

VI-081 - INVENTÁRIO CORPORATIVO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E MEDIDAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA: ESTUDO DE CASO NO SETOR MOVELEIRO

Vanessa Rodrigues de Freitas ⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Alagoas (2016).

Karina Ribeiro Salomon ⁽²⁾

Professora Associada I Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas. Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) Mestre em Engenharia da Energia e Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira ⁽³⁾

Professora Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas. Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (Campus II - Campina Grande). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Endereço⁽²⁾: Av. Lourival Melo Mota, s/n – Tabuleiro do Martins - Maceió – AL. CEP: 57072-900 - Brasil - Tel: (82) 3214-1275 - e-mail: karina.ufal@yahoo.com.br.

RESUMO

O trabalho teve como foco principal a elaboração de um inventário corporativo de emissão de gases de efeito estufa para uma empresa do setor moveleiro da cidade de Maceió. O inventário foi elaborado através da metodologia GHG Protocol, e a partir dele foram identificadas e quantificadas as emissões de gases de efeito estufa da empresa. A segunda etapa do trabalho foi a elaboração de um Plano de Gestão Ambiental através da proposição de medidas de Produção mais Limpa para a empresa. Como resultado do trabalho foram obtidos os dados de geração de resíduos e efluentes da empresa. Quanto as emissões atmosféricas, foi observado a partir do inventário que as principais fontes da empresa são referentes ao transporte de mercadorias compradas em fornecedores, ao deslocamento de funcionários e às emissões fugitivas, enquanto que a maior geração de resíduos e efluentes líquidos eram geradas nos setores de marcenaria, metalurgia, capotagem e lavagem do aço. Com análise da geração desses resíduos e efluentes foi observado que a geração de parte desses resíduos poderia ser minimizada com um melhor planejamento do processo produtivo. Também foi observado que cerca de 60% dos resíduos gerados na produção podem ser reutilizados ou reciclados na própria fábrica ou por terceiros, reduzindo assim o envio de resíduos ao aterro sanitário. Além da redução dos resíduos, as medidas P+L fornecem alternativas para a redução do consumo de energia elétrica e do consumo de combustível, evitando a emissão de 2,15t de CO₂/ano.

PALAVRAS-CHAVE: GHG Protocol, Planejamento Ambiental, Fábrica de Móveis, Produção mais Limpa.

INTRODUÇÃO

No Brasil e em muitos outros países, durante um longo período de tempo, a poluição era vista como indicativo de progresso. Essa percepção foi mantida até que os problemas relacionados à degradação do meio ambiente, contaminação do ar, da água e do solo - com efeitos diretos sobre os seres humanos - se intensificaram (BRAGA et al, 2005).

Os problemas de poluição não são recentes, porém aumentaram com a Revolução Industrial. A poluição do ar foi um dos grandes prejuízos deixados pela revolução, nessa época o ser humano começou a conviver com um ar poluído, e essa convivência se estende até os dias de hoje. Como um efeito global da poluição do ar, é possível citar o efeito estufa, causado por determinados gases, que podem trazer consequências que afetam o clima e o equilíbrio do planeta.

De acordo com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) os principais gases causadores do efeito estufa são: gás carbônico, metano, óxido nitroso, clorofluorcarbonos e ozônio. Forçamento radioativo significa a mudança no fluxo de energia causada por um impulsor, e, de acordo com o Quarto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças no Clima (IPCC, 2007), a principal contribuição

ao forçamento radioativo provém do aumento na concentração de dióxido de carbono na atmosfera que se vem produzindo desde 1750.

Para o controle do efeito estufa é importante o controle da emissão de dióxido de carbono, que consiste na diminuição da emissão resultante da queima de combustíveis, utilizando fontes alternativas de energia, e outras medidas como por exemplo: maior controle do desmatamento mundial.

