



# Acc4<sup>th</sup>emic

## INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

## **Análise dos Indicadores em Emergia para a Instalação de um Aterro Sanitário na Região do Sul de Minas Gerais**

FRIMAIO, C. A.<sup>a\*</sup>, FRIMAIO, G.<sup>c</sup>, ALMEIDA, C. M. V. B.<sup>c</sup>, FRIMAIO, A.<sup>b</sup>, SILVA C.C.<sup>b</sup>

*a. Universidade Federal do ABC*

*b. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais*

*c. Universidade Paulista*

*\*Corresponding author, cafs\_sp@msn.com*

### **Abstract**

More than 50% of Brazilian cities place their urban solid wastes (USW) in places with no previous treatment and adequate control, according to data from Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002), although Law 12.305 (PNRS, 2010) forbids the existence of dumps and encourages more environment-friendly treatment techniques. In this sense, a study was made simulating a landfill implantation that contemplates some cities in south Minas Gerais, which residuals are placed in open dumps, based on studies of the emergy synthesis from São João Landfill in São Paulo. The calculations were made regarding the population average of each city in a period of 12 years. For the annual solid waste generation rate per habitant it was used data from Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil (ABRELPE, 2011), that corresponds to 341,275 kgRSD.year/hab of waste. This paper concludes that approximately  $5.45 \times 10^5$  m<sup>3</sup> of biogas and  $2,72 \times 10^6$  m<sup>3</sup> of CH<sub>4</sub> (Methane gas) would be produced. The indicators in emergy point that the landfill system simulated for south Minas Gerais area is not sustainable because it would use 73,98% of the resources coming from the economy. Although it is worth highlighting that without the implantation of a landfill in this area and the use of inputs from the economy the impacts to the environment would be much more overwhelming.

**Keywords:** Emergy; landfill; sustainability; environment; Landfill waste

### **1. Introdução**

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002), mais da metade dos municípios brasileiros depositam resíduos sólidos urbanos (RSU) em locais sem tratamento prévio e o devido controle, por ser uma prática que apresenta baixo custo.

No entanto essa prática causa sérios danos ambientais, a exemplo da contaminação de lençóis freáticos, de águas superficiais, e do solo por meio do chorume. Danos à atmosfera também são causados pelas emissões de gases de efeito estufa (GEEs).

É necessário salientar que o biogás pode ainda, dissipar-se pela atmosfera e migrar para áreas próximas, causando danos à saúde da população, além de oferecer riscos de explosões locais por meio do gás metano (PECORA, 2006).

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo - Brazil - May 22<sup>nd</sup> to 24<sup>th</sup> - 2013

Nesse sentido, o aterro sanitário, por dispor de técnicas adequadas de tratamento de resíduos, como impermeabilização do solo, cobertura dos resíduos, e coleta do chorume pode ser uma das técnicas de tratamento de resíduos sólidos adotadas pelos municípios, a fim de reduzir os danos causados ao meio ambiente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei 12.305/10 (PNRS, 2010), proíbe a existência de lixões e, em contrapartida, incentiva técnicas de tratamentos de resíduos que sejam mais amigáveis ao meio ambiente, além de incentivar ações consorciadas entre os municípios para esta finalidade.

Considerando que atualmente os municípios de Bueno Brandão, Inconfidentes, Jacutinga, Monte Sião e Ouro Fino Paulista - na região do sul de Minas Gerais - não apresentam tratamento específico para os resíduos sólidos, ou seja, todos os resíduos produzidos são depositados em lixões ao céu aberto (Fig.1), o objetivo desse estudo consiste simular a implantação de um aterro sanitário que atenda a demanda da região, apontando as vantagens ambientais, econômicas e energéticas.

Para a simulação, estimou-se a quantidade de metano emitida para a atmosfera, analisou-se o potencial energético do biogás proveniente do aterro sanitário modelado para geração de energia elétrica e a estimativa de rendimento com sua respectiva venda, bem como o rendimento com a venda dos créditos de carbono para um período de doze anos (2000 a 2012). O custo financeiro para a implantação também foi considerado, assim como e uma estimativa de pagamento no prazo de vinte anos.

Este estudo também tem por finalidade, conscientizar os gestores dos municípios envolvidos para o potencial de aquecimento global emitido pela região, no que tange a falta de tratamento dos resíduos sólidos, bem como apontar as possíveis soluções que viabilize a aquisição de verbas para a implantação de um aterro sanitário, com a finalidade de contribuir para a tomada de decisão de políticas públicas.



