

# LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS ESTATÍSTICOS EM MODELAGEM DE SEQÜESTRO DE CARBONO

**Aluno: Bianca de Souza Hacon**

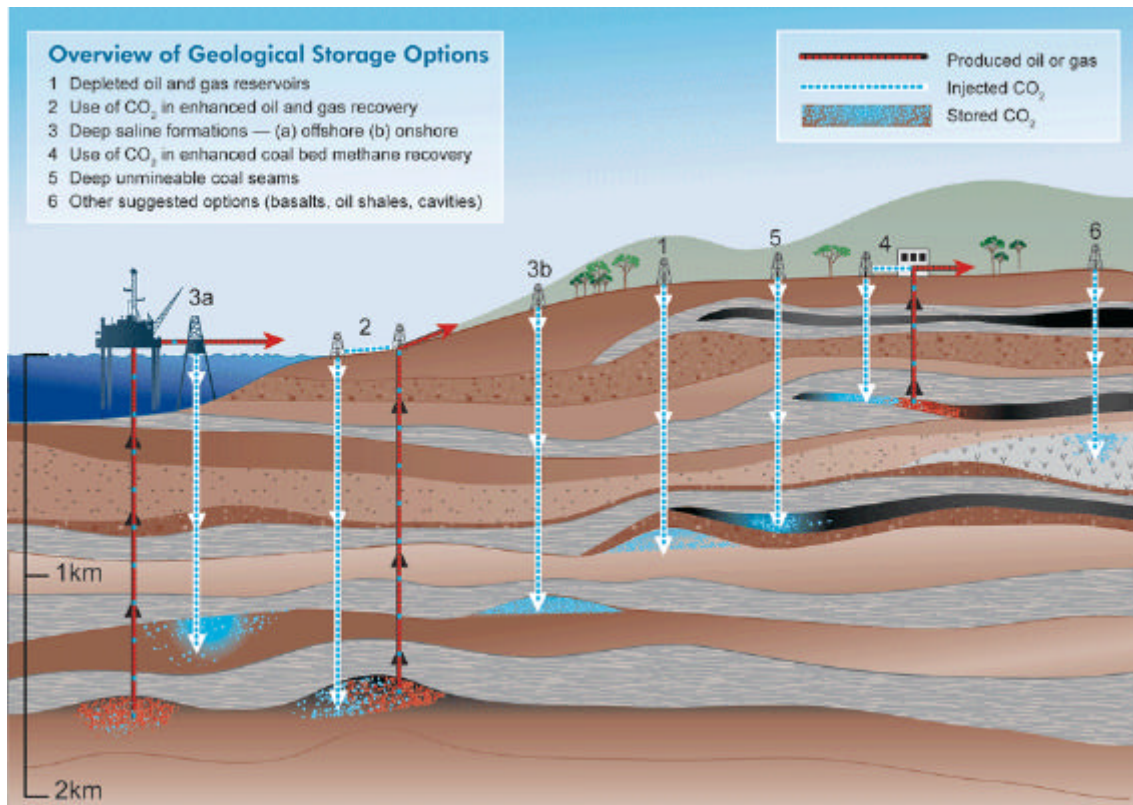
**Orientador: Geovan Tavares**

## **Introdução**

Dentre os gases produzidos por atividades antrópicas, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é o principal contribuinte para o efeito estufa, colaborando com mais de 50% do total dos gases do efeito estufa [1]. Como resultado das emissões destes gases, capazes de reter calor, estima-se que a temperatura aumenta  $0,2^\circ\text{C}$  a cada década [2].

Diante do cenário de mudanças climáticas globais, nota-se um esforço de grande parte dos países em diminuir as emissões de  $\text{CO}_2$  e mitigar os efeitos da queima de combustíveis fósseis. Uma das alternativas estudadas atualmente consiste em capturar o dióxido de carbono proveniente da queima destes combustíveis, oriunda de atividades industriais ou da combustão de biomassa, e injetá-lo em camadas subterrâneas da Terra. Este método recebeu o nome de Sequestro Geológico de  $\text{CO}_2$  ou CCS (*CO<sub>2</sub> Capture and Storage*), no qual, em teoria, uma vez injetado, o dióxido de carbono fica isolado indefinidamente da atmosfera [3]. A primeira iniciativa em escala comercial na área de armazenamento de dióxido de carbono teve início em 1996, utilizando um aquífero salino abaixo do mar do Norte. [4]

Os quatro tipos de reservatórios geológicos existentes para armazenamento do  $\text{CO}_2$  capturado são reservatórios de petróleo e de gás esgotados (depletados); campos de petróleo e de gás ainda operacionais, nos quais o  $\text{CO}_2$  injetado no reservatório é utilizado para aprimorar a extração do petróleo ou do gás através da recuperação avançada de petróleo ou gás com injeção do  $\text{CO}_2$ ; aquíferos salinos profundos; e camadas de carvão não exploráveis, nas quais o  $\text{CO}_2$  se adsorve à superfície do carvão.



Fonte: IPCC, 2005.

Figura 1- Tipos de reservatórios geológicos de CO<sub>2</sub> existentes atualmente.

Alguns levantamentos devem ser feitos antes de dar início a um projeto de CCS, como, por exemplo, a quantidade de CO<sub>2</sub> que é emitido no local estudado, a capacidade de armazenamento dos reservatórios, a viabilidade financeira do processo de injeção, levando em conta despesas como transporte do gás da fonte emissora para a unidade de armazenamento, e por último, porém não menos importante, o impacto ambiental de tal atividade. Grande parte destes parâmetros será discutida ao longo do relatório, com especial ênfase à emissão de CO<sub>2</sub> no cenário brasileiro.

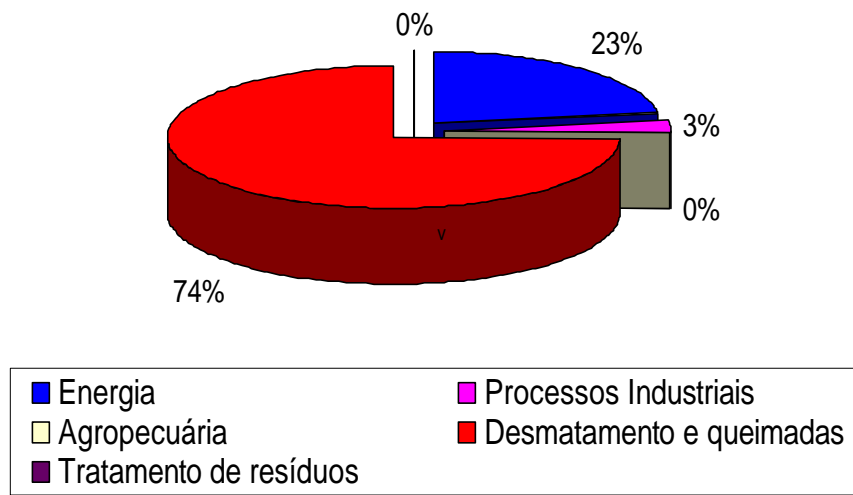
### Metodologia

Para avaliar as emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil ao longo dos últimos anos é preciso compreender primeiramente quais são suas principais fontes. De acordo com Kuntsi-Reunanen (2007), as tendências de intensidade das emissões de CO<sub>2</sub> são causadas pela produção de tecnologia, mudanças nas parcelas de combustíveis utilizados como fonte de energia, intensidade energética e mudanças na estrutura da produção econômica [5]. Para analisar as principais fontes de emissão de CO<sub>2</sub> no Brasil, foi realizada uma

pesquisa bibliográfica que teve como um dos temas centrais a evolução das matrizes energéticas no país e suas formas de uso.

Para avaliar o cenário energético, foi preciso analisar os tipos de combustíveis utilizados por cada setor econômico brasileiro, uma vez que diferentes combustíveis possuem diferentes poderes caloríficos e, por conseguinte, distintos fatores de emissão de CO<sub>2</sub>.

Outro tema central da pesquisa foi o desmatamento, uma vez que esta atividade é responsável por 74% das emissões de CO<sub>2</sub> brasileiras, como mostra a figura 2. Segundo Moutinho (2008), o desmatamento na Amazônia libera cerca de 200 milhões de toneladas anuais de carbono, o que corresponde a 3% das emissões globais, enquanto que o Brasil emite 60 milhões de toneladas de carbono/ano oriundas da queima de combustíveis fósseis [2].



