

CONTABILIDADE AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CIMENTO COM O USO DE INDICADORES EM EMERGIA

Geslaine FRIMAIO¹; Gabriel A. PEREIRA²; Carlos C. da SILVA, Bruno F. ALVES,
Luziele D. FALDA

RESUMO

A cal é um material que atende diversos segmentos. Para a fabricação da cal, utiliza-se o calcário, rocha sedimentar. O calcário é composto por calcita e/ou dolomita. Para produzir a cal é necessário converter o carbonato de cálcio ou calcário, em óxido de cálcio. A cal virgem é obtida por meio de reações físicas e químicas e a cal hidratada, no interior de um reator, adicionando-se água ao óxido de cálcio, onde o processo sofre aumento de temperatura. Este estudo utiliza a síntese em emergia para avaliar o total de emergia empregado no processo de produção de cal hidratada, que corresponde a $3,58 \times 10^{20}$ sej/ano bem como determinar a sua transformidade ou UEV (*unit emergy value*), cujo valor indica que são empregados $9,94 \times 10^9$ sej para produzir 1 grama de cal hidratada.

Palavras-chave: Emergia; cal hidratada; UEV.

1. INTRODUÇÃO

A cal é um material que atende diversos segmentos. Na construção civil é utilizada na forma hidratada como componente fundamental na confecção de argamassas para assentamento de alvenarias, regularização de pavimentos e revestimentos (COELHO *et al*, 2009).

Para a fabricação da cal, utiliza-se o calcário. A cal hidratada, comumente conhecida como cal apagada é obtida por meio da hidratação do óxido de cálcio e pode ser resumida em cinco etapas, conforme Figura 1.

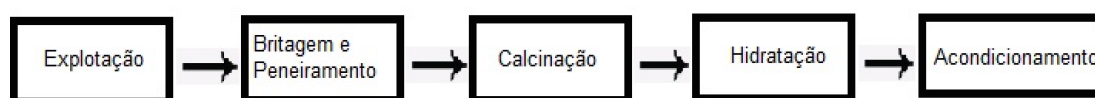


Figura 1 – Etapas da produção de cal hidratada (autoria própria)

Um dos aspectos mais importantes para realizar a contabilidade ambiental em emergia ou síntese em emergia é estimar a transformidade ou UEV do produto, que consiste em determinar a

1 IFSULDEMINAS – geslaine.frimaio@ifsuldeminas.edu.br
2 IFSULDEMINAS – gabriel.contatoengenharia@gmail.com
3 IFSULDEMINAS – carlos.silva@ifsuldeminas.edu.br
4 IFSULDEMINAS – Bruno.alves@ifsuldeminas.edu.br
3 IFSULDEMINAS – luziele_28@hotmail.com

quantidade de joules de energia empregadas para obter 1 grama do produto.

Neste trabalho objetivou-se determinar a quantidade de energia empregada no processo e a transformidade ou UEV do processo de fabricação de cal virgem.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tagialeferro (2012) ao avaliar o sistema de produção de calcário agrícola com energia de $8,70E+21$ sej/ano o calcário agrícola é responsável por $5,65E+21$ sej/ano da energia do sistema, resultando em uma energia específica de $9,55E+9$ sej/g e uma transformidade de $2,81E+6$ sej/J. A transformidade encontrada é aproximadamente 2% maior que a transformidade de $2,76E+6$ sej/J da rocha calcária, conforme calculada por Odum (1996; 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O sistema avaliado, localiza-se no município de Mairiporã - SP, e trata-se de uma indústria que atua no ramo de fabricação de cal hidratada, com produção anual de 36.000 toneladas.

Os dados físicos do processo de fabricação foram obtidos em visita *in loco*, no período de 02/02/2017 à 12/02/2017. Foram estimadas todos os insumos necessários para a fabricação da cal hidratada, incluindo as construções, mão-de-obra, funcionários, consumo de energia e água entre outros. Tais fluxos foram classificados em três categorias de recursos: renováveis (R), não renováveis (N) e provenientes da economia (F) (MARIANO *et al*, 2005).

Considerando que todo trabalho necessita de uma quantidade equivalente de energia para sua realização. Odum (1996) desenvolveu uma metodologia de contabilidade ambiental que contabiliza e incorpora todos os fluxos de energia existentes, requerida direta ou indiretamente, para obtenção de um produto ou serviço (ODUM, 1996).

A metodologia utiliza um diagrama de energia, onde podem ser observadas as interações dos fluxos no processo e do processo com o meio ambiente. A partir do diagrama, é composta a tabela de energia, que integra os dados de quantidades de insumos e recursos, com suas respectivas transformidades.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No diagrama de energia (Figura 2) podem ser observados todos os fluxos dos insumos utilizados no processo da fabricação da cal virgem.

