



**CONSUMO DE ENERGIA NOS SISTEMAS RESIDENCIAIS E DE TRANSPORTE  
PARA CÁLCULO DA PEGADA ECOLÓGICA DE NITROGÊNIO: ADAPTAÇÃO  
DE METODOLOGIA PARA O BRASIL**

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

Bruno Uemura da Silva Lourenço (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: brunouemurasilva@gmail.com

Jean Pierre Henry Balbaud Ometto (INPE/CCST, Orientador)  
E-mail: jean.ometto@inpe.br

Camille Lanzarotti Nolasco (CCST/INPE, Coorientador)  
E-mail: camille.nolasco@inpe.br

Julho de 2019



## RESUMO

O Nitrogênio (N) é um nutriente essencial para a vida na Terra, porém processos antropogênicos de produção de energia e alimentos podem resultar em excesso de N reativo que podem causar impactos negativos no ambiente, na saúde humana, e para a economia. Este trabalho tem como objetivo 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) e faz parte do projeto INMS (Sistema de Manejo Internacional do Nitrogênio, em português). O INMS envolve vários países, e tem como objetivo envolver a comunidade científica e os diversos setores da sociedade para sintetizarem juntos evidências que gerem o desenvolvimento de políticas internacionais visando melhorar a gestão global do nitrogênio (N). A partir da pesquisa realizada, foram feitos extensos levantamentos bibliográficos a fim de se obter dados para estimar a emissão do N reativo (Nr) relacionado ao consumo doméstico nos setores de transporte e energia por habitante (*per capita*), segundo às emissões nestes setores no Brasil. Foram consultados relatórios disponibilizados por diversos órgãos de pesquisa, a fim de se obter o conjunto de dados necessário. Contudo, vários dados utilizados no modelo desenvolvido por Leach et al. (2012) não se encontram disponíveis para o Brasil. Desta forma, mais levantamentos bibliográficos foram necessários para a obtenção de outros dados secundários que auxiliassem na estimativa, e adaptações na metodologia foram necessárias. Os dados foram então organizados em planilhas virtuais. Para o cálculo do fator médio de emissão de Nr no uso de energia doméstica pela população brasileira, seguiu-se a linha metodológica “*bottom-up*” do N-Footprint (Leach et al., 2012). Os resultados dos cálculos para números de moradores por domicílio, consumo médio por domicílio e fator de emissão foram cruzados obtendo-se um valor de aproximadamente 2,52 kg Nr/ano *per capita*. Posteriormente, calculou-se o mesmo fator em relação ao transporte individual da população, segregado por dois tipos de veículos utilizados (motocicletas e carros). Obteve-se os valores aproximados de 0,32 kg Nr/ano da população brasileira para usuários de automóvel e 0,81 kg Nr/ano para usuários de motocicleta. Foi calculado também, o fator de emissão em relação a população usuária de transporte coletivo, obtendo-se o valor de 0,072 kg Nr/ano. Estão em andamento as coletas de informações necessárias para a complementação do cálculo da pegada ecológica no setor de transporte, relativas a usuários de transporte aéreo, e hidroviário.

**Palavras-chave:** Nitrogênio reativo, Fator de Emissão, N Footprint



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fatores de emissões na geração termoelétrica .....	11
Figura 02 – Geração anual de energia das diferentes fontes termoelétricas .....	12
Figura 03 – Fatores de emissões para veículos individuais .....	15



## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Fatores de emissões dos EUA .....	10
Tabela 02 – Fatores de emissões da Holanda.....	12
Tabela 03 – Emissões do setor “Housing” no Brasil.....	14
Tabela 04 – Fatores de emissões para transporte público .....	17
Tabela 05 – “N- Footprint” do Brasil .....	18
Tabela 06 – Comparativo “N-Footprint” .....	19



## LISTA DE ABREVIATURAS

INMS - International Nitrogen Management System

N - Nitrogênio

Nr- Nitrogênio reativo

MMA – Ministério do Meio Ambiente

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SICINPE - Seminário de Iniciação Científica e Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

