

## **Linha de Pesquisa: BIOGEOQUÍMICA AMBIENTAL**

A linha de pesquisa Biogeoquímica Ambiental conta com o **Laboratório de Pesquisa em Biogeoquímica Ambiental – LAPBio** para realização dos estudos e pesquisas.

**Missão:** Contribuir para a detecção e atribuição de causas de mudanças ambientais em escalas regionais e globais, cooperando para a geração de cenários de mudanças climáticas.

**Objetivo Geral:** Integrar estudos relativos a atmosfera e sua interface com os vários ecossistemas para ampliar a compreensão dos processos naturais e antrópicos que atuam no sistema terrestre.

### **Objetivos Específicos:**

- Desenvolver pesquisas relacionadas a alguns dos principais processos e agentes naturais e antrópicos que atuam nos ciclos biogeoquímicos, em particular na atmosfera e suas interfaces com ecossistemas terrestres (aquáticos, marinhos e continentais), tais como: balanço de carbono e nitrogênio, emissão/produção de gases do efeito estufa e gases traço, aerossóis, camada de ozônio, radiação UV e deposição de espécies químicas.
- Promover e contribuir para a formação de redes de pesquisa, no que concerne à elaboração de estudos integrados às redes mundiais.
- Desenvolver e implementar métodos e tecnologias para monitorar, de modo sistemático, parâmetros hidrobiogeoquímicos e meteolimnológicos relevantes de modo a obter dados observacionais integrados às redes mundiais, qualificados, de longo prazo e inseridos em programas globais, contribuindo para a compreensão dos processos que atuam no sistema terrestre.
- Coletar e disseminar dados e Informações relacionadas às observações e monitoramento ambiental.

## Algumas questões científicas

- Quais as implicações das alterações do ciclo do Nitrogênio nas mudanças climáticas principalmente no que se refere ao  $\text{NO}_x$  não somente proveniente da queima de combustíveis fósseis como também daquele oriundo da emissão de fertilizantes, uma vez que o Brasil possui uma das maiores extensões de agro-ecossistemas do planeta?
- Qual o papel que as alterações antrópicas produzidas nos ciclos biogeoquímicos (localmente e globalmente), particularmente no ciclo do Nitrogênio, que, sabe-se leva à perda de biodiversidade (Convenção da Biodiversidade) e mau funcionamento do ecossistema exercem sobre os serviços de diferentes ecossistemas<sup>1</sup>?
- Qual a tendência da camada de ozônio e os efeitos do aumento dos gases do efeito estufa e poluição sobre a camada?
- Como a queima de biomassa em sistemas abertos influencia as características das espécies emitidas e suas quantidades liberadas no processo de combustão?
- Qual o efeito da velocidade e direção do vento sobre as emissões de gases de lagos e reservatórios?
- Quais implicações/impactos das mudanças ambientais sobre a saúde humana, recursos hídricos e segurança alimentar?
- Qual é o Balanço de gases de efeito estufa da Bacia Amazônica e sua contribuição no Balanço Global?
- Qual a contribuição da Bacia Amazônica nas emissões provenientes de queima de biomassa?

## Organização do LAPBio

A estrutura física do Laboratório de Pesquisa em Biogeoquímica Ambiental consiste de facilidade laboratoriais de química e infraestrutura de informática e eletrônica onde trabalhos práticos são realizados. Essas facilidades são compartilhadas tanto com outras Coordenadorias do INPE, tais como a CTE e a OBT, como também com colaboradores de projetos.

---

<sup>1</sup> SERVIÇOS DE APROVISIONAMENTO: Produtos obtidos dos ecossistemas → Alimentos; Água Potável; Combustível; Fibras; Compostos Bioquímicos; Recursos Genéticos

SERVIÇOS DE SUPORTE: Serviços necessários para a produção de todos os outros serviços dos ecossistemas → Formação do Solo; Ciclos de Nutrientes (inorgânicos/orgânicos); Produção Primária.

SERVIÇOS CULTURAIS: Benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas → Recreio e Turismo; Estéticos; Educacionais. Etc.