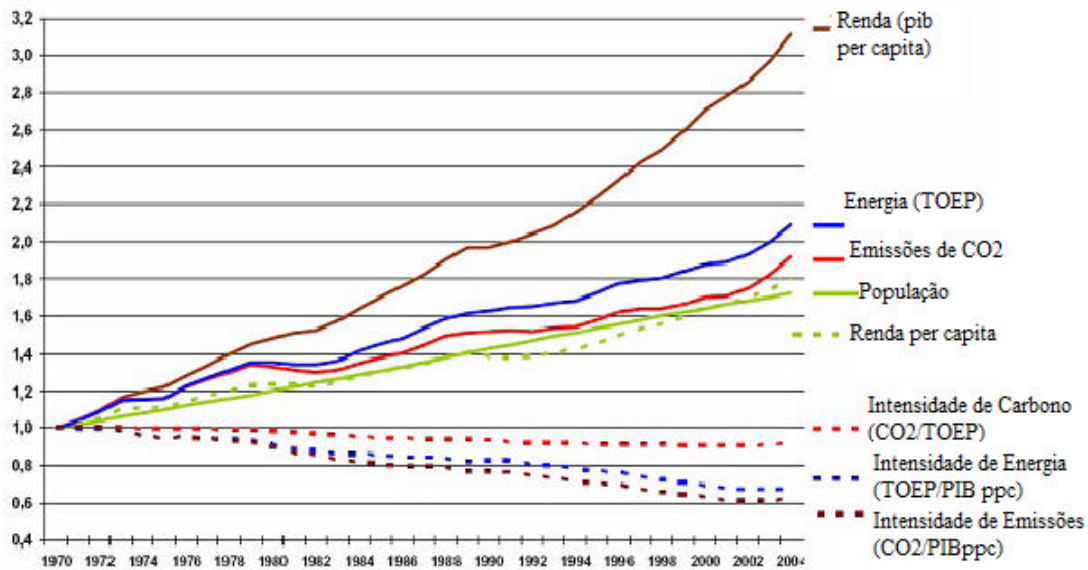
Fonte: Carlos Nobre, Apresentação na FIOCRUZ, 2008

Figura 2- Emissão Brasileira de CO<sub>2</sub> em 1994 por setor.

De acordo com a sugestão do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas [4], os principais fatores que contribuem para as emissões de CO<sub>2</sub> são a população, o produto interno bruto (PIB) e o consumo energético (Figura 3). Portanto, julgou-se necessário incluir estas variáveis no estudo e compará-las por estados brasileiros, uma vez que não foi possível obter dados sobre emissões de CO<sub>2</sub> de grande parte dos municípios.

Para avaliações quantitativas das emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil, buscou-se empregar a metodologia Top-Down [6]. Não foi possível, contudo, aplicar tal método devido à falta de dados necessários. Sendo assim, o estudo deteve-se a detalhar a

metodologia utilizada no cálculo de emissões e a forma como este é feito na maior parte de estudos deste tipo no mundo.



Fonte: IPCC, 2007

Figura 3- Curvas de Crescimento populacional, crescimento de Renda, Consumo Energético e emissões de CO<sub>2</sub> ao longo dos anos de 1970 a 2004 [4].

Por fim, foi realizada uma busca por pesquisas referentes à injeção de CO<sub>2</sub> no Brasil. Por meio do sítio de internet do projeto CARBMAP [7] foi possível avaliar a proximidade de bacias sedimentares relacionadas à capacidade de armazenamento de gás dos centros de maiores emissões de CO<sub>2</sub>.

## Resultados

Diante de uma análise envolvendo países industrialmente desenvolvidos como África do Sul, China, Japão, Estados Unidos da América e Reino Unido, o Brasil apresenta o menor índice de emissão ao longo de um período de 26 anos, como mostram dados da Energy Information Administration [8] apresentados na figura 4. Segundo Focacci (2005) [9], fatores que explicam os baixos índices de emissões são as mudanças estruturais que ocorreram, como a porção significativa do mercado energético obtida pela energia hidrelétrica e o decréscimo do uso de lenha e carvão como matriz energética.

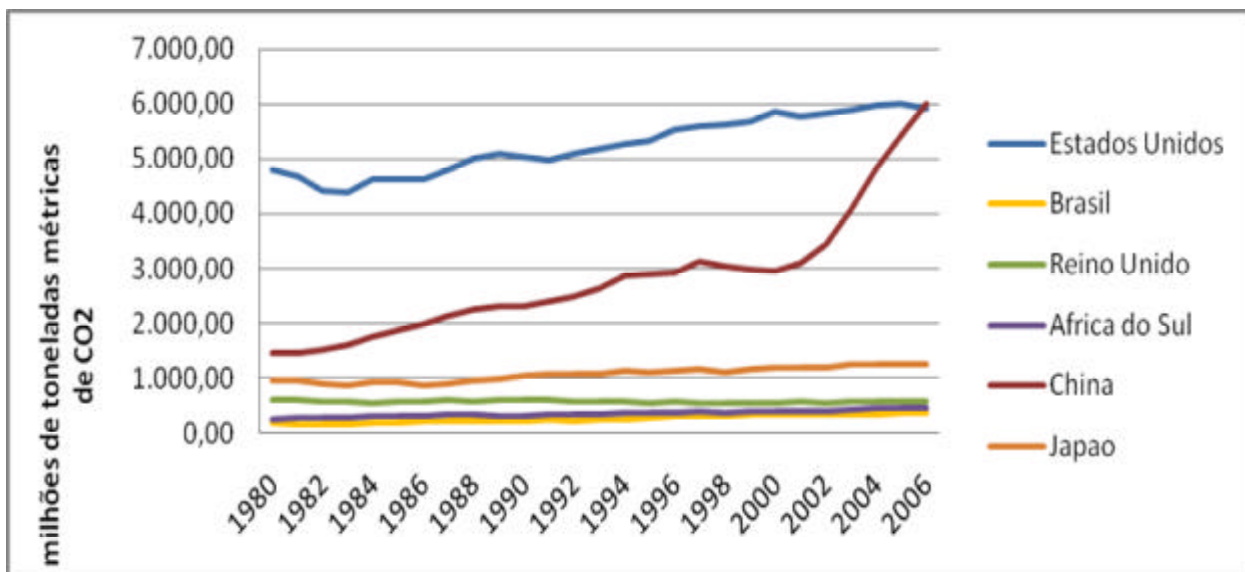


Figura 4- Emissões de CO<sub>2</sub> mundiais resultantes do consumo e queima de combustíveis fósseis ao longo do período de 1980 a 2006 (EIA, 2005) [8].

#### MATRIZES ENERGÉTICAS NO BRASIL

O consumo de energia no Brasil é majoritariamente dirigido ao uso de energia elétrica para a modernização da indústria, seguido pelo consumo por parte dos transportes, setor residencial, energético<sup>1</sup>, comercial, público e agropecuário, como mostra a figura 5.

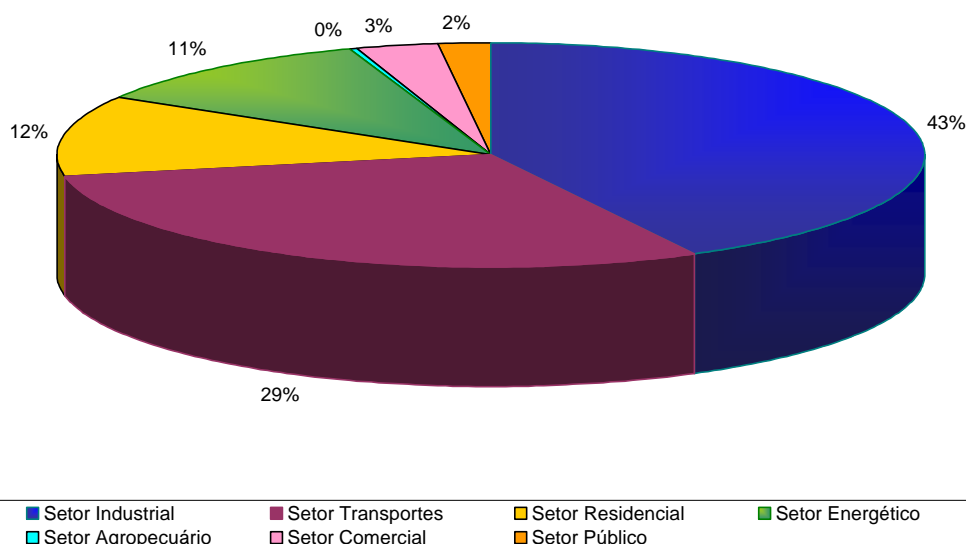


Figura 5- Consumo Energético por setor no Brasil no ano de 2007, a partir de dados do Balanço Energético Nacional (BEN) 2008. [10]

<sup>1</sup> Entende-se por setor energético os centros de transformação e/ou processos de extração e transporte interno de produtos energéticos na sua forma final.

