



Avaliação da implantação de uma logística de reciclagem e incineração de resíduos sólidos domésticos para o município de Porto Alegre - RS, através da utilização da técnica de ACV

Tiago Panizzon¹, Geraldo A. Reichert² Vania E. Schneider³

¹Universidade de Caxias do Sul (tpanizzo@ucs.br)

² Universidade de Caxias do Sul (gareiche@ucs.br)

³ Universidade de Caxias do Sul (veschnei@ucs.br)

Resumo

Dentre os diversos avanços trazidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos na gestão de resíduos sólidos está o conceito de gerenciamento integrado, o qual busca encontrar as soluções mais adequadas, não só do ponto de vista ambiental, mas também do econômico, social, político e cultural. É dentro desta problemática que a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) aparece como uma ferramenta a ser utilizada no processo de tomada de decisões. Este trabalho visou avaliar através da utilização da técnica de ACV o impacto da implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos para o município de Porto Alegre baseado na reciclagem e na incineração dos resíduos. Neste estudo foram comparados dois cenários distintos: um cenário base referente à situação do município no ano de 2012 e um cenário com forte estímulo de reciclagem e encaminhamento do resíduo restante à incineração. A combinação da implantação de um sistema de incineração em conjunto com um bom sistema de reciclagem mostrou-se como uma solução ambientalmente interessante. Evidenciou-se durante a análise de ACV que todos os 8 indicadores utilizados apresentam resultados melhores para o cenário proposto do que para o cenário atual. A reciclagem apresentou os resultados mais positivos, trazendo benefícios em todos os indicadores. Dentre os indicadores analisados, os resultados mais promissores foram em termos de uso de energia. Isso se deve ao fato de haver grande aproveitamento energético tanto na incineração quanto na reciclagem, visto que a mesma resulta, em termos globais, em uma redução na energia necessária para confecção dos produtos.

Palavras-chave: Avaliação de Ciclo de Vida. Gerenciamento Integrado. Incineração

Área Temática: Tema 12 – Resíduos Sólidos

Evaluation of the implantation of a logistics based on domestic solid waste recycling and incineration, in Porto Alegre – RS, through the LCA technic

Abstract

Among the many advances brought in solid waste management by the Brazilian National Policy on Solid Waste is the concept of integrated management, which seeks to find the most appropriate solutions not only from an environmental point of view but also from the economic, social, political and cultural. It is within this problem that the Life Cycle Assessment (LCA) appears as a tool to be used in the decision making process. This study evaluated using the LCA technique as a tool to assess the impact of the implementation of a solid waste management system for the city of Porto Alegre based in recycling and waste



incineration. We compared two different scenarios: a baseline scenario regarding the municipality's situation in 2012 and a scenario with strong encouragement of recycling and forwarding the remaining waste incineration. The combination of the implementation of an incineration system together with a good recycling system has proved to be an environmentally interesting solution. It was evident during the LCA analysis that all eight indicators used show better results for the proposed scenario than for the current scenario. Recycling showed the most positive results, bringing benefits for all indicators. Among the analyzed indicators, the most promising results were in terms of energy use. This is due to the fact that there are large energy reclamation both in incineration and recycling, resulting in a reduction in the energy needed to manufacture the products.

Key words: Life Cycle Assessment. Integrated Management. Incineration

Theme Area: Theme 12 – Solid Waste

1 Introdução

Dentre os diversos avanços trazidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) na gestão de resíduos sólidos está o conceito de gerenciamento integrado. Conforme definição de White et al. (1995), o gerenciamento integrado de resíduos sólidos consiste em uma forma diferenciada de fazer o manejo dos resíduos, combinando diferentes métodos de coleta e tratamento de forma a lidar com eles de forma ambientalmente efetiva, economicamente viável e socialmente aceitável. Ou, como colocado pela PNRs, é o “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável”.