**Fig. 1.** Lixão a céu aberto na região do Sul de Minas Gerais

## 2. Metodologia

### 2.1 Metodologia para cálculo da quantidade de metano produzida.

A metodologia utilizada nesse estudo para a implantação de um aterro sanitário que contempla as cidades mencionadas da região do sul de Minas Gerais utiliza os cálculos indicados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB/SMA, 2003) para a estimativa da produção de metano em aterros sanitários.

A estimativa da produção de metano desse estudo foi estimada considerando a média da população anual para cada cidade, em um período equivalente a 12 anos (2000 a 2012), de acordo com dados do IBGE (2012), que corresponde a 95.235 habitantes.

Para a taxa de geração de resíduos sólidos por habitantes, utilizou-se os dados do Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2011), que corresponde a 341,275 kgRSD.ano/hab de lixo.

Foi utilizada a composição gravimétrica dos RSUs da cidade de Leopoldina em Minas Gerais (Faria, 2009), por apresentar características semelhantes às cidades da região do sul de Minas Gerais, como a quantidade de habitantes, baixa atividade industrial, predomínio da atividade rural, e clima similar.

De acordo Calderoni (2009), a densidade do metano ( $\text{CH}_4$ ) é de  $0,796 \text{ kg/m}^3$ , dessa maneira, uma vez obtido o potencial de geração de metano dos resíduos em  $\text{kgCH}_4/\text{kgRSD}$  é possível obter esse potencial em  $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{kgRSD}$ . Considerou-se também a fração de metano no biogás na ordem de 50% (IPCC, 1996 e CENBIO, 2010).

## 2.2 Síntese em Emergia

Odum (1996) desenvolveu a síntese em emergia, uma metodologia capaz de avaliar o uso de recursos utilizados por um determinado sistema, podendo estes recursos serem naturais ou antropogênicos.

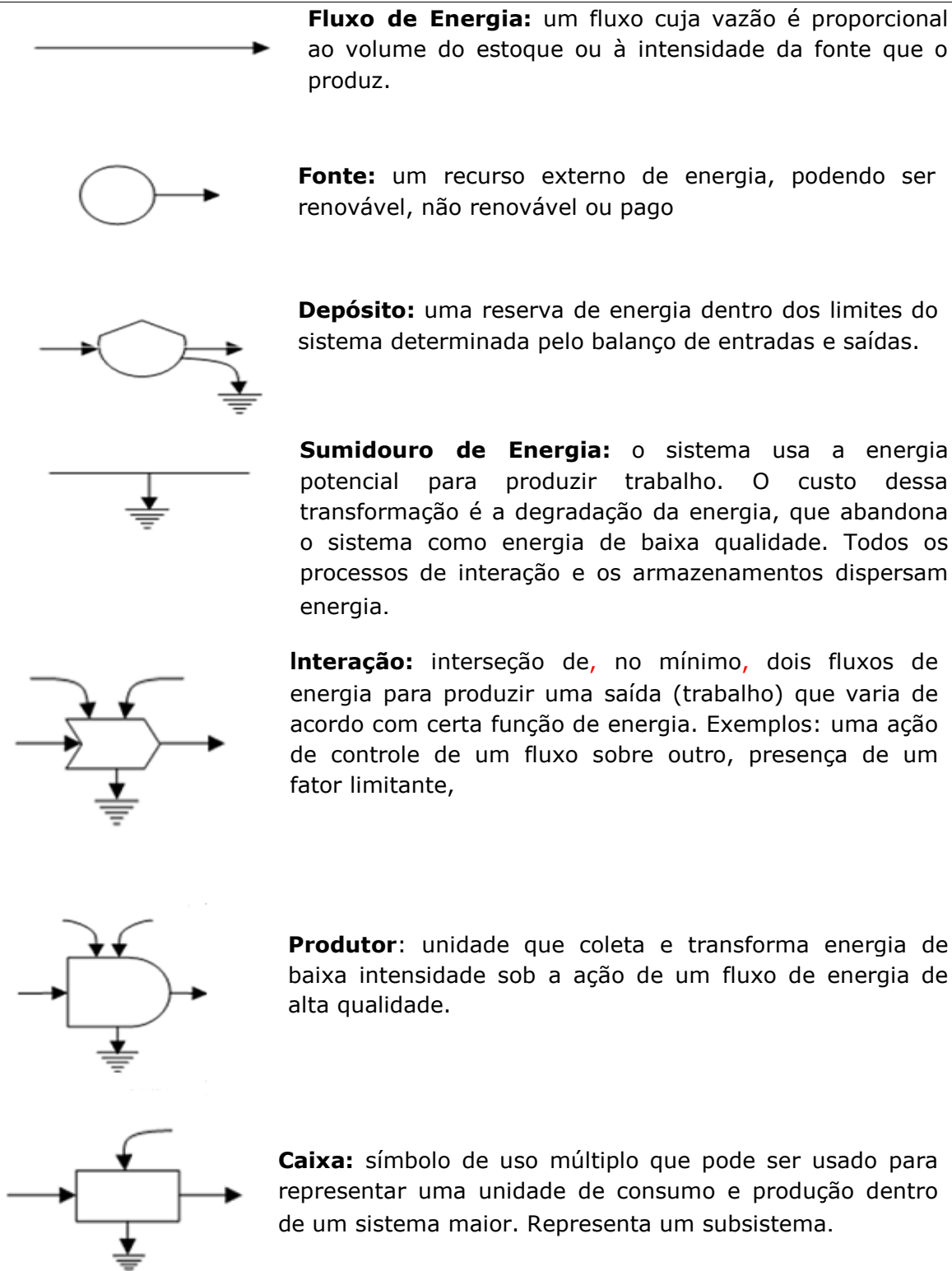
Por tratar-se de uma simulação de implantação de um aterro sanitário, estimou-se, de acordo com a quantidade de metano produzida por cada sistema, os insumos do aterro sanitário da região do sul de Minas Gerais, baseados proporcionalmente na quantidade de insumos utilizados no estudo da síntese em emergia do Aterro Sanitário São João (Frimaio, 2011).