A emissão de CO<sub>2</sub> por indústrias no Brasil entre os anos de 1990 e 1998 apresentou uma média de 1.766.634 Gg de CO<sub>2</sub> por ano [11] e, como mostra a figura 6, o PIB industrial no ano de 2005 teve como destaque os municípios da região Sudeste, que ocupam 8 dos 10 postos de maior produto interno bruto por município. Neste caso, existe uma relação diretamente proporcional entre o consumo energético e as emissões de dióxido de carbono, uma vez que a energia utilizada nas indústrias brasileiras é majoritariamente obtida através da queima de combustíveis fósseis (figura 7).

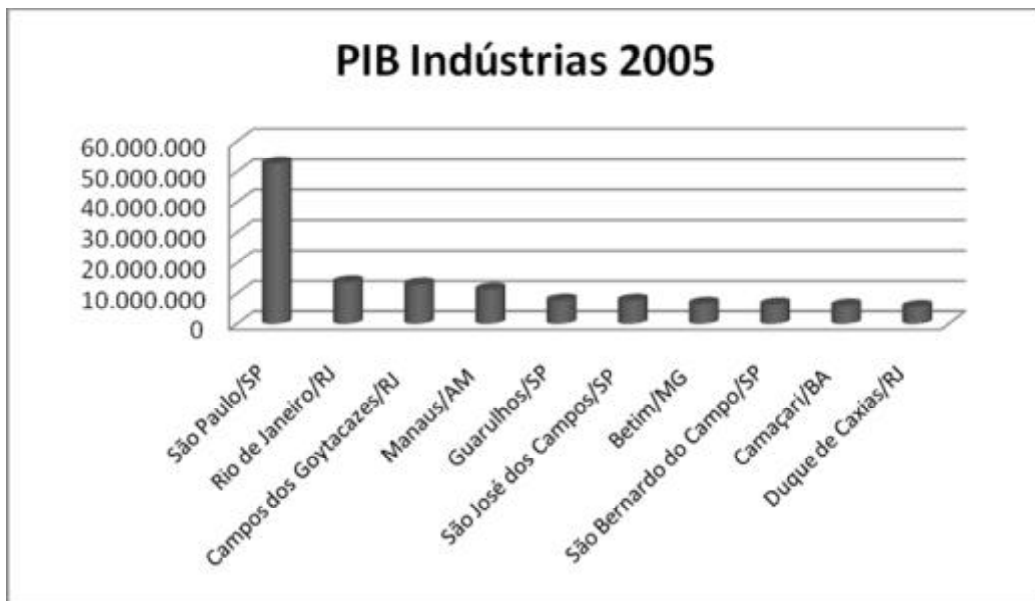


Figura 6- Dez Maiores PIBs industriais no ano de 2005 (IBGE, 2005) [12].

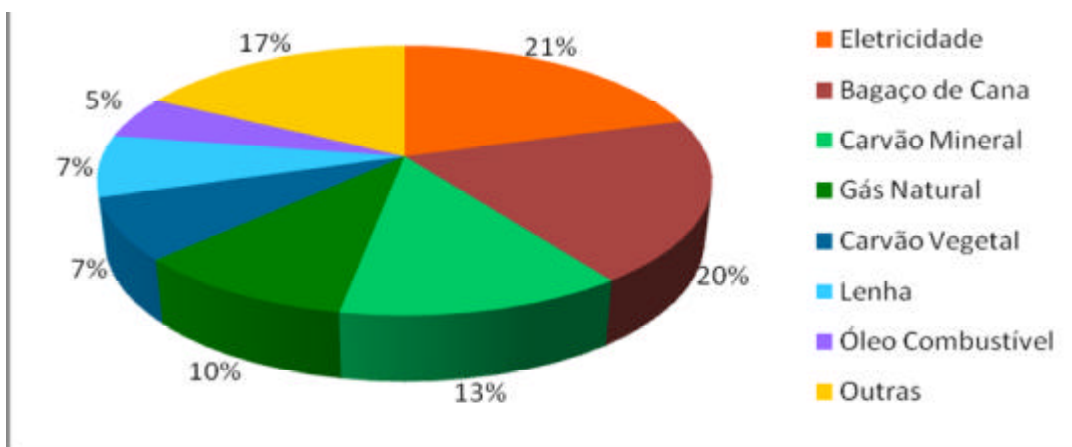


Figura 7- Consumo Final Energético no Setor Industrial no ano de 2007, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN) 2008. [10]

O mapa da figura 8 mostra a distribuição do consumo de energia em GWh por estado brasileiro durante o ano de 2006. Através dos valores divididos em quartis, vê-se que o maior consumo concentra-se nas regiões Sudeste e Sul. Os dados foram obtidos a partir do Balanço Energético Nacional (BEN) 2007. [13]

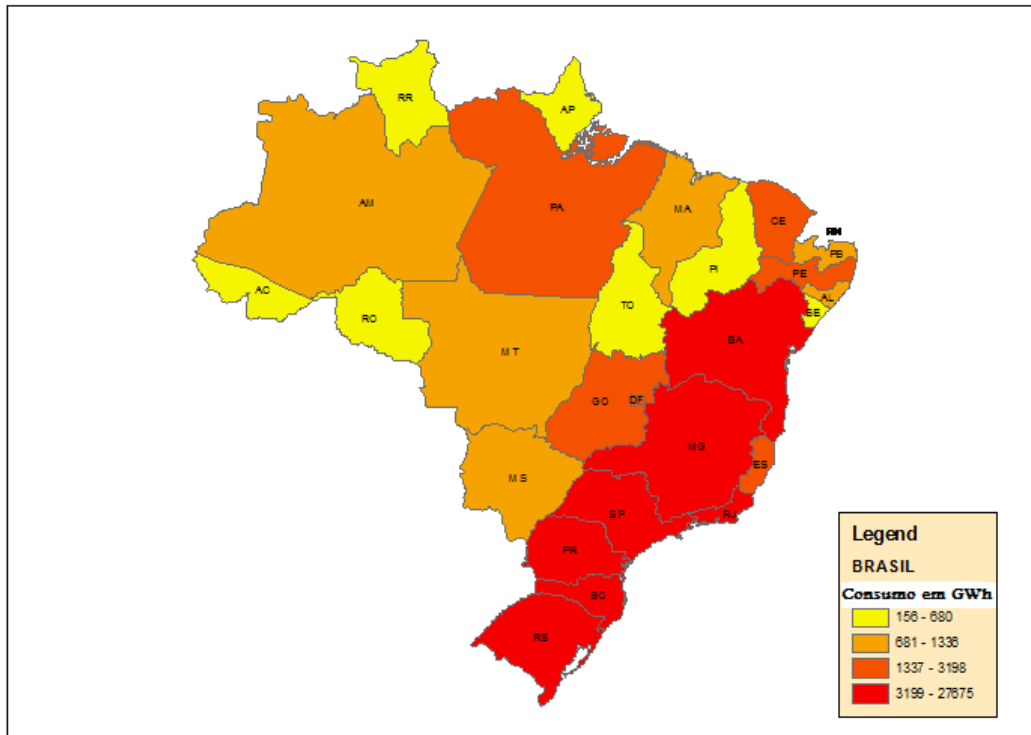


Figura 8- Mapa representativo do consumo energético dos estados do Brasil no ano de 2006, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN), 2007.

Malha digital disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). [14]

O setor de transportes ocupou o segundo lugar no consumo de energia no país no ano de 2008 (BEN 2008). De acordo com dados do DENATRAN [15], as frotas veiculares vêm aumentando em número. No ano de 2007, as regiões que possuíam as maiores frotas veiculares do país foram Sudeste e Sul, majoritariamente (Figura 9).

Os tipos de combustíveis mais utilizados neste setor no ano de 2007 são apontados na figura 10. Dentre as matrizes mais consumidas estão o diesel e a gasolina, fato que mostra que mais da metade dos combustíveis utilizados no setor veicular provem de fontes não renováveis.

