

5

Projeções para as Emissões de CO₂ e Análise dos Resultados

Neste capítulo, baseado nas projeções da demanda de energia da Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro, são apresentadas as estimativas de emissões de CO₂ para o Estado do Rio de Janeiro, no período 2008/2020, levando-se em conta as projeções realizada pela Matriz para o consumo de energia neste período, para cada um dos cenários, desagregado por energético nos setores da economia residencial, transporte, comercial e serviços, estatal, industrial, agropecuário e energético, além de geração de energia elétrica.

As tabelas com as projeções da demanda de energia para os diversos setores de consumo, utilizadas para os cálculos das emissões, são apresentadas no Anexo 8.1. Os fatores de emissão de carbono de cada energético utilizado foram apresentados na Tabela 2, na Seção 3.2.1.

No ano base de 2008, a estimativa de emissão total de CO₂ proveniente da queima de combustíveis fósseis no Estado do Rio de Janeiro, baseado nos dados do Balanço Energético do Estado do Rio de Janeiro – BEERJ, foi de 47.492,4 bilhões de gCO₂, sendo o gás natural a principal fonte de emissão (tanto o GN consumido para geração de energia elétrica, quanto para outros fins), seguido do óleo diesel, coque de carvão mineral e gasolina A, de acordo com as Tabelas 26 e 32.

Todas as tabelas com as previsões das emissões de CO₂ para os diversos setores de consumo são apresentadas no Anexo 8.2.

5.1.

Estimativa das Emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) provenientes do Setor de Energia por Subsetor

Estão compreendidas dentro do setor de Energia as emissões de CO₂ referentes ao uso da energia, subdivididas pelos setores da economia, correspondendo a 92,5% do total emitido por este setor, e as emissões fugitivas, especificamente as emissões de *flare* nas plataformas, correspondendo a 7,5%, conforme definido na Seção 3.

Devido à falta de dados, não foi possível a divisão dos modais de transporte aéreo e marítimo em nacionais e internacionais. Sendo assim, as emissões referentes ao consumo de combustíveis de *Bunker* não puderam ser contabilizada separadamente, conforme recomendação do IPCC²⁰. Entretanto, segundo o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro 2007, estas emissões atingiram 1,4% do total das emissões de CO₂ no setor de Energia em 2005. Assim, concluímos que a contabilização destas emissões não reflete em aumento significativo no resultado final do trabalho.

Como se pode observar no gráfico da Figura 13, o setor que mais contribuiu para as emissões de CO₂ em 2008 foi o de transportes, com 28,5%, seguido da geração de energia elétrica, com 24,1%. Em terceiro lugar está o setor industrial que contabilizou 23,6% e em quarto lugar está o setor energético, com 11,6%. A seguir vêm as emissões fugitivas, com 7,5% e, somando-se as emissões dos setores residencial, comercial e de serviços, estatal e agropecuário estes contabilizaram 4,7%.

As projeções das emissões totais de CO₂ no estado do Rio de Janeiro, por setores de consumo de energia, nos três cenários propostos, estão apresentadas nos gráficos das Figuras 14, 15 e 16, e nas Tabelas do Anexo 8.2, para o período de 2008 a 2020.

²⁰ 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

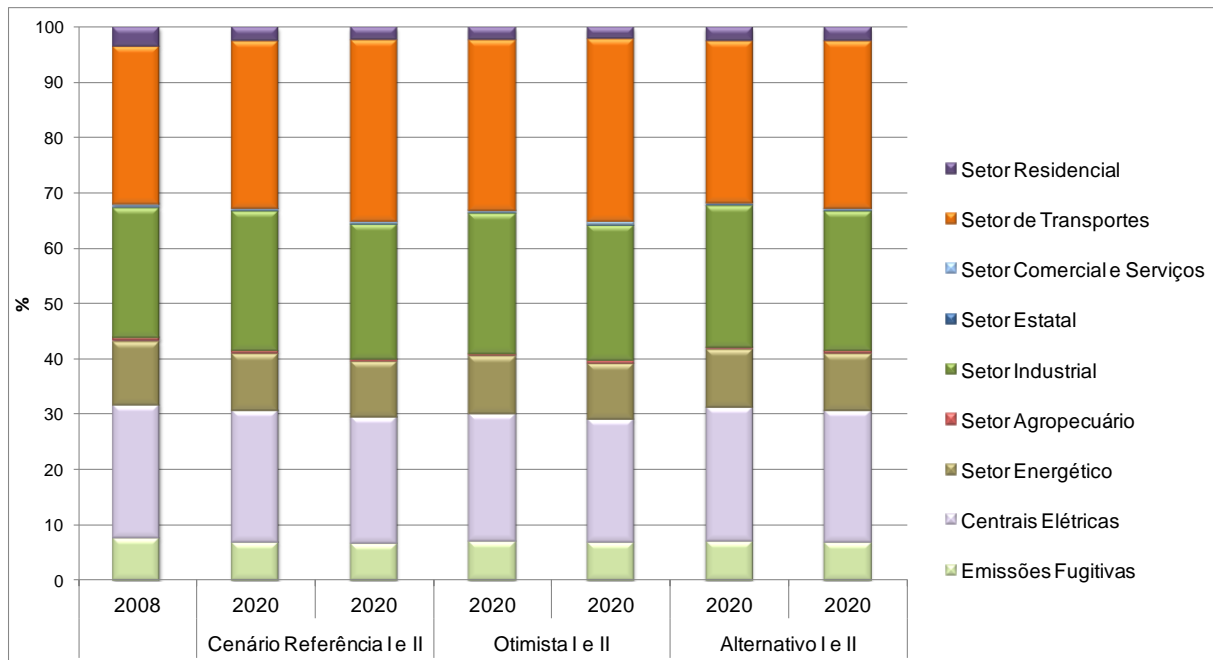


Figura 13 – Participação (%) nas Emissões de CO₂ por Setor da Economia e Cenários