“N-Footprint” - Pegada Ecológica de Nitrogênio



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>8</b>
2.1 Objetivo geral .....	8
2.2 Objetivos específicos.....	8
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>8</b>
<u>3.1. Metodologia “Bottom-up”.....</u>	<u>9</u>
<u>3.2 Dados de emissão dos EUA e Holanda.....</u>	<u>9</u>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
<u>4.1 Emissões do Brasil no setor “Housing”.....</u>	<u>12</u>
<u>4.2 Emissões do Brasil no setor “Transportation.....</u>	<u>16</u>
<b>5. RESULTADOS E CONCLUSÕES.....</b>	<b>17</b>
<b><u>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u></b>	<b><u>21</u></b>



## 1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem por objetivo apresentar o projeto de iniciação científica intitulado “Consumo de energia nos sistemas residenciais e de transporte para cálculo da pegada ecológica de nitrogênio: adaptação de metodologia para o Brasil”, realizado pelo bolsista Bruno Uemura da Silva Lourenço, no período de agosto de 2018 a julho de 2019.

Durante os meses de trabalho foram feitos levantamentos bibliográficos afim de se obter dados de emissão do nitrogênio reativo nos setores de transporte e energia. Tais dados foram obtidos consultando publicações abertas ao público, disponibilizadas pelas seguintes entidades, EPE (Empresa de Pesquisa Energética), ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres), ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos), MMA (Ministério do Meio Ambiente), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) e CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo).

A partir dos levantamentos bibliográficos foram obtidos dados relativos as emissões de nitrogênio reativo (Nr) nos setores de transportes e energia, se criando um banco de dados e apresentando tais dados em planilhas virtuais. A partir destes dados e de metodologias baseadas no modelo desenvolvido por Leach et al. (2012), se estimou fatores de emissões médios em categorias dos setores de energia e transporte, e posteriormente com estes dados se calculou o N-Footprint anual de cada brasileiro relativo a estes setores.

Tal estudo será apresentado no Seminário de Iniciação Científica e Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do INPE (SICINPE 2019) no formato de pôster, com o intuito de divulgar a comunidade tais dados.



## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo principal desta pesquisa foi estimar o N-Footprint da população brasileira, conforme metodologia desenvolvida por Leach et al. (2012), nas atividades relacionadas aos setores de transporte e energia.

### **2.1 Objetivos específicos**

Para se estimar o N-Footprint citado, os seguintes objetivos específicos foram necessários:

1. Estimar o fator de emissão da energia elétrica consumida no Brasil
2. Calcular o consumo médio de energia elétrica por habitante do país
3. Estimar o fator de emissão dos veículos de transporte individuais e coletivos mais utilizados no país
4. Calcular o uso médio de tais meios de transporte por habitante do país.

## **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Usou-se como referência teórica para elaboração do estudo o seguinte artigo como base “A nitrogen footprint model to help consumers understand their role in nitrogen losses to the environment”, elaborado por Leach et al. (2012). Neste artigo, as metodologias utilizadas para cálculo de “N- Footprint” são apresentadas, e posteriormente se apresentam os dados do “N- Footprint” calculados pelas metodologias citadas de dois países: EUA e Holanda.





### **3.1. Metodologia “Bottom-up”**

Grande parte do N-Footprint do Brasil é oriundo do consumo de energia pela população das diversas formas possíveis. A maioria da matriz energética nacional é baseada no consumo de combustíveis fósseis, que resulta em emissões de Nitrogênio reativo (Nr) nos processos de queima destes combustíveis. Esta queima de combustíveis fósseis está relacionada aos setores energéticos de consumo doméstico e uso de transportes (individual e coletivo).

O cálculo do N-Footprint, conforme metodologia “bottom-up”, é a combinação de dados relacionados as atividades emissoras, como (Quilômetros, km, dirigidos em um carro) e fatores de emissão, como (g de Nitrogênio reativo, Nr, por km percorrido). Este método permite estimar o “N- Footprint” de atividades as quais se tem dados precisos sobre seus fatores de emissão, como: consumo de eletricidade, locomoção por veículo particular e locomoção por transporte público, conforme Leach et al. (2012).

Multiplicando os dados referentes as atividades emissoras e os fatores de emissão se pode obter o total de emissão oriunda da atividade analisada. As informações requeridas para se calcular os fatores de emissão pela metodologia “bottom-up” são obtidas por diversas fontes diferentes, usando diferentes metodologias e definições para coletar essas informações.

