

## **Introdução**

Você já parou para imaginar um mundo sem coisas simples como facas, agulhas de costura, chaves, fechaduras, alfinetes lâminas de barbear? Pois é, não faz muito tempo, na verdade cerca de 500 anos, - o que não é muito, se comparado com a história da humanidade, esses objetos, eram considerados artigos de luxo. Isso acontecia porque o homem usava processos de beneficiamento rudimentares para a produção do ferro.

**Introdução: conhecimentos tecnológicos que faltavam ao homem da antiguidade:**

- ele não sabia como obter temperaturas de processamento mais altas;
- como controlar a quantidade de carbono no ferro;
- como fazer o ferro sair líquido do forno.

## **Do buraco no chão ao alto-forno**

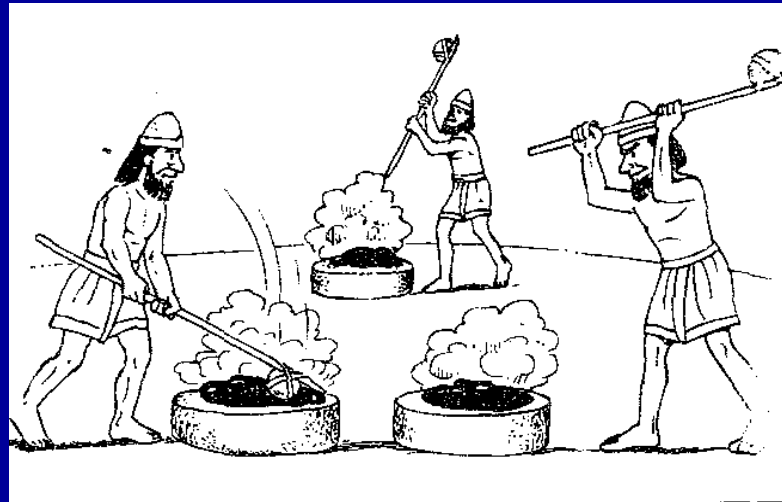
Para poder fabricar o ferro fundido e o aço, você precisa do **ferro-gusa**. É um material duro e quebradiço, formado por uma liga de **ferro** e **carbono**, com alto teor, ou seja, uma grande quantidade de carbono e um pouco de **silício**, **manganês**, **fósforo** e **enxofre**.

## **Do buraco no chão ao alto-forno**

O grande problema tecnológico que envolve a fabricação do gusa, é a obtenção das **altas temperaturas** que favoreçam a absorção do carbono.

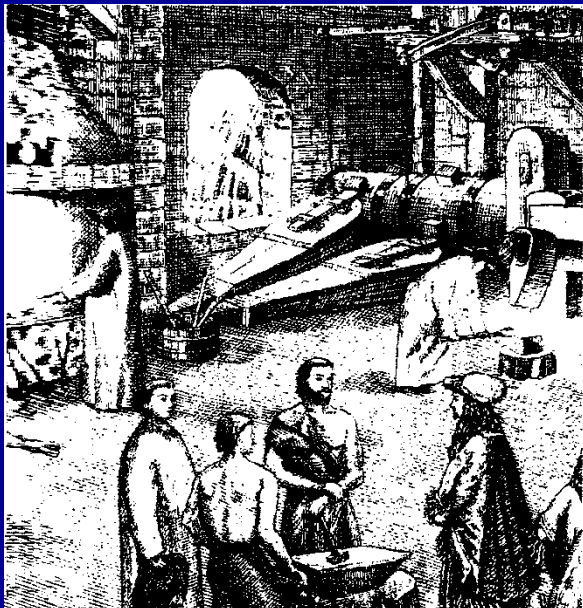
## Do buraco no chão ao alto-forno

Um povo chamado Hitita foi o primeiro a explorar a "indústria" do ferro, mais ou menos 1.700 anos antes de Cristo, ao sul do Cáucaso. Para obter o ferro, eles faziam um buraco no chão e, dentro dele, aqueciam uma mistura do minério e carvão vegetal.