Com o objetivo de reduzir as emissões, foram realizados diversos acordos e conferências entre países, entre eles a ECO- 92, o Protocolo de Quioto, e também foram elaboradas leis, relatórios e programas, como o Programa Brasileiro GHG Protocol, relatórios do IPCC, e inventários corporativos. Funcionando como instrumento para redução das emissões de uma organização, o inventário de gases de efeito estufa (GEE) é uma espécie de raio-X que se faz em uma empresa, grupo de empresas, setor econômico, cidade, estado ou país para se determinar fontes de GEE nas atividades produtivas e a quantidade lançada na atmosfera. Depois é realizada a contabilidade desses gases, que significa quantificar e organizar dados sobre as emissões com base em padrões e protocolos (Guia para elaboração de inventários corporativos de emissões de GEE, 2009). Os inventários de GEE servem para melhorar o entendimento de suas emissões pela empresa, e de acordo com o Guia para elaboração de inventários corporativos de emissões de GEE (2009), o *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol) é a ferramenta mais utilizada mundialmente pelas empresas e governos para entender, quantificar e gerenciar as emissões. O Programa Brasileiro GHG Protocol busca adaptar a ferramenta ao contexto nacional, além de construir uma plataforma nacional para publicação dos inventários de GEE corporativos e organizacionais.

Juntamente com o inventário corporativo de emissões GEE, é importante que as empresas possuam um planejamento ambiental adequado, levando em consideração não apenas a poluição do ar e a emissão de gases de efeito estufa, mas também, todo o sistema da empresa, otimizando a produção ou processos e realizando uma produção mais limpa.

O setor moveleiro tem evoluído consideravelmente na questão ambiental, contudo ainda tem muito a ser feito em benefício das empresas e do meio ambiente. Uma das principais motivações para preocupação com a questão ambiental no setor é o crescimento de consumidores conscientes no mercado nacional.

O trabalho a seguir tem o objetivo de realizar o inventário corporativo de gases de efeito estufa, seguindo as diretrizes do Programa Brasileiro GHG Protocol, assim como, elaborar um Plano de gestão ambiental para uma fábrica composto por uma fábrica e uma loja do setor moveleiro.

METODOLOGIA

A empresa escolhida para a elaboração do inventário de GEE e a proposição de medidas P+L foi uma fábrica de móveis e uma loja que vende os móveis produzidos na fábrica, sendo as duas localizadas em Maceió. O mercado consumidor da empresa é composto, principalmente, por empresas em fase de construção e montagem de seus móveis e escritórios, além de escolas e faculdades, todos localizados principalmente no estado de Alagoas.

Para elaborar o inventário de GEE e as medidas P+L, foi necessário realizar um estudo do local através de visitas. As visitas possibilitaram um entendimento detalhado do processo produtivo e atividades da fábrica e da loja, assim como a descrição do local, fornecendo as informações necessárias para o estudo. Para o diagnóstico, foram levantados os seguintes itens:

- Descrição das atividades realizadas;
- Identificação das fontes de emissão de GEE diretas e indiretas;
- Quantificação das emissões de GEE diretas e indiretas através da ferramenta GHG Protocol;
- Quantificação dos efluentes líquidos;
- Quantificação dos resíduos sólidos gerados.

A elaboração do inventário corporativo de GEE seguiu as diretrizes do Programa Brasileiro GHG Protocol. Esse programa fornece o método mais utilizado para a realização de inventários de forma adaptada ao contexto nacional.

Para iniciar a elaboração de um inventário, o primeiro passo é estabelecer as fronteiras para contabilização das emissões de GEE de acordo com a empresa em estudo. O primeiro limite a ser definido é o geográfico. O segundo limite a definir é o organizacional, pois as empresas variam nas suas estruturas legais e organizacionais. O terceiro limite a ser definido é o operacional, que envolve a identificação das emissões associadas com as suas operações, classificando-as como emissões diretas ou indiretas e selecionando o escopo para contabilização e elaboração do inventário de emissões. No Escopo 1 entram as emissões diretas de GEE provenientes de fontes controladas pela empresa, no Escopo 2 são contabilizadas as emissões de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica utilizada e no Escopo 3 (categoria de relato opcional) são consideradas as emissões indiretas que ocorrem em consequência das atividades da empresa, mas não são controladas por esta.

