

ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO FERRO GUSA POR MEIO DE MÉTRICAS RELACIONADAS AOS 12 PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE

Andressa Tairine Evangelista¹; Fernando Luiz Pellegrini Pessoa²; Ewerton Emmanuel da Silva Calixto³

¹ Bolsista; Mestranda em GETEC; andressatairine@hotmail.com

² Engenheiro Químico; Professor e Doutor; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; fernando.pessoa@fiieb.org.br.

³ Engenheiro Químico; Professor e Doutor; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; ewerton.calixto@fiieb.org.br

RESUMO

A Química Verde (QV) nasceu no início de 1990 com o objetivo de reduzir ou evitar as consequências adversas à sustentabilidade. Considerada uma filosofia expressa nos 12 Princípios da Química Verde, esta ferramenta conceitual viabiliza o desenvolvimento de produtos por meio de transformações químicas mais limpas e seguras – social e ambientalmente -, além de proporcionar mudanças economicamente mais rentáveis aos processos industriais envolvidos. Assim, com o propósito de avaliar os impactos relacionados ao processo de produção do ferro gusa e comparar processos produtivos com reagentes carboníferos de diferentes tipos, esta pesquisa propõe a aplicação de métricas relacionadas aos 12 Princípios da Química Verde e o desenvolvimento de um programa computacional, a fim de identificar, automaticamente, qual a rota de produção possui um caráter mais “verde”, bem como, propor diretrizes para um *design* de produto mais sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Química Verde, Ferro Gusa, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A minimização de impactos ambientais e as crescentes transformações socioeconômicas são temas cada vez mais preocupantes e desafiadores à humanidade. Estes três aspectos - ambiental, social e econômico – formam, em conjunto, o tripé da sustentabilidade, que vem sendo objeto de pesquisas cada vez mais relevantes e significativas para a resolução desta problemática. O uso de fontes de energia não limpas, matérias primas não renováveis e processos industriais não controlados adequadamente impactam negativamente ainda mais no desenvolvimento sustentável de um país. Com o propósito de minimizar ou evitar essas questões adversas à sustentabilidade, nasceu no início de 1990 a Química Verde (QV), expressa nos doze princípios enunciados por Anastas e Warner¹.

É sabido que, o Brasil é o segundo maior produtor de ferro no mundo ² (principal matéria prima do aço) e possui em seu processo produtivo coque e carvão mineral como principais fontes carboníferas. O uso de tais matérias-primas não renováveis no processo propicia elevadas taxas de emissões de CO₂ (gás carbônico), bem como, contribui de maneira expressiva para o esgotamento de reservas minerais. Assim, com a finalidade de avaliar o impacto da produção de ferro gusa e comparar processos produtivos com reagentes carboníferos de diferentes tipos, esta pesquisa propõe a aplicação de métricas relacionadas aos 12 Princípios da Química Verde¹ e o desenvolvimento de um programa computacional, a fim de identificar, automaticamente, qual a rota de produção possui um caráter mais “verde”, bem como, propor diretrizes para um *design* de produto mais sustentável.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho classifica-se como uma pesquisa aplicada, quali-quantitativa e descritiva. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, tratar-se-á de um estudo de caso baseado em dados de uma empresa brasileira do setor metalúrgico.

Esta pesquisa propõe, por meio de um programa computacional que se encontra em desenvolvimento, a avaliação e comparação do impacto da produção de ferro gusa com reagentes carboníferos de diferentes tipos. O programa avalia cada rota de produção com base em métricas relacionadas aos 12 Princípios da Química Verde e nas notas atribuídas pelo usuário. Após a análise de todos os princípios, um a um, identifica, automaticamente, o processo de produção que possui um caráter mais “verde”, bem como, propõe diretrizes para um *design* de produto mais sustentável.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A QV nasceu no início de 1990, na Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos da América, como uma abordagem e ferramenta conceitual para proteger o ambiente da poluição da indústria química, sendo expressa, de forma sucinta e atraente, através dos 12 Princípios da Química Verde¹. Introduzidos em 1998 por Paul Anastas e John Warner, esses princípios, conforme ilustra a Figura 1, são uma estrutura orientadora para o projeto de novos produtos e processos químicos, aplicando-se a todos os aspectos do ciclo de vida do processo, desde as matérias-primas usadas até a eficiência e segurança da transformação, a toxicidade e biodegradabilidade dos produtos e reagentes utilizados³.