A metodologia tem por base a contabilização da emergia solar, que consiste na quantidade de energia solar necessária de forma direta ou indireta para se obter um produto e/ou serviço em determinado processo, que resulta num valor numérico expressivo do total de emergia.

Para uma melhor visualização dos fluxos que adentram e interagem no sistema, Odum (1996) desenvolveu a construção de diagramas de energia utilizando uma simbologia própria (Fig.2 ). Os trajetos dos fluxos de energia dentro do diagrama indicam os fluxos energéticos provenientes de fontes externas e obedecem a primeira lei da termodinâmica, onde a energia que entra em um sistema não é criada e nem destruída. Os fluxos de saída do diagrama compreendem a energia degradada, obedecendo à segunda lei da termodinâmica. Como a energia perde sua concentração e capacidade de realizar trabalho, ela abandona o sistema de forma degradada (Odum, 1996).

Dessa forma, o tratamento dos dados consistiu primeiramente, em estimar individualmente a quantidade de insumos do aterro sanitário simulado para a região do Sul de Minas Gerais, proporcionais aos insumos do aterro sanitário Sítio São João para possibilitar a construção da Tabela 2 que corresponde à emergia do sistema. Utilizou-se o conceito de transformidade solar de cada insumo, que permite converter todas as quantidades de fluxos de energia do sistema em uma métrica comum ( $\text{sej/J}$ ), permitindo, dessa forma, identificar a quantidade de joules necessários para produzir um joule de emergia solar e assim determinar a quantidade de emergia do sistema em estudo.

Para melhor entendimento do diagrama (Fig.3), os fluxos de entrada do sistema do aterro sanitário para a Região do Sul de Minas Gerais são classificados em três categorias a saber: renováveis (R), localizados à esquerda do diagrama, os recursos não renováveis (N) e provenientes da economia (F), situados na parte superior do diagrama.



