

## 5 Tecnologia de auto-redução

O setor siderúrgico está caracterizado por uma forte competição internacional, motivo pelo qual, as empresas estão comprometidas a realizar contínuos planejamentos estratégicos visando as reduções de custos e melhorias nos seus índices de qualidade de produto e de processo.

Têm-se muitos fatores que levam as siderúrgicas procurarem alternativas vantajosas para continuar competitivas no mercado. Um desses fatores é a geração cada vez maior de finos e resíduos na indústria siderúrgica e temos que considerar também uma legislação ambiental cada vez mais rígida. Estes fatos tem forçado aos pesquisadores a desenvolver técnicas de reaproveitamento destes materiais. Tem-se também outro fator muito importante, sabemos que o processo de redução dos minérios de ferro, responde por grande parte do custo de produção do aço, porem muitas empresas tem focado os seus esforços de melhorias nesta área. Apesar dos inegáveis avanços de otimização dos altos fornos ao longo das ultimas décadas, visando sempre o aumento de produtividade, aumento da disponibilidade do reator, redução no consumo de combustíveis etc., houve poucos sucessos nas tentativas de substituição destes equipamentos por outras tecnologias mais aptas a resolverem as novas condições econômicas, técnicas e ambientais deste setor. Não podemos deixar de mencionar, aos processos de redução direta (Midrex, HyL, etc) que é até hoje, talvez o único exemplo de relativo sucesso na substituição dos altos fornos, mas ainda com pouca produção comparado ao produzido pelo alto forno.

O desenvolvimento de *Tecnologias Emergentes* também chamadas de Tecnologias Alternativas prometem ser mais produtivas, eficientes, de menor investimento, limpas e flexíveis; estão ameaçando continuamente aos clássicos altos fornos.

De uma maneira geral os processos alternativos buscam oferecer às siderúrgicas as seguintes características principais <sup>(71)</sup>:

- Flexibilização no uso de matérias-primas;
- Dispensa de unidades de coqueria e sinterização;
- Maior eficácia para a reciclagem dos resíduos gerados pela unidade e por terceiros;
- Baixos custos fixos;
- Maior flexibilidade de produção para atender às variações de demanda;
- Maior compatibilidade ambiental;
- Baixo custo operacional, mesmo para escalas de produção mínimas;
- Baixo custo de instalação, ampliação ou reforma;
- Boa adequação às instalações e procedimentos existentes;
- Uso otimizado da área disponível.

Estas tecnologias alternativas baseiam-se nas suas singularidades cinéticas, termodinâmicas e de transporte de calor e massa para justificar as suas vantagens comparativas.

Três são as vertentes principais destas tecnologias:

\* Redução em fase líquida – Nestes processos os óxidos de ferro são dissolvidos em banhos metálicos ou escórias líquidas, e reduzidos pelo carbono dissolvido.

\* Fluidização – Os reatores de leito fluidizado aproveitam a interação gás-sólido, para promover a redução das partículas suspensas de finos de minério de ferro, por gases redutores.

\* *Auto-redução* – Utiliza uma mistura de finos de minério de ferro ou de resíduos ferrosos, com finos de materiais carbonosos, como carvão mineral, aglomerados na forma de pelotas ou briquetes.

### **5.1. Aglomerados auto-redutores**

Um dos pilares para o desenvolvimento dos processos de auto-redução está na utilização racional e otimizada de matérias primas de baixo custo, aglomeradas na forma de briquetes ou pelotas auto-redutoras.

Nestes aglomerados auto-redutores, usa-se misturas de finos de minério com material carbonoso. O agente redutor, no caso o carbono, é adicionado diretamente à mistura a ser aglomerada, visando, a partir do contato íntimo entre as partículas e à alta pressão parcial dos reagentes, obter altas velocidades de reação e conseqüentemente tempos de residência muito curtos nos fornos. Estes aglomerados são reduzidos segundo um modelo de reação sólido-sólido, via intermediários gasosos, com altas velocidades de reação <sup>(3,4,37,67,70,71)</sup>. O processo TecnoRed é um exemplo de tecnologia de auto-redução.

Nas tecnologias de auto-redução, as ambientalmente limitadas unidades de sinterização e pelletização à quente, além das coqueiras, não estão presentes. Dois processos principais se destacam na produção de aglomerados auto-redutores: a pelletização e a briquetagem <sup>(37)</sup>.

No processo de pelletização, discos pelletizadores vão nucleando a mistura que é dosada de forma contínua, formando pelotas numa certa faixa de diâmetro.

No processo de briquetagem, a mistura passa entre rolos estampados que possuem forma de meio briquete. Esta mistura ao passar pelos rolos é prensada dando forma ao briquete.

### **5.2. Processos de auto-redução**

Todos aqueles processos que utilizam aglomerados auto-redutores como carga, formam parte deste tipo de processos de auto-redução.

Nesta oportunidade, somente faremos a descrição dos processos e para fines de melhor visualização, dividiremos os processos de auto-redução de acordo com o tipo de forno utilizado: fornos de soleira rotativa e os fornos de cuba.