Obter um sistema integrado, porém, não consiste em uma tarefa simples. Devido ao elevado número de variáveis envolvidas, e das características únicas encontradas em cada município, não existe um modo “correto” para realizar o manejo, e consequentemente, criar um sistema integrado de gerenciamento de resíduos sólidos (Wilson et al., 2001), cabendo então à cada estado e município buscar o sistema que melhor se enquadre a sua realidade.

É dentro desta problemática que a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) aparece como uma ferramenta a ser utilizada no processo de tomada de decisões. A ACV estuda os aspectos e os impactos ambientais ao longo da vida de um produto, chamado de “berço ao túmulo” (e por alguns autores de “berço ao berço”), indo desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição, considerando pelo menos os impactos sobre a saúde humana, o uso de recursos e as consequências ecológicas (ABNT, 2001).

A ACV tem sido utilizada como ferramenta gerencial ambiental através da qual se pode avaliar os usos de energia e matéria-prima, assim como a geração de resíduos resultantes da fabricação e uso de produtos de consumo de massa, serviço ou processo industrial de interesse. Dentro do gerenciamento de resíduos sólidos cita-se como exemplos a sua utilização para avaliação da sustentabilidade de sistemas de gerenciamento de resíduos da construção civil (Klang et al., 2003), comparação de diferentes formas de gerenciamento de resíduos sólidos domésticos na cidade de Roma (Cherubini et al., 2009), avaliação da sustentabilidade da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (Hischier, et al., 2005) e a avaliação da contaminação do ar e da água devido aos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos (Xará et al., 2005).

No geral, ferramentas de Avaliação de Ciclo de Vida vêm sendo utilizadas para avaliar sistema de gerenciamento de resíduos na Europa e América do Norte, porém no Brasil sua utilização nesta área ainda é escassa. Este trabalho visou avaliar, através da utilização da



técnica de ACV, o real impacto da implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos para o município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, baseado na reciclagem e na incineração dos resíduos, em comparação ao sistema atual.

2 Metodologia

Neste estudo foram comparados dois cenários distintos. Primeiramente, um cenário base, referente à situação do município de Porto Alegre no ano de 2012. Neste, 5,65 % do resíduo gerado era reciclado, 2,67 % compostado e o restante encaminhado para aterro sanitário. Neste cenário o sistema de gerenciamento não atende ao exigido na Política Nacional de Resíduos Sólidos, e representa uma situação aproximada da maior parte dos municípios metropolitanos do Brasil.

O segundo cenário, denominado R+I, buscou avaliar um sistema com forte estímulo de reciclagem, sendo reciclados 25 % de todo o resíduo gerado, e encaminhamento do resíduo restante, em sua maioria fração orgânica e rejeito, a um incinerador. As cinzas resultantes da incineração seriam destinadas ao aterro sanitário. Este cenário estaria mais próximo ao exigido na Política Nacional dos Resíduos Sólidos, uma vez que apenas os rejeitos estariam sendo encaminhados para o aterro sanitário.

A avaliação de ciclo de vida foi desenvolvida com o modelo IWM-2 versão 2.50.1. Desenvolvido pela RDP Software, o modelo IWM-2 possui como vantagem o fato fazer parte de uma categoria de programas voltados para a ICV de resíduos sólidos domésticos, sendo então mais adequado para a análise em questão.

Visto que o software em questão trabalha apenas com o cálculo de Inventário de Ciclo de Vida (ICV), para a realização da ACV foram utilizados indicadores externos. Para tal, foram adotados 8 indicadores: Disposição de recicláveis secos em Aterro Sanitário, Disposição de recicláveis orgânicos em Aterro Sanitário, Uso de energia (J), Mudanças climáticas (kg CO₂ eq), Toxicidade humana (kg C₆H₄Cl₂ eq), Oxidação fotoquímica (kg C₂H₄ eq), Acidificação (kg SO₂ eq) e Eutrofização (kg PO₄ eq).

O três primeiros indicadores foram obtidos a partir de informações calculadas pelo programa, enquanto que os outros cinco foram gerados a partir de metodologia proposta por Den Boer et al (2005).