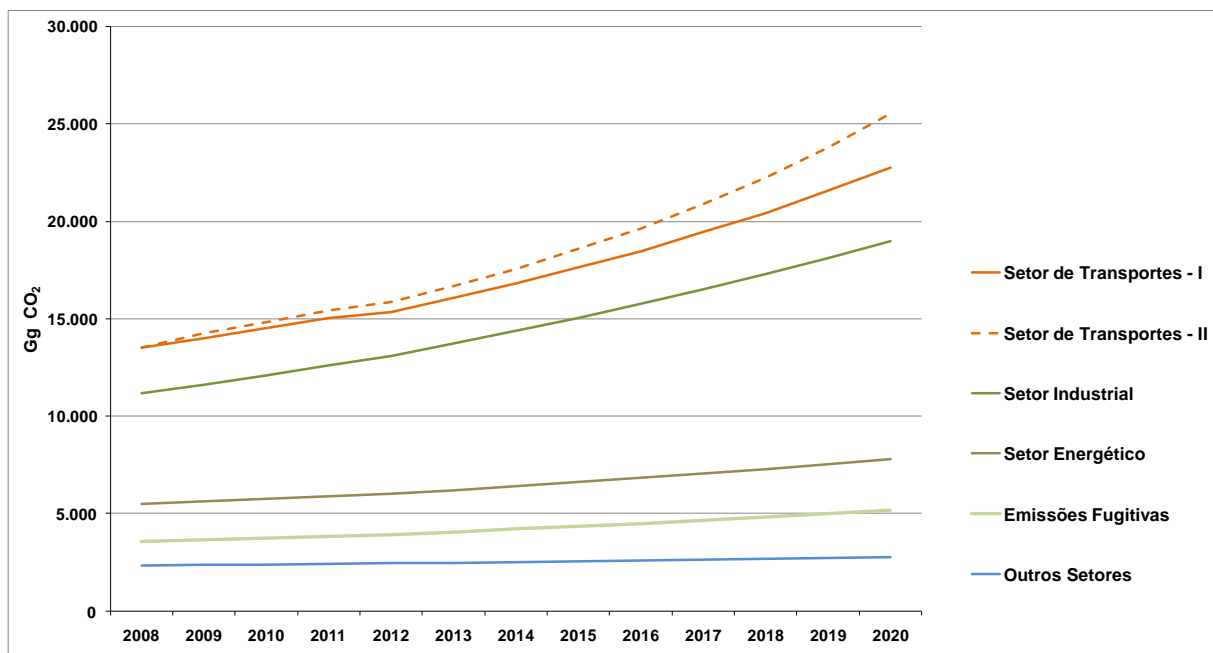


Figura 14 – Projeção das Emissões de CO₂ por Setor da Economia – Cenário de Referência I e II (Gg CO₂)

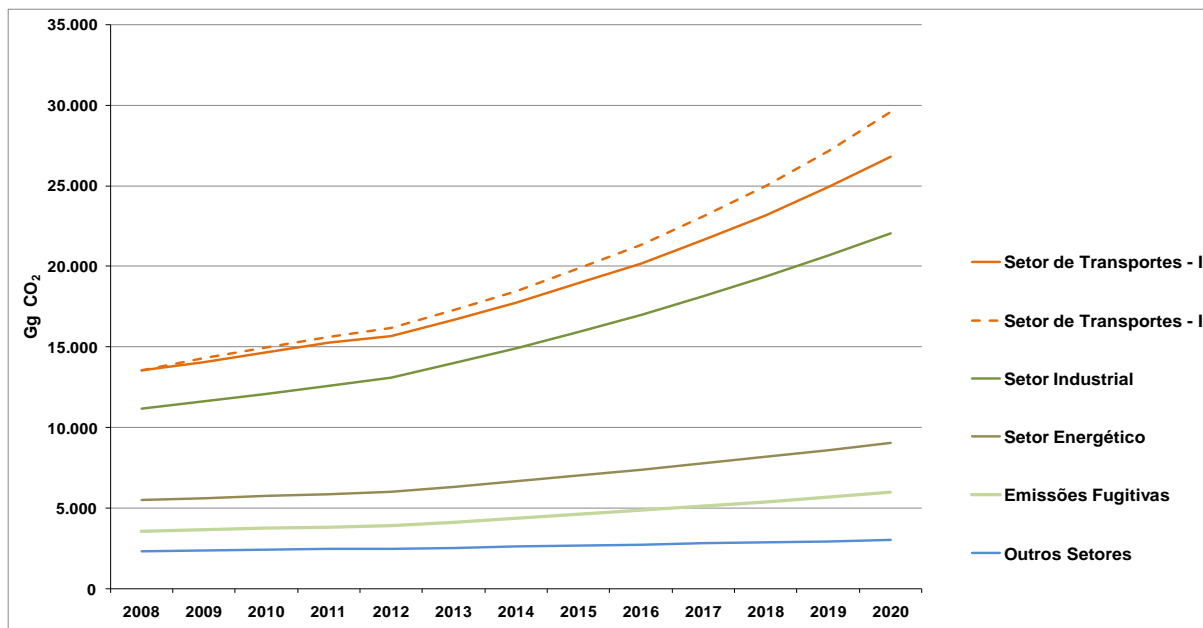


Figura 15 – Projeção das Emissões de CO₂ por Setor da Economia – Cenário Otimista I e II (Gg CO₂)

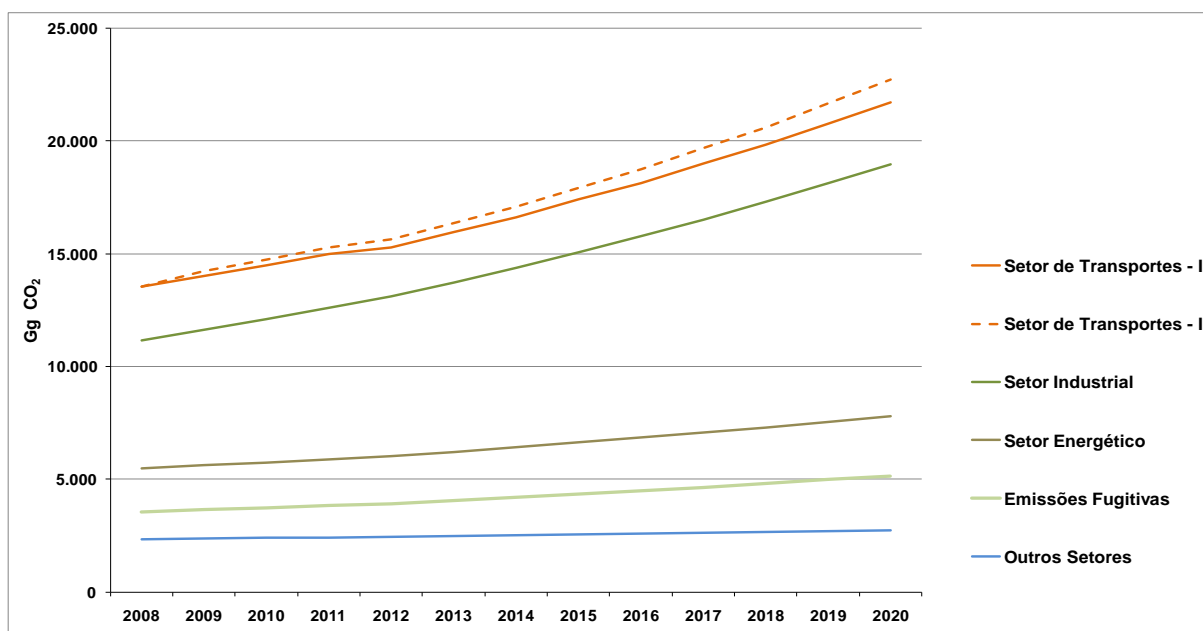


Figura 16 – Projeção das Emissões de CO₂ por Setor da Economia – Cenário Alternativo I e II (Gg CO₂)

Observa-se nos gráficos da Figura 17 que, no setor de transporte, o modal que mais contribuiu para as emissões de CO₂ no Estado foi o rodoviário, com 72,1% das emissões deste setor em 2008, tendo como principal energético o óleo diesel, e totalizando 158.262,3 bilhões de gCO₂ em todo o horizonte da Matriz para o cenário de referência I, conforme Tabela 29 do Anexo 8.2.

Comparando as duas variações de cada cenário, que diferem apenas no percentual de escolha entre o uso de etanol hidratado ou gasolina C nos veículos *flex-fuel*, conforme descrito na seção 2.3, podemos observar, também, o aumento da parcela das emissões do modal rodoviário em 2020 que variou de 68,9% para 72,3%, nos cenários de referência, 62,9% para 66,4%, nos cenários otimistas, e 67,4% para 68,8%, nos cenários alternativos, consequência do aumento do uso da gasolina C nos veículos *flex-fuel* nos cenários tipo II.

