

Estimativa do fluxo de nitrogênio na universidade federal da Sergipe, Brasil

Este artigo discute o problema das alterações no ciclo de nitrogênio e apresenta a identificação e estimativa dos fluxos anuais de nitrogênio reativo no Campus São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe. Através deste estudo, foi possível analisar muitos aspectos ambientais intrinsecamente ligadas às atividades do campus, tais como o consumo de energia, transporte, práticas de jardinagem, consumo de alimentos, geração de efluentes e outros aspectos responsáveis por diversos impactos ambientais no campus. Com base na identificação das atividades bem como na estimativa dos cálculos de emissão de N do referido campus, verificou-se que o campus é responsável por gerar mais de 40.000 kg N ano⁻¹, sendo que a maior entrada de N é responsável por cerca de 30% do total de emissões e é referente aos alimentos que entram no campus e são consumidos nas lanchonetes e restaurantes. Tendo em vista as três maiores emissões estimadas nesse campus, foram sugeridas neste trabalho algumas alternativas de natureza preventivas pautadas em conceitos e métodos de tecnologias limpas e ecologia industrial voltadas a redução dessas emissões. Os resultados apresentados neste estudo permitem a identificação dos impactos ambientais relacionados com a geração do nitrogênio reativo e que pode funcionar como um instrumento de orientação para a adoção de políticas ambientais e educacionais para o campus.

Palavras-chave: Campus ecológico; Nitrogênio no campus; Fluxo de nitrogênio; Campus sustentáveis.

Nitrogen flow estimation at the federal university of Sergipe, Brazil

This paper discusses the problem of changes in the nitrogen cycle and presents the identification and estimation of annual reactive nitrogen fluxes at the São Cristóvão Campus of the Federal University of Sergipe. Through this study, it was possible to analyze many environmental aspects intrinsically related to campus activities, such as energy consumption, transportation, gardening practices, food consumption, effluent generation and other aspects responsible for various environmental impacts on campus. Based on the identification of the activities as well as on the estimation of the N-emission calculations of said campus, it was verified that the campus is responsible for generating more than 40,000 kg N year⁻¹, with the largest entrance of N being responsible for about of the total emissions and refers to foods that enter the campus and are consumed in snack bars and restaurants. Considering the three largest emissions estimated on this campus, some preventive alternatives based on concepts and methods of clean technologies and industrial ecology aimed at reducing these emissions were suggested in this paper. The results presented in this study allow the identification of the environmental impacts related to the generation of reactive nitrogen and can act as a guiding instrument for the adoption of environmental and educational policies for the campus.

Keywords: Greening campus; Nitrogen Campus; Nitrogen flows; Campus sustainability.

Topic: **Engenharia Ambiental**

Received: **10/04/2018**

Approved: **24/05/2018**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Rodrigo Gallotti Lima 

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/6838783610597692>

<http://orcid.org/0000-0002-0786-7358>

florafertil@yahoo.com.br

Anita Maria Lima 

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/9805293444879480>

<http://orcid.org/0000-0002-0851-2815>

anita.lima@gmail.com

Laura Jane Gomes 

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/2534479131206357>

<http://orcid.org/0000-0003-1526-7456>

laurabuturi@gmail.com

Sergio Luis Martins dos Santos

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/7195752704659454>

srgsantos0412@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2018.004.0019

Referencing this:

LIMA, R. G.; LIMA, A. M.; GOMES, L. J.; SANTOS, S. L. M.. Estimativa do fluxo de nitrogênio na universidade federal da Sergipe, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.4, p.224-234, 2018.

DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.004.0019>

INTRODUÇÃO

O ar atmosférico tem cerca de 78% de nitrogênio molecular (N_2), um gás inerte que nem a maioria das plantas podem usá-lo como nutriente. No entanto, em 1908, Fritz Haber criou um método para transformar N_2 em amônia, tendo em vista a possibilidade de incrementar a produção de fertilizantes sintéticos. Em 1913, o cientista Carl Bosh, desenvolveu o método criado por Fritz expandindo-o para ser executado em escala industrial. Isso o levou ao Prêmio Nobel em 1931. A invenção denominada 'Processo Haber-Bosch' foi de fundamental importância para humanidade, pois, foi capaz de elevar significativamente o patamar da produção bélica e agrícola a nível mundial (ERISMAN et al., 2008; FOWLER et al., 2013; GALLOWAY et al., 2013; 2014; ERISMAN, 2015). Mundialmente, cerca de 75% da produção de Nitrogênio reativo (N_r) antropogênico decorre de fixação industrial de N e 25% a partir de combustíveis fósseis e da queima de biomassa, sob a forma de NO_x (GALLOWAY et al., 2013; FOWLER et al., 2013).

