

INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE ÓXIDOS DE TERRAS RARAS A PARTIR DE UM MINÉRIO BRASILEIRO

Michel Serra Sampaio

Aluno de graduação do 6º período de engenharia química, UFRJ
Período PIBIC/CETEM: janeiro de 2016 a julho de 2016

msampaio@cetem.gov.br

Francisco Mariano da Rocha de S. Lima

Orientador, Engenharia Mineral, D. Sc

flima@cetem.gov.br

Giancarlo Alfonso LovónCanchumani

Co-orientador, Planejamento Energético, D. Sc

gcanchumani@cetem.gov.br

Resumo

As diversas propriedades físico-químicas dos elementos de terras raras (ETR) têm tido largas e crescentes aplicações em tecnologias limpas, transporte, energia, controle da poluição, produtos eletrônicos, entre outros. No entanto, a produção de elementos de terras raras consome muitos insumos e energia, e gera grandes impactos ambientais devido aos resíduos associados com concentração de elementos radioativos. O objetivo deste estudo é realizar o inventário do ciclo de vida (ICV) da produção de óxidos de terras raras, com o intuito de dar subsídios à identificação de impactos ambientais gerados em cada etapa do ciclo produtivo, através da quantificação das entradas e saídas. O estudo será desenvolvido utilizando a metodologia baseada na norma ISO 14040. Os resultados mostram o consumo de quantidades significativas de H_2SO_4 , HCl e NH_4OH e a geração de resíduos associados com concentração de tório e urânio, elementos radioativos cujos potenciais de impacto ambiental podem afetar todo o ecossistema no local de descarte se não houver um tratamento de efluente adequado. Os resultados deste ICV podem ser utilizados em estudos de avaliação do ciclo de vida para se definirem os perfis ambientais da produção de óxidos de terras raras no Brasil.

Palavras-chave: inventário do ciclo de vida, elementos de terras raras, minério brasileiro.

LIFE CYCLE INVENTORY OF RARE EARTH OXIDE PRODUCTION FROM A BRAZILIAN ORE

Abstract

The different physicochemical properties of rare earth elements (REE) have had large and growing applications in clean technology, transportation, energy, pollution control, electronic products, and so on. However, the production of rare earth elements consumes a lot of raw materials and energy, and it generates huge environmental impacts due to the waste associated with concentration of radioactive elements. The aim of this study is do the life cycle inventory (LCI) of the production of rare earth oxides, in order to give subsidies to the identification of environmental impacts at each stage of the production cycle by quantifying the inputs and outputs. The study will be developed using the method based on ISO 14040 standard. The results show the consumption of significant amounts of H_2SO_4 , HCl and NH_4OH , and the waste generation associated with concentration of thorium and uranium, radioactive elements whose environmental impact potentials may affect the entire ecosystem in the disposal site if

there is not a suitable effluent treatment. The results of this LCI can be used in life cycle assessment studies to define environmental profiles of the production of rare earth oxides in Brazil.

Keywords: life cycle inventory, rare earth elements, Brazilian ore.

1. INTRODUÇÃO

Os elementos de terras raras (ETR) são um grupo de 17 elementos com propriedades físicas e químicas semelhantes, o que inclui os 15 do grupo dos lantanídeos, o ítrio e o escândio. Devido às suas propriedades físico-químicas únicas, os ETR têm ganhado crescente importância em novos sistemas e tecnologias energéticas que contribuem para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e o consumo de combustíveis fósseis (como por exemplo, turbina eólica, veículos elétricos, iluminação de alta eficiência, baterias etc.). No entanto, é sabido que a produção de ETR está longe de ser ambientalmente sustentável, pois exige um significativo consumo de material e energia e ao mesmo tempo gera grandes quantidades de emissões para ar/água e de resíduos sólidos; podendo gerar até mesmo elementos radiativos, como o urânio e o tório, altamente contaminantes ao meio ambiente (Koltun e Tharunarajah, 2014).