Em segundo lugar, temos o modal aéreo, responsável por 14,4% das emissões em 2008, e 18,3% e 24,4%, respectivamente, nos cenários de referência I e otimista I no ano de 2020. Esse aumento na participação se deve à grande expansão esperada para o transporte aéreo no Estado, conforme apresentado na seção 2.4 sobre Cenários.

As emissões do transporte rodoviário crescerão a uma taxa de 4% e 5,4% a.a., respectivamente para os cenários de referência I e II, 4,7% e 6% a.a., respectivamente para os cenários otimistas I e II, e 3,4% e 4% a.a. respectivamente para os cenários de alternativos I e II. Por sua vez, as emissões do transporte aéreo crescerão a uma taxa de 6,5% a.a. e 10,6% a.a., respectivamente para o cenário de referência e otimista.

Isto reflete as previsões de crescimento do aumento da demanda de energia para o setor transporte, com forte expansão no horizonte da Matriz decorrente das boas expectativas para o desempenho da economia do Estado no período, com taxas projetadas de crescimento da demanda de 6,0% a.a. no cenário de referência e 7,0% a.a. no cenário otimista, conforme descrito na Seção 4. De acordo com as projeções realizadas pela Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro 2008/2020, o consumo do setor transporte crescerá de 5.326 mil tep em 2008 para 10.717 mil tep e 10.536 mil tep em 2020, nos cenários de referência I e II respectivamente, 12.109 mil tep e 11.929 mil tep, nos cenários otimistas, e 9.054 mil tep e 8.987 mil tep, nos cenários alternativos, conforme Tabelas 5, 6 e 7 do Anexo 8.1.

Entretanto, o indicador ambiental que descreve a relação entre as emissões de CO₂ e o consumo final energético (tCO₂/tep) diminui de 2,54 em 2008 para 2,12, 2,21 e 2,4 em 2020, respectivamente no cenário tipo I de referência, otimista e alternativo, o que equivale dizer que a eficiência ambiental

no setor transporte aumentará no período, para os três cenários, ou seja, com a mesma quantidade de energia consumida se emitirá uma menor quantidade de CO₂.

Por outro lado, analisando o comportamento da variação deste indicador ambiental nos dois tipos de um mesmo cenário, observa-se que a relação tCO₂/tep aumenta em 2020 de 2,12 no cenário de referência I para 2,42, no cenário de referência II, de 2,21 para 2,48, no cenário otimista I e II, e de 2,40 para 2,53, no cenário alternativo I e II, o que equivale dizer que nos cenários tipo II a eficiência ambiental irá diminuir em relação aos cenário tipo I, isso se deve devido ao aumento do consumo da gasolina C no segundo cenário.

Além disto, haverá um aumento da participação dos energéticos renováveis de 12% em 2008, para 26% e 16% em 2020, nos cenários de referência tipo I e II respectivamente, 24% e 15%, nos cenários otimistas, e 17% e 13%, nos cenários alternativos, conforme podemos observar nas Tabelas 5, 6 e 7 do Anexo 8.1. Isto se deve, principalmente, devido ao crescimento do consumo do etanol seguindo o aumento da frota de veículos *flex-fuel*, a variação do percentual de uso de etanol nos veículos *flex-fuel* e ao aumento da parcela do biodiesel no óleo diesel, associado ao crescimento do consumo de óleo diesel no setor.

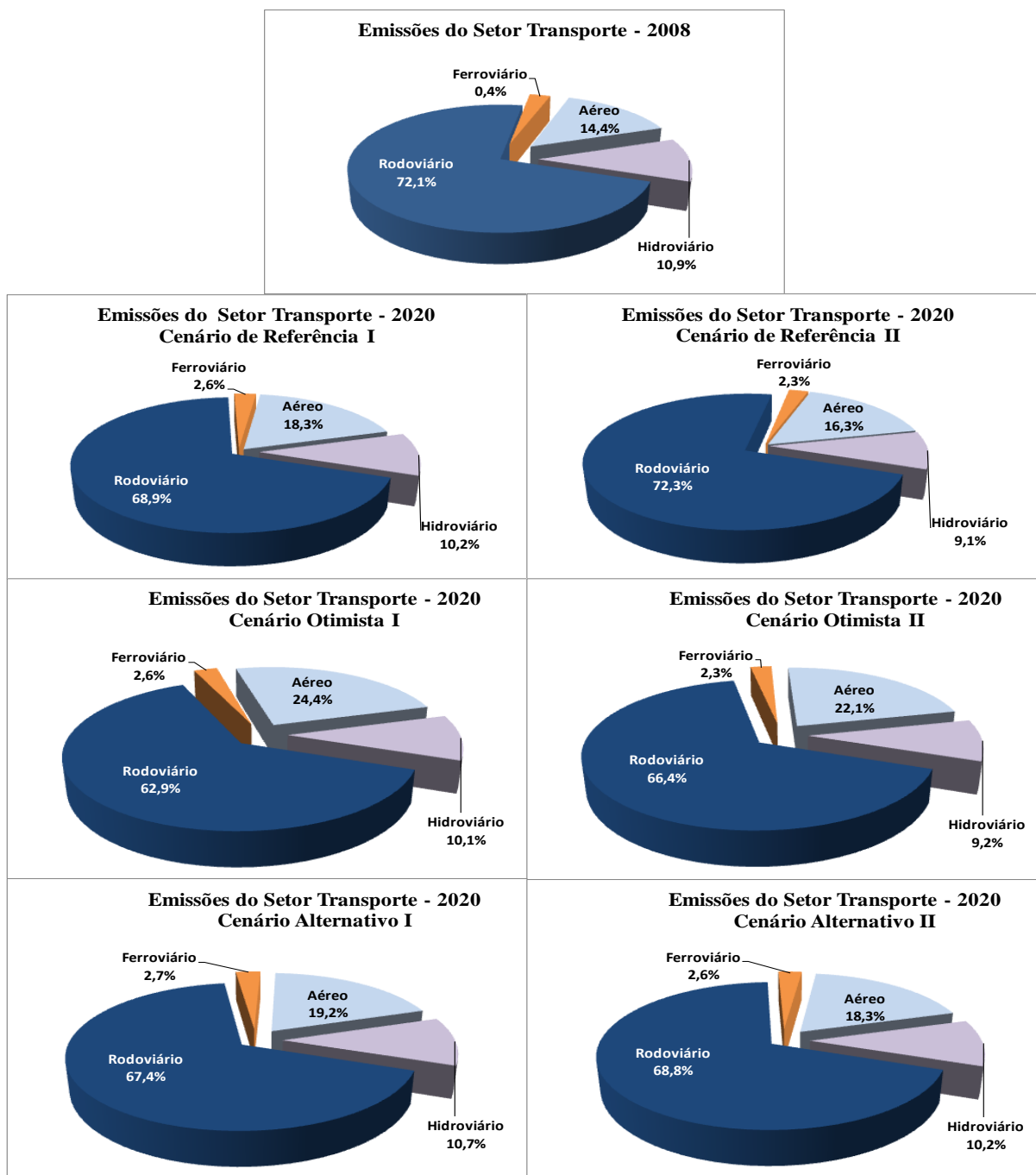


Figura 17 – Participação (%) nas Emissões de CO₂ do Setor Transporte por Modal

Para o setor industrial, conforme pode ser observado nos gráficos da Figura 18 a seguir, o subsetor que mais contribuiu para as emissões de CO₂ foi o metalúrgico, com 76,3% das emissões deste setor em 2008, e 78,9% das emissões em 2020, para os cenários de referência e otimista, totalizando 148.241,4 bilhões de gCO₂ e 157.840,5 bilhões de gCO₂, em todo o horizonte da Matriz, para os cenários de referência e otimista, respectivamente, conforme Tabelas 29 e 30 do Anexo 8.2.

