

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PARA O MUNICÍPIO DE SABARÁ¹

KRETTLI, Luísa Guimarães; PIMENTA, Mariana Antunes ; ALVARENGA, Luiza Helena Barbosa; MICHELLI, Andressa Miguez de Souza; NASCIMENTO, Bráulio França²; JUNQUEIRA, José Claudio³.

RESUMO: O inventário de emissão de gases de efeito estufa (GEE) é a primeira ferramenta para a gestão de emissões, em qualquer âmbito, inclusive o municipal. Este trabalho tem como objetivo elaborar o inventário de emissão de GEE para o município de Sabará, referente ao ano base de 2010. Para tal, propõe-se a metodologia para inventários de emissões municipais no Brasil, usando como base a metodologia piloto GPC (*Global Protocol for Community-Scale GHG Emissions*) para inventários locais. No diagnóstico do município de Sabará, foram identificadas fontes relevantes de GEE, como transporte e infraestruturas metropolitanas de saneamento básico (aterro sanitário Macaúbas e estação de tratamento de esgotos Arrudas). O estudo permitiu o cálculo das contribuições das diferentes fontes de emissões em Sabará e proposição de ações para a gestão municipal com vistas à redução das emissões e para a utilização de ativos, como possibilidade de emissões de créditos de carbono.

PALAVRAS-CHAVE: Inventário; gases de efeito estufa (GEE); mudanças climáticas; GPC (*Global Protocol for Community-Scale GHG Emissions*); Sabará.

1. Introdução

O efeito estufa é um processo natural causado pelos gases de efeito estufa (GEE). Com o aumento das atividades antrópicas, mais GEE vêm sendo lançados, aumentando suas concentrações na atmosfera. Esse fenômeno de aceleração do efeito estufa altera os padrões climáticos em escala planetária (IPCC, 2007). Devido a esse cenário de risco iminente de alterações dos padrões climáticos, é fundamental que haja a gestão das emissões de GEE com ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

¹ Trabalho apresentado como Trabalho de Final de Curso de Engenharia Ambiental na Universidade Fumec, em novembro de 2012.

² Graduandos em Engenharia Ambiental da Universidade Fumec, Belo Horizonte, Brasil.

³ Professor M.Sc..Dr. da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade Fumec, Belo Horizonte, Brasil.

O Brasil é signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*), cujo intuito é a estabilização das concentrações atmosféricas de GEE em níveis que previnam as interferências antropogênicas danosas no sistema climático. Nesse tratado, os países se comprometem a promover políticas públicas para reduzir suas emissões de GEE, além de declarar inventários periódicos de emissões. Em 2009, o Brasil instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), que visa à redução das emissões antrópicas de GEE e ao estímulo ao desenvolvimento do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) (BRASIL, 2009).

Um inventário de emissões de GEE é uma contabilização dos GEE emitidos e removidos da atmosfera ao longo de um intervalo de tempo. Os tomadores de decisão usam os inventários para estabelecer uma linha de base para comparação com emissões futuras, desenvolver estratégias e políticas de mitigação e adaptação e acompanhar os resultados dos esforços de redução de emissões (US-EPA, 2012).

Além de inventários nacionais mandatórios pela participação na UNFCCC, inventários voluntários em escalas regionais, municipais e em níveis corporativos vêm sendo cada vez mais desenvolvidos. No Brasil, a elaboração de inventários em nível estadual ou municipal ainda é uma prática pouco disseminada.

Projeções mostram que, em 2050, mais de 75% da população mundial estará vivendo em cidades (GPC, 2012a). Como fontes importantes de emissões, as cidades se apresentam com grande potencial para desenvolvimento de ações de reduções de emissões. O planejamento de ações de mitigação no nível das cidades começa com o desenvolvimento de um inventário de GEE (GPC, 2012b).

Apesar de algumas cidades estarem desenvolvendo inventários de emissão de GEE, atualmente não há uma diretriz universal consistente para inventários em nível local (GPC, 2012b).

Um dos maiores desafios para elaborar um inventário municipal ou local é a complexidade da redução do nível nacional para o local, uma vez que os limites municipais são menos claros que os nacionais. Algumas das atividades e serviços de uma comunidade podem gerar emissões fora do seu limite. Por isso, há necessidade de padronização nessas contagens, facilitando a agregação dos dados de cada inventário, sem a dupla contagem.

