

X-053 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA NO SETOR DE SANEAMENTO: ESTUDO DE CASO NA REGIÃO NORTE DO PARANÁ

Giancarlo Lupatini⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), área de concentração em Tecnologias de Saneamento Ambiental. Engenheiro da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Thaís Carolina Ferreira Waiss

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Mestre em Ciências pelo Programa de Energia do Instituto de Energia e Ambiente (IEE/USP). Engenheira da Assessoria de Planejamento e Desenvolvimento Ambiental da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Charles Carneiro

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciências do Solo e Doutor em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Pós-doutor em Engenharia e Ciência da Água (UNESCO-IHE). Gerente da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Professor do Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade do ISAE-FGV e da Pós-Graduação em Economia e Meio Ambiente da UFPR.

Gustavo Rafael Collere Possetti

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Engenheiro Eletricista pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre em Ciências e Doutor em Ciências pela UTFPR. Engenheiro da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Professor do Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade do ISAE-FGV.

Endereço⁽¹⁾: Rua Engenheiros Batista Ribas, 151 - Tarumã - Curitiba - PR - CEP 82800-130 - Brasil - Tel. +55 (41) 3330-7262 – e-mail: giancarlo@sanepar.com.br, g.lupatini@gmail.com.

RESUMO

Diferentemente de outros setores e atividades econômicas que já consolidaram estratégias de baixo carbono, a adoção de medidas para redução das emissões de GEE no setor de saneamento ainda é incipiente. Nesse contexto, entende-se que a realização de estudos sobre potenciais de minimização das emissões de GEE inerentes ao setor de saneamento é necessária, sobretudo para auxiliar no processo de definição de estratégias e tomadas de decisão dos gestores de saneamento. Neste trabalho foram determinados os potenciais de mitigação de emissão de GEE provenientes de 26 ETE e dois aterros sanitários localizados na região norte do estado do Paraná. Os volumes de tratamento da região de estudo totalizaram, no ano de avaliação, cerca de 58 milhões de metros cúbicos de esgoto tratado e 45 mil toneladas de resíduos sólidos dispostos em aterro sanitário. Para a avaliação em questão, utilizou-se uma abordagem *top down* de quantificação de emissões baseada nas metodologias padrão propostas pelo IPCC a partir da qual foram estabelecidos diversos cenários tecnológicos de intervenção e quantificados os seus respectivos potenciais de mitigação. Verificou-se que para a região estudada 80% das emissões de GEE (184.204 tonCO₂eq) foram provenientes de doze unidades de tratamento, sendo estas unidades prioritárias para definição de estratégias de gestão de GEE. Para os cenários de mitigação avaliados, verificaram-se potenciais de redução que variaram de 19 até 72%, em relação ao cenário de referência (*business as usual* – BAS). Em termos absolutos estes potenciais representariam, por ano, a mitigação de 80 mil ton CO₂eq no cenário mais conservador (A) e cerca de 200 mil ton CO₂eq para o cenário de maior complexidade tecnológica (C). Por fim, são apresentados indicadores de intensidade carbônica para a região de estudo, os quais podem auxiliar os gestores de saneamento na definição de estratégias para gestão dos GEE.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças Climáticas, Economia de baixo carbono, Gestão de Gases de Efeito Estufa, Indicadores de intensidade carbônica.

INTRODUÇÃO

Recentemente, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) da Organização das Nações Unidas ratificou, por meio da publicação do 5º Relatório de Avaliação sobre as Mudanças Climáticas Globais e com um nível de confiança de 95%, que o aquecimento global é inequívoco e que tal fenômeno é causado, principalmente, pelas emissões antropogênicas de gases indutores do efeito estufa (GEE) [1].

Esse documento também mostra que as alterações do clima motivadas pelo aumento da temperatura global já estão causando impactos significativos na sociedade e no meio ambiente, reportando como exemplos a perda de produtividade agrícola, a aceleração da extinção e o deslocamento de espécies e a ampliação de danos à infraestrutura e à economia motivados por eventos extremos de chuva e seca [1].

Por isso, muitos especialistas em ciências do clima defendem que a minimização das emissões de GEE é fundamental para diminuir os efeitos desses impactos e para salvaguardar a vida no planeta. Adicionalmente, esses profissionais entendem que para limitar o aumento da temperatura no planeta em apenas 2 °C, faz-se necessário iniciar um processo de profunda descarbonização da economia [2]. Nesse sentido, tem-se incentivado a promoção do desenvolvimento sustentável e a consolidação de uma economia de baixo carbono.