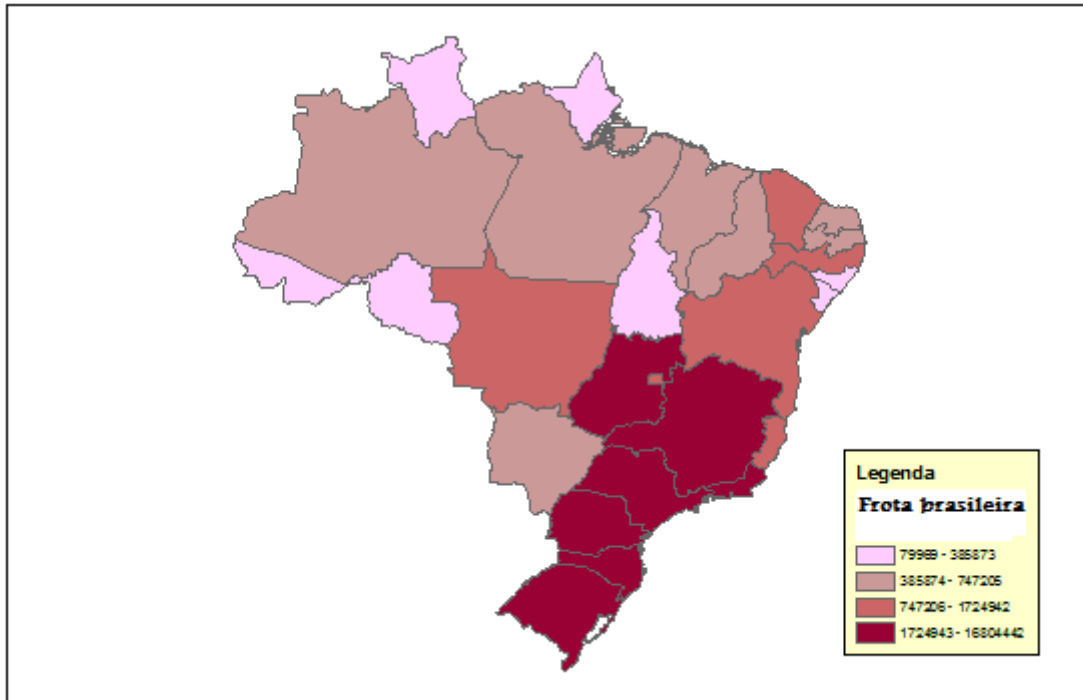


Figura 9- Mapa da distribuição da frota veicular brasileira por estados, segundo dados relativos ao ano de 2007, disponibilizados pelo DENATRAN.

Malha digital disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). [14]

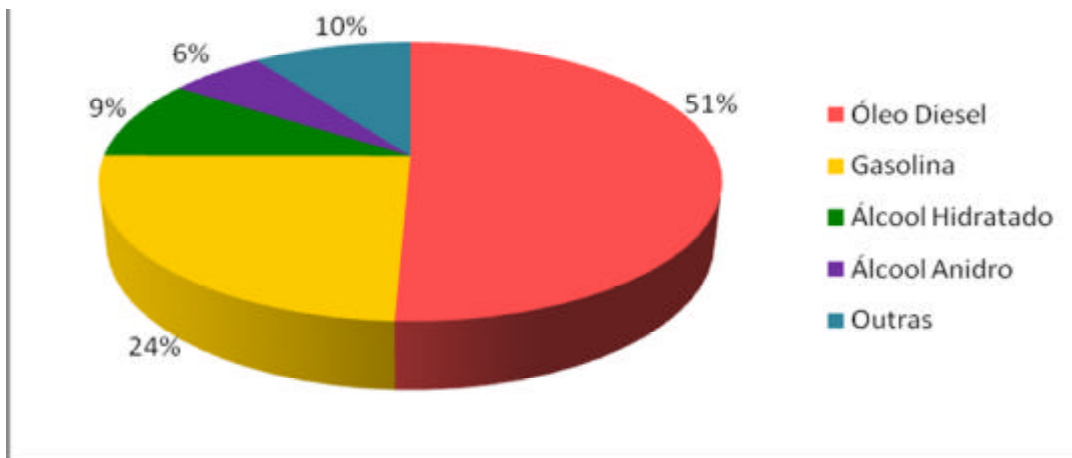


Figura 10- Consumo Final Energético no Setor de Transportes no ano de 2007, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN) 2008.

A figura 11 apresenta a oferta interna de energia<sup>2</sup> do país, com ênfase para a intensidade de uso de cada combustível. É possível observar que o petróleo e seus derivados foram os combustíveis mais utilizados no ano de 2007, seguidos por produtos oriundos da cana de açúcar e energia hidráulica e elétrica. É visível também o contínuo crescimento

<sup>2</sup> Oferta interna de energia: quantidade de energia disponível para ser transformada ou consumida, incluindo eventuais perdas na distribuição.

do uso do gás natural em veículos, que desde 1999 vem contribuindo para a redução do consumo de derivados do petróleo.

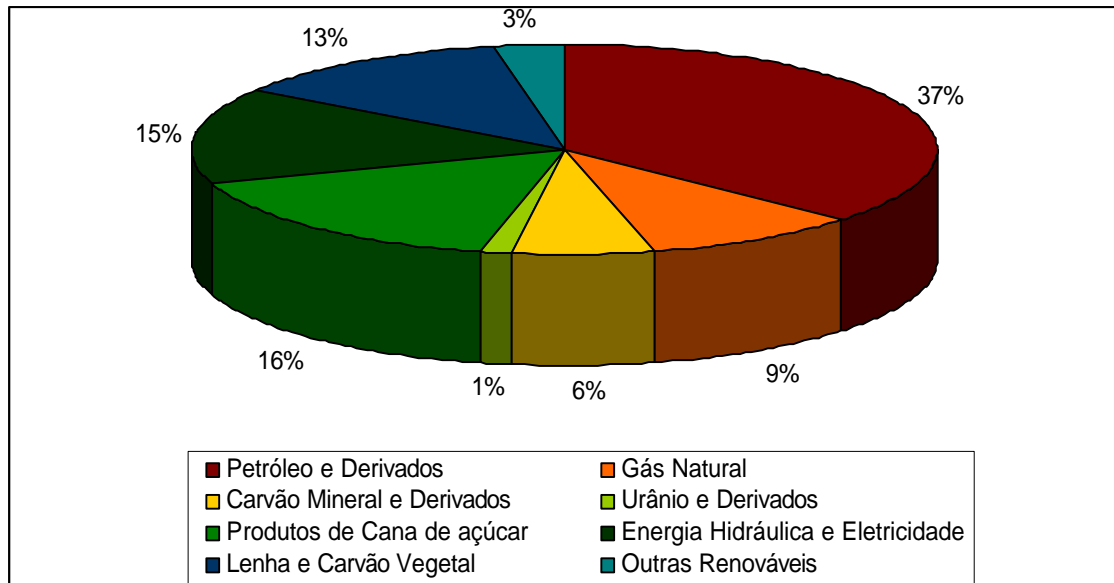


Figura 11- Oferta Interna de Energia no Brasil no ano de 2007, de acordo com os combustíveis utilizados, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN) 2008.

As principais fontes de energia renovável utilizadas no Brasil são a hidráulica, eletricidade, lenha, carvão vegetal e derivados da cana-de-açúcar, enquanto que as fontes de energia não renovável são o petróleo e seus derivados, gás natural, carvão mineral e derivados, além de Urânio e derivados (em menor quantidade). A figura 12 mostra a análise temporal do consumo de combustíveis no país, e a consequente emissão de CO<sub>2</sub> decorrente de seus usos. Esta relação é dada através do fator de emissão de cada combustível para os principais combustíveis utilizados, enumerados na Tabela 1. Estes fatores são utilizados no cálculo das emissões de dióxido de carbono, que será mostrado adiante.

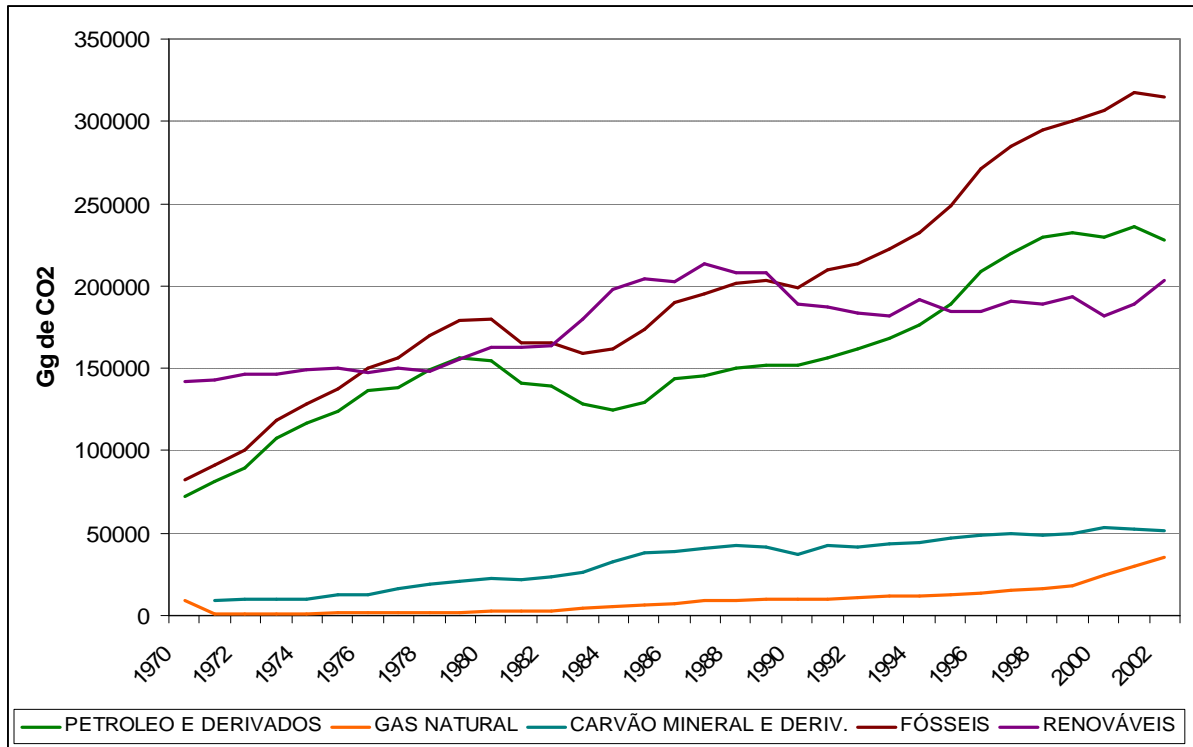


Figura 12- Análise temporal da Emissões de CO<sub>2</sub> em Gg/ano no Brasil consequente da utilização dos diversos combustíveis a partir de dados fornecidos por Alvim *et al* (2005)