Atualmente, só a produção de N_r voltada para agricultura é mais do que o dobro da quantidade natural pré-industrial produzida nos ecossistemas terrestres (FOWLER et al., 2013; ERISMAN, 2015). Diante disso, surgiram diversas consequências ambientais catastróficas por conta da alteração do Ciclo do N, a exemplo: surgimento de zonas costeiras mortas e mortandade de peixes devido à eutrofização grave ou hipóxia resultante do escoamento nitrato e da lixiviação em sistemas fluviais; Redução da biodiversidade em mananciais devido à eutrofização e acidificação; Poluição da água subterrânea por nitratos; Poluição de água doce devido à eutrofização e acidificação; Impactos na saúde humana devido a formação de aerossóis e de O_3 troposférico causando diversas doenças; Redução das colheitas, das florestas e da produtividade de pastagem devido à deposição de nitrogênio e excesso de fertilização, bem como a exposição ao ozônio troposférico; Aumento das mudanças climáticas da Terra e aumento da depleção da camada de ozônio estratosférico etc (GALLOWAY, 2008; ROCKSTROM et al., 2009; GALLOWAY et al., 2003; 2004; 2014; ERISMAN et al., 2013; 2015; FOWLER et al., 2013; 2015; UNEP, 2014).

Um século após a invenção do processo Haber-Bosch o planeta passou a emitir cerca de 210.000.000 de toneladas de N_r . Para se ter ideia, a fixação de nitrogênio através desse processo em 2010 (120.000.000 de toneladas N_r ano⁻¹) representou o dobro do total de todas as fontes terrestres naturais de N_r (63.000.000 toneladas N_r ano⁻¹) (FOWNLER et al., 2013, 2015). O fator que agrava ainda mais essa problemática se dá pelo fato de apenas um único átomo de N_r contribuir para os mais diversos efeitos negativos de natureza socioeconômica e ambientais. De acordo com a UNEP (2014) o nitrogênio move-se através do ambiente e o mesmo átomo de N pode contribuir para múltiplos impactos negativos, seja no ar, em terra, em sistemas de água doce e marinhos e também sobre a saúde humana. A esta sequência contínua durante um longo período denomina-se 'Cascata de N', tema exaustivamente discutido há mais de uma década por cientistas como Galloway e Erisman (ERISMAN et al., 2007, 2008, 2011, 2013; GALLOWAY, 1998, 2003; GALLOWAY et al., 2003; 2004; 2008; 2013; 2014).

Desde algum tempo, Rockstrom et al. (2009) e Steffen et al. (2015), vem chamando a atenção da comunidade científica, divulgando alertas relativo às ações humanas que já ultrapassaram a nível mundial os

limites seguros no tocante ao ciclo de nitrogênio, dentre outras questões ambientais. Segundo os autores, os limites são compostos por processos imbuídos em sistemas naturais que influenciam na capacidade de resiliência do Planeta Terra. Após a identificação dos processos, os autores propuseram fronteiras seguras para cada um, o que, se ultrapassadas, promovem condições ambientais adversas que condicionam risco de vida de muitas espécies, incluindo os seres humanos. Depois de analisar cada sistema separadamente, os autores concluíram que três deles já ultrapassaram o limite: Perda de Biodiversidade, Ciclo do Nitrogênio e Mudanças Climáticas. No caso do Ciclo do N, em uma escala global, a quantidade de N₂ convertidos em N_r das atividades humanas é muito elevado e tem alterado perigosamente o biogeociclo do nitrogênio.

Questões ambientais têm despertado em muitas instituições a adoção de ações, políticas, planos diretores, dentre outras posturas de atuação voltadas a promoção da sustentabilidade nestas instituições. Diversos são os focos que tem mobilizado as Instituições de Ensino Superior (IES), a exemplo dos ciclos biogeoquímicos, mudanças climáticas, uso racional de recursos naturais dentre outras, para a realização de iniciativas mais sustentáveis (UMACS, 2013). Relacionado a isso, duas instituições direcionaram seus esforços para a questão do ciclo N, sendo uma abordada na pesquisa Savanick et al. (2007), que teve como objetivo quantificar as entradas e saídas anuais de nitrogênio reativo do Campus Twin Cities, Universidade de Minnesota. A segunda foi a Universidade de Virginia, contemplada na pesquisa Leach, et al., (2013) considerado o primeiro modelo em nível de universidade que estimou a pegada de nitrogênio da Universidade de Virginia (UVA), tanto a atual como a projetada para 2025. Este modelo também é usado para testar cenários sobre as formas mais eficazes para reduzir a pegada de nitrogênio (N) da universidade. No Brasil, até os dias atuais não há nenhum registro sobre as iniciativas focadas em ciclo N. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar e estimar os fluxos de N_r, gerados pelas demandas das atividades existentes no Campus São Cristóvão de Universidade Federal de Sergipe (UFS).

METODOLOGIA

Esta pesquisa tem foco apenas nos fluxos de N_r gerados pelas demandas do campus, uma vez que o problema relacionado com o ciclo do nitrogênio é do aumento de N_r na atmosfera, que é resultante das ações antrópicas. Para estimativa das emissões considerou-se um ano escolar com 200 dias, por representar mais significativamente as contribuições do campus no ciclo de nitrogênio. Para fins de padronização das emissões, durante os cálculos, todas emissões em g de NO_x foram convertidas para serem expressas em kg de N ano⁻¹, logo, durante nos cálculos foi utilizado tanto o fator de transformação de 0,001 (referente a conversão de g → kg) como o fator de conversão de NO_x em N, pois, para a massa de N presente em NO_x foi adotado, para todos os cálculos, a proporção utilizada para NO₂ (massa N/NO₂ → massa = 14/46). Já para calcular a massa de N presente no NH_x depositado foi utilizada a proporção de N presente em NH₃ e NH₄ ((14/17 + 14/18) / 2).