**Fig. 2.** Simbologia desenvolvida por Odum (1996) para construção de diagramas

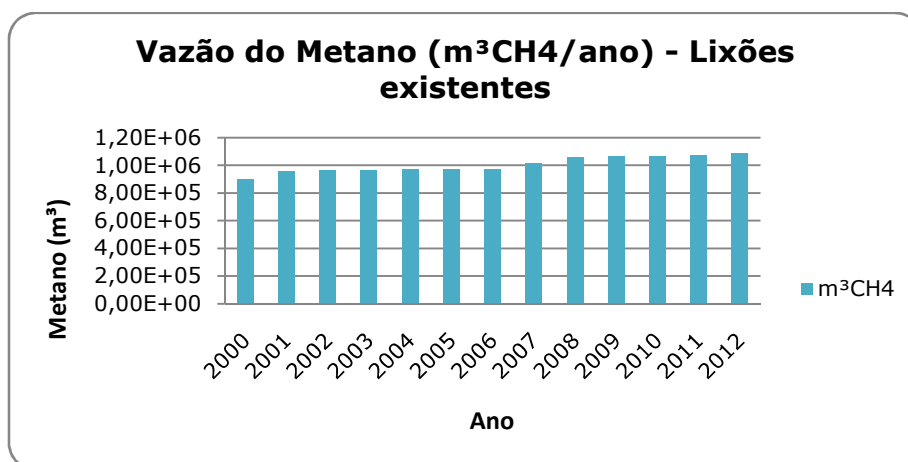
A metodologia desenvolvida por Odum (1996), utiliza alguns indicadores, como o Rendimento em Energia (EYR), Índice de Carga Ambiental (ELR), o Investimento em Energia (EIR), o Índice de Sustentabilidade (ESI) e o Percentual de Renovabilidade (%R), discretizados na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores Ambientais da Metodologia Síntese em Emergia.

| DESCRIÇÃO   | INDICADOR | EQUAÇÃO                        |
|---|-----------|--------------------------------|
| Rendimento em emergia ( <i>emergy yield ratio</i> ): é a relação entre a emergia total contida no produto (Y) em relação aos recursos provenientes da economia (F), ou seja, é a emergia do sistema dividido pela entrada dos fluxos de emergia provenientes da economia. Demonstra a capacidade do processo para explorar os recursos locais provenientes da natureza. O valor mínimo é a unidade. | EYR       | $Y/F$<br>ou<br>$(R + N + F)/F$ |
| Índice de carga ambiental ( <i>environmental loading ratio</i> ): é definido como a relação entre emergia de entrada dos recursos locais não renováveis e de recursos provenientes da economia pela emergia do recurso local renovável. Avalia o estresse imposto ao ambiente, quanto menor o valor, menor o estresse causado.  | ELR       | $(N+F)/R$                      |
| Investimento em emergia é uma relação entre recursos provenientes da economia e recursos gratuitos. Um índice baixo indica que o ambiente provê mais recursos para o processo que a economia (materiais e serviços).  | EIR       | $F/(R+N)$                      |
| Índice de Sustentabilidade: mede a taxa de sustentabilidade. Valores maiores indicam sustentabilidade por períodos de tempo maior. Um sistema, para ser considerado sustentável por longo prazo, deve ter baixa carga ambiental e alto rendimento em emergia.   | ESI       | EYL/ELR                        |
| Percentual de recursos renováveis: indica a porcentagem de fluxo de energia, proveniente de fontes renováveis. Os sistemas com alto valor desse índice são mais sustentáveis.   | %R        | $R/Y \times 100\%$             |

### 3. Resultados

Com a modelagem dos dados foi possível estimar a quantidade de metano gerada no período de 2000 a 2012 (Gráfico 1), que corresponde a 13,1 milhões de m<sup>3</sup> de metano provenientes dos resíduos sólidos depositados nos lixões das cidades contempladas nesse estudo.



**Gráfico 1.** Vazão do metano (m<sup>3</sup>/ano) nos lixões existentes na região proposta para os anos de 2000 a 2012.

Verificou-se que a longo prazo, há uma tendência no aumento de resíduos produzidos na região, e conseqüentemente aumento da produção de metano, uma vez que, a média da população apresentou crescimento de 20,33% num período de dez anos.

