



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025**

Recuperação de nitrogênio dos resíduos domésticos

Caio Emanuel Costa de Oliveira¹; Eduardo Henrique Borges Cohim Silva²

1.Caio Emanuel Costa de Oliveira, PIBIC/CNPq, ENGENHARIA CIVIL, e-mail: costacaio721@gmail.com

2.Eduardo Henrique Borges Cohim Silva, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA, e-mail: ecohim@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: recuperação de recursos; nitrogênio; agricultura sustentável

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um nutriente essencial para os ecossistemas e a agricultura, contudo, sua fixação artificial em larga escala, em maior parte através do processo industrial Haber-Bosch, desestabilizou ciclos biogeoquímicos naturais, causando impactos ambientais globais (Galloway et al., 2008; Rockström et al., 2009). No Brasil, o consumo de fertilizantes nitrogenados sintéticos cresceu 250% entre 2000 e 2020, agravando problemas como eutrofização de corpos hídricos, emissões de óxido nitroso (N₂O), um gás com potencial de aquecimento global cerca de 300 vezes superior ao dióxido de carbono (CO₂), e dependência de importações, que atingiu 99% do que foi utilizado na agricultura em 2018 (IPCC, 2007; FAOSTAT, 2018). Apenas cerca de 50% do N aplicado é assimilado pelas culturas, o restante é perdido por lixiviação ou volatilização (Ahmed et al., 2017), agravando a transgressão do limite planetário para fluxos biogeoquímicos de N, atualmente fixado em 62 teragramas por ano (Tg/ano) contra 190 Tg/ano utilizados (Richardson et al., 2023).

Diante disso, estratégias de recuperação de nitrogênio a partir de efluentes domésticos e resíduos orgânicos surgem como alternativas sustentáveis para reduzir impactos ambientais. Este estudo tem como objetivo quantificar os fluxos domiciliares de nitrogênio no nordeste do Brasil por meio da Análise de Fluxo de Materiais (AFM), utilizando modelagem no *software* STAN (*Substance Flow Analysis*) (Technische Universität Wien, 2022), para avaliar o potencial de reciclagem do nutriente e seus benefícios ambientais e energéticos.

METODOLOGIA

A quantificação dos fluxos domiciliares de nitrogênio (N) foi realizada por meio da Análise de Fluxo de Materiais (AFM), utilizando o *software* STAN, com base no princípio da conservação de massa. O modelo considerou uma unidade domiciliar unifamiliar como sistema de estudo, analisando as entradas, estoques e saídas de N associadas ao consumo humano, geração de efluentes e resíduos sólidos.

Para quantificar as entradas de N, foram utilizados dados do consumo de alimentos obtidos da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF/IBGE, 2018) e dos balanços alimentares da FAO (2018), incluindo também o consumo de alimentos fora do domicílio. O teor proteico dos alimentos foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA, 2013), e a conversão de proteína em N foi feita aplicando o fator de Kjeldahl, no qual o N corresponde a 16% da massa das proteínas (KRUL, 2019).

Quanto às saídas, as concentrações de N na lavagem de louças e roupas foram baseadas em estudos de Eriksson et al. (2002) e Christova-Boal et al. (1996). Para calcular a massa anual de N nesses efluentes, utilizou-se o consumo médio de água (Azevedo, 2021). A

geração per capita de Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO) foi estimada com base na produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) da região Nordeste (ABREMA, 2023), considerando que 45,3% do RSU é composto por RSO, conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2022). O teor de N nos RSO foi definido como 11,5 g/kg (Lima et al., 2010), permitindo calcular as perdas anuais de N via lixo orgânico.

Os fluxos foram balanceados no STAN para garantir consistência entre entradas e saídas, com reconciliação dos dados. Além disso, adotou-se que 90% do N fecal e 70% do N urinário provenientes de refeições externas são excretados no domicílio, e 90% de toda a urina excretada dentro da residência ocorre durante o banho.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