Campus São Cristóvão – UFS

De acordo com os dados fornecidos pela prefeitura do Campus São Cristóvão da UFS, o mesmo possui uma área total de 1.542.807 m² (154,3 ha), sendo 443.969,67 m² (44,4 ha) de área urbana e 1.098.837,83 m² (109,9 ha) de área verde, caracterizada pela presença da Mata Atlântica. O Campus é composto por vários prédios, onde funcionam a Reitoria, a Prefeitura do Campus, o Setor Esportivo, os Centros Acadêmicos (CCBS, CCET, CCSA e CECH), a Biblioteca Central – BICEN, o Restaurante Universitário – RESUN, o Núcleo de Tecnologia da Informação – NTI, o Arquivo Central, o Centro Editorial e Audiovisual – CEAV, Colégio de Aplicação – CODAP, onde frequenta uma população acadêmica composta de servidores públicos, terceirizados e alunos que totaliza cerca de 20.000 pessoas.

Para estimativa das emissões foram considerados dados dos anos de 2015 e 2016, sendo que, em 2015 o campus em estudo teve apenas os 98 dias ativos, já em 2016 foram 184 dias ativos. Os dias de greve não foram contabilizados nessa pesquisa por não representar fidedignamente a contribuição do campus no tocante a sua geração de N reativo. Para realização desta pesquisa foram realizadas visitas técnicas ao Campus São Cristóvão a fim de serem obtidos os dados demandados para os cálculos das emissões de N pelo referido campus.

Fontes de dados para estimativa das emissões

No que se refere a estimativa das emissões de N_r no referido campus, a pesquisa baseou-se no modelo de quantificação de cálculo de N_r desenvolvido por Savanick et al. (2007), que se propôs a estimar as referidas emissões decorrentes de atividades demandadas pelo campus. Os dados foram obtidos em diversos setores administrativos do campus. As fontes dos dados são detalhadas no Quadro 1.

Quadro 1: Fontes dos dados utilizados para pesquisa e modelo matemático utilizado na estimativa.

Fontes	UFS
Energia	Considerou-se as emissões de N provenientes de geração da energia elétrica que foi consumida no campus durante o período referente ao 2015. Esse dado foi obtido pelas contas de energia mediante o setor de gestão ambiental do campus. Já o fator de emissão de NO _x foi obtido pelo ECOINVENT.
Transportes terrestres e aéreo	Meios de transporte utilizados pela comunidade acadêmica (carros, ônibus e aeronaves) – Em relação às emissões de transporte, foi considerado o N emitido pelos veículos oficiais da universidade, veículos particulares e ônibus que transportam a comunidade acadêmica. Além disso, foram contempladas as emissões geradas a partir de viagens aéreas. A frota de veículos oficiais bem como os combustíveis utilizados por eles foi obtida no setor de transportes do campus. A população acadêmica total foi informada pelo setor administrativo do campus. A média diária de carros particulares que transitam no campus, bem como a distância média percorrida dos usuários do campus foram obtidos através do setor de gestão ambiental do campus. A quantidade de usuários de ônibus que se deslocam para o campus bem como a distância percorrida por eles por dia, fora obtida através do setor de gestão ambiental do campus. O fator de emissão de NO _x dos carros, vans e ônibus foi obtido por MMA (2013). Para o transporte aéreo foi computada a quilometragem total dos voos realizados referente ao ano. Os destinos percorridos nos voos realizados por professores e alunos foram obtidos na pró-reitoria de pós-graduação da universidade. O fator de emissão de NO _x referente ao querosene de aviação, bem como a densidade desse combustível foi obtido a partir da ANAC (2014). O tipo e os dados da aeronave mais utilizada nos voos foram obtidos a partir da CONDOR. Cabe ressaltar que neste trabalho foi considerada a quantidade de nitrogênio reativo emitido por pessoa em cada meio de transporte estudado. Para isso, em cada veículo, foi identificada a lotação máxima do mesmo. Em seguida o respectivo fator de emissão utilizado nos cálculos foi dividido pela lotação máxima em cada caso. Neste trabalho as lotações máximas consideradas foram: veículos leves - 5 pessoas; vans - 12 pessoas; ônibus - 46 pessoas e avião - 220 pessoas. Já para o computo do N _r emitido dos carros oficiais, não foi necessário considerar a lotação desses veículos, pois, o setor de transporte da universidade informou dados de km percorrido por dia referente a todos os seus veículos.