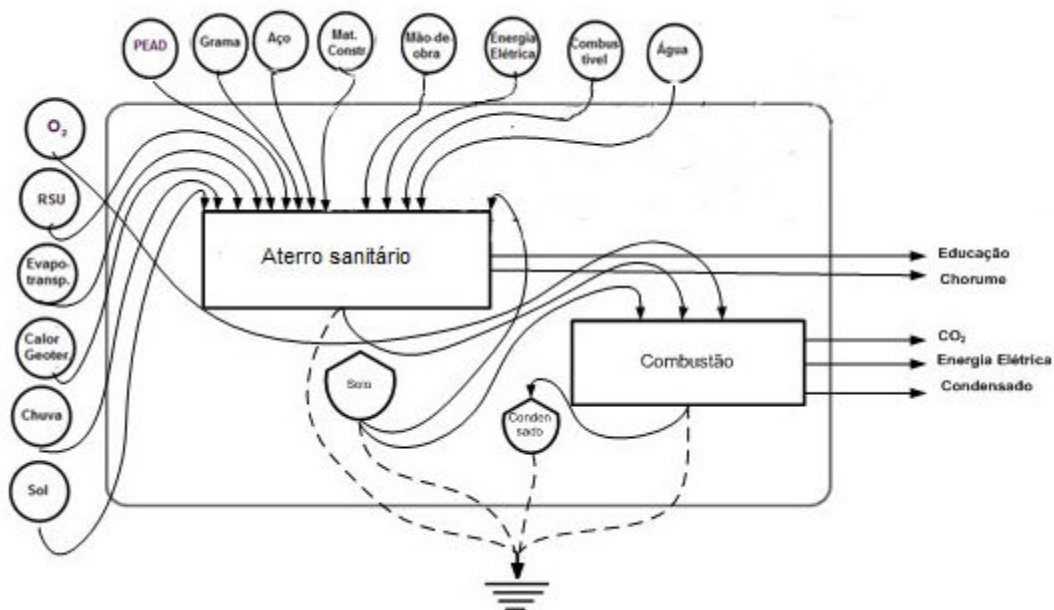
Para análise dos rendimentos provenientes das vendas de energia elétrica e créditos de carbono, os valores econômicos utilizados foram 191,47(R\$/MWh) (MME/PROINFA, 2006) e 6,20 (€xCrédito de carbono), referente a cotação de 27 novembro a 4 de dezembro de 2012, segundo o Instituto Carbono Brasil, assumiu-se também que todo o metano produzido nos anos calculados foi utilizado para conversão de energia elétrica no Aterro simulado

Os rendimentos provenientes da venda de energia elétrica e créditos de carbono para o período de doze anos, foi estimado em 30,85 milhões de reais, sendo R\$9.350.000,00 para venda de créditos de carbono e R\$21.500.000,00 para a venda da energia elétrica gerada. Num período de 20 anos, o valor estimado com as vendas é de 48,9 milhões.

Um aterro sanitário de pequeno porte, o qual tem capacidade de receber 100 toneladas de resíduos sólidos por dia, supriria a demanda da região, o seu custo de construção seria de aproximadamente 52,4 milhões de reais, de acordo com a ABRETE (2007). Analisando os dados calculados, é possível estimar que em vinte anos de funcionamento, 93% (48,9 milhões de reais) do custo de implementação desse Aterro sanitário já seria pago apenas com seus próprios rendimentos.

No entanto, os municípios podem obter financiamentos não reembolsáveis para a implantação de um aterro sanitário, quando for de regime consorciado, desde que atendam o Plano de Saneamento, Lei 11.445/07 e a Lei 12.305/10 da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Em outras palavras, o Governo Federal pode arcar com os custos da implantação, podendo estes municípios obter financiamento a custo zero por meio do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDS), ou do Ministério do Meio Ambiente e ainda por meio do Ministério das Cidades.

Para a metodologia de Odum (1996), o diagrama de energia do sistema é mostrado na Figura 3. No diagrama, podem ser observados os fluxos de energia que adentram no sistema, e as interações que ocorrem entre os componentes do sistema, e do sistema com o meio ambiente.



**Fig. 3.**Diagrama de Energia do aterro sanitário do sul de Minas Gerais

Na Tabela 2, podemos observar os fluxos de energia e de material utilizados no aterro sanitário da região do sul de Minas Gerais.

Tabela 2. Tabela de energia do aterro sanitário com Produção de Energia Elétrica para o período de 2000 a 2012.