Em 2011, o ICLEI – Governos locais para a sustentabilidade e o grupo C40 (megacidades do mundo comprometidas em abordar as questões relacionadas às mudanças climáticas) - iniciou o desenvolvimento do GPC – Protocolo global para emissões de gases de efeito estufa em escala local (*Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions*). O GPC preliminar (versão 0.9) foi lançado para comentário público inicial entre março e abril/2012; durante essa fase, os autores receberam contribuições de organizações e cidades, que serão incorporadas à versão final completa 1.0, que terá como objetivo propor um único padrão mínimo global para cidades de todos os tamanhos e geografias do mundo (GPC, 2012b).

2. Materiais e métodos

2.1 Local de estudo: o Município de Sabará

O município de Sabará é um dos 34 municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), em Minas Gerais. Em Sabará, nota-se tendência a um aumento no PIB entre os anos de 2000 e 2009, com destaque para as atividades econômicas de indústria e serviços, tendo a agropecuária participação muito pequena na composição do índice (IBGE, 2012).

Em 2010, a frota de veículos em Sabará era predominantemente de automóveis (60,4%) e motocicletas (26,4%) (IBGE, 2012). Há transporte coletivo dentro do município e para municípios vizinhos.

Em Sabará, está localizado o aterro sanitário Macaúbas, para onde é encaminhada a maior parte dos resíduos coletados na RMBH. Segundo o IBGE (2012), em 2010 a coleta dos resíduos sólidos urbanos em Sabará atendeu 100% dos moradores, perfazendo a quantidade de aproximadamente 1700 t /mês.

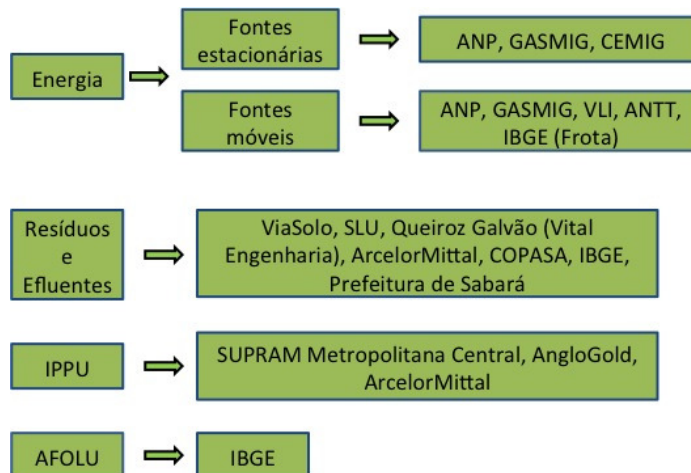
Os esgotos domésticos do município são coletados e lançados sem tratamento em cursos d'água que passam pelo município. No entanto, Sabará possui uma estação de tratamento de efluentes (ETE Arrudas), operada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), que recebe efluentes de Contagem e de Belo Horizonte, mas não os do município de Sabará.

2.2 Coleta de dados e cálculos

O GPC fornece a listagem das atividades e serviços do nível local que podem resultar em emissões de GEE, com categorias definidas pelas diretrizes do IPCC (2006) e por emissões dos Escopos 1, 2 e 3.

Os dados foram coletados em órgãos municipais, estaduais e nacionais, bem como em empresas prestadoras de serviço público e empresas privadas. As fontes de dados de cada setor estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Fontes de dados coletados para realização do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) de Sabará.



Fonte: dos autores

Os cálculos do setor de energia foram feitos segundo a metodologia do GPC, separados em fontes estacionárias e fontes móveis. Fontes estacionárias referem-se às emissões devido ao consumo de energia em edificações e em equipamentos e máquinas fixos. Fontes móveis referem-se à energia usada em combustíveis de máquinas e equipamentos móveis, como rodoviários, aéreos, ferroviários e fora de estrada. O padrão atual de contabilização utiliza uma metodologia em que as emissões são limitadas às fronteiras do município; porém, viagens pendulares em grandes áreas metropolitanas tipicamente transcendem os limites geopolíticos do município, e Sabará se enquadra nesse cenário (GPC, 2012a). Atualmente, não é possível avaliar as emissões devido ao movimento pendular que transcende os limites de Sabará, mas a Secretaria de Estado Extraordinário de Gestão Metropolitana de Minas Gerais está realizando a pesquisa de origem e destino na RMBH que, quando concluída, permitirá essa abordagem em inventários futuros da RMBH (Minas Gerais, 2012).

