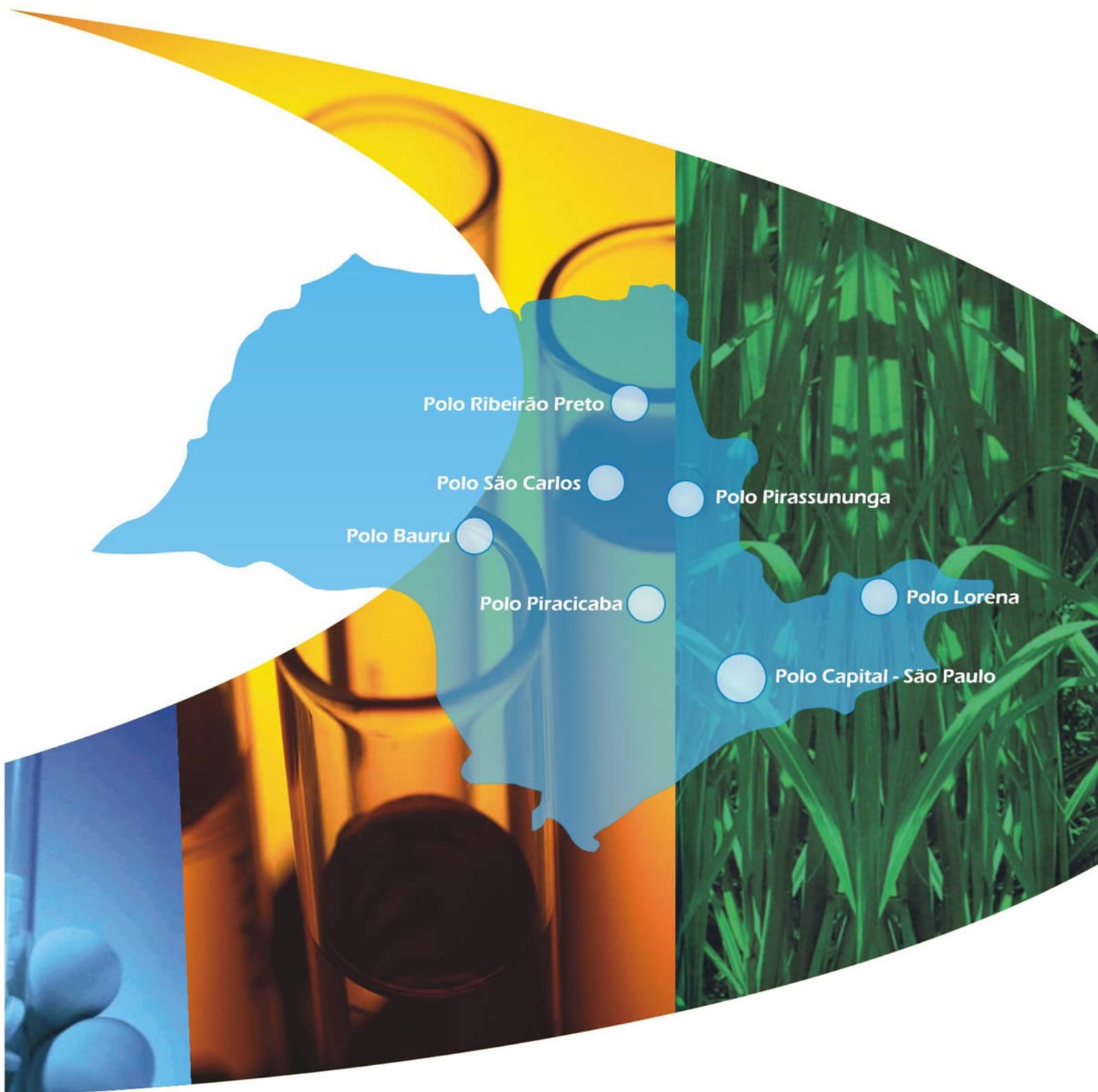




Universidade de São Paulo
BRASIL

Inventário da Emissão de Gases do Efeito Estufa Ano Base 2007



setembro 2009

ÍNDICE

	Página
Parte I. Entidades executoras do inventário	03
Parte II. Introdução	04
a. Aspectos gerais da mudança global	04
b. O Brasil no panorama das mudanças climáticas globais	06
c. Porque elaborar um inventário	07
Parte III. Elaboração do inventário	08
a. Protocolos utilizados	08
b. Metodologia de estimativa	08
c. Limites organizacionais	08
d. Limites operacionais	08
e. Ano base	09
f. Fontes de informação	09
g. Fontes de emissão	09
h. Fatores de emissão	10
Parte IV. Resultados	10
a. Emissões totais da USP	10
b. Emissões por campus para cada fonte	12
c. Emissões relativas por fonte para cada campus	17
d. Considerações finais	17
Referências bibliográficas	19
Anexo	20

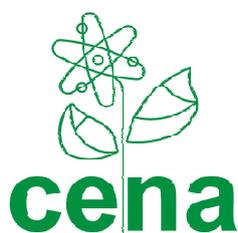
Parte I. Entidades executoras do inventário



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Agência USP de Inovação

A Agência USP de Inovação é o Núcleo de Inovação Tecnológica da USP, conforme definido pela Lei de Inovação Federal e pela Lei Paulista, é o órgão técnico cuja finalidade é gerir sua política de inovação, de modo a promover a utilização do conhecimento científico, tecnológico e cultural produzido na USP, em prol do desenvolvimento sócio-econômico sustentável do Estado de São Paulo e do país.

Contato: Prof. Dr. Oswaldo Massambani
e-mail: massambani@usp.br
www4.usp.br/index.php/inovacao-tecnologica



**Biogeoquímica
Ambiental**

No Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Centro de energia Nuclear na Agricultura da USP são aplicadas técnicas isotópicas e convencionais em pesquisas sobre a dinâmica de diversos componentes da matéria orgânica do solo em ecossistemas naturais do Brasil e suas modificações com o uso agrícola e manejos. Trocas gasosas entre o solo e a atmosfera são monitoradas visando quantificar o seqüestro de carbono no solo e identificar processos de mitigação para a emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera.

Contato: Prof. Dr. Carlos Clemente Cerri
e-mail: cerri@cerna.usp.br
www.cena.usp.br



Empresa de assessoria e consultoria técnico-científica, incubada na USP, que atua na área de inventários de gases, provendo soluções tecnológicas inovadoras para reduzir as emissões de CO₂, CH₄, N₂O e outros gases produzidos nos empreendimentos agrícolas, pecuários e industriais. A Delta CO₂ identifica e quantifica os pontos de emissão de gases do efeito estufa em vários níveis, como no processo produtivo de empresas, nas universidades, órgãos públicos, municípios, entre outros. São elaborados relatórios técnicos que auxiliam a tomada de decisões e a inserção do empreendimento no caminho do desenvolvimento sustentável.

Contato: Dr. Marcelo Valadares Galdos
e-mail: mvgaldos@deltaco2.com.br
www.deltaco2.com.br

Parte II. Introdução

Mesmo antes da ampla utilização do conceito de sustentabilidade, a Universidade de São Paulo vem estabelecendo vários programas para atender aos aspectos social, econômica e ambiental que compõem a Sustentabilidade Global. Essas iniciativas foram tomadas em vários níveis, envolvendo a Reitoria, Unidades, bem como ações oriundas de grupos de indivíduos da comunidade uspiana.

Como exemplo, foram criados Programa para o Uso Eficiente de Energia na USP (PURE-USP), Programa para o Uso Eficiente da Água na USP (PURA-USP), USP RECICLA, dentre outros. Como resultados do PURE, varias ações praticas foram implementadas, tais como: Projeto Multa Zero, Sistema Contaluz, SISGEN, projetos de treinamento e divulgação e especificações técnicas para compra de materiais elétricos.

