

ISSN: 2319-0124

## AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CAL HIDRATADA POR MEIO DOS INDICADORES EM EMERGIA

Ana P. FELIX<sup>1</sup> ; Geslaine FRIMAIO<sup>2</sup>

### RESUMO

A sustentabilidade tem por objetivo manter o equilíbrio entre o meio ambiente e sua utilização pela sociedade, e possui papel importante em relação ao uso consciente dos recursos naturais. A cal possui ampla utilização e está entre os 10 produtos de origem mineral mais consumidos no mundo. A cal virgem é obtida pela calcinação de óxido de magnésio e óxido de cálcio, já a cal hidratada é obtida pela hidratação da cal virgem, onde o óxido de cálcio se transforma em hidróxido de cálcio. Esse estudo utiliza a Síntese em Emergia para avaliar o total de emergia utilizada no processo de fabricação da cal hidratada, que corresponde a  $1,19 \times 10^{20}$ , e determinar a UEV (Valor Unitário de Emergia), que corresponde a  $3,31 \times 10^9$  sej de recursos do meio ambiente para produzir 1 grama de cal hidratada.

**Palavras-chave:** UEV; Calcário; Diagrama; Fluxo de energia.

### 1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um tema, cujo princípio envolve o equilíbrio entre a disponibilidade de recursos naturais e sua utilização pela sociedade, com o objetivo de satisfazer as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades (CNUMAD, 1988). Nesse sentido, a adoção de práticas que contribuam para o desenvolvimento sustentável, assumiu nos últimos anos um papel importante referente ao uso consciente dos recursos naturais.

A cal, obtida pela decomposição térmica do calcário, está entre os dez produtos de origem mineral mais explorados e consumidos no mundo dada a sua ampla utilização, principalmente nos setores da indústria, siderurgia, agricultura, construção civil, entre outros. Em 2021, a estimativa de produção mundial de cal foi de 430 milhões de toneladas (GARSIDE, 2022). O estado de Minas Gerais é líder nacional na produção de cal, responsável por 75% da produção nacional (HAN, 2013).

Esse estudo utiliza a Síntese em Emergia para avaliar o processo de fabricação da cal hidratada e determinar a UEV (Valor Unitário de Emergia), que pode ser entendido como o custo de recursos do meio ambiente empregados para produzir 1g do produto.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bolsista FAPEMIG, IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes. E-mail: ana1.felix@alunos.ifsuldeminas.edu.br

<sup>2</sup>Orientadora, IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes. E-mail: geslaine.frimaio@ifsuldeminas.edu.br

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A cal virgem é definida pela NBR 6453 (ABNT, 2003) como produto obtido pela calcinação de óxido de magnésio e óxido de cálcio e a cal hidratada é definida pela NBR 7175 (ABNT, 2003) como o pó obtido por conta do processo de hidratação da cal virgem.

O ciclo de vida de um produto – desde sua criação até o final de sua vida útil - exercem diferentes impactos ao meio ambiente, sendo que a magnitude depende das condições locais, processo produtivo, natureza do combustível utilizado, tipos e quantidades de recursos utilizados para a extração e manufatura, liberação de gases de efeito estufa, dentre outros (AGOPYAN et al, 2011).

Tagialeferro (2012) ao avaliarem a UEV do calcário agrícola em  $9,55 \times 10^9$  sej/g e uma transformidade de  $2,81 \times 10^6$  sej/J, sendo que a transformidade é cerca de 2% maior que a transformidade da rocha calcária, determinada por Odum (1996).

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo avaliou uma empresa produtora de gesso e cal hidratada, de médio porte, pertencente ao grupo Ical – Indústria de Calcinação S/A. Os dados coletados se deram *in loco* e podem ser observados na Tabela 1.

Odum (1996) desenvolveu a síntese em Emergia, uma metodologia que contabiliza e incorpora todos os insumos - requeridos direta ou indiretamente – para obtenção de um produto ou processo e tidos como fluxos de energia.

