

**Contrato 6000.0024892.06.3  
SAP 4600218978**

**RELATÓRIO DA PROJEÇÃO  
DA MATRIZ ENERGÉTICA  
DO RIO GRANDE DO NORTE - 2030**



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

**WILMA MARIA DE FARIA**

Governadora do Rio Grande do Norte

**TIBURCIO BATISTA DA SILVA FILHO**

Secretário Extraordinário de Energia

**ANTÔNIO THIAGO GADELHA SIMAS NETO**

Secretário de Desenvolvimento Econômico - SEDEC

**JOSÉ RUFINO JÚNIOR**

Secretário-adjunto de desenvolvimento econômico - SEDEC

**SÉRGIO SOUZA DA CUNHA**

Coordenador de Desenvolvimento Energético - SEDEC

**REALIZAÇÃO:**

**INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA DA USP – IEE/USP**

GERALDO FRANCISCO BURANI – Coordenador Geral

HÉLVIO RECH – Coordenador Executivo

Luiz Tadeo Siqueira Prado – Coordenador Técnico

**APOIO:**

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - **PETROBRAS**

**EQUIPE TÉCNICA**

Ana Cecília Medeiros

Arlindo Kamimura

Carlos Alberto Ferreira de Carvalho

Cláudio Antônio Scarpinella

Janete Maria Barreto Pinto

Jeanne Samara dos Santos Lima

João Diniz Fernandes

José Luiz de Carra

Luiz Tadeo Siqueira Prado

Pedro Hélio Gomes Teixeira

Roberto Teixeira Pessine

Simone Biehler Mateos

Yolanda Vieira de Abreu

**DIAGRAMAÇÃO E EDITORAÇÃO**

Sérgio Antonio de Oliveira - IEE /USP

RIO GRANDE DO NORTE (ESTADO). SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DE ENERGIA E SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - SEDEC

Matriz Energética do Estado do Rio Grande do Norte 2006

Ano 2004 – 2030 / SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DE ENERGIA E

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO.

Rio Grande do Norte, 2006.

36p. (Série Informações Energéticas, 2)

1. Matriz Energética I. Título II. Série.

# PROJETO ESTUDOS ENERGÉTICOS DO RIO GRANDE DO NORTE

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A – PETROBRAS  
INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA – IEE-  
USP

**Contrato PETROBRAS 6000.0024892.06.3, SAP 4600218978,  
celebrado entre a PETROBRAS e a FUSP.**

RELATÓRIO DA PROJEÇÃO DA MATRIZ  
ENERGÉTICA DO RIO GRANDE DO  
NORTE 2030

# JANEIRO DE 2007

## ÍNDICE

1. Introdução.....	1
2. Características Básicas do Modelo .....	2
2.1. Elaboração de Cenários .....	4
2.2 Setorização do modelo .....	5
2.2.1. Setor de Transporte .....	6
2.2.2. Setor Residencial.....	9
2.2.3. Setor Comercial e Público .....	10
2.2.4. Setor Indústria.....	11
2.2.5. Setor Agropecuário .....	12
2.2.6. Geração Elétrica .....	12
3. Os Cenários Macroeconômicos .....	13
3.1. Cenário Neoliberal ou Tendencial.....	13
3.2. Cenário Setorial Energético.....	16
3.3. Cenário Planejamento Regional e Energético.....	17
4. Setorização dos cenários.....	19
4.1 Setor Transporte.....	19
4.1.1 Transporte Individual.....	19
4.1.2 Transporte Diversos.....	23
4.1.2.1 Transporte Coletivo de Passageiros.....	23
4.1.2.2 Transporte de Carga .....	24
4.1.2.3 Transporte Aéreo .....	25
4.3 Setor Indústria .....	26
4.4 Setor Residencial .....	28
4.5 Setor Comercial e Público .....	29
4.6 Setor Agropecuário.....	30
4.7 Setor Geração Elétrica .....	31
5. PRINCIPAIS RESULTADOS DAS PROJEÇÕES.....	32
5.1 Visão geral dos resultados .....	32
5.2 Consumo final.....	33
5.2.1 Ano Base 2004 .....	33
5.2.2 Projeções de demanda para cada cenário macroeconômico.....	34
5.3 Geração Elétrica.....	36

# MODELO DE PROJEÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA DO RIO GRANDE DO NORTE

## 1. Introdução

O Modelo de Projeção de Demanda para o Estado do Rio Grande do Norte foi executado mediante a utilização do programa LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning System*), que foi adaptado especialmente para este projeto. O sistema LEAP foi criado pelo *Stockholm Environment Institute* para o planejamento de alternativas energéticas por meio da criação de cenários econômicos, tecnológicos, energéticos e ambientais definidos de maneira exógena.

O modelo apresenta uma desagregação setorial compatível com a do Balanço Energético Estadual do Rio Grande do Norte do (BEE-RN), sendo mais detalhado em alguns setores. O setor transporte, por exemplo, principal consumidor de derivados de petróleo e álcool combustível no Estado, tem um tratamento especial, mais detalhado.

A previsão da demanda de energia dos setores produtivos de uma economia depende, basicamente, da evolução de duas variáveis: 1) do nível de atividade de cada setor, expressado por um indicador apropriado (valor agregado, produção física bruta, etc.; 2) da intensidade energética (consumo específico), definida a partir da quantidade de energia necessária para a produção de uma unidade do indicador selecionado.

Conseqüentemente, as necessidades energéticas resultam de dois fatores: de um lado, o crescimento econômico e sua estrutura (participação dos diferentes setores) e, de outro, as condições e modalidades do aproveitamento da energia nos processos produtivos. Dentro deste último fator deve-se considerar também a estrutura dos energéticos utilizados e suas possibilidades de substituição, além das mudanças possíveis no uso da energia, resultantes do desenvolvimento de novas tecnologias ou dos avanços em conservação e eficiência.

O esquema, resumido a seguir, corresponde ao enfoque principal adotado pelo sistema LEAP para a análise da demanda futura. Para cada um dos sub-setores considerados, a relação básica que permite estabelecer a demanda de energia (DE) para cada período é dada pela expressão:

$$DE = IE \times NA$$

De acordo com a estrutura do modelo, as duas variáveis são analisadas de maneira exógena. O nível de atividade setorial (NA) e da fração de cada setor é calculado com base no Produto Interno Bruto (PIB), nos períodos considerados.

Uma vez que o valor para o ano base seja conhecido, fundamentado nas especificações do modelo, a intensidade energética (IE) evolui sob a influência de dois fatores: 1) efeito estrutura, que considera as mudanças da intensidade energética devido à alterações na composição ou estrutura da produção; e, 2) efeito técnico, que engloba as mudanças de intensidade ligadas à introdução de novas tecnologias ou às políticas de conservação e economia de energia. Tal como as variáveis macroeconômicas, estes dois parâmetros são considerados de maneira exógena para cada período de previsão.

## 2. Características Básicas

O sistema LEAP foi desenvolvido para o planejamento de alternativas energéticas baseadas nos cenários socioeconômicos, energéticos e ambientais. Inicia-se com a análise da demanda por meio de um modelo técnico-econômico do tipo contábil, ou seja, os determinantes da demanda são definidos de maneira exógena. Estes determinantes<sup>1</sup> refletem o nível de satisfação das necessidades dos indivíduos, os níveis de atividade econômica, as mudanças tecnológicas e os processos de substituição entre os diferentes energéticos.

A análise da demanda do LEAP pode ser resumida da seguinte forma:

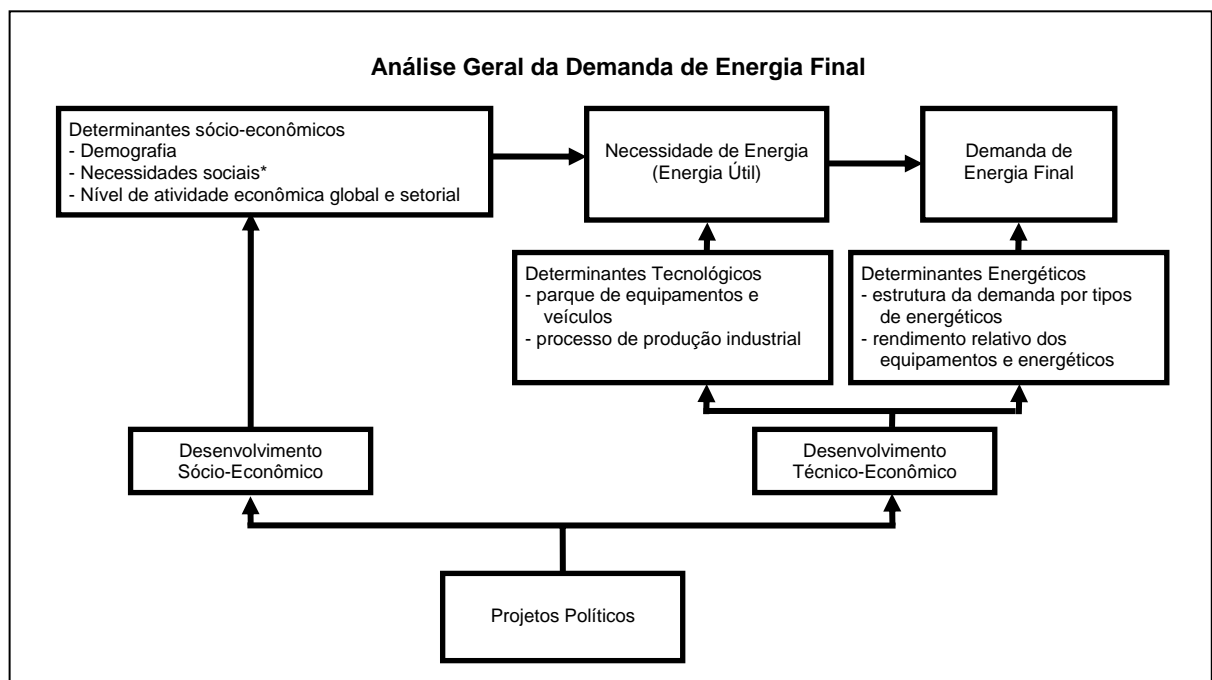
- Na primeira etapa, a demanda é desagregada em grandes setores com funções econômicas e necessidades de energia semelhantes (indústria, transporte, residencial, comercial, público e agropecuário). Estes setores são, então, divididos em módulos energéticos homogêneos (sub-setores), cuja evolução é descrita a partir de um número restrito de parâmetros técnicos e variáveis explicativas.
- Numa segunda etapa, identifica-se, para cada um dos diversos módulos homogêneos, inicialmente, a energia útil (essencialmente **uso** calor) para as diversas necessidades, nas quais competem as várias formas energéticas. Nos casos em que, em condições normais, as necessidades correspondam, a usos específicos nos quais só pode ser empregado um único energético

---

<sup>1</sup> Parâmetros técnicos e variáveis explicativas são de caráter sócio-econômico e tecnológicos.

(e.g. iluminação com eletricidade) ou no caso de setores nos quais ainda existem incertezas sobre como identificar ou mensurar adequadamente as necessidades de energia útil (e.g. setor transporte, cujo uso final é a força motriz), utiliza-se a energia final na competição entre os energéticos.

- Na terceira etapa, a projeção da demanda de energia é embasada em um quadro global de desenvolvimento econômico e social. É feita a análise dos determinantes sociais, econômicos e tecnológicos que afetam a demanda no longo prazo, assim como a identificação das inter-relações existentes. As simulações das necessidades de energia são executadas por meio de um conjunto de hipóteses que exprimem a evolução dos contextos demográficos, sócio-econômicos, regulatórios, ambientais e tecnológicos no período estudado.



\* Necessidades sociais incluem quaisquer atividades individuais essenciais ou desejadas que afetam a demanda por energéticos (por exemplo, cocção de alimentos ou uso do automóvel para viagens).

No sistema LEAP são aplicadas algumas metodologias para análise da demanda.

A seguir estão apresentadas as duas comumente utilizadas neste trabalho.