Este inventário foi elaborado visando complementar as ações de fomento da Sustentabilidade da USP, abrangendo as emissões de gases do efeito estufa de todos os campi da universidade. Como acontece nas melhores Universidades Classe Mundial, esses 3 programas permanentes integram importantes ações cujos resultados demonstram o aprimoramento dos níveis de conscientização socioambiental, como também, demonstram significativos resultados econômicos na redução do consumo de importantes recursos naturais.

O trabalho abrange o ano de 2007 e deve ser considerado uma primeira aproximação para a quantificação das emissões antropogênicas, a qual deverá ser continuamente aperfeiçoada e atualizada. O inventário reporta as emissões dos três principais gases do efeito estufa

considerados no Protocolo de Quioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O).

a. Aspectos gerais da mudança global

A utilização de recursos naturais como carvão, petróleo e áreas florestadas fez com que a quantidade de gases na atmosfera, os chamados gases do efeito estufa (GEE), aumentasse exponencialmente com a evolução das civilizações, principalmente após a segunda metade do século XIX quando teve início a revolução industrial. Desde 1750, aproximadamente 35% das emissões antrópicas de CO₂ estão diretamente relacionadas com as mudanças do uso da terra (Foley et al., 2005).

A concentração de CO₂ aumentou de 280 ppm (partes por milhão) para 367 ppm no final da década passada e, atualmente, aumenta a uma taxa de 1,5 ppm ano⁻¹ ou 3,3 Pg C ano⁻¹ (Pg = 10¹⁵ g) (IPCC, 2001), sendo que alguns autores citam uma taxa de aumento de 3,5 Pg C ano⁻¹ (Albrecht & Kandji, 2003). A concentração de CH₄ na atmosfera aumentou de aproximadamente 700 para 1745 ppb (partes por bilhão) no mesmo período, e vem aumentando a uma taxa de 7,0 ppb ano⁻¹. Similarmente, a concentração de N₂O na atmosfera aumentou de aproximadamente 270 em 1750, para 314 ppb e sua taxa de aumento é de 0,8 ppb ano⁻¹ (IPCC, 2001).

Em consequência, ocorre hoje uma maior interação desses gases com a radiação infravermelha refletida pela Terra, causando aumento da temperatura do ar atmosférico (Figura 1). Esse aumento é o que se denomina "Aquecimento Global", o qual, por sua vez, se reflete em mudanças climáticas como distribuição irregular das chuvas, aumento ou diminuição drástica da temperatura ambiente, elevação do nível do mar, entre outros.

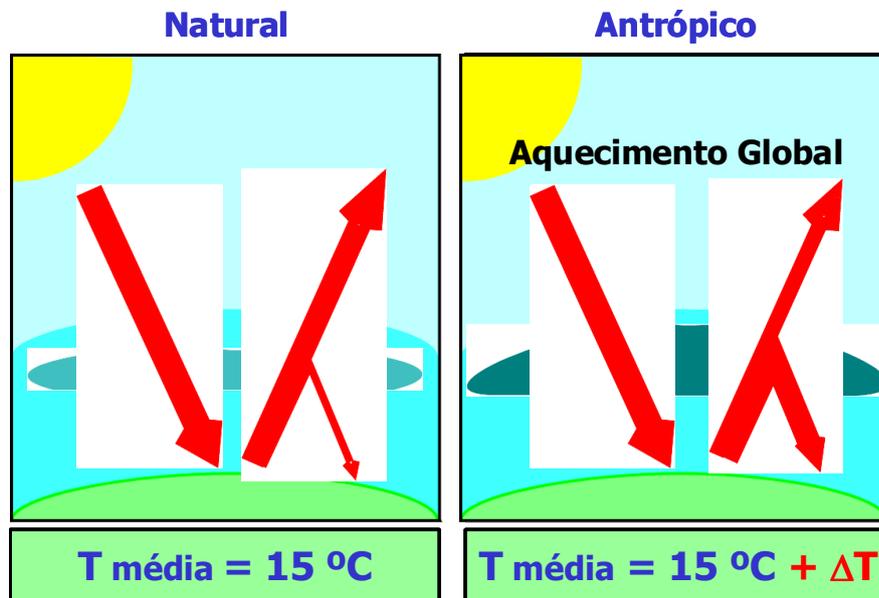


Figura 1. Efeito estufa natural e antrópico.

Embora haja muitas incertezas no que se refere às mudanças globais, uma série de evidências sugere que a humanidade é responsável pelo aumento da temperatura global devido ao aumento dos níveis de GEE na atmosfera. A temperatura média global da superfície terrestre foi elevada em cerca de $0,7^{\circ}\text{C}$, sendo que todos os anos mais quentes ocorreram nos últimos 15 anos do século XX.

Estimativas observacionais apontam que a subida do nível do mar devido ao aumento da temperatura é de 1 mm ano^{-1} durante as décadas recentes e a perda de massa dos glaciares e das calotas polares indicam uma contribuição média para o aumento do nível do mar de $0,2$ a $0,4\text{ mm ano}^{-1}$ durante o século XX (IPCC, 2007). Outros efeitos potenciais incluem o aumento de precipitação, diminuições locais da umidade do solo, e freqüentes e intensas tempestades. A incerteza reside no fato de que outros fatores podem estar contribuindo com este aumento de temperatura, tais como sistemas climáticos naturais, a emissão de aerossóis de sulfato, ou flutuações na energia do Sol.

O IPCC vem alertando em seus últimos relatórios que: “Há novas e fortes evidências de que a maior parte do aquecimento observado durante os últimos 50 anos pode ser atribuída a atividades

humanas”. Dentre estas se destacam a queima de combustíveis fósseis, a combustão de resíduos sólidos, a decomposição de dejetos animais, o desmatamento e o crescimento demográfico.

Essas atividades aumentam os efeitos climáticos de certos GEE que também ocorrem naturalmente, como o CO_2 , N_2O , CH_4 e halocarbonetos. Cada um desses gases difere em sua capacidade de absorver calor na atmosfera e na taxa de decaimento (quantidade removida da atmosfera em determinado número de anos), de modo que as estimativas de emissões de gases são normalmente apresentadas em toneladas métricas de equivalente em dióxido de carbono (CO_2) conforme seu Potencial de Aquecimento Global (PAG) específico.

O PAG permite, portanto, converter emissões de vários gases em uma medida comum (equivalente em CO_2). Como exemplo, se o metano tem PAG de 25, 1 kg de metano tem o mesmo impacto na mudança climática global que 25 kg de CO_2 , ou seja, 1 kg de CH_4 é contabilizado como 25 kg de equivalente em CO_2 . A tabela 1 ilustra o PAG dos principais GEE antropogênicos visando comparar seu efeito sobre a atmosfera.

Tabela 1. Potencial de Aquecimento Global e meia-vida na atmosfera dos principais gases do efeito estufa de origem antropogênica.