Depois de definir os limites do inventário, serão seguidos cinco passos, onde o primeiro é a identificação das fontes de emissão. Primeiro são identificadas as fontes diretas de emissão, é importante incluir os veículos e equipamentos de refrigeração, em seguida são identificadas as fontes de emissão indireta, resultantes do consumo de energia adquirida (Escopo 2), e por fim são identificadas as fontes de emissão que se enquadram no escopo 3, que apesar de serem opcionais são de grande importância.

O segundo passo consiste em selecionar um abordagem de cálculo. Nesse caso serão utilizados fatores de emissão documentados, que são taxas calculadas que relacionam emissões de GEE com medidas de atividade numa fonte de emissão.

O terceiro passo para o inventário é coletar os dados das atividades e escolher os fatores de emissão, essa etapa demandará mais tempo e esforço, os dados serão coletados através de visitas ao local em estudo.

O quarto passo para o inventário é a aplicação das ferramentas de cálculo. Nesse caso será utilizada a ferramenta de cálculo disponibilizada pelo Programa Brasileiro de GHG Protocol. O uso dessas ferramentas é aconselhado, uma vez que elas foram revisadas por peritos e são regularmente atualizadas. Por fim, no último, passo os dados devem ser relatados, de forma clara para minimizar erros de interpretação.

A proposição de medidas será baseada na metodologia de implantação da Produção mais limpa. A metodologia da PmaisL (2008) consiste em 18 tarefas, porém algumas não foram realizadas no presente trabalho pois já são com o objetivo da implementação da PmaisL na empresa. Na Tabela 1 a seguir, estão descritas todas as 18 tarefas.

Tabela 1: Tarefas para elaboração e implementação do plano de gestão ambiental.

Tarefa 1	Comprometimento da direção da empresa
Tarefa 2	Sensibilização dos funcionários
Tarefa 3	Formação do ECOTIME
Tarefa 4	Apresentação da Metodologia
Tarefa 5	Pré-avaliação
Tarefa 6	Elaboração dos fluxogramas
Tarefa 7	Tabelas quantitativas
Tarefa 8	Definição de indicadores
Tarefa 9	Avaliação dos dados coletados
Tarefa 10	Barreiras
Tarefa 11	Seleção do foco de avaliação e priorização
Tarefa 12	Balancos de massa e energia
Tarefa 13	Avaliação das causas de geração dos resíduos
Tarefa 14	Geração das opções de PmaisL
Tarefa 15	Avaliação técnica, ambiental e econômica
Tarefa 16	Seleção da opção
Tarefa 17	Implementação
Tarefa 18	Plano de monitoramento e continuidade

Fonte: Guia da Produção mais limpa (2008).

RESULTADOS

Os resultados foram obtidos através do cumprimento da metodologia para a elaboração do inventário corporativo de gases de efeito estufa e para elaboração de medidas P+L. Para iniciar a metodologia, foi necessário primeiramente conhecer a empresa, e para isso foram realizadas visitas ao local para coleta de dados. Nas visitas foram observadas as atividades realizadas. Na loja, foi observado que as atividades são basicamente administrativas, não sendo relevante sua descrição. Já na fábrica, o processo de produção é composto por diferentes etapas. Então, sabendo que o principal produto fabricado é a cadeira, as atividades descritas a seguir são baseadas em sua na produção. A Figura 1 a seguir, representa as etapas da produção.

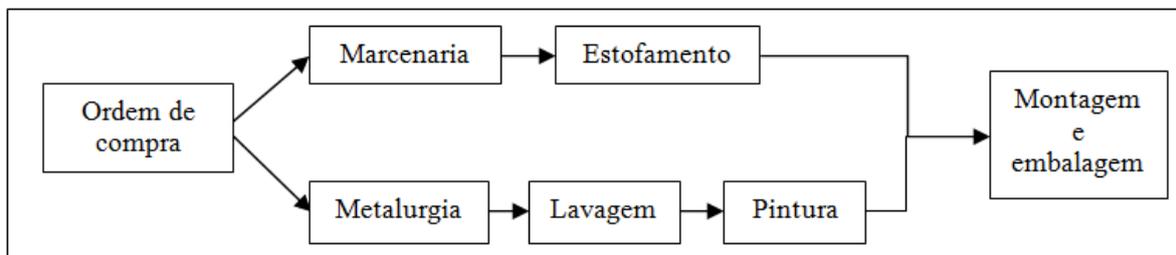


Figura 1: Fluxograma do processo de produção.