Facilidades disponíveis:

Laboratório de Aerossóis, Soluções Aquosas e Tecnologias (LAQUATEC):

Esse laboratório é constituído por um módulo de química analítica e um módulo de manipulação e preparação de amostras ambientais. Essas instalações estão provisoriamente no prédio do Circuito Impresso, no INPE em São José dos Campos, estando prevista sua mudança para o edifício do CCST. Essa mudança é necessária para promover a integração das atividades dos diferentes laboratórios além de otimizar recursos humanos e financeiros.

O módulo de química analítica é constituído pelos seguintes equipamentos analíticos: Cromatografia a líquido (IC), Medidor de Carbono e nitrogênio (TOC-N), Cromatografia a líquido de alto desempenho (HPLC), Espectrofotômetro. Atualmente essas técnicas são utilizadas para determinação de diversas espécies químicas tais como, fenóis, cátions e ânions principais, carbono total e nitrogênio total, em soluções aquosas.

O módulo de manipulação e preparação de amostras é um espaço específico e separado em várias áreas, dependendo de sua função, utilizado para manipulação de amostras, calibração de sondas de qualidade de águas, preparação de filtros e denuderes, montagem de coletores de aerossóis entre outras atividades, preparo de extratos aquosos de amostras ambientais e preparação de padrões. Esse módulo conta com bancadas diversas, pias, sistema de produção de água tipo II, pH-metros, condutivímetro, espectrômetros, capela com exaustão programável, minicapela, placas aquecedoras, mufla, estufa, centrífuga, balança micro analítica, balança analítica, entre outros equipamentos de bancada.

Para garantir a qualidade dos resultados analíticos o laboratório participa de um programa internacional de intercalibração laboratorial (<http://www.qasac-america.org/>).



Figura 1 - Vista Geral do módulo de química analítica do LAPBio/LAQUATEC



Figura 2 - Vista Geral do módulo de manipulação e preparo de amostras ambientais

## Laboratório de Gases de Efeito Estufa, Gases traço e Radiação UV (LAGAV)

O módulo de analítica deste laboratório está instalado no Prédio Asa e o de eletrônica no prédio do CCST.

No módulo de química analítica do LAGAV estão disponíveis as instrumentações seguintes (Figura 3): um sistema de Cromatografia a gás com detectores de ionização de chama (CG-DIC) e captura de elétrons (CG-ECD) para determinação da concentração dos principais gases do efeito estufa ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ) e um cromatógrafo a gás acoplado a um dessorvedor térmico e um espectrômetro de massa (CG-MS) para caracterização e quantificação de vários compostos orgânicos voláteis (COVs). O laboratório também possui monitores para análise contínua dos gases:  $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ),  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$  e hidrocarbonetos totais (THC), e vários sistemas de coletas in situ. Com a instrumentação deste laboratório são realizados o monitoramento da camada de ozônio e radiação UV através da utilização de 6 espectrofotômetros Brewer e um radiômetros UV.

No módulo de eletrônica existem equipamentos e materiais para desenvolvimento e manutenção de equipamentos de coleta e amostragem, bem como testes de diferentes equipamentos, tanto analíticos, quanto de amostragem. Pode-se citar como exemplo o aperfeiçoamento SAAD (**S**istema de **A**mostragem da **A**tmosfera por **D**enuder). Esse laboratório fornece suporte para a instrumentação dos diferentes projetos e estudos realizados no LaPBio.



Figura 3 – Vista Geral do modo analítico do Laboratório de Gases de Efeito Estufa, Gases Traço e Radiação UV

### Laboratório de Solos

O laboratório de Solos destina-se à realização de análises físicas e químicas que permitam identificar propriedades relativas à capacidade de armazenamento e liberação de água no solo. Nos fluxos de água, energia e nutrientes que se processam no sistema solo-planta-atmosfera, o solo exerce papel fundamental como reservatório de água, armazenando-a durante o período chuvoso e liberando-a gradativamente em períodos de estiagem. Esse aspecto condiciona fortemente o comportamento da vegetação, tanto no que se refere ao processo de troca de água com a atmosfera (transpiração) quanto ao processo de absorção de carbono (fotossíntese).