Figura 1: 12 Princípios da Química Verde



Fonte: Elaborado pela própria autora.

De acordo com⁴, a Química Verde é a invenção, o projeto e a aplicação de processos e produtos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas. Considerada também como uma filosofia, a QV tem como objetivo assegurar processos químicos industriais baseados em reações limpas e seguras¹. Assim, nesta pesquisa, os 12 Princípios da Química Verde devem ser aplicados no processo produtivo de ferro gusa a fim de avaliar seus impactos e direcionar a um *design* de produto mais sustentável.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de ferro gusa e sua principal produção concentra-se nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Maranhão e Pará (Carajás), conforme Tabela 1 apresentada a seguir:

Tabela 1: Produção Brasileira de Ferro Gusa

Produção Brasileira de Ferro Gusa					
Produtores	2012	2013	2014	2015	2016
1. Usinas Integradas	26900	26200	27016	27803	26036
2. Produtores Independentes	5548	5352	5036	4307	3551
Produção Regional	5548	5352	5036	4306	3550
Minas Gerais	2739	2925	2914	2562	2302
Espírito Santo	260	196	227	216	220
Maranhão e Pará (Carajás)	2058	1763	1462	1291	859
Mato Grosso do Sul	491	468	433	237	169
Total (1+2)	32448	31552	32052	32110	29587

Unid./Unit:10³tFonte: Adaptado de⁵.

De acordo com ⁶, as emissões de SO₂, NO₂, CO, CO₂, hidrocarbonetos alifáticos, poeira, metais pesados (Cr, Cd, Cu, Pb, Ni e Mn) e resíduos são os resultados mais importantes do processo de produção de ferro-gusa. Portanto, as rotas de produção mais “verdes” são justamente aquelas que evitam ou reduzem mais esses parâmetros de saída do processo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperam-se como resultados que este trabalho fomente o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à Química Verde e sua aplicabilidade em processos industriais - em especial no setor metalúrgico -, bem como viabilize os 12 Princípios da Química Verde como uma ferramenta útil, que proporciona o desenvolvimento de produtos e transformações químicas mais seguras e mudanças economicamente mais rentáveis aos processos industriais envolvidos, prezando pela qualidade do meio ambiente e das condições de trabalho.

Ademais, almeja-se definir de forma automática, por meio do programa computacional em desenvolvimento, qual a rota de produção do ferro gusa em estudo possui caráter mais “verde” e propor diretrizes para um *design* de produto mais sustentável. Além disso, espera-se também que o programa seja utilizado para qualquer processo químico, a fim de que sejam avaliados seus impactos de produção e comparados com outras rotas similares. Desta forma, respostas embasadas nos 12 Princípios da QV poderão ser obtidas para uma tomada de decisão adequada nos processos industriais e/ou para um correto direcionamento às pesquisas futuras sobre o processo em análise.

5. REFERÊNCIAS

¹ MESTRES, Ramon. **Química Sostenible: Naturaleza, fines y ámbito**. Barcelona. Educación Química;V. 24; Suplemento 1, pp 103-112; 2013.

² KAY, Amanda. **10 Largest Iron-production Countries**. Iron Investing News; 2018. Disponível em: <<https://investingnews.com/daily/resource-investing/base-metals-investing/iron-investing/top-iron-producing-countries/>>. Acesso em: maio, 2019.

³ ANASTAS, Paul; EGHBALLI, Nicolas. **Green Chemistry: Principles and Practice**. New Haven. Royal Society of Chemistry; 2009. Disponível em: <<https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2010/cs/b918763b#cit17>>. Acesso em: janeiro, 2019.

⁴ IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. **Green Chemistry and Sustainable Development**. Green Chemistry Directory. Venice. Disponível em: <<http://www.incaweb.org/transit/iupacgdir/overview.htm>>. Acesso em: fevereiro, 2019.

⁵ ANUÁRIO. **Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico**. Ministério de Minas e Energia Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral. Versão atualizada em março, 2018.

⁶ BIEDA, Bogusław. **Life Cycle Inventory Processes of the Mittal Steel Poland (MSP) S.A. in Krakow, Poland: blast furnace pig iron production - a case study**. The International Journal of Life Cycle Assessment; V.17; Issue 6, pp 787–794; 2012.