Para iniciar a elaboração do inventário, primeiro foram definidos os limites. No limite geográfico foi definido o território brasileiro, seguindo as orientações do Programa Brasileiro GHG Protocol, nesse caso serão incluídas as emissões apenas do território brasileiro.

O segundo limite foi o organizacional, onde foi definido que o inventário será elaborado contendo as informações de GEE com base no controle operacional, ou seja, toda a empresa (fábrica e loja), já que se trata de uma empresa que não possui participação societária. Por se tratar de uma empresa que contempla uma fábrica uma loja, e que estas possuem o mesmo controle operacional, o inventário será elaborado em conjunto, contendo as emissões de gases de efeito estufa juntas.

Os últimos limites a serem definidos são os operacionais, que são referentes às emissões diretas e indiretas, estas são divididas em três escopos. Na Tabela 2 as emissões estão listadas e separadas por escopo.

Tabela 2: Lista de fontes de emissão separadas por escopo.

ESCOPOS	FONTES DE EMISSÃO
ESCOPO 1 (Emissões diretas de GEE)	GLP (Fábrica), Acetileno (Fábrica), condicionadores de ar, geladeira, extintores e veículo da empresa
ESCOPO 2 (Emissões referentes a Energia Elétrica)	Compra de energia elétrica
ESCOPO 3 (Emissões Indiretas de GEE)	Entrega de produtos, compra de produtos, resíduos gerados e deslocamento de funcionários

Após a identificação das fontes de emissão, é necessário o levantamento de dados para a quantificação dessas emissões. A quantificação é feita a partir da Ferramenta GHG Protocol que estima a emissão dos GEE para cada fonte e também converte essa emissão em equivalente de CO₂ (CO₂e) com base no seu potencial de aquecimento global.

No escopo 1 as emissões podem ser divididas em: combustão estacionária com origem na estufa e na solda (GLP e Acetileno), emissões de combustão móvel (veículo) e emissões fugitivas (condicionadores de ar, geladeira e extintor). Na combustão estacionária o dado utilizado na ferramenta é a quantidade de cada gás utilizada por ano. Para a quantificação das emissões provenientes da combustão móvel foi calculada a quantidade de combustível utilizada por ano em cada carro. Para a quantificação das emissões fugitivas, são considerados os dados de quantidade de gás utilizada para carregar novos equipamentos, para manutenção e quantidade recuperada no descarte final.

No escopo 2 foram contabilizadas as emissões causadas pela geração de energia elétrica comprada, para essa quantificação foram analisadas as contas de luz da fábrica e da loja durante 01 ano, e a quantidade de kWh totais foi o dado utilizado na Ferramenta GHG Protocol.

No escopo 3 foram quantificadas as emissões referentes ao transporte das matérias primas até a empresa inventariante, emissões referentes ao deslocamento de funcionários e emissões causadas pelos resíduos. No caso do transporte de matéria prima, foi analisada a quantidade de viagens, a distância e o tipo de veículo utilizado em cada transporte, foi calculada uma distância total e o consumo de combustível por ano, para que por fim fosse calculada a quantidade de emissões de GEE, as emissões referentes ao transporte de funcionários foi calculada da mesma maneira. As emissões causadas pelos resíduos foram calculadas utilizando basicamente a quantidade de resíduo gerada e sua composição.

