



### III-059 – REDUÇÕES DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA DIGESTÃO ANAERÓBIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM GERAÇÃO DE ENERGIA NO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE

**Arceu Bandeira Rodrigues<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da PUC/RS em 1987. Engenheiro e Chefe da Assessoria Técnica da Divisão de Destino Final do DMLU da Prefeitura Municipal de Porto Alegre/RS.

**Geraldo Reichert**

Engenheiro Civil pela UFRGS em 1988. Especialista em Recursos Hídricos pelo IPH da UFRGS em 1991. Especialista em Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos pela JICA (Japão) em 1995. Mestre em Saneamento Ambiental em 1999 e Doutorando em Saneamento Ambiental pelo IPH da UFRGS. Engenheiro do DMLU da Prefeitura de Porto Alegre desde 1991. Professor Substituto da UFRGS. Diretor da ABES / RS. Consultor da FNMA / MMA e da FINEP / Prosab 4 – Tema Resíduos Sólidos.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Felizardo, 496 apto 119 – Petrópolis – Porto Alegre – RS – CEP: 90690-200 – Brasil – Tel: (51) 3351-1822 e-mail: [arceu@dmlu.prefpoa.com.br](mailto:arceu@dmlu.prefpoa.com.br)

#### RESUMO

O acúmulo de gases que tem a propriedade de reter na atmosfera o calor do sol refletido pela superfície terrestre, não deixando que esta energia se dissipe no espaço, gera o chamado Efeito Estufa. A Assembleia Geral das Nações Unidas, em 1990, inicia formalmente negociações com vistas a estabelecer uma Convenção Quadro sobre Mudança de Clima, constituindo o chamado Comitê Intergovernamental de Negociação. Em 1992 a Convenção foi negociada e assinada por 175 países mais a União Européia, sendo a Conferência das Partes - COP seu órgão supremo. Na terceira Conferência das Partes (COP 3) foi adotado o Protocolo de Quioto, que fixa o compromisso dos países desenvolvidos (partes listadas no Anexo I do Protocolo) em reduzir suas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) em 5,2% sobre níveis de 1990 e sobre o nível de 1995 para os demais gases, no período 2008 a 2012. No Protocolo, fica estabelecido que cada Parte deva reduzir suas emissões, podendo também comprovar a redução por meio de reduções atingidas por outras Partes por meio de mecanismos adicionais de flexibilização. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL é o único destes mecanismos que permite a participação de países em desenvolvimento não constantes do Anexo I como o Brasil. Na sétima Conferência das Partes (COP 7), o MDL foi adotado. O propósito do MDL é assistir aos países que não fazem parte do Anexo I, para que atinjam o desenvolvimento sustentável contribuindo para o objetivo final da Convenção e para auxiliar os países do Anexo I a atingirem suas metas de redução. O presente trabalho visa apresentar estudo desenvolvido para avaliar o Projeto Ecoparque Porto Alegre no contexto do MDL, estimar o quantitativo de emissões antrópicas de gases de efeito estufa em cenário provável de linha de base e estimar as reduções de emissões atribuíveis à implantação da planta. O resultado do estudo aponta para a redução de 9.621.044,36 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> em 3 períodos consecutivos de 7 anos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reduções de emissões, efeito estufa, biogás, MDL, créditos de carbono.

#### INTRODUÇÃO

O Estudo que se apresenta, foi elaborado como parte integrante do Estudo de Viabilidade e Sustentabilidade Projeto Ecoparque (REICHERT, 2004), resultante do convênio celebrado entre a Prefeitura Municipal de Porto Alegre por meio do DMLU, a Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica – CGTEE e a ELETROBRÁS Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

Foram avaliadas as características do projeto em relação aos critérios de validação de projetos do MDL, cenário de linha de base, emissões no cenário de linha de base e reduções de emissão atribuíveis ao projeto.



## DESCRIÇÃO DO PROJETO

O Projeto Ecoparque Porto Alegre é uma proposta de tratamento de resíduos sólidos urbanos utilizando a digestão anaeróbia. Esta tecnologia vem tendo sua aplicação ampliada nos últimos, principalmente na Europa, sendo que o país que mais utiliza esta tecnologia é a Espanha, com uma capacidade instalada de 818 mil toneladas de RSU por ano em 2004 (REICHERT, 2005).

