

QUALIDADE DO AR.

INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO CAMPUS 1 DA UNICAMP EM LIMEIRA, SP.

Priscila Boleta Gonçalves – priscila_boleta@hotmail.com
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Simone Andréa Pozza – simone.pozza@ft.unicamp.br
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Resumo: As mudanças climáticas atualmente vêm se acentuando e se tornando um grande problema mundial. A elevada quantidade de Gases de Efeito Estufa (GEE) que é liberada por atividades antrópicas tem agravado um processo natural chamado efeito estufa. Uma das formas de quantificar os gases gerados é a elaboração de um Inventário de GEE, que pode ser realizado em empresas, universidades, cidades ou em qualquer atividade geradora de tais gases. Este trabalho apresenta um Inventário de GEE no Campus 1 da Unicamp de Limeira, realizado em 2015, tendo como objetivo identificar as fontes poluidoras e quantificar as emissões, utilizando a metodologia do *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol) e analisando os três escopos. O escopo 1 gerou 0,08 tCO₂e (toneladas de CO₂ equivalente), o escopo 2 produziu 93,62 tCO₂e e o escopo 3 gerou 1972,56 tCO₂e. Então se conclui que o maior gerador de GEE, para este estudo, foi o escopo 3.

Palavras-chave: Campus universitário, CO₂ equivalente, Gases de Efeito Estufa, GHG Protocol, Inventário.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O efeito estufa é um processo natural, que ocorre quando uma parte do calor absorvido pela Terra, ao ser refletido de volta é aprisionado por alguns gases da atmosfera. Porém, esse fenômeno vem se intensificando desde a Revolução Industrial, devido a grande quantidade de gases emitidos pelas atividades antrópicas. Como tais emissões potencializam o efeito estufa, alguns gases da atmosfera passam a reter mais calor, assim aumentando a média de temperatura terrestre de uma forma muito rápida, gerando o que é conhecido hoje como aquecimento global (GREENPEACE, 2006).

Existe uma técnica usada para quantificar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e traçar planos para diminuir e/ou neutralizar a presença desses gases na atmosfera, é a elaboração de Inventários de GEE. Para fins de cálculo são contabilizados os gases

internacionalmente reconhecidos como GEE regulados pelo Protocolo de Quioto e é utilizada uma planilha de Excel, atualizada anualmente, disponibilizada no site do Programa Brasileiro GHG Protocol, que quantifica e gerencia as emissões (GHG, 2014). É utilizada, também, a ferramenta do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas), principal órgão internacional responsável por analisar e avaliar as informações sobre mudanças climáticas (IPCC, 2015).

Para a elaboração do Inventário, as fontes de emissão são divididas em: Escopo 1 (emissões de GEE de fontes que pertencem ou são controladas pela empresa ou instituição, consideradas diretas); Escopo 2 (oriundas da compra de energia, consideradas indiretas); Escopo 3 (outras emissões indiretas, como transporte, geração de resíduos sólidos e efluentes) (GHG, 2010).

Foram realizados alguns Inventários de GEE em universidades pelo mundo. Listamos alguns deles de acordo com os escopos quantificados em cada um.

Já foram desenvolvidos alguns estudos que abordam somente o Escopo 2, dentre eles podemos destacar o realizado na UNOESC de Xanxerê – SC (MELARA, KAMINSKI, LANGER, 2011), em 2011. Foi fornecido, pela faculdade, informações da quantidade de energia gasta durante o tempo em que foi realizado o inventário e assim calculado quanto de GEE foi emitido utilizando a ferramenta do GHG Protocol. Tais emissões totalizaram 10,46 tCO₂e.

Outras universidades também abordaram somente o Escopo 2, como a Universidade Nacional Autônoma do México (UNAM) em 2011 (ESCOBEDO et al., 2014); a Universidade Tecnológica da Malaysia (UTM) em 2012 (YAZDANIL, NADERIPOUR, KAMSAH, 2012) e Universidade ‘E’ em Seul - Coreia do Norte em 2014 (SONG et al., 2014).