### **Análise por Nível de Atividade**

Esta é a metodologia padrão, adotada pelo modelo LEAP. O consumo de energia é calculado multiplicando-se o nível de atividade pela intensidade energética (consumo de energia por unidade de atividade).

$$\text{Consumo de energia} = \text{nível de atividade} \times \text{intensidade energética}$$

O procedimento mais comum na modelagem é primeiro definir o nível de atividade total (e.g., número de residências) e depois distribuí-la em frações ou saturação/penetração (e.g., fração de residências urbanas e rurais; penetração do uso de ar condicionado), e a penetração de cada tecnologia que garante o uso final (e.g., fração de aquecimento de água por gás natural, energia solar ou eletricidade).

Há duas variações básicas desta metodologia:

- Análise da Demanda de Energia Final: são especificadas as intensidades energéticas para cada tecnologia em termos de uso de combustível por unidade de atividade;
- Análise da Demanda de Energia Útil: são especificadas as intensidades de energia útil num nível mais alto na hierarquia do modelo (normalmente no nível do uso final), e então são determinadas as eficiências de cada tecnologia.

### **Análise de Transporte por Frota**

Nesta metodologia alternativa, o consumo de energia é calculado multiplicando-se o número de veículos pela quilometragem anual (i.e., distância viajada) e pelo consumo específico (e.g., litros por km).

$$\text{Consumo de energia} = \text{frota de veículos} \times \text{quilometragem anual} \times \text{consumo específico}$$

A frota de veículos no ano base é inserida diretamente no modelo ou calculada a partir de dados históricos de vendas e perfis de sobrevivência. Nos cenários, é possível projetar as vendas futuras e os consumos específicos e a quilometragem anual. Outros perfis são criados para se descrever a evolução da quilometragem e do consumo específico no tempo. O LEAP, então, calcula os valores médios de consumo específico e quilometragem e, claro, o consumo total de energia.

## **2.1. Elaboração de Cenários**

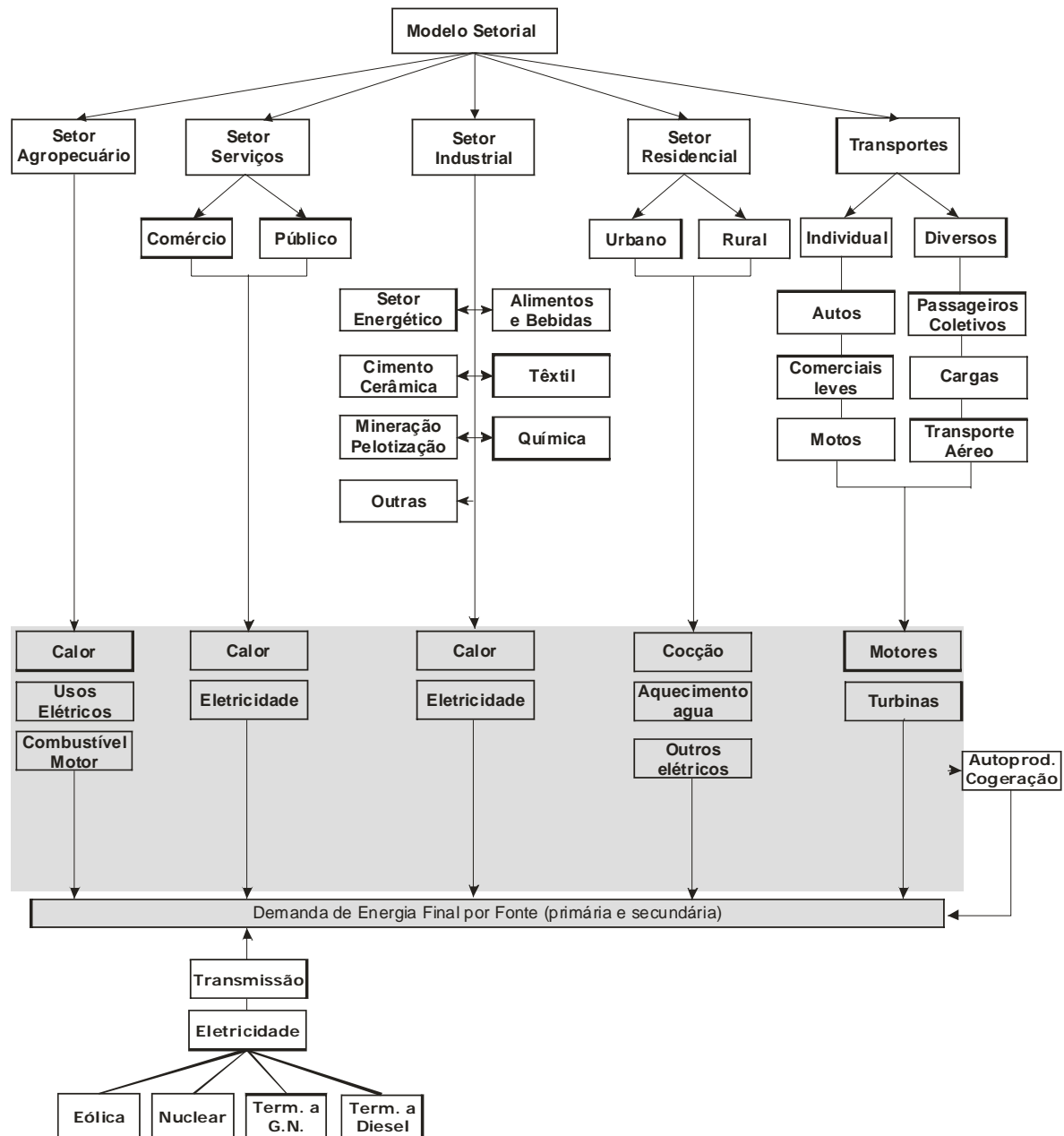
O planejamento deve ser entendido como um processo de definição de ações futuras orientadas para atingir certos objetivos. Estes decorrem da necessidade de corrigir desajustes e imperfeições percebidas e resulta num processo dinâmico, que deve ser constantemente reavaliado por meio do ajuste das metas e objetivos, em

face da contínua transformação do universo estudado. Neste sentido, qualquer análise de caráter prospectivo representa um guia para a tomada de decisões. De nenhuma forma é um elemento que antecipa a realidade de maneira certa.

A elaboração de cenários para prospectar a demanda de energia é um aspecto do planejamento que tem como objetivo principal sensibilizar sobre as inúmeras implicações e desdobramentos que podem ter diferentes estratégias de desenvolvimento socioeconômico, assim como a adoção de uma política orientada para maior eficiência no consumo ou diversificação das fontes energéticas.

## **2.2. Setorização do modelo**

O Modelo de Projeção de Demanda conta com um módulo de demanda no qual se definem setores (transporte, residencial, comercial e público, industrial e agropecuário), seus sub-setores e usos finais, e um módulo de transformação, em que se define apenas o setor de geração elétrica. Essa estrutura é descrita esquematicamente através da figura 1 apresentada abaixo.



### 2.2.1. Setor de Transporte

O Setor de Transportes do Modelo de Projeção de Demanda abrange o conjunto dos deslocamentos de pessoas e mercadorias que determinam um consumo de energia, com exceção dos carburantes consumidos pelas máquinas agrícolas e veículos de transportes militares -- que são avaliados, respectivamente, nos módulos agricultura e público. A análise da demanda de energia neste módulo repousa sobre os seguintes princípios:

1. Considera somente os modos de transporte motorizados e as energias comerciais<sup>2</sup>.
2. O Modelo de Projeção de Demanda utiliza dois tratamentos distintos para o cálculo da demanda de energia. Para o grupo Transporte Individual (autos, motos e comerciais leves), utiliza-se a metodologia de análise de transporte por frota. Já para o Transporte Diversos (coletivo: ônibus e trem; aéreo: carga e passageiro; carga; rodoviária e aquaviária), emprega-se a análise por nível de atividade.

**Transporte Individual** - O transporte individual é tratado pela estimativa da frota de veículos<sup>3</sup> e está dividido em automóveis particulares, comerciais leves e motos. Os automóveis são desagregados pelo tipo de combustível utilizado (gasolina C, múltiplos combustíveis, álcool hidratado, diesel e gás natural), e pela estimativa do ano de fabricação do veículo (ano a ano até 20 anos e uma única categoria para os carros mais antigos).

Os parâmetros para simulação do transporte individual são as estimativas de frotas e vendas anuais de veículos, quilometragem média anual e consumo específico, associados às variações que dependem da idade do veículo.

Transporte Individual  
Equação Básica para Cálculo de Demanda  
(Análise de transporte por frota)

$$\text{Consumo final} = (\text{frota total}) \left[ \sum_{\text{seg}} (\% \text{ seg}) \left[ \sum_{\text{tec}} (\% \text{ tec}) (\text{kma}) (\text{ce}) \right] \right]$$

onde  
% seg = participação do segmento (moto, auto ou comercial leve) na frota  
% tec = participação da tecnologia (tipo de motor: álcool, gasolina, gnv, diesel, etc) por segmento

**Transporte Diversos** – Os diversos setores deste conjunto são tratados pela metodologia de análise por nível de atividade. Neste âmbito são avaliados os sub-setores passageiro coletivo (trens de subúrbio, ônibus urbano e ônibus interurbano); carga (rodoviário e aquaviário) e aéreo.

Para a análise do transporte de passageiros (coletivo) é utilizado o parâmetro passageiro/km que também serve como indicador de atividade. O combustível

<sup>2</sup> Energias não comerciais incluem, por exemplo, a energia eólica que move barcos à vela.

<sup>3</sup> A frota utilizada neste trabalho está baseada em estimativas ligadas às frotas das entidades de classe representativas da indústria automobilística e informações do DETRAN - RN

predominante é o diesel. No caso do transporte coletivo por ônibus, os dados existentes foram analisados e, em certos casos, adequados para representar o grau de informalidade ou mesmo clandestinidade.

Transporte Coletivo  
Equação Básica para Cálculo de Demanda  
(Análise por nível de atividade)

$$\text{Consumo final} = (\text{população}) (\text{pass.km por pessoa}) \left[ \sum_{\text{modo}} (\% \text{ modo}) \left[ \sum_{\text{tec}} (\% \text{ tec})(\text{ce}) \right] \right]$$

onde  
 pass.km = passageiro.quilômetro  
 % modo = participação do modo (trens e ônibus) no total de pass.km  
 % tec = participação da tecnologia (tipo de motor: gnv, diesel, elétrico, etc) por modo  
 ce = consumo específico

A carga rodoviária transportada, expressa em ton-km/ano, é utilizada como indicadora de atividade. Como subsídio de análise, são consideradas estimativas de frotas existentes e informações das transportadoras que operam no País, sobre as diferentes modalidades de transporte e seu consumo específico.

A carga aquaviária é tratada de forma simples, considerando-se o consumo agregado a partir dos dados específicos de cada um dos modos (i.e., ton-km e consumo específico médio). O combustível predominante é o diesel.

Transporte Carga  
Equação Básica para Cálculo de Demanda  
(Análise por nível de atividade)

$$\text{Consumo final} = (\text{população}) (\text{ton.km por pessoa}) \left[ \sum_{\text{modo}} (\% \text{ modo}) \left[ \sum_{\text{tec}} (\% \text{ tec})(\text{ce}) \right] \right]$$

onde  
 ton.km = tonelada.quilômetro  
 % modo = participação do modo (ferroviário, aquaviário e rodoviário) no total de ton.km  
 % tec = participação da tecnologia (tipo de motor: álcool, gasolina, gnv, diesel, etc) por modo

O setor aéreo é dividido em transporte de passageiros e carga. Este setor é tratado separadamente por apresentar características bastante diferenciadas e um consumo específico muito mais alto em relação aos demais setores de transporte. Os principais parâmetros considerados são: consumo específico e passageiro-km (para passageiros) e, toneladas-km (para carga). Na análise da demanda, os combustíveis considerados para a definição do consumo são: querosene e gasolina de aviação. Os dados de nível de atividade (pass-km e ton-km) para o ano base são do Departamento de Aviação Civil (DAC). Os dados de intensidade energética são

Transporte Aéreo  
Equação Básica para Cálculo de Demanda  
(Análise por nível de atividade)

Aéreo Passageiro: Consumo final = (população) (pass.km por pessoa)  $\left[ \sum_{tec} (\% tec)(ce) \right]$

onde  
pass.km = passageiro.quilômetro  
% tec = participação da tecnologia (gasolina ou querosene) no total de ton.km  
ce = consumo específico

Aéreo Carga: Consumo final = (população) (ton.km por pessoa)  $\left[ \sum_{tec} (\% tec)(ce) \right]$

onde  
ton.km = tonelada.quilômetro  
% tec = participação da tecnologia (gasolina ou querosene) no total de ton.km

embasados em valores de consumo específico médio de frotas nacionais e internacionais, e no consumo de combustível pelo setor transporte aéreo.

