



**O SANEAMENTO E O CONSUMO DE ALIMENTOS NO CÁLCULO DA PEGADA  
ECOLÓGICA DE NITROGÊNIO: BUSCA POR DADOS E DESENVOLVIMENTO  
DE METODOLOGIA PARA O BRASIL**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/INPE/CNPq)**

Beatriz Rodrigues Navarro Bolsista (Unesp, PIBIC/CNPq)  
E-mail: [rbia97@yahoo.com.br](mailto:rbia97@yahoo.com.br)

Jean Pierre H. B. Ometto (INPE, Orientador)  
E-mail: [jean.ometto@inpe.br](mailto:jean.ometto@inpe.br)

Camille Lanzarotti Nolasco (INPE, Coorientadora)  
Email: [Camille.nolasco@inpe.br](mailto:Camille.nolasco@inpe.br)

Julho de 2019



**O SANEAMENTO E O CONSUMO DE ALIMENTOS NO CÁLCULO DA PEGADA  
ECOLÓGICA DE NITROGÊNIO: BUSCA POR DADOS E DESENVOLVIMENTO  
DE METODOLOGIA PARA O BRASIL**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/INPE/CNPq)**

Beatriz Rodrigues Navarro Bolsista (PIBIC/CNPq)

Jean Pierre H. B. Ometto (Orientador)

Camille Lanzarotti Nolasco (Coorientadora)

Julho de 2019



## Resumo

O Nitrogênio (N) é um nutriente essencial para todos os processos biológicos, mas processos antropogênicos de produção de energia e alimentos podem resultar em excesso de N reativo, que pode causar vários problemas ambientais. Este projeto de Iniciação Científica foi iniciado em agosto de 2018 com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento da adaptação de metodologia para a construção de uma versão brasileira do modelo que calcula a Pegada Ecológica de Nitrogênio (*N-Footprint*), desenvolvido por Leach et al. (2012). O modelo realiza os cálculos a partir de um Fator de Nitrogênio Virtual que utiliza variáveis relacionadas ao consumo geral de alimentos e energia pela população. O trabalho desenvolvido neste plano colabora com o desenvolvimento do projeto internacional INMS (*International Nitrogen Management System*) gerido pela UNEP (programa ambiental das Organizações das Nações Unidas) que tem como finalidade melhorar o controle global do nitrogênio unindo a comunidade científica e a sociedade civil.



## **Lista de tabelas**

Tabela 1: Estimativa média do volume total de esgoto tratado por dia entre os estados Brasileiros.

Tabela 2: Estimativa média do volume de efluentes domésticos por fonte/pessoa/dia.



## Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	<b>6</b>
<b>2.Desenvolvimento</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Fundamentação Teórica</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 Materiais e Métodos</b> .....	<b>8</b>
<b>3.Análises e Resultados</b> .....	<b>9</b>
<b>4.Conclusões</b> .....	<b>10</b>
<b>5.Referências Bibliográficas</b> .....	<b>11</b>



## 1. Introdução

Os seres humanos continuam causando transformações no ciclo global do nitrogênio, em um ritmo recorde, refletindo em um aumento da combustão de combustíveis fósseis, e uma crescente demanda por nitrogênio na agricultura e na indústria, além de uma eficiência generalizada em seu uso. Uma grande quantidade de nitrogênio antropogênico é perdido no ar, na água e na terra, causando uma série de problemas ambientais e de saúde humana. Simultaneamente, a produção de alimentos em algumas partes do mundo é deficiente em nitrogênio, destacando as desigualdades na distribuição de fertilizantes contendo nitrogênio. Otimizar a necessidade de um recurso humano fundamental, minimizando suas consequências negativas, o que requer uma abordagem interdisciplinar integrada e o desenvolvimento de estratégias para reduzir os resíduos contendo nitrogênio (Galloway et al., 2008).

Há uma grande quantidade de impactos negativos para o meio ambiente e para a saúde humana favorecidos através da poluição por nitrogênio, visto que a medida que o consumo geral de alimentos e energia aumenta, a poluição por nitrogênio também se expande. Logo a partir do principal objetivo do plano de trabalho, que consiste em realizar os cálculos necessários para uma pegada ecológica no nitrogênio fundamentado nas escolhas diárias gerais da população que contribuem para os efeitos da poluição do nitrogênio, foram coletados diversos dados relacionados ao consumo dos alimentos de origem vegetal e animal a fim de alcançar um Fator Virtual de Nitrogênio o qual se inclui na Pegada Ecológica do Nitrogênio.