Alguns estudos mais completos realizaram o inventário abrangendo até o Escopo 3. A UTFPR no Campus Curitiba, trabalhou em 2012 os escopos 1, 2 e 3 (DA CRUZ e D’AVILA, 2013). No primeiro, foram fornecidas informações sobre o tanto de combustíveis gastos pelos veículos da universidade e de gás usado nos laboratórios e no Restaurante Universitário (RU). No segundo, a metodologia utilizada foi a mesma já citada nos trabalhos de Escobedo et al. (2014) e Melara, Kaminski e Langer (2011). No terceiro, foi feita a pesagem dos resíduos sólidos do restaurante universitário e das salas de aula (só não foram pesados os resíduos de laboratórios devido à periculosidade) e a parte de efluentes foi fornecida pela faculdade. Ainda no Escopo 3, para analisar a quantidade de gases gerados pelos veículos utilizados pela população local para se locomover até o campus, foi feito um questionário que deveriam ser respondidas a distância percorrida e o meio de transporte usado para chegar à faculdade. Foram utilizadas 5% das respostas como uma amostra da população do local para realizar os cálculos. A ferramenta usada para cálculo dos três Escopos foi o GHG Protocol (DA CRUZ e D’AVILA, 2013).

A UTFPR no Campus de Campo Mourão, trabalhou também em 2012 os Escopos 1, 2 e parte do 3, sem contabilizar o transporte (YABUSHITA, 2013) e a Universidade de Illinois em Chicago (UIC) fez também seu inventário completo entre 2004 e 2008, operando da mesma forma que Da Cruz e D’Avila (2013) (KLEIN-BANAI et al., 2010).

Em 2011, a PUC-Rio Campus Gávea, fez ainda o inventário abrangendo somente o Escopo 3, pois este setor é o maior contribuinte de emissões de GEE (CARVALHO, VAN ELK, ROMANEL, 2015).

2. METODOLOGIA

Para quantificar as emissões de GEE do Campus 1 da UNICAMP Limeira foi adotada a metodologia baseada nos inventários referenciados e foi utilizada a ferramenta do GHG Protocol. Foi realizado o inventário somente da Faculdade de Tecnologia (FT), não contabilizando as emissões geradas pelo Colégio Técnico de Limeira (Cotil) e Planta Física, que também fazem parte do Campus estudado. Esta decisão foi tomada pela dificuldade de acesso às informações das outras unidades inseridas no mesmo Campus.

2.1. Escopo 1: Consumo de gases e combustíveis veiculares

Em relação ao consumo de gases, foi feita uma pesquisa no Laboratório de Físico-Química (LABFISQ), no Laboratório de Ecotoxicologia Aquática e Limnologia (LEAL) e no Laboratório de Microbiologia (LABMIC). As informações necessárias sobre consumo de combustíveis veiculares foram fornecidas pela Planta Física de Limeira.

2.2. Escopo 2: Energia elétrica

As informações sobre gastos com energia elétrica foram solicitadas à Diretoria Geral da Administração da Unicamp (DGA) para quantificar a geração de gases que o Escopo 2 emite.

2.3. Escopo 3: Geração de resíduos sólidos e transporte e distribuição

Geração de resíduos sólidos

A Coordenadoria de Planta Física de Limeira forneceu informações sobre o volume de cada tipo de resíduo sólido gerado pelo Campus todo, sendo eles resíduos de construção civil, alimentares, recicláveis, comuns e de jardim. Sabendo que o inventário será realizado somente na FT, não contabilizando o Cotil, foi feito um cálculo com base no número de alunos, professores e funcionários que atuam em cada parte do Campus para se estimar a quantidade de resíduos gerados somente pela FT.

A ferramenta de cálculo do GHG Protocol separa os tipos de resíduos em papéis/papelão, resíduos têxteis, alimentares, madeira, resíduos de jardim e parque, borracha e couro, fraldas e outros materiais inertes. Já possuindo os dados sobre a quantidade de resíduos de jardim e resíduos alimentares gerados na FT e sabendo que não são gerados resíduos têxteis, madeira, borracha, couro e fraldas, é preciso calcular a quantidade de papel/papelão gerados nos lixos comum e reciclável. Então foi realizada uma análise mais detalhada do lixo comum pelo recolhimento e pesagem do lixo gerado diariamente de segunda a sexta-feira durante o período de 4 de novembro à 4 de dezembro de 2015 e também no período de 25 a 29 de janeiro de 2016, para que se pudesse observar a quantidade gerada em período letivo e também em período de férias.