A Tabela 3 a seguir apresenta um resumo das emissões da empresa. É possível observar que as emissões do escopo 3 são responsáveis pela maior parte das emissões da empresa, ou seja, as emissões indiretas. Já o gráfico da Figura 2, a seguir, ajuda a entender quais são as principais emissões da empresa, mostrando que as emissões fugitivas, de transporte e distribuição e do deslocamento de funcionários são as mais significativas. A partir dessas informações as medidas P+L foram elaboradas e definindo algumas propostas para a redução dessas emissões.

Tabela 3: Resumo das emissões dos Escopos 1, 2 e 3.

GEE (t)	Emissões em toneladas métricas de CO ₂ equivalente (tCO ₂ e)			
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total
CO ₂	13,79346	2,9818	134,6797	151,4550
CH ₄	0,0382	-	0,3510	0,3892
N ₂ O	0,4092	-	2,1143	2,5235
HFCs	63,8176	-	-	63,8176
PFCs	-	-	-	-
SF ₆	-	-	-	-
NF ₃	-	-	-	-
Total de GEE	78,0583	2,9818	137,1450	218,1851
Porcentagem por escopo do Total de Emissões	36%	63%	1%	100 %

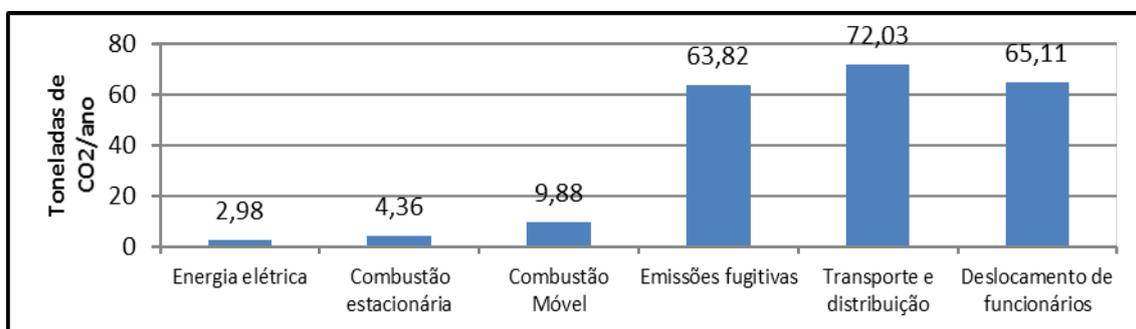


Figura 2: Gráfico de emissões de GEE (CO₂e/ano) para cada fonte.

Para a elaboração de medidas de produção mais limpa, as tarefas citadas na metodologia foram seguidas para que as opções de melhorias fossem baseadas nas principais fontes poluidoras da empresa e escolhidas aquelas que possuem uma melhor viabilidade técnica, ambiental e econômica. A Tabela 4 a seguir lista as medidas de produção mais limpa que podem ser aplicadas em cada etapa do processo, além de outras medidas gerais.

Tabela 4: Medidas para produção mais limpa.

Etapa/Operação: Marcenaria	Utilização de madeira reflorestável; Melhor planejamento do corte da madeira, evitando sobras; Utilizar as sobras da madeira para a fabricação de produtos menores, como cadeiras para crianças, acessórios de decoração de escritório; Vender/doar as sobras de madeira para artesãos; Vender o pó de serra para olarias.
Etapa/Operação: Capotagem	Melhor planejamento do corte de tecidos, perfis e espumas, evitando sobras e vender/doar a sobra dos tecidos para pequenos artesãos;
Etapa/Operação: Metalurgia	Planejamento do corte do aço para evitar/reduzir as sobras e venda das sobras de aço para ferros velhos.
Etapa/Operação: Lavagem do aço	Uso de solvente biodegradável e instalação de separador de água e óleo.
Economia do consumo de Energia elétrica	Reduzir o uso da luz elétrica, substituindo-a pela luz natural durante o dia através da troca de algumas telhas comuns por telhas translúcidas; Uso de lâmpadas mais eficientes e com menor gasto de energia; Desligar equipamentos quando não estiverem funcionando; Manter em dia a manutenção das máquinas, para que estejam sempre com bom funcionamento e alta eficiência; Manter em dia a manutenção dos compressores de ar, garantindo melhor eficiência.
Segregação dos resíduos	Fabricação, com os próprios resíduos da fábrica, de lixeiras de coleta seletiva; Identificação das lixeiras; Disponibilizar as lixeiras próximas ao seu maior local de geração; Espalhar cartazes educativos.
Solda e estufa	Manutenção preventiva dos equipamentos.
Funcionários	Capacitação contínua dos funcionários da fábrica.