| Nota                       | Descrição          | Unidade        | Classe | Valor<br>/(un/ano)    | Energia<br>unidade<br>/(sej/un) | por<br>Fator<br>de<br>Correção | Energia<br>/(sej/ano) | %<br>/(sej/sej) |
|----------------------------|--------------------|----------------|--------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------|
| <b>Fase de Implantação</b> |                    |                |        |                       |                                 |                                |                       |                 |
| 1                          | Solo               | J              | N      | 8,27x10 <sup>10</sup> | 2,21x10 <sup>4</sup>            | 1,00                           | 1,83x10 <sup>15</sup> | 1,70%           |
| 2                          | Geomembrana/PEAD   | g              | F      | 2,23x10 <sup>6</sup>  | 8,85x10 <sup>9</sup>            | 1,00                           | 1,97x10 <sup>16</sup> | 18,40%          |
| 3                          | Massa cimento      | g              | F      | 4,24x10 <sup>3</sup>  | 3,31x10 <sup>9</sup>            | 1,00                           | 1,40x10 <sup>13</sup> | <1%             |
| 4                          | Aço (Máq.& Equip)  | g              | F      | 4,32x10 <sup>4</sup>  | 3,00x10 <sup>9</sup>            | 1,00                           | 1,30x10 <sup>14</sup> | <1%             |
| 5                          | Aço estrutural     | g              | F      | 1,46x10 <sup>3</sup>  | 2,77x10 <sup>9</sup>            | 1,00                           | 4,04x10 <sup>12</sup> | <1%             |
| 6                          | Concreto           | g              | F      | 2,09x10 <sup>5</sup>  | 1,54x10 <sup>9</sup>            | 1,68                           | 5,42x10 <sup>14</sup> | <1%             |
| 7                          | Blocos de cimento  | g              | F      | 2,12x10 <sup>4</sup>  | 1,35x10 <sup>9</sup>            | 1,68                           | 4,81x10 <sup>13</sup> | <1%             |
| 8                          | Telhas e Mourões   | g              | F      | 8,13x10 <sup>3</sup>  | 1,20x10 <sup>9</sup>            | 1,00                           | 9,76x10 <sup>12</sup> | <1%             |
| 9                          | Britas             | g              | F      | 2,67x10 <sup>5</sup>  | 1,00x10 <sup>9</sup>            | 1,68                           | 4,49x10 <sup>14</sup> | <1%             |
| 10                         | Mão-de-obra        | J              | F      | 9,15x10 <sup>5</sup>  | 4,30x10 <sup>6</sup>            | 1,00                           | 3,93x10 <sup>12</sup> | <1%             |
| 11                         | Diesel             | J              | F      | 5,64x10 <sup>6</sup>  | 1,11x10 <sup>5</sup>            | 1,00                           | 6,26x10 <sup>11</sup> | <1%             |
| <b>Fase de Operação</b>    |                    |                |        |                       |                                 |                                |                       |                 |
| 12                         | Precipitação       | J              | R      | 1,48x10 <sup>08</sup> | 1,76x10 <sup>4</sup>            | 1,68                           | 4,38x10 <sup>12</sup> | <1%             |
| 13                         | Energia Geotérmica | J              | R      | 1,05x10 <sup>09</sup> | 1,49x10 <sup>4</sup>            | 1,00                           | 1,56x10 <sup>13</sup> | <1%             |
| 14                         | Sol*               | J              | R      | 8,83x10 <sup>09</sup> | 1                               | 1,00                           | 8,83x10 <sup>09</sup> |                 |
| 15                         | RSU                | g              | F      | 8,41x10 <sup>08</sup> | 1,33x10 <sup>7</sup>            | 1,00                           | 1,12x10 <sup>16</sup> | 10,44%          |
| 16                         | Água               | m <sup>3</sup> | F      | 2,97x10 <sup>0</sup>  | 7,75x10 <sup>11</sup>           | 1,00                           | 2,30x10 <sup>12</sup> | <1%             |
| 17                         | Concreto/canaletas | g              | F      | 3,97x10 <sup>06</sup> | 1,54x10 <sup>9</sup>            | 1,68                           | 1,03x10 <sup>16</sup> | 9,58%           |
| 18                         | Britas             | g              | F      | 3,55x10 <sup>07</sup> | 1,00x10 <sup>9</sup>            | 1,68                           | 5,96x10 <sup>16</sup> | 55,58%          |
| 19                         | Gramma             | g              | F      | 1,25x10 <sup>4</sup>  | 9,00x10 <sup>8</sup>            | 1,00                           | 2,82x10 <sup>15</sup> | <1%             |
| 20                         | Mão-de-obra        | J              | F      | 6,56x10 <sup>08</sup> | 4,30x10 <sup>6</sup>            | 1,00                           | 2,82x10 <sup>15</sup> | 2,63%           |
| 21                         | Energia Elétrica   | J              | F      | 1,30x10 <sup>07</sup> | 2,69x10 <sup>5</sup>            | 1,68                           | 4,64x10 <sup>12</sup> | <1%             |
| 22                         | Combustível        | J              | F      | 4,90x10 <sup>09</sup> | 1,11x10 <sup>5</sup>            | 1,00                           | 5,44x10 <sup>14</sup> | <1%             |
| Energia Total              |                    |                |        |                       |                                 |                                | 1,07x10 <sup>17</sup> | 100%            |