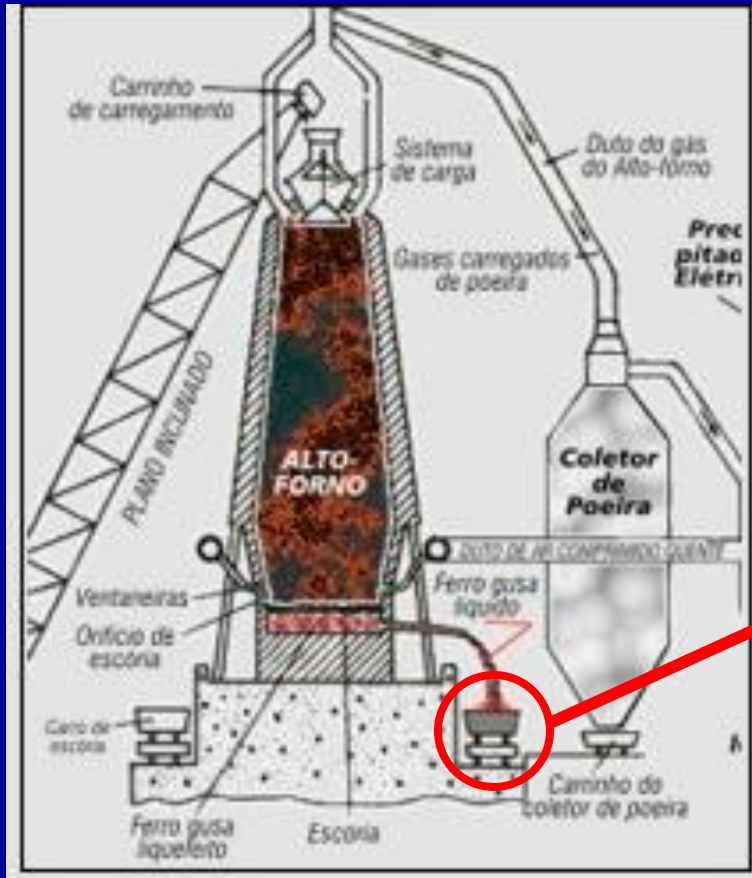


## Do buraco no chão ao alto-forno

A próxima etapa foi o desenvolvimento de um forno semi-enterrado onde se colocavam camadas de minério de ferro e carvão e no qual era soprado ar, por um fole manual, que aumentava a combustão,



Na Europa, no começo do século XIV, os fornos tinham se tornado tão altos e as condições de insuflação de oxigênio tão aperfeiçoadas, que a temperatura de combustão aumentou muito. Isso permitiu que o ferro absorvesse carbono e, finalmente, saísse líquido do forno. Esse produto, embora duro e quebradiço, podia ser novamente derretido com mais facilidade e ser vazado em moldes. Surgia o **alto-forno** e a **fundição**.



fundição

Auto-forno

Com o desenvolvimento dos processos de eliminação do excesso de carbono, o alto-forno aumentou a produção do aço, introduziu novos processos de fabricação (**trefilação** e **laminação**), criou novos produtos e novas necessidades.