Após a seleção das medidas P+L podem ser estabelecidas algumas metas de redução para o consumo de energia elétrica, geração de resíduos sólidos, consumo de combustível e emissão de gases na solda e estufa. A meta de redução no consumo de energia elétrica foi estabelecida com base na em estudos da Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIESP, 2016), que afirmou que medidas simples para economizar energia podem reduzir o consumo em até 25%, então, como meta inicial, foi adotado 15%. A meta para redução dos resíduos enviados ao aterro foi estimada em 50%. A meta para redução do consumo de combustível foi estimada em 15% baseando-se apenas na redução nos trajetos. A redução das emissões de gases não foi calculada de forma precisa, foi apenas estimado um valor de 5% de redução, pois com manutenção constante as máquinas funcionam de forma mais eficiente. Sendo cumpridas essas metas, elas resultam em uma redução total de 2,15 t de CO₂/ano.

CONCLUSÃO

O inventário foi elaborado de forma consistente e assegurando representar de maneira justa todas as emissões de GEE da empresa. Para a elaboração do inventário as emissões de GEE foram identificadas e quantificadas, sendo contabilizadas as emissões dos três escopos para a fábrica e a loja de forma conjunta, já que possuem o mesmo controle operacional.

Foi observado que as emissões mais significativas da empresa, se enquadram no escopo 3, que foi responsável por 63% das emissões da empresa, seguido pelo escopo 1, contribuindo com 36% e por fim o escopo 2, que contribui com apenas 1% das emissões. Apesar de sua contabilização ser opcional, o escopo 3 apresentou grande importância no inventário, realidade comum em empresas que necessitam de muito transporte de materiais.

Na segunda etapa do trabalho, a metodologia da Produção mais limpa conduziu as atividades para a elaboração de medidas P+L. Dentre as opções mais atrativas para a empresa estão: otimização do uso das matérias primas, reduzindo a geração dos resíduos, utilização desses resíduos para a fabricação de outros produtos, gerando lucro para a empresa, e por fim, a venda desses resíduos, para que outras fábricas ou artesãos possam utilizar como matéria-prima.

A emissão de gases de efeito estufa no processo de produção da fábrica não é substancial, porém a partir do trabalho, foi percebido a importância que um planejamento tem em uma empresa, independente do seu porte.

Ele possibilita a análise aprofundada dos processos e uma melhor percepção de qual setor pode melhorar, onde ocorrem os desperdícios, quais os setores que mais produzem resíduos e se estes podem ser utilizados de outra forma pela empresa. Essa forma de pensar contribui para uma produção que não agride o meio ambiente e que cause menos impactos ambientais, trazendo benefícios econômicos e melhorando a imagem da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à engenharia ambiental. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. p. 313. ISBN 85-7605-041-2.
2. CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: 10 de Maio de 2015.
3. FIESP - Federação das Indústrias do Estado do Paraná. Boletim da Indústria: Medidas podem ajudar a indústria a reduzir até 25% da tarifa de energia elétrica, 2016. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br>>. Acesso em: 15 de maio de 2016.
4. FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS; WORLD RESOURCES INSTITUTE. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. 1 ed. 2008.
5. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change - Climate Change 2007: The Physical Science Basis-Summary for Policymakers, 2007.
6. PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. Guia para elaboração de inventários corporativos de GEE. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2009.
7. PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. Ferramenta de estimativa de gases de efeito estufa para fontes instersetoriais. Versão 2016.1. 2016.
8. REDE DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA. Guia da Produção Mais Limpa: Faça você mesmo, 2008.