\* Não foi contabilizado para evitar dupla contagem

A energia total do Sistema do Aterro para as cidades da região do sul de Minas Gerais que contempla a ação consorciada entre as cidades de Inconfidentes, Bueno Brandão, Jacutinga, Monte

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo – Brazil – May 22<sup>nd</sup> to 24<sup>th</sup> - 2013

Sião e Ouro Fino é de  $1,07 \times 10^{17}$  sej/ano, enquanto que para o estudo de emergia realizado do aterro Sanitário São João é de  $8,10 \times 10^{19}$  sej/ano, ou seja, o aterro sanitário para a região do sul de Minas Gerais é cerca de 757 vezes menor no que tange à quantidade de joules de emergia, quando comparado ao aterro sanitário São João – SP.

Na simulação da implantação do aterro sanitário da região do sul de Minas Gerais, os recursos provenientes da economia (F) mais significativos correspondem às britas, que representam 55,58% e a geomembrana PEAD, 18,40%, que juntas, representam 73,98% do sistema.

A classificação dos insumos utilizados em renováveis (R), não renováveis (N) e provenientes da economia (F), possibilita utilizar os indicadores da síntese em emergia.

Pode-se observar, na Tabela 3, os índices obtidos pelos indicadores obtidos para a simulação do aterro sanitário da região do sul de Minas Gerais.

Tabela 3. Resultado dos indicadores da Metodologia Síntese em Energia

| Indicador | Aterro Sanitário |
|-----------|------------------|
| EYR       | 1,02             |
| EIR       | 56,98            |
| ELR       | 5344,92          |
| ESI       | 0,00             |
| %R        | 0,02%            |

O EYR é um indicador capaz de fornecer um índice da habilidade que o sistema possui para explorar recursos energéticos locais da natureza, pois representa o total da emergia do sistema pela emergia dos recursos provenientes da economia.

Para a simulação da implantação de um aterro sanitário na região do sul de Minas Gerais, o índice foi de 1,02, indicando que toda a quantidade de recursos investidos pelo meio ambiente são quase os mesmos que os provenientes da economia. Este resultado revela que o sistema possui baixo rendimento em emergia, por ser muito dependente dos recursos provenientes da economia.

O indicador que representa o investimento em emergia (EIR) expressa a razão entre os insumos provenientes da economia (F) em relação aos recursos renováveis (R) e não renováveis (N) utilizados, ou seja, quanto menor o índice, melhor para o sistema.

Esse indicador obteve o índice de 56,98, demonstrando que a instalação de um aterro sanitário na região, utiliza muitos recursos provenientes da economia, entende-se por esse resultado, que o investimento em emergia é muito alto para cada recursos gratuito utilizado pelo sistema.

Outro indicador utilizado é o Índice de Carga Ambiental (ELR), que avalia o estresse ambiental: quanto menor seu valor, menor o estresse causado pelo sistema ao meio ambiente (BROWN; ULGIATI, 2002). O resultado obtido de 5.346,98 por este indicador revela que o sistema produz um grande impacto ou estresse ambiental no meio no qual o sistema está inserido.

O índice de Sustentabilidade (ESI) aponta que o aterro sanitário não é um sistema sustentável a curto prazo.

Notamos que a maioria dos indicadores demonstra que a implantação de um aterro sanitário na região do sul de Minas Gerais utilizaria muitos recursos provenientes da economia, superando as quantidades utilizadas de recursos renováveis e naturais. Por essa razão o indicador de renovabilidade do sistema apresenta índice de 0,02%.

#### 4. Conclusão

Embora a simulação para a implantação de um aterro sanitário para a região do sul de Minas Gerais utilize a maioria dos insumos provenientes da economia, motivo pelo qual os indicadores da síntese em emergia apresentam índices não satisfatórios, é necessário considerar que os resíduos gerados na região e dispostos a céu aberto na forma de lixões, geram impactos ambientais incomensuráveis no que tange ao meio ambiente e à população local, como o lançamento de 13,1 milhões de metros cúbicos de metano na atmosfera num período de doze anos.