A avaliação da planta de digestão anaeróbia para Porto Alegre foi feita para uma capacidade instalada de 440.000 de RSU por ano. Como produtos da planta de digestão anaeróbia espera-se uma produção de 100.000 t/a de composto maturado; de 33.200 t/a de materiais recicláveis (papel/papelão, plásticos, vidros e metais); e a geração de 19.620.000 Nm<sup>3</sup>/a de biogás, que resultam em 5,1 MW de potência elétrica líquida. A redução de envio de resíduos para disposição em aterros foi estimada em cerca de 60 %, em peso. Em volume a redução é maior, visto que seriam aterrados somente os rejeitos, que são mais densos.

O investimento total previsto é R\$ 183,2 milhões (base setembro de 2004). Para o cálculo da viabilidade econômica foram estimadas as receitas da comercialização dos recicláveis; do composto; da energia gerada a partir do biogás; e dos créditos de carbono da não emissão de metano. Várias alternativas e cenários foram avaliadas. O custo de tratamento para a prefeitura na planta de DA (que entra como receita do Ecoparque) varia de R\$ 35,77/t a R\$ 77,94/t; sendo que para o cenário base (mais provável) o custo fica em R\$ 43,35/t. Considerando que o custo atual de disposição final (com transferência) é de cerca de R\$ 40,00/t, o projeto é viável. Para maiores detalhes do projeto e do estudo realizado verificar Reichert *et al.* (2004) e Reichert e Silveira (2005).

## AVALIAÇÃO DO PROJETO COMO ATIVIDADE DO MDL

O projeto abrange fontes de emissões de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> oriundas dos setores de manejo e disposição de resíduos, transportes e o setor de produção de energia. O seqüestro de CH<sub>4</sub> é a principal fonte geradora de reduções de emissão no âmbito do projeto, num cenário onde a destinação final em aterros sanitários é o mais provável.

As reduções de emissão serão atingidas pelo aproveitamento energético do biogás gerado na fase de decomposição anaeróbia e pela posterior compostagem, que completará a estabilização da matéria orgânica sem geração de CH<sub>4</sub>. As fugas de emissões do projeto deverão se resumir à permanência de pequena quantidade de matéria orgânica nos rejeitos do processo, dispostos em aterro sanitário.

As reduções de CO<sub>2</sub> serão obtidas pelo deslocamento das emissões associadas a combustíveis fósseis na matriz do sistema de geração, e pela redução de emissões devidas ao transporte da massa equivalente de resíduos tratados na unidade.

O projeto contribui para a sustentabilidade, pois busca aumentar a eficiência do sistema de gerenciamento integrado de resíduos sólidos de Porto Alegre. Para implantar o projeto, deverão ser realizados investimentos que trarão diversos benefícios sociais e ambientais tais como geração de energia elétrica de fonte alternativa renovável e menos poluente; geração de emprego e renda na operação da unidade; aumento da reciclagem; incentivo à agricultura orgânica pelo composto produzido a partir do resíduo após a biodigestão; redução da massa de resíduos transportada e destinada para aterros sanitários.

## CENÁRIO DE LINHA DE BASE

Considerou-se o aterro sanitário como método usual exigido e economicamente atrativo para disposição final de resíduos, durante o período previsto de obtenção de créditos do projeto. Para este cenário, adotou-se como usual a captura e queima de 20% do biogás produzido.

O investimento previsto de R\$ 183,2 milhões dispensou para os objetivos deste estudo, comprovação segundo metodologia de linha de base para demonstrar não ser o projeto um curso de ação economicamente atrativo em comparação com a prática usual de disposição em aterro sanitário.



## MONITORAMENTO

Metodologias de monitoramento de emissões de linha de base em projetos de captura de gás de aterro sanitário são relativamente simples, pela medição da energia gerada ou pela queima monitorada. Isto não pode ser aplicado ao Projeto Ecoparque.

A metodologia de monitoramento a ser utilizada no projeto, deverá atribuir racionalmente à linha de base às emissões associadas à fração orgânica de resíduos estabilizada por digestão aeróbia na compostagem, sem geração de biogás.