### **3.2 Dados de emissão dos EUA e Holanda**

De acordo com Leach et al. (2012) e utilizando a metodologia “bottom- up” se teve um valor de N footprint correspondente a (12kg Nr/ ano) referente as emissões do setor energético de cada residente nos EUA e de (2kg Nr/ano) relativo as mesmas emissões de cada residente da Holanda. Esta diferença se deve aos diferentes hábitos de consumo e eficiência no uso dos recursos energéticos dos dois países.

As emissões relativas aos EUA e a Holanda se encontram nas tabelas 1 e 2, localizadas abaixo, respectivamente.



**Tabela 1-** Fatores de emissões dos EUA

Sector				
Housing	Consumption	Ref.	Emission factor	Ref.
Electricity	900 kWh/month/household	U.S Environmental Protection Agency (2010)	0,000297 kg N/kWh	U.S Energy Information Administration (2010)
Natural Gas	184 m3/month/household	U.S Environmental Protection Agency (2010)	0,000475 kg N/m3	U.S Departament of Energy (2010)
Number of people per household	2,6	U.S Census Bureau (2010)		
Transportation	Consumption	Ref.	Emission factor	Ref.
Plane	3,8 h/person/yr	Research and Innovative Technology Administration (2010), Boeing Commercial Airplanes (2011), Allen and Dickerson (2010)	0,128 kg N/h	Research and Innovative Technology Administration (2010), Boeing Commercial Airplanes (2011), Allen and Dickerson (2010)
Public transit	5,3 km/person/week	U.S Department of Transportation (2010)	0,000150 kg N/passenger-km	Dickerson (2010), Puchalsky (2005)
Personal car: Average/sedan	400km/person/week	U.S Department of Transportation (2010)	0,000189 kg N/km	U.S Department of Transportation (2010)

Fonte: Adaptado de Leach et al. (2012)



**Tabela 2-** Fatores de emissões da Holanda

Sector				
Housing	Consumption	Ref.	Emission factor	Ref.
Electricity	674 kWh/month/household	Statline: Central Bureau of Statistics, Netherlands (2009)	0,000102 kg N/kWh	Compendium of the Environment (2009), Pollutant Release and Transfer Register (2009)
Natural Gas	133 m3/month/household	National Energy Board (2009)	0,000495 kg N/m3	Compendium of the Environment (2009), Pollutant Release and Transfer Register (2009), National Energy Board (2009)
Number of people per household	2,2	Statline: Central Bureau of Statistics, Netherlands (2009)		
Transportation	Consumption	Ref.	Emission factor	Ref.
Plane	0,31 h/person/yr	Statline: Central Bureau of Statistics, Netherlands (2009)	0,128 kg N/h	Research and Innovative Technology Administration (2010), Boeing Commercial Airplanes (2011), Allen and Dickerson (2010)
Public transit	26,1 km/person/week	Statline: Central Bureau of Statistics, Netherlands (2009)	0,0000426 kg N/passenger-km	Statline: Central Bureau of Statistics, Netherlands (2009)
Personal car: Average/sedan	171 km/person/week	Statline: Central Bureau of Statistics, Netherlands (2009)	0,000101 kg N/km	Statline: Central Bureau of Statistics, Netherlands (2009)

Fonte: Adaptado de Leach et al. (2012)

As emissões referentes ao consumo de energia doméstica são denominadas “Housing” e as ao transporte de cada habitante do país são denominadas “Transportation”, a maior diferença de emissões do Nr entre os dois países foi encontrada no setor de transporte.

O habitante americano dirige em média “400km/week” (400km/semana), ao passo que o habitante da Holanda dirige em media “170km/week” (170km/semana). A distância percorrida média dentro do transporte público pelo cidadão holandês é bem maior que a percorrida pelo cidadão americano, contudo o fator de emissão do transporte holandês é bem menor que o do utilizado nos EUA; conforme Leach et al. (2012).