Gás	Meia-vida na atmosfera	PAG (100 anos)
Dióxido de carbono (CO ₂)	50-200	1
Metano (CH ₄)	12	25
Óxido nitroso (N ₂ O)	114	298
HFC – 134	14	1.430
HFC – 23	270	14.800
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	3.200	22.800

Fonte: IPCC (2007)

Fontes dos principais gases:

- Dióxido de carbono (CO₂): Emissões antropogênicas desse gás atingem a atmosfera através da queima de combustíveis fósseis (óleo, gás natural e carvão), resíduos sólidos, árvores e produtos em madeira, e também como resultado de outras reações químicas (exemplo: fabricação de cimento). O CO₂ é removido da atmosfera (ou “seqüestrado” quando é absorvido como parte do ciclo biológico do carbono).
- Metano (CH₄): É emitido durante a produção e transporte de carvão, gás natural e óleo. Emissões de metano também resultam da criação de gado e outras práticas agrícolas, além da decomposição de resíduos orgânicos em aterros sanitários.
- Óxido nitroso (N₂O): É emitido durante atividades agrícolas e industriais, assim como durante a combustão de combustíveis fósseis e resíduos sólidos.
- Gases fluorados: Hidrofluorcarbono, perfluorcarbono, e hexafluoreto de enxofre são poderosos gases do efeito estufa sintéticos emitidos por diversos processos

industriais. Gases fluorados são usados como substitutos de substâncias nocivas ao ozônio atmosférico, como CFCs, HCFCs e halógenos. Esses gases são geralmente emitidos em pequenas quantidades, porém devido à sua eficácia em interceptar as radiações infravermelhas, são às vezes chamados de “gases de alto PAG”.

b) O Brasil no panorama das mudanças climáticas globais

O padrão de emissão de gases pelas atividades humanas no Brasil difere significativamente do global. As práticas agrícolas e as mudanças do uso da terra após o desmatamento são as principais fontes de emissão dos GEE. Aproximadamente 75% do CO₂ que o Brasil emite para a atmosfera é derivado de práticas agrícolas e desmatamento. Apenas 25% do total têm origem na queima de combustíveis fósseis (Figura 2). O Brasil estaria classificado em 17º lugar dentre os países emissores de GEE se o efeito dos desmatamentos não fosse considerado. No entanto, está colocado em 5º lugar na classificação mundial quando a contabilidade completa é feita.

Queima de combustível fóssil	Mudança de uso do solo e agricultura		Queima de combustível fóssil
	% da emissão total		
Global			Brasil
78	22	CO ₂	75
	55	CH ₄	91
	80	N ₂ O	94
			25

Figura 2. Padrões de emissão de gases do efeito estufa global e do Brasil.

Devido ao destaque ambiental internacional, as conseqüências econômicas futuras, sobretudo no que se refere às exportações do Brasil, ainda não são conclusivas. No entanto, pode-se pensar na possibilidade de sanções às exportações de produtos que não atendam aos anseios do mercado internacional. Do ponto de vista da produção de alimentos para exportação, o Brasil também se encontra numa situação vulnerável, uma vez que os cenários futuros para as mudanças climáticas globais indicam queda da produção agrícola, notadamente nas zonas tropicais. Isso pode ser uma ameaça ao nosso Produto Interno Bruto que depende atualmente do agronegócio.

Recentemente, Cerri et al. (2009) atualizaram a estimativa da emissão de GEE para o território brasileiro; estimaram a possível fixação de C que permita calcular a emissão líquida de GEE para o período de 1990-2005 e calcularam a contribuição efetiva e compartilhada das atividades agrícolas e pecuárias com o objetivo de discutir sob a luz dos novos conhecimentos as melhores opções de mitigação para o Brasil.

A emissão total de GEE em equivalente em CO₂ aumentou em 17% durante o período de 1994-2005. O CO₂ foi responsável por 72,3% do total, ou seja, houve uma pequena diminuição em relação aos outros GEE, uma vez que em 1994 sua participação foi de 74,1%. O aumento de todos os GEE, excluído o LUCF, foi de 41,3% durante o período de 1994-2005. CAIT-WRI estimaram um crescimento maior (48,9%), que classifica o Brasil na 69ª posição no ranking mundial de emissores.

Utilizando as estimativas deste estudo, o Brasil ocuparia a 78ª posição. Em ambos os casos, porém, o Brasil claramente aumentou suas emissões num ritmo menor do que os que foram calculados para a China e Índia, dois dos maiores emissores, com aumentos de respectivamente 88,8 e 62,1%. Pode-se notar também que o Brasil reduziu suas emissões em taxa maior do que alguns países do Anexo I, sujeitos a uma quota de redução. É o caso da Espanha e a Nova Zelândia que aumentaram em 55,6% e 45,8% suas emissões.

O Brasil também está abaixo da média de aumento apresentado pelos países que não são do Anexo I, o qual foi estimado em 61,3%. No entanto, está acima da média global que foi de 28,1%. Além de trabalhar pela redução das emissões dos setores de energia e desmatamento, o Brasil deve agora ter como meta prioritária a implantação de um programa nacional de incentivo às mitigações nos setores agrícola e pecuário. Tais opções de mitigação não deverão se concentrar somente na redução das emissões, mas também favorecer a fixação de carbono. Tal programa seria de fácil implementação, pois diversas estratégias de mitigação já provaram ser eficientes, fáceis de adotar e economicamente viáveis.

c. Porque elaborar um inventário

O principal propósito de elaborar um inventário das emissões antropogênicas de GEE pela Universidade de São Paulo é o de detectar padrões de emissão que auxiliem as autoridades competentes no desenvolvimento de estratégias de redução. Em seguida pretende-se investigar os

possíveis métodos de redução, visando diminuir a contribuição do Campus com o efeito devastador do aquecimento global. Espera-se também que este inventário venha a aumentar a consciência ambiental da comunidade uspiana sobre como nossas práticas diárias estão contribuindo com um fenômeno de abrangência global que pode modificar drasticamente nosso ambiente no futuro. Este documento deverá ser atualizado nos próximos anos na medida em que a Universidade de São Paulo estiver efetivamente engajada na mitigação e redução da emissão de gases do efeito estufa.

Parte III. Elaboração do inventário

a. Protocolos utilizados

Em todas as etapas da realização do inventário, seguiu-se a norma ABNT NBR ISO 14064-1, intitulada “Gases de efeito estufa - Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa”. Seguiu-se também o protocolo intitulado “The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition)”. Este protocolo, desenvolvido a partir de uma parceria entre as organizações *World Resources Institute* (WRI) e *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), é atualmente o mais utilizado por organizações em todo o mundo.

No que se refere às fontes de emissão dos setores de agricultura e pecuária, seguiu-se a base metodológica para inventários de gases do efeito estufa desenvolvida pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC em Inglês), da UNFCCC (United Nations Framework Convention for Climate Change). A publicação de referência para este inventário foi a 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

b. Metodologia de estimativa

A metodologia utilizada para a estimativa das emissões foi o levantamento de dados de atividade seguido pela multiplicação destes dados pelos fatores de emissão de gases do efeito estufa. Os resultados para os gases N_2O e CH_4 foram convertidos em CO_2 equivalente, considerando a quantidade emitida e o Potencial de Aquecimento Global (PAG) de cada gás. Os valores de PAG utilizados foram o de 100 anos do Fourth Assessment Report do IPCC (2007), 25 gramas de equivalente em CO_2 por grama de CH_4 emitida, e 298 g de equivalente em CO_2 por grama de N_2O emitida.

c. Limites organizacionais

As unidades abordadas pelo projeto incluem centros de ensino e pesquisa, órgãos centrais de direção e serviço, institutos especializados, hospitais e serviços anexos. As unidades de todos os campi da USP incluídas no inventário e suas respectivas siglas estão apresentadas no Anexo.

d. Limites operacionais

Os gases do efeito estufa incluídos no inventário foram dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). As emissões de gases do efeito estufa foram divididas em 3 âmbitos, seguindo a norma estabelecida pelo *GHG Protocol*. O âmbito I inclui as emissões diretas de GEE, que pertencem ou são controladas pela Universidade de São Paulo. As emissões pela frota de veículos da USP, gases utilizados nos refeitórios, agricultura e pecuária são classificadas no âmbito I. O âmbito II refere-se a emissões indiretas de gases do efeito estufa pela geração da eletricidade adquirida e consumida pela USP. O âmbito III engloba todas as outras emissões indiretas, e sua inclusão em inventários de GEE é opcional. Tratamento do esgoto e de lixo, “commuting” de alunos e funcionários, emissões relacionadas à produção e

disposição de material de escritório e de limpeza e emissões por serviços terceirizados. Este primeiro inventário contempla somente emissões consideradas diretas (âmbito I) e indiretas de eletricidade (âmbito II). Não foram incluídas no inventário emissões fugitivas (por perdas e vazamentos) de CFC relacionadas à refrigeração e ar condicionado, por serem contempladas no Protocolo de Montreal.