## Trefilação



## Laminação

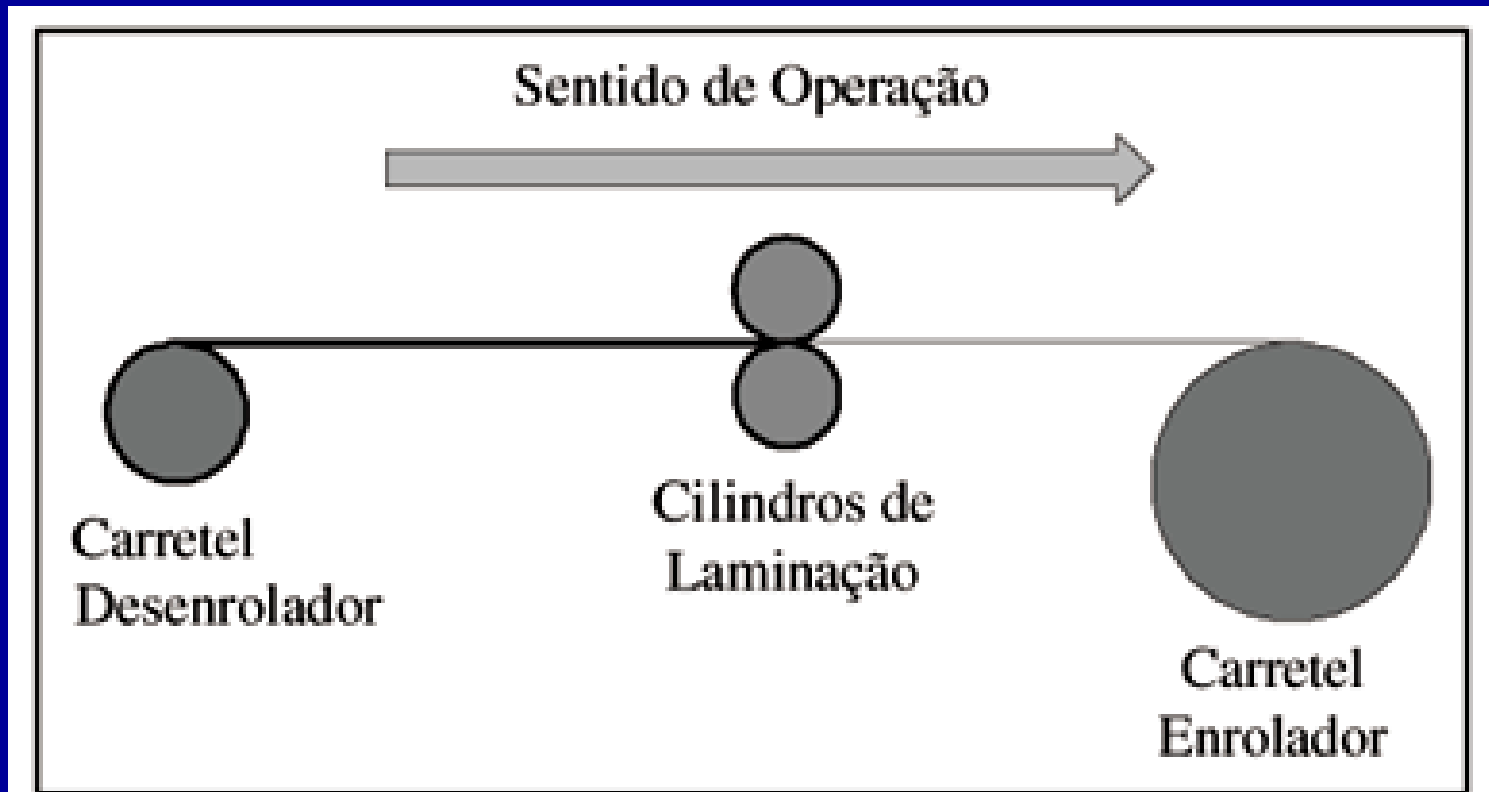


Figura 3 – Perfil do processo de laminação.