De acordo com as projeções realizadas pela Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro 2008/2020, conforme apresentado na Seção 4, o consumo do setor metalúrgico crescerá de 2.908 mil tep em 2008 para 5.109 mil tep em 2020, no cenário de referência, e 5.937 mil tep, no cenário otimista, o que se reflete em um crescimento das emissões de CO₂ deste setor de 8.513,2 bilhões de gCO₂ em 2008 para 14.976,3 bilhões de gCO₂ em 2020, no cenário de referência, indicando um crescimento a uma taxa de 4,8% a.a., e para 17.404,2 bilhões de gCO₂ em 2020 no cenário otimista, indicando um crescimento a uma taxa de 6,1% a.a.

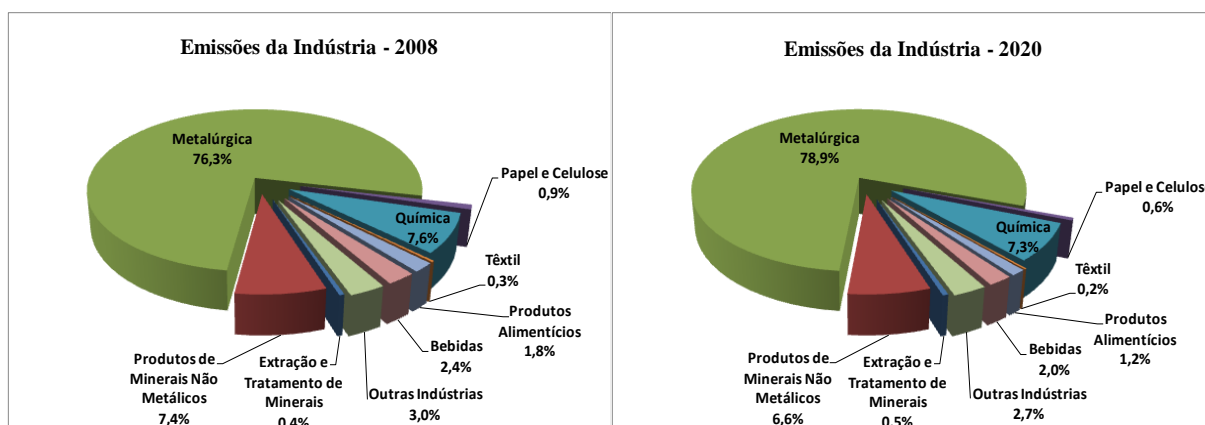


Figura 18 – Participação (%) nas Emissões de CO₂ do Setor Industrial por Subsetor

Os gráficos da Figura 19 apresentam as projeções das emissões de CO₂ no Estado do Rio de Janeiro provenientes do setor industrial, para os cenários de Referência e Otimista, onde observa-se um crescimento das emissões de CO₂ de aproximadamente 70% para o cenário de referência, e um crescimento de quase 100% para o cenário otimista, no horizonte da Matriz. Isto reflete as previsões de crescimento do setor apresentadas na Seção 4, com taxas projetadas de crescimento da demanda de 4,2% a.a. no cenário de referência e 5,6% a.a. no cenário otimista.

Com base nas projeções de demanda realizadas pela Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro 2008/2020, apresentadas nas Tabelas 14 e 15 do Anexo 8.1, e nas suas conseqüentes emissões de CO₂, apresentadas nas Tabelas 43 e 44 do Anexo 8.2, obtemos o indicador ambiental tCO₂ emitido / tep consumido para o setor industrial, que sofreu um leve aumento entre o período de 2008 a 2020, de 2,39 para 2,47, nos dois cenários.

Isso se deve, principalmente, como consequência da intensificação do uso de algumas fontes não renováveis como, por exemplo, o coque de carvão mineral e o gás natural, cujas participações aumentaram no horizonte da Matriz, e da redução ou discreto aumento do uso de fontes renováveis, com exceção do biodiesel que aumenta na mesma proporção do óleo diesel, além de ter a sua parcela no óleo diesel aumentada até 2020.

Vale destacar que, em termos energéticos, as projeções do consumo de energia apresentadas pela Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro 2008/2020, não levaram em conta cenários de políticas de substituições de fontes, considerando apenas que a evolução da participação das diversas fontes de energia manterá a tendência observada na última década.