[16]

Combustível	Fatores de Emissão de Carbono (tC/TJ)
Coque de Carvão Mineral	30,6
Lenha Comercial	29,9
Bagaço de Cana	29,9
Carvão Vegetal	29,9
Coque de Petróleo	27,5
Carvão Vapor	25,8
Asfaltos	22
Óleo Combustível Médio	21,1
Óleo Diesel	20,2
Petróleo	20
Melaço de Cana	20
Lixívia	20
Nafta	20
Gasolina de Aviação	19,5
Querosene de Aviação	19,5
Gasolina Automotiva	18,9
Gás de Coqueria	18,2
Gás Canalizado	18,2
Gás liquefeito de Petróleo	17,2
Gás natural Úmido	15,9
Gás natural Seco	15,3
Álcool Etílico Hidratado	14,81

Tabela 1- Fatores de Emissão dos principais combustíveis utilizados no país. [6]

Além da divisão por setores, se faz importante relacionar as emissões de CO<sub>2</sub> nos centros urbanos com o PIB de cada município. A figura 13 relaciona os dez maiores PIBs do país para o ano de 2005 e a figura 14 mostra a distribuição do PIB por município entre os municípios brasileiros para o ano de 2003. A partir destas duas representações, fica claro que as regiões Sudeste e Sul concentram as maiores rendas do país, podendo ser, a partir desta análise, as regiões de maior potencial emissor de gás carbônico do Brasil.

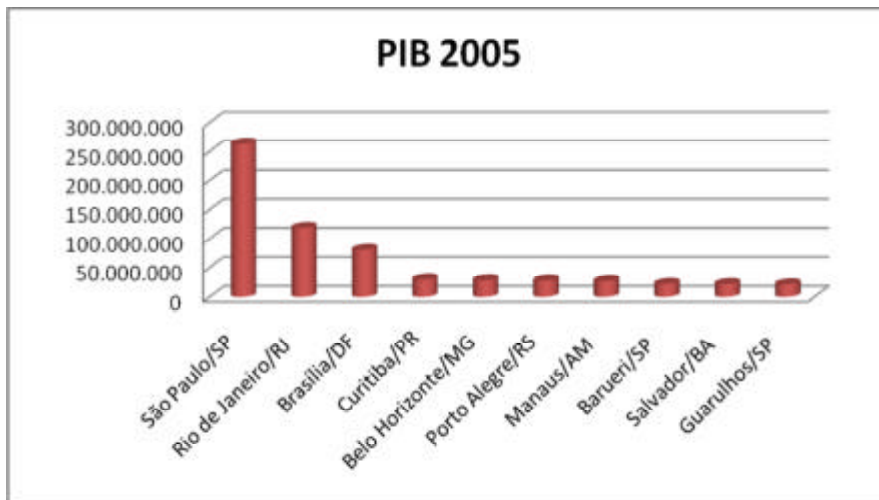


Figura 13- Dez maiores Produtos Internos Brutos do Brasil para o ano de 2005, segundo dados do IBGE. [14]

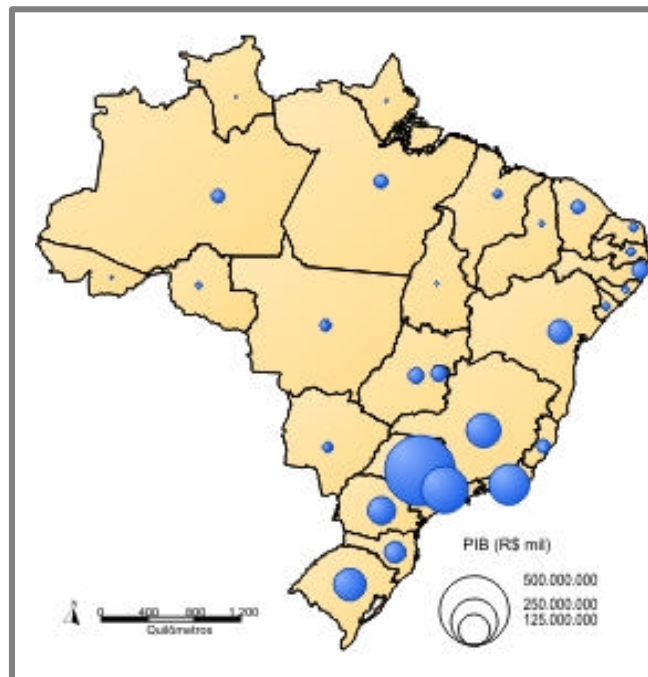


Figura 14- Distribuição do Produto Interno Bruto (PIB) por município brasileiro para o ano de 2003. Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego, 2003. [17]

As emissões de CO<sub>2</sub> oriundas do campo são majoritariamente decorrentes da atividade na área agropecuária. Como mostra a figura 16, a exportação de carne do Brasil até o ano de 2007 foi a maior do mundo, superando países como Nova Zelândia, Argentina e Estados Unidos. Segundo Fearnside (1988), o uso da terra que predomina nas partes derrubadas de terra firme é pastagem para gado, o que mostra que “as forças que dirigem o contínuo aumento das áreas de pastagem, apesar da baixa produtividade e pobres perspectivas de sustentação desse sistema de uso, são aquelas que afetam mais de perto a taxa de desmatamento” [18]. A relação entre a taxa de crescimento do PIB agrícola com a taxa bruta anual de desmatamento pode ser visualizada na figura 15.

A figura 17 é capaz de descrever a expansão do rebanho bovino na Amazônia legal ao longo de um intervalo de 13 anos. A partir da análise das figuras 16 e 17, é possível estabelecer uma relação entre o aumento do rebanho e o aumento da exportação de carne bovina. O reflexo destas atividades é visível no cenário de crescente desmatamento das áreas utilizadas para pastagem.

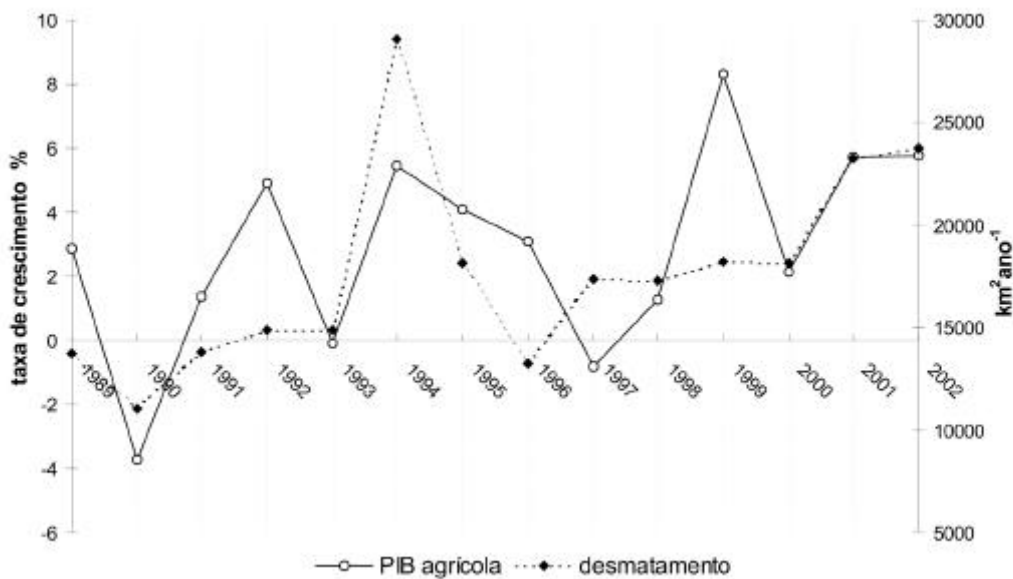


Figura 15- Série temporal da taxa bruta anual de desmatamento entre 1989 e 2001, comparada com a taxa de crescimento anual do PIB agrícola do mesmo período. Figura retirada de Soares Filho *et al* (2005) [19].