Com vistas à melhor compreensão dos valores, adotou-se ainda a normalização dos resultados. Para tal, foi adotada a metodologia CML (2001), proposta pelos pesquisadores do Centre of Environmental Science - CML, da Universidade de Leiden – Holanda. Neste método, estima-se o impacto médio gerado por um habitante para cada uma das categorias avaliadas. Visto que não existem valores de CML 2001 para o Brasil, adotaram-se os valores médios globais como referência. Tais valores encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Fatores de normalização

Indicador	Unidade	Pop. Equiv. Mundo
Uso de energia	GJ	72
Mudanças Climáticas	kg CO ₂ eq.	6.830
Toxicidade Humana	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq.	8.800
Oxidação Fotoquímica	kg C ₂ H ₄ eq.	8,04
Acidificação	kg SO ₂ eq.	52,9
Eutrofização	kg PO ₄ eq.	22,8

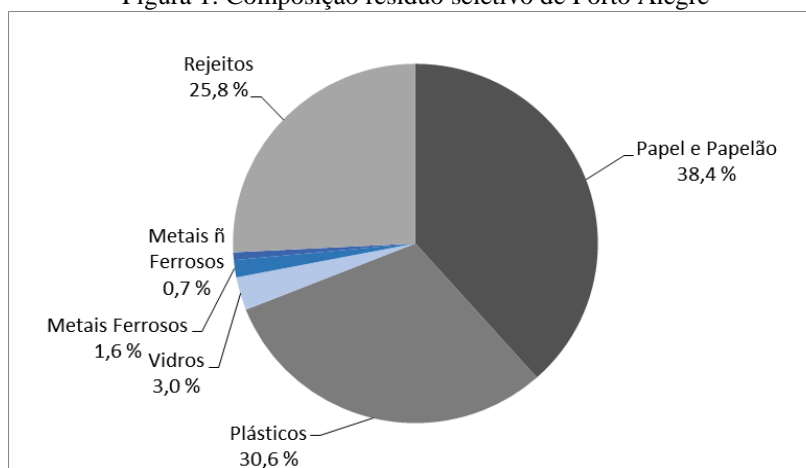
Fonte: Adaptado de CML (2001)

Para a realização desta análise foram levantadas informações junto ao Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU), autarquia responsável pelo gerenciamento dos



resíduos sólidos no município de Porto Alegre. Informações adicionais foram coletadas junto à prefeitura e referências bibliográficas. Para a avaliação da composição do resíduo seletivo foram utilizadas informações fornecidas pelas cooperativas de triagem para o ano de 2011, conforme Figura 1.

Figura 1: Composição resíduo seletivo de Porto Alegre



Fonte: Prefeitura de Porto Alegre (2011)

3 Resultados e Discussão

Primeiramente, tendo em vista que o cenário P+I possui como base o aumento da reciclagem dos resíduos sólidos no município de Porto Alegre e a redução do volume de resíduos encaminhados para o aterro sanitário (AS) através da incineração, avaliou-se a fração de reciclados e orgânicos sendo encaminhados para aterro sanitário, apresentados na Tabela 2 e na Tabela 3:

Tabela 2: Disposição de recicláveis orgânicos em Aterro Sanitário (AS)

Cenário	Orgânicos (ton/ano)	Compostado (ton/ano)	Incinerado (ton/ano)	Encaminhado para AS (ton/ano)	Encaminhado para AS (%)
Base	196.174	10.070	-	110.914,00	94,9%
R+I	191.891	-	177.115,39	11.691,89	7,7%

Tabela 3: Disposição de recicláveis secos em Aterro Sanitário (AS)

Cenário	Recicláveis (ton/ano)	Reciclado (ton/ano)	Incinerado (ton/ano)	Encaminhado para AS (ton/ano)	Encaminhado para AS (%)
Base	140.036	4.087,00	-	115.949,00	82,8%
R+I	145.630	84.747	49.191,12	14.775,61	8,0%

Como se pode observar, o cenário R+I representa uma redução significativa na quantidade de resíduos sendo encaminhadas ao aterro sanitário. No caso do resíduo orgânico, uma vez que a compostagem representa uma fração pequena do tratamento de resíduos de Porto Alegre, tem-se uma redução de 94,9 % para 7,7 %, sendo o volume resultante referente às cinzas geradas na incineração.