Alimentos	A relação de alimentos consumidos no campus foi fornecida pelos proprietários e/ou os setores administrativos de restaurantes. O teor de proteína de cada tipo de alimento foi obtido a partir da Tabela Brasileira de Alimentos (UNICAMP, 2011). A porcentagem de proteína em N foi obtida a partir de Esminger (1991) citado por Savanick et al. (2007).
Resíduos de alimentos	Os resíduos de alimentos desperdiçados tanto na preparação quanto nas sobras das refeições servidas em restaurantes foram fornecidos pelo setor administrativo de cada restaurante do campus. Com essa quantidade e com o percentual de N (obtida via Tabela Brasileira de Alimentos, UNICAMP, 2011) de cada alimento discriminado, obteve-se o total da emissão referente aos resíduos dos restaurantes em de kg N ano ⁻¹
Esgoto dos alimentos	Para o cálculo do esgoto gerado, levou-se em consideração a quantidade de N (obtida via Tabela Brasileira de Alimentos, UNICAMP, 2011) no alimento ingerido e depois multiplicado por 90 %, pois 90% dos alimentos ingeridos viram esgoto, segundo Baker et al., 2001.
FBN	A FBN da Mata Atlântica foi obtida a partir do mapeamento de Filoso et al. (2006); A área verde do campus foi obtida nos projetos de arquitetura fornecidos no setor de planejamento da prefeitura do campus.
Deposição Atmosférica de N	A deposição atmosférica do nitrogênio foi obtida pelos mapas de deposição modelados de NH _x e NO _y em Filoso et al., (2006). A área total do campus foi obtida nos projetos de arquitetura fornecido pelo no setor de planejamento da prefeitura do campus.
Res. das áreas verdes	A massa de resíduos das áreas verdes gerado foi obtida pelo setor administrativo do campus. A porcentagem média de nitrogênio na planta foi obtido a partir de Epstein (1965).
Run off	A deposição de nitrogênio atmosférico foi obtida a partir de mapas de deposição modelados de NH _x e NO _y de Filoso et al., (2006). A área urbana foi obtida nos projetos de arquitetura fornecido pelo setor de planejamento do campus.

Modelos Matemáticos

Após obtenção dos dados do campus (Quadro 1), foi realizado o cálculo estimativa, adaptado do modelo de Savanick et al. (2007) para a realidade das universidades brasileiras. Para realizar toda estimativa foi necessário fazer uso das 18 equações a seguir:

Equação 1: Eletricidade

$$N_{Em} = EN_{dem} * C_{NO_xEm} * 0,001 * 14/46$$

Onde:

N_{Em} = estimativa da emissão de N_r da eletricidade em kg

EN_{dem} = energia demandada no ano (kw)

C_{NO_xEm} = fator de emissão de NO_x da energia (g NO₂ kwh⁻¹)

0,001 = fator de conversão de g em kg

14/46 = conversão de NO₂ em N

Equação 2: Estimativa da emissão de carros particulares

$$E_{CC} = Q_{CC} * d * (C_{NO_xEm}/5) * m_{N/NO_x} * 0,001 * 200$$

Onde:

E_{CC} = estimativa da emissão de carros

Q_{CC} = quant. média de carros que entram no campus x dia⁻¹ (und)

d = distância média percorrida (km) do carro x dia⁻¹

C_{NO_xEm} = fator de emissão de NO_x para carros (g N km⁻¹)

m_{N/NO_x} = proporção de N em NO_x

5 = lotação máxima do veículo

0,001 = fator de conversão g em kg

200 = ano acadêmico (dias ativos)

Equação 3: Estimativa da emissão de ônibus

$$E_{BC} = Q_{BC} * d * \left(\frac{BP_{NO_xEm}}{46}\right) * m_{N/NO_x} * 0,001 * 200$$

Onde:

E_{BC} = estimativa da emissão de ônibus

Q_{BC} = pessoas que usam ônibus x dia⁻¹
 d = distância percorrida (km) pelo ônibus x dia⁻¹
 BP_{NO_xEm} = fator de emissão de NO_x dos passageiros (g N km⁻¹)
 m_{N/NO_x} = proporção de N em NO_x
 0,001 = fator de conversão de g em kg
 46 = lotação máxima do veículo
 200 = ano acadêmico (dias ativos)

Equação 4: Estimativa da emissão de N dos carros oficiais

$$E_{COC} = \left((d_d * D_{NO_xEm}) + (d_g * G_{NO_xEm}) \right) * m_{N/NO_x} * 0,001$$

Onde:

E_{COC} = estimativa da emissão de N dos carros oficiais
 d_d = distância percorrida por carros movidos a diesel (km)
 D_{NO_xEm} = fator de emissão de NO_x nos motores diesel (g N km⁻¹)
 d_g = distância percorrida por carros movidos a gasolina (km)
 G_{NO_xEm} = fator de emissão de NO_x nos motores gasolina (g N km⁻¹)
 m_{N/NO_x} = proporção de N em NO_x
 0,001 = fator de conversão de g em kg

Equação 5: Volume de combustível usado em voo

$$V_{DT} = (F_{MCA321} * d_{DT}) / A321_{MRFT}$$

Onde:

V_{DT} = volume (l) de combustível usado em voo
 F_{MCA321} = capacidade máx. do tanque da aeronave A321 (l)
 d_{DT} = distância percorrida nos voos demandados pela UFS (km)
 $A321_{MRFT}$ = distância máx. de voo de um A321 com tanque cheio (km)

Equação 6: Massa de combustível usado em voo

$$m_{DT} = v_{DT} * D_{AK}$$

Onde:

M_{DT} = massa (t) de combustível usado em voo
 V_{DT} = volume (l) combustível usado em voo
 D_{AK} = densidade do querosene de aviação (t/l)