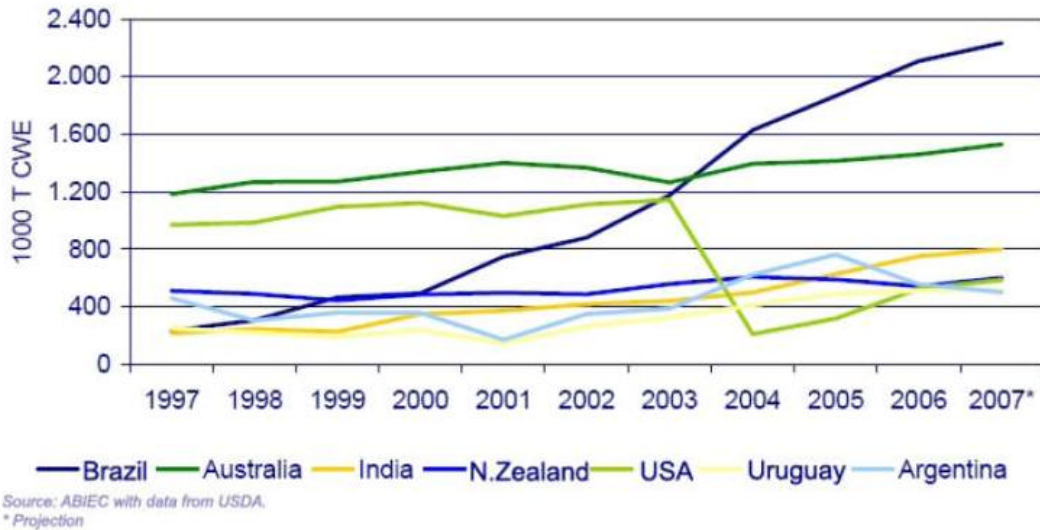
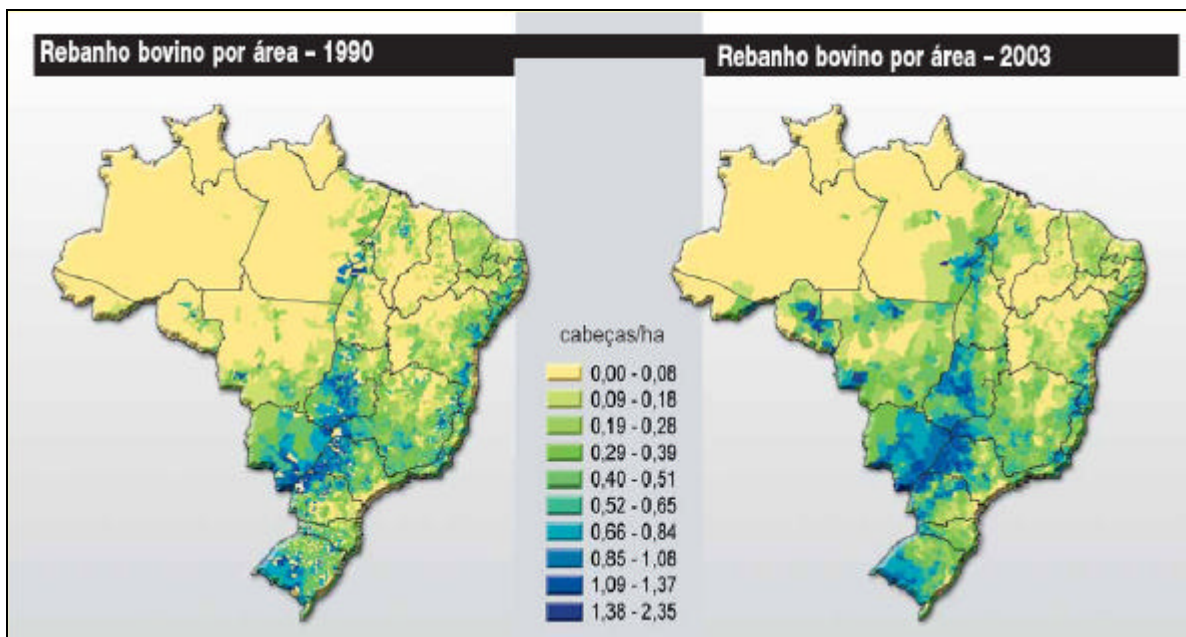


Figura apresentada por Carlos Nobre, em Apresentação na FIOCRUZ, 2008.

Figura 16- Exportação Mundial de Carne, segundo a *United States Department of Agriculture* (USDA). [20]

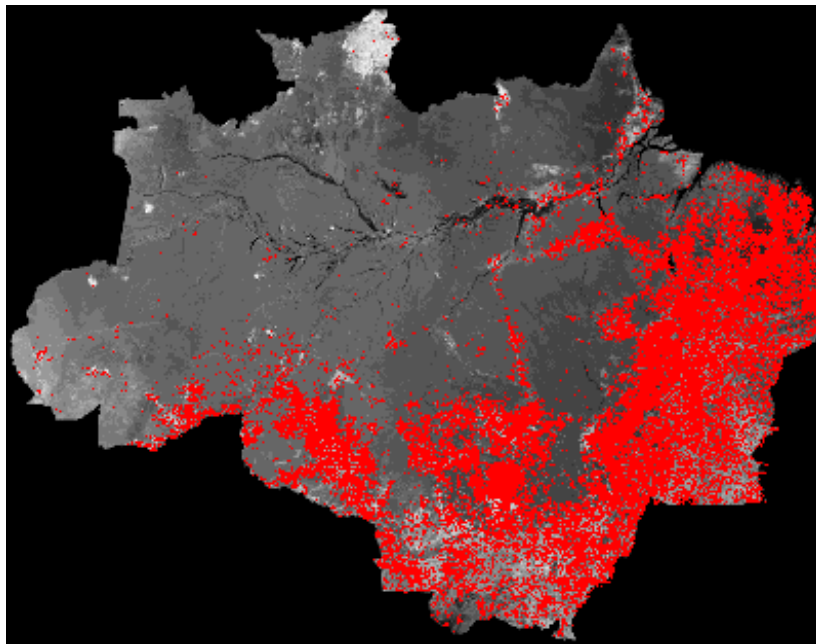


Fonte: Carlos Nobre, Apresentação na FIOCRUZ, 2008

Figura 17- Distribuição Espacial do rebanho bovino na Amazônia Legal (cabeças/ha) nos anos 1990 e 2003.

A floresta Amazônica é capaz de armazenar uma quantidade de Carbono equivalente à emitida pela população humana durante mais de uma década. Numericamente, mantêm, em média, na vegetação, cerca de 420 toneladas por hectare de biomassa vegetal, o que corresponde a 210 toneladas por hectare de Carbono [21].

No entanto, com o desmatamento ou com as queimadas, grande quantidade de Carbono é liberada para a atmosfera na forma de  $\text{CO}_2$ . Somente o desmatamento na Amazônia libera, anualmente, cerca de 200 milhões de toneladas de Carbono (3 % das emissões globais) [21]. Esta quantidade é muito maior do que aquela (60 milhões de toneladas) que é emitida pelo país, via queima de combustíveis fósseis [22]. A figura 18 mostra a imagem de satélite da Amazônia Legal disponível no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Através da imagem, é possível notar o avanço do desmatamento na área.



*Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).*

Figura 18- Imagem de satélite da Amazônia Legal.