No caso da fração reciclável, a redução de resíduo encaminhado ao aterro sanitário foi de 82,8 % para 8,0 %. Essa redução deve-se em sua maioria ao aumento da reciclagem, porém, deve-se muito também à incineração destes materiais.



A Tabela 4 e a Tabela 5 apresentam os resultados obtidos para a avaliação do Cenário Base. Neste cenário, observa-se que o grande impacto se dá pela coleta e pela disposição em aterro sanitário. A reciclagem, por outro lado, atenua o impacto decorrente destes dois sistemas. De fato, o que se evidencia é que o sistema resulta em um valor negativo (impacto positivo) em termos de toxicidade humana e uso de energia, devido justamente à reciclagem.

Em contrapartida, o sistema resulta em impactos significativos em termos de aquecimento global, sendo essa questão mais evidente ao se avaliar os valores normalizados. Isto se deve ao fato de grande parte do resíduo ser encaminhado para o aterro sanitário. Como o mesmo gera um volume elevado de metano, gás com elevado potencial de aquecimento global (1 g CH₄ = 23 g CO₂), visto que 30 % do mesmo é perdido antes de ocorrer a queima, o impacto deste tipo de estrutura torna-se significativo. O volume elevado de metano desprendido também foi responsável pelo valor elevado obtido no indicador de normalização de oxidação fotoquímica.

Tabela 4: Indicadores para o Cenário Base

Indicador	Unidade	Coleta	Triagem	Compost.	Incin.	A.S.	Reciclagem	Total
Uso de energia	GJ	1,06x10 ⁵	5,32x10 ³	2,61x10 ³	0	1,47x10 ⁵	-4,08x10 ⁵	-1,44x10 ⁵
Mudanças Climáticas	kg CO ₂ eq.	6,53x10 ⁶	2,10x10 ⁵	2,66x10 ⁴	0	2,71x10 ⁸	-1,38x10 ⁷	2,64x10 ⁸
Toxicidade Humana	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq.	1,38x10 ⁵	6,37 x10 ³	2,74x10 ³	0	9,59x10 ⁵	-2,27x10 ⁷	-2,16x10 ⁷
Oxidação Fotoquímica	kg C ₂ H ₄ eq.	4,65x10 ⁵	1,38 x10 ²	5,59	0	5,01x10 ⁴	-4,25x10 ³	5,06x10 ⁴
Acidificação	kg SO ₂ eq.	6,67x10 ⁴	2,00x10 ³	98,6	0	9,42x10 ⁴	-6,85x10 ⁴	9,45x10 ⁴
Eutrofização	kg PO ₄ eq.	1,49 x10 ⁴	4,34 x10 ²	8,59x10 ¹	0	2,10x10 ⁴	-1,73x10 ⁴	1,91x10 ⁴

Tabela 5: Valores normalizados para o Cenário Base

Indicador	Unidade	Coleta	Triagem	Compost.	Incin.	A.S.	Reciclagem	Total
Uso de energia		1.470	74	36	0	2.047	5.667	2.006
Mudanças Climáticas		956	31	4	0	39.745	2.027	38.709
Toxicidade Humana	População	16	1	0	0	109	2.580	2.454
Oxidação Fotoquímica	equivalente	578	17	1	0	6.230	529	6.297
Acidificação		1.261	38	2	0	1.780	1.294	1.787
Eutrofização		652	19	4	0	921	759	837

Algumas conclusões podem ser obtidas dessa análise:

- Observa-se que, em termos de mudanças climáticas, devido ao impacto elevado do aterro sanitário a coleta possui pouca influência sobre este indicador;
- Em contrapartida, a coleta possui impactos significativos quando levamos em consideração a eutrofização, acidificação e o uso de energia, evidenciando a relevância de se avaliar os impactos desta etapa;
- Os impactos positivos decorrentes da reciclagem são expressivos em todas as etapas, salvo para mudanças climáticas, aonde o elevado impacto causado pelo aterro sanitário suprime em muito os benefícios trazidos pela reciclagem;
- A triagem representa uma etapa pouco impactante dentro da cadeia da reciclagem. Ressalta-se porém que esta afirmação somente é válida para unidades de triagem operadas em condições ótimas, o que muitas vezes não ocorre no Brasil.