Para elaboração do estudo, resolveu-se este problema utilizando um fator de correção entre o processamento na planta e a disposição em aterro sanitário.

Quanto ao deslocamento de emissões da matriz do sistema pela geração de energia e pelo transporte de resíduos, poder-se-á utilizar arcabouço de metodologias existentes.

## CÁLCULO DAS EMISSÕES DE CH<sub>4</sub> NO CENÁRIO DE LINHA DE BASE

Para o cenário de linha de base, faremos uso do método US EPA First Order Decay Model (Modelo de decomposição de Primeira Ordem da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) expressado pela equação 1, para estimar as emissões associadas ao resíduo no caso de sua disposição em aterro sanitário. Do valor total destas emissões calculadas pelo modelo, será adotado o fator de ajustamento de 20% para a eficácia usual dos sistemas de drenagem passiva (sem sucção) e queima em aterros sanitários, sendo o resultado, as emissões do cenário de BAL.

$$LFG = L_o * R * (e^{-kc} - e^{-kt}) \quad \text{equação (1)}$$

Sendo:

LFG = Volume estimado de metano gerado no aterro num determinado ano (ft<sup>3</sup>)

L<sub>o</sub> = Potencial de geração de metano do resíduo (ft<sup>3</sup>/lb)

R = Taxa de disposição de resíduos (lb/ano)

k = Taxa de geração de metano (1/ano)

t = tempo desde que o aterro foi aberto (anos)

c = tempo desde quando o aterro foi encerrado (anos)

### Cálculo da constante K

A constante k, taxa de geração de metano, é definida pela equação 2 abaixo:

$$k = \ln(2)/t_{1/2} \quad \text{equação (2)}$$

Sendo:

t<sub>1/2</sub>: tempo médio para 50% da decomposição, sendo usual variações entre 4 e 10 anos para resíduos sólidos municipais (IPCC, 1996).

O clima subtropical úmido da região metropolitana de Porto Alegre, registra temperaturas médias no mês mais quente acima de 22°C, temperatura média do ar de 19,4°C e boa distribuição de chuvas ao longo do ano (MENEGAT et al, 1998). Para climas úmidos, os valores de k podem variar de 0,1 a 0,35 (USEPA, 1996). Foi adotada uma meia vida de 4 anos, ficando o valor de k=0,17.

### Cálculo do valor de L<sub>o</sub>

O potencial de geração de metano do resíduo - L<sub>o</sub>, pôde ser estimado utilizando-se a equação 3 (IPCC, 1996):

$$L_o = MCF * DOC * DOCF * F * 16/12 \quad \text{equação (3)}$$



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Sendo:

MCF = fator de correção do metano (%)

DOC = fração de carbono degradável (kg C/ kg RSU)

DOCF = fração de DOC dissolvida

F = fração de metano no biogás

16/12 = conversão de C para CH<sub>4</sub>

MCF é um fator que varia em função das condições de gerenciamento do local de destinação final dos resíduos. Aterros sanitários são gerenciados de modo a favorecer a decomposição anaeróbia, e portanto o método indica MCF = 1.

DOC é calculado pela equação 4:

$$\text{DOC} = 0,4*A + 0,17*B + 0,15*C + 0,30*D \quad \text{equação (4)}$$

Para adequar a fórmula aos dados de caracterização existentes foi adotada a equação 5:

$$\text{DOC} = 0,4*A + 0,16*(B+C) + 0,30*D \quad \text{equação (5)}$$

Os fatores A, B, C e D, referem-se à caracterização do resíduo, e expressos em percentual em peso seco, sendo:

A = percentual de papel e tecidos.

B = Resíduo de jardins, parques e outros orgânicos não alimentares putrescíveis.

C = Resíduos de alimentos

D = Resíduos de madeira e palha.