Em 2010, as emissões brasileiras de GEE foram de 1.246.477 Gg equivalentes de dióxido de carbono (CO₂eq), sendo que o setor de resíduos, que compreende as atividades de tratamento de esgoto e de destinação final de resíduos sólidos urbanos (RSU), foi responsável por aproximadamente 4% dessas emissões [3]. No entanto, estudos prevêem que nos próximos vinte anos, haverá um aumento de mais de 50% das emissões de GEE ligadas ao setor de resíduos, sobretudo por conta da expansão dos serviços de saneamento no país [4].

Diferentemente de outros setores e atividades econômicas que já consolidaram estratégias de baixo carbono, inclusive considerando-as como um diferencial competitivo, a adoção de medidas para redução das emissões de GEE no setor de saneamento ainda é incipiente. Isso porque, de modo geral, os gestores de saneamento consideram tais medidas como não prioritárias quando comparadas com a necessidade de universalização dos serviços de saneamento.

Nesse contexto, entende-se que a realização de estudos sobre potenciais de minimização das emissões de GEE inerentes ao setor de saneamento é necessária, sobretudo para auxiliar no processo de definição de estratégias e tomadas de decisão que viabilizem a prestação sustentável de serviços sanitários e ambientais no país.

O objetivo deste trabalho é determinar o potencial de mitigação da emissão de gases do efeito estufa provenientes de estações de tratamento anaeróbio de esgoto doméstico (ETEs) e de áreas de disposição final de RSU localizadas na região norte do Paraná, considerando três cenários tecnológicos distintos, com o intuito de disponibilizar informações para a definição de diretrizes e de estratégias de baixo carbono apropriadas ao setor de saneamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

O escopo deste estudo contemplou 26 ETE e 2 áreas de disposição final de RSU localizadas na região Norte do Paraná. Os volumes de tratamento da região totalizaram, no ano de avaliação, cerca de 58 milhões de metros cúbicos de esgoto tratado (provenientes de 412.974 economias residenciais ativas cadastradas pelo gestor de saneamento) e 45 mil toneladas de resíduos sólidos dispostos em aterro sanitário.

Para contabilização das emissões da região em estudo foram utilizados os princípios preconizados pelas EPB (Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol)[5]. A quantificação das emissões de GEE das unidades que compõe esta região foi realizada, por sua vez, através de uma abordagem *top-down* baseada nas metodologias padrão propostas pelo IPCC [6,7]. Para tanto, foram utilizados os dados operacionais e de projeto das unidades de tratamento, tendo como referência o ano base de 2011 e consideradas apenas as emissões diretas destas unidades (escopo 1).

Quadro 1: Metodologias de cálculo utilizadas para quantificação das emissões de GEE.

Escopo	Atividade/Fonte	Emissão	Metodologia/ Ferramenta
1	Esgotamento sanitário	(CH ₄)	IPCC (2006). Volume 5 (Waste), Cap. 6 - <i>Wastewater treatment and discharge</i> .
1	Disposição final de RSU	(CH ₄)	IPCC (2006). Volume 5, Cap. 3 - <i>Solid Waste Disposal</i> .

Considerou-se nessas avaliações apenas as emissões de metano, uma substância gasosa com elevado poder calorífico inferior (50 MJ/kg) e potencial de aquecimento global. O metano é o principal componente do biogás, um subproduto resultante do processo de degradação biológica dos compostos orgânicos presentes no esgoto doméstico e no RSU. Os dados resultantes dessa etapa foram classificados como integrantes de um cenário de referência, também denominado cenário *business as usual* (BAS). O quadro 1 apresenta as características das ETE e áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos objeto deste estudo.

Quadro 2: Características das ETE e áreas de disposição final de RSU contempladas no estudo.

Localidade	Unidade de tratamento	População Atendida Estimada (hab) 2011	Tipo de tratamento predominante
Município 1	ETE A	22.364	Anaeróbio
Município 1	ETE B	12.042	
Município 1	Aterro sanitário A	108.661	
Município 2	ETE C	18.848	
Município 2	ETE D	26.021	
Município 3	ETE E	9.683	
Município 3	ETE F	9.683	
Município 4	ETE G	22.467	
Município 4	ETE H	36.657	
Município 5	ETE I	10.062	
Município 5	ETE J	16.905	
Município 5	ETE K	13.282	
Município 6	ETE L	98.917	
Município 6	ETE M	153.162	
Município 6	ETE N	67.008	
Município 7	ETE O	35.214	
Município 7	ETE P	28.811	
Município 8	ETE Q	24.711	
Município 8	ETE R	16.474	
Município 8	Aterro sanitário B	75.271	
Município 9	ETE S	76.064	
Município 10	ETE T	12.622	
Município 10	ETE U	49.161	
Município 10	ETE V	4.650	
Município 11	ETE W	17.688	
Município 11	ETE X	221.105	
Município 11	ETE Y	26.533	
Município 11	ETE Z	176.884	