Para o Cenário R+I, em que se avaliou uma reciclagem de 25 % dos resíduos mais a incineração do restante, os resultados obtidos foram bem distintos. Como pode ser observar na Tabela 6 e na Tabela 7, este cenário apresenta resultados muito positivos em termos de redução de impactos ambientais.



Tabela 6: Indicadores para o Cenário R+I

Indicador	Unidade	Coleta	Triagem	Comp.	Incineração	A.S.	Reciclagem	Total
Uso de energia	GJ	1,72x10 ⁵	2,03x10 ⁴	0	-6,69x10 ⁵	1,54x10 ⁴	-1,49x10 ⁶	-1,94x10 ⁶
Mudanças Climáticas	kg CO ₂ eq.	1,06x10 ⁷	4,97x10 ⁵	0	3,03x10 ⁸	9,32x10 ⁵	-5,39x10 ⁷	2,61x10 ⁸
Toxicidade Humana	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq.	2,21x10 ⁵	2,28x10 ⁴	0	3,53x10 ⁵	2,33x10 ⁴	-6,38x10 ⁷	-6,32x10 ⁷
Oxidação Fotoquímica	kg C ₂ H ₄ eq.	7,61x10 ³	2,80x10 ²	0	-9,25x10 ²	6,62x10 ²	-1,65x10 ⁴	-8,91x10 ³
Acidificação	kg SO ₂ eq.	1,07x10 ⁵	4,12x10 ³	0	-1,99x10 ⁴	9,50x10 ³	-2,65x10 ⁵	-1,64x10 ⁵
Eutrofização	kg PO ₄ eq.	2,37x10 ⁴	8,46x10 ²	0	-7,96x10 ²	2,12x10 ³	-6,09x10 ⁴	-3,50x10 ⁴

Tabela 7: Valores de normalização para o Cenário R+I

Indicador	Unidade	Coleta	Triagem	Compost.	Incineração	A.S.	Reciclagem	Total
Uso de energia		2.391	282	0	-9.291	214	-20.693	-26.986
Mudanças Climáticas		1.551	73	0	44.300	136	-7.885	38.175
Toxicidade Humana	População	25	3	0	40	3	-7.255	-7.185
Oxidação Fotoquímica	equivalente	947	35	0	-115	82	-2.057	-1.108
Acidificação		2.019	78	0	-376	180	-5.003	-3.103
Eutrofização		1.041	37	0	-35	93	-2.670	-1.534

Neste cenário, em decorrência da recuperação energética e do aumento da reciclagem, tem-se que o único indicador com valor positivo (com impacto ambiental) é o de mudanças climáticas. Neste caso, este valor é decorrente do elevado montante de CO₂ emitido durante o processo. Em contrapartida, com a redução de outros componentes emitidos no aterro sanitário como CH₄, NO_x, SO₂ e ácido fluorídrico, os demais indicadores mostraram resultados animadores.

Um valor particularmente relevante foi obtido no indicador de uso de energia, aspecto decorrente da recuperação energética do incinerador somada à recuperação decorrente da economia energética da reciclagem.

Novamente, algumas conclusões podem ser obtidas:

- O aumento do tráfego de caminhões de coleta resultou em um maior impacto decorrente da poluição e do consumo de combustível destes. Porém, o aumento da reciclagem compensou este aumento, resultando em uma redução significativa nos impactos ambientais gerados;
- O ganho energético do sistema é maior devido à reciclagem do que devido à recuperação energética;
- Apesar do aumento do impacto decorrente do aumento da circulação de caminhões, o verdadeiro responsável pelos impactos de mudanças climáticas acaba por ser o incinerador;
- O sistema em questão não apresenta impactos significativos referentes à toxicidade humana.