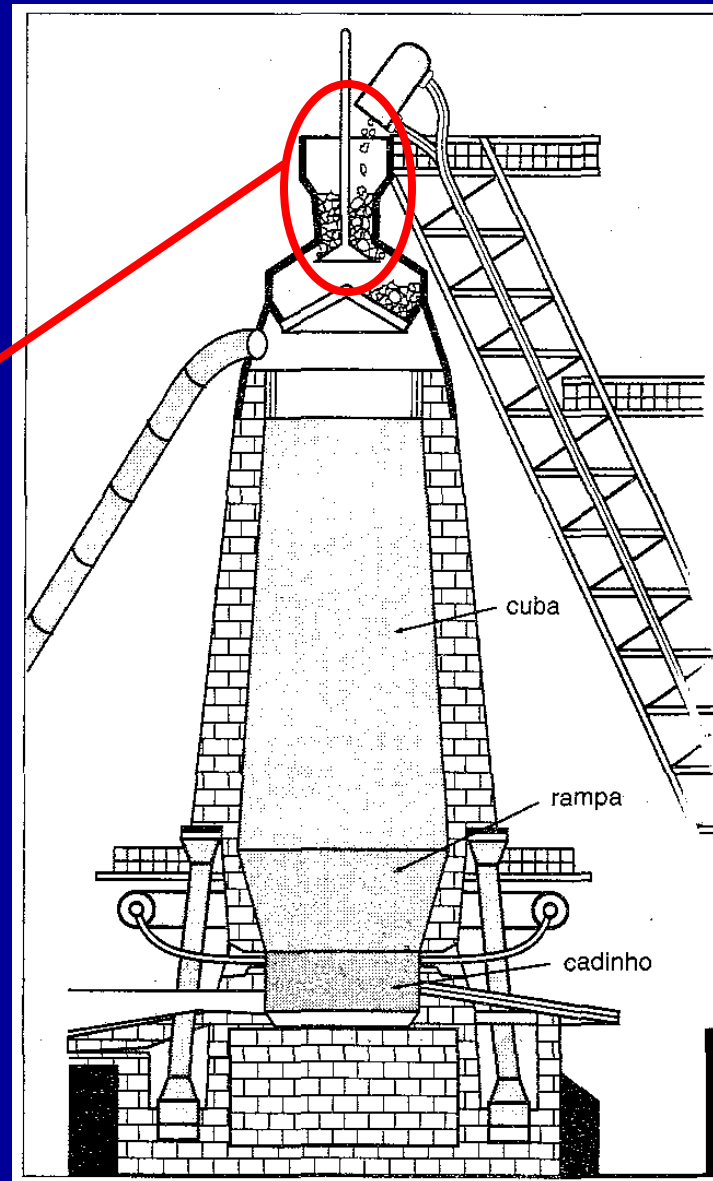
O aumento da produção trouxe um sério problema ecológico: começou a faltar madeira para a produção de carvão vegetal usado nos fornos. Na Inglaterra, no século XVIII, finalmente, descobriu-se que o coque, um produto sólido da destilação do carvão mineral, servia como combustível para produzir o ferro-gusa.

Hoje, um alto-forno pode ter até **35 metros de altura**. Fica dentro de um complexo industrial chamado **usina siderúrgica** e é o principal equipamento utilizado na metalurgia do ferro. Sua produtividade diária gira em torno de **8.000 toneladas**.



## Auto-forno

Minério de ferro, carvão e fundentes (cal e calcário)



## O que acontece dentro do auto-forno

- ❑ os óxidos de ferro sofrem redução, ou seja, o oxigênio é eliminado do minério de ferro;
- ❑ a ganga se funde, isto é, as impurezas do minério se derretem;
- ❑ o gusa se funde, quer dizer, o ferro de primeira fusão se derrete;
- ❑ o ferro sofre carbonetação, quer dizer, o carbono é incorporado ao ferro líquido;
- ❑ certos elementos da ganga são parcialmente reduzidos, ou seja, algumas impurezas são incorporadas ao gusa.