O princípio geral da evolução da demanda de energia está baseado na associação de indicadores de consumo unitário ou específico do tráfego de pessoas e mercadorias previamente distinguidas por modo de transporte. Cada tipo de tráfego indica uma lógica particular e de determinação autônoma: o crescimento econômico e demográfico estabelecem os deslocamentos de pessoas, e o valor adicionado ou valor da produção setorial delimita o tráfego de mercadorias, por meio dos coeficientes de elasticidade-renda dos diferentes modos.

Estas variáveis e parâmetros que determinam a demanda de energia são estimados em passageiros-quilômetros e toneladas-quilômetros para os deslocamentos de pessoas em veículos coletivos e de mercadorias, respectivamente.

### 2.2.2. Setor Residencial

O setor residencial do Modelo de Projeção de Demanda associa as necessidades energéticas das residências às atividades domésticas.

A heterogeneidade do tecido social e a disparidade dos modos de vida levam a uma grande disparidade nos níveis de satisfação das necessidades de energia. A identificação das categorias de comportamento energético homogêneo constitui uma análise prévia a todo o exercício de simulação.

O Setor Residencial é subdividido primeiro em urbano e rural. Os diversos usos de energia são considerados: cocção, refrigeração, água quente e outros (usos elétricos, incluindo eletrodomésticos diversos, ar condicionado e iluminação).

No seu conjunto, o setor residencial consome diretamente eletricidade, gás natural, GLP, lenha, querosene, carvão vegetal, querosene iluminante e energia solar.

Para simular o consumo de energéticos no setor residencial utiliza-se a variável população, número de domicílios, consumo específico para cada uso e a saturação dos usos. Os dados são de diversas fontes governamentais e privadas (e.g., empresas do setor elétrico).

Setor Residencial  
Equação Básica para Cálculo de Demanda  
(Análise por nível de atividade)

$$\text{Consumo final} = (\text{número de residências}) \left[ \sum_{uf} (\% \text{ uf}) \left[ \sum_{tec} (\% \text{ tec})(ce) \right] \right]$$

onde  
número de residências = (população) (habitantes por residência)  
% uf = participação do uso final (cocção, água quente, outros usos, etc.)  
% tec = participação da tecnologia (elétrico, gás natural, lenha, etc) por uso final

### 2.2.3. Setor Comercial e Público

Este setor representa um conjunto bastante diversificado de atividades econômicas especializadas, tais como: administração pública, comercialização de bens e serviços, educação, restaurantes, hotelaria, etc.

A heterogeneidade econômica do setor induz a uma grande disparidade de comportamentos energéticos ligados à especificidade dos principais determinantes da demanda (superfície, população escolar, empregos, etc.), e à especialização dos usos de energia segundo os gêneros de atividade (cocção, água quente, aquecimento ambiental e eletricidade específica<sup>4</sup>).

A definição das categorias homogêneas de consumo de energia à luz das variáveis explicativas e dos usos é necessária do ponto de vista analítico, mas limitada pela escassez de estatística sobre a matéria.

Por este motivo, o Setor Comercial e Público é tratado de forma mais simples. O consumo de energéticos é separado em eletricidade e calor. O calor pode ser gerado pela combustão de diversos energéticos (gás natural, GLP, diesel, biodiesel, óleo combustível, carvão vegetal, lenha e querosene).

---

<sup>4</sup> Eletricidade específica inclui usos para climatização, iluminação, aparelhos elétricos, elevadores e outros.

Os parâmetros para a simulação do setor consideram a participação do setor no PIB nacional e sua intensidade energética (Energia/R\$).

Setor Comercial e Público

Equação Básica para Cálculo de Demanda  
(Análise por nível de atividade)

$$\text{Consumo final} = (\text{PIB do setor}) \left[ \sum_{uf} (\% uf) \left[ \sum_{energ} (\% energ)(ce) \right] \right]$$

onde  
 PIB = produto interno bruto  
 % uf = participação do uso final (calor, eletricidade)  
 % energ = participação do energético (elétrico, gás natural, lenha, etc) por uso final

#### 2.2.4. Setor Industrial

O Setor Industrial é desagregado nos sub-setores: cimento e cerâmica; mineração e pelotização; química; alimentos e bebidas; têxtil; outras indústrias; e, setor energético.

O tratamento para cada um dos sub-setores industriais é parecido com aquele dado ao setor comercial e público, dividindo-se o consumo de energéticos em eletricidade e calor. O calor é gerado pela queima de vários combustíveis (gás natural, diesel, biodiesel, GLP, óleo combustível, lenha, carvão vegetal e bagaço). São considerados diferentes níveis de co-geração para cada sub-setor industrial.

Nos sub-setores industriais, o parâmetro é a participação de cada sub-setor no valor adicionado industrial. Conseqüentemente, os parâmetros para a intensidade energética também variam de sub-setor para sub-setor e são expressos em energia/R\$. A intensidade energética para cada sub-setor é calculada usando-se como referência o consumo de cada sub-setor no ano base, conforme indicado no BEE-RN.

Setor Industrial

Equação Básica para Cálculo de Demanda  
(Análise por nível de atividade)

Por valor de produção:

$$\text{Consumo final} = (\text{PIB do setor}) \left[ \sum_{uf} (\% uf) \left[ \sum_{energ} (\% energ)(ce) \right] \right]$$

onde  
 PIB = produto interno bruto  
 % uf = participação do uso final (calor, eletricidade)  
 % energ = participação do energético (elétrico, gás natural, lenha, etc) por uso final  
 ce = consumo específico em termos de unidade de energia por R\$.

### 2.2.5. Setor Agropecuário

O setor agropecuário no Modelo de Projeção da Matriz agrupa as atividades de cultura do solo, silvicultura, pecuária, carnicultura, etc., e os principais usos energéticos ligados a estas atividades.

A demanda energética deste setor resulta de um conjunto de determinantes econômicos e técnicos que variam segundo hipóteses de cenário de evolução: valor adicionado, volume e estrutura da produção (composição e rendimentos dos equipamentos e das fontes de energia).

O Setor Agropecuário é tratado de forma agregada, sendo o consumo energético dividido em: calor, combustível motor e usos elétricos. Os parâmetros para simulação são: participação do setor no PIB e intensidade energética (energia/R\$). Os principais combustíveis são: diesel, GLP, lenha, óleo combustível e eletricidade.

Setor Agropecuário  
Equação Básica para Cálculo de Demanda  
(Análise por nível de atividade)

$$\text{Consumo final} = (\text{PIB do setor}) \left[ \sum_{uf} (\% \text{ uf}) \left[ \sum_{energ} (\% \text{ energ})(ce) \right] \right]$$

onde  
PIB = produto interno bruto  
% uf = participação do uso final (calor, combustível motor, usos elétricos)  
% energ = participação do energético (diesel, lenha, eletricidade, etc) por uso final

### 2.2.6 Geração Elétrica

O Setor de Geração Elétrica (consumo intermediário) simula a oferta de eletricidade de usinas eólicas e termoelétricas a gás natural ou nucleares. A co-geração é tratada nos setores onde esta ocorre.

O consumo de gás natural ainda é limitado, porém, existe a expectativa de um forte incremento do consumo num futuro próximo, com a implementação de uma política ativa de difusão desse energético e considerando a possibilidade de importação GNL.

Os combustíveis fósseis na geração elétrica são normalmente utilizados em complementação térmica. Na prática, isto significa que seu uso pode variar bastante de acordo com os regimes pluviométricos. Em anos ou períodos de chuvas acima da média histórica, o uso de combustíveis fósseis costuma ser significativamente

menor. No entanto, este não é caso da Termoação, a maior termoelétrica a gás natural do Rio Grande do Norte, que deve entrar em operação em breve. Como ela também fornecerá vapor para ser injetado em campos de petróleo, seu funcionamento será constante e próximo à sua capacidade máxima de utilização.

Devido a estas peculiaridades e pela própria complexidade da simulação de geração de eletricidade, optou-se por representar no LEAP uma oferta de eletricidade simplificada, indicando um conjunto de usinas disponíveis e suas características técnicas, de acordo com as informações do setor elétrico brasileiro.

### **3. CENÁRIOS MACROECONÔMICOS ADOTADOS**

O Modelo de Projeção da Matriz utiliza três cenários prospectivos distintos para o Rio Grande do Norte, cujas características são descritas no “Relatório de Sistematização dos Cenários Energéticos para o Rio Grande do Norte”, deste projeto. Estes cenários são chamados de **Neoliberal**, **Planejamento Energético e Planejamento Regional e Energético**.

#### **3.1. Cenário Neoliberal ou Tendencial**

A manter-se a tendência atual de desregulamentação do setor energético sem definição clara de atribuições e responsabilidades, ficam muito restritas as possibilidades do País ou do Rio Grande do Norte implementarem um planejamento dentro de uma lógica integrada e unificada para o setor. Neste cenário, o setor permanece uma mescla confusa de controle parcial do Estado e de sistema de mercado, com uma estrutura regulatória pouco clara e obstruída por indefinições sobre os papéis e funções das diversas entidades reguladoras, governo, empresas públicas e privadas. Neste contexto, não se desenvolve uma lógica integrada ou uma visão unificada do setor para o futuro. As iniciativas do governo no campo energético restringem-se a respostas fragmentadas e imediatistas à crise de energia elétrica que assolou o País recentemente e que, segundo especialistas, pode retornar em breve.

Com a privatização e verticalização do setor promovida nos anos 90, a iniciativa privada passou a ser preponderante na distribuição de energia elétrica no País e, sobretudo no Nordeste. O governo federal incumbiu-se de gerir os contratos de venda de energia das empresas de geração, que, em sua maioria, permanecem estatais, para as de distribuição, privatizadas. O

mesmo governo federal também organiza os leilões de energia que suprem a demanda excedente, não atendida pelos contratos. No Nordeste, tanto nos contratos como nos leilões, estas distribuidoras acabaram conseguindo comprar eletricidade a preços convidativos, sobretudo da Companhia Hidrelétrica do rio São Francisco (Chesf). Até o momento, o Rio Grande do Norte é um estado fortemente importador de energia elétrica do sistema interligado nacional.

Como herança do Programa Prioritário de Térmicas (PPT) do governo anterior, o Rio Grande do Norte contará com geração térmica própria a partir de 2008, quando deve entrar em operação a usina de Termoçu. Além de eletricidade, a unidade produzirá vapor para ser injetado nos poços de petróleo do Estado, com o objetivo de facilitar a extração, já que a produção potiguar do produto declinou nos últimos anos. Segundo os planos traçados, todo o Nordeste deve ter um, nos próximos anos, um forte incremento da geração térmica a gás natural, que seria garantido por uma rede nacional de gasodutos ou por plantas regaseificadoras de GNL importado. É um contexto que privilegia o desenvolvimento de gás no Estado, seja pela produção própria ou pela importação, e não favorece a diversificação de fontes energéticas.

A **geração eólica** vem se desenvolvendo no Estado como fruto do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), um programa federal que garante a compra da energia gerada por fontes eólicas, biomassa ou pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), a preços subsidiados e acima do mercado. No Rio Grande do Norte, o programa já propiciou a instalação de um pequeno parque eólico, além de diversas outras centrais eólicas que estão em processo de outorga pela Aneel. Ou seja, no cenário tendencial, haverá expansão da energia eólica e, portanto, com um certo aumento de diversificação.

Produzido nas áreas litorâneas onde existem condições climáticas mais favoráveis, o álcool combustível propicia uma modesta co-geração elétrica. Suas possibilidades de expansão no Estado são pequenas e dependem

essencialmente de aumentar a produtividade, uma vez que não há margem para expansão da área plantada.