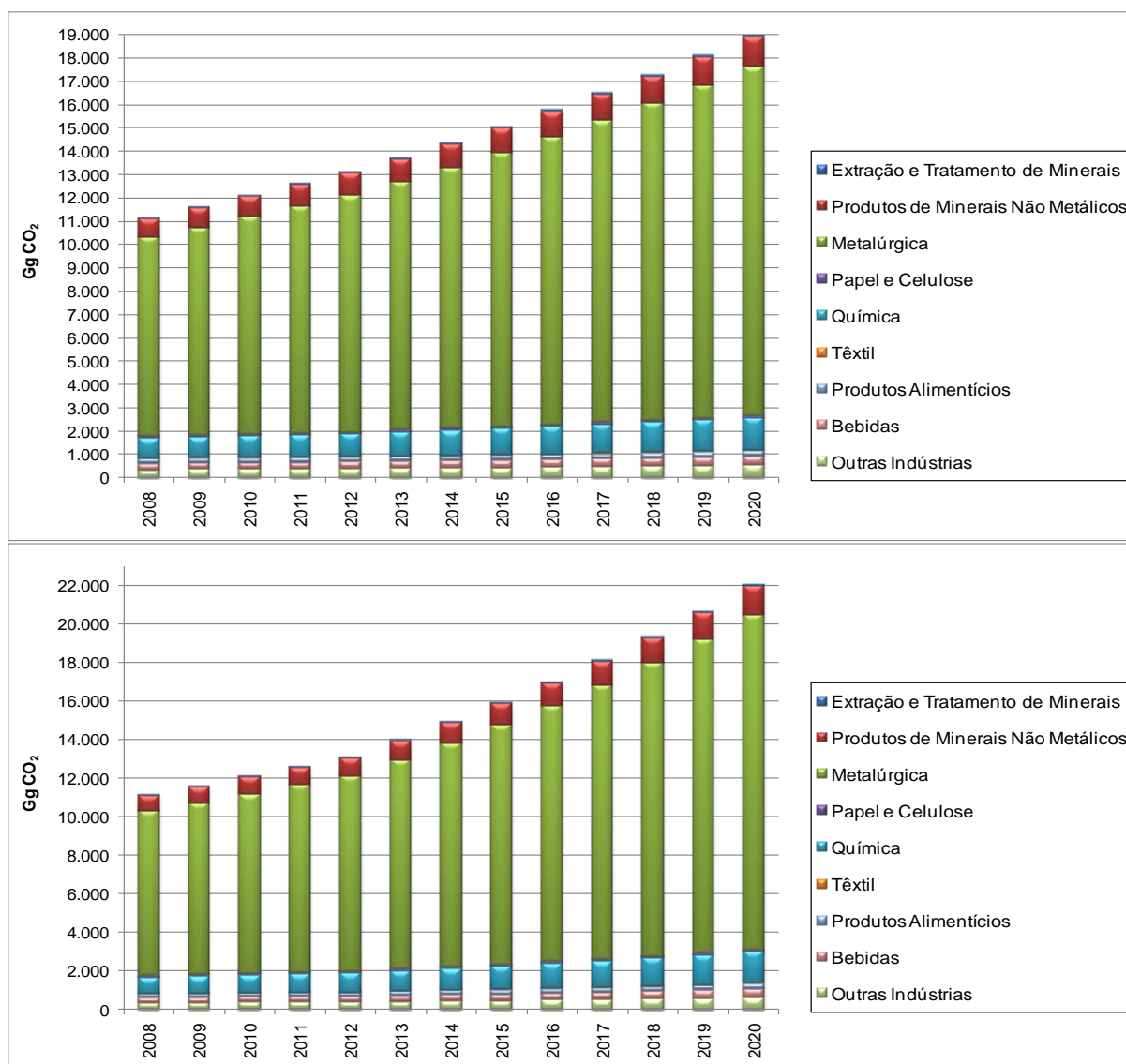


Figura 19 – Projeção das Emissões de CO₂ na Indústria por Subsetor – Cenário de Referência e Otimista (Gg CO₂)

As emissões provenientes das centrais elétricas corresponderam a 24% de todas as emissões do setor de Energia em 2008, e 23,8% e 23,1% das emissões em 2020, para os cenários de referência e otimista respectivamente. No ano de 2008 foram emitidos 11.411,2 bilhões de gCO₂, com projeção de um crescimento anual destas emissões de 3,8% e 4,8%, respectivamente nos cenários de referência e otimista, conforme apresentado nas Tabelas 26 e 27 do Anexo 8.2.

Conforme dito anteriormente, as emissões fugitivas correspondem a 7,5% de todas as emissões do setor de Energia. No ano de 2008 foram emitidos 3.555,2 bilhões de gCO₂ por queima em *flare*, e a projeção é de um crescimento anual destas emissões de 3,1% e 4,5%, respectivamente nos cenários de referência e otimista, o que corresponde a 5.156,6 bilhões de gCO₂ em 2020, no cenário de referência, e 6.005,4 bilhões de gCO₂ em 2020, no cenário otimista, conforme apresentado nas Tabelas 26 e 27 do Anexo 8.2.

Estas projeções são apenas estimativas baseadas no crescimento econômico do setor energético, e não consideram um aumento na parcela de gás queimado em relação à produção de petróleo. A evolução da queima do gás produzido depende não somente do efetivo crescimento econômico deste setor, mas também da aplicação de políticas energéticas e desenvolvimento de infraestrutura de escoamento do gás produzido.

Analisando o histórico do crescimento da produção de gás natural no Rio de Janeiro de 2000 a 2009, segundo o BEERJ 2009, verificamos que a produção do gás natural aumentou a uma taxa de 7% a.a. neste período, enquanto que a queima aumentou 4% a.a., o que está de acordo com a taxa utilizada no trabalho, podendo esta estar um pouco subdimensionada.

5.2.

Estimativa das Emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) provenientes do Setor de Energia por Energético

Os gráficos das Figuras 20 e 21 apresentam estimativas e projeções das emissões de CO₂ no estado do Rio de Janeiro, decorrentes do consumo de energia, por setor da economia e por energético, para 2008 e 2020 nos cenários de referência, otimista e alternativo.

Como se pode observar nos gráficos da Figura 20a e 20b, o energético que mais contribuiu para as emissões de CO₂ em 2008 foi o gás natural, seco e úmido, contabilizando 13.402 bilhões de gCO₂ em 2008, seguido do óleo diesel, que contabilizou 6.922 bilhões de gCO₂ em 2008.

Seguindo as projeções realizadas pela Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro 2008/2020, em 2020 o gás natural, seco e úmido, continuará a ser o energético que mais contribui para as emissões de CO₂, responsável pelas emissões em 2020 de 21.030 bilhões de gCO₂ e 23.893 bilhões de gCO₂, respectivamente no cenário de referência e otimista, seguido pelo coque de carvão mineral, responsável por 11.344 bilhões de gCO₂ e 13.183 bilhões de gCO₂ em 2020, respectivamente no cenário de referência e otimista, e pelo óleo diesel, responsável por 10.262 bilhões de gCO₂ e 11.793 bilhões de gCO₂ em 2020, respectivamente no cenário de referência e otimista.