Segundo Leach et al. (2012), com exceção da categoria “Public transit”, referente as emissões do transporte público, o consumo energético dos EUA é superior ao da Holanda, o que revela que os EUA é amplamente mais ineficiente que a Holanda nos processos de



queima de combustíveis fósseis., tal fato leva aos EUA ter um “N- Footprint” maior.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Emissões do Brasil no setor “Housing”

Para se calcular o fator de emissão foi utilizada a metodologia “bottom-up”, conforme Leach et al. (2012), que é a combinação de dados do consumo energético doméstico médio por consumidor doméstico e o fator de emissão (o montante de Nr emitido por kWh consumido). Esta combinação é realizada multiplicando-se o consumo doméstico de cada consumidor doméstico, em kWh, pelo fator de emissão médio da matriz energética brasileira, expresso em kg Nr eq/kWh.

O fator de emissão do Nr emitido por kWh consumido foi calculado levando-se em consideração os fatores de emissão das tecnologias produtoras de energia termoelétrica, conforme dados de SALOMON *apud* BLUESTEIN J., 2001. Para se calcular este fator de emissão, se realizou o cálculo das médias de emissão de Nr, convertendo-se os fatores para a unidade g/kWh das diferentes tecnologias de geração termoelétrica, levando-se em conta as seguintes fontes geradoras de energia termoelétrica: Gás natural (Natural Gas), Óleo Diesel (Oil) e Carvão Mineral (Mineral Coal). Os fatores de emissão usados no cálculo se apresentam destacados na tabela abaixo:



**Figura 1-** Fatores de emissões na geração termoelétrica

Tecnologia	Combustível	Método de controle <sup>a</sup>	NO <sub>x</sub>		SO <sub>x</sub>		CO <sub>2</sub>		MP	
			g/GJ	g/MWh	g/GJ	g/MWh	g/GJ	g/MWh	g/GJ	g/MWh
Ciclo combinado (sem queima suplementa)	Gás natural	Sem <sup>d</sup>	86,08	534.29	0,29	180.00	56.705,58	351965.67	2,92	18.12
		SCR	12,91	80.13	0,29	180.00	56.705,58	351965.67	2,92	18.12
		DLN <sup>e</sup>	0,49-1,23	3.04 – 7.63	0,29	180.00	56.705,58	351965.67	2,92	18.12
Motor de combustão interna	Óleo Diesel <sup>c</sup>	sem	1.043,70	9887.68	173,92	1647.66	68.558,72	649503.66	37,34	353.75
		SCR	156,56	1483.20	173,92	1647.66	68.558,72	649503.66	37,34	353.75
		FGD	1.043,70	9887.68	17,39	164.75	68.558,72	649503.66	37,34	353.75
		ESP	1.043,70	9887.68	173,92	1647.66	68.558,72	649503.66	0,30	2.84
		SCR/ESP	156,56	1483.20	173,92	1647.66	68.558,72	68.558,72	0,30	2.84
Turbina a gás	Gás Natural	Sem <sup>d</sup>	53,43	860.80	0,32	3.20	58.101,55	581015.50	3,17	31.70
		SCR	8,01	129.10	0,32	3.20	58.101,55	581015.50	3,17	31.70
		DLN	0,49-1,23	4.90 – 12.30	0,32	3.20	58.101,55	581015.50	3,17	31.70
Turbina a vapor	Carvão mineral <sup>b</sup>	sem	528,74	4642.60	913,28	8019.04	2.113.573,66	18558207.75	55,28	485.39
		LNB	264,37	2321.30	913,28	8019.04	2.113.573,66	18558207.75	55,28	485.39
		ESP	528,74	4642.60	913,28	8019.04	2.113.573,66	18558207.75	0,44	3.86
		FGD	528,74	4642.60	91,33	801.92	2.113.573,66	18558207.75	55,28	485.39
		LNB/ESP/FGD	264,37	2321.30	91,33	801.92	2.113.573,66	18558207.75	0,44	3.86

Fonte: Elaborado pelo autor

Posteriormente, realizou-se o cálculo do fator de emissão médio do consumo de energia, levando-se em conta a média ponderada dos fatores de emissão das diferentes tecnologias, calculados anteriormente, usando-se como peso a geração de energia total anual de cada fonte geradora, conforme dados de MIRANDA (2012); que seguem na tabela abaixo.



