

Contabilidade Ambiental em Energia do Processamento de Rocha Calcária para uso Agrícola

Katia Tagliaferro¹ e Carlos Cezar da Siva²

¹Instituto Federal do Sul de Minas – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, MG, 10022032@ifs.ifsuldeminas.edu.br ²Instituto Federal do Sul de Minas – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, MG, carlos.silva@ifs.ifsuldeminas.edu.br

Introdução

O calcário é um dos principais insumos utilizados na produção agrícola, aplicado normalmente entre as safras, com a finalidade de corrigir o pH do solo e como suplemento de cálcio e magnésio para as plantas. O ciclo resumido do processamento e uso do calcário (Figura 1) se inicia pela mineração da rocha com alta concentração de Ca^+ e Mg^- , trituração até se transformar em pó, condição necessária para aplicação nas lavouras, onde é distribuído de forma homogênea na superfície do solo conforme recomendação da análise química do solo.

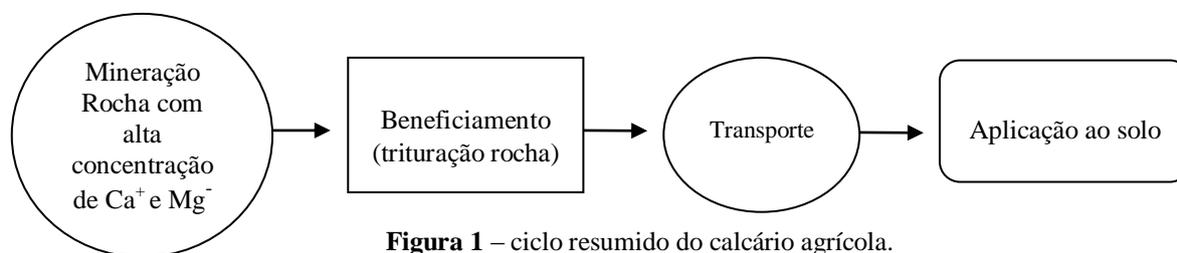


Figura 1 – ciclo resumido do calcário agrícola.

Neste trabalho objetivou-se por meio da contabilidade ambiental em energia determinar a transformidade do processamento do calcário de rocha para uso agrícola, além de utilizar indicadores em energia, e tecer considerações sobre o sistema operacional estudado.

Material e Métodos

O Empreendimento

O empreendimento (Figura 2) localiza-se no município de Arcos – MG, e trata-se de uma indústria que atua no ramo de beneficiamento de rochas calcárias para produção de calcário agrícola, brita e pedregulhos.



Figura 2- Imagem de satélite do empreendimento estudado (Google Earth, 2011).

A empresa processa em média 2500 toneladas de pedra bruta por dia, sendo que do total de 1625 toneladas se transformam em calcário agrícola, 437,5 toneladas em brita e 437,5 toneladas em pedregulhos. Para o desenvolvimento de suas atividades, são necessários 115 funcionários que revezam os turnos de atividades durante as vinte e quatro horas do dia.

Indicadores

Utilizamos no estudo os indicadores, Rendimento em Emergia (EYR); Investimento em Emergia (EIR); Índice de Carga Ambiental (ELR), desenvolvidos por Odum (1996).

Foi também calculado o Índice de Sustentabilidade (ESI) proposto por Ulgiati & Brown (1998). Além destes calculou-se o Percentual de Recursos Renováveis (%R) utilizados também para considerações sobre a sustentabilidade do sistema.

Diagrama ternário de emergia

Giannetti et al (2006), e Almeida et al (2007), desenvolveram um diagrama em emergia ternário o qual associa as variáveis, recursos renováveis(R), recursos provenientes da economia (F) e recursos não renováveis (N).

A ferramenta permite a apresentação de linhas constantes de sustentabilidade. As linhas de sustentabilidade partem do vértice N e cruzam o lado oposto ao vértice, permitindo assim dividir o diagrama em áreas específicas de sustentabilidade facilitando na comparação de processos (Giannetti; 2006).

Resultados e Discussão

Iniciamos as análises deste estudo com a construção do diagrama de energia (Figura 3), onde os recursos renováveis (R) estão localizados na lateral esquerda do diagrama, na região superior localizam-se os recursos de fontes pagas (F) e não renováveis (N) e na extremidade direita os produtos do sistema.

O sol e a chuva não compõem fontes essenciais para o processamento da rocha calcária, porém, após a cominuição da rocha grande parte do pó fica exposto a tais fatores que interferem no teor de umidade do produto, justificando assim a presença no sistema.