Nesse contexto, destaca-se a importância de se realizarem estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A ACV é um instrumento de avaliação do impacto ambiental associado a um produto ou processo, que compreende desde a retirada das matérias-primas que entram no sistema produtivo até a disposição do produto final após o uso (ABNT, 2009). Embora a ACV tem sido aceita como a abordagem mais abrangente para quantificar a sustentabilidade ambiental de um produto ou processo, na mineração especificamente essa abordagem ainda é escassa e não são encontrados inventários específicos de cada região de produção (Vahidi, 2016).

O inventário do ciclo de vida (ICV) é a base do estudo de uma ACV, em que toda a energia e matérias-primas são descritas e quantificadas, assim como as emissões durante a vida do produto ou processo. De acordo com Koltun e Tharumarajah (2014), com o inventário é possível conhecer onde estão as maiores emissões e consumos de matéria-prima e assim determinar proporcionalmente o impacto ambiental causado por cada um deles. O ICV é importante também para se ter conhecimento dos co-produtos do processo e analisar o melhor destino para os mesmos, a fim de se ter a menor geração de resíduos e efluentes possíveis.

2. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo realizar um inventário do ciclo de vida (ICV) da produção de elementos de óxidos de terras raras a partir de um minério brasileiro, com o intuito de dar subsídios à identificação de impactos ambientais gerados em cada etapa do ciclo produtivo, através da quantificação das entradas e saídas.

3. METODOLOGIA

O estudo será desenvolvido utilizando como base a metodologia das principais normas sobre Avaliação do Ciclo de Vida, plasmadas no texto da norma ISO 14040 e 14044, que têm suas similares brasileiras publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

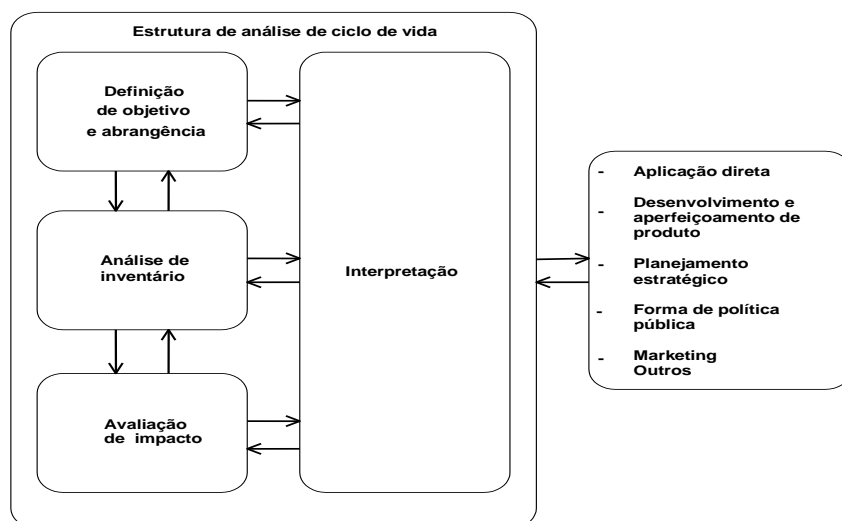


Figura 1: Estrutura de Análise do Ciclo de Vida. Fonte: Norma ISO ABNT 14.040.

A partir dos pressupostos da norma ISO 14040, o estudo foi desenvolvido em duas fases:

Fase 1: Definição de objetivo - Esta etapa compreende a definição do escopo, intenção de aplicação e definição da cadeia produtiva, bem como os limites de cada sistema. É importante salientar que a modelagem dos sistemas da produção de elementos de terras raras considerou os processos desenvolvidos nos laboratórios do Centro de Tecnologia Mineral - CETEM.

O escopo do estudo é identificar as entradas e saídas da produção de óxidos de terras raras a partir de um minério brasileiro. A unidade funcional definida para o estudo é de 6 quilos de uma cesta de óxidos de terras raras.

Fase 2: Análise do inventário de Ciclo de Vida - Nesta etapa foram desenvolvidos os modelos do sistema de cada circuito da cadeia produtiva de elementos de terras raras conforme o definido na fase anterior e a delimitação do sistema em estudo. Esta modelagem é uma representação gráfica dos fluxos do sistema técnico e as atividades de pesquisa desta fase.