Para melhor entendimento, a metodologia utiliza o diagrama de energia, podem ser observados na figura 1, os insumos provenientes da economia (F) que estão alocados na parte superior externa do diagrama, enquanto os recursos renováveis (R) estão alocados externamente e à esquerda do diagrama, e os recursos não renováveis (N) estão no interior do diagrama.

A partir dos insumos elencados no diagrama, é composta a tabela de Emergia, onde cada insumo está categorizado em (R, N ou F) e acompanhado de sua unidade de medida. O total de cada recurso utilizado é multiplicado pela sua respectiva UEV (ou transformidade) e obtido o total de emergia de cada insumo. A soma de todos compreende o total de emergia, que dividida pela quantidade total de cal produzida em um ano constitui a UEV da cal hidratada.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 1, pode ser observado o Diagrama de energia com os fluxos de todos os insumos utilizados para a fabricação da Cal Hidratada.

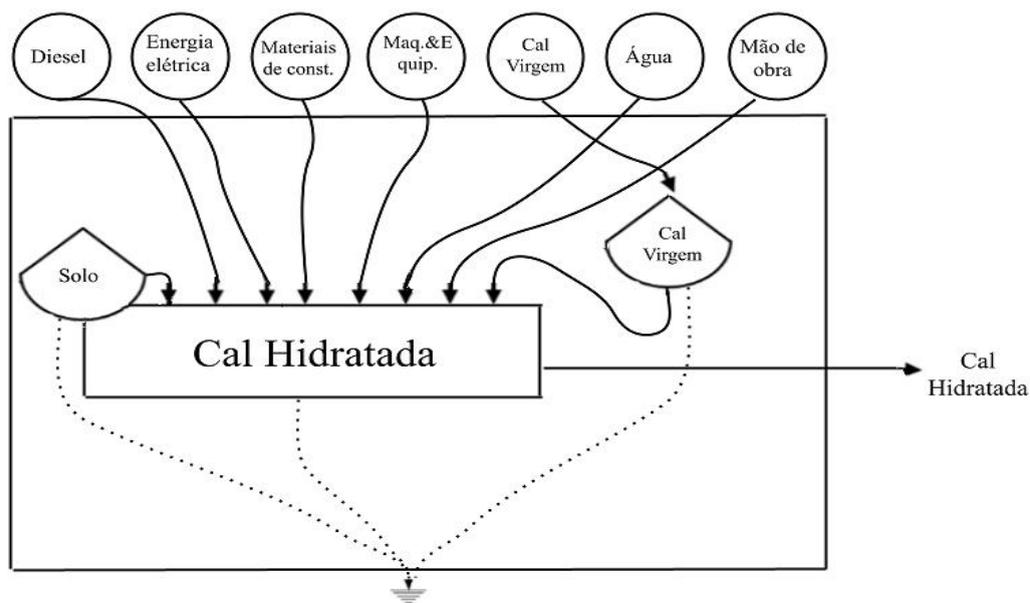


Figura 1- Diagrama de energia (autoria própria)

Os fluxos de energia do sistema de produção da cal hidratada, podem ser observados na Tabela 1, cujo valor total de energia corresponde a  $1,19 \times 10^{20}$  sej.

Tabela 1- Tabela de energia do processo de fabricação da cal hidratada (autoria própria)