O Rio Grande do Norte conta com expressiva produção de petróleo e gás desenvolvida basicamente pela Petrobras. No entanto, esta produção vem sendo decrescente nos últimos anos. No entanto, a maior parte corresponde a campos maduros que vem apresentando produção decrescente. A injeção de vapor nos poços, a partir de 2008, tende a reverter, ao menos parcialmente, este processo de queda da produção, mas as previsões da Petrobras são de que esta reversão dure apenas cerca de uma década.

A lenha é largamente consumida no Estado, mas, infelizmente, sua exploração, via de regra, não é feita em bases sustentáveis, provocando fortes pressões ambientais. Setores significativos da população, entretanto, dependem de atividades que utilizam a lenha como energético, por ser o de mais baixo custo. São os setores menos favorecidos, sobretudo os domicílios rurais, onde ainda é muito difundido o uso da lenha para cocção, as cerâmicas, que têm importante papel na geração de emprego, e as caieiras, setores econômicos onde predominam empreendimentos informais ou com baixo nível de capitalização.

Nesse contexto, a substituição da lenha por outros energéticos depende de uma forte intervenção governamental, com financiamento à pesquisa, desenvolvimento e introdução de tecnologias alternativas e um amplo programa de estímulos e apoio à substituição da lenha por outros energéticos, sobretudo o gás. Sem isso, medidas que se restrinjam a reprimir as práticas ilegais de exploração da lenha não terão resultados satisfatórios, podendo inclusive gerar fortes tensões, dada a importância social da lenha.

Em função disso, neste cenário tendencial de reduzida intervenção do Estado no planejamento do setor energético, o futuro da lenha é sombrio no Rio Grande do Norte. Além do uso de espécies protegidas, o trabalho de campo realizado para o presente estudo verificou que a sobre-exploração já faz com que se queimem galhos com diâmetro cada vez menor, o que indica o corte de árvores ainda não maduras ou ainda não recuperadas de podas

anteriores. Nesse contexto, o cenário liberal tendencial se traduziria numa aceleração do processo de desertificação que já afeta amplas áreas do semi-árido, tornando a região ainda menos propícia para qualquer tipo de cultivo. Ao mesmo tempo, com a redução da lenha disponível para a exploração, sem apoio público para fazer a transição para outras fontes de energia, as atividades econômicas que dependem da lenha entrariam em crise, agravando os problemas sociais.

As iniciativas dirigidas a incentivar o uso mais eficiente e a conservação da energia são promovidas no Estado por instituições ligadas ao governo federal, sobretudo por meio do Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet) e do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel). Via de regra, os consumidores e grande parte da sociedade, não dão atenção maior para a necessidade da produção e uso da energia de forma sustentável.

A economia do Estado vinha crescendo com taxas superiores ao do nordeste nas últimas décadas. No entanto, esta tendência foi revertida nos últimos anos. Assim entre 2001 e 2004 o RN cresce menos que a média do Nordeste. Este crescimento decepcionante dos últimos anos pode ser explicado, ao menos parcialmente, pelo fato que a produção de petróleo e gás está caindo.

### **3.2 – Cenário Setorial Energético**

Neste cenário, o Estado recupera o importante papel que teve no planejamento energético do País até antes da chamada “reforma liberal” dos anos 90. Este planejamento foi responsável por grandes avanços técnicos alcançados no setor, como a interligação do sistema elétrico nacional, a análise dos impactos ambientais ocasionados pela produção de energia, o Pró-álcool, e todo o desenvolvimento de tecnologias para a exploração em águas profundas, que tornaram o País vanguarda nesta área. Neste cenário em que o Estado reassume o planejamento do setor, exploram-se as possibilidades e implicações de uma política coordenada pelo governo federal e estadual com o objetivo de desenvolver o potencial energético do

Rio Grande do Norte. Nele o governo aprende com o passado e busca soluções considerando arranjos cooperativos com novos atores, com ampla participação da iniciativa privada.

As lições do “apagão” mostram a importância de novas visões sobre o futuro. Com a reforma liberal, a coordenação das decisões deixou de existir na prática e complexidade da questão energética foi esquecida. O modelo de desregulação priorizou a maximização do lucro individual, a “taxa de retorno”, a “lógica do mercado”. Este estilo de governar criou fortes irresponsabilidades e incertezas que prejudicaram todas as partes interessadas - consumidores, geradores, políticos, investidores, e distribuidoras. A complexidade do setor energético exige uma coordenação que coloque o bem comum do conjunto da sociedade (incluindo as empresas que atuam no setor) acima dos interesses individuais das empresas privadas que atuam nas várias etapas do processo.

No cenário setorial energético, a liderança ativa do Estado emerge como uma força para direcionar rumos da energia. Trabalhando em conjunto com todos os atores relevantes, será criada uma visão organizada sobre as alternativas energéticas futuras que se tornarão um ponto de referência para as tomadas de decisão. O estado poderá, diretamente ou em parcerias com a iniciativa privada, promover certas ações consideradas prioritárias no âmbito energético.

A atividade em torno da mitigação do efeito estufa, a prioridade para as energias limpas, além da conservação e eficiência energética serão importantes referências para todo este planejamento. A energia nuclear terá seu papel para diversificar a geração elétrica sem aumentar significativamente o efeito estufa. A co-geração de eletricidade será fomentada. Os governos federal, estadual e municipal irão fomentar a utilização da energia solar em uma escala local. Os biocombustíveis renováveis entram fortemente no transporte individual e de cargas.

### **3.3 Cenário de Planejamento Regional e Energético**

Visando a construção de uma nação solidária e coesa, este cenário considera que a superação das desigualdades sociais e regionais é uma questão central a ser priorizada pelo planejamento do Estado. Assim serão aliados estes pressupostos com aqueles empregados no cenário “Planejamento Energético” visando, em especial, fomentar a produção de biocombustíveis no sertão semi-árido com projetos de agricultura familiar para permitir a inclusão social dos participantes.

Este cenário procura resgatar o importante papel que o planejamento regional teve no País até que o final dos anos 80, em especial com a ação da Sudene que permitiu ao Nordeste reduzir sua defasagem econômica e social em relação às áreas mais desenvolvidas do Sul e Sudeste do País. A política energética, neste cenário, será traçada e implementada de forma integrada com a política nacional de desenvolvimento regional, formulada pelo Ministério da Integração Nacional e, em especial, com as estratégias e ações sugeridas pelo Plano Estratégico para o Desenvolvimento Sustentável no Nordeste.

Neste cenário exploram-se as possibilidades e implicações de uma política coordenada pelos governos federal -- através do Ministério das Minas e Energia (MME) e Ministério da Integração Nacional (MIN) --, e estadual, com vistas ao desenvolvimento do potencial energético do Rio Grande do Norte, inclusive no sertão semi-árido. Nesta área, a produção de biodiesel será estimulada com o objetivo de promover a inclusão social, a redução das desigualdades e da pobreza e a sustentabilidade do meio ambiente que assegura a continuidade do processo econômico e a qualidade de vida da população. A ação governamental buscará fomentar a competitividade da produção de biocombustíveis. Para o Rio Grande do Norte deve-se estudar a necessidade de uma política diferenciada de preços mínimos para os produtos gerados no semi-árido (mamona, girassol, etc), ao menos enquanto a região não conseguir chegar a níveis competitivos de produtividade.

No cenário de planejamento regional e energético, a liderança ativa do Estado, através da Sudene, MME, e governo estadual, emerge como uma força para direcionar rumos do desenvolvimento sustentado. Trabalhando em conjunto com todos os atores relevantes, o Estado será peça chave para a elaboração de uma visão organizada, integrada e ampla sobre as alternativas energéticas que permitam a inclusão social. Diretamente ou em parcerias com a iniciativa privada, o Estado promoverá ações consideradas prioritárias no âmbito do desenvolvimento regional e energético.

As ações voltadas a promover o desenvolvimento sustentado e a forte prioridade para a conservação e as energias limpas serão importantes referências neste cenário. A energia nuclear terá seu papel na diversificação da geração elétrica sem aumento significativo do efeito estufa. A co-geração de eletricidade e a geração distribuída serão fomentadas. O uso da lenha como combustível será progressivamente limitado a certas condições especiais, ao mesmo tempo em que

se implementam programas para apoiar a transição para outras fontes energéticas, levando-se em conta o importante papel desse combustível em parcelas significativas das camadas mais pobres. Este cenário favorece os estímulos à eficiência energética (por meio, por exemplo, de apoio à difusão da arquitetura bioclimática, que aproveita a luz natural e reduz a necessidade de climatização ambiental), assim como às energias renováveis (legislação que estimule ou induza ao uso de energia solar para aquecimento de água ou ao aproveitamento de resíduos agrícolas como combustíveis, em cerâmicas, por exemplo). Os biocombustíveis renováveis entram fortemente no transporte, tanto no público, como no individual ou de cargas. Haverá políticas voltadas a estimular a difusão e incorporação de tecnologias poupadoras de energia e água para a irrigação ou uso domésticos e industriais. Este cenário está em forte consonância com o aumento das preocupações internacionais com o aquecimento global.

#### **4. SETORIZAÇÃO DOS CENÁRIOS**

##### **4.1. SETOR TRANSPORTE**

O setor de transporte é o maior consumidor de derivados de petróleo e biocombustíveis do Rio Grande do Norte, o que favoreceu para o maior detalhamento no Modelo de Projeção de Demanda. Os sub-setores analisados foram: Individual e Diversos. Coletivo, Aéreo e Outros Carga.

##### **4.1.1 Transporte Individual**

O transporte individual é tratado pela frota de veículos e dividido em: automóveis, comerciais leves e motos. Os veículos são desagregados pelo tipo de combustível utilizado (gasolina C, múltiplos combustíveis, álcool hidratado, diesel e gás natural). Os parâmetros para simulação do transporte individual são as estimativas de quilometragem média anual e consumo específico. São, também, observados os percentuais de álcool anidro na gasolina C e de biodiesel no diesel.

##### **Hipóteses Gerais para o Transporte Individual:**

A venda de novos automóveis, comerciais leves e motos é projetada conforme a variação do PIB ajustado por um coeficiente de elasticidade-renda. No ano base (2004) a frota de transporte individual, considerando os diversos tipos de veículos

(autos, comerciais leves e motos), e combustíveis (gasolina c, álcool hidratado, diesel e GNV), foi de 288 mil veículos passando em 2030 para 1182 mil de veículos no cenário Neoliberal, 1479 mil no Planejamento Energético e 1562 mil no Planejamento Regional e Energético. O sucateamento dos veículos da frota é determinado pela curva de sobrevivência. A taxa de motorização (veículos por 1000 habitantes) está conforme os padrões esperados para um país de nível de renda intermediário.