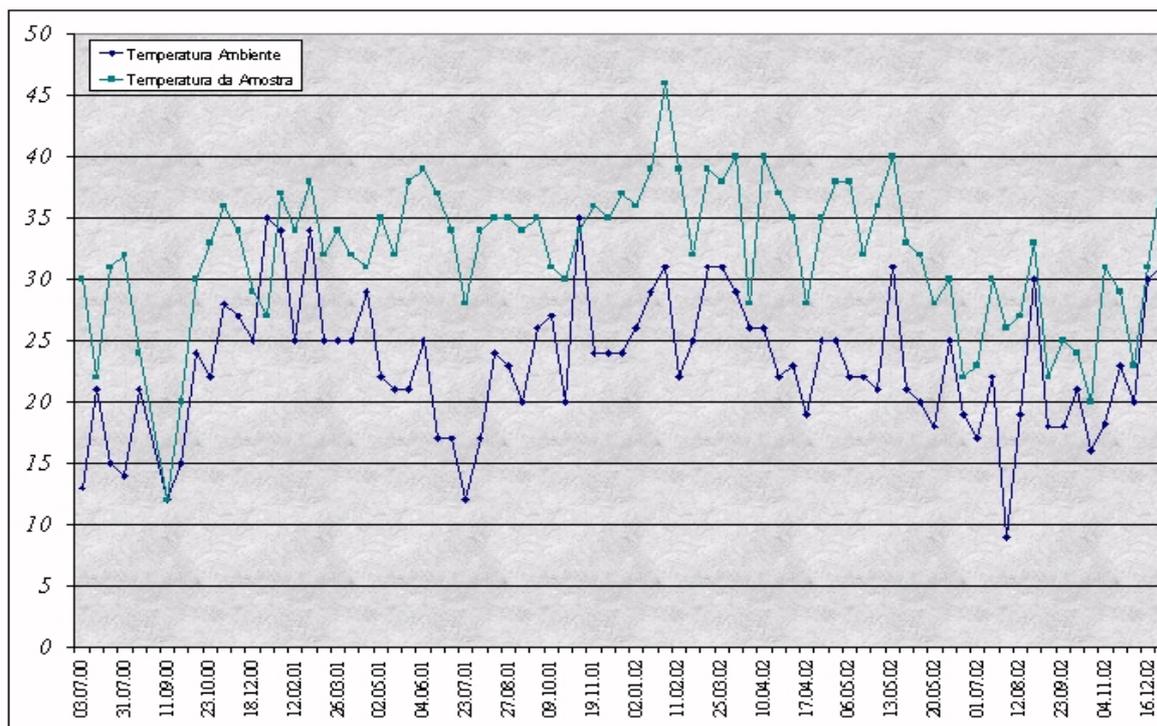
Foram utilizados os valores de caracterização do resíduo de Porto Alegre (REIS, 2002), tendo sido obtidos os valores de A=22,58%, B+C=43,83% e D= 0.87%, e o valor de DOC=0,163058 kg C / kg RSU.

DOC<sub>F</sub> é um valor teórico, que pode ser calculado pela equação 6 (IPCC, 1996):

$$\text{DOC}_F = 0,014*T + 0,28 \quad \text{equação (6)}$$

Sendo T a temperatura na zona anaeróbia dos resíduos.

A partir de dados de monitoramento do chorume bruto na área saturada do Aterro Sanitário da Extrema, apresentados na figura 1, estimou-se uma temperatura média de 32,11°C, resultando o valor de DOC<sub>F</sub>= 0,72954.



**Figura 1: Chorume Bruto Aterro Sanitário Metropolitano da Extrema - Parâmetro: Temperatura da amostra (°C)**

O valor de F corresponde ao percentual de metano presente no gás gerado, e que foi adotado 60%.

Substituindo os valores na equação 3, o potencial de geração de metano resultou em  $Lo = 0,095165867 \text{ kg CH}_4 / \text{kg RSU} = 140,22 \text{ m}^3 / \text{t} = 2,25 \text{ ft}^3 / \text{lb}$ .

Os valores de Lo e k calculados correspondem aos intervalos de 2,25 a 2,88  $\text{ft}^3 / \text{lb}$  e de 0,1 a 0,35 respectivamente, indicados para climas úmidos (USEPA, 1996).

## CÁLCULO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> DO CENÁRIO DE LINHA DE BASE

### Cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> resultantes da geração termoeétrica

Pela utilização do metano oriundo de carbono do ciclo natural, a energia demandada pelo projeto resultará na transferência das emissões de CO<sub>2</sub> existentes na matriz do sistema atribuídas a plantas geradoras que utilizam combustíveis fósseis.