Equação 7: Estimativa da emissão de N em voo

$$N_{EmDT} = (m_{DT} * AK_{EM} * m_{N/NO_s}) / 220$$

Onde:

N_{EmDT} = estimativa da emissão de N em voo
 m_{DT} = massa (t) de combustível usada em voo
 AK_{EM} = fator de emissão de NO_x do querosene de aviação (kg N t⁻¹)
 m_{N/NO_s} = Proporção de N em NO_x
 220 = capacidade de passageiros na aeronave A321

Equação 8: Estimativa da emissão de N no alimento humano

$$N_{ICY} = m_{FIC} * \%NCB$$

Onde:

N_{ICY} = estimativa de N contida nos alimentos do campus x ano⁻¹
 m_{FIC} = massa (kg) de alimentos que entram no campus x ano⁻¹

$\%_{NCB}$ = Percentual de N de alimentos consumidos no campus

Equação 9: Estimativa da emissão de N no resíduo orgânico

$$N_{DC} = m_{FDC} * \%_{NCB}$$

Onde:

N_{DC} = estimativa de N contido no resíduo orgânico x pessoa⁻¹ x ano⁻¹

m_{FDC} = massa (kg) de alimento descartado (inclui o processo de preparação e desperdício de refeição)

$\%_{NCB}$ = percentual de N de alimentos consumidos no campus

Equação 10: Estimativa da emissão de N no efluente

$$N_{SS} = N_{ICY} * \%_{SS}$$

Onde:

N_{SS} = estimativa de N que segue para o esgoto

N_{ICY} = quantidade de N ingerida em nos alimentos do campus x ano⁻¹

$\%_{SS}$ = percentual de N consumido no campus que vai para o esgoto

Equação 11: Estimativa da emissão de FBN no campus

$$BNF_C = BNF_{BAR} * a_{GAC}$$

Onde:

BNF_C = estimativa da FBN no campus

BNF_{BAR} = FBN no ecossistema de Mata Atlântica

a_{GAC} = área verde do campus (ha)

Equação 12: Estimativa da emissão da deposição atmosférica de N na área de estudo

$$N_{AD} = \left(m_{NOyha} * m_{\frac{N}{NOy}} \right) + \left(m_{NHxha} * m_{\frac{N}{NHx}} \right)$$

Onde:

N_{AD} = deposição atmosférica de N para área de estudo

m_{NOyha} = massa de NO_y depositada por hectare na área de estudo

$m_{\frac{N}{NOy}}$ = proporção de N em NO_y

m_{NHxha} = massa de NH_x depositada por hectare na área de estudo

$m_{\frac{N}{NHx}}$ = proporção de N em NH_x

Equação 13: Estimativa da emissão da deposição atmosférica total de N no campus

$$N_{TAD} = N_{AD} * a_{TAC}$$

Onde:

N_{TAD} = deposição atmosférica de N total no campus

N_{AD} = deposição atmosférica de N para área de estudo

a_{TAC} = área total do campus (ha)

Equação 14: Estimativa da emissão de N nos resíduos de jardinagem

$$N_{GW} = V_{GW} * D_{GW} * 12 * \%_{NP}$$

Onde:

N_{GW} = estimativa de N em resíduos de jardinagem

V_{GW} = volume de resíduos de jardinagem coletados a cada mês no campus

D_{GW} = densidade dos resíduos de jardinagem

12 = meses do ano

 $\%_{NP}$ = percentagem de N em plantas**Equação 15: Estimativa da emissão de N drenado via runoff**

$$N_{RO} = N_{AD} * a_{UAC}$$

Onde:

 N_{RO} = estimativa de N drenado no runoff N_{AD} = deposição atmosférica de N para área de estudo a_{UAC} = área urbana do campus (ha)**RESULTADOS**

A partir dos dados fornecidos pelo setor administrativo do Campus São Cristóvão da UFS e pelos fatores de conversão de nitrogênio relacionados a produção de eletricidade, combustíveis tomados a partir do “Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários” (MMA, 2013), alimentos, efluentes e fixação de nitrogênio foi possível aplicar os modelos apresentados propiciando o cálculo do nitrogênio reativo emitido pelas atividades elencadas nesse estudo (Quadro 2).

Quadro 2: Cálculo das emissões de Nitrogênio no Campus São Cristóvão da UFS entre 2015 a 2016.