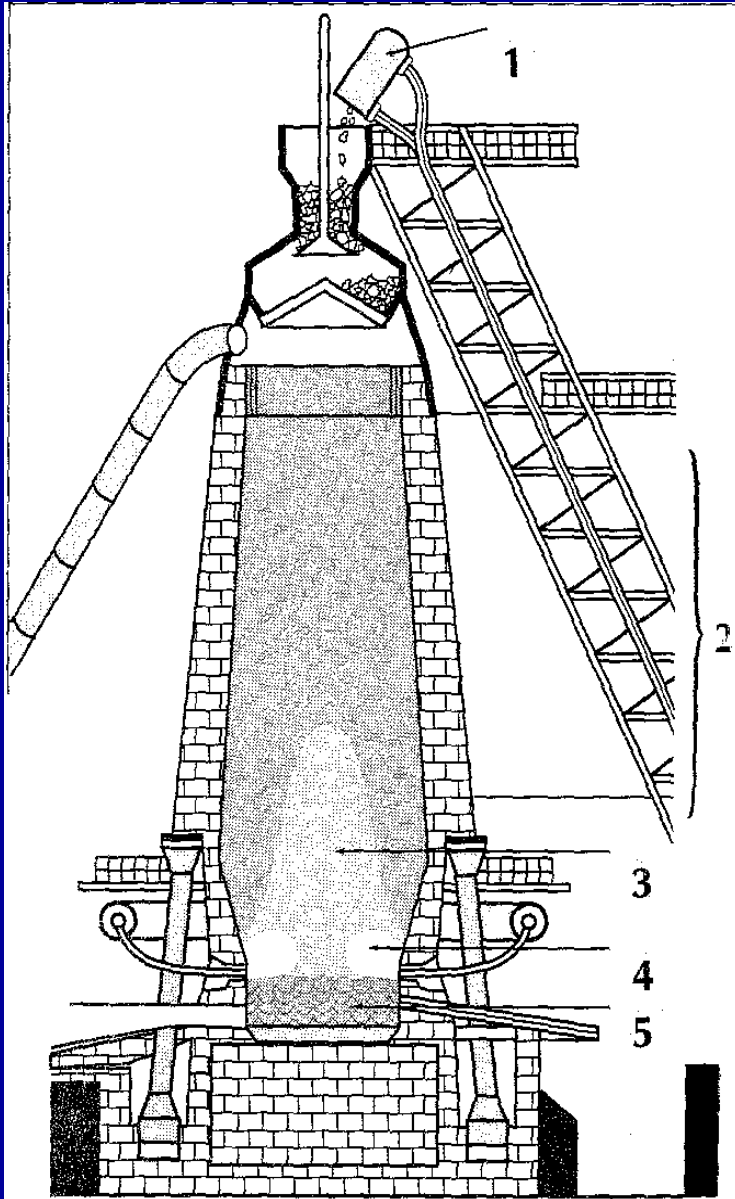
## **O que acontece dentro do auto-forno**

Tudo isso não é nenhuma mágica. São, apenas, as reações químicas provocadas pelas altas temperaturas obtidas lá dentro do forno que trabalham com o princípio da **contra-corrente**. Isso quer dizer que enquanto o gás redutor, resultante da combustão sobe, a carga sólida vai descendo.

## **O que acontece dentro do auto-forno**

Por causa dessa movimentação, três zonas aparecem dentro do alto-forno:

- ❖ a zona onde ocorre o pré-aquecimento da carga e a redução, ou eliminação do oxigênio, dos óxidos de ferro;
- ❖ a zona de fusão dos materiais;
- ❖ a zona de combustão que alimenta as duas primeiras.



- 1- carregamento de minério de ferro, coque e fundentes;**
- 2- zona de pré-aquecimento e redução;**
- 3- zona de fusão;**
- 4- zona de combustão;**
- 5- gusa líquido.**

## **O que acontece dentro do auto-forno**

As reações de redução, carbonetação e fusão que nós descrevemos anteriormente geram dois produtos líquidos: **a escória** e o **ferro-gusa**, que são empurrados para os lados, pelos gases que estão subindo e escorrem para o cadinho onde saem pelo **furo de corrida** (gusa) e pelo **furo da escória**.

## **Produto final do auto-forno**

Ao sair do alto-forno, o gusa (com teor de carbono entre 3,0 e 4,5%) pode seguir um, entre dois caminhos: pode ir para a fundição, para ser usado na fabricação de peças de ferro fundido, ou pode ir para a aciaria, onde pode ser misturado com sucata de aço ou, eventualmente, com outros metais, para se transformar em aço, ou seja, uma liga ferrosa com um teor de carbono de menos de 2,0%.