O conceito de pegada ecológica foi desenvolvido ao longo da última década para servir como uma métrica dos impactos individuais ou coletivos das pessoas sobre o meio ambiente, em relação à capacidade do planeta para suportar essas pessoas. Há algumas calculadoras de pegada ecológica existentes, sendo a “The Ecological Footprint” uma das primeiras e mais conhecidas, a qual inclui componentes como energia, alimentos e fibras, madeira e papel e construções (Wackernagel et al., 2011).

Os dados para emissão e consumo de nitrogênio foram coletados para as cinco grandes regiões do país, a partir do levantamento bibliográfico a fim de tornar o cálculo da Pegada Ecológica representativo, sendo assim, foram definidos valores a partir da verificação entre as quantidade obtidas e perdidas em cada uma das fases da produção agrícola e consumo considerando abastecimento, resíduos gerados (sólidos e esgoto), energia e transporte dos alimentos. Além disso, foram coletadas informações para a etapa de Saneamento e para a etapa de consumo doméstico e produção de alimentos, incluindo produtos vegetais e animais. Os dados levantados foram tabulados armazenados em um banco de dados que alimentará o modelo da pegada ecológica de nitrogênio para o Brasil.



## 2. Desenvolvimento

### 2.2. Fundamentação Teórica

O uso humano de nitrogênio reativo (Nr, todas as espécies de nitrogênio, exceto N<sub>2</sub>) no meio ambiente tem impactos benéficos e prejudiciais para toda a população. Usos agrícolas, incluindo tanto a produção de alimentos quanto o consumo, são os maiores contribuintes de Nr para o meio ambiente. A queima de combustíveis fósseis é o segundo maior contribuinte. Os impactos benéficos do uso agrícola do Nr estão relacionados com a produção de alimentos a partir da adubação nitrogenada e fixação biológica de nitrogênio. Ambos os processos fornecem Nr para sustentar cerca de metade da população mundial. Os impactos negativos resultam devido a maior parte do Nr que é usado na produção de alimento, e toda a quantidade de Nr formada durante a combustão de combustíveis fósseis, são perdidas para o meio ambiente. (Erisman et al., 2008).

De todos os elementos químicos, o nitrogênio é aquele cuja abundância foi aumentada pela atividade humana. Globalmente, os seres humanos contribuem com o dobro da quantidade de nitrogênio para o meio ambiente de todos os processos naturais terrestres. Ao longo da última década, houve avanços significativos na compreensão científica da magnitude e das consequências da alteração do ciclo de nitrogênio. Com estes avanços, e uma melhor compreensão de como diminuir os impactos negativos do nitrogênio sem impactar a capacidade de produzir alimentos e usar a energia, compreende-se que é apropriado abordar o desafio da comunicação e ajudar os consumidores e decisores políticos a minimizar o seu papel na perturbação do ciclo do N e consequências ambientais daí resultantes. (Erisman et al., 2008).

Segundo Xue e Landis (2010), ao realizar uma análise, foram examinados os potenciais de N e Fósforo (P) nos padrões de consumo de alimentos. Eles mostraram que diferentes grupos de alimentos exibem uma alta variação da intensidade do nitrogênio. Em média, carne vermelha e produtos lácteos exigem muito mais nitrogênio do que cereais e carboidratos.

### 2.3. Materiais e Métodos

Inicialmente foi realizado um levantamento de dados com base em diversas bibliografias a fim de analisar os padrões do consumo dos brasileiros por meio de valores representativos para o consumo e a emissão de nitrogênio tanto para o saneamento quanto para consumo doméstico e produção, considerando os ganhos e perdas, os quais envolvem as etapas de abastecimento, resíduos gerados (sólidos e esgoto), energia e transporte dos alimentos.

A primeira etapa a ser realizada, foi a do Saneamento, para a qual foram coletados dados do volume de efluentes domésticos e de esgoto tratado, retirados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008, os quais foram utilizados para realizar o cálculo da concentração de N que entra, a partir da média de produção multiplicada pela concentração de N, e a concentração de N que é retirada dos corpos hídricos, sendo a quantidade de N que entra multiplicada pela média de esgoto não tratado no Brasil, ambas por tratamentos terciários. Para obter esses valores, foi realizada uma média de todas as fontes consideradas: casas populares ou rurais, residenciais e apartamentos, escolas (internato, semi-internato e externato), hospitais, hotéis, edifícios comerciais, restaurantes, cinemas, teatros, templos, auditórios, quartéis, fábricas (só despejos domésticos), e alojamentos provisórios.