Para estimar as emissões de CO<sub>2</sub> no cenário de linha de base, a metodologia aprovada e constante no Painel de Metodologias do MDL, intitulada “*Consolidated baseline methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources*” pode ser adequada. Esta metodologia é baseada em elementos presentes em várias novas metodologias propostas, dentre as quais, a proposta presente na documentação de concepção do projeto Vale do Rosário Bagasse Cogeneration (ECONERGY, 2003).

A justificativa de utilização desta metodologia não se aplica pela substituição das emissões providas do combustível original utilizado na NUTEPA no caso da geração pela queima em caldeira, mas pelo ingresso de energia no sistema a partir do CH<sub>4</sub>, e o conseqüente deslocamento da quantidade de CO<sub>2</sub> existente na matriz do sistema atribuída a fontes fósseis.

A metodologia atribui ao cenário de linha de base um fator de emissão  $EF_y$ , expresso em  $\text{tCO}_2 / \text{MWh}$  resultado da combinação de fatores de emissão da margem operacional (OM) e da margem de construção



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

(BM). Este fator de emissão  $EF_y$  multiplicado pela energia fornecida ao sistema pelo projeto num determinado período, significa a quantidade em  $tCO_2$  deslocada de outras fontes na matriz do sistema.

A documentação de concepção do projeto (Econergy, 2003), fornece para a matriz sul/sudeste/centro-oeste o cálculo de  $EF_y$ , resultando um valor de  $0,604 tCO_2/MWh$ .

As reduções de emissão assim, forma estimadas multiplicando-se  $EF_y$  pela quantidade de energia despachada em MWh durante dado período de monitoramento.

### **Cálculo das emissões de $CO_2$ resultantes da redução de resíduos destinados a aterro sanitário**

As emissões de  $CO_2$  devido a redução de resíduos destinados a aterro sanitário foi calculada multiplicando-se a quantidade total de combustível requerida para o transporte em um determinado período, pelo fator de emissão de  $CO_2$  de  $0,0027 tCO_2/litro$  de óleo diesel (IPCC, 1996).

A quantidade de combustível necessária foi obtida pela multiplicação da distância total percorrida pelo consumo médio de combustível de um veículo transportador. Foi considerado um consumo de  $0,42$  litros de óleo diesel por km percorrido.

A distância percorrida foi estimada multiplicando-se o número de viagens necessárias para o transporte pela distância do ciclo carga-descarga-retorno de  $90$  km adotado ( $2 \times 45$  km). Esta distância é a atual distância entre a estação de transbordo e um dos aterros utilizados para disposição de parte dos resíduos gerados em Porto Alegre atualmente.

O número de viagens foi estimado dividindo-se a quantidade de resíduos transportada pela capacidade de carga de um veículo transportador. Foi adotada uma carga média de  $21$  toneladas por viagem.

Assim, o valor das emissões associadas ao transporte de  $1$  tonelada de resíduo resultou em  $0,00486$  toneladas de  $CO_2$  por tonelada de resíduo transportado. A multiplicação deste fator pela massa de resíduo deixado de ser transportado para aterro, resultará no total de emissões estimadas devidas ao transporte em um determinado período.

### **EMISSÕES NA LINHA DE BASE**

As emissões totais previstas no cenário de linha de base, demonstradas na tabela 1, totalizaram em  $21$  anos o valor de  **$10.279.334,99 tCO_2$** .

<b>Período</b>	<b>Resíduo Sólido destinado</b>	<b>Emissões equivalentes em <math>CO_2</math> na linha de base pela disposição em aterro</b>	<b>Emissões de <math>CO_2</math> na matriz do sistema para a energia despachada</b>	<b>Emissões de <math>CO_2</math> no transporte de resíduos</b>	<b>Emissões totais na linha de base</b>
	(t/a)	( $tCO_2$ equiv.)	( $tCO_2$ )	( $tCO_2$ )	( $tCO_2$ )
2009-2015	2.625.300,00	1.906.507,29	142.135,28	5.992,14	2.054.634,71
2016-2022	2.916.400,00	3.644.306,21	148.731,97	6.231,25	3.799.269,43
2023-2029	2.940.000,00	4.269.947,13	149.234,26	6.249,46	4.425.430,85
<b>TOTAIS</b>	<b>8.481.700,00</b>	<b>9.820.760,63</b>	<b>440.101,51</b>	<b>18.472,85</b>	<b>10.279.334,99</b>