Na sequência, quantificaram-se os potenciais de redução das emissões anuais de GEE estimadas para o cenário BAS, considerando a implementação de três alternativas tecnológicas distintas em termos de eficiência e grau de complexidade, as quais integraram os aqui denominados cenários A, B e C.

No cenário A, considerou-se que a minimização das emissões de GEE dar-se-ia por meio da instalação de queimadores não enclausurados com ignição automática nas unidades em que tais equipamentos não estão presentes. Esse cenário considerou, portanto, a implantação de uma tecnologia com eficiência e grau de complexidade reduzidos. Adotou-se que as perdas intrínsecas aos sistemas passivos de captura de biogás nas ETEs e nas áreas de disposição final de RSU são de 38 e 50%, respectivamente. Além disso, assumiu-se que a eficiência de destruição de metano dos queimadores não enclausurados é de 50%.

No cenário B, considerou-se que a redução das emissões de GEE seria alcançada por meio da implantação de sistemas de captura e aproveitamento energético ou combustão controlada de biogás com eficiência e complexidade médias nas unidades responsáveis por 80% das emissões computadas no cenário BAS. Nessas unidades seriam contemplados o enclausuramento e a recuperação do biogás que permanece dissolvido no esgoto tratado nas ETEs, bem como a captura ativa do biogás gerado nas áreas de disposição final de RSU. As eficiências de 70 e 60% foram, respectivamente, adotadas para os sistemas de coleta de biogás das ETEs e das áreas de disposição final de RSU. A eficiência de destruição do metano foi considerada igual a 90%. Para as unidades de pequeno porte que não receberiam esses sistemas, considerou-se a instalação de queimadores não enclausurados semelhantes aqueles adotados no cenário A.

No cenário C, por sua vez, assumiu-se que a mitigação das emissões de GEE ocorreria de forma semelhante àquela fixada para o cenário B, porém com a adoção de tecnologias com altas eficiência e complexidade. Nesse cenário, utilizou-se a eficiência de captura do biogás de 90% para as ETEs e de 70% para as áreas de disposição final de RSU. Adicionalmente, adotou-se que a eficiência de destruição do metano seria igual a 99%. O Quadro 2 apresenta de forma resumida os cenários adotados neste trabalho.

As emissões de óxido nitroso, bem como aquelas provenientes da implementação dos projetos de mitigação da emissão de GEE, não foram consideradas neste trabalho.

Quadro 3: Resumo das características dos cenários contemplados no estudo.

Cenário	Características	Complexidade de intervenção	Eficiência de mitigação
BAS	Cenário de referência		
A	Ampliação da instalação de QNE* nas unidades que não dispõem destes dispositivos.	Baixa	Limitada a perdas dos sistemas passivos de captura de biogás (38% ETE e 50% aterros) e eficiência dos QNE (50%).
B	Implantação de projetos de baixo carbono em 12 unidades de tratamento e ampliação da instalação de QNE* nas unidades que não dispõem destes dispositivos.	Média	Eficiência dos sistemas ativos de coleta de biogás (70% ETE e 60% aterros) e eficiência de destruição de metano igual a 90%.
C		Alta	Eficiência dos sistemas ativos de coleta de biogás (90% ETE e 70% aterros) e eficiência de destruição de metano igual a 99%.

*QNE – queimadores não enclausurados com ignição automática.

A partir dos cenários estudados e das características dos serviços de saneamento prestados na região em estudo foi possível calcular indicadores de intensidade carbônica para os serviços de tratamento de esgoto e disposição final de resíduos sólidos. O quadro 4 apresenta o resumo dos indicadores estabelecidos para avaliação objeto deste estudo.

Quadro 4: Descrição dos indicadores de intensidade carbônica avaliados.