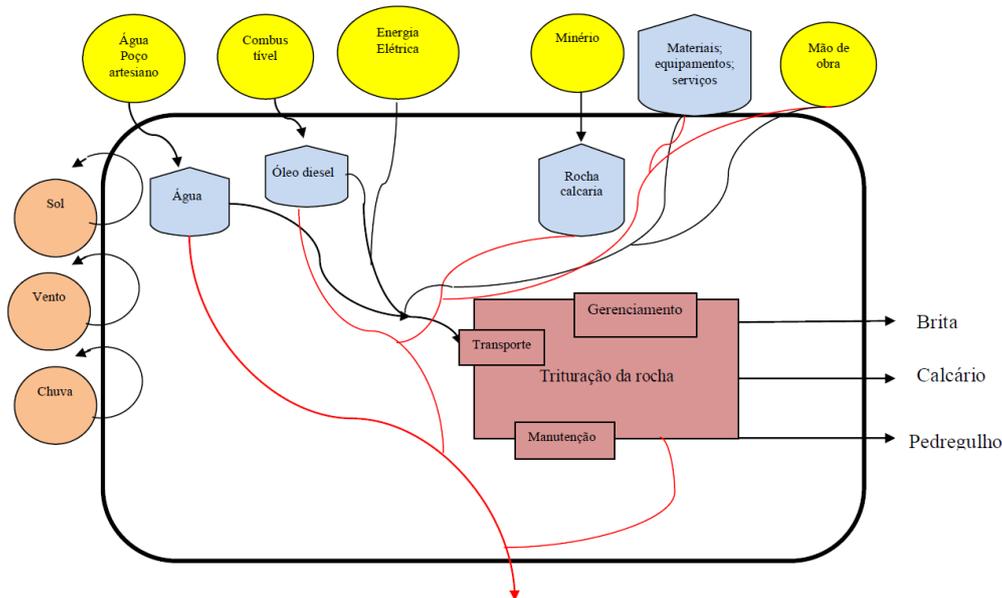


Figura 3 - Diagrama de energia do sistema de processamento de rocha calcária.

A Tabela 1 apresenta os fluxos de material e energia que participam do sistema de produção de calcário agrícola.

Tabela 1- Avaliação da energia do sistema de produção de calcário agrícola (*).

Nota	Descrição	Unidade	Classe	Valor /(un/ano)	Energia por unidade (sej/un)	fator de correção (**)	Energia /(sej/ano)	% (sej/sej)
1	Solo ocupado	J/ano	N	1,53E+13	2,21E+4	1	3,38E+17	<1
2	Concreto armado	g/ano	F	1,91E+8	1,54E+9	1	2,94E+17	<1
3	Maquinas e equipamentos	g/ano	F	1,42E+7	6,70E+9	1	9,51E+16	<1
4	Blocos	g/ano	F	2,07E+7	1,35E+9	1,68	4,69E+16	<1
5	telha / estrutura (aço)	g/ano	F	4,00E+6	2,77E+9	1	1,11E+16	<1

6	telha cerâmica (barro)	g/ano	F	1,25E+6	3,06E+9	1,68	6,43E+15	<1
7	Mão-de-obra	j/ano	F	3,37E+8	4,30E+6	1	1,45E+15	<1
8	Madeira estrutura (telhado)	kg/ano	F	8,72E+2	8,79E+11	1	7,66E+14	<1
9	Chuva	J/ano	R	1,54E+12	1,05E+04	1,68	1,61E+16	<1
10	Sol***	j/ano	R	6,36E+13	1	1	6,36E+13	<1
11	Calcário (rocha)	g/ano	N	9,13E+11	9,50E+9	1	8,67E+21	99,88
12	Água poço	j/ano	N	4,5E+10	1,76E+5	1	7,92E+15	<1
13	Energia Elétrica	J/ano	F	3,27E+13	2,77E+5	1,68	1,52E+19	<1
14	Mão-de-obra	J/ano	F	3,83E+11	4,30E+6	1	1,65E+18	<1
15	Combustível (Diesel)	J/ano	F	1,00E+13	5,50E+04	1	5,51E+17	<1
Emergia Total							8,70E+21	100,0%

(*)Cálculos detalhados com os autores. (**)Utilizado para atualizar a baseline da emergia por unidade para valores anteriores ao ano 2000(Odum,2000). (***)Não foi contabilizado para evitar dupla contagem.

A emergia total do sistema de produção de calcário é de 8,70E+21 sej/ano, deste aproximadamente 99,88% sej/sej provem da rocha calcária classificada como recursos não renovável (N). Os 0,12% sej/sej restantes são de recursos renováveis(R) e provenientes da economia(F).

O sistema utiliza a maior parte do fluxo de emergia durante a operação da indústria (notas de 8 a 15), ou seja, com a entrada e processamento da rocha calcária.

A transformidade da rocha calcária calculada por Odum (1996; 2000), é de 2,76E+6 sej/J, após sua cominuição agora denominada Calcário Agrícola a transformidade sofreu aumento de aproximadamente 55%, auferindo o valor de 4,30E+6 sej/J, quando desconsiderado o coproduto do processo (britas).