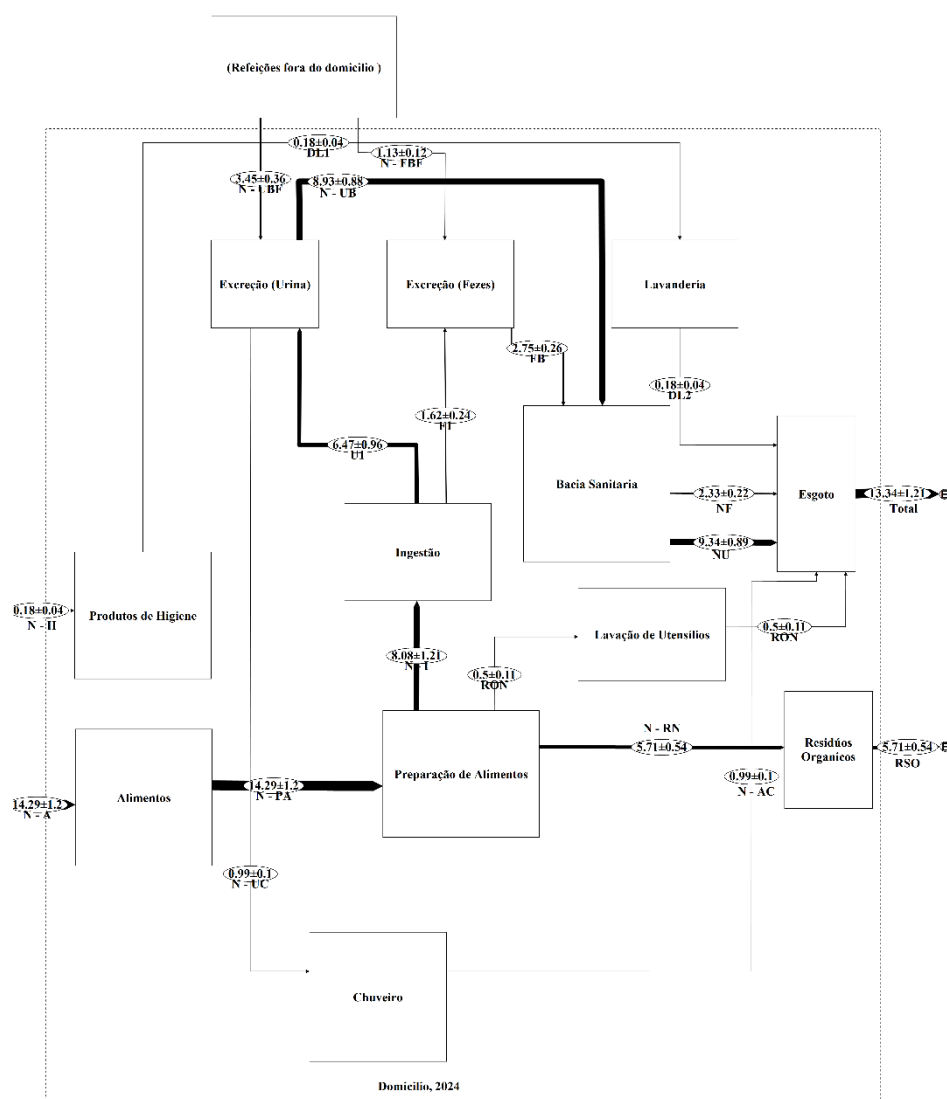


Figura 1: Modelo do fluxo de Nitrogênio em um domicílio com valores quantificados e reconciliados.

A análise quantitativa dos fluxos de nitrogênio em residências unifamiliares, modelada no STAN (Figura 1), exibe perdas significativas desse nutriente. Por indivíduo, estima-se uma excreção anual média de 4,2 kg de nitrogênio (sendo 3,4 kg na urina e 0,8 kg nas fezes), além de quase 2 kg gerados como RSO e 0,2 kg perdidos na lavanderia. Isso totaliza 6,4 kg de N/ano*hab, equivalente a 75% do limite nacional brasileiro (8,4 kg N/ano) e 80% do limite planetário per capita (7,6 kg N/ano) (O'Neill et al., 2018; Richardson et al., 2023). Em escala nacional, com população de 208,5 milhões em 2018, as perdas anuais alcançaram 1,3 Teragramas (Tg) de nitrogênio. Esse volume corresponde

a 30% do nitrogênio aplicado na agricultura via fertilizantes sintéticos, de 4,6 Tg de N. Essas perdas agravam problemas ambientais, pois apenas 46% do esgoto brasileiro é tratado, enquanto apenas 36% no Nordeste é tratado, e as concentrações de nitrogênio no esgoto bruto, de 35 a 60 mg/L (Von Sperling, 2005), excedem em até 120 vezes os padrões do Conama para águas doces, de 0,5 a 3,7 mg/L, intensificando a eutrofização de corpos hídricos.