e. Ano base

O ano base do inventário foi o ano 2007, de 1º de Janeiro a 31 de Dezembro. Este período foi definido como ano base, com o qual serão comparados os inventários posteriores da universidade. Nos inventários anuais subsequentes, as emissões do ano base serão recalculadas se houver mudanças significativas na metodologia de cálculo e nos fatores de emissão utilizados.

f. Fontes de informação

As emissões de gases do efeito estufa foram estimadas com bases em informações levantadas sobre emissões na área de energia, agricultura e pecuária. As informações sobre estas emissões foram obtidas por meio de comunicação pessoal com funcionários, professores e alunos da USP, e por meio de consulta às seguintes fontes:

- **Anuário Estatístico da USP.**

O anuário estatístico da USP é um documento oficial publicado pela Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP) e vem sendo disponibilizado desde 1987. Trata-se de um conjunto de informações demográficas, acadêmicas, orçamento, publicações e infraestrutura física, que atinge as mais diversas atividades das Unidades Universitárias.

- **Sistema Mercúrio**

O Sistema Mercúrio é um instrumento corporativo online da Universidade de São Paulo destinado a contemplar as ações de natureza orçamentária, financeira e de materiais. Este

sistema possibilita que estas ações sejam executadas, permitindo o controle e a obtenção de informações gerenciais para auxiliarem na tomada de decisões da universidade.

- **Programa Para o Uso Eficiente de Energia da USP.**

O Programa para o Uso Eficiente de Energia na USP (PURE-USP), em atividade desde 1997, tem como objetivo implantar e monitorar ações de economia de energia e conscientização da comunidade universitária sobre a importância da eficiência energética e a necessidade do uso sustentável dos recursos naturais.

g. Fontes de emissão:

As principais categorias de fontes de gases do efeito estufa decorrentes de atividades da USP foram Energia e Agricultura/Pecuária. Os dados de atividades utilizados nos cálculos de emissões são listados a seguir, separados por categoria:

Energia

- Combustíveis utilizados em veículos da frota da USP, como gasolina, diesel, GNV e álcool
- Combustão estacionária. Combustíveis fósseis utilizados em fornos, fogões e caldeiras, como GLP;
- Eletricidade consumida pela USP.

Agricultura e pecuária

- Aplicação de fertilizantes minerais nitrogenados
- Aplicação de calcário
- Aplicação de resíduos orgânicos
- Fermentação entérica de animais
- Manejo de dejetos de animais
- Urina e fezes de animais em pastagem

A tabela 2 apresenta a população de animais utilizada no cálculo de emissões para o ano 2007, organizada por categoria animal.

Tabela 2. População de animais nos campi da USP, por categoria animal.

Categoria animal	Campus		Total
	Pirassununga	Piracicaba*	
Bovino de leite	88	166	254
Bovino de corte	1.428	958	2.386
Búfalos	77	0	77
Ovelhas	99	0	99
Cabras	65	0	65
Equinos	49	11	60
Mulas e asnos	5	0	5
Suínos	253	76	329
Aves	0	200.000	200.000

* Incluídos os animais dos campi da Esalq em Piracicaba e em Anhembi.

h. Fatores de emissão

Os fatores de emissão utilizados foram selecionados de fontes aceitas

internacionalmente em inventários de gases do efeito estufa. As fontes utilizadas são listadas a seguir na tabela 1, organizadas por categorias de emissões:

Tabela 1. Categorias, fontes de emissões e fontes de informações dos fatores de emissão de gases do efeito estufa utilizados neste inventário.

Categorias de emissões	Fontes de emissões	Fontes de informação
Combustíveis	Gasolina, diesel, GNV, GLP, álcool.	DOE/EIA(2006), MCT (2006)
Eletricidade	Produção, transporte e consumo de eletricidade	MCT (2009)
Insumos agrícolas	Adubação nitrogenada mineral, orgânica e calagem	IPCC (2006)

Parte VI. Resultados

a. Emissões totais da USP

A emissão total de gases do efeito estufa da Universidade de São Paulo no ano de 2007 foi estimada em 15.500 t CO₂ eq. Este valor contempla as emissões de todos os campi da USP. Apesar de não incluir algumas fontes de emissão (mencionadas no

item sobre Limites Operacionais), pode-se considerar o valor obtido como um primeiro diagnóstico da situação atual de emissões da Instituição. O monitoramento das emissões poderá ser efetuado através da elaboração freqüente de inventários para os próximos anos. A Figura 1 ilustra a distribuição relativa de emissões de GEE entre as seguintes fontes: agricultura, pecuária, combustíveis e energia elétrica.

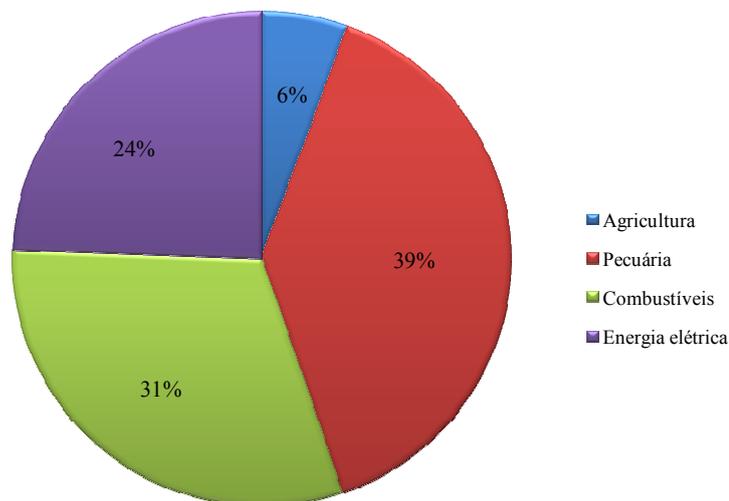


Figura 1. Porcentagem das emissões de gases do efeito estufa por fontes principais da USP em 2007.

As emissões provenientes de fermentação entérica e manejo de dejetos animais, que compõe a categoria pecuária, representam 39% das emissões consideradas neste inventário. A segunda maior fonte de emissões é a queima de combustíveis fósseis, com 31% das emissões, seguida pela produção e transporte de energia elétrica e emissões em atividades agrícolas.

Considerando-se todas as fontes de emissão, e convertendo-se os três gases avaliados (CO_2 , CH_4 e N_2O) em equivalente

em CO_2 , obteve-se as emissões totais por campus da USP no ano de 2007 (Figura 2). Observa-se que as maiores emissões ocorreram no campus da capital, com cerca de 5000 t CO_2 eq, seguido por Pirassununga e Piracicaba, com cerca de 4000 t CO_2 eq. Os campi de Ribeirão Preto e São Carlos apresentaram um padrão de emissões semelhante, com 947 e 839 t CO_2 eq, respectivamente. Os campi de Bauru (273 t CO_2 eq) e Lorena (102 t CO_2 eq) tiveram emissões proporcionalmente menores.