Para a descrição e detalhamento do inventário de ciclo de vida de óxidos de terras raras foi utilizada como base uma amostra da monazita contida no minério do nióbio da região de Araxá, o qual é obtido a partir dos rejeitos de flotação gerados durante o processo de concentração de pirocloro. A elaboração do fluxograma e os cálculos de consumo dos insumos e energia para o projeto desta instalação foram realizados visando à separação da fração leve (os elementos mais abundantes na monazita, isto é, o lantânio, o cério, o praseodímio e o neodímio) e a obtenção destes quatro elementos na pureza especificada, bem como a obtenção de dois concentrados chamados de fração média e fração pesada. Neste trabalho, o circuito flexível para a separação dos elementos contidos nas frações médias e pesadas não será levado em consideração.

Com auxílio do software SimaPro 8.02, do banco de dados Eco-invent e aliado a dados coletados na literatura (Shaw, 1957; Cunha e Wildhagem, 2016), criou-se o modelo do sistema da produção de óxidos de terras raras e suas interações, conforme a Figura 2. As operações unitárias e reações químicas que ocorrem em cada um dos circuitos não serão aqui descritas por serem extensas e não serem o foco do inventário do ciclo de vida, visto que o que realmente importa para o inventário são as entradas e saídas de material e energia nos circuitos.

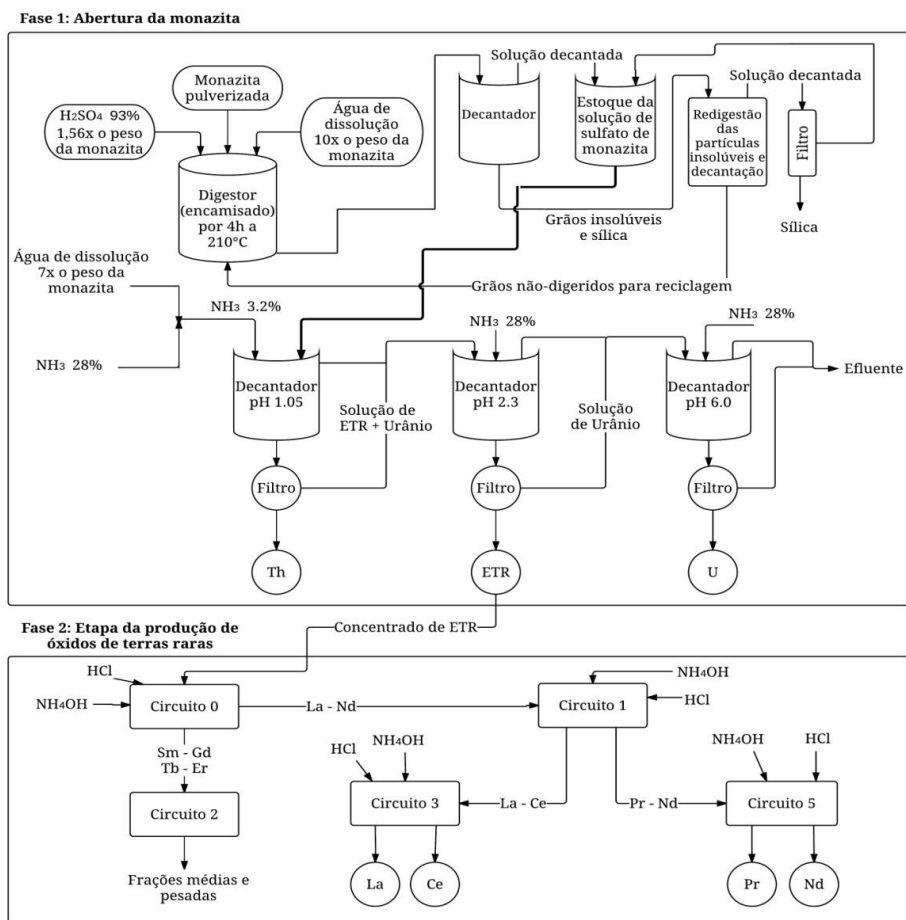


Figura 2: Modelagem do sistema da produção de óxidos de terras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades de reagentes utilizados e de co-produtos formados em todo o processo são descritos na Tabela 1.