Os cálculos do setor de resíduos e efluentes foram feitos usando a metodologia do GPC em combinação com a metodologia proposta pelo IPCC (2006). Foram calculadas as emissões do aterro de Macaúbas geradas pelo resíduo aterrado de responsabilidade do município de Sabará e de responsabilidade dos demais municípios da RMBH. O resíduo sólido de serviço de saúde é encaminhado para o município de Betim, onde é autoclavado e aterrado. As emissões de efluentes líquidos foram calculadas conforme a metodologia do IPCC (2006), já que o GPC possui metodologia para cálculo apenas de efluentes tratados e, no caso de Sabará, o efluente é lançado *in natura* nos cursos d'água. As emissões da ETE Arrudas, que trata dos efluentes de Contagem e Belo Horizonte, foram fornecidas pela COPASA; foram contabilizadas como não sendo de responsabilidade do município de Sabará.

Os cálculos de emissão de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) referem-se às emissões resultantes de atividades industriais e de produtos não

relacionados à energia. Foram selecionadas as indústrias enquadradas de médio e grande porte e potencial poluidor (classes 5 e 6) em operação em Sabará, que são a AngloGold Ashanti, a ArceloMittal e a Face Color. É de se esperar que essas emissões sejam de pouca relevância no contexto global do município, uma vez que as indústrias de Sabará não emitem GEE na síntese do produto, apenas no uso de produtos.

As emissões decorrentes de Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo (AFOLU) foram calculadas pela metodologia do IPCC (2006), considerando apenas as emissões de CH₄ na pecuária. A mudança do uso do solo foi desconsiderada no estudo, devido à intensa urbanização do município.

3. Resultados

As emissões advindas de atividades desenvolvidas no município de Sabará, de responsabilidade do município ao longo do ano de 2010, foram estimadas em 213.928 tCO₂e, o que corresponde a uma emissão per capita de 1,69 tCO₂e / hab.

O setor que mais contribuiu para as emissões do município foi o de unidades móveis, que correspondeu a 80% das emissões (**Erro! Fonte de referência não encontrada.Tabela 1**), padrão similar ao encontrado no inventário de Belo Horizonte (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2009).

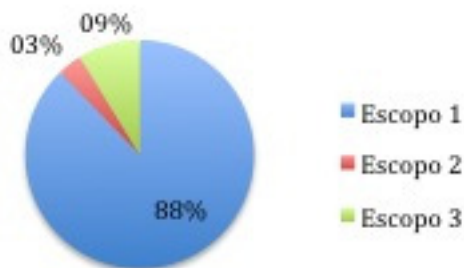
Tabela 1 - Distribuição das emissões de CO₂e em Sabará por setor do GPC.

Emissões de responsabilidade de Sabará	tCO₂e	%
Unidades Estacionária	21.002	9,8%
Unidades Móveis	170.816	79,8%
Resíduos / Efluentes	22.082	10,3%
IPPU	25	0,0%
AFOLU	2	0,0%
Total	213.928	100,0%

Fonte: da pesquisa

Em relação aos Escopos de emissão, 88% das emissões foram de Escopo 1, ou seja, emitidas dentro dos limites do município de Sabará (**Figura 2**).

Figura 2 – Distribuição das emissões de CO₂e em Escopos 1, 2 e 3 em Sabará.



Fonte: da pesquisa

Analisando-se o setor de unidades estacionárias, a queima de combustíveis (Escopo 1) em edificações residenciais é a categoria mais representativa (**Figura 3**), sendo, dentro dessa categoria, o GLP (gás de cozinha) o principal contribuinte, respondendo por 99,4% das emissões da queima de combustíveis em residências (os outros 0,6% são decorrentes do uso de querosene iluminante).

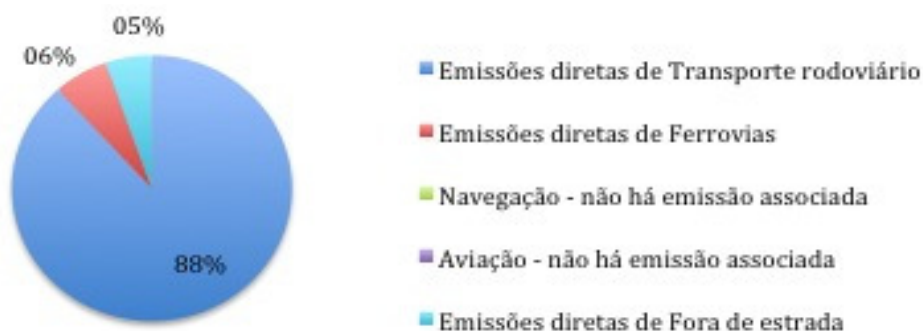
Figura 3 – Emissões de CO₂e em unidades estacionárias em Sabará.