Fontes de nitrogênio	Dados fornecidos	Equação utilizada e fator aplicado	Valor calculado de N - kg N ano ⁻¹
Eletricidade	23.007.066 kWh	Equação 01 0,21g NO ₂ /kWh	1.470,45
Transportes terrestres			
-Veículos leves a álcool e gasolina	6.201 pessoas 22,2 km dia ⁻¹	Equação 02 0,03 gNO ₂ km ⁻¹	24,63
-Veículos leves a diesel	76 pessoas 22,2 km dia ⁻¹	Equação 02 0,06 gNO ₂ km ⁻¹	0,60
-Vans movidas a diesel	470 pessoas 37,4 km dia ⁻¹	Equação 02 1,15 gNO ₂ km ⁻¹	50,24
-Ônibus a diesel	10.556 pessoas 45,8 km dia ⁻¹	Equação 03 1,29 gNO ₂ km ⁻¹	404,38
-Carros oficiais	1.714 km dia ⁻¹ (gasolina) 2.350 km dia ⁻¹ (diesel)	Equação 04 0,03 gNO ₂ km ⁻¹ 1,15 gNO ₂ km ⁻¹	81,35
Transporte aéreo	565.100 km percorridos	Equações 05, 06 e 07 14,1 kg N t ⁻¹	10.354,61
Alimentos que entram no Campus	1.059.960 kg de alimentos por ano	Equação 08 1,34 % de cada alimento é N	14.203,46
Resíduos dos alimentos	111.560 kg ano ⁻¹	Equação 09 1,34% do alimento total adquirido é N	1.494,90
Efluentes gerados pelo consumo de alimentos	948.400 kg ano ⁻¹	Equação 10 1,34% do alimento total adquirido é N	11.437,70
FBN	109,9 ha de mata atlântica	Equação 11 21,6 kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹	2.373,84
Deposição atmosférica	154,3 ha área no campus	Equação 13 1,59 kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹	245,33
Resíduos de áreas verdes	105.000 kg ano ⁻¹ de resíduos de podas	Equação 14 1,59 kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹	1.575,00
Run off de N	44,4 ha de área urbana	Equação 15 1,59 kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹	70,60
TOTAL			43.787,09

DISCUSSÃO

Pelos valores de emissões obtidos, pode-se observar que três atividades estão acima de 10.000 kg N.ano⁻¹, contribuindo de forma relevante no valor total das emissões geradas (82,21%), essas áreas estão relacionadas aos alimentos (consumo), efluentes domésticos gerados e uso de transporte aéreo. O segundo grupo de atividades com maior contribuição (15,79%) nas emissões são a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), resíduos de áreas verdes e de alimentos e energia elétrica consumida. Com 2% de impacto no total de emissões geradas estão as atividades relacionadas a transporte terrestre (ônibus, vans e carros), além da deposição atmosférica de nitrogênio e do escoamento superficial nas áreas urbanizadas do campus. Esse comportamento pode ser melhor identificado na Figura 1.

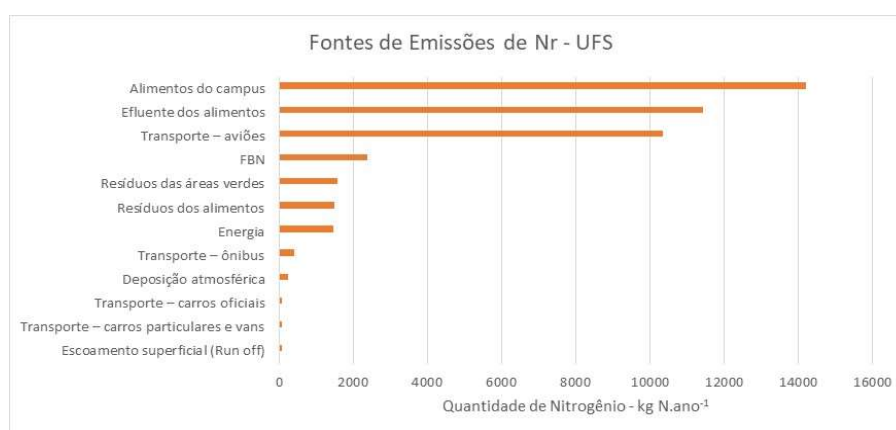


Figura 1: Síntese geral das emissões de Nitrogênio no Campus São Cristóvão da UFS.

A partir do cenário traçado em função das três maiores emissões de nitrogênio contabilizadas e tendo em vista a lógica da máxima promoção da sustentabilidade referida a IES, sugere-se a este campus, algumas alternativas voltadas a redução dessas emissões, tendo em vista as ações preventivas pautadas em conceitos e métodos de tecnologias limpas e ecologia industrial tais como: Reduzir no que for possível as viagens aéreas, incentivando o uso de ônibus para viagens a nível nacional, bem como incentivar o uso de tecnologias virtuais em casos de avaliação de trabalhos; Promover estudos que viabilizem a utilização da urina humana gerada do campus possibilitando formas de segregação, tratamento, armazenamento e aplicação, a fim de usar seu nitrogênio como fertilizante nas áreas verdes do campus, ou fornecê-la como um insumo agrícola fora do campus.

Por outro lado, mesmo entendendo uma representatividade menor no tocante às emissões de N, seguem algumas alternativas de ações voltadas para à redução das emissões no referido campus: A substituição de parte da eletricidade usada no campus por outra fonte de energia mais limpa (como a energia solar ou eólica), mediante estudo de viabilidade; a melhoria das estruturas de edifícios, a fim de promover uma maior ventilação e iluminação natural evitando o uso de equipamentos consumidores de energia (ar condicionado, lâmpadas etc.); a aquisição de equipamentos e acessórios que consomem menos energia; Incentivar o uso de transporte menos impactante a exemplo do uso de bicicletas, inclusive dentro e fora da comunidade acadêmica (quando for possível, pois é evidente tanto o problema da mobilidade urbana como a falta de segurança pública nas cidades) com o objetivo de reduzir significativamente as emissões de N, de

transporte; No paisagismo campus, priorizar a introdução de espécies nativas. Em alguns casos, quando se busca a recuperação de solos degradados, é importante introduzir espécies de crescimento precoce, pois, capturam mais carbono e nitrogênio, a fim de promover mais a fertilidade do solo; Reduzir o descarte de resíduos de alimentos através de métodos de compostagem; Reduzir o descarte de resíduos de jardim através de métodos de compostagem; Evitar a devastação área verde para preservar a biodiversidade e preservar a estrutura do solo e seus processos associados;