A umidade do solo também exerce papel importante no fluxo de nutrientes e gases que se processam entre o solo e a atmosfera. Assim sendo, o laboratório



de Solos está sendo equipado, em um primeiro momento, para análises físicas do solo, tais como, granulometria, densidade aparente, densidade específica dos grãos, curva característica solo-água. Espera-se que os resultados nele produzidos possam auxiliar no entendimento do comportamento do sistema solo-planta-atmosfera bem como produzir parâmetros que possam ser utilizados nos modelos computacionais desenvolvidos no CCST.

#### Laboratório de Gases de Efeito Estufa (LaGEE)

Este laboratório é específico para realização de análises de gases de efeito estufa. É constituído pelo Sistema de análises de Gases de Efeito Estufa (Figura 4) que é uma réplica do sistema utilizado pela “National Oceanic Atmospheric Administration” (NOAA) e foi instalado no Brasil em 2004, no Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares - IPEN, sendo transferido para o INPE em 2015. O Laboratório opera segundo as recomendações técnicas da GAW/WMO (Global Atmospheric Watch/ World Meteorological Organization), com medidas de alta precisão de GEE .



Figura 4 - Laboratório de Análise de Gases de Efeito Estufa de alta precisão, com medidas de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SF}_6$  e  $\text{H}_2$

Com projetos de longo termo e parcerias com institutos e universidades como NOAA/ESRL/GMD, University of Leeds, University of Leicester entre outros , o

LaGEE tem como objetivo a determinação do balanço de Gases de Efeito Estufa da Bacia Amazônica e a Construção de uma Rede Brasileira de Monitoramento de GEE. Em 06/02/2014, os resultados obtidos pelo LaGEE foram publicados na revista “Nature”, sendo a chamada na capa da revista (Figura 5).



Figura 5 – Capa da Revista Nature, do dia 6 de Fevereiro de 2014

Num futuro próximo, esperamos utilizar novas tecnologias em medições de gases de efeito estufa em torres e, também, a implantação de analisadores de CO<sub>2</sub> e isótopos de carbono nas amostragens realizadas em perfis verticais e de superfície.

Além dos objetivos apresentados, o LaGEE, juntamente com seus parceiros, tem como objetivo a criação da **Rede Brasileira de Monitoramento de Gases de Efeito Estufa**.

### Dados produzidos pelo LAPBio

O LAPBio mantém diversos sistemas de observação e coleta de amostras ambientais inclusive de rede, e também realiza campanhas específicas para coleta de amostras e dados.



- Rede Nnet

A implementação dessa rede teve início em 2012 (FAPESP Proc 12/06416-1 para o Estado de São Paulo e Nnet – Latin America Nitrogen Network, IAI - CRN3, Grant number: CRN3005, 2012, para expansão para o Brasil e América Latina). A primeira fase e conta com 6 sítios em funcionamento de rotina (mapa). Foram desativados os sítios em São Carlos/UFSCAR e Teodoro Sampaio/IF, por dificuldades logísticas. Um sítio na Venezuela e no Pantanal encontram-se em início de operação. Nesses sítios é utilizado um amostrador adaptado a partir do sistema DELTA (**DE**nuder for **Long-Term Atmospheric** sampling em Sutton et al, Water, Air and Soil Pollution; Focus, 2001, No 1 V5/6, 1456), que tem como base a coleta de amostras atmosféricas com denuder ativo e filtros (aqui denominado SAAD: **S**istema de **A**mostragem da **A**tmosfera por **D**enuder).