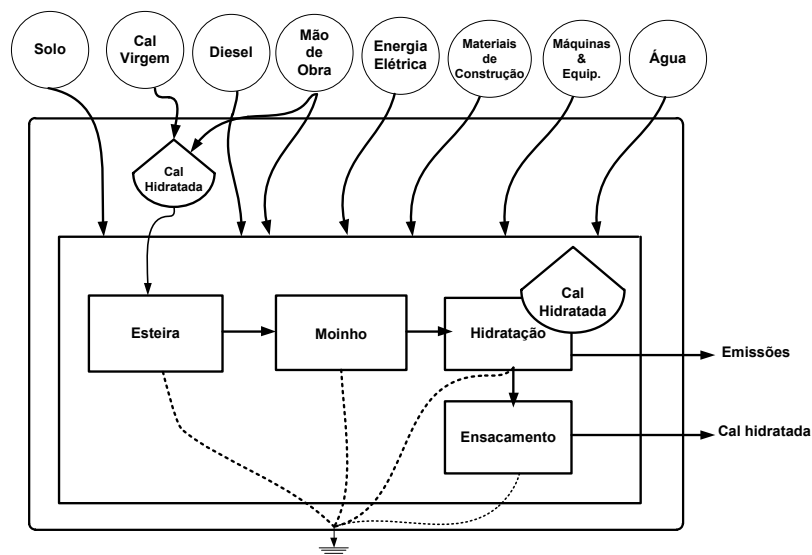


Figura 2 – Diagrama de energia (autoria própria, de acordo com regras de Odum, 1996)

A Tabela de energia (Tabela 1), expressa os valores empregados dos insumos principais utilizados no processo, multiplicados cada um por sua UEV (Energia por unidade) correspondente, onde é obtido o valor de cada insumo. A soma dos valores, corresponde ao valor de energia total do processo, que corresponde a $3,58 \times 10^{20}$ sej/ano.

Tabela 1 – Tabela de energia do processo de fabricação de cal virgem (autoria própria)

Nota	Descrição	Unidade	Classe	Valor /(un/ano)	Energia unidade /(sej/un)	por Correção	Energia /(sej/ano)	% /(sej/sej)
Fase de Implantação								
1	Solo	J	N	$2,81 \times 10^{10}$	$2,21 \times 10^4$	1,00	$6,21 \times 10^{14}$	<1%
2	Cimento (Artefato)	g	F	$1,03 \times 10^7$	$1,20 \times 10^9$	1,00	$1,24 \times 10^{16}$	<1%
3	Concreto	g	F	$4,00 \times 10^9$	$1,54 \times 10^9$	1,68	$1,03 \times 10^{19}$	2,9%
4	Aço Estrutural	g	F	$8,25 \times 10^7$	$2,77 \times 10^9$	1,00	$2,29 \times 10^{17}$	<1%
5	Aço Maq.& Equip.	g	F	$1,03 \times 10^{10}$	$3,00 \times 10^9$	1,00	$3,09 \times 10^{19}$	<1%
Fase de Operação								
6	Calcário	g	F	$3,60 \times 10^{10}$	$9,50 \times 10^9$	1	$3,42 \times 10^{20}$	95,60%
7	Mão de obra	J	F	$7,53 \times 10^{10}$	$4,30 \times 10^6$	1,00	$3,24 \times 10^{17}$	<1%
8	Energia Elétrica	J	F	$5,72 \times 10^{12}$	$2,69 \times 10^5$	1,00	$1,54 \times 10^{18}$	<1%
9	Diesel	J	F	$1,59 \times 10^{13}$	$1,11 \times 10^5$	1,68	$2,97 \times 10^{18}$	<1%
10	Água	m ³	F	$1,08 \times 10^4$	$7,75 \times 10^{11}$	1,00	$8,37 \times 10^{15}$	<1%
Energia Total (sej)							$3,58 \times 10^{20}$	100%

5. CONCLUSÕES

O maior fluxo utilizado é o da material prima, que corresponde a 95,60% do processo. O segundo maior fluxo requerido é o concreto, base das ruas internas e pavimentos das construções que abrigam o processo.

A transformidade ou UEV do produto corresponde $9,94 \times 10^9$ sej/g e foi obtida pela razão entre a emergência total do sistema ($3,58 \times 10^{20}$ sej) e a quantidade anual produzida de cal virgem ($3,60 \times 10^{10}$ g). Nesse sentido pode-se afirmar que o sistema de produção emprega $9,94 \times 10^9$ sej para obter 1 grama de cal hidratada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFSULDEMINAS pela bolsa de iniciação científica e à Cobrascal Indústria de Cal.

REFERÊNCIAS

COELHO, A.Z.G; TORGAL, F. P.; JALALI, S. **A Cal na construção**. Universidade do Minho: TecMinho, 2009.

HAUKOOS, D. S. **Sustainable Architecture and It's Relationship to Industrialized Building. Master Thesis, university of Florida**, apud Ulgiati, S.; Brown, M. T.; Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions. The case of electricity production. Journal of Cleaner Production, 2002.

MARIANO, M. V.; ALMEIDA, C. M. V. B; BONILLA, S. H.; AGOSTINHO, F.; GIANETTI, B. F. **Avaliação em energia como ferramenta de gestão nos parques urbanos de São Paulo**. São Carlos: Gest. Prod. Vol. 22. nº 2, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2015000200443&lang=pt>. Acesso em: 02 mar. 2017.

ODUM, H. T. **Environmental accounting, emergy and environmental decision making**. New York: John Wiley & Sons Ltd. 1ª ed. 1996. 370p.

TAGLIAFERRO, K.; SILVA, C. C. **Contabilidade ambiental em energia 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: 04 mar. 2017.