**Tabela 1 – Emissões de linha de base por fonte.**

### **REDUÇÕES DE EMISSÃO ATRIBUÍVEIS AO PROJETO**

Para estimar as reduções de emissão do projeto no decorrer do tempo, foi necessário recorrer aos quantitativos globais do balanço de massa da planta no decorrer do tempo (REICHERT, 2004).



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Comparando a produção de biogás nestes quantitativos, verifica-se que a produção de biogás atingida pelas diversas tecnologias é inferior àquela calculada pelo modelo de primeira ordem na linha de base, que considera um aterro sanitário recebendo a mesma massa de resíduos no mesmo período. Assumiu-se para este estudo que esta diferença é inerente ao objetivo de obter o pico de geração de biogás em um tempo de detenção reduzido. Assim, a matéria orgânica não estabilizada no biodigestor, será estabilizada aerobiamente na compostagem, sem geração de biogás.

Criou-se então um fator (Fe) para ajustar as taxas de produção de biogás no biodigestor com àquelas da linha de base, a fim de permitir o cálculo das reduções de emissão atingidas pelo projeto. Foi calculado um valor de Fe conforme equação 8, para cada período de 7 anos.

$$Fe = \Sigma \text{ do biogás gerado no biodigestor} / \Sigma \text{ do biogás gerado na linha de base} \quad \text{equação (7)}$$

Os valores resultantes foram  $Fe=0,47437483$  para o período de 2009 a 2015,  $Fe=0,26033471$  para o período de 2016 a 2022 e  $Fe=0,22232185$  para o último período de 2023 a 2029.

A redução sucessiva do valor de Fe pode ser explicada pelo fato de que, a hipótese de cálculo das emissões de linha de base considerou a mesma taxa de disposição anual do projeto em um aterro novo.

Como há uma modificação no fator k, o biogás medido e compensado por Fe, apresentará um comportamento linear em relação à linha de base durante o período de obtenção dos créditos. A adoção deste procedimento no estudo poderá ser controversa em relação à sua aprovação como metodologia de monitoramento, pois provoca um adiantamento da linha de base no primeiro período de 7 anos.

Isto poderá ser resolvido por meio de cálculo de k em períodos menores, bem como pelo ajuste da linha de base por rede de monitoramento de aterros sanitários a ser proposta.

Atribuiu-se como emissões do projeto, as que ocorrerão em aterro sanitário resultantes da presença de pequena fração de matéria orgânica no material que sai como rejeito dos vários processos do projeto. Para valorar estas emissões foi adotado um percentual conservador de 4,5% das emissões originais da linha de base.

As reduções de emissão de  $CH_4$  calculadas foram transformadas em equivalentes de  $CO_2$  utilizando o potencial de aquecimento global do  $CH_4 = 21$  (IPCC, 1996).

As emissões de  $CO_2$  na matriz do sistema elétrico para a energia produzida e pelo transporte de resíduos foram consideradas integralmente reduzidas pela implantação do projeto.

Os valores de reduções de emissão são apresentados na tabela 2, para os três períodos consecutivos de obtenção de créditos.

Período	Reduções de emissão pela não disposição em aterro (tCO <sub>2</sub> equiv.)	Reduções de emissões de CO <sub>2</sub> na matriz do sistema na linha de base (tCO <sub>2</sub> )	Reduções de emissão de CO <sub>2</sub> obtidas na redução do transporte de resíduos (tCO <sub>2</sub> )	Reduções de emissão do projeto (tCO <sub>2</sub> )
2009-2015	1.779.791,50	142.135,28	5.992,15	1.927.918,93
2016-2022	3.394.160,03	148.731,95	6.231,27	3.549.123,25
2023-2029	3.988.518,48	149.234,23	6.249,47	4.144.002,18
TOTAIS	9.162.470,01	440.101,46	18.472,89	9.621.044,36

**Tabela 2 – Estimativa de reduções monitoradas de emissões antrópicas de gases de efeito estufa para 3 períodos de 7anos, totalizando 21 anos.**



## VALOR DE COMERCIALIZAÇÃO DAS REDUÇÕES DE EMISSÃO

Tendo sido motivado para subsidiar a elaboração de um estudo de viabilidade e sustentabilidade, a valoração das reduções de emissão atingíveis foi um dos objetivos de realização do estudo.