Quanto ao benefício proveniente do aproveitamento do gás metano para a produção de energia elétrica há dois fatores a serem considerados: o ambiental e o financeiro. Do ponto de vista ambiental, um aterro que promove a captação do metano é sustentável, enquanto que um aterro que apenas



enterra seus resíduos não é sustentável (FRIMAIO, 2011), ou seja um aterro sanitário que promove a conversão do gás metano em energia elétrica deixa de emitir um gás 21 vezes mais danoso a atmosfera, tornando-se desta forma mais amigável ao meio ambiente.

Dessa forma, pode-se concluir que a implantação de um aterro sanitário com produção de energia elétrica é perfeitamente recomendável para a região, pois embora utilize muitos recursos provenientes da economia, o aterro sanitário minimiza impactos ambientais no que tange a água, ar e solo e ainda promove rendimentos financeiros para os municípios envolvidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE – Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2011. Disponível em: < [http://www.jbrj.gov.br/a3p\\_site/pdf/ABRELPE%20Panorama%202001%20RSU-1.pdf](http://www.jbrj.gov.br/a3p_site/pdf/ABRELPE%20Panorama%202001%20RSU-1.pdf)>. Acesso em 28.11.2012.

BIRGEMER, H.G. & CRUTZEN, P.J. The production of methane from solid wastes. *Journal of geophysical research*, 1987. v. 92, n° D2, pp 2181-2187.

BORBA, S. M. Análises de modelos de geração de gases em aterros sanitários: estudos de caso Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: COOPE/UFRJ, 2006.

CALDERONI, S., (2009) – Industrialização sustentável do lixo. Seminário Internacional Wastenet. 66p.

CENBIO (2010). Centro Nacional de Referência em Biomassa. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/download/metodologiabiomassa.pdf>>. Acesso em 24.02.2012.

COSTA, D. F. (2002) - Biomassa como fonte de energia, conversão e utilização. (Monografia). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CETESB/SMA - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaria do Meio Ambiente – Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares. 2003. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/publicacoes-e-relatorios/1-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em 23.09.10.

FARIA .R.M., - Caracterização do resíduo sólido urbano da cidade de Leopoldina-MG: Proposta de implantação de um centro de triagem, 2009.

FOSTER, H.T. II AND COHEN, A.,. Palynological evidence of the effects of the deerskin trade on eighteenth century forests of southeastern North America, *American Antiquity*, 72(1): 35-51.

IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Intergovernmental Panel on Climate Change, v. 5, Waste, IGES, Japan.

FRIMAIO, G., Aterro Sanitário São João: Estudo dos Indicadores Ambientais em Energia. Dissertação de Mestrado, 2011- Depto. de Engenharia de Produção – UNIP.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 27.10.2012.

IPCC (2006) - Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Intergovernmental Panel on Climate Change, v. 5, Waste, IGES, Japan.

PECORA, V. Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP – Estudo de Caso. 2006. 152 p. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - PIPGE.

GUNNERSON, C., G. AND D. STUCKEY, C. -Anaerobic Digestion - Principles and Practices for Biogas systems. 1986.Washington DC, The World Bank & UNDP: 178.

INSTITUTO CARBONO BRASIL - O mercado de carbono entre 27 de novembro e 04 de dezembro. Disponível em: <[http://www.institutocarbonobrasil.org.br/mercado\\_de\\_carbono\\_analise\\_financeira](http://www.institutocarbonobrasil.org.br/mercado_de_carbono_analise_financeira)>. Acesso em 30.10.2012.

MME/PROINFA – Ministério do Meio Ambiente, 2006 – Energias Renováveis. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/galerias/arquivos/apresentacao/VI.pdf>>. Acesso em 28.10.2012.

ODUM, H.T. Environmental accounting – Emery and environmental decision making, Ed. John Wiley & Sons Ltd.,1996, p.370.

PLANO DE SANEAMENTO. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em 08.12.2012.

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/.../lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/.../lei/l12305.htm)> . Acesso em 04.12.2012.

PNSB/IBGE PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PNSB – 2002. Comentários sobre os resultados apresentados no tema de Limpeza Urbana pelo Consultor J. H. Penido, Monteiro. J. H. Penido Monteiro, abril, 2002.