Indicadores de intensidade carbônica				
Sigla	Unidade *	Tipo	Aplicabilidade (Serviço)	Parâmetros
IGCO2	ton CO ₂ eq	Absoluto	Tratamento de Esgoto e Disposição Final RSU	Emissão total de CO ₂ eq
IESG	kg CO ₂ eq/m ³ esgoto tratado	Relativo	Tratamento de Esgoto	Emissão CO ₂ eq (trat. esg); Volumes de esgoto tratado
IRES	kg CO ₂ eq/economia residencial	Relativo	Tratamento de Esgoto	Emissão CO ₂ eq (trat. esg); Economias residenciais ativas cadastradas
IRSU	kg CO ₂ eq /ton RSU disposto	Relativo	Disposição Final RSU	Emissão CO ₂ eq (disp final); Massa de RSU disposta em aterro sanitário.

* Métrica de mensuração: anual.

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta as taxas anuais de emissão de GEE de cada unidade operacional sob investigação para o cenário BAS. Essas taxas estão dispostas em ordem decrescente e podem ser lidas a partir da amplitude das barras apresentadas no gráfico (lado esquerdo do eixo das ordenadas). As frequências relativas percentuais acumuladas estão reportadas no lado direito do eixo das ordenadas do mesmo gráfico. Estimou-se que 229.433 tonCO₂eq foram emitidos ao todo pelas ETEs e aterros sanitários avaliados, sendo que mais de 80% das emissões (184.204 tonCO₂eq) foram provenientes de apenas 12 unidades de tratamento (cerca de 43% das unidades).

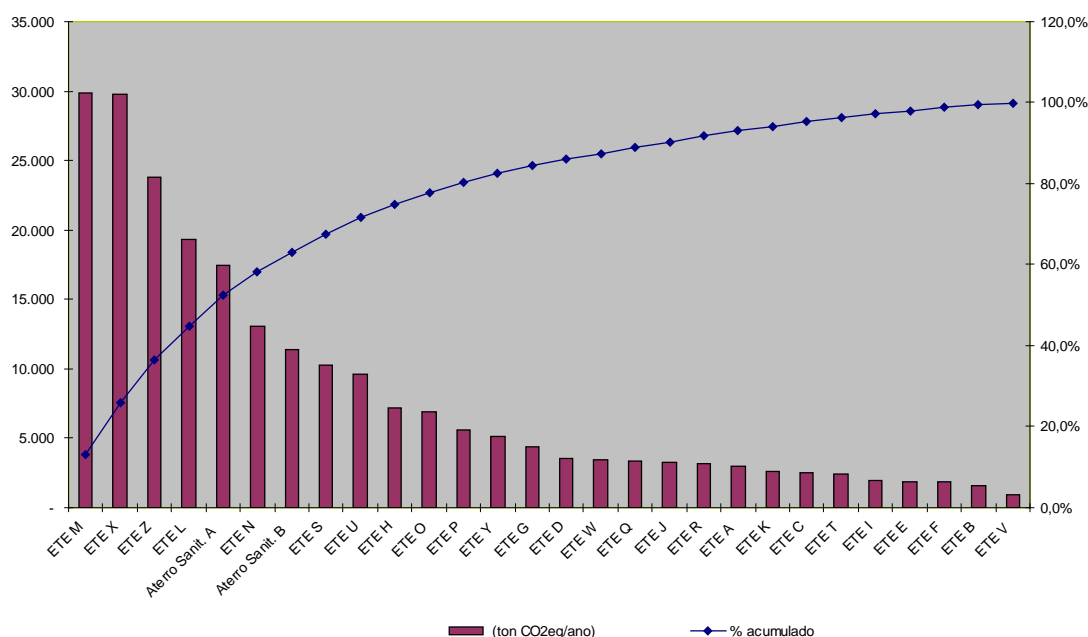


Figura 1 – Cenário BAS: Distribuição das emissões totais de GEE provenientes das ETEs e áreas de disposição final de RSU investigadas.

O quadro 5 apresenta a estimativa das quantidades de metano mitigadas através da adoção das medidas propostas nos cenários BAS, A, B e C, e as respectivas emissões de GEE remanescentes por município para cada cenário.

Quadro 5: Resumo das emissões de GEE para os cenários de estudo.