Foi feita a separação do lixo em: copo plástico, plástico, papelão, papel, metal, vidro, orgânico, embalagem longa vida, não reciclável e outros. Estes resíduos foram pesados separadamente. Isto tudo para que se pudesse calcular a porcentagem de papel e papelão presentes. Depois de saber a composição do lixo é possível calcular a quantidade de CO₂ equivalente gerado por meio da ferramenta do GHG Protocol.

Transporte e distribuição

Outro fator que compõe o Escopo 3 é o transporte de alunos, professores e funcionários de suas residências até a FT diariamente. Para quantificar os GEE dos meios de locomoção foi aplicado um questionário para se obter dados sobre o tipo de veículo utilizado, a distância percorrida até o Campus, o ano do veículo e o tipo de combustível usado. Foi

aplicado a aproximadamente 80 pessoas, que compõem uma amostra de 5% da população total da FT. Segundo Da Cruz e D'Avila (2013), é uma amostra estatisticamente considerável para este tipo de estudo. O questionário foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos por meio da Plataforma Brasil e aprovado.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. Escopo 1: Consumo de gases e combustíveis veiculares

No levantamento de consumo de gases, nos laboratórios, foi observado que todos os três usam uma quantidade insignificante de GLP e trabalham com outros tipos de gases que não estão presentes no Protocolo de Quioto, sendo assim não entram para a contabilização no inventário.

A quantidade e tipo de combustíveis usados pelos dois veículos pertencentes à FT no ano de 2015 estão mostrados na Tabela 1.

Tabela 1- Quantidade e tipo de combustível usado pelos veículos da FT em 2015.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Quantidade de etanol (L)	400,0	369,9	539,3	397,4	476,3	562,3	392,8	660,8	616,0	637,0	670,0	411,0

Utilizando tais dados na planilha do GHG Protocol, é calculado que esta atividade emite 0,08 toneladas métricas de CO₂ equivalente.

3.2. Escopo 2: Energia elétrica

Os dados fornecidos pela DGA, sobre energia elétrica consumida pela FT no ano de 2015 são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo de energia elétrica na FT em 2015.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Eletricidade comprada (kWh)	61113	57566	72746	68349	59840	50421	47135	53528	62914	85848	74070	60807

Com o método do GHG Protocol, foi possível obter o valor de emissão de 93,62 toneladas métricas de CO₂ equivalente. Quando comparado com o Escopo 1, este Escopo gera uma quantidade muito maior de CO₂ equivalente.

3.3. Escopo 3: Geração de resíduos sólidos e transporte e distribuição

Geração de resíduos sólidos

O Cotil possui 1500 alunos, 89 professores e 41 funcionários e a FT possui 1335 alunos de graduação, 121 alunos de pós-graduação, 75 professores e 41 funcionários. Baseando-se nessas informações, foi calculado que aproximadamente 50% da população presente no campus pertence ao Cotil e 50% pertence à FT, sendo assim para fins de cálculo deste inventário serão considerados apenas a metade dos resíduos que são produzidos pela FT, os valores são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Volume e massa de resíduos sólidos gerados na FT no ano de 2015.

Tipo de resíduo	Volume total do Campus (m³)	Volume da FT (m³)	Massa (kg/período letivo)	Massa (kg/período férias)	Massa (kg/total)
Jardim	12,0	6,0	11376,0	5688,0	17064,0
Alimentar	2,0	0,1	6032,0	301,6	6333,6
Construção Cível	-	-	6000,0	3000,0	9000,0
Comum	48,0	24,0	21024,0	1051,2	22075,2
Reciclável	8,0	4,0	2512,0	125,6	2637,6
TOTAL			46944,0	10166,4	57110,4

Utilizando o peso específico de cada tipo de resíduo, já tabelado por UFP (2008), foi possível calcular a massa (kg) de cada um deles com a Equação (1).

$$M = V \cdot \rho \quad (1)$$

onde M é a massa (kg); V é o volume (m³) e ρ é o peso específico (kg/m³).

Somente os resíduos de construção civil já foram fornecidos em kg, sendo o total de 1500 kg/mês. Assim é possível calcular a quantidade produzida durante o período letivo de 2015 (Março, Abril, Maio, Junho, Agosto, Setembro, Outubro e Novembro) e do período de férias (Janeiro, Fevereiro, Julho e Dezembro), sabendo que durante um mês de férias a quantidade dos resíduos corresponde a 10% do total de um mês letivo, mostrados na Tabela 3.