Fonte: da pesquisa

Para as unidades móveis, setor de maior contribuição para as emissões de Sabará, conforme supracitado, as emissões decorrentes do modal rodoviário são maioria (**Figura 4**).

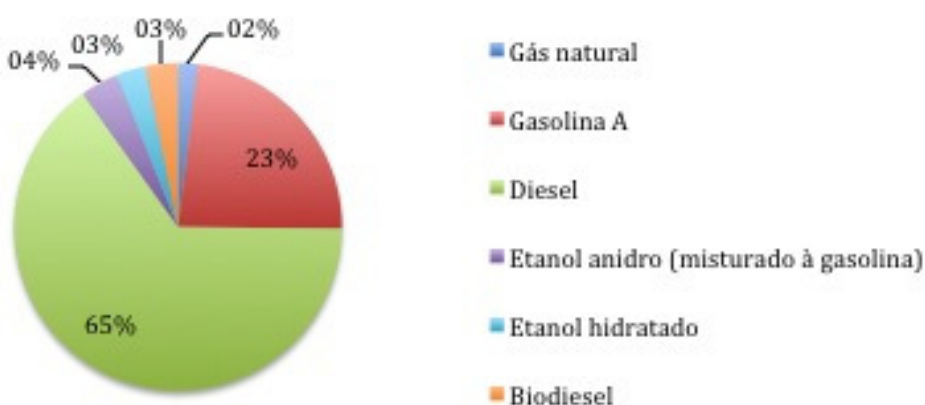
Figura 4 - Emissões de CO₂e em unidades móveis em Sabará.



Fonte: da pesquisa

O consumo de óleo diesel representa 65% das emissões do modal rodoviário, seguido da gasolina A (ou seja, não contabilizando as emissões decorrentes da fração de etanol anidro presente na gasolina C), com 23% (**Figura 5**).

Figura 5 – Emissões de CO₂e no modal rodoviário por combustível em Sabará.



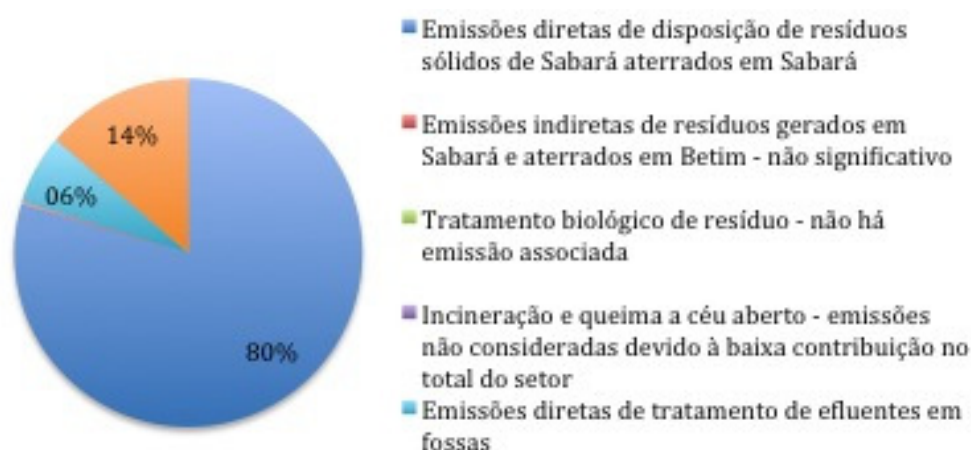
Fonte: da pesquisa

Em relação aos resíduos e efluentes gerados e tratados e/ou dispostos em Sabará ou em outros municípios, as emissões decorrentes do aterramento dos resíduos no aterro Macaúbas é responsável por 80% das emissões do setor, seguido das emissões de tratamento de efluentes em fossas, com os 14%. As emissões decorrentes do aterramento de resíduos de serviço de saúde no município de Betim é insignificante, correspondendo a um total de 56 tCO₂e no ano (**Figura 6**).