**Fornos de Soleira Rotativa**, comumente chamados de RHF (Rotary Hearth Furnace), estes fornos produzem o DRI sólido com índices de metalização entre 60 e 95%. Os processos que usam este tipo de forno são:

- RedSmelt
- Fastmet / Fastmelt
- ITmk3
- Inmetco
- Iron Dynamics (IDI)
- Maumee (DryIron)

**Fornos de Cuba**, O produto deste tipo de forno é metal líquido, usa apenas um reator em todo o processo. Este forno apresenta baixo custo de investimento. Nesta seção, temos dois processos principais:

- *Tecnored*, processo desenvolvido no Brasil pela empresa que lhe deu seu nome.
- Oxocup.

### **5.2.1. Processo Tecnored**

O Processo Tecnored é uma tecnologia inovadora que foi concebida inicialmente para a produção de ferro-primário líquido usando redução de aglomerados auto-redutores (pelotas ou briquetes) de cura a frio, produzidos a partir da mistura de finos de minérios de ferro ou resíduos ferrosos com um agente redutor que podem ser, finos de coque verde de petróleo, carvão vegetal ou carvão mineral. Nesta mistura usa-se também agentes ligantes e fluxantes, então são aglomerados e curados ao tempo ou em equipamentos especiais.

Os aglomerados produzidos são reduzidos e fundidos em um forno de cuba com geometria diferenciada, o forno tecnored, produzindo metal líquido e escória com características similares aos produzidos pelos processos convencionais <sup>(71)</sup>.

Devido a sua flexibilidade no uso de matérias primas, eficiência energética, simplicidade de operação e dos equipamentos, baixo custo de investimento e alta competitividade ambiental, o Processo Tecnored vem sendo apontado por estudos independentes, como a melhor via para produção de metal líquido <sup>(37)</sup>. A **figura 7** mostra graficamente o Forno Tecnored.

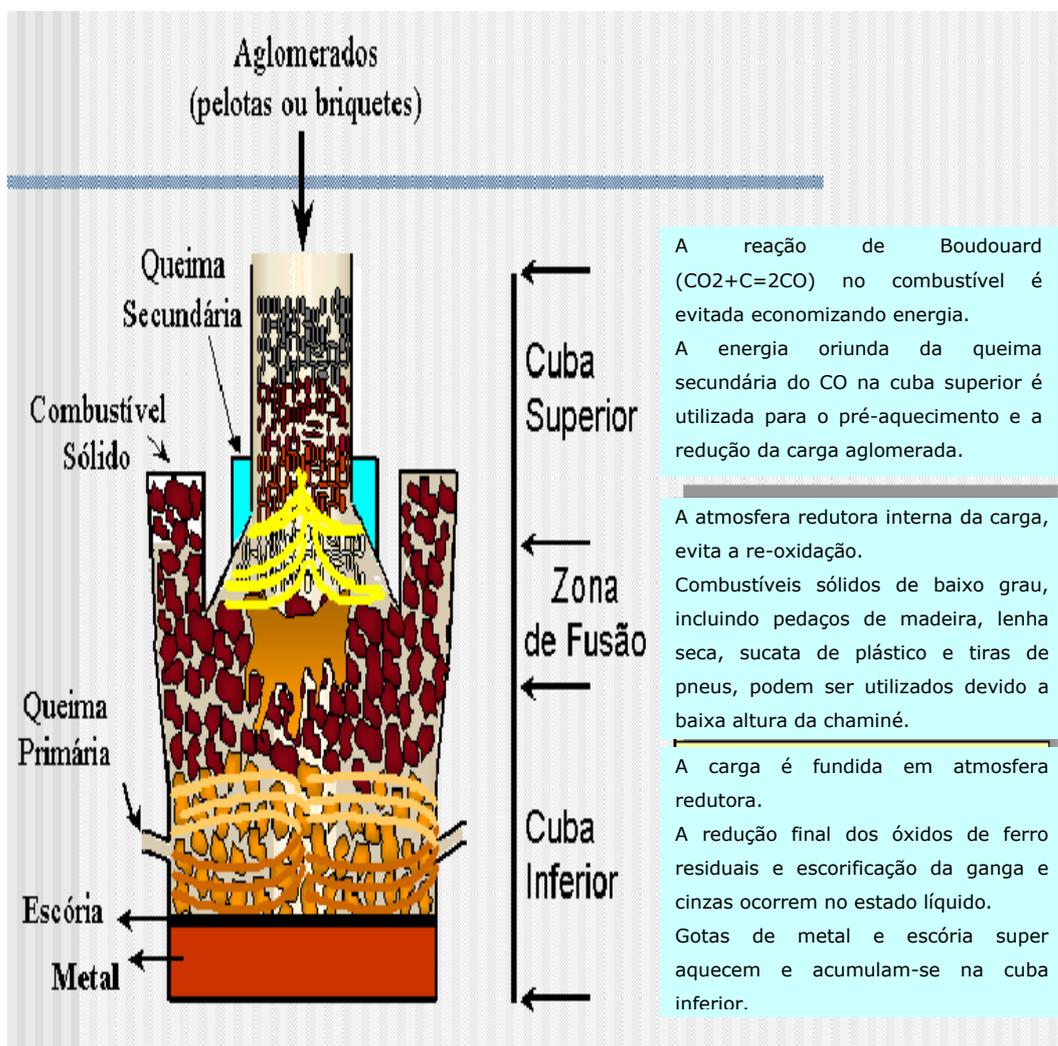


Figura 1 – Seção transversal do Forno Tecnored <sup>(72)</sup>.