**Figura 2-** Geração anual de energia das diferentes fontes termoeletricas

Tecnologia de geração	Fator de emissão (gCO <sub>2</sub> eq/kWh)	Geração de eletricidade (GWh/ano)	Emissão anual (tCO <sub>2</sub> eq/ano)	Participação nas emissões (%)
Hidroeletricidade	86	422.785	36.448.295	61
Eólica	16	1.445	23.337	0,04
Nuclear	14	14.523	214.650	0,4
Termo - CM	1.144	6.124	7.008.061	12
Termo - GN	518	25.284	13.129.981	22
Termo - OC	781	2.088	1.631.020	3
Termo - OD	829	1.127	934.238	2
<b>TOTAL</b>	-	<b>473.376</b>	<b>59.341.776</b>	<b>100<sup>b</sup></b>

Observação: o fator de emissão de cada tecnologia foi arredondado. <sup>a</sup> Geração de eletricidade da matriz de energia elétrica do SIN no ano de 2010 segundo ONS (2011a). <sup>b</sup> A soma pode não ser exatamente 100% por questões de arredondamento.

Fonte: Elaborado pelo autor

As tecnologias de geração da tabela 2 foram associadas as respectivas fontes geradoras de energia termoeletrica: Termo CM (*Mineral Coal*), Termo GN (*Natural Gas*), Média Aritmética entre os valores das tecnologias Termo OC e Termo OD (*Oil*). O método citado para se obter o fator médio de emissão de Nr da matriz energética brasileira pode ser ilustrado pela seguinte fórmula:

F - Fator de emissão de Nr de cada fonte

E- Geração total anual de cada fonte

S- Total gerado pelas fontes de energia termoeletrica

R- Fator médio de emissão de Nr da matriz energética brasileira

$$R = \sum \left( \left( \frac{E}{S} \right) * F \right)$$

A partir da equação descrita se obteve o seguinte valor de fator de emissão de Nr da matriz energética brasileira 0,0029 (kgNr /kWh).

Posteriormente foi analisado o consumo energético médio por consumidor doméstico de cada estado do país, e para tal análise foram relacionados os dados da população urbana



com os de consumo energético classificado na categoria residencial de consumo; classificação esta designada pela instituição fornecedora dos dados.

Os dados de consumo energético residencial foram obtidos por dados governamentais, fornecidos pela EPE (Empresa de Pesquisas Energéticas) referentes a 2016 (EPE, 2017) sendo utilizados os dados de consumo da categoria residencial e o de unidades consumidoras da mesma categoria, de cada estado do país. Tais dados foram relacionados com o dado da população urbana de cada estado, fornecido por um órgão governamental, IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e estatística), e obtidos no último censo nacional de 2010 (IBGE,2011).

Para se calcular o consumo energético médio por consumidor doméstico, primeiramente, se obteve o número médio de residentes por unidade consumidora, dividindo o montante da população urbana com o número de unidades consumidoras. Este cálculo foi feito a partir da seguinte equação:

N- Número médio de residentes por unidade consumidora.

P- População urbana total

C- Número de unidades consumidoras

$$N = P/C$$

Posteriormente, se calculou o consumo médio por consumidor doméstico, dividindo o consumo total pelo número médio de residentes por unidade consumidora. Este dado foi obtido a partir da seguinte fórmula:

K - Consumo médio por consumidor doméstico (Kwh)

E – Consumo total (Kwh)

N – Número médio de residentes por unidade consumidora

$$K = E/N$$

A tabela abaixo apresenta o consumo médio citado anteriormente, e o fator de emissão da matriz energética brasileira, segregado pelas diferentes regiões territoriais do país Norte (“North”), Nordeste (“Northeast”), Centro Oeste (“Central West”), Sudeste (“Southeast”) e Sul (“South”), conforme (IBGE, 2011).