Nota	Descrição	Unidade	Classe	Valor /(un/ano)	Energia unidade /(sej/un)	Correção	Energia /(sej/ano)	% /(sej/sej)
<b>Fase de Implantação</b>								
1	Mão de obra	J	F	$6,79 \times 10^{10}$	$4,30 \times 10^6$	1	$2,92 \times 10^{17}$	0,25%
2	Asfalto	g	F	$1,35 \times 10^8$	$4,74 \times 10^8$	1	$6,40 \times 10^{16}$	0,05%
3	Concreto Armado	g	F	$1,58 \times 10^7$	$1,54 \times 10^9$	1,68	$4,09 \times 10^{16}$	0,03%
4	Aço Máq.&Equip.	g	F	$1,06 \times 10^7$	$3,00 \times 10^9$	1	$3,18 \times 10^{16}$	0,03%
5	Solo	J	N	$1,40 \times 10^{12}$	$2,21 \times 10^4$	1	$3,09 \times 10^{16}$	0,03%
6	Cimento (Artefato)	g	F	$1,28 \times 10^7$	$1,20 \times 10^9$	1	$1,54 \times 10^{16}$	0,01%
7	Cimento (massa)	g	F	$8,81 \times 10^5$	$3,31 \times 10^9$	1	$2,92 \times 10^{15}$	0,00%
8	Aço Galv	g	F	$1,38 \times 10^5$	$1,81 \times 10^9$	1	$2,50 \times 10^{14}$	0,00%
<b>Fase de Operação</b>								
9	Cal Virgem	g	F	$2,77 \times 10^{10}$	$2,56 \times 10^9$	1	$7,09 \times 10^{19}$	59,73%
10	Água	m3	F	$5,22 \times 10^7$	$7,75 \times 10^{11}$	1	$4,05 \times 10^{19}$	34,07%
11	Mão de obra	J	F	$6,30 \times 10^{11}$	$4,30 \times 10^6$	1	$2,71 \times 10^{18}$	2,28%
12	Diesel	J	F	$1,59 \times 10^{13}$	$1,11 \times 10^5$	1	$1,76 \times 10^{18}$	1,49%
13	Energia Elétrica	J	F	$5,72 \times 10^{12}$	$2,69 \times 10^5$	1	$1,54 \times 10^{18}$	1,30%
14	Plástico	g	F	$9,00 \times 10^7$	$5,75 \times 10^9$	1,68	$8,69 \times 10^{17}$	0,73%
Energia Total (sej)							$1,19 \times 10^{20}$	100%

Na Tabela 1, em termos de Emergia, observa-se que os principais insumos correspondem à cal virgem (60%) e a água (34%), seguido da mão de obra (2,28%) e diesel (1,49%). A Emergia total do sistema corresponde a  $1,19 \times 10^{20}$  sej (Joules de Emergia solar). A UEV é razão entre o total de Emergia e o total da produção anual, perfazendo  $3,31 \times 10^9$  sej/g.

## 5. CONCLUSÕES

Conclui-se que são necessários  $3,31 \times 10^9$  sej de recursos do meio ambiente para produzir 1 g de cal hidratada. Tendo em vista que os dois recursos mais significativos utilizados pelo sistema em termos de emergia perfazem 94%, e que ambos são categorizados como provenientes da economia (F), conclui-se que o sistema não explora os recursos locais.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG pela bolsa de iniciação científica e ao IFSULDEMINAS.

## REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6453. **Cal Virgem para a Construção Civil-Requisitos**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7175. **Cal Hidratada para argamassas-Requisitos**. Rio de Janeiro, 2003.

AGOPYAN, V. ; JOHN, V.M.; GOLDEMBERG, J. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

CNUMAD - Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1988.

HAN, A. Cal, demanda por aplicação. **Revista Química e Derivados**. Disponível em: <<https://www.quimica.com.br/cal-demanda-por-aplicacao/>>. Acesso em dez/2021.

GARSSIDE, M. Produção de Cal no País. **Statista**. 2022. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/657049/production-of-lime-worldwide>>. Acesso em: Maio/2022.

ODUM, Howard T. **Environmental accounting: emergy and environmental decision making**. New York, US: Wiley, 1996.

TAGLIAFERRO, K.; SILVA, C. C. **Contabilidade ambiental em emergia do processamento de rocha calcária para uso agrícola**. Muzambinho: 4a Jornada Científica e Tecnológica e 1o Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS, 2012. Disponível em: <<https://jornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcmuz/jcmuz/paper/viewFile/2079/1576>>. Acesso em: Jan/2022.