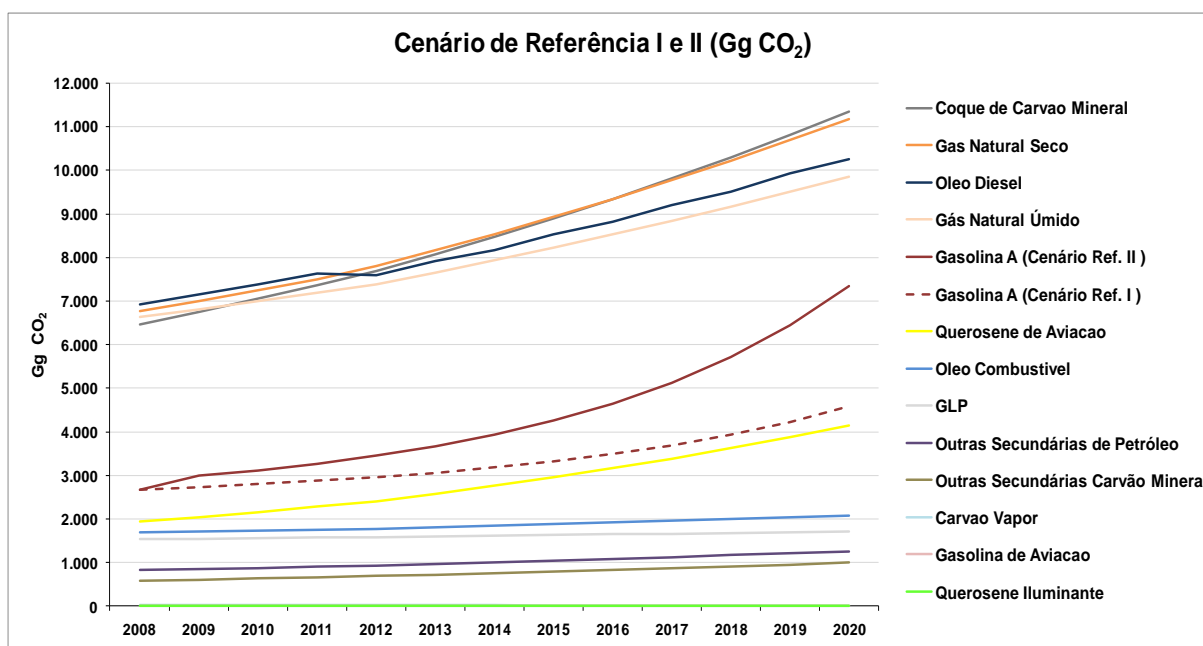
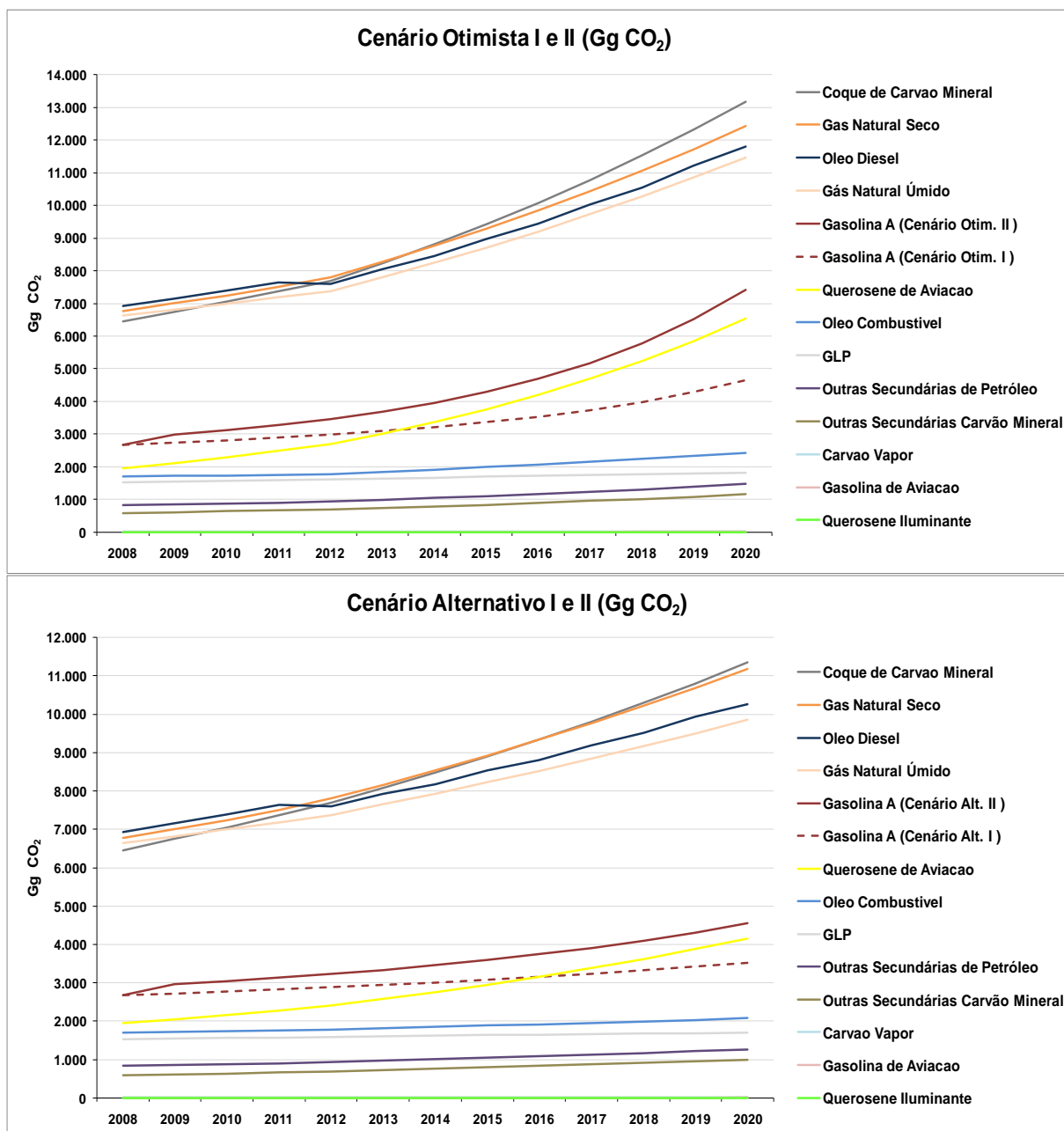


Figura 20a – Projeção das Emissões de CO₂ por Energético (Gg CO₂) – Cenário de Referência²¹

²¹ Não considera geração de energia elétrica.



**Figura 20b – Projeção das Emissões de CO₂ por Energético (Gg CO₂)²²
– Cenário Otimista e Alternativo**

Podemos observar nas Figuras 21 e 22 que o energético de maior emissão no setor transporte, setor que mais emite CO₂ devido à queima, é o óleo diesel, com 5.846 bilhões de gCO₂ em 2008, seguido da gasolina A, com 2.679 e bilhões de gCO₂. Projeta-se que em 2020 o óleo diesel seja responsável pelas emissões de 9.097 bilhões de gCO₂ e 10.436 bilhões de gCO₂, respectivamente no cenário de referência e otimista, e a gasolina A seja responsável pelas

²² Não considera geração de energia elétrica.

emissões de 4.580 bilhões de gCO₂ e 7.352 bilhões de gCO₂, respectivamente nos cenários de referência tipo I e II, 4.650 bilhões de gCO₂ e 7.422 bilhões de gCO₂, respectivamente nos cenários otimistas tipo I e II, e 3528 bilhões de gCO₂ e 4.547 bilhões de gCO₂, respectivamente nos cenários alternativos tipo I e II. Esse aumento entre os tipos I e II de um mesmo cenário demonstra a sensibilidade das emissões de CO₂ do setor quanto à parcela de etanol hidratado utilizada pelos veículos *flex-fuel*, que em um cenário de crescimento da frota mais otimista pode representar um aumento de 60% nas emissões e num cenário mais conservador um aumento de 30% nas emissões. É importante lembrar que percentual de etanol anidro na gasolina C não variou em nenhum destes cenários, mantendo-se em 25%, conforme definido na seção 2.4 sobre cenários.

Já no setor industrial o energético de maior emissão de CO₂ é o coque de carvão mineral seguido do gás natural seco, responsáveis por respectivamente 6.458 bilhões de gCO₂ e 3.411 bilhões de gCO₂ em 2008, 11.344 bilhões de gCO₂ e 5.696 bilhões de gCO₂ em 2020, no cenário de referência, e 13.183 bilhões de gCO₂ e 6.626 bilhões de gCO₂ em 2020, no cenário otimista.