**Tabela 3-** Emissões do setor “Housing” no Brasil

Region	Consumption (GWh)	Urban Population	Housing Consumers	People per Housing Consumers	Average usage (kWh)	Emission Factor (KgNr/kWh)
North	9476	11667805	4312124	2,81	939	0,0029
Northeast	26910	32630042	15298481	2,14	684	0,0029
Central – West	10976	12483289	5223101	2,46	914	0,0029
Southeast	64796	74693545	31513565	2,36	824	0,0029
South	20714	23258401	9746164	2,38	910	0,0029

Fonte: Elaborada pelo autor

#### 4.2 Emissões do Brasil no setor “Transportation”

Os cálculos dos fatores de emissão do setor “Transportation” da população brasileira, em relação ao transporte individual foram segregados em dois tipos de veículos utilizados (motocicletas e carros). Foram utilizados dados de quantidade de veículos por habitante, distância média percorrida por pessoa anualmente e fator de emissão do veículo segundo seu motor.

Tais dados foram obtidos consultando publicações dos seguintes órgãos: MMA (Ministério do Meio Ambiente), IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

Estes fatores de emissões se encontram disponíveis na figura abaixo





**Figura 3-** Fatores de emissões para veículos individuais

Type	Emission Factor (g/km)	Ref	Consumption per people (km/year)	Ref
Personal Car (Gasoline)	0,59	MMA (2013)		
Personal Car (Ethanol)	0,58	MMA (2013)		
Personal Car (Flex)	0,054	MMA (2013)		
<b>Personal Car (Average)</b>	<b>0,28</b>	<b>MMA (2013)</b>	<b>6996</b>	<b>IPEA (2013); MMA (2013)</b>
Motocycles (Gasoline)	0,13	MMA (2013)		
Motocycles (Ethanol)	0,06	MMA (2013)		
<b>Motocycles (Average)</b>	<b>0,12</b>	<b>MMA (2013)</b>	<b>7863</b>	<b>IPEA (2013); MMA (2013)</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

O campo “Emission Factor” corresponde ao fator de emissão do tipo de veículo utilizado, dado em g/km e o campo “Consumption per people” indica o uso do veículo anualmente per capita, dado em Km/ano. Os veículos individuais foram segregados por tipo de combustível utilizado no motor, devido a diferentes combustíveis gerarem emissões distintas. Se separou os veículos nas seguintes categorias “Type” para automóveis (Gasolina, Etanol e Flex) e para motocicletas (Gasolina e Etanol), obtendo-se posteriormente a emissão média para automóveis e motocicletas de acordo com os dados de cada categoria.

Se levantou os mesmos dados de emissões utilizados no transporte individual relativos ao transporte coletivo, utilizando dados dos seguintes órgãos ANTT (Agência Nacional dos Transportes Terrestres) e ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos). A partir de tais dados e usando metodologia semelhante de elaboração de tabelas, os dados relativos ao transporte coletivo se encontram na figura abaixo.

**Tabela 4-** Fatores de emissões para transporte público

Sector	Emission Factor (g/km)	Ref	Average (km/year)	Ref
Public transport	6,39	CETESB (2014)	11,23	ANTP (2016)



Fonte: Elaborado pelo autor

## 5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A partir da compilação dos dados relativos ao setor de “Housing” e “Transportation” elaborados conforme metodologias citadas anteriormente, se obteve a seguinte tabela relativa ao “N- Footprint” da população brasileira.

**Tabela 5-** “N- Footprint” do Brasil

Sector		Emission factor	N Footprint (Kg Nr/year)
<b>Housing</b>	<b>Consumption</b>		
Electricity	854 kWh/month/household	0,00295 kg N/kWh	2,52
Number of people per household	2,4		
<b>Transportation</b>	<b>Consumption</b>	<b>Emission factor</b>	<b>N Footprint (Kg Nr/year)</b>
Public transit	0,22 km/person/week	0,00639 kg N/passenger-km	0,072
Personal car: Average/sedan	203 km/person/week	0,00003 kg N/km	1,99
Motocycle	211 km/person/week	0,00007 kg N/km	0,91

Somando os valores da tabela se têm um “N Footprint” equivalente a **2,52 Kg Nr/ano** relacionado ao consumo doméstico de energia pelo brasileiro, e um valor de **2,97 Kg Nr/ano** relativo ao uso da população brasileira dos meios de transportes.