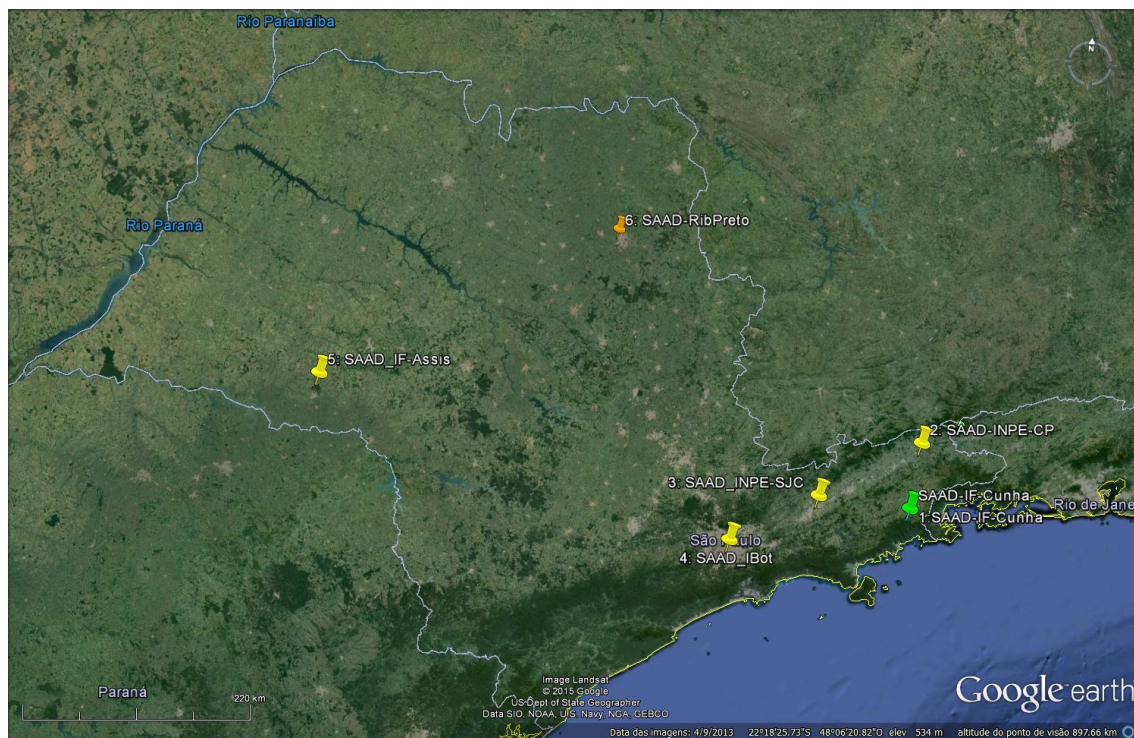


Figura 6 - Rede de SAAD no Estado de São Paulo: 1 – Instituto Florestal (Cunha), 2 – INPE (Cachoeira Paulista), 2 - INPE (Cachoeira Paulista), 3 – INPE (São José dos Campos), 4 – Instituto de Botânica (São Paulo), 5 – Instituto Florestal (Assis) e 6 - Laboratório de Química Ambiental USP/FFCLRP- Departamento de Química (Ribeirão Preto).

Associado ao SAAD, nos sítios 2, 3 (Figura 7) e 4 (Figura 8) são realizadas amostragens de Material Particulado Inalável (MPI).



Figura 7 - Plataforma com instrumentação para coleta de amostras atmosféricas INPE – São José dos Campos



Figura 8 - Vista do sistema SAAD instalado no Instituto de Botânica (sitio 4) em São Paulo

- Observações e coletas, sistemáticas de amostras realizadas pelo LaGEE.

Atualmente, o LaGEE realiza estudos de perfil vertical em seis locais na Bacia Amazônica, utilizando aviões de pequeno porte e estudo na costa Brasileira em três localidades do Norte/Nordeste com coletas em superfície. Os locais de amostragem foram estrategicamente escolhidos considerando a representatividade em escala regional da Bacia Amazônica (Figura 9).





Figura 9 - Mapa com os 6 locais de amostragem com perfis verticais com avião de pequeno porte: Santarem (Para desde 2000), Alta Floresta (Mato Grosso, desde 2010), Rio Branco (Acre, desde 2010), Tabatinga (Amazonas, de 2010 a 2012) e Tefe (desde 2013), Belem (2013 a 2015) e Manaus (2005-2007 e a partir de 2014) e 3 locais de amostragem em superfície na costa Brasileira (Salinópolis-Para, Camocim-Ceara e Natal – R. G. Norte).

- Rede de monitoramento de radiação UV e camada de ozônio

O LAGAV mantém 6 espectrofotômetros BREWER em diferentes sítios no Brasil com o objetivo de monitorar a radiação UV e a camada de ozônio no país. Os dados após um pré-processamento são enviados a WMO, da qual a rede faz parte.