<b>Frota - Cenário Neoliberal</b>	<b>2004</b>	<b>2015</b>	<b>2030</b>
<i>Automóveis (mil)</i>	171,659	263,147	547,611
<i>Comerciais Leves - CL (mil)</i>	32,760	53,978	136,173
<i>Total de veículos (mil)</i>	204,419	317,125	683,734
<i>População (milhões)</i>	2,9370	3,2918	3,7423
<i>Taxa Motorização (autos+CL)</i>	70	96	183

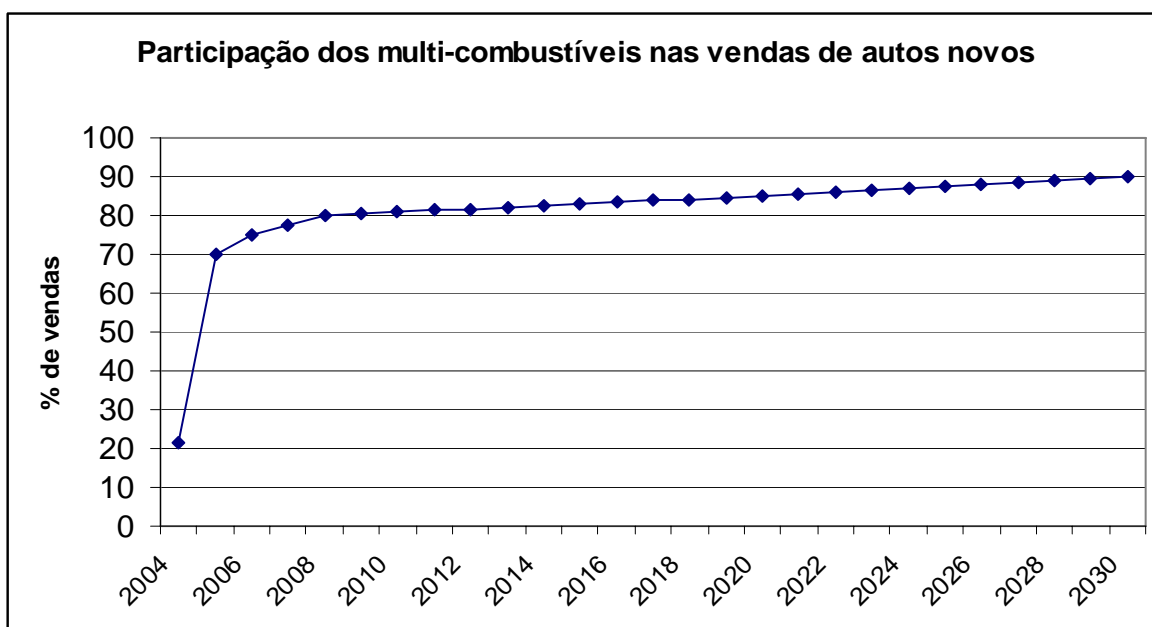
<b>Frota - Cenário Planejamento Energético</b>	<b>2004</b>	<b>2015</b>	<b>2030</b>
<i>Automóveis (mil)</i>	171,659	275,654	691,109
<i>Comerciais Leves - CL (mil)</i>	32,760	56,717	173,492
<i>Total de veículos (mil)</i>	204,419	332,371	864,601
<i>População (milhões)</i>	2,9370	3,2918	3,7423
<i>Taxa Motorização (autos+CL)</i>	70	101	231

<b>Frota - Cenário Planejamento Regional Energ.</b>	<b>2004</b>	<b>2015</b>	<b>2030</b>
<i>Automóveis (mil)</i>	171,659	278,800	731,297
<i>Comerciais Leves - CL (mil)</i>	32,760	57,406	183,971
<i>Total de veículos (mil)</i>	204,419	336,206	914,268
<i>População (milhões)</i>	2,9370	3,2918	3,7423
<i>Taxa Motorização (autos+CL)</i>	70	102	245

- Considerando os dados recentes de vendas de veículos de transporte individual, adotou-se hipóteses de participação relativa dos diversos veículos. A participação nas vendas dos comerciais leves sai de 8% em 2004 para 12% em 2030. As participações relativas nas vendas dos veículos individuais são iguais nos três cenários.

<b>Vendas Participação relativa</b>	<b>2004</b>	<b>2015</b>	<b>2030</b>
Autos	44	44	43
Comerciais Leves - CL	8	10	12
Motos	48	46	45
Total	100	100	100

- Os veículos multi-combustíveis<sup>5</sup> aumentam sua participação no transporte individual, pois vêm apresentando um considerável aumento das vendas de autos e comerciais leves. As montadoras já indicaram que pretendem, num curto prazo, produzir quase que apenas veículos multi-combustíveis para o caso de autos. Assume-se para o veículo especializado em álcool hidratado, terá partir de 2006 vendas insignificantes, e que em 2010 não haverá venda de veículos novos movidos apenas a álcool. Estes veículos serão substituídos pelos multi-combustíveis. No caso de autos a gasolina, a venda diminuirá com o aumento da participação dos multi-combustíveis e ficará restrita a 8% em 2030, para representar possíveis importações ou fabricantes que relutem em adotar a tecnologia multi-combustíveis. O crescimento da participação dos multi-combustíveis nas vendas de autos novos adotado neste trabalho está apresentado no gráfico abaixo.



- Os veículos que utilizam a gás natural veicular – GNV, aumentam ligeiramente sua participação relativa na frota de transporte individual. A frota de veículos a GNV vem crescendo rapidamente no Brasil, em especial, a frota de veículos leves comerciais e táxis. Este fenômeno é decorrente de um custo de combustível menor que o álcool ou a gasolina. Assume-se, portanto, que a frota de veículos movidos à GNV tende a se estabilizar

<sup>5</sup> Veículos que foram fabricados ou adaptados para funcionar com ao menos dois dos seguintes combustíveis: gasolina c (gasolina a + álcool anidro), álcool hidratado e gás natural.

devido ao preço relativo maior do GNV. As diferenças de participação entre os cenários são mínimas.

<b>Participação na frota de veículos utilizando GNV – Cenário Neoliberal</b>	<b>2004</b>	<b>2015</b>	<b>2030</b>
<i>Autos</i>	13,9%	15,5%	17,1
<i>Comercial leve</i>	9,8%	10,9%	12,2%

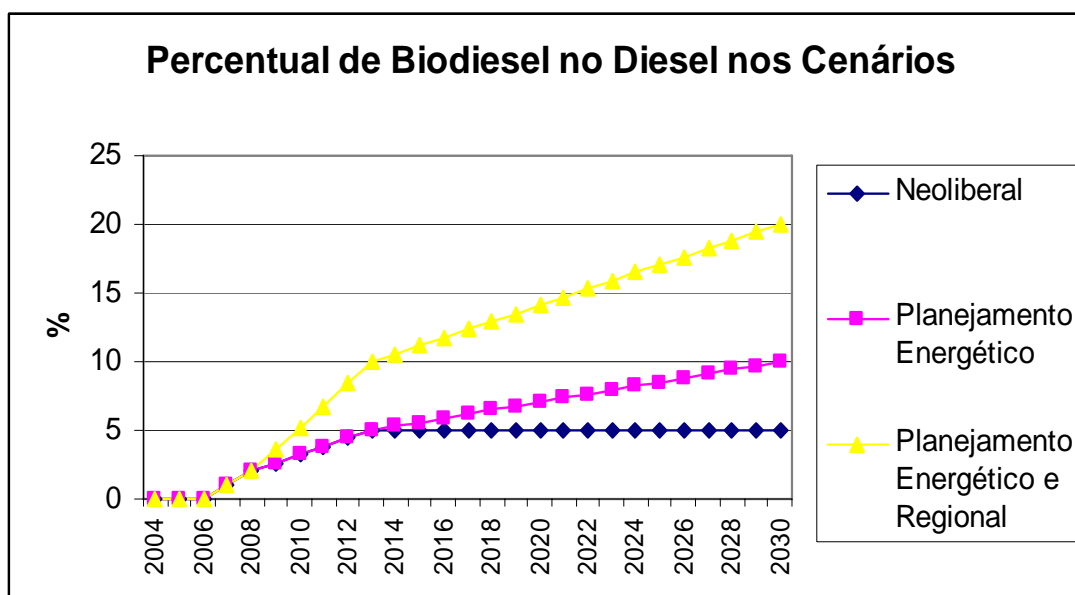
  

<b>Participação na frota de veículos utilizando GNV – Cenário Planejamento Energético</b>	<b>2004</b>	<b>2015</b>	<b>2030</b>
<i>Autos</i>	13,9%	15,5%	17,2
<i>Comercial leve</i>	9,8%	11,0%	12,3%

<b>Participação na frota de veículos utilizando GNV – Cenário Planejamento Regional Energético.</b>	<b>2004</b>	<b>2015</b>	<b>2030</b>
<i>Autos</i>	13,9%	15,5%	17,2
<i>Comercial leve</i>	9,8%	11,0%	12,3%

- O percentual de álcool anidro misturado na gasolina C é de 25% no período. O porcentual de biodiesel adicionado no diesel em todo setor transporte varia conforme o cenário. No cenário Neoliberal será o mesmo exigido pela legislação vigente, 2% em 2008 e 5% de 2013, em diante. Nos outros dois cenários a participação será maior. As metas de participação do biodiesel no diesel serão alcançadas com períodos de ajustamento e adaptação, conforme indicado na curva abaixo.



- O consumo específico do ano base para o transporte individual nas diversas categorias de veículos são os da tabela abaixo. Estes valores, como no caso da gasolina, foram cotejados com referência internacional.

<i>MJ por 100 km</i>	<b>Auto</b>	<b>Comercial Leve</b>	<b>Motos</b>
<b>Gasolina A</b>	335	350	122
<b>Álcool Anidro</b>	232	241	85
<b>Gás Natural</b>	269	280	-
<b>Álcool Hidratado</b>	253	269	-

- Melhoria da eficiência energética do transporte individual. O consumo específico dos veículos de transporte individual tem uma melhoria de -1% ao ano até 2010 e de -0,4% ao ano de 2010 a 2030 no cenário Neoliberal e de -1% ao ano até 2010 e de -0,6% ao ano de 2010 a 2030 nos outros dois cenários.

#### 4.1.2. Transporte Diversos

##### 4.1.2.1. Transporte Coletivo de Passageiros

O transporte coletivo de passageiros abrange os modos: ônibus urbanos, interurbanos e trem de subúrbio. A unidade usada para indicar o nível de atividade do sub-setor é o pass-km (passageiro por quilômetro transportado).

##### **Hipóteses Gerais para Transporte Coletivo**

- A atividade do setor cresce de acordo com a população. Assume-se que a mobilidade per capita (i.e., o número de quilômetros percorridos por pessoa anualmente em transporte coletivo terrestre) não varia no período de estudo nem entre os cenários contemplados. No ano 2004 o nível de atividade do transporte coletivo é de 2530 milhões de pass-km, passando para 2836 milhões de pass-km em 2015 e, 3223 milhões de pass-km em 2030. Aumenta ligeiramente a participação relativa do transporte em trens de subúrbio – passando de 0,3 % em 2004 para 3% em 2030.

<b>Cenários Neoliberal, Planejamento Energético e Planejamento Regional Energ.</b>	<b>2004</b>	<b>2015</b>	<b>2030</b>
<i>Total Transportado (milhões pass-km)</i>	2530	2836	3224
<i>% Trens</i>	0,3	1,4	3,0
<i>% Ônibus Urbanos e Intermunicipais</i>	78,6	77,1	75,0
<i>% Ônibus Interestadual e Internacional</i>	21,1	21,5	22,0

- Intensidades energéticas de consumo por pass-km são mantidas constantes. Assume-se que o aumento na eficiência por assento disponível (passageiro em potencial), seja anulada pela menor ocupação (passageiro efetivo por veículo) e pelo maior conforto proporcionado por equipamentos que consomem energia como, por exemplo, ar condicionado.

<b><i>Intensidade Energética (MJ/pass-km)</i></b>	<b><i>2004-2030</i></b>
<i>Trens de Suburbio</i>	<i>0,69</i>
<i>Ônibus Urbanos</i>	<i>0,87</i>
<i>Ônibus Interestadual</i>	<i>0,51</i>

#### **4.1.2.2. Transporte de Carga**

O transporte de carga abrange os modos: rodoviário, ferroviário e aquaviário. A unidade utilizada para indicar o nível de atividade do sub-setor é ton-km (toneladas transportadas por quilômetro).

#### ***Hipóteses Gerais para Transporte de Carga:***

- Setor cresce conforme o crescimento do PIB.

<b><i>Total Transportado (milhões ton-km)</i></b>	<b><i>2004</i></b>	<b><i>2015</i></b>	<b><i>2030</i></b>
<i>Cenário Neoliberal</i>	<i>7734</i>	<i>12075</i>	<i>22061</i>
<i>Cenário Planejamento Energético</i>	<i>7734</i>	<i>13560</i>	<i>29701</i>
<i>Cenário Planejamento Regional Energ.</i>	<i>7734</i>	<i>13832</i>	<i>31918</i>

- As informações sobre a atividade do setor estão em toneladas-quilômetros. Para o transporte rodoviário utilizou-se os percursos médios e tonelagem transportada inferidos de outras pesquisas e informações sobre a frota existente de caminhões do Rio Grande do Norte. Por hipótese, a participação relativa do transporte rodoviário e aquaviário se mantém constante em todos os cenários, conforme tabela abaixo.