É importante ressaltar que as emissões de resíduos sólidos gerados em outros municípios e aterrados em Sabará e as emissões de tratamento de efluentes na ETE Arrudas não são contabilizadas nessas estimativas, uma vez que não são de responsabilidade do município. Levando-se em consideração apenas as

emissões que ocorrem dentro do município de Sabará, percebe-se que as emissões que não são de responsabilidade de Sabará são 6,2 vezes maiores que as que são (Figura 7). Ao todo, são 1.277.289 tCO₂e emitidos que não são de responsabilidade do município, sendo 96% dessas decorrentes do aterramento de resíduos gerados *off-site* no aterro Macaúbas (Tabela 2).

Figura 6 - Emissões de CO₂e decorrentes do tratamento e/ou disposição de resíduos sólidos e efluentes líquidos.



Fonte: da pesquisa

Figura 7 – Contribuições das atividades de responsabilidade de Sabará e das que não são de responsabilidade do município no total de emissões que ocorrem dentro dos limites de Sabará.



Fonte: da pesquisa

Tabela 2 – Contribuições das diferentes fontes de emissões que ocorrem em Sabará e são de responsabilidade de outros municípios.

Emissões que ocorrem dentro de Sabará de responsabilidade de outros municípios	tCO₂e	%
Geração de energia para o sistema elétrico em Sabará	0	0,0%
Emissões diretas de disposição de resíduos sólidos de outros municípios aterrados em Sabará	1.227.458	96,1%
Emissões diretas de tratamento biológico de resíduos sólidos de outros municípios em Sabará	0	0,0%
Emissões diretas de incineração ou queima a céu aberto de resíduos sólidos de outros municípios em Sabará	0	0,0%
Emissões diretas de tratamento de efluentes líquidos gerados em outros municípios e tratados na ETE Arrudas de Sabará	49.832	3,9%
Total	1.277.289	100,0%

O setor de AFOLU não contribui significativamente para as emissões de Sabará, padrão similar ao encontrado para Belo Horizonte.

4. Discussão e conclusões

O perfil de emissões de GEE do município de Sabará, segregado por setor, está coerente com os resultados encontrados nos inventários municipais brasileiros. O setor de energia, principalmente o de transportes, é o principal responsável pelas emissões de GEE municipais. Além disso, as emissões per capita de 1,69 tCO₂e / hab está condizente com o baixo padrão de emissão brasileiro. Esses baixos índices per capita decorrem das baixas emissões associadas à geração de eletricidade na matriz elétrica brasileira, composta predominantemente por fontes hídricas, que têm emissões estimadas bastante inferiores que as termelétricas movidas a combustível fóssil. Esse cenário pode inclusive ser percebido pela pequena participação das emissões de Escopo 2 na composição das emissões totais.

Sendo um município pertencente à RMBH, era esperado que o setor de transportes tivesse uma participação especialmente alta na composição das emissões de GEE, tendo o grande movimento pendular característico de regiões metropolitanas. A falta de transportes de massa eficazes aumenta a demanda por transportes individuais de passageiros e cargas, aumentando o consumo de combustíveis fósseis.

É sabido que o óleo diesel possui altos fatores de emissão de GEE e é amplamente utilizado no Brasil em transportes de massa e de carga, por ser um combustível com preço subsidiado pelo governo, além de permitir alta eficiência de transformação energética. A substituição desse combustível por outros com menores emissões de GEE, como biocombustíveis, e a substituição do modal rodoviário por modais menos carbono-intensivos, como metrô, ferrovias,

monotrilhos, BRT (*Bus Rapid Transit*), são estratégias potencialmente eficazes para diminuir as emissões associadas às unidades móveis.

Porém, é importante estar atento ao fato de que o aumento de uso de biocombustíveis no país e no mundo pode reduzir as emissões nos setores de energia, mas, em paralelo, pode levar a um aumento das emissões devido a alterações de uso de solo, caso o plantio de biomassa para produção de biocombustíveis esteja associada a supressão de vegetação, sobretudo supressão florestal. É preciso que se expanda a produção de biocombustíveis no Brasil sem que isso demande expansão expressiva da fronteira agrícola ou que as emissões sejam sempre conjuntamente.

Diante desse cenário, o poder público local deve priorizar esforços para promover melhorias na mobilidade urbana em Sabará, oferecendo melhores alternativas de transporte público de baixa emissão de GEE. Além disso, o problema de mobilidade nos grandes centros não pode ser resolvido apenas com políticas relacionadas ao trânsito; é preciso investir em redução da necessidade de deslocamento dos habitantes, descentralizando a oferta de serviços e equipamentos urbanos e de trabalho.