Na Tabela 8 e na Tabela 9 encontra-se a comparação entre ambos os cenários avaliados. Esta comparação evidencia uma clara vantagem em termos ambientais para o cenário contemplando reciclagem e incineração. Devido ao aumento da coleta para atender a meta de 25 % de material reciclado evidencia-se um aumento nos impactos decorrentes da coleta, assim como na triagem. Em contrapartida, esses valores são compensados em particular na etapa de reciclagem.

Também, existe uma quase compensação entre termos de mudanças climáticas entre ambos os cenários, onde o aumento da reciclagem e a redução da emissão de metano no aterro sanitário fornecem resultados semelhantes ao gás carbônico emitido na incineração.

De fato, muito dos impactos positivos são decorrentes da redução de emissões no aterro sanitário e através do aumento da reciclagem. Essas questões são particularmente válidas no caso dos indicadores de Toxicidade Humana, Oxidação Fotoquímica, Acidificação



e Eutrofização. Em suma, o cenário R+I apresentou uma redução dos impactos ambientais em todos os indicadores avaliados.

Tabela 8: Comparação entre cenários: (R+I) – (Base)

Indicador	Unidade	Coleta	Triagem	Compost.	Incineração	A.S.	Reciclagem	Total
Uso de energia	GJ	$6,6 \times 10^4$	$1,50 \times 10^4$	$-2,61 \times 10^3$	$-6,69 \times 10^5$	$-1,32 \times 10^5$	$-1,08 \times 10^6$	$-1,80 \times 10^6$
Mudanças Climáticas	kg CO ₂ eq.	$4,06 \times 10^6$	$2,8 \times 10^5$	$-2,66 \times 10^4$	$3,03 \times 10^8$	$-2,71 \times 10^8$	$-4,00 \times 10^7$	$-3,65 \times 10^6$
Toxicidade Humana	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq.	$8,2 \times 10^4$	$1,64 \times 10^4$	$-2,74 \times 10^3$	$3,53 \times 10^5$	$-9,36 \times 10^5$	$-4,11 \times 10^7$	$-4,16 \times 10^7$
Oxidação Fotoquímica	kg C ₂ H ₄ eq.	$2,96 \times 10^3$	$1,42 \times 10^2$	-5,59	$-9,25 \times 10^2$	$-4,94 \times 10^4$	$-1,23 \times 10^4$	$-5,95 \times 10^4$
Acidificação	kg SO ₂ eq.	$4,0 \times 10^4$	$2,1 \times 10^3$	-98,6	$-1,99 \times 10^4$	$-8,47 \times 10^4$	$-1,96 \times 10^5$	$-2,59 \times 10^5$
Eutrofização	kg PO ₄ eq.	$2,37 \times 10^4$	$8,46 \times 10^2$	0	$-7,96 \times 10^2$	$2,12 \times 10^3$	$-6,09 \times 10^4$	$-3,50 \times 10^4$

Tabela 9: Comparação entre cenários: (R+I) – (Base), normalizados

Indicador	Unidade	Coleta	Triagem	Compost.	Incineração	A.S.	Reciclagem	Total
Uso de energia		921	208	-36	-9.291	-1.834	-15.026	-24.980
Mudanças Climáticas		595	42	-4	44.300	-39.609	-5.858	-534
Toxicidade Humana	População	9	2	0	40	-106	-4.675	-4.731
Oxidação Fotoquímica	equivalente	369	18	-1	-115	-6.148	-1.528	-7.406
Acidificação		757	40	-2	-376	-1.600	-3.709	-4.890
Eutrofização		389	18	-4	-35	-829	-1.911	-2.372

4 Conclusão

A combinação da implantação de um sistema de incineração em conjunto com um bom sistema de reciclagem mostra-se como uma solução ambientalmente interessante. Evidenciou-se durante a análise de ACV que todos os oito indicadores utilizados apresentam resultados melhores para o cenário proposto do que para o cenário atual.