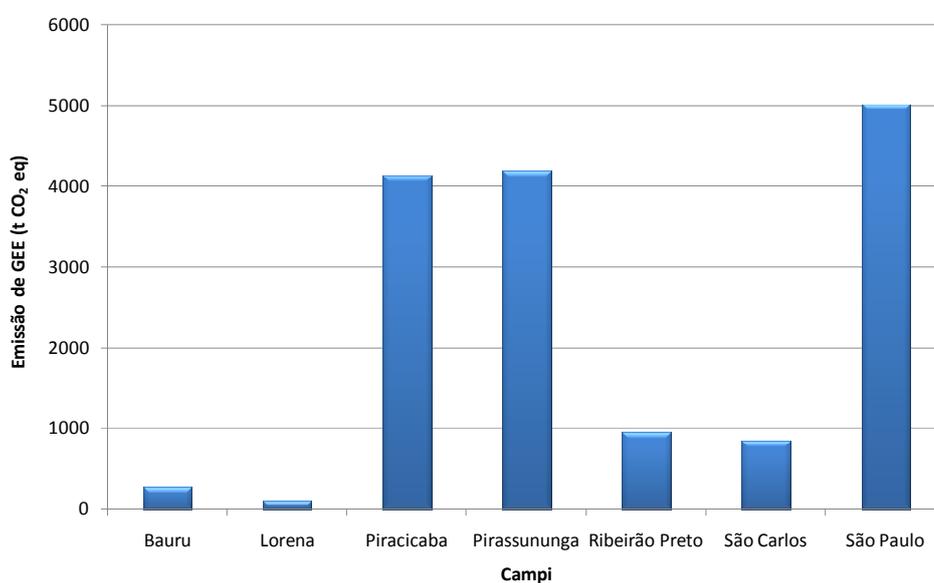


Figura 2. Emissões totais de gases do efeito estufa em toneladas de equivalente em CO_2 (t CO_2 eq) nas unidades da USP em 2007.

b. Emissões por campus para cada fonte

Emissões pelo uso de combustíveis

Como era de se esperar, o Campus da Capital é responsável por grande parte das emissões associadas aos combustíveis

(aproximadamente 2.500 t CO₂ eq). O Campus de Piracicaba, seguido por Ribeirão Preto e São Carlos apresentam emissões de aproximadamente 4 a 5 vezes menor do que o campus da Capital (Figura 3).

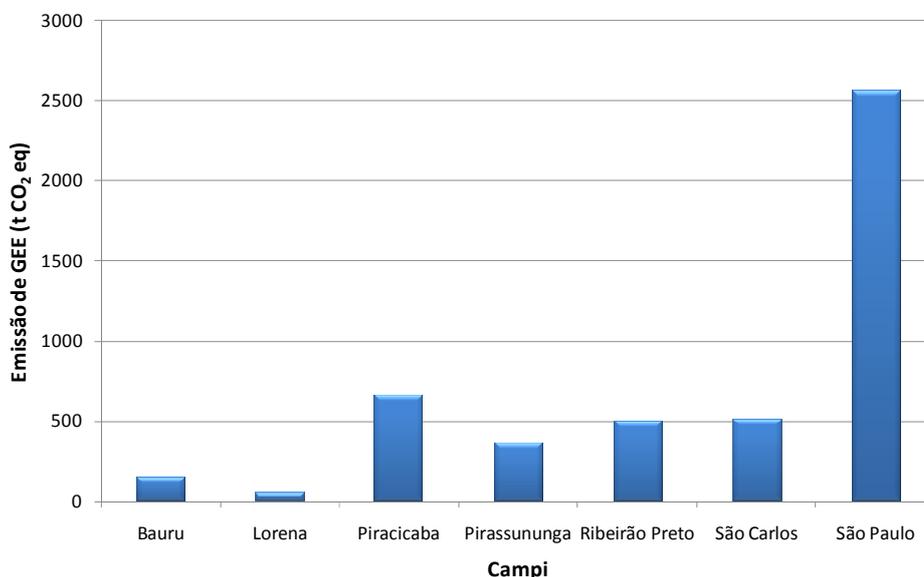


Figura 3. Emissões de gases de efeito estufa emitidos a partir da combustão em veículos da frota da USP, em toneladas de equivalente em CO₂ (t CO₂ eq) no ano de 2007.

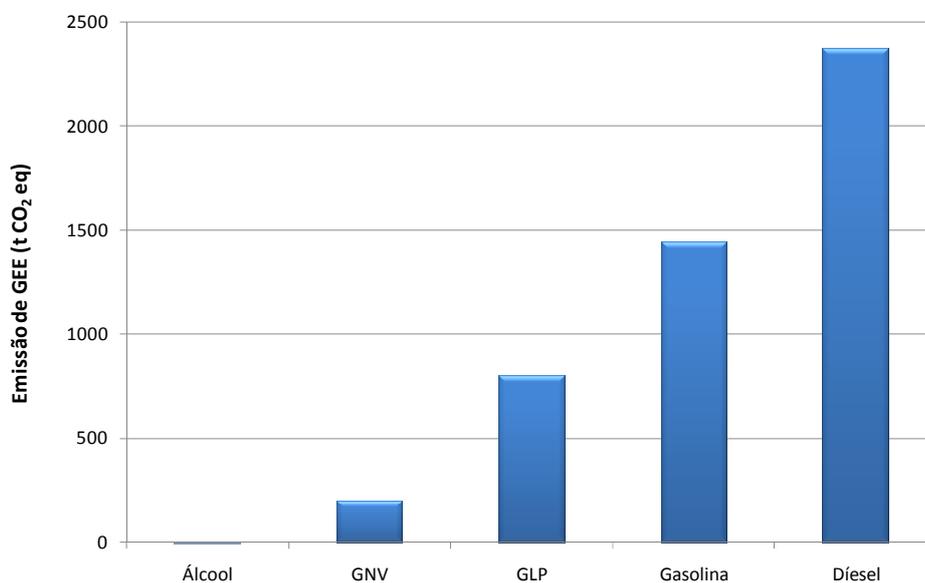


Figura 4. Emissões de gases do efeito estufa por tipo de combustível a partir das emissões de veículos da frota da USP, em toneladas de equivalente em CO₂ (t CO₂ eq) em 2007.

Avaliando-se a contribuição dos diferentes tipos de combustíveis associados às emissões de GEE da frota da USP, pode-se destacar a predominância dos valores

apresentados pelo diesel (aproximadamente 2.400 t CO₂ eq). A gasolina e o GLP apresentam emissões cerca de 1000 t CO₂ eq e 1600 t CO₂ eq respectivamente menores

do que as emissões relacionadas ao diesel (Figura 4). Ressalta-se também a pequena contribuição das emissões do álcool, que associado ao baixo percentual de utilização em comparação com a gasolina e diesel, ainda possui reduzido fator de emissão de GEE para a atmosfera.

Emissões de eletricidade

A Figura 5 evidencia que a emissão do Campus São Paulo por consumo de eletricidade é pelo menos 5 vezes maior do que a dos demais campi da USP. Nota-se também que os valores das emissões oriundas de eletricidade estão na mesma ordem de grandeza daquelas originadas pelos combustíveis (Figura 3).