Um exemplo positivo para a sustentabilidade da UFS é a criação da UFS ambiental, institucionalizado fevereiro de 2012 e que tem por objetivo seguir as diretrizes propostas pela norma ISO 14000, buscando evidenciar ações e comportamentos ambientais para Universidade, contribuindo assim para a sustentabilidade ambiental e promovendo práticas ambientais em todos os setores da UFS. Além disso, outras ações estão sendo direcionadas às seguintes questões: gestão de resíduos, licitação sustentável, qualidade de vida no ambiente de trabalho, sensibilização de capacitação dos servidores, uso racional de recursos e construções sustentáveis.

CONCLUSÕES

As atividades humanas já convertem mais nitrogênio da atmosfera em formas reativas do que todos os processos naturais da Terra em conjunto. Por isso, o nitrogênio tem sido uma das principais causas da perda de biodiversidade planetária, seus efeitos na atmosfera afetam qualidade do ar causando poluição atmosférica, partículas em suspensão, ozônio troposférico, e como consequência direta afeta a saúde humana, a qualidade da água doce por conta dos nitratos, eutrofização dos mananciais além de zonas mortas e destruição do ozônio estratosférico.

A estimativa das emissões de Nitrogênio no Campus central da UFS, localizado na cidade de São Cristóvão/SE, resultou em um valor de 43.787,09 kg de N ano⁻¹ (aproximadamente 43,8 toneladas de N.ano⁻¹), tomando como base os anos letivos de 2015 e 2016. Através deste estudo, foi possível analisar muitos aspectos ambientais intrinsecamente ligadas às atividades do campus, tais como o consumo de energia, transporte, práticas de jardinagem, consumo de alimentos, geração de efluentes e outros aspectos responsáveis por diversos impactos ambientais no campus.

O caminho para a sustentabilidade do campus exige numerosos esforços que vão além da avaliação do fluxo de N no campus, tais como avaliação do carbono, uso racional de recursos naturais, adoção de estratégias mais sustentáveis do ponto de vista da energia e transporte dentre outras que a UFS ambiental poderia pleitear. A fim de implementar práticas mais sustentáveis nas universidades, sugere-se adoção do uso de tecnologias limpas (métodos preventivos) para reduzir a intensidade de cada fluxo de N_r e até mesmo de carbono no campus. Além disso, cabe ressaltar que a mitigação dos impactos ambientais depende também de outras ações a exemplo da regulamentação de leis e mecanismos de controle.

REFERÊNCIAS

ANAC. **Inventário nacional de emissões atmosféricas da aviação civil**. Agência Nacional de Aviação Civil, 2014.