Para a etapa do consumo doméstico e produção de alimentos os dados foram coletados da “Food and Agriculture Organization of the United Nations” (FAO) e da “Agência Embrapa de Informação Tecnológica” (AGEITEC). Os dados obtidos são de duas categorias: produtos vegetais, os quais incluem cereais, leguminosas, hortaliças, tuberosas, soja e frutas, e os produtos animais, que são carne bovina, carne suína, carne de cabrito, carne de carneiro, vísceras, aves, pescados, ovos e laticínios. Para determinar os principais produtos a serem quantificados no setor produtivo, selecionamos os cinco produtos mais consumidos em cada grande região do país, e para cada produto, é necessário o valor da concentração de N nas etapas de: aplicação, absorção e perdas, processamento industrial, e a quantidade desperdiçada na etapa da geração de resíduos. O levantamento de dados para estas etapas se encontra em andamento no projeto.

Todos os dados coletados serão utilizados no cálculo da Pegada Ecológica do Nitrogênio, entretanto, não foi possível obter valores para todos os alimentos selecionados e suas etapas, devido a falta da disposição de dados e informações, além do grande volume de literatura a ser investigado, fontes dispersas com unidades diferentes, dados desconexos e com complexa interpretação.



### 3. Análises e Resultados

Os resultados obtidos tanto para a etapa do saneamento quanto do consumo e produção alimentar foram dispostos em tabelas.

Na tabela 1 são indicados os valores de esgoto tratado e não tratado no Brasil, além da Contribuição per capta de N.

**Tabela 1: Estimativa média do volume total de esgoto tratado por dia entre os estados Brasileiros.**

Volume de esgoto tratado em m <sup>3</sup>	Volume de esgoto não tratado	Contribuição de N per capta l/hab/dia
313979,00	1,27	177,77

Fonte: elaborada pelo autor, 2019.

Na Tabela 2 é possível analisar as concentrações de N que entra e que é retirada.

**Tabela 2: Estimativa média do volume de efluentes domésticos por fonte/pessoa/dia.**

Contribuição (l/pessoa/dia)	Concentração de N que entra **	Concentração de N que sai *
127,077	293676,040	118,94

Fonte: elaborada pelo autor, 2019.

\*Concentração de N e P que sai = quantidade de N e P que entra X a % média de esgoto não tratado no Brasil.

\*\*Concentração de N e P que entra = média de produção de esgoto por X concentração.



#### 4. Conclusões

Realizando uma análise comparativa, de acordo com Leach et al, 2012, o consumo per capita de N nos EUA é maior do que na Holanda, assim como de acordo com os dados coletados, o consumo de N no Brasil se aproxima dos EUA. Isso ocorre devido ao principal contribuinte para o consumo de N alimentar, a carne, sendo muito consumida nos EUA e no Brasil. Já na Holanda, a maior parte de N consumido provém de laticínios, ovos e peixe. As escolhas alimentares é um fator importante para a redução da pegada de N, visto que colabora com a redução do consumo de N.

A pegada de N relacionada ao saneamento, também é menos na Holanda em comparação ao EUA. Isto ocorre devido ao tratamento avançado de esgoto ser utilizado na maior parte da Holanda, por outro lado, apenas cerca de 5% do esgoto nos EUA é tratado, sendo assim, a situação da pegada de N no Brasil se aproxima com a da Holanda, visto que a maior parte do esgoto no Brasil é tratado, e cerca de 0,000405 % do esgoto no Brasil não é tratado.

Segundo Leach et al, é importante notar que o tratamento avançado de esgoto não necessariamente desnitrifica a maior parte de nitrogênio reativo no mesmo. Existem outras formas avançadas de tratamento de esgoto, que trata os resíduos de maneira diferente, mas não reduz a pegada de N.



## 5. Referências Bibliográficas

AGEITEC, Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>.

Wackernagel, Mathis *et al.* **Global Footprint Network**, 2011.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RF>.

GALLOWAY, James N. *et al.* **Transformations of the Nitrogen Cycle**: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. 2008. 891p.

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares**: Aquisição Alimentar Domiciliar Per Capta, Brasil e Grandes Regiões. . 2009. 282 p.

XUE, xiaobo; LANDIS, Amy E.. **Environmental Science and Technology**: Eutrophication Potential of Food Consumption Patterns. 6456. ed, v. 44.