

## RESUMO

### Processo e termodinâmica da redução a hidrogênio do minério de ferro

**Breno Silverio Pereira<sup>1</sup>; Erickson Silva das Dores<sup>1</sup>; Felipe Lima Fernandes da Silva<sup>1</sup>; Henrique Eduardo Soares da Silva<sup>1</sup>; Wictor Hugo do Vale<sup>1</sup>; Shimeni Baptista Ribeiro<sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.*

[202210219@unifoa.edu.br](mailto:202210219@unifoa.edu.br)

<https://orcid.org/0009-0004-5010-5529>; <https://orcid.org/0000-0002-5783-4255>; <https://orcid.org/0000-0001-6001-5704>; <https://orcid.org/0000-0001-9223-1129>; <https://orcid.org/0000-0002-5789-1970>; <https://orcid.org/0000-0002-5671-3742>

**Resumo:** A busca por métodos de produção de aço ambientalmente sustentáveis tem intensificado o interesse pela redução direta com hidrogênio verde como alternativa aos processos convencionais com carbono, alinhando-se às metas globais de descarbonização. Este estudo tem como objetivo, utilizando hidrogênio como agente redutor, analisar detalhadamente o processo de redução do minério de ferro, com foco nos aspectos termodinâmicos e nas tecnologias emergentes. Foi realizada uma pesquisa qualitativa, com revisão bibliográfica em plataformas como Science Direct e Google Scholar. Foram selecionados 18 artigos e 3 sites publicados entre 1979 e 2024. A usina foi modelada em 3D no Autodesk Fusion 360 para representar todas as etapas do processo. O processo ocorre em forno de eixo a temperaturas acima de 570 °C, onde o hidrogênio reduz o minério a ferro metálico (DRI), com geração de vapor de água como subproduto. O DRI é compactado em briquetes (HBI) e processado em fornos elétricos a arco (EAF), onde técnicas de carburização com metano melhoram a eficiência energética. Tecnologias experimentais como a redução por plasma de hidrogênio (HPSR) demonstram viabilidade técnica adicional. A redução segue reações endotérmicas em sequência, com a formação de fases intermediárias como magnetita e wüstita. A análise termodinâmica, fundamentada no diagrama de Baur-Glässner, utilizado para avaliar as condições de equilíbrio, demonstra a formação sequencial de fases intermediárias (hematita → magnetita → wüstita → ferro metálico), com destaque para a influência crítica da temperatura e pressão nas reações. Por fim, constatou-se que a redução a hidrogênio é promissora para a produção de aço verde, desde que superados os desafios da geração sustentável de hidrogênio. Apesar dos avanços, os desafios econômicos relacionados à produção em larga escala de hidrogênio verde permanecem como principal obstáculo para a plena implementação desta tecnologia, estima-se que a redução dos custos de eletrólise em 50% até 2030 poderá viabilizar economicamente o processo em escala industrial.

**Palavras-chave:** Aço verde. Hidrogênio. Redução direta. Termodinâmica. Descarbonização.