Localidades	Cenário BAS			Cenário A		Cenário B		Cenário C	
	Geração de GEE (ton CO ₂ eq/ano)	Emissão Mitigada (ton CO ₂ eq/ano)	Emissão Remanescente (ton CO ₂ eq/ano)	Emissão Mitigada (ton CO ₂ eq/ano)	Emissão Remanescente (ton CO ₂ eq/ano)	Emissão Mitigada (ton CO ₂ eq/ano)	Emissão Remanescente (ton CO ₂ eq/ano)	Emissão Mitigada (ton CO ₂ eq/ano)	Emissão Remanescente (ton CO ₂ eq/ano)
Município 1	6.714	2.081	4.632	2.081	4.632	2.081	4.632	2.081	4.632
Município 2	8.754	2.714	6.040	2.714	6.040	2.714	6.040	2.714	6.040
Município 3	3.779	-	3.779	1.171	2.607	1.171	2.607	1.171	2.607
Município 4	11.537	-	11.537	3.576	7.960	5.865	5.671	7.732	3.805
Município 5	7.854	-	7.854	2.435	5.419	2.435	5.419	2.435	5.419
Município 6	62.263	-	62.263	19.302	42.962	39.226	23.037	55.476	6.787
Município 7	12.493	-	12.493	3.873	8.620	7.871	4.622	11.131	1.362
Município 8	8.036	1.495	6.542	2.491	5.545	2.491	5.545	2.491	5.545
Município 9	14.842	4.601	10.241	4.601	10.241	9.351	5.492	13.225	1.618
Município 10	12.963	-	12.963	4.019	8.945	7.088	5.875	9.592	3.371
Município 11	86.288	24.074	62.214	26.749	59.539	51.600	34.688	71.869	14.419
Município 8 (Aterro B)	11.400	-	11.400	2.850	8.550	6.156	5.244	7.900	3.500
Município 1 (Aterro A)	17.475	-	17.475	4.369	13.106	9.437	8.039	12.110	5.365
Total	264.398	34.965	229.433	80.231	184.167	147.486	116.913	199.929	64.470
% Mitigação GEE*	-	15%	-	35,0%	-	64%	-	87%	-
Redução GEE*	-	-	-	-	19,7%	-	49%	-	72%

* Em relação ao cenário BAS.

A Figura 2 apresenta o resumo das estimativas totais das emissões anuais de GEE das unidades avaliadas no âmbito deste estudo para os cenários BAS (229.433 tonCO₂eq), A (184.167 tonCO₂eq), B (116.913 tonCO₂eq) e C (64.470 tonCO₂eq). A adoção das premissas elaboradas para os cenários A, B e C promoveriam a redução das emissões totais de GEE computadas para o cenário BAS em 19, 49 e 72%, respectivamente.

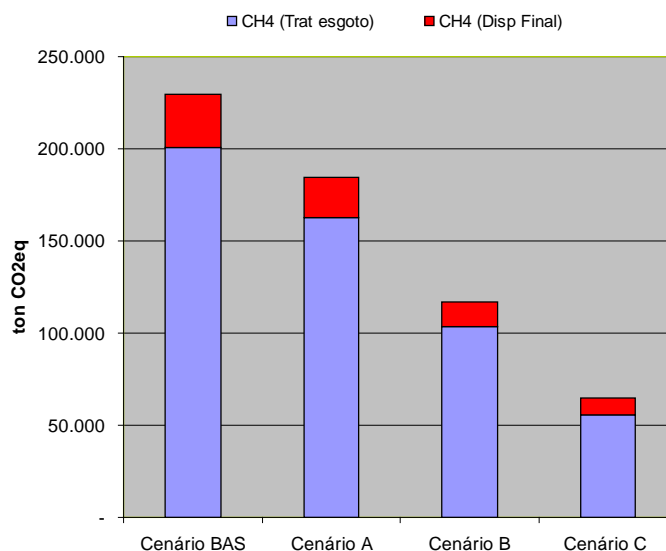


Figura 2 – Estimativas, referentes aos cenários BAS, A, B e C, das emissões totais de GEE provenientes das ETEs e áreas de disposição final de RSU investigadas.

O quadro 6, por sua vez, apresenta o resultado dos indicadores de intensidade carbônica calculados para os cenários estudados.

Quadro 6: Indicadores de intensidade carbônica para a região de estudo.

Indicadores anuais de intensidade carbônica		Cenários			
		BAS	A	B	C
IGCO2	ton CO ₂ eq	229.433	184.167	116.913	64.470
IESG	kg CO ₂ eq/m ³ esgoto tratado	3,42	2,78	1,77	0,95
IRES	kg CO ₂ eq/economia residencial	486	394	251	135
IRSU	kg CO ₂ eq /ton RSU disposto	633	475	291	194

CONCLUSÕES

Com base resultados obtidos, pode-se concluir que a implantação de queimadores não enclausurados com ignição automática nas unidades que não dispõem destes equipamentos (Cenário A) possibilitaria uma redução de aproximadamente 45 mil toneladas de CO₂eq das emissões de GEE computadas para o cenário BAS, promovendo, assim, uma redução de cerca de 19% das emissões totais de GEE estimadas para o cenário de referência. Cabe destacar que a tecnologia sugerida para promover tal redução é limitada pelas ineficiências dos sistemas de coleta e de destruição de metano. No entanto, seu custo de implantação é baixo, sendo tipicamente adotada em ETE e áreas de disposição final de RSU no Brasil.