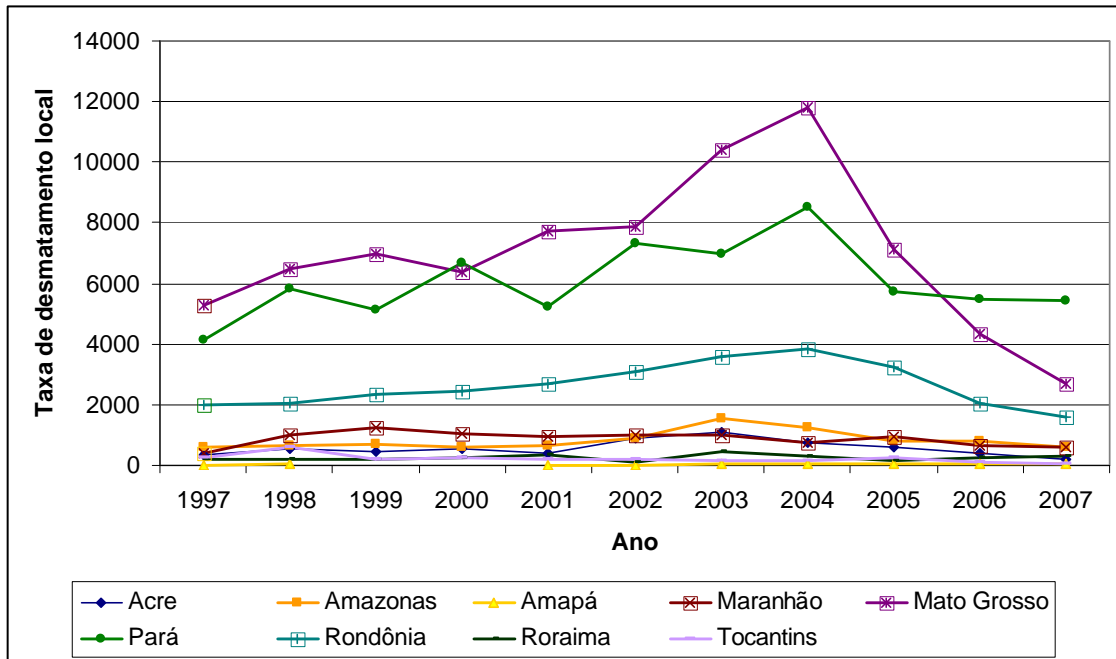


Figura 19- Taxa de desmatamento ao longo dos anos de 1997 a 2007, segundo dados da Stern Review of the Economics of Climate Change. [23]

Além do desmatamento, as queimadas representam uma ameaça ao controle de emissão de CO<sub>2</sub> no país. Quando comparado a outros países da América do Sul, o Brasil se destaca devido ao elevado número de focos de queimadas, como mostra a tabela 2.

País	Focos
Argentina	159
Bolívia	13
Brasil	817
Chile	6
Colômbia	5
Equador	2
Guiana	1
Paraguai	281
Peru	1
Suriname	2
Uruguai	2
Venezuela	3

Tabela 2: Quantidade de focos de queimadas nos países da América do Sul [24].

### CÁLCULO DAS EMISSÕES

A metodologia que se buscou utilizar para calcular as emissões dos municípios e aquelas que se fizessem necessárias foi a metodologia “Top-Down” (TD) [25], que contabiliza as emissões de dióxido de carbono a partir dos dados de produção e energia primária de um país a partir da relação:

$$\text{Consumo Aparente} = \text{Produção} + \text{Importação} - \text{Exportação} - \text{Bunkers Internacionais} + \text{Variações de Estoque}$$

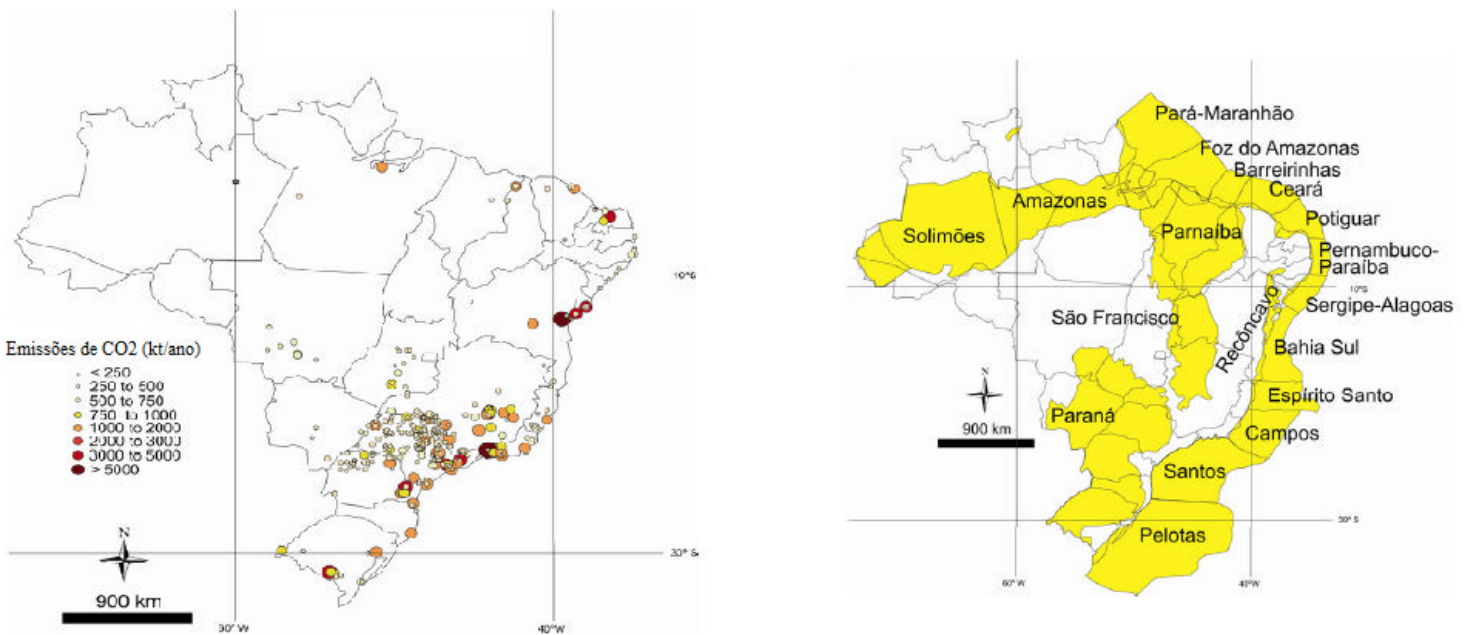
As etapas desta metodologia podem ser assim descritas:

- a) Apuração do consumo aparente dos combustíveis, nas suas unidades de medida originais;
- b) Conversão do consumo aparente para uma unidade de energia comum - terajoules(TJ);
- c) Transformação do consumo aparente de cada combustível em conteúdo de carbono, mediante a sua multiplicação pelo fator de emissão de carbono específico daquele combustível;
- d) Apuração da quantidade de carbono de cada combustível destinada a fins não energéticos e a dedução dessa quantidade de carbono do consumo aparente, para se computar o conteúdo real de carbono possível a ser emitido;
- e) Correção dos valores para se considerar a combustão incompleta do combustível, computando-se a quantidade de carbono realmente oxidada na combustão;
- f) Conversão da quantidade de carbono oxidada em emissões de CO<sub>2</sub>.

O estudo deteve-se a apenas a pesquisar as aplicações desta metodologia, pois não houve dados suficientes referentes aos municípios brasileiros que permitissem a prática de tal método.

#### OPORTUNIDADES PARA CAPTURA DE CO<sub>2</sub> NO BRASIL

Segundo o projeto CARBMAP [7], as bacias sedimentares brasileiras mais aptas a receberem injeção de CO<sub>2</sub> são as bacias do Paraná, Campos, Santos e Recôncavo, como indicado na figura 40. Estas áreas, porém, precisam preencher determinados requisitos para que o processo de injeção de gás carbonico seja bem sucedido. Através dos resultados obtidos e discutidos, vimos que a quantidade de CO<sub>2</sub> emitido no país é suficiente para que seja feito um investimento em mitigações. A distância entre a fonte emissora e a área de armazenamento do gás não devem ser longas a ponto de inviabilizar financeiramente o projeto. No caso brasileiro, este critério é satisfeito, pois as principais áreas de emissão concentram-se nas regiões Sul e Sudeste, próximas aos potenciais poços de injeção de carbono (Figura 20).



Adaptado de CARBMAP [7].

Figura 20- Mapa das emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil e das bacias sedimentares capazes de armazenar CO<sub>2</sub>.

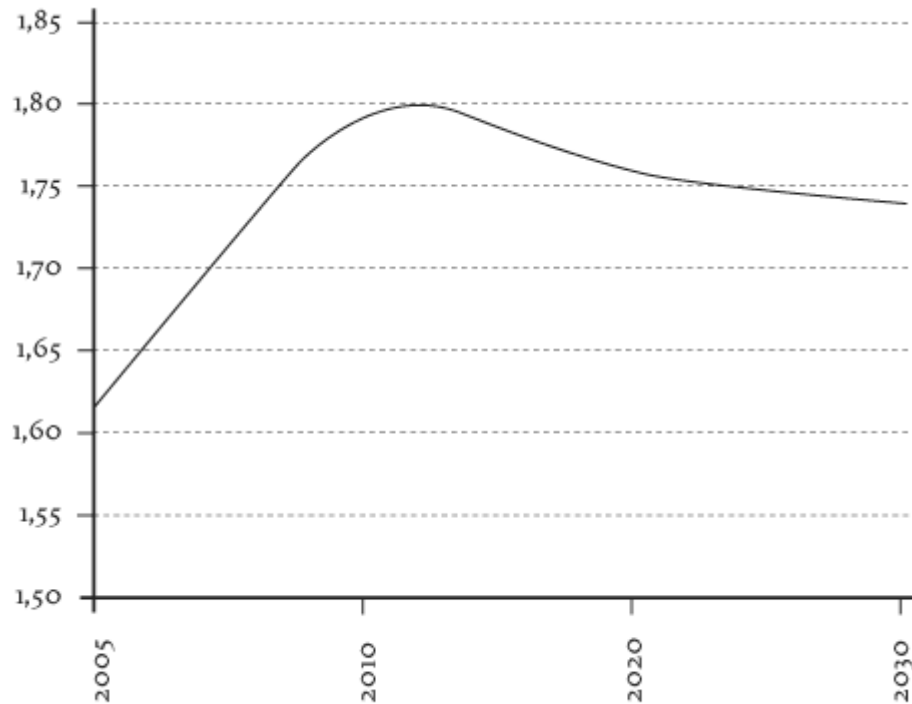
### CENÁRIOS FUTUROS

A projeção para o ano de 2030 prevê a participação líquida nula de fontes renováveis nas emissões de CO<sub>2</sub>, enquanto espera-se que derivados de petróleo respondam pela maior parte das emissões, com participação de cerca de 50% [26]. Com a expansão da atividade siderúrgica e a difusão de plantas termelétricas a carvão, essa fonte energética passaria a responder por cerca de 16% das emissões. Como mostra a figura 21, a projeção é de que haja uma diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> até 2030.