- ERISMAN, J. W.; BLEEKER, A.; GALLOWAY, J.; SUTTON, M. A.. Reduced nitrogen in ecology and the environment. **Environmental Pollution**, v.150, n.1, p.140-149, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.033>
- ERISMAN, J. W.; GALLOWAY, J. N.; SUTTON, M. A.; KLIMONT, Z.; WINIWATER, W.. How a century of ammonia synthesis changed the world. **Nature Geoscience**, v.1, p.636-639, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1038/ngeo325>
- ERISMAN, J. W.; GALLOWAY, J. N.; SEITZINGER, S.; BLEEKER, A.; BUTTERBACH-BAHL, K.. Reactive nitrogen in the environment and its effect on climate change, Current Opinion. **Environmental Sustainability**, v.3, n.5, p.281-290, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.08.012>
- ERISMAN, J. W.; GALLOWAY, J. N.; SEITZINGER, S.; BLEEKER, A.; DISE, N. B.; PETRESCU, A. M. R.; LEACH, A. M.; VRIES, W.. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. **Philos. T. Roy. Soc. B.**, v.368, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1098/rstb.2013.0116>
- ERISMAN, J. W.; GALLOWAY, J. N.; DICE, N. B.; SUTTON, M. A.; BLEEKER, A.; GRIZZETTI, B.; LEACH, A. M.; VRIES, W.. Nitrogen: too much of a vital resource. Science Brief. Zeist: WWF, 2015.
- EPSTEIN, E.. **Plant Biochemistry**. New York: Academic, 1965.
- FILOSO, S.; MARTINELLI, L. A.; HOWARTH, R. W.; BOYER, E. W.; DENTENER, F.. Human activities changing the nitrogen cycle in Brazil, **Biogeochemistry**, n.1-2, p.61-89, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10533-006-9003-0>
- FOWLER, D.; COYLE, M.; SKIBA, U.; SUTTON, M. A.; CAPE, J. N.; REIS, S.; SHEPPARD, L. J.; JENKINS, A.; GRIZZETTI, B.; GALLOWAY, J. N.; VITOUSEK, P.; LEACH, A.; BOUWMAN, A. F.; BUTTERBACH-BAHL, K.; DENTENER, F.; STEVENSON, D.; AMANN, M.; VOSS, M.. The global nitrogen cycle in the twenty-first century, **Philos. T. Roy. Soc. B.**, v.368, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1098/rstb.2013.0165>
- FOWLER, D.; STEADMAN, C. E.; STEVENSON, D.; COYLE, M.; REES, R. M.; SKIBA, U. M.; SUTTON, M. A.; CAPE, J. N.; DORE, A. J.; VIENO, M.; SIMPSON, D.; ZAEHLE, S.; STOCKER, B. D.; RINALDI, M.; FACCHINI, M. C.; FLECHARD, C. R.; NEMITZ, E.; TWIGG, M.; ERISMAN, J. W.; GALLOWAY, J. N.. Effects of global change during the 21st century on the nitrogen cycle. **Atmospheric Chemistry and Physics Discuss.**, v.15, p.1747-1868, 2015. DOI: 10.5194/acp-15-13849-2015
- GALLOWAY, J. N. The global nitrogen cycle: Changes and consequences. **Environmental Pollution**, v.102, n.1, p.15-24, 1998. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0269-7491\(98\)80010-9](http://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)80010-9)
- GALLOWAY, J. N.. The Global Nitrogen Cycle. **Treatise on Geochemistry**, v.8, p.557-583, 2003.
- GALLOWAY, J. N.; ABER, J. D.; ERISMAN, J. W.; SEITZINGER, S. P.; HOWARTH, R. W.; COWLING, E. B.; COSBY, B. J.. The Nitrogen Cascade. **BioScience**, v.53, n.4, p.341-356, 2003. DOI: [http://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0341:TNC\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0341:TNC]2.0.CO;2)
- GALLOWAY, J. N.; DENTENER, F. J.; CAPONE, D. G.; BOYER, E. W.; HOWARTH, R. W.; SEITZINGER, S. P.; ASNER, G. P.; CLEVELAND, C. C.; GREEN, P. A.; HOLLAND, E. A.; KARL, D. M.; MICHAELS, A. F.; PORTER, J. H.; TOWNSEND, A. R.; VOROSMARTY, C. J.. Nitrogen cycles: past, present and future. **Biogeochemistry**, v.70, n.2, p.153-226, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10533-004-0370-0>
- GALLOWAY, J. N.; TOWNSEND, A. R.; ERISMAN, J. W.; BEKUNDA, M.; CAI, Z.; FRENEY, J. R.; MARTINELLI, L. A.; SEITZINGER, S. P.; SUTTON, M. A.. Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. **Science**, v.320, n.5878, p.889-892, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1126/science.1136674>
- GALLOWAY, J. N.; LEACH, A. M.; BLEEKER, A.; ERISMAN, J. W.. A chronology of human understanding of the nitrogen cycle. **Philosophical Transactions of the Royal Society B.**, v.368, p.01-20, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1098/rstb.2013.0120>
- GALLOWAY, J. N.; WINIWATER, W.; LEIP, A.; LEACH, A. M.; BLEEKER, A.; ERISMAN, J. W.. Nitrogen footprints: past, present and future. **Environmental Research.**, v.9, n.11, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1088/1748-9326/9/11/115003>
- LEACH, A. M.; MAJIDI, A. N.; GALLOWAY, J. N.; GREENE, A. J.. Toward Institutional Sustainability: A Nitrogen Footprint Model for a University. **Research and Solutions**. v.6, n.4, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1089/sus.2013.9852>
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários**. 2013.
- ROCKSTROM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, A.; CHAPIN, F. S.; LAMBIN, E.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H.; NYKVIST, B.; DE WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SORLIN, S.; SNYDER, P. K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J.. Planetary Boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and society Journal**, v.14, n.2, p.32, 2009. DOI: <http://doi.org/10.5751/ES-03180-140232>
- SAVANICK, S.; BAKER, L.; PERRY, J.. Case study for evaluating campus sustainability: nitrogen balance for the University of Minnesota. **Urban Ecosystems**, v.10, n.2, p.119-137, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11252-007-0018-7>
- SMIL, V. Nitrogen and food production: proteins for human diets. **Ambio**, v.31, n.2, p.126-131, 2002. DOI: <http://doi.org/10.1579/0044-7447-31.2.126>
- STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTRÖM, J.; CORNELL, S. E.; FETZER, I.; BENNETT, E. M.; BIGGS, R.; CARPENTER, S. R.; VRIES, W.; WIT, C. A.; FOLKE, C.; GERTEN, D.; HEINKE, J.; MACE, G. M.; PERSSON, L. M.; RAMANATHAN, V.; REYERS, B.; SÖRLIN, S.. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**, v.347, n.6223, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1126/science.1259855>
- UMACS. **Sustainability organizations in higher education**. Upper midwest association for campus sustainability. 2013.
- UNEP. **Emerging issues update: Excess Nitrogen in the Environment**. Year Book, 2014.
- UNICAMP. **Brazilian Table Food Composition**. University of Campinas, 2011.