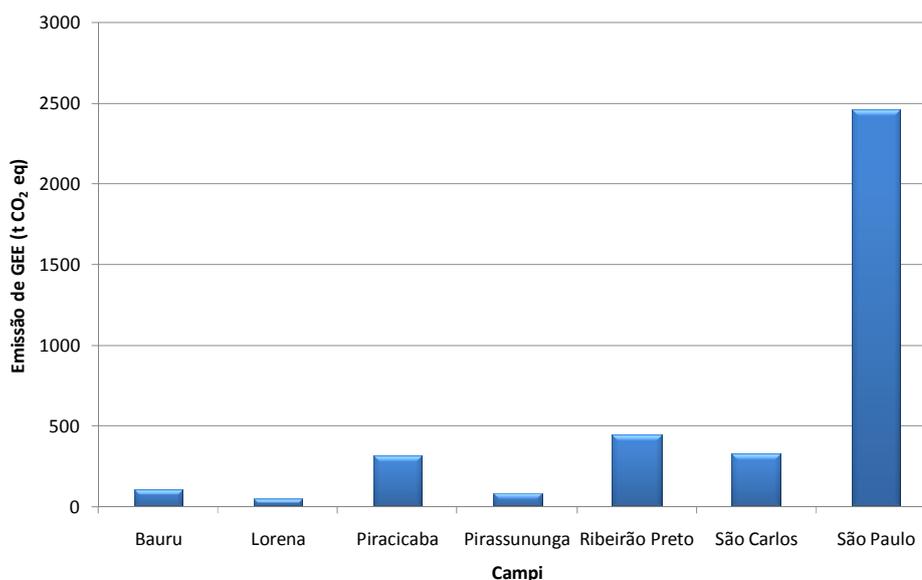


Figura 5. Emissões de gases do efeito estufa em toneladas de equivalente em CO₂ (t CO₂ eq) a partir da geração da eletricidade consumida nas unidades da USP em 2007.

As emissões a partir da geração da eletricidade consumida se mantêm relativamente estáveis de janeiro a maio de 2007 (Figura 6). Pode-se observar um aumento significativo nas emissões de GEE a

partir do mês de junho de 2007, apesar do consumo permanecer na faixa de GWh nos 12 meses considerados.

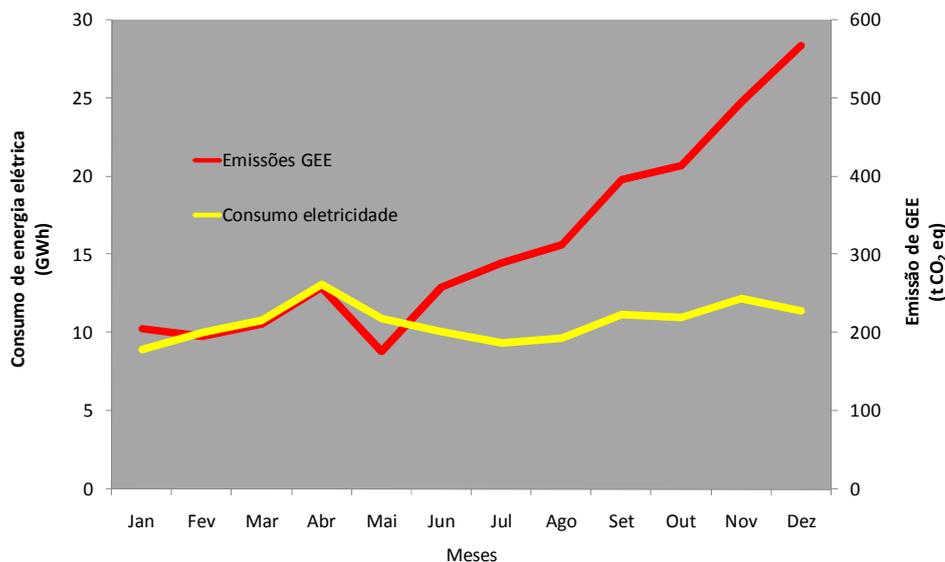


Figura 6. Consumo de eletricidade mensal em GWh e emissões mensais de gases do efeito estufa em toneladas de equivalente em CO₂ (t CO₂ eq) nos meses de janeiro a dezembro de 2007, considerando todas as unidades da USP.

Esse aumento nas emissões está relacionado ao aumento nos fatores de emissão de CO₂ divulgados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, calculados a partir de dados da matriz energética brasileira (Figura 7). Estes fatores são calculados com base na distribuição de fontes de geração de eletricidade, como energia hidrelétrica, termoelétrica, combustíveis fósseis etc. A

proporção de energia hidrelétrica na matriz, uma das principais fontes no país, é menor a partir de junho, devido ao regime de precipitação. Uma vez que a geração de energia por meio de usinas hidrelétricas é considerada atualmente um processo sem emissões de gases do efeito estufa, sua influência no fator de emissão é significativa.

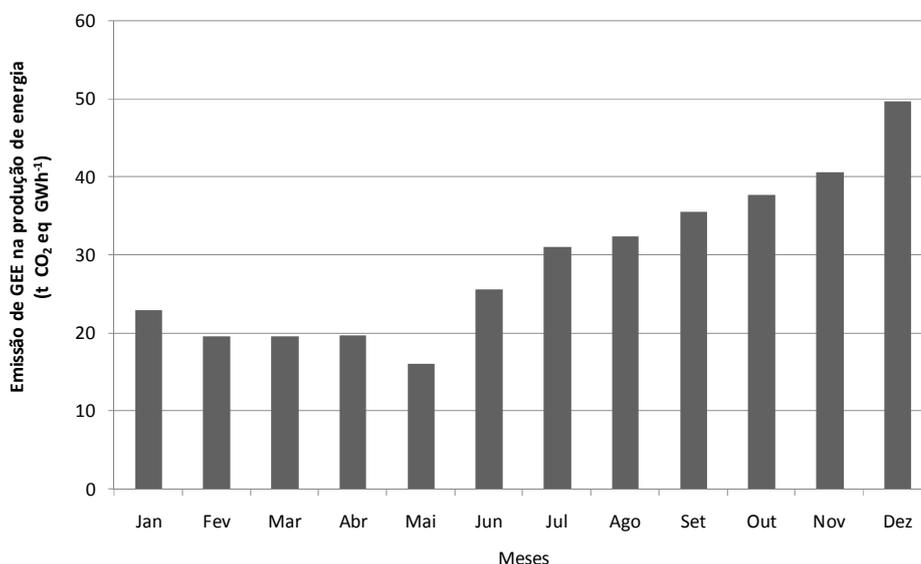


Figura 7. Fatores de emissão de CO₂ (t/GWh) de janeiro a dezembro de 2007 a partir da geração de eletricidade no Brasil.

Emissões de agricultura

As emissões de agricultura incluem aplicações de fertilizantes nitrogenados

mineirais e orgânicos e aplicação de calcário. Fertilizantes nitrogenados em geral são considerados fontes importantes de emissões de gases do efeito estufa, uma vez

que causam a emissão de N₂O, óxido nitroso, por meio de processos de nitrificação e desnitrificação. O óxido nitroso tem potencial de aquecimento global 298 vezes maior que o CO₂.

A maior quantidade de emissões em Piracicaba e Pirassununga (Figura 8) se deve à

maior atividade agrícola nestes campi, com adubação e calagem de culturas anuais, perenes, e pastagens para fins de ensino e pesquisa. As emissões relacionadas a insumos agrícolas nos outros campi foram relativamente baixas, e se devem principalmente à manutenção de jardins.

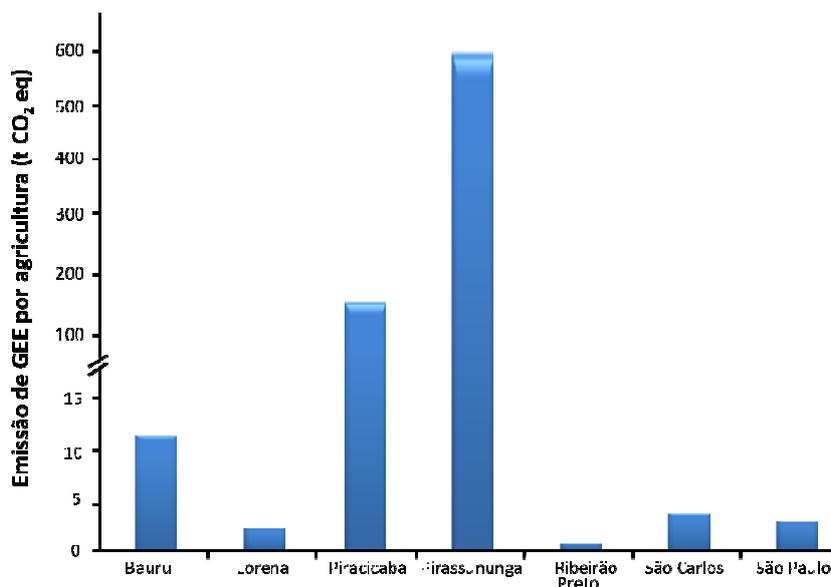


Figura 8. Emissões de gases do efeito estufa em toneladas de equivalente em CO₂ (t CO₂ eq) da agricultura da USP em 2007.