Comparando os valores de emissão do Brasil com os descritos previamente da Holanda e EUA, infere-se que nas emissões relativas ao setor de transporte “Transportation” o Brasil possui valores menores que os dos EUA e parecidos com os da Holanda. O habitante



americano dirige em média “400km/week” (400km/semana), ao passo que o habitante da Holanda dirige em média “170km/week” (170km/semana) e o habitante brasileiro dirige em média “203km/week” (203km/semana).

No Brasil se observa um comportamento diferente de Holanda e os EUA em relação a locomoção do cidadão, o uso de “motorcycle”, motocicletas, possuindo um deslocamento médio superior ao por automóvel pelo cidadão brasileiro, 211 km/semana comparado aos 203 km/semana por automóvel.

A distância percorrida média dentro do transporte público pelo cidadão holandês é bem maior que a percorrida pelo cidadão americano e brasileiro, contudo o fator de emissão do transporte holandês é bem menor que o do utilizado nos EUA e Brasil.

Comparando os dados relativos ao consumo doméstico de energia “Housing” se têm valores semelhantes de consumo anual da população brasileira (854 kWh) ao da população americana (900 kWh), além de quantias muito parecidas nos fatores de emissão de energia elétrica 0,00295 kg N/kWh no Brasil e 0,000297 kg N/kWh nos EUA. Os dados relativos a este consumo de energia no Brasil e nos EUA se assemelham, e diferem da Holanda, país no qual um habitante consome em média 674 kWh anualmente e a geração de energia apresenta um fator de emissão 0,000102 kg N/kWh.

Tais dados nos levam a constatação de que a Holanda apresenta um menor valor de “N-Footprint” no setor energético, comparado ao Brasil e os EUA. Tais valores são evidenciados na tabela comparativa abaixo e expressos em (kg Nr/capita/ano)

**Tabela 6-** Comparativo “N-Footprint”

Sector	EUA	Holanda	Brasil
<b>Housing</b>	<b>3</b>	<b>0,8</b>	<b>2,52</b>
Eletricity	1,2	0,4	2,52
Natural Gas	0,4	0,4	0
Other	1,4	0,1	0
<b>Transport</b>	<b>5,5</b>	<b>1,1</b>	<b>3</b>
Public Transit	0	0,1	0,1
Personal Car	3,9	0,9	1,99
Other	1,6	0,1	0,91



Fonte: Elaborada pelo autor



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LEACH at al. A nitrogen footprint model to help consumers understand their role in nitrogen losses to the environment. *Environmental Development* 1 (2012) 40-86. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2011.12.005>> Acesso em: 08 fev. 2019

INMS. **About Us.** Disponível em: <[http://www.inms.international/about\\_INMS](http://www.inms.international/about_INMS)>. Acesso em: 08 fev. 2019.

ANTT. **Institucional.** Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/institucional/index.html>>. Acesso em: 08 fev. 2019.

MIRANDA, M. M. Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica no Brasil : implicações da aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, , n. Dissertação de Mestrado, p. 164, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22012013-112737/pt-br.php>>. Acesso em: 08 fev. 2019.

IBGE. Tabela 1 - População residente, total e respectiva distribuição percentual, por situação do domicílio e sexo, e razão de sexo, segundo os municípios e as classes de tamanho da população dos municípios. 2011.: Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores\\_sociais\\_municipais/indicadores\\_sociais\\_municipais\\_tab\\_pdf.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/indicadores_sociais_municipais_tab_pdf.shtm)>. Acesso em: 08 fev. 2019.

EPE. Balanço Energético Nacional Brazilian Energy Balance.2017. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-46/topico-82/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-46/topico-82/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)> Acesso em: 08 fev. 2019.

RIBEIRO, SALOMON. Avaliação quantitativa do impacto ambiental das emissões gasosas e do uso da água de resfriamento em instalações de geração termelétrica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá, 2003. Disponível em: <<https://saturno.unifei.edu.br/bim/0031138.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2019.

ANTP. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP. 110. Disponível em: <http://files.antp.org.br/simob/simob-2016-v6.pdf>. Acesso em: 06 jun 2019



Brasil, MMA. Inventário de Emissões por Veículos Rodoviários 2013. Disponível em [http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario\\_de\\_Emissoes\\_por\\_Veiculos\\_Rodoviaros\\_2013.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviaros_2013.pdf). Acesso em 06 jun 2019