Foi adotado um valor pessimista de US\$ 5,00 / tCO<sub>2</sub> e um valor otimista de €7,00 / tCO<sub>2</sub>, que convertidos às cotações médias de R\$ 2,90 por dólar e R\$ 3,70 por € resultaram em valores de R\$ 14,50 / tCO<sub>2</sub> e R\$ 25,90 / tCO<sub>2</sub> respectivamente. Todos os valores médios foram cotados à época de elaboração do estudo, entre julho e agosto de 2004. Cabe salientar que nesta época, a Rússia ainda não havia ratificado sua adesão ao Protocolo de Quioto.

O valor das reduções em 21 anos no cenário pessimista obtido foi de R\$ 139.505.143,12 e no cenário otimista de R\$ 249.185.048,75.

## CONCLUSÕES

O Projeto Ecoparque Porto Alegre apresenta condições preliminares de ser aprovado como atividade de projeto do MDL.

O quadro de metodologias do UNFCCC/CDM não disponibilizava na época do estudo, metodologia adequada à atividade de projeto proposta, devendo-se prever a proposição de nova metodologia de linha de base e de monitoramento.

O fluxo de caixa do projeto no cenário base, desconsiderando a receita de comercialização de reduções de emissão do projeto, resulta num aumento do custo de tratamento de aproximadamente 60% no custo de destinação final na Planta.

A comparação dos valores estimados da receita advinda da comercialização de reduções certificadas de emissão mesmo no caso pessimista, em comparação com o investimento no projeto e da alternativa de linha de base poderá comprovar adicionalidade da atividade.

Salienta-se a importância do Estudo de Viabilidade e Sustentabilidade Projeto Ecoparque como concepção inovadora e a possibilidade de utilização do mercado de reduções de emissão como fonte financiadora para um novo padrão de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. REICHERT, G.A. ET AL.(COORD.). *Estudo de viabilidade e sustentabilidade Projeto Ecoparque: relatório final*. Porto Alegre: Convênio DMLU, CGTEE e ELETROBRÁS, 2004.
2. REICHERT, G.A. *Apliação da digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos: uma revisão*. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2005. Campo Grande: ABES, 2005.
3. REICHERT, G.A. E SILVEIRA, D.A. *Estudo de viabilidade da digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos com geração de energia*. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005. Campo Grande: ABES, 2005.
4. INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT FINANCE COMPANY LIMITED. Municipal Solid Waste Treatment cum Energy Generation Project. In *United Nations Framework Convention on Climate Change. Sources of Approved Methodologies: Project Design Document*. 2003. Disponível em:< [http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/FS\\_415553625](http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/FS_415553625)>. Acesso em: 25 agosto 2004.
5. ECONERGY, CIA. AÇUCAREIRA VALE DO REAL. Vale do Rosário Bagasee Cogeneration: A GHG emission reductions project activity in Brazil. In *United Nations Framework Convention on Climate Change. Sources of Approved Methodologies: Project Design Document*. 2003. Disponível em:< [http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/FS\\_408387121](http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/FS_408387121)>. Acesso em: 25 agosto 2004.
6. HOUGHTON J. T. et al. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook*. Bracknell: IPCC/OECD/IEA, 1996.
7. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Turning a Liability into an Asset: a landfill gas-to-energy project development handbook*. United States: EPA, 1996.



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

8. MENEGAT, R.; PORTO M.L.; CARRARO, C.C.; FERNANDES, L.D.A. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 2ª Ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1998.
9. REIS, M.F.P. et al. Caracterização dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de Porto Alegre/RS ano 2002. Anais do I Congresso Brasileiro de Agroecologia, IV Seminário Interamericano de Agroecologia, V Seminário Estadual sobre Agroecologia. Centro de Eventos PUCRS, 2003.