Após a pesagem dos lixos comum e reciclável, foi possível verificar a quantidade de papel e papelão presentes, ilustrado nas Figuras 1 e 2.

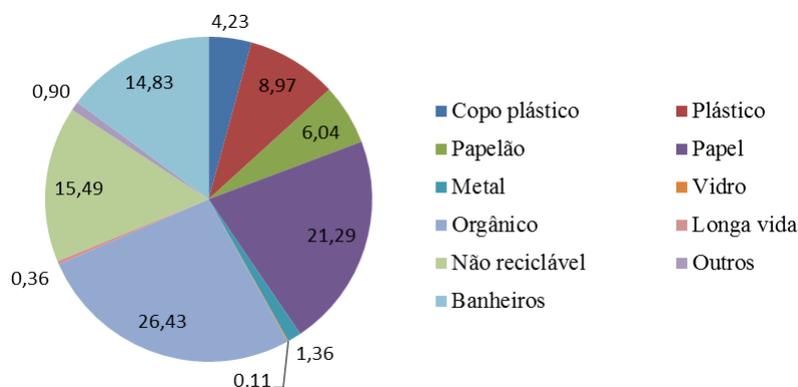


Figura 1- Porcentagem de cada tipo de material presente no lixo comum.

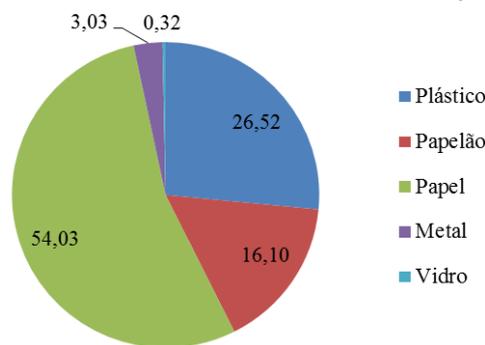


Figura 2 - Porcentagem de cada tipo de material presente no lixo reciclável.

Sabendo a porcentagem de cada tipo de material, a quantidade de papel e papelão total presente no lixo foi calculada, sendo um total de 7882,9 kg/ano que equivale a 13,8% do total de resíduos gerados em 2015. Assim, a planilha do GHG Protocol foi preenchida de acordo com as porcentagens calculadas de cada tipo de resíduo, indicado na Tabela 4.

Tabela 4 - Composição dos resíduos gerados na FT em 2015.

Composição do resíduo	Anos	2014
A - Papéis/papelão	A / Total [%]	13,8%
B - Resíduos têxteis	B / Total [%]	0,0%
C - Resíduos alimentares	C / Total [%]	11,1%
D - Madeira	D / Total [%]	0,0%
E - Resíduos de jardim e parque	E / Total [%]	29,8%
F - Fraldas	F / Total [%]	0,0%
G - Borracha e couro	G / Total [%]	0,0%
Outros materiais inertes	[%]	45,29%
DOC - Carbono Orgânico Degradável no ano	[tC/tMSW]	0,1315

onde: tC/tMSW = toneladas de carbono / toneladas de resíduo sólido municipal

A quantidade de CO₂ equivalente em toneladas métricas emitida pela geração de resíduos sólidos é calculada com o GHG Protocol e apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Quantidade de CH₄, CO₂ e CO₂ de biomassa gerados por resíduos sólidos.

Emissões projetadas em toneladas do resíduo gerado/ano.	
CH ₄	2,24
CO ₂	55,96
CO ₂ de biomassa	-

Transporte e distribuição

Foi aplicado o questionário a 80 pessoas, entre alunos, professores e funcionários. Deste total, 39 utilizam algum tipo de transporte emissor de CO₂ (ônibus, carro, van ou moto) e 41 utilizam bicicleta ou andam a pé, não sendo estas contabilizadas como fontes de emissão. Colocando as informações sobre combustível utilizado, ano do veículo e distância percorrida, respondidas pelas 39 pessoas na ferramenta do GHG Protocol, é possível obter a quantidade

de CO₂ equivalente e CO₂ de biomassa gerada por 5% da população estudada. Assim pode-se estimar estatisticamente a quantidade da população total (Tabela 6). Pode-se observar que o transporte é o maior gerador de CO₂ equivalente da FT.