A reciclagem apresentou os resultados mais positivos, trazendo benefícios em todos os indicadores, apesar do aumento do tráfego de caminhões de coleta e de unidades de triagem. Esses resultados servem como mais um estímulo para a implantação de sistemas de reciclagem nos municípios brasileiros.

Dentre os indicadores analisados, os resultados mais promissores foram em termos de uso de energia. Isso se deve ao fato de haver grande aproveitamento energético na incineração e também na reciclagem, visto que a mesma resulta, em termos globais, em uma redução na energia necessária para confecção dos produtos.

Em contrapartida, apesar dos resultados positivos no indicador de mudanças climáticas, os resultados obtidos foram apenas levemente acima do cenário atual, o qual está longe de atender o exigido na Política Nacional de Resíduos Sólidos. De fato, caso o montante de material reciclado fosse inferior, os impactos da incineração provavelmente superariam o aterro sanitário neste quesito.

Importante destacar porém, que nos demais indicadores a incineração permanece como uma solução ambientalmente mais adequada, quando bem operada. De fato, a redução de componentes como CH₄, NO_x, SO₂ e ácido fluorídrico, emitidos na operação do aterro sanitário, contribuíram significativamente os demais impactos.

Cabe porém destacar que os resultados aqui apresentados dizem respeito a condições padrões de operação de um aterro sanitário e um incinerador. Alterações nas emissões do incinerador, assim como na operação do aterro sanitário afetariam significativamente os resultados. Ainda, a captação e aproveitamento energético no aterro sanitário reduziria a diferença obtida no caso do indicador de uso de energia assim como o de aquecimento global. Desta forma, a modelagem de outros cenários é fundamental no sentido de buscar o melhor sistema de gerenciamento



Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR ISO 14040 - Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro. 2001

BERG, S. Some aspects of LCA in the analysis of forestry operations. *Journal of Cleaner Production*. V.5, p.211-218. 1997.

BRASIL. Lei no 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, p. 1-21, 2010.

CHERUBINI F.; BARGIGLI, S.; ULGIATI, S. Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration. *Energy*. Vol. 34, ed. 12. 2009.

CML. Life Cycle Assessment. An operational guide for ISO Standards. Part 3- Scientific Background. Leiden University. 2001.

DEN BOER, et al. IWM-2 an LCI computer model for solid waste management. 2005.

HISCHIER, R.; WÄGER, P.; GAUGLHOFER, J. Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective? The environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE). *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. 25, ed. 5. Pg. 525-539. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Pesquisa nacional de saneamento básico - 2008. Rio de Janeiro. 2010

KLANG, A., VIKMAN, P., BRATTEBO, H. Sustainable management of demolition waste – an integrated model for the evaluation of environmental, economic and social aspects. *Resources, Conservation and Recycling*. V38, p. 317-334. 2003.

REICHERT, G. A. Potencial de utilização da ferramenta de inventário de ciclo de vida (ICV) na definição de modelos de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. *Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Belo Horizonte. 2007.

WHITE, P.R.; FRANKE M. AND HANDLE P. Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory. Aspen Publishers, Inc. 200 Orchard Ridge Drive, Gaithersburg, MD 20878. 1995.

WILSON, E.J.; MCDUGALL, F.R. AND WILLMORE, J. Euro-trash: Searching for a More Sustainable Approach to Waste Management. *Resources, Conservation and Recycling*. V. 31, p.327-346. 2001

XARÁ S.; ALMEIDA, M. F.; COSTA, C. PORTO 1990/2000: EVALUATION OF ENVIRONMENTAL BURDENS FROM MSW MANAGEMENT USING LIFE CYCLE ASSESSMENT. *Anais do Tenth International Waste Management and Landfill Symposium*. Sardinia, Italia. 2005.