A grande quantidade de emissões decorrentes de tratamento e disposição de resíduos e efluentes no município poderia ser vista como um grande passivo das atividades de aterramento e tratamento de efluentes. Porém, as unidades de tratamento (aterro Macaúbas e ETE Arrudas) apresentam um grande potencial para ativos ambientais, seja para a geração de energia, seja para geração de créditos de carbono.

A ETE Arrudas implementou uma planta de geração de eletricidade para aproveitamento do biogás gerado no tratamento anaeróbico de lodo, em operação desde 2011. Essa usina de 2,4 MW de potência instalada está sendo desenvolvida no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) visando à obtenção de créditos de carbono (UNFCCC, 2012a). A Vital Engenharia, responsável pela operação do Aterro Macaúbas, está implementando um projeto para capturar, queimar e gerar eletricidade através do uso do biogás. Será implementada uma usina de geração de eletricidade que iniciará com capacidade instalada de 7,1 MW, em 2013, e totalizará 12,8 MW, em 2018. (UNFCCC, 2012b).

Sob o ponto de vista metodológico, é preciso que haja um esforço conjunto para o desenvolvimento adequado de cálculo para emissões de AFOLU no nível local. No presente trabalho, os dados disponíveis relacionados às atividades de AFOLU não foram suficientes para uma estimativa de emissão associada a esse setor. Em Sabará, um município essencialmente urbano, essas emissões podem ser desprezadas sem prejuízo aos resultados encontrados, mas, em outras realidades, isso poderia subestimar as emissões associadas ao setor. Em um país em que o setor AFOLU tem grande participação nas emissões totais, é preciso que as autoridades locais estejam cientes da contribuição de sua comunidade

Este trabalho representa também uma proposta metodológica para elaboração de inventários de GEE no nível municipal no contexto brasileiro. Há ainda grande lacuna metodológica para inventários em nível municipal, e o presente estudo propõe a aplicação da metodologia GPC na realidade dos municípios brasileiros, tendo como estudo de caso o município de Sabará. A metodologia GPC, ainda em elaboração, objetiva exatamente propor um padrão mundial para inventários em nível local.

Referências

BRASIL. **Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009: Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e dá outras providências.** 2009. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm. Acesso em: 23 set. 2012.

GPC – GLOBAL PROTOCOL FOR COMMUNITY-SCALE GHG EMISSIONS. **Global Protocol for Community-Scale GHG Emissions (GPC): Version 0.9 – 20 March 2012.** 2012a. Disponível em <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/GPC%20v9%2020120320.pdf>. Acesso em: 23 set. 2012.

GPC – GLOBAL PROTOCOL FOR COMMUNITY-SCALE GHG EMISSIONS. **Global Protocol for Community-Scale GHG Emissions (GPC): Pilot Version 1.0 – May 2012.** 2012b. Disponível em http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/GPC_PilotVersion_1.0_May2012_20120514.pdf. Acesso em: 23 set. 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@: Sabará – MG.** 2012. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 23 set. 2012.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory.** 2006. Disponível em <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>. Acesso em: 23 set. 2012.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC Fourth Assessment Report (AR4).** 2007. Disponível em http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf. Acesso em: 23 set. 2012.

MINAS GERAIS. **Pesquisa Origem Destino: Mobilidade para todos, em todos os sentidos.** 2012. Disponível em <http://www.origemdestino.mg.gov.br>. Acesso em 23 set. 2012.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Inventário Municipal de Emissões de Gases de Efeito Estufa: Relatório de avaliação de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito (GEE) do Município de Belo Horizonte.** 2009. Disponível em http://blog.munduscarbo.com/wp-content/uploads/2010/03/PBH_2008.pdf. Acesso em: 23 set. 2012.

UNFCCC – *UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. COPASA MG Small Thermoelectric Planta t ETE Arrudas Project*. 2012a. Disponível em <http://cdm.unfccc.int/Projects/Validation/DB/FLBMTPINYW2PBN079UUJ3SIY2MHT83/view.html>. Acesso em 24 set. 2012.

UNFCCC – *UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. Macaúbas Landfill Gas Project*. 2012b. Disponível em <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/BVQI1341010968.76/view>. Acesso em 26 nov. 2012.

US-EPA – *UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Developing a Greenhouse Gas Inventory*. 2012. Disponível em <http://epa.gov/statelocalclimate/local/activities/ghg-inventory.html#one>. Acesso em: 23 set. 2012.