<b><i>Participações (%)</i></b>	<b><i>2004</i></b>	<b><i>2010</i></b>	<b><i>2015</i></b>
<i>Rodoviário</i>	<i>98,2</i>	<i>98,2</i>	<i>98,2</i>
<i>Aquaviário</i>	<i>1,7</i>	<i>1,7</i>	<i>1,7</i>

- Os consumos específicos para o setor de transporte rodoviário foram elaborados considerando pesquisas do setor de transporte de carga feitas pela CNT- Confederação Nacional dos Transportes

<b>Consumo Específico (MJ por Ton-Km)</b>	<b>Rodoviário</b>	<b>Aquaviário</b>
<i>Diesel</i>	1.15	0.33
<i>Óleo Combustível</i>	-	0,38

- Intensidades energéticas de consumo por ton-km do transporte de carga diminuem, seguindo uma tendência tecnológica mundial. Para o transporte aquaviário a redução é de -0.5% ao ano; e para o transporte rodoviário é de -0.7% ao ano.

#### 4.1.2.3. Transporte Aéreo

O transporte aéreo abrange passageiros e cargas. As unidades utilizadas para indicar o nível de atividade são pass-km (passageiro–quilômetro) e ton-km (toneladas–quilômetro). No transporte de carga o único combustível considerado é o querosene de aviação. No transporte de passageiros admite-se, também, uma pequena participação da gasolina de aviação.

#### Hipóteses Gerais para Transporte Aéreo:

- O setor cresce conforme o PIB ajustado por uma elasticidade-renda de 1,5 tanto para o transporte de carga como para o de passageiros.

<b>Total Transportado (milhões pass-km)</b>	<b>2004</b>	<b>2015</b>	<b>2030</b>
<i>Cenário Neoliberal</i>	1063	2075	5123
<i>Cenário Planejamento Energético</i>	1063	2469	8003
<i>Cenário Planejamento Regional Energ.</i>	1063	2543	8916

<b>Total Transportado (milhões ton-km)</b>	<b>2004</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>
<i>Cenário Neoliberal</i>	26	52	127
<i>Cenário Planejamento Energético</i>	26	51	199
<i>Cenário Planejamento Regional Energ.</i>	26	63	221

- As intensidades energéticas adotadas para o ano base, estão indicadas na tabela abaixo, mas são apenas uma referência, tendo em vista que os aviões podem se abastecer em diversos aeroportos de sua rota.:

<b>Intensidade Energética</b>	<b>Aéreo Passageiro (MJ/pass-km)</b>	<b>Aéreo Carga (MJ/ton-km)</b>
<i>Querosene de Aviação</i>	2,8	4,6

<i>Gasolina de Aviação</i>	<i>8,0</i>	<i>-</i>
----------------------------	------------	----------

A intensidade energética diminui em todas as categorias: tanto para o transporte aéreo de passageiros quanto para o transporte aéreo de carga que diminui em - 0,5% ao ano.

#### **4.2. O setor industrial**

O setor industrial inclui o setor energético e é tratado por meio da análise por nível de atividade e energia útil. Está desagregado por subsetores que são projetados pela intensidade energética em relação ao PIB. Foram agregados subsetores industriais discriminados pelo Balanço Energético do Rio Grande do Norte, para garantir a consistência dos dados econômicos utilizados<sup>6</sup>. O consumo energético de cada sub-setor industrial é dividido em consumo de eletricidade e calor onde são utilizados os seguintes combustíveis: gás natural, lenha, produtos da cana, diesel, biodiesel, óleo combustível, GLP, carvão vegetal.

#### **Hipóteses gerais para setor industrial:**

- Crescimento do nível de atividade está diretamente ligado ao crescimento do PIB industrial de cada Cenário.
- As intensidades energéticas do Ano Base (2004) em relação ao Valor Adicionado Bruto estão listadas abaixo:

<b>Setor</b>	<b>Unidade</b>	<b>Uso Calor (MJ/Unidade)</b>	<b>Uso Elétrico (MJ/Unidade)</b>
<i>Cimento e Cerâmica</i>	<i>Real</i>	<i>6724.1984</i>	<i>454.776</i>
<i>Mineração</i>	<i>Real</i>	<i>1193.848</i>	<i>62.447</i>
<i>Química</i>	<i>Real</i>	<i>299.101</i>	<i>857.146</i>
<i>Alimentos e Bebidas</i>	<i>Real</i>	<i>2713.786</i>	<i>177.035</i>
<i>Têxtil</i>	<i>Real</i>	<i>757.594</i>	<i>350.738</i>
<i>Outras Indústrias</i>	<i>Real</i>	<i>9.671</i>	<i>25.647</i>
<i>Setor Energético</i>	<i>Real</i>	<i>268.297</i>	<i>107.262</i>

<sup>6</sup> PIA- Pesquisa Industrial Anual - IBGE

- Em todos os cenários e setores industriais, as intensidades energéticas sofrem redução de 0,5% ao ano no uso calor; e, por hipótese, um aumento de 1% ao ano, no uso elétrico<sup>7</sup>.
- Com a ampliação da distribuição de gás natural e a gradual substituição ou adaptação de equipamentos, assume-se que o gás natural ganhe participação relativa nos diversos setores industriais.
- O GLP e a lenha perdem importância relativa na geração de calor. A redução da participação de GLP é decorrente, principalmente, da maior disponibilidade de gás natural. Adotou-se, por hipótese, que a redução da participação da lenha é ocasionada, principalmente, pela maior penetração do gás natural e da redução da oferta de lenha comercial. Assumiu-se que o corte de florestas nativas se torna ainda menos interessante economicamente e a fiscalização coíbe cada vez mais cortes ilegais para produção de lenha comercial. As informações sobre o uso de lenha são relativamente precárias por não terem um controle sistemático de consumo, nos moldes daqueles exercidos pela ANEEL e ANP em suas áreas de competência<sup>8</sup>. A lenha será substituída pelo gás natural e, também, pelo óleo combustível<sup>9</sup>. A redução da participação da lenha nos próximos anos será mais expressiva e rápida nos cenários Planejamento Energético e Planejamento Energético e Regional.
- O bagaço de cana mantém-se relevante, mais perde participação no setor de alimentos e bebidas e no setor energético. Assume-se que a produção de açúcar e etanol combustível continuará gerando volumes expressivos de bagaço e, por isso, o bagaço continuará sendo uma fonte energética significativa para setores onde já possui grande participação. No entanto, existem limitações físicas para o Rio Grande do Norte incorporar novas áreas de plantio, o que prejudica o crescimento do bagaço.

---

<sup>7</sup> A análise dos dados de consumo industrial do Balanço Energético Brasileiro e do valor adicionado industrial mostra uma redução da intensidade energética do uso calor, conforme a tendência internacional. No caso do uso elétrico, mesmo com o racionamento de 2001 (apagão), os dados brasileiros indicam um aumento da intensidade elétrica. Assim entre 1996 e 2004 a intensidade elétrica da indústria em relação ao PIB cresce 1,2% ao ano.

<sup>8</sup> As informações sobre a lenha comercial disponível no Rio Grande do Norte são provenientes da Pesquisa Anual de Extrativismo Vegetal e Silvicultura do IBGE

<sup>9</sup> Ou outro derivado de petróleo pesado produzido pela futura refinaria de Suape..

- A participação da cogeração do ano base está ligada ao uso do bagaço no setor Energético e Alimentos e Bebidas. Paulatinamente haverá cogeração com gás natural no setor Têxtil e Alimentos e Bebidas.

### 4.3. Setor Residencial

O setor residencial é tratado pelo número de domicílios obtidos a partir da população e do número médio de habitantes por domicílio. Este setor é dividido em: domicílios urbanos e rurais.

O consumo de energia em domicílios urbanos é desagregado em aquecimento de água, cocção, refrigeração e outros usos diversos elétricos. No caso do aquecimento de água, considera-se eletricidade, gás natural, GLP e solar. Para cocção considera-se: gás natural, lenha, carvão vegetal e GLP.

O consumo de energia em domicílios rurais, também é desagregado, também, em aquecimento de água, refrigeração, cocção<sup>10</sup> e outros usos elétricos. Além disso, criou-se a categoria usos diversos para a utilização do querosene iluminante e o solar fotovoltaico. O gás natural foi excluído do uso cocção e aquecimento de água rural.

#### Hipóteses Gerais para Setor Residencial:

- A população cresce menos que nas décadas anteriores. Em 2004, a população é de 2,927 milhões; e, em 2030, cresce para 3,742 milhões. Aumenta a participação dos domicílios urbanos, em 2004 representa 76,2% dos domicílios e, em 2030 passam a representar 85,1%.

	2004	2015	2030
<b>População Total (milhões)</b>	2,927	193,0	3,742
<b>% domicílios urbanos</b>	76,2	79,9	85,1
<b>Habitantes por domicílio</b>	3,9	3,2	2,4

<sup>10</sup> A lenha utilizada no consumo residencial é considerada não comercial e corresponde ao energético "lenha catada" recolhida pelos habitantes dos domicílios. As informações sobre o consumo de lenha catada na cocção são bastante precárias. Adotou-se neste trabalho um consumo por domicílio rural compatível com os dados no BEN – Balanço Energético Nacional. O entanto, informações sobre o largo uso de GLP nos domicílios rurais obtidos na POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002 – 2003 indicam que os dados do BEN provavelmente estão superestimados.

- Diminui o tamanho das famílias e o número de domicílios cresce mais que a população. Famílias menores, casais divorciados e solteiros vivendo sozinhos são os principais responsáveis por esta tendência. O número de habitantes por domicílio passa de 3,9 em 2004 para 2,4 em 2030.
- Aumenta a participação do consumo elétrico para outros usos elétricos diversos. Devido aumento da renda, as famílias passam a ter um maior número de eletrodomésticos (e.g., ar condicionado, microondas, computadores, etc.) e adquirem aparelhos que consomem mais energia (e.g., ferro de passar roupa), o que eleva o consumo elétrico nas residências.
- Na área urbana, por hipótese, aumenta a penetração do gás natural substituindo o GLP. No caso do aquecimento de água, a participação cresce de substituindo parte do GLP e parte da eletricidade. A participação da energia solar para aquecimento de água, também aumenta substituindo também o GLP e a eletricidade, especialmente nos cenários Planejamento Energético e Planejamento Energético e Regional.
- Intensidade energética do uso refrigeração de alimentos será mantida constante. Assume-se que o aumento na eficiência das geladeiras será anulada seja pelo aumento da capacidade de armazenamento dos equipamentos seja pela disseminação maior do freezer.

#### **4.4. Setor Comercial e Público**

O setor comercial e público é tratado pela análise, por nível de atividade, através do PIB do setor. O consumo de energia é separado em uso elétrico, uso para geração de calor, sendo este último desagregado nos vários combustíveis.

##### **Hipóteses Gerais para Setor Comercial e Público:**

- O setor cresce conforme o PIB do setor Comercial e Público.
- A intensidade elétrica cresce 1.0 % ao ano entre 2004 e 2030. Isto ocorre pelo maior uso de equipamentos eletro-intensivos (e.g., ar condicionado) e equipamentos de informática (e.g., computadores, impressoras, etc.). A intensidade energética do uso calor diminui em -0,5% ao ano.
- No consumo de calor, aumenta a participação relativa do gás natural, substituindo a lenha, o carvão vegetal, o diesel, o óleo combustível e o GLP.

Sua participação, por hipótese, cresce de 1,7%, em 2004 para cerca de mais de 70%, em 2030 nos diversos cenários. A energia solar passiva para aquecimento de água, por ser uma tecnologia economicamente atraente, também aumenta sua participação no setor de 0,0%, em 2004, para 1,0% no cenário neoliberal, 2% no cenário planejamento energético e 3% no planejamento energético e regional em 2030.

#### **4.5. Setor Agropecuário**

O setor agropecuário é tratado com base na intensidade energética do PIB do setor. Seu consumo energético é dividido em: consumo de eletricidade, consumo de combustível motor e consumo de demais energéticos.