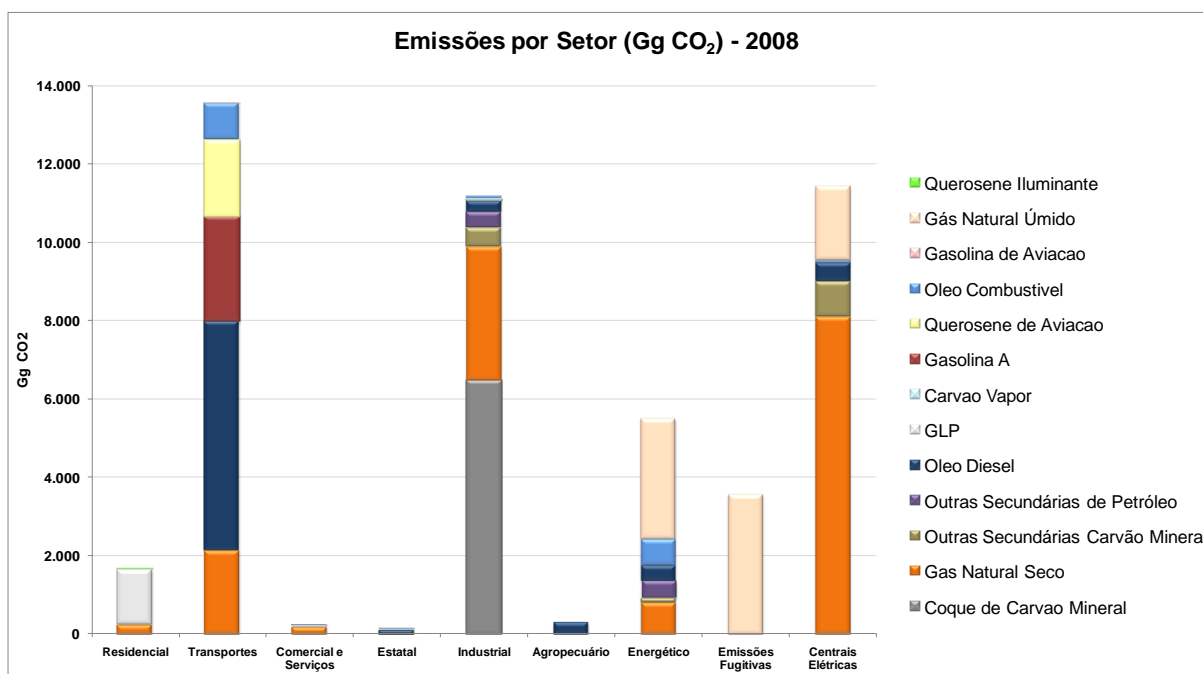


Figura 21 – Emissões de CO₂ por Setor e Energético (Gg CO₂) – 2008

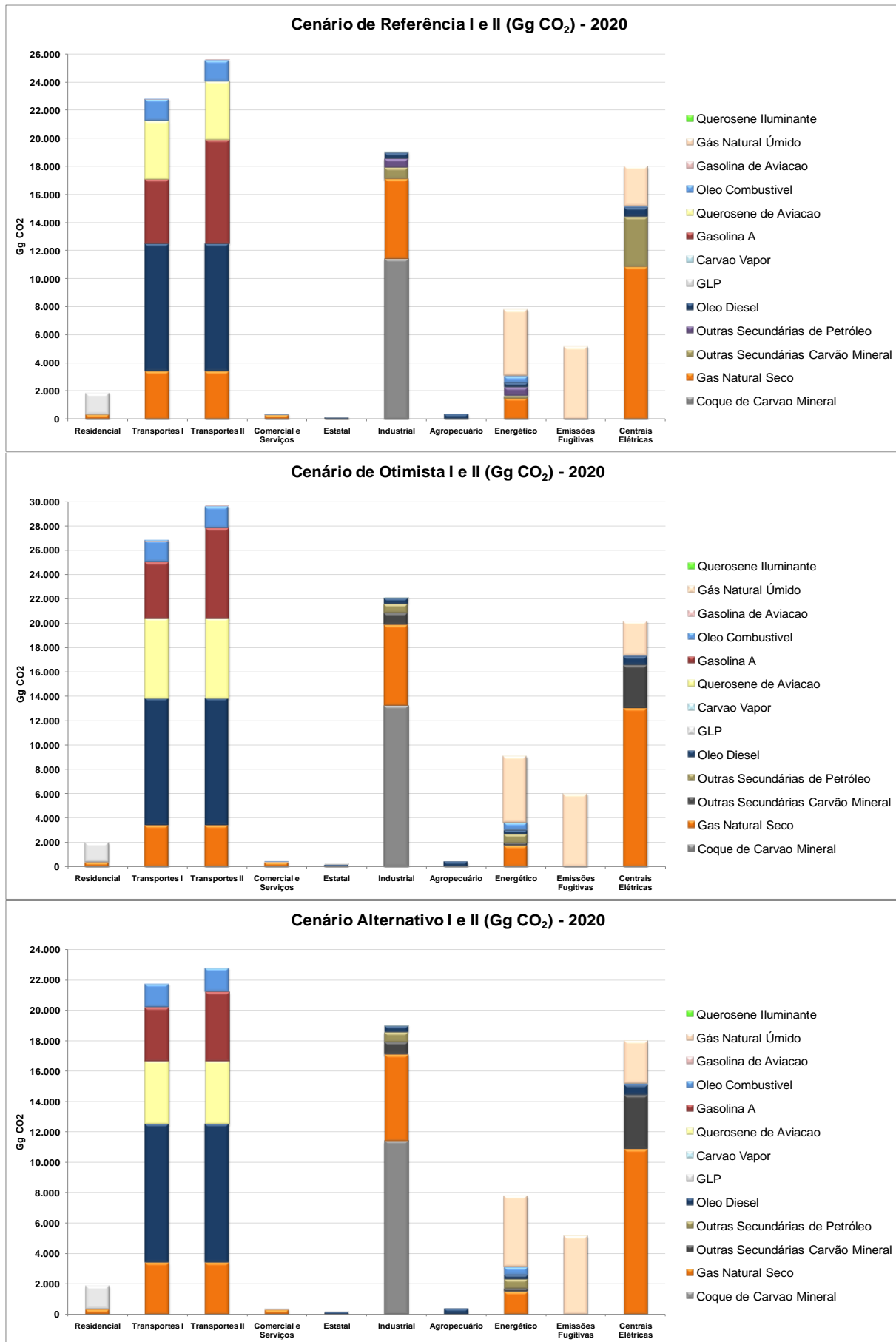


Figura 22 – Emissões de CO₂ por Setor e Energético (Gg CO₂) – 2020

Os gráficos da Figura 23 apresentam as participações de cada energético nas emissões de CO₂, em 2008 e 2020 para os três cenários, onde se pode observar, entre outros, o aumento da parcela do querosene de aviação, gasolina A e coque de carvão mineral e a queda do GLP, óleo combustível e carvão vapor.