A geração elétrica poderá apresentar a maior taxa de crescimento de emissões nos próximos 25 anos — cerca de 7% ao ano —, fazendo com que a participação desse segmento nas emissões aumente para mais de 10% em 2030. [26]

Segundo Tolmasquim (2007) a indústria eólica global vem apresentando um crescimento vertiginoso, com taxa anual média acima dos 30%. O uso da energia solar também vem apresentando taxas elevadas de crescimento em suas diversas alternativas de aproveitamento: térmicas a baixas temperaturas, térmicas a altas temperaturas e fotovoltaica. A indústria de células fotovoltaicas vem experimentando um crescimento anual de 25 % ao longo dos últimos anos. [27]

A proposta é que, em 2010, 10% de toda a energia produzida no mundo seja proveniente de fontes renováveis, conforme compromisso assumido pela Comunidade Européia.



Fonte: EPE

Figura 21- Evolução das emissões específicas de CO<sub>2</sub> no Brasil de 2005 a 2030. [26]

### Conclusão

O estudo mostrou que parâmetros como maior consumo energético e maior frota veicular no país encontram-se, predominantemente, nas regiões Sudeste e Sul. Este fato mostra que, diante da iniciativa de injeção de CO<sub>2</sub>, o cenário mostra-se favorável devido à proximidade das áreas de maiores emissões às bacias sedimentares em questão.

Atualmente, não se conhece com exatidão a capacidade dos potenciais reservatórios geológicos ao redor do mundo, mas acredita-se que seja suficiente para permitir que o CCS desempenhe um papel significativo na redução das emissões de CO<sub>2</sub> em inúmeros países. No Reino Unido, por exemplo, os reservatórios geológicos de armazenamento analisados de modo criterioso revelaram uma capacidade suficientemente grande para armazenar todo o CO<sub>2</sub> proveniente da produção de eletricidade (nos níveis atuais) para os próximos 50 anos, pelo menos. Na Noruega e nos Países Baixos, os números publicados são semelhantes [4].

No Brasil porém, é esperado que as emissões venham a diminuir, e cada vez mais tecnologias limpas ganhem espaço no mercado. Portanto, é indispensável que estas previsões e as demais já mencionadas sejam levadas em conta quando se pensar em investir em mitigação dos efeitos do aquecimento global. O investimento preventivo em tecnologias limpas sempre deve ser priorizado, uma vez que a tecnologia de sequestro e armazenamento de carbono ainda é uma técnica de alto custo e acessível a poucos, e que ainda vem acompanhada de diversas incertezas.

## Referências

- 1- PAVAO, H. G. O gás carbônico atmosférico: variações e influência das queimadas em várias regiões do Brasil. **Rev. Bras. Geof.** [online], vol. 15, no. 32008-11-11, 1997.
- 2- MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. C.; SANTILLI, M.; CARVALHO, G.; BATISTA, Y. As Oportunidades para a Amazônia com a Redução da Emissões de Gases do Efeito Estufa. Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia.
- 3- MACKENZIE, D. Mathematics of Climate Change: a new discipline for an uncertain century, 2007. Berkeley, California: Mathematical Sciences Research Institute.
- 4- IPCC SPECIAL REPORT ON CARBON DIOXIDE CAPTURE AND STORAGE. Cambridge University Press, Reino Unido, 2005. Disponível em [http://www.climatechange.gov/workshop2005/presentations/breakout\\_2ARubin.pdf](http://www.climatechange.gov/workshop2005/presentations/breakout_2ARubin.pdf). Acesso em Março de 2009.
- 5- KUNTSI- REUNANEN, E. A comparison of Latin American energy-related CO<sub>2</sub> emissions from 1970 to 2001. **Energy Policy**, Elsevier, vol. 35(1), pp 586-596, 2007.
- 6- MAFRA, O., EIDELMAN, F., ALVIM, C.F. Avaliação das Emissões de CO<sub>2</sub> pelo uso do processo “Top-Down” estendido entre 1970 e 2004. **Economia e Energia** Nº 58: out-nov. 2006. Disponível em <http://ecen.com>. Acesso em Janeiro de 2009.
- 7- SIXTH ANNUAL CONFERENCE ON CARBON CAPTURE & SEQUESTRATION, 2007. Pittsburgh, Pennsylvania. Opportunities for CO<sub>2</sub>

- Capture and Geological Storage in Brazil: The CARBMAP Project. Rio Grande do Sul: Centro de Excelência em Pesquisa sobre Armazenamento de Carbono.
- 8- International Energy Annual 2005, Energy Information Administration (EIA).
  - 9- FOCACCI, A. Empirical analysis of the environmental and energy policies in some developing countries using widely employed macroeconomic indicators: the cases of Brazil, China and India. **Energy Policy**, v. 33, n.4, p. 543-554, 2005.
  - 10- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2008 (BEN 2008). Empresa de Pesquisa Energética (EPE); Ministério das Minas e Energia; [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br), acessado em Janeiro de 2009.
  - 11- RELATÓRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS E POR USO DE SOLVENTES. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de gases de Efeito Estufa. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006.
  - 12- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - Prodes. Disponível em [www.inpe.br](http://www.inpe.br). Acessado em Dezembro de 2008.
  - 13- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2007 (BEN 2007). Empresa de Pesquisa Energética (EPE); Ministério das Minas e Energia; [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br), acessado em Outubro de 2008.
  - 14- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em Novembro de 2008.
  - 15- Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em [www.denatran.gov.br](http://www.denatran.gov.br). Acessado em Janeiro de 2009.
  - 16- ALVIM, C.F. (Coord). O Balanço de Carbono na Produção, Transformação e Uso de Energia no Brasil - Metodologia e Resultados no Processo “Top-Bottom” para 1970 a 2002. **Economia e Energia**, n. 48, 2005. Disponível em <http://ecen.com>. Acessado em Setembro de 2008.
  - 17- Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em [www.mte.gov.br](http://www.mte.gov.br). Acessado em fevereiro de 2009.
  - 18- FEARNSIDE, P. Causas do desmatamento na Amazônia Brasileira. **Pará desenvolvimento**, n.23, jan./jun. 1988
  - 19- SOARES-FILHO, Britaldo Silveira et al. **Cenários de desmatamento para a Amazônia**. *Estud. av.* [online]. 2005, vol.19, n.54, pp. 137-152. ISSN 0103-4014.

- 20- United States Department of Agriculture. Disponível em [www.usda.gov](http://www.usda.gov) acessado em Novembro de 2008.
- 21- HOUGHTON, R. A. *et al.* “Annual Fluxes of Carbon from Deforestation and Regrowth in the Brazilian Amazon” *Nature*, n.403, 2000, pp. 301-304.
- 22- Energy International Administration. Disponível em [www.eia.doe.gov/emeu/international/enviro.htm/#int/carbon](http://www.eia.doe.gov/emeu/international/enviro.htm/#int/carbon). Acessado em Janeiro de 2009.
- 23- STERN, N. **Stern Review of the Economics of Climate Change**, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 2006.
- 24- SIGMA (Sistema de Informações Geográficas Aplicadas ao Meio Ambiente). Disponível em <http://pirandira.cptec.inpe.br>. Acessado em Janeiro de 2009.
- 25- SVMA, 2005. Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas (Centro Clima) da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ): INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo.
- 26- TOLMASQUIM, M. T., GUERREIRO, A., RICARDO, G. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos – CEBRAP**, n.79, São Paulo, 2007.
- 27- TOLMASQUIM, M.T. (Coord.) **Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 2004.