##### **Hipóteses Gerais para Setor Agropecuário:**

- Crescimento conforme o PIB do setor
- Com a modernização cada vez maior da agricultura brasileira, melhora a eficiência de todos os equipamentos usados na agricultura. A intensidade energética dos equipamentos elétricos e motores diesel diminui em -1% ao ano.
- Diminui a participação relativa da lenha e do GLP e aumenta a participação do óleo combustível e, em menor escala, o do gás natural no uso calor. Assume-se, por hipótese, que a menor disponibilidade de lenha e pressão dos ambientalistas leve a uma gradual substituição desta por óleo combustível, que pode ser encaminhado ao setor agropecuário por caminhões, ou seja, sem investimentos muito elevados em nova infraestrutura. Com isto, a participação da lenha que é de 92,0% em 2004, cai em todos os cenários, chegando a 2030 com 50% de participação no cenário neoliberal, com 40%, no cenário planejamento energético e com 30%, no cenário planejamento energético e regional. A intensidade energética do calor **se** reduz **em** 2% ao ano, devido à penetração do óleo combustível, que leva a uma melhora na eficiência na geração de calor.

#### **4.6. O Setor Geração Elétrica**

A demanda elétrica de energia final, resultante da simulação dos setores de consumo, é suprida pela geração de eletricidade, no módulo de transformação.

Este módulo avalia a energia elétrica que o Rio Grande do Norte recebe do chamado Sistema Interligado Brasileiro e a geração local do Estado. Os processos considerados de geração para o Rio grande do Norte foram: Eólica, Turbina a gás, Nuclear e Térmica a óleo diesel.

##### **Hipóteses Gerais para Setor de Geração Elétrica:**

- Há uma redução das perdas por distribuição de cerca de 20% entre 2004 e 2030.
- Por hipótese, foi suposto que em caso de déficit elétrico o RN importa energia do Sistema Interligado e com excedente exporta.
- As principais novas obras térmicas previstas nos cenários de geração (Temoaçu e Nuclear), estarão sempre trabalhando na base, ou seja, próximo a sua capacidade máxima de geração.
- Aumenta a geração eólica em todos cenários. A capacidade instalada atinge em 2030 300 Mw no Cenário Neoliberal, 600 Mw no Cenário Planejamento Energético e 1000 Mw no Planejamento Energético e Regional.
- Em 2018, nos Cenário Planejamento Energético e Planejamento Energético e Regional do Rio Grande do Norte, começa a funcionar sua térmica nuclear de 1300 MW.

## 5. PRINCIPAIS RESULTADOS DAS PROJEÇÕES

### 5.1 - Visão geral dos resultados

A partir dos dados coletados para o ano base do projeto (2004), dos cenários macroeconômicos adotados<sup>11</sup>, dos procedimentos metodológicos indicados e nas hipóteses de cenários detalhadas neste relatório, os principais resultados obtidos estão indicados abaixo.

#### Quadro comparativo dos resultados obtidos com os cenários

Variável	Unidade	2004	Cenários								
			2010			2020			2030		
			Neoliberal	Planej. Energético	Planej. Energético e Regional	Neoliberal	Planej. Energético	Planej. Energético e Regional	Neoliberal	Planej. Energético	Planej. Energético e Regional
<b>Consumo final total</b>	Mil TOE	1600.3	1826.7	1827.9	1837.4	2606	2979.6	3032.3	3709.7	4793.2	5084.3
	% média a.a.		2.2%	2.2%	2.3%	3.1%	4.0%	4.1%	3.3%	4.3%	4.5%
<b>Derivados do Petróleo</b>	Mil TOE	662.9	737.8	761.1	778.6	1032	1175.3	1160.7	1455.1	1839.8	1821.3
	% média a.a.		1.8%	2.3%	2.7%	2.8%	3.6%	3.6%	3.1%	4.0%	4.0%
Diesel	Mil TOE	315.4	364.7	379.1	377.2	513.6	589.4	561.6	712.5	888.7	853.3
	% média a.a.		2.5%	3.1%	3.0%	3.1%	4.0%	3.7%	3.2%	4.1%	3.9%
Óleo Combustível	Mil TOE	1.2	14.2	15.2	31.8	41	55.5	70.8	82.1	136.2	145.4
	% média a.a.		51.0%	52.7%	72.7%	24.7%	27.1%	29.0%	17.6%	20.0%	20.3%
Querosene de Aviação	Mil TOE	58.2	79	85.1	87	144.6	190.2	197.3	242.9	379.5	422.8
	% média a.a.		5.2%	6.5%	6.9%	5.9%	7.7%	7.9%	5.6%	7.5%	7.9%
Querosene Iluminante	Mil TOE	0.5	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0	0	0
	% média a.a.		-3.7%	-3.7%	-3.7%	-5.6%	-5.6%	-5.6%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Gasolina de Aviação	Mil TOE	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.9	1
	% média a.a.		12.2%	12.2%	12.2%	7.1%	9.1%	10.6%	7.1%	8.8%	9.3%
Gasolina Automotiva	Mil TOE	143.5	167.3	168.8	169.6	201.6	207.5	198.5	268	283	247.2
	% média a.a.		2.6%	2.7%	2.8%	2.1%	2.3%	2.0%	2.4%	2.6%	2.1%
GLP	Mil TOE	103.9	112.1	112.4	112.4	130.7	132	131.9	149.1	151.7	151.7
	% média a.a.		1.3%	1.3%	1.3%	1.4%	1.5%	1.5%	1.4%	1.5%	1.5%
<b>Álcool e Biodiesel</b>	Mil TOE	44.7	80.6	82.4	90.3	161.9	201.9	255	272.1	412.7	556.4
	% média a.a.		10.3%	10.7%	12.4%	8.4%	9.9%	11.5%	7.2%	8.9%	10.2%
Álcool Etílico Hidratado	Mil TOE	11.5	30.5	31.5	31.6	89.8	112.3	122.8	175	256.9	301.9
	% média a.a.		17.7%	18.3%	18.3%	13.7%	15.3%	16.0%	11.0%	12.7%	13.4%
Álcool Etílico Anidro	Mil TOE	33.2	38.7	39	39.2	46.6	48	45.9	62	65.4	57.2
	% média a.a.		2.6%	2.7%	2.8%	2.1%	2.3%	2.0%	2.4%	2.6%	2.1%
Biodiesel	Mil TOE	0.0	11.4	11.8	19.5	25.5	41.7	86.3	35.1	90.3	197.4
	% média a.a.		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Gás Natural</b>	Mil TOE	98.1	185.7	198.4	228.9	378	456	489.5	660.4	904.5	957.7
	% média a.a.		11.2%	12.5%	15.2%	8.8%	10.1%	10.6%	7.6%	8.9%	9.2%
<b>Lenha e Derivados</b>	Mil TOE	420.8	310.3	254.1	198	239.2	217.6	170.3	125.8	73	62.9
	% média a.a.		-5.0%	-8.1%	-11.8%	-3.5%	-4.0%	-5.5%	-4.5%	-6.5%	-7.0%
<b>Eletricidade</b>	Mil TOE	259.0	346.1	361.4	367.1	592.4	698.5	718.4	966.2	1271	1368.7
	% média a.a.		5.0%	5.7%	6.0%	5.3%	6.4%	6.6%	5.2%	6.3%	6.6%
<b>Outras Renováveis</b>	Mil TOE	154.9	166.2	170.5	174.6	202.5	230.3	238.4	230.1	292.2	317.2
	% média a.a.		1.2%	1.6%	2.0%	1.7%	2.5%	2.7%	1.5%	2.5%	2.8%
<b>Geração Elétrica*</b>	GWh	30.5	4152	4283	4458	6217	16928	17539	8282	19320	20371
	% média a.a.		127%	128%	130%	39%	48%	49%	24%	28%	28%

\* não inclui a cogeração

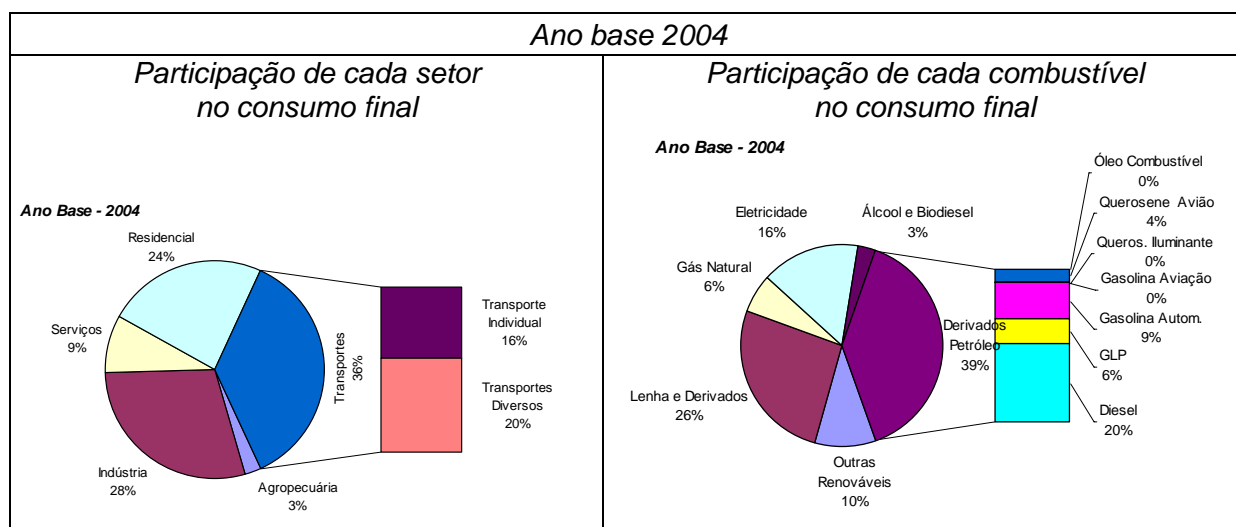
11 Para 2005 e 2006 adotou-se estimativas do PIB

## 5.2. Consumo final<sup>12</sup>

### 5.2.1. Ano Base 2004

O consumo de energia final total no ano base correspondeu a 1.600,3 milhões toneladas de petróleo equivalente. A composição do consumo no ano base 2004, apresentada nas figuras abaixo, mostra que o setor transportes detém o mais elevado índice de participação (36%), estando assim dividido: transportes diversos (20%) e transporte individual (16%). O restante está distribuído entre os setores indústria (28%), residencial (24%), serviços (9%), e agropecuário (3%).

Entre os energéticos, os derivados de petróleo detêm a maior participação (39%), seguidos pela lenha e derivados (26%), eletricidade (16%), outras fontes renováveis (10%), gás natural (6%), além de álcool e biodiesel (3%). Entre os derivados de petróleo, o diesel é o combustível que apresenta maior índice de participação (20%), seguido pela gasolina automotiva (9%), GLP (6%) e do querosene de aviação (4%).