- Campanhas de campo:

Nessas campanhas são realizadas coletas intensivas de amostras ambientais, durante um período de tempo de alguns dias ou semanas. No LAPBio alguns equipamentos disponíveis são os seguintes:

- Um coletor dicotômico da marca Thermo Scientific modelo Partisol 2000-D Dichotomous Air Sampler que permite realizar amostragem simultânea

do particulado fino (diâmetro < 2,5 µm) e grosso (diâmetro entre 2,5 e 10 µm) programando-se os períodos de coletas de maior interesse;

- Um impactador de cascata marca MOUDI-II™; modelo 125-RMod125B para amostragem de particulado em suspensão na atmosfera a fim de determinar a concentração atmosférica por distribuição em tamanho (determinando-se a quantidade de material particulado e sua composição química nos diferentes tamanhos). O impactador tem 13 estágios de separação com os seguintes diâmetros de corte em µm: 0.01, 0.018, 0.032, 0.056, 0.10, 0.18, 0.32, 0.56, 1.0, 1.8, 3.2, 5.6, 10.
- Sistema SAAD/DELTA para amostragem da fase gasosa e particulada de espécies de nitrogênio e enxofre.
- Sistema de amostragem de aerossóis dicotômico com filtros em sequência.

### **Projetos de Pesquisa em Andamento coordenados por pesquisadores do LAPBio**

- Nitrogen Cycling in Latin America; Drivers Impacts and Vulnerabilities IAI (CRN3005). Coordenador Dr. Jean Ometto, cujo objetivo é implementar uma rede de pesquisa e extensão, cobrindo várias ecoregiões da América Latina e com diversos que promova a integração An integrative network of research and outreach across multiple ecoregions and socioeconomic backgrounds in Latin America, with the formation of the Nitrogen Human Environment Network (Nnet).
- Estudo de emissão dos gases do efeito estufa em represas de usinas hidroelétricas que estão sendo utilizadas para o desenvolvimento da aquicultura. O projeto envolve a coleta de amostras em represas, como Furnas, e procura avaliar o impacto desta cultura na emissão de gases GEE pelas represas. Componente de emissão de GEE esta sob responsabilidade do LAGAV em colaboração com a EMBRAPA

- Determinação do balanço de Gases de Efeito Estufa da Bacia Amazônica e Construção de uma Rede Brasileira de Monitoramento de GEE em parcerias com institutos e universidades como: NOAA, University of Leeds, University of Leicester, entre outros:
  - ACO project (proc 11/51841-0) coordinate by Dra. Luciana V. Gatti, funded by FAPESP and by NERC (2012-2015).
  - ASICA - coordinated by Prof. Wouter Peters, financed by European Research Council (ERC) under Horizon 2020 (2015-2020) .
  - A Tropical Airborne Validation Capability for OCO-2. Coordinated by Dr. John B. Miller (2014 – 2016), funded by NASA.
  - Validation of OCO2 column CO2 over Tropical South America via Inverse Modeling of in situ Measurements. Coordinated by Dr. John B. Miller (2015 – 2018), funded by NASA.
  - Scaling from Flux Towers to Ecosystem Models: Regional Constraints on Carbon Cycle Processes from Atmospheric Carbonyl Sulfide, coordinated by Dr. Elliot J. Campbell, funded by NASA.
  - 401809/2013-7 – Science Without Borders: coordinated by Dr. Luciana V. Gatti: A- 3 years (9 month) to Dr. Emanuel Gloor; B- scholarship post-doc junior (1 year); C- 1 year sandwich for PhD student and D- additional funds ( 2013-2016).
  - 480713/2013-8 - Universal project, coordinated by Dr. Luciana V. Gatti (2013-2016).