Da mesma forma estima-se que o impacto da adoção das ações propostas para o cenário A promoveria a mitigação de 0,64 kg CO₂eq para cada metro cúbico de esgoto tratado pelas ETE da região. Do ponto de vista do gestor de saneamento esta redução representaria um decréscimo de 92 kg CO₂eq para cada economia residencial ativa que é atendida com serviços de tratamento de esgoto.

Estimou-se que a implementação de projetos de captura e queima controlada ou aproveitamento energético do biogás nas 12 unidades que correspondem a 80% das emissões totais de GEE no cenário BAS, possibilitaria a

mitigação da emissão de 147 mil toneladas de CO₂eq, se fossem adotadas tecnologias com eficiência e complexidade médias. Esse valor seria de 199 mil toneladas de CO₂eq, caso fossem utilizadas tecnologias com alta eficiência e complexidade. Esses números corresponderam, respectivamente, a uma redução das emissões de GEE de 49 e 72% em relação ao cenário BAS.

As ações propostas para o Cenário C indicaram um potencial de mitigação de 2,41 kg CO₂eq para cada metro cúbico de esgoto tratado, ou um decréscimo do patamar de referência (BAS) de 486 para 135 kg CO₂eq por economia residencial ativa cadastrada pelo gestor de saneamento da região.

Apesar da maior complexidade operacional e dos custos de implantação das tecnologias previstas para os cenários B e C, tais medidas poderiam contribuir para a melhoria de processos operacionais nas unidades de tratamento, além de oportunizar a inovação tecnológica nestas unidades, medidas estas que estão relacionadas a redução de passivos ambientais com maior eficácia quando comparadas ao cenário BAS.

Além dos benefícios supracitados, a implantação de projetos de baixo carbono na região de estudo possibilitaria aos gestores de saneamento a melhoria nos processos de mensuração, reporte e verificação das emissões de suas atividades (MRV), permitindo a antecipação e a minimização de riscos regulatórios relacionados às emissões de GEE além e a melhoria da imagem dos seus produtos e serviços perante aos *stakeholders*.

Por fim, os indicadores calculados para a região de estudo podem auxiliar os gestores de saneamento do estabelecimento de metas (absolutas ou relativas) para a gestão das emissões de GEE provenientes de suas atividades. Da mesma forma, contribuem para o estabelecimento de referências regionais sobre a intensidade carbônica dos serviços de saneamento, informações estas que podem contribuir na estruturação dos sistemas estaduais e/ou nacionais de MRV ainda hoje incipientes.

Como continuidade dos estudos aqui reportados, recomenda-se o levantamento detalhado dos custos para implantação das tecnologias referentes aos cenários A, B e C. Da mesma forma, recomenda-se a realização de campanhas de medição nas ETE e nas áreas de disposição final de RSU (estratégia *bottom up* de quantificação) com o intuito de ratificar os potenciais das emissões de GEE previamente identificadas e comparar as estratégias de quantificação de GEE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IPCC (2013), 5º Relatório de Avaliação sobre as Mudanças Climáticas Globais. Stockholm, Suécia.
2. SDNS, IDDRI (2014). Pathways to deep decarbonization. Iterim 2014 report. Disponível em: <<http://www.deepdecarbonization.org>>.
3. BRASIL. MCTI. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310922.html>>. Último acesso em: novembro de 2012.
4. BANCO MUNDIAL. Manual para a Preparação de Gás de Aterro Sanitário para Projetos de Energia na América Latina e Caribe, 2003, 125 p. Disponível em: <<https://w.worldbank.org>>.
5. FGV/WRI. Especificações do Programa Brasileiro *GHG Protocol* de Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/especificacoes-do-programa-brasileiro-ghg-protocol?locale=pt-br>>.
6. IPCC (2006). Volume 5 (Waste), Cap. 6.- Wastewater treatment and discharge. Volume 4 (Agriculture, Forestry and Other Land Use). In: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
7. IPCC (2006). Volume 5, Cap. 3 - Solid Waste Disposal. In: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.