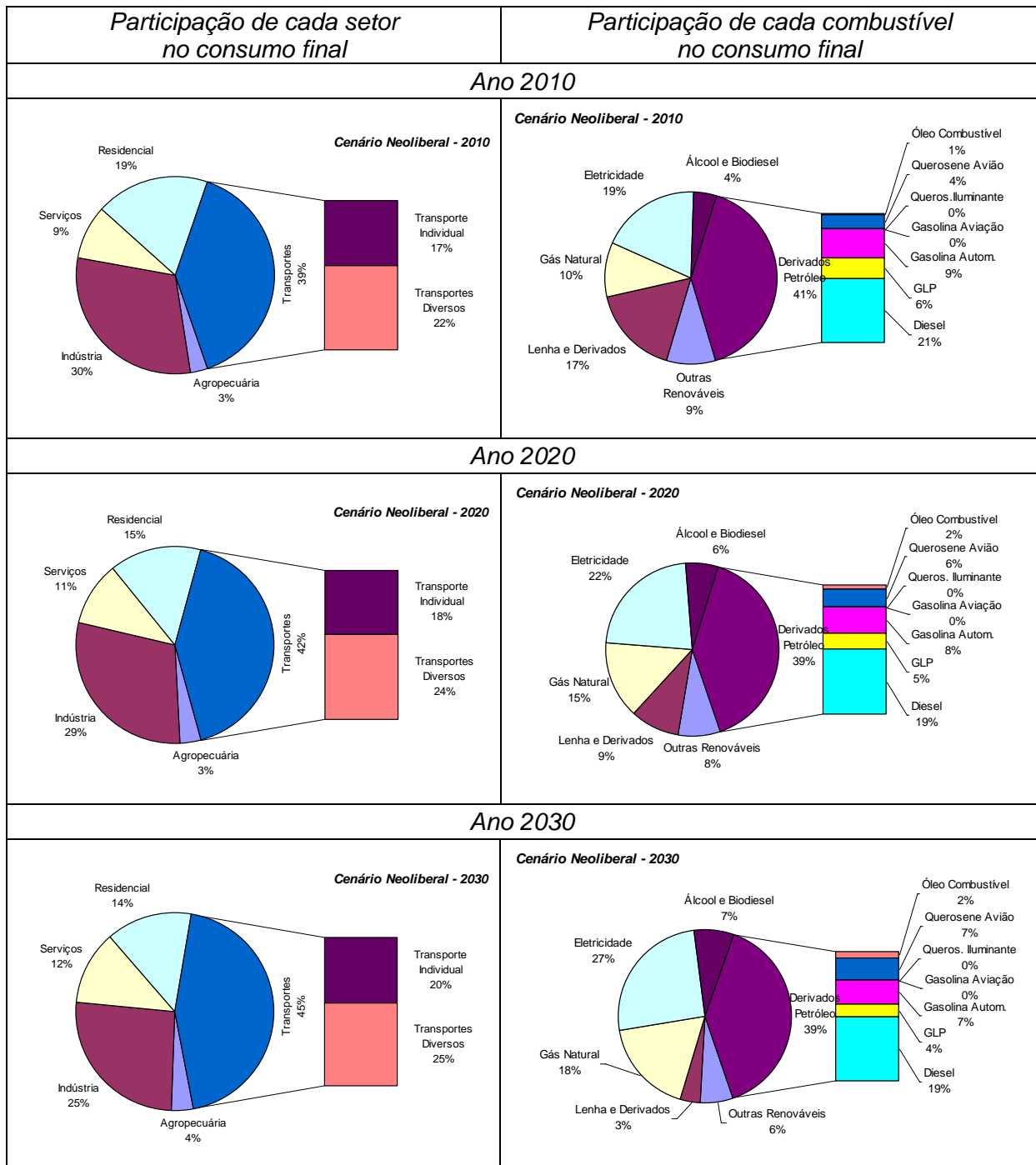


A seguir, apresentamos os gráficos relativos às projeções da demanda de energia por setor e por combustível para os três cenários macroeconômicos.

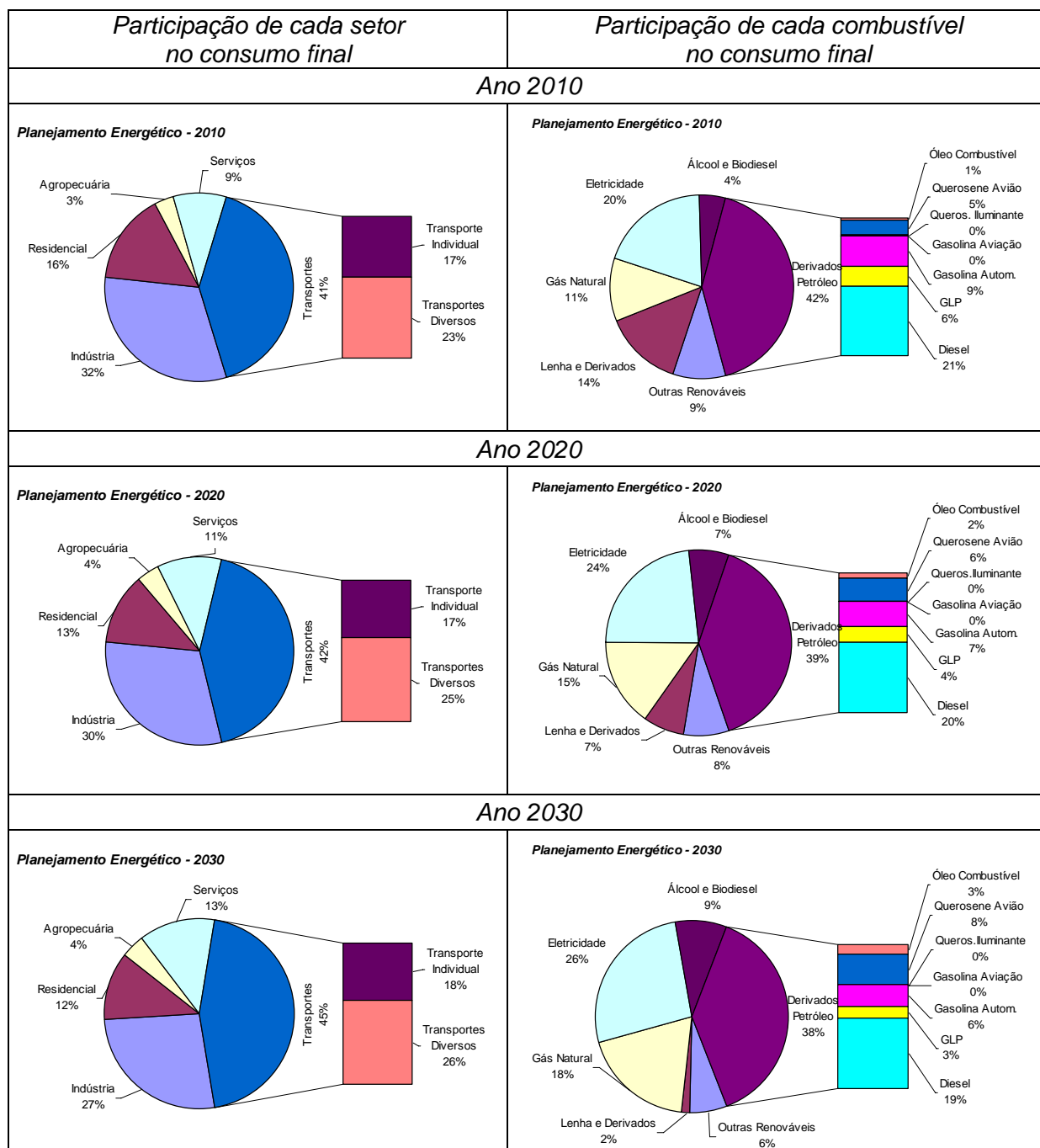
<sup>12</sup> Inclui o consumo para cogeração

## 5.2.2. Projeções de demanda para cada cenário macroeconômico

**Cenário Neoliberal** – O consumo final total é de 1.826,7 milhões de toneladas de petróleo equivalente em 2010; de 2.606,0 milhões de toneladas de petróleo equivalente em 2020; e de 3.709,7 milhões de toneladas de petróleo equivalente em 2030.

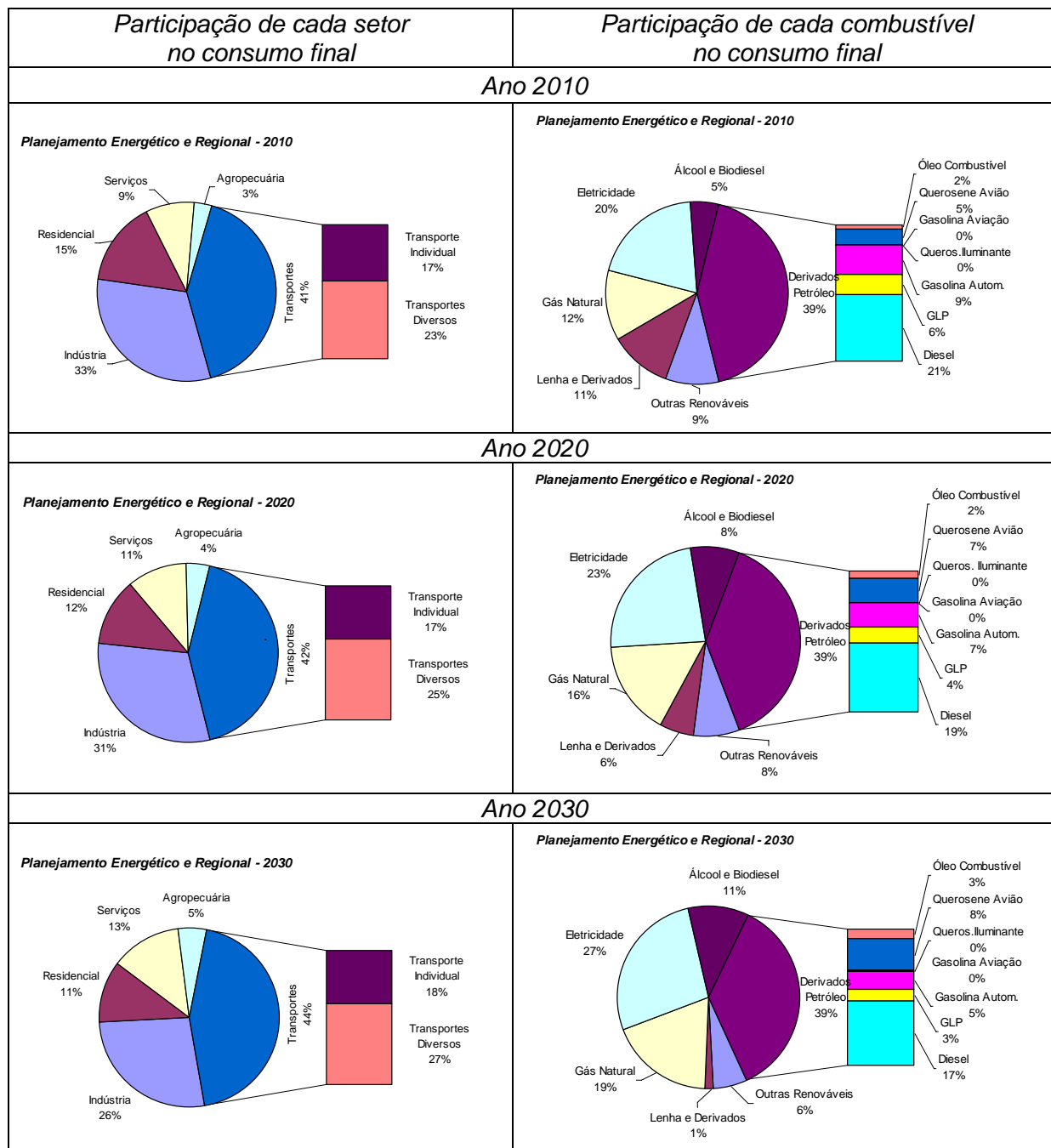


**Cenário Planejamento Energético** – O consumo final total é de 1.827,9 milhões de toneladas de petróleo equivalente em 2010; 2.979,6 milhões de toneladas em 2020; e de 4.793,2 milhões de toneladas de petróleo equivalente em 2030.



**Cenário Planejamento Energético e Regional** – O consumo final total é de 1.837,4 milhões de toneladas de petróleo equivalente em 2010; 3.032,3 milhões de

toneladas em 2020; e, de 5.084,3 milhões de toneladas de petróleo equivalente em 2030.



### 5.3. Geração Elétrica no Rio Grande do Norte

**Ano base** - A geração elétrica total no ano base corresponde a 30,5 Gigawatt-hora.

**Cenário Neoliberal** – A geração elétrica total em 2010 corresponde a 4.152 Gigawatt-hora; em 2020 – 6.217 Gigawatt-hora; e, em 2030 – 8.282 Gigawatt-hora .

**Cenário Planejamento Energético.** – A geração elétrica total em 2010 corresponde a 4.283 Gigawatt-hora : em 2020 a 16.928 Gigawatt-hora; e, em 2030, 19.320 Gigawatt-hora .

**Cenário Planejamento Energético e Regional** – A geração elétrica total em 2010 corresponde a 4.458 Gigawatt-hora , em 2020 a 17.539 Gigawatt-hora e, em 2030 a 20.371 Gigawatt-hora.



**PETROBRAS**