Tabela 6 - Emissões geradas por transporte utilizado pela população estudada.

Emissões totais por combustão móvel	5% da população estudada	População total estudada
CO ₂ equivalente (toneladas métricas)	95,83	1916,60
CO ₂ biogênico (toneladas métricas)	30,19	603,80

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os valores obtidos nos três Escopos, é possível perceber que o Escopo 3 é o maior gerador de gases de efeito estufa da FT, somados geração de resíduos sólidos e transporte e distribuição (Tabela 7), assim como aconteceu também em outros estudos feitos, como no estudo já citado de Da Cruz e D'avila, 2013.

Tabela 7 - Emissões geradas de acordo com o escopo na FT no ano de 2015.

Escopo	Emissões de CO ₂ equivalentes (toneladas métricas)
1	0,08
2	93,62
3	1972,56

Agradecimentos

Agradeço a Bolsa PIBIC CNPq, a Planta Física da Faculdade de Tecnologia, o DGA, aos técnicos de laboratórios, aos funcionários responsáveis pela limpeza e as pessoas que responderam os questionários pelas informações cedidas para que o trabalho pudesse ser realizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, J. P. A. F.; VAN ELK, A.G.H.; ROMANEL, C. Levantamento dos gases de efeito estufa no campus da PUC-Rio Gávea, Rio de Janeiro. In: 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental., Rio de Janeiro. **Anais do 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** Rio de Janeiro: PUC, 2015, 10 p.

DA CRUZ, F. A.; D'AVILA, S. P. **Inventário De Emissões De Gases De Efeito Estufa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Curitiba – Sede Central e Ecoville.** Curitiba, 84p, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ESCOBEDO, A.; BRICEÑO, S.; JUÁREZ, H.; CASTILLO, D.; IMAZ, M.; SHEINBAUM, C. Energy consumption and GHG emission scenarios of a university campus in Mexico. **Revista Energy for Sustainable Development**, v. 18, p. 49–57, 2014.

GHG Protocol. 2010. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: [https://s3-sa-east-](https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ghg-protocol-brasil/ghg-protocol-brasil.pdf)

1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/152/especificacoes_pb_ghgprotocol.pdf. Acesso em: 23 nov. 2015.

GHG Protocol. 2016. Ferramenta de cálculo. Disponível em: <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>. Acesso em 13 mar. 2016.

GREENPEACE. 2006. Efeitos dos Gases de Efeito Estufa. Disponível em: www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/science/greenhouse_effect/&prev=search. Acesso em 25 ago. 2015.

KLEIN-BANAI, C.; THEIS, T. L.; BRECHEISEN, T. A.; BANAI, A. A Greenhouse Gas Inventory as a Measure of Sustainability for an Urban Public Research University. **Revista Environmental Practice**, v.12, n.1. p. 35–47, 2010.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2015. Atividades do IPCC. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/activities/activities.shtml>. Acesso em 25 ago. 2015.

MELARA, G.; KAMINSKI, R.; LANGER, M. Quantificação da emissão de gases de efeito estufa gerados na Unoesc Campus I de Xanxerê, SC. **Revista Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v.2, n.1, p. 105-112, 2011.

SONG, M.; PEOM, W.; PARK, S.; SONG, D. 2014. Methods to Reduce Greenhouse Gas for University Buildings to Make a Low-Carbon Green Campus - With Case Study on the ‘E’ University. **Revista KIEAE**, v.14, n.2, p. 37-46, 2014.

UFP (Universidade Fernando Pessoa). 2008. Dados sobre peso específico e teor de umidade típicos para resíduos residenciais, comerciais, industriais e agrícolas. Disponível em: <http://homepage.ufp.pt/madinis/RSol/Cap%20III/Conjunto%20CapIII.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2015.

YABUSHITA, E. E. R. **Inventário e proposta de gerenciamento de gases de efeito estufa (GEE) na UTFPR: estudo de caso do Campus Campo Mourão**. Campo Mourão, 53p, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

YAZDANIL, Z.; NADERIPOUR, A.; KAMSAH, M. Renewable energy and carbon footprint emission at University Technology Malaysia (UTM). **Revista Advanced Materials Research**, v.734-737, p. 1861-1864, 2013.