Emissões de pecuária

As emissões nesta categoria incluem CH₄ entérico; emissões de CH₄ e N₂O em diversos manejos de dejetos; e emissões de CH₄ e N₂O a partir de urina e fezes de animais em pastagem. Os únicos campi que contêm quantidades significativas de animais foram Piracicaba e Pirassununga (Figura 9). Cada campus foi responsável por

cerca de 3000 toneladas de equivalente em CO₂ no ano de 2007, a partir de fontes animais – emissões entéricas e emissões derivadas do manejo de dejetos.

Pode-se verificar que grande parte das emissões são oriundas de gado de corte (aproximadamente 133 t CH₄), seguidas pelo gado de leite (16 t CH₄) e por búfalos (4 t CH₄) conforme ilustrado na Figura 10.

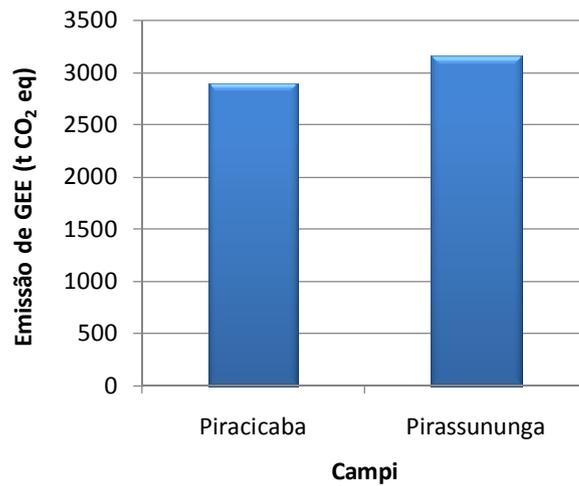


Figura 9. Emissões de gases do efeito estufa em toneladas de equivalente em CO₂ (t CO₂ eq) na pecuária da USP em 2007.

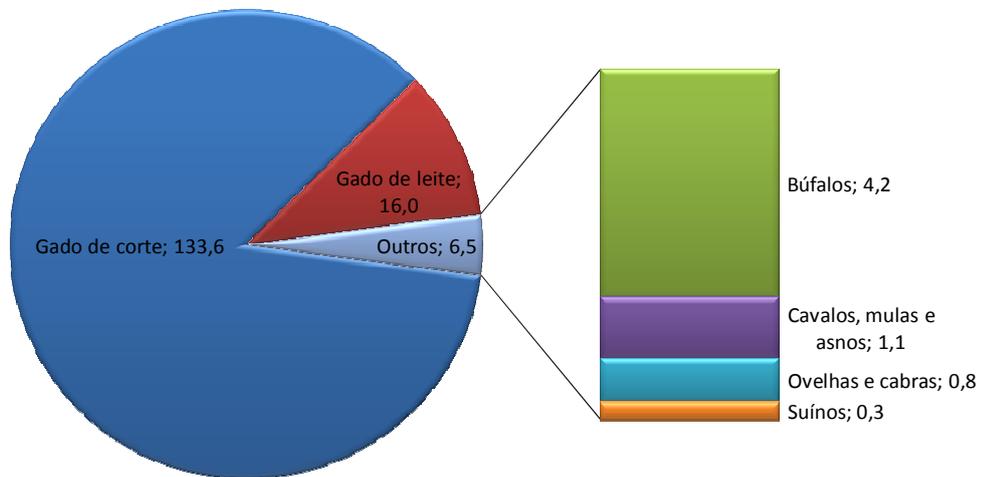


Figura 10. Emissões de metano de fermentação entérica (t CH₄) por categorias de animais.

c. Emissões relativas por fonte para cada campus

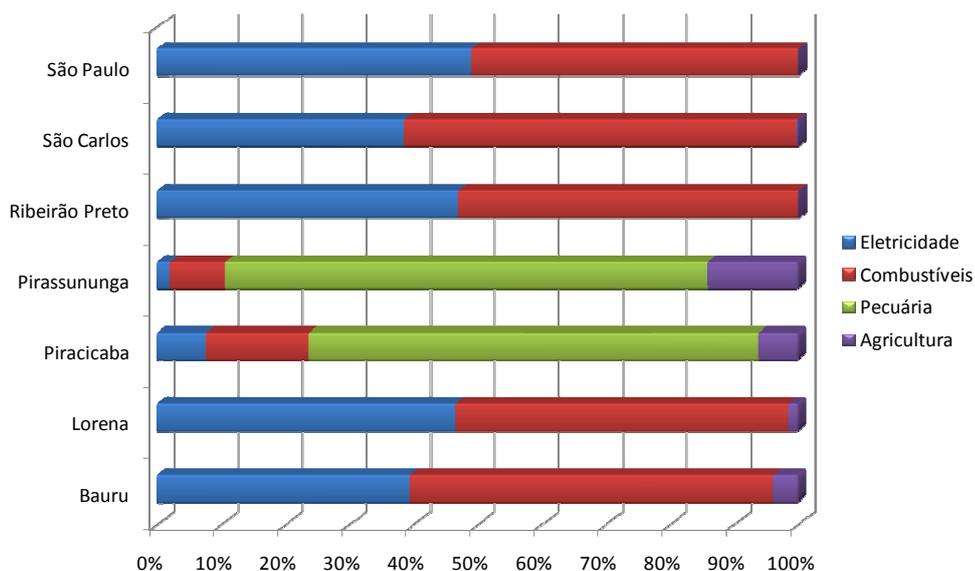


Figura 11. Emissões relativas de gases do efeito estufa em porcentagem do total de emissões (100 %) nas unidades da USP em 2007, por fontes principais.

As emissões relativas de gases do efeito estufa (em porcentagem do total das emissões) apontam que em geral, 40-50% de toda a emissão é oriunda de eletricidade e que cerca de 50-60% são advindas de combustíveis (Figura 11). Exceções são os Campi de Piracicaba e Pirassununga, que diferem dos demais em função da elevada presença de animais utilizados em suas atividades acadêmicas.

d. Considerações finais

Este inventário é uma primeira aproximação do inventário de gases do efeito estufa da Universidade de São Paulo. Trata-se de uma descrição das principais fontes de emissões diretas e das emissões indiretas pelo consumo de eletricidade. De acordo com os protocolos internacionais utilizados atualmente, estas são as fontes de inclusão obrigatória em inventários de empresas ou instituições. Outras fontes indiretas não foram incluídas neste primeiro inventário, como as emissões de GEE a partir do tratamento de esgoto e de lixo, “commuting” de alunos e funcionários, entre outras fontes. Estas emissões são tratadas à parte em inventários de GEE por darem margem à

dupla contagem de emissões. Pro exemplo, as emissões relacionadas ao tratamento de esgoto (emissões indiretas da USP) podem ser consideradas emissões diretas da estação de tratamento municipal que recebe os resíduos. As emissões indiretas pelo uso de combustíveis em veículos particulares ou em transporte urbano de alunos e funcionários também poderia ser computada como emissões diretas das empresas de transporte, ou mesmo como parte das emissões individuais de cada membro da comunidade da USP. Além disso, estas emissões indiretas são de difícil mensuração e verificação. É possível estimar estas emissões com base em amostragem de dados e extrapolação, mas ao contrário das emissões incluídas neste relatório, não há um controle maior da qualidade destes dados. Para que as emissões indiretas mais relevantes sejam devidamente inseridas em futuros inventários, será necessário implantar um sistema confiável, abrangente e dinâmico de coleta de informações.