Os cálculos foram feitos com base no fluxograma da Figura 2 a fim de se obter 6 kg de óxidos de terras raras conforme discriminados abaixo:

- 1kg de óxido de Lantânio com pureza de 99%;
- 1kg de óxido de Cério com pureza de 98,6%;
- 1kg de óxido de Praseodímio com pureza de 96,5%;
- 1kg de óxido de Neodímio com pureza de 96,6%;
- 1kg da fração média na forma de hidróxido úmido com pureza superior a 99,9%;
- 1kg da fração pesada na forma de hidróxido úmido com pureza superior a 99,9%.

A Tabela 1 nos permite visualizar onde estão as maiores quantidades de material utilizado e assim verificar o impacto causado por cada um, em que grandes quantidades de ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de amônia (NH_4OH) são requeridas. Cabe salientar a geração de resíduos associados com concentração de elementos radioativos como o tório e o urânio, cujos potenciais de impacto ambiental podem afetar todo o ecossistema no local de descarte se não houver um tratamento adequado. No entanto, esses valores de consumo são baixos se comparados à China, por exemplo, em que 18,15 kL de água são necessários para se obter 1 kg de OTR devido à grande quantidade de subprodutos

contidos no minério chinês, como ferro, nióbio, fósforo e os elementos radioativos tório e urânio (Koltun e Tharunarajah, 2014).

Tabela 1: Inventário do ciclo de vida da produção de 6 kg no total de óxidos de terras raras a partir de um minério brasileiro - Consumo de reagentes e energia nos circuitos da rota utilizada.

Etapa Abertura do minério	Unidade	Quantidade
Monazita	kg	9,84
Ácido Sulfúrico H ₂ SO ₄ 93%	kg	15,36
Amônia NH ₃ 28%	kg	1,986
Água	L	167,28
Saídas		
Tório	g	393,60
Urânio	g	14,76
Sílica	g	295,20
Carga Circulante	kg	187,76
Etapa da produção de óxidos de terras raras		
Ácido Clorídrico HCl 37%	L	322,92
Hidróxido de Amônio NH ₄ OH 25%	L	298,98
Energia		
Eletricidade	kWh	273,24

5. CONCLUSÕES

O ICV da produção de óxidos de terras raras a partir de um minério brasileiro mostrou-se importante para verificar o consumo de insumos e energia dessa produção no Brasil, pois poucos dados estão disponíveis na literatura para o caso brasileiro. Com esse inventário, é possível realizar posteriores estudos a fim de analisar os impactos causados por essa atividade (uma ACV) e a viabilidade de se instalar um modelo de produção de elementos e óxidos de terras raras no Brasil para suprir a demanda do país, assim como definir mais precisamente os perfis ambientais dos OTR. Isso levará a uma melhor compreensão de todos os impactos ambientais causados por produtos que possuem ETR.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPQ e ao CETEM, pela bolsa de iniciação científica concedida; ao meu orientador, Francisco Mariano, aos meus co-orientadores, Giancarlo Canchumani e Lígia Marcela Tarazona, por terem me apoiado e orientado nesta pesquisa; à minha família e a todos que acreditaram no meu potencial; e a Deus, por ter me permitido concluir a pesquisa com êxito.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estruturas. NBR ISO 14040, 2009.

DA CUNHA, J. W. S. D.; WILDHAGEN, G. R. da S. Elaboração de modelo de produção de elementos e óxidos de terras raras (projeto CETEM). **CW CONSULTORIA QUÍMICA E AMBIENTAL LTDA – Relatório técnico**, 21p, 2016.

KOLTUN, P.; THARUMARAJAH, A. Life cycle impact of rare earth elements. **ISRN Metallurgy**, v 2014, p 1-10, 2014.

SHAW, K. G. A process for separating thorium compounds from monazite sands. **Retrospective Theses and Dissertations**, paper 12740, 1953.

VAHIDI, E. An initial life cycle assessment of rare earth oxides production from ion-adsorption clays. **Resources, Conservation and Recycling**, v 113, p 1-11, 2016.