / Empresarial / Corporate / Agronegócio / Miniprodutor Rural / Pequena Empresa / Microempreendedor Individual**

Programa de Financiamento à Micro e Minigeração Distribuída de Energia Elétrica e Sistemas Off-grid

#### **Público-alvo**



EMPRESAS



PRODUTORES RURAIS



PESSOA FÍSICA

#### **Objetivo**

Financiar projetos de micro e minigeração distribuída de energia por fontes renováveis, inclusive de forma isolada, para consumo próprio ou destinados à locação, reduzindo os custos com energia elétrica de forma sustentável para o planeta.

#### **O que financia?**

Todos os componentes dos sistemas de micro e minigeração de energia elétrica fotovoltaica, eólica, de biomassa ou pequenas centrais hidroelétricas (PCH), bem como sua instalação.

#### **Garantias**

Alienação Fiduciária; Aval; Fiança; Hipoteca.



A instituição disponibiliza ao público encontrar as linhas de produtos, como crédito para investimento, capital de giro, entre outros, com base no faturamento da empresa, por meio do link: [www.bnb.gov.br/web/guest/produtos-e-servicos](http://www.bnb.gov.br/web/guest/produtos-e-servicos). No site do BNB também é possível simular o financiamento, bem como fazer a solicitação de crédito.

Esta coletânea técnica faz parte do conjunto de materiais de disseminação tecnológica do Projeto **“Eficiência Energética no Arranjo Produtivo Local (APL) Gesseiro da Região do Araripe – PE”**, a cargo do Instituto Nacional de Tecnologia – INT, sob encomenda da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e com o apoio da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Computação Científica (FACC). Este material é voltado para apoio ao Polo Gesseiro do Araripe e busca promover o uso eficiente de energia e a implementação de fontes renováveis de energia, em particular de biomassas sustentáveis e de energia solar fotovoltaica, dentre outros temas de interesse dos produtores. O objetivo geral é promover o desenvolvimento econômico, social e sustentável da região, proporcionando uma maior produtividade do setor.

Para mais conteúdos referentes ao setor de produção de gesso, acesse:  
[www.gov.br/int/pt-br/central-de-conteudos/apl-gesso](http://www.gov.br/int/pt-br/central-de-conteudos/apl-gesso)

### Elaboração



### Parceria