#### PESQUISADORES:

- Plínio C. Alvalá
  - Maria Cristina Forti
  - Luciana Vanni Gatti
  - Laura Borma
  - Jean Ometto
- Técnicos:
  - José Roberto Chagas
  - Domingos Donizetti Sardela
  - Willian José Ferreira
  - Wellinson Rodrigues da Costa
  - Ricardo Santana

#### •Bolsistas:



- Caroline Kako Ostermann (IC)
- Welison Michael Guimarães Andrade (IC)
- Kelly Ribeiro (PCI)
- Mariana S Almeida (PCI)
- Stéphane P Crispim (PCI)
- Lucinéia da Silva Sousa Mendes (PG)
- Karinne Reis Deusdará Leal (PG)
- Luciene Gomes (PG)
- Ana Maria Barbosa (PCI)
- Marcelo Gomes da Silva (PCI)
- Lucas G. Domingues (PG-D)
- Caio S. C. Correia (PG-D)
- Viviane F. Borges (PG-D)
- Marcelo Gomes (PG-PD)
- Gabriela Nascimento (IC)

## **Publicações (links):**

### Artigos Científicos

Gatti, L.V., Gloor, M., Miller, J.B., Doughty, C.E., Malhi, Y., Domingues, L.G., Basso, L. S., Martineswki, A., Correia, C.S.C., Borges, V.F., Freitas, S., Braz, R., Anderson, L.O., Rocha, H., Grace, J., Phillips, O.L., Lloyd, J., Drought sensitivity of Amazonian carbon balance revealed by atmospheric measurements. Nature (London). , v.506, p.76 - 80, 2014. Paper showed in the cover. DOI: 10.1038/nature12957.

I.T. van der Laan-Luijkx, I.R. van der Velde, M.C. Krol, L.V. Gatti, L.G. Domingues, C.S.C. Correia, J.B. Miller, M. Gloor, T.T. van Leeuwen, J.W. Kaiser, C. Wiedinmyer, S. Basu, C. Clerbaux, W. Peters, Response of the Amazon carbon balance to the 2010 drought derived with CarbonTracker South America. Global Biogeochemical Cycles, v.29, p.1092 - 1108, 2015.

Moreira, D.S.; Freitas, S. R.; Bonatti, J.P.; Mercado, L.M.; Rosario, N.M.É.; Longo, K.M.; Miller, J. B.; Gloor, M.; Gatti, L.V.; Coupling between the JULES land-surface scheme and the CCATT-BRAMS atmospheric chemistry model (JULES-CCATT-BRAMS1.0): applications to numerical weather forecasting and the CO2 budget in South America. Geoscientific Model Development, v. 6, p. 1243-1259, 2013.

Gloor, M., Gatti, L., Brienen, R., Feldpausch, T. R., Phillips, O. L., Miller, J., Ometto, J. P., Rocha, H., Baker, T., Houghton, R. A., Malhi, Y., Aragao, L. E. O. C., Zhao, K., Peylin, P., Huntingford, C., Levy, P., Lloyd, J., The carbon balance of South America: a review of the status, decadal trends and main determinants. Biogeosciences, 9, 5407 - 5430, 2012.

Querino, C. A. S., Smeets, C. J. P. P., Vigano, I., Holzinger, R., Moura, V., Gatti, L. V., Martinewski, A., Manzi, A. O., de Araújo, A. C., Röckmann, T.,

Methane flux, vertical gradient and mixing ratio measurements in a tropical forest. Atmospheric Chemistry and Physics , v.11, p.7943 - 7953, 2011

Gatti, L.V., Miller, J., D'Amelio, M., Martinewski, A., Basso, L., Gloor, M., Wofsy, S., Tans, P., Vertical profiles of CO<sub>2</sub> above eastern Amazonia suggest a net carbon flux to the atmosphere and balanced biosphere between 2000 and 2009. Tellus. Series B, Chemical and Physical Meteorology. , v.62, p.581-594, 2010. DOI:10.1111/j.1600-0889.2010.00484.x.

Miller J., L.V. Gatti, M. d'Amelio, Crotnell, Dlugencky, Artaxo, Bakwin, P. Tans, "Airborne samples indicate large methane emissions from the Eastern Amazon Basin", Geophysical Research Letter, vol. 34, L10809, 2007. DOI: 10.1029/2006GL029213.

D'Amelio, M. T. S., Gatti, L. V., et al. Regional N<sub>2</sub>O fluxes in Amazonia derived from aircraft vertical profiles. Atmospheric Chemistry and Physics (Online). , v.9, p.8785 - 8797, 2009..

Relatórios

Protocolos