Tal resultado se deve ao fato de apenas 65% da rocha calcária destinar-se a produção de calcário agrícola, os outros 35% são destinados a construção civil na condição de pedregulhos e britas, diferenciando-se do Calcário Agrícola apenas pela superior granulometria em função de não completarem o ciclo de cominuição.

A percentagem de calcário agrícola produzido varia de acordo com a gestão do empreendimento, sendo proporcional ao preço de mercado do Calcário Agrícola em relação à Brita e Pedregulho, variando de acordo com o mercado financeiro.

Supondo que toda rocha calcária fosse destinada para fins agrícolas a emergia específica do Calcário Agrícola seria de 9,507E+9 sej/g, aumento de aproximadamente

0,07% valor pouco significativo em relação a energia específica ($9,50E+9$ sej/g) da rocha calcária calculada por Odum (1996, 2000).

Resultado dos indicadores

A classificação dos recursos em N, F e R (tabela 1) possibilitou calcular os indicadores em energia (tabela 2), com intuito de representar de forma dinâmica as interações do sistema com o ambiente em que está inserido.

Tabela 2 - Resultados dos indicadores da síntese em energia para este estudo.

Indicador	Calcário Agrícola
EYR	487,45
EIR	$2,0E-3$
ELR	$5,4E+5$
ESI	$2,5E-3$
%R	$5,4E-4$

O índice de 487,45 alcançado pelo índice de rendimento em energia (EYR) demonstra que o sistema de processamento de rocha calcária utiliza uma proporção maior de recursos locais renováveis e não renováveis (R+N) em relação ao investimento econômico.

Os indicadores de modo geral apresentam baixo desempenho evidenciando alta sobrecarga sobre o ambiente, por outro lado, se tratando de uma indústria e principalmente pela grande quantidade de rocha calcária processada, que também é o principal fluxo de energia do sistema, é natural encontramos tais resultados.

Diagrama ternário

Observa-se que no diagrama ternário (Figura 4) que o sistema de processamento de rocha calcária ocupa a região próxima ao vértice de recursos não renováveis. A região indica que o empreendimento apresenta-se sustentável em curto prazo, com mínimas chances de alterações em função de que 99,88% dos recursos provem de recursos não renováveis(N).

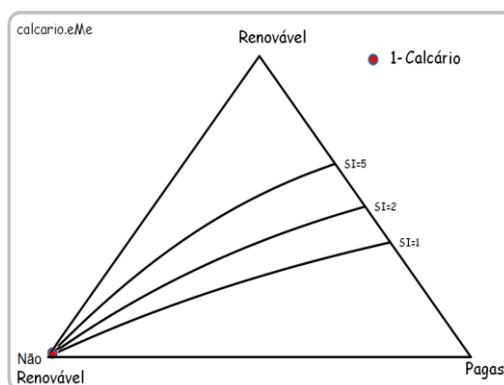


Figura 4- Diagrama ternário de energia do empreendimento estudado.

Conclusões

Calcular sua real transformidade, após o processamento da rocha calcária, com o uso da contabilidade ambiental em emergia é fundamental para subsidiar as análises em emergia do setor produtivo agrícola. Com base nos resultados apresentados neste trabalho, recomenda-se que sejam realizadas outras contabilidades no setor da mineração, com o intuito de obtermos mais dados que possam nos levar a conclusões sobre o comportamento do setor.

Agradecimentos

A Fapemig pelo fornecimento de bolsas e auxílio financeiro. E ao Ifsulminas por proporcionar meios pelo qual o estudo foi viabilizado.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, C.M.V.B.; BARRELLA, F.A.; GIANNETTI, B.F. **Emergetic ternary diagrams: five examples for application in environmental accounting for decision-making**. Journal of Cleaner Production, v 15, n.1, .p. 63-74, 2007.

GIANNETTI, B. F.; BARRELLA, F. A.; ALMEIDA, C.M.V.B. - **A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting**, Journal of cleaner production, 14, p.201-210, 2006.

ODUM, H.T. **Environmental accounting : emergy and environmental decision making**. New York: John Wiley & Sons ,1996.

ODUM, H.T. **Emergy evaluation of an OTEC electrical power system**. Energy v.25, p.3989-3993, 2000.

ODUM, H.T., M.T. Brown, *et al.* **Folio#1: Introduction and global budget. Handbook of Emergy Evaluation: A compendium of data for emergy computation issued in a series of folios**. Gainesville, Fl.: Center for Environmental Policy, University of Florida. 2000. 16p.

ULGIATI, S.; BROWN, M.T. (1998) – **Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems**. *Ecological Modeling*, 108, p.23-36.