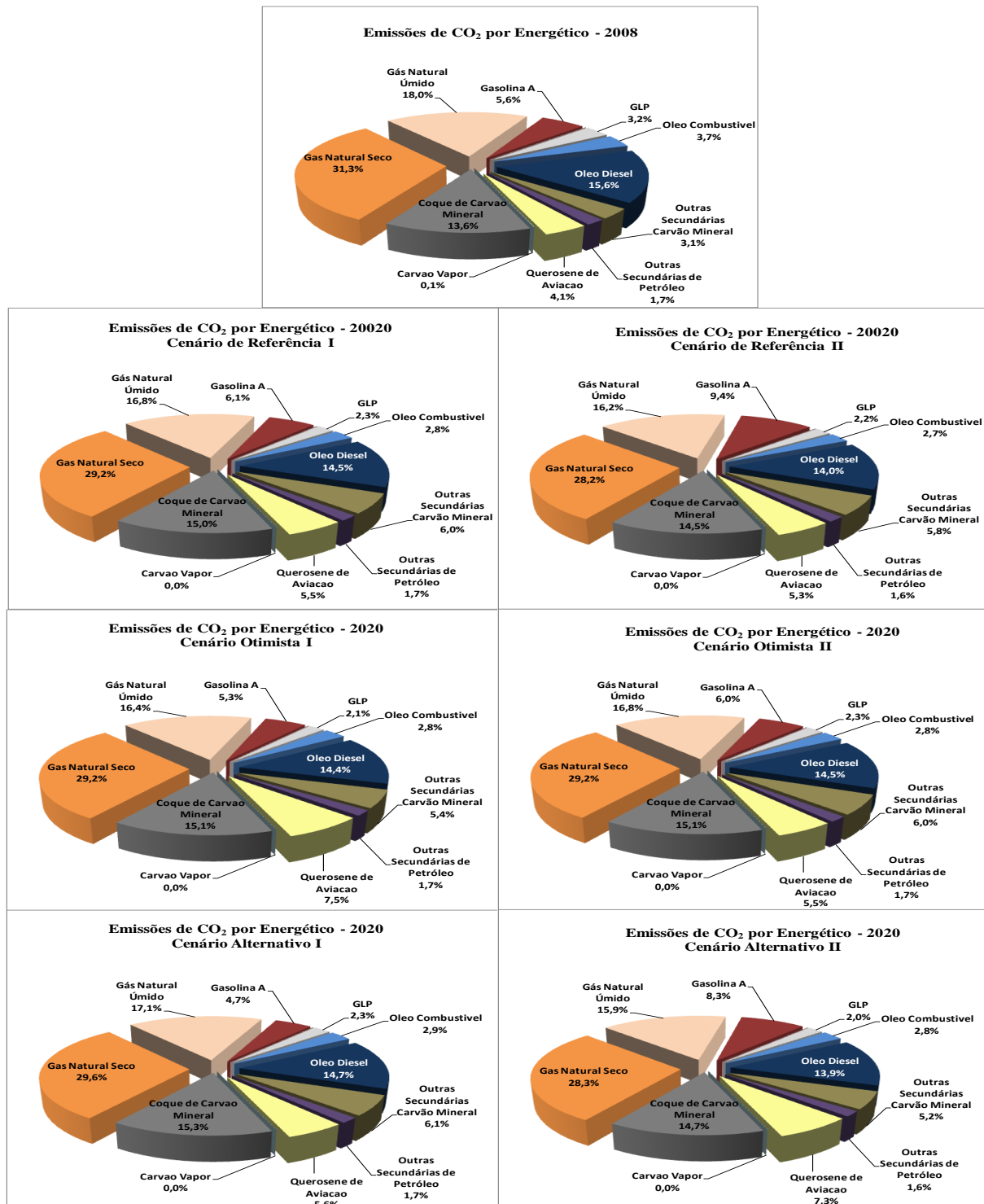


Figura 23 – Participação (%) dos Energéticos não-renováveis nas Emissões Totais de CO₂

5.3. Comparação dos Resultados com Documentos de Referência

A IEA – Agencia Internacional de Energia - estabelece alguns indicadores técnicos, econômicos e ambientais, estes utilizados para comparações das emissões entre as nações e avaliação da eficiência ambiental do consumo de energia.

Para possibilitar a comparação dos dados projetados para o Rio de Janeiro com dados nacionais e internacionais, e auxiliar no planejamento de metas e políticas de redução de emissões, utilizou-se os indicadores de emissões de CO₂ per capita (tCO₂/habitante), que mede as emissões de CO₂ devido ao uso de energia em unidade per capita, e tCO₂/tep, que reflete as emissões devido à produção e consumo de energia.

As emissões de CO₂ por consumo final energético (tCO₂/tep) diminuirão -0,2% a.a. e -0,07% a.a., respectivamente no cenário de referência e otimista, o que equivale dizer que a eficiência ambiental aumentará no período, ou seja, com a mesma quantidade de energia consumida se emitirá uma menor quantidade de CO₂.

Entretanto, considerando que as emissões per capita de CO₂ no Estado do Rio de Janeiro crescerão 3% a.a. e 4,3% a.a., nos cenários de referência e otimista respectivamente, torna-se fundamental o estudo e aplicação de medidas para aumento da eficiência ambiental per capita no Estado.

A Tabela 3 apresenta as emissões do Estado do Rio de Janeiro e de outros locais do mundo em termos de emissões de CO₂ per capita. A população do Rio de Janeiro em 2008 utilizada para o cálculo foi de 15,68 milhões de habitantes.

| Local | Ano | Emissões (Mt CO ₂) | Emissões per Capita (t CO ₂ /habitante) | % Emissões per Capita (t CO ₂ /habitante) | % Emissões (Mt CO ₂) | OBS |
|---|------|--------------------------------|--|--|----------------------------------|---|
| Estado do Rio de Janeiro | 2008 | 47,5 | 3,03 | 43,2% | 58,7% | Desconsiderando queima no <i>flare</i> - 2,80 tCO ₂ /hab. Período das Variações % 2008-2020. |
| Estado do Rio de Janeiro ^(a) | 2005 | 41,5 | 2,69 | - | - | Desconsiderando queima no <i>flare</i> - 2,45 tCO ₂ /hab |
| Estado de São Paulo ^(b) | 2007 | 71,9 | 1,74 | - | - | Sem informação. |
| Brasil ^(c) | 2005 | 299,9 | 1,67 | 40,0% | 74,0% | Não considera queima no <i>flare</i> . Período das Variações % 1990-2005 |
| Argentina ^(d) | 2006 | 148,7 | 3,80 | 23,4% | 48,2% | Não considera queima no <i>flare</i> . Período das Variações % 1990-2006 |
| Chile ^(d) | 2006 | 59,8 | 3,64 | 50,2% | 87,3% | |
| França ^(d) | 2006 | 377,5 | 5,97 | -1,3% | 7,2% | |
| Alemanha ^(d) | 2006 | 823,4 | 10,00 | -16,5% | -13,4% | |
| Japão ^(d) | 2006 | 1.212,7 | 9,49 | 9,4% | 13,2% | |
| China ^(d) | 2006 | 5.648,5 | 4,28 | 117,8% | 151,7% | |
| Hong Kong (China) ^(d) | 2006 | 41,9 | 6,11 | 5,5% | 26,8% | |
| Canadá ^(d) | 2006 | 538,8 | 16,52 | 5,8% | 24,7% | |
| Estados Unidos ^(d) | 2006 | 5.696,8 | 19,00 | -2,3% | 17,1% | |
| União Européia ^(d) | 2006 | 3.983,0 | 8,07 | -6,1% | -2,0% | |
| Mundo ^(d) | 2006 | 28.002,7 | 4,28 | 7,4% | 33,4% | |

^(a) Fonte: Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro 2005 (CentroClima/COPPE/UFRJ)

^(b) Fonte: Projeção de Consumo de Energia e Energéticos e de Emissões de CO₂, São Paulo, 2008-2020 (Secret. de Saneamento e Energia de SP)

^(c) Fonte: Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MCT 2010)

^(d) Fonte: IEA Statistics - CO₂ Emissions from fuel combustion - Edition 2008

Tabela 3 – Estimativas de Emissões de CO₂ per capita no Mundo²³

Podemos observar que as estimativas de emissões de CO₂ per capita para o Estado do Rio de Janeiro, provenientes do setor de Energia, são maiores do que as estimativas per capita do Brasil, para o mesmo setor, devido, principalmente, à grande população brasileira em comparação com o Rio de Janeiro e à característica das emissões de CO₂ nacionais, cuja maior parcela é proveniente da mudança do uso da terra, especificamente da conversão de florestas em uso agropecuário, em contraponto com as emissões de CO₂ no Estado, cuja maior parcela é proveniente do uso de Energia, estando a agricultura e mudanças no uso da terra em 3º lugar.

²³ Os dados de emissões têm como base o cenário de referência.

O Estado de São Paulo apresenta estimativas de emissões per capita menores que o Estado do Rio de Janeiro, entre outros fatores, devido ao grande contingente populacional de São Paulo, que representa, aproximadamente, duas vezes e meia a população do Rio de Janeiro.

Conforme observa-se na Tabela 3, o Estado do Rio de Janeiro, assim como o Brasil, apresenta estimativas de emissões per capita bem menores que outros países.

Entretanto, alguns os países desenvolvidos apresentam uma variação negativa entre 1990 e 2006, em contrapartida com as estimativas do Brasil, no período 1990-2005, e com as projeções das emissões per capita do Rio de Janeiro, que prevêem um crescimento de aproximadamente 43% para o cenário de referência.