A recuperação do nitrogênio como fertilizantes traria benefícios significativos. Evitaria o consumo de 20 TWh/ano associados à produção de fertilizantes sintéticos através do processo Haber-Bosch, volume suficiente para suprir todo o setor de saneamento brasileiro, de 12,9 TWh em 2018 (SNIS, 2019). Além do mais, reduziria a dependência externa do Brasil em relação aos fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, diminuiria o uso energético e as emissões de CO₂ equivalente associados ao transporte marítimo de fertilizantes.

Por fim, também alinharia o Brasil ao Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da ONU, como a ODS 2 (Fome e agricultura sustentável), 6 (Água potável e saneamento) e 14 (Vida na água) (ONU, 2024). Assim, a integração entre o saneamento básico e a agricultura surge como uma estratégia necessária para reduzir a dependência externa e promover segurança hídrica e alimentar.

CONCLUSÃO

O estudo aponta a necessidade de melhorar o gerenciamento do nitrogênio no Brasil, que diante das perdas torna-se evidente que o desperdício de N em residências brasileiras que atinge 6,4 kg/hab*ano, equivalente a 75% do limite planetário sustentável proposto de 8,4 kg/hab*ano, e totalizando 1,3 Tg de N/ano em perdas nacionais, equivalente a 30% do N usado na agricultura. Identificou-se que uma pessoa excrete por ano cerca de 4,2 kg de N, e produza outros 2 kg de N/ano através dos resíduos sólidos orgânicos. Além disso, tem potencial de redução do uso energético de até 20 KWh por ano, o suficiente para suprir toda a demanda energética do setor do saneamento e também a diminuição das emissões de CO₂ equivalente associadas à produção de fertilizantes nitrogenados. Assim, a recuperação e reutilização do nutriente alinharia o Brasil ao desenvolvimento sustentável. Portanto, a integração entre agricultura e saneamento é essencial para restaurar os ciclos naturais e promover um desenvolvimento sustentável, equilibrando consumo e produção.

REFERÊNCIAS

- ABREMA. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023. Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. São Paulo, 2023.
- AHMED, Moddassir et al. Excessive use of nitrogenous fertilizers: an unawareness causing serious threats to environment and human health. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0589-7>.
- AZEVEDO, Bruna. Demanda mínima de água para uma vida humana saudável: resultados preliminares para o Brasil. 2021. 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) — Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2021.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n. 053, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 18 Ago. 2025.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. 180 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares)*. Brasília, DF: MMA, 2022. 209 p. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/plano-nacional-de-residuos-solidos/>. Acesso em: 17 de Ago. de 2025.

CHRISTOVA-BOAL, Diana; EDEN, Robert E.; McFARLANE, Scott. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination*, Amsterdam, v. 106, p. 391-397, 1996. DOI: 10.1016/S0011-9164(96)00134-8.

ERIKSSON, E. et al. Characteristics of grey wastewater. *Urban water*, v. 4, n. 1, p. 85–104, 2002.

FAOSTAT. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>. Acesso em: 16 Ago. 2025.

FAOSTAT. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RFB>. Acesso em: 16 Ago. 2025.

GALLOWAY, J. N. et al. Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. *Science*, v. 320, n. 5878, p. 889–892, 16 maio 2008. DOI: 10.1126/science.1136674.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

KRUL, Elaine S. Calculation of Nitrogen-to-Protein Conversion Factors: A Review with a Focus on Soy Protein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, [S. l.], v. 96, n. 4, p. 1-26, 2019. DOI: [10.1002/aocs.12196](https://doi.org/10.1002/aocs.12196).

LIMA, R. L. S. et al. Atributos químicos de substrato de composto de lixo orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 2, p. 185–192, 2011.

NEPA - Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011.

O'NEILL, D. W. et al. A good life for all within planetary boundaries. *Nature sustainability*, v. 1, n. 2, p. 88–95, 2018.

ONU BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 18 Ago. 2025.

POF 2017-2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html?edicao=28708>. Acesso em: 17 Ago. 2025.

Richardson, K. et al. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, v. 9, n. 37, p. eadh2458.

ROCKSTRÖM, J. et al. Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, v. 14, n. 2, 2009.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN. STAN – Software for Substance Flow Analysis, versão 2.7.101. Programa de computador. Viena: Institute for Water Quality and Resource Management, 2022. Disponível em: <http://www.stan2web.net/>. Acesso em: 16 Ago. 2025.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. In: *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 3a ed. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, v.1, 452 p, 2005.