Este inventário constitui um diagnóstico inicial do impacto das atividades da USP no que se refere às emissões de gases do efeito estufa. A partir desta avaliação inicial, faz-se necessário estabelecer

prioridades para ações de redução nas emissões. As ações de mitigação das emissões devem ser implantadas com base na importância relativa das principais fontes identificadas, assim como em critérios de viabilidade econômica e exequibilidade, sem prejuízo às atividades acadêmicas. Para que haja um monitoramento da efetividade destas ações, é essencial que as emissões sejam estimadas periodicamente, se possível em inventários anuais. Com a elaboração de inventários subsequentes, é possível definir tendências de aumento ou redução nas emissões. Para que se evite distorções em relação ao crescimento da universidade, será preciso determinar não somente as emissões totais, mas também a intensidade de emissões, ou seja, a quantidade de GEE emitidos por aluno, funcionário ou professor, ou indiscriminadamente por membro da comunidade uspiana.

Há uma série de possíveis aplicações futuras a partir das informações contidas neste inventário. Por exemplo, é possível avaliar a importância relativa em termos de emissões de cada campus da USP no município em que está inserido, ou mesmo as emissões da USP como um todo no contexto do estado de São Paulo. Assegurando-se que sejam usadas as mesmas metodologias, limites e critérios, é possível comparar as emissões da USP com outras universidades no Brasil e no exterior.

Inventários de efeito estufa como este devem ser vistos como uma parte de uma visão de sustentabilidade em empresas, instituições de ensino, municípios, estados, países e até a comunidade global. Outras vertentes da sustentabilidade também devem ser consideradas, como os aspectos sociais e econômicos, assim como outros indicadores ambientais, como a água, energia e resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albrecht, A.; Kandji, S. T. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.99, p.15-27.

Cerri, C. C.; Maia, S. M. F.; Galdos, M. V.; Cerri, C. E. P.; Feigl, B. J.; Bernoux, M. 2009. Brazilian greenhouse gas emissions: importance of agriculture and livestock. *Scientia Agrícola*. No prelo

Foley, J. A.; Defries, R.; Asner, G. P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S. R.; Chapin, F. S.; Coe, M. T.; Daily, G. C.; Gibbs, H. K.; Helkowski, J. H.; Holloway, T.; Howard, E. A.; Kucharik, C. J.; Monfreda, C.; Patz, J. A.; Prentice, I. C.; Ramankutty, N.; Snyder, P. K. 2005. Global consequences of land use. *Science*, v.309, p.570-574.

GHG Protocol. 2004. *The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised Edition*. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, 116 pp.

DOE/EIA. 2006. Department of Energy, Energy Information Administration. *Emissions of Greenhouse Gases Report*, DOE/EIA-0573.

IPCC: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, edited by: Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., and Tanabe, K. IGES, Hayama, Japan, 2006.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Climate change 2001: the scientific basis*. United Kingdom: Cambridge University. 881p.

Ministério da Ciência e Tecnologia. 2006. *Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis, no Setor Energético*.

Ministério da Ciência e Tecnologia. 2009. *Fatores de Emissão de CO₂ para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos*.

GHG Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition, 2004).

Anexo. Unidades da USP incluídas no inventário, separadas por campus:

Unidade	Sigla
Campus Bauru	
Faculdade de Odontologia de Bauru	FOB
Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais	HRAC
Prefeitura do Campus Administrativo de Bauru	PCAB
Campus Lorena	
Escola de Engenharia de Lorena	EEL
Campus Piracicaba	
Centro de Energia Nuclear na Agricultura	CENA
Centro de Informática do Campus "Luiz de Queiroz"	CIAGRI
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"	ESALQ
Prefeitura do Campus "Luiz de Queiroz"	PCLQ
Campus Pirassununga	
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos	FZEA
Prefeitura do Campus Administrativo de Pirassununga	PCAPS
Campus Ribeirão Preto	
Centro de Informática de Ribeirão Preto	CIRP
Escola de enfermagem de Ribeirão Preto	EERP
Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto	FCFRP
Faculdade de Direito de Ribeirão Preto	FDRP
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto	FEARP
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto	FFCLRP
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto	FMRP
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto	FORP
Prefeitura do Campus Administrativo de Ribeirão Preto	PCARP
Campus São Carlos	
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"	CDCC
Centro de Informática de São Carlos	CISC
Escola de engenharia de São Carlos	EESC
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação	ICMC
Instituto de Física de São Carlos	IFSC
Instituto de Química de São Carlos	IQSC
Prefeitura do Campus Administrativo de São Carlos	PCASC
Campus São Paulo	
Centro de Computação Eletrônica da Universidade de São Paulo	CCE
Coordenadoria de Comunicação Social	CCS
Centro de Biologia Marinha	CEBIMar
Centro de Práticas Esportivas da Universidade de São Paulo	CEPEUSP
Coordenadoria de Assistência Social	COSEAS
Coordenadoria de Tecnologia da Informação	CTI
Escola de Artes, Ciências e Humanidades	EACH
Escola de Comunicações e Artes	ECA
Escola de Enfermagem	EE
Escola de Educação Física e Esporte	EEFE
Escola Politécnica	EP

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo	FAU
Faculdade de Ciências Farmacêuticas	FCF
Faculdade de Direito	FD
Faculdade de Educação	FE
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade	FEA
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas	FFLCH
Faculdade de Medicina	FM
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia	FMVZ
Faculdade de Odontologia	FO
Faculdade de Saúde Pública	FSP
Hospital Universitário	HU
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas	IAG
Instituto de Biociências	IB
Instituto de Ciências Biomédicas	ICB
Instituto de Estudos Avançados	IEA
Instituto de Estudos Brasileiros	IEB
Instituto de Eletrotécnica e Energia	IEE
Instituto de Física	IF
Instituto de Geociências	IGC
Instituto de Matemática e Estatística	IME
Instituto de Medicina Tropical de São Paulo	IMT
Instituto Oceanográfico	IO
Instituto de Psicologia	IP
Instituto de Química	IQ
Museu de Arte Contemporânea	MAC
Museu de Arqueologia e Etnologia	MAE
Museu Paulista	MP
Museu de Zoologia	MZ
Prefeitura do Campus da Capital do estado de São Paulo	PCO
Reitoria da Universidade de São Paulo	RUSP
Sistema Integrado de Bibliotecas	SIBI

Colaboradores:

Brigitte Josefine Feigl

Laboratório de Biogeoquímica Ambiental,
CENA/USP

Marília Chiavegato

Laboratório de Biogeoquímica Ambiental,
CENA/USP

João Luis Nunes Carvalho

Departamento de Solos, ESALQ/USP

Carlos Eduardo Pellegrino Cerri

Departamento de Solos, ESALQ/USP

Marco Antônio Penati

Departamento de Zootecnia, ESALQ/USP

Tatiane Galego Neri

Grupo de estágio CPZ
Clube de práticas zootécnicas, ESALQ/USP

Claudio Haddad

Departamento de Zootecnia, ESALQ/USP

Antonio A. D. Coelho

Departamento de Genética, ESALQ/USP

Cláudio Roberto Segatelli

Departamento Genética, ESALQ/USP

Elizabeth Teixeira Lima

Agência USP de Inovação

Tizuru Maria Misawa

Reitoria da Universidade de São Paulo

Leonardo Brian Favato

Programa PURE, Coordenadoria do Espaço Físico,
USP

Paula Signorini