



JORGE ALEJANDRO VIDOZA GUILLEN

Projeção e avaliação do consumo de combustíveis fósseis para a geração de eletricidade na Venezuela

37/2014

CAMPINAS
2013



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECANICA**

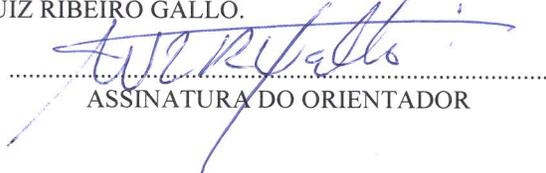
JORGE ALEJANDRO VIDOZA GUILLEN

**Projeção e avaliação do consumo de
combustíveis fósseis para a geração de
eletricidade na Venezuela**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade
de Engenharia Mecânica da Universidade
Estadual de Campinas para obtenção do título de
Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos

Orientador: Prof. Dr. Waldyr Luiz Ribeiro Gallo

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO
ALUNO JORGE ALEJANDRO VIDOZA GUILLEN, E
ORIENTADA PELO PROFESSOR DR. WALDYR
LUIZ RIBEIRO GALLO.


.....
ASSINATURA DO ORIENTADOR

**CAMPINAS
2013**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

V669p Vidoza Guillen, Jorge Alejandro, 1988-
Projeção e avaliação do consumo de combustíveis fósseis para a geração de eletricidade na Venezuela / Jorge Alejandro Vidoza Guillen. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Waldyr Luiz Ribeiro Gallo.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Eficiência energética. 2. Consumo de combustível. 3. Projeção. I. Ribeiro Gallo, Waldyr Luiz, 1954-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Projection of fossil fuels consumption for electricity generation in Venezuela

Palavras-chave em inglês:

Energy efficiency

Fuel consumption

Projection

Área de concentração: Planejamento de Sistemas Energéticos

Titulação: Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora:

Waldyr Luiz Ribeiro Gallo [Orientador]

Sergio Valdir Bajay

Luiz Augusto Horta Nogueira

Data de defesa: 20-02-2014

Programa de Pós-Graduação: Planejamento de Sistemas Energéticos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECANICA
COMISSÃO DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGETICOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADEMICO

**Projeção e avaliação do consumo de
combustíveis fósseis para a geração de
eletricidade na Venezuela**

Autor: Jorge Alejandro Vidoza Guillen
Orientador: Waldyr Luiz Ribeiro Gallo

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Waldyr Luiz Ribeiro Gallo, Presidente
Instituição: FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Sergio Valdir Bajay
Instituição: FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira
Instituição: UNIFEI/Itajubá

Campinas, 20 de fevereiro de 2014

Dedicatória

A meus pais, Jorge e Magda pelos ensinamentos que dia a dia me ajudaram a construir minha pessoa, e pelo amor e dedicação incondicional.

A toda minha família pelo apoio à distancia.

Agradecimentos

Muitas pessoas ajudaram positivamente à realização deste trabalho. Agradeço ao prof. Gallo pela orientação, conselhos, e especialmente pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Agradeço a minha família e amigos da Venezuela por seu carinho constante que dia a dia alimentavam minha motivação e coragem.

À secretaria da FEM, à CORI, e à equipe administrativa em geral da UNICAMP, pela paciência e pelo apoio acadêmico. À CNPq pelo apoio econômico. À OLADE pelo fornecimento de dados valiosos para este trabalho.

Ao prof. Carlos Pérez Silva da Universidade de Carabobo pelos debates que permitiram gerar novas e inspiradoras ideias.

Aos colegas de planejamento energético da FEM, os amigos brasileiros e à sra. Anisia e sr. Humberto, pelo apoio, amizade e por se tornarem parte de uma nova família para mim.

Finalmente agradeço a Deus, por essa força invisível que permite que as coisas aconteçam.

Resumo

O objetivo principal deste trabalho é analisar os impactos futuros da aplicação de políticas energéticas mais eficientes no consumo de combustíveis fósseis para a geração de eletricidade na Venezuela. Os recursos principais utilizados na indústria elétrica são: gás natural, óleo diesel e óleo combustível. Esta análise foi feita projetando o desenvolvimento a médio prazo do setor elétrico em um horizonte de tempo de quinze anos. Diferentes cenários de crescimento econômico e mudanças tecnológicas foram assumidos a fim de realizar essas projeções.

A ferramenta de simulação usada foi o programa de planejamento energético LEAP. Após simular um esquema de demanda e fixar as características de desenvolvimento de cada cenário, obtiveram-se os resultados de consumo e disponibilidade.

O cenário de alto crescimento econômico e baixa eficiência (CRE) apresenta uma importação de gás natural de 15% da demanda total. Por outro lado, o cenário de baixo crescimento econômico e baixa eficiência (BAS), além de importações de gás natural, apresenta uma importação direta de eletricidade de 8% da demanda total. Estes cenários com baixa eficiência deixariam a Venezuela vulnerável em termos de segurança energética.

Devido ao grande risco que apresentam esses cenários, é mais provável que ocorra maior investimento na produção e exploração interna de recursos energéticos, que investimentos em infraestrutura para importação. O óleo diesel apresenta cenários menos divergentes e mais independentes das hipóteses utilizadas. O consumo de óleo combustível depende em grande parte da disponibilidade dos outros dois e da conjuntura econômica, porque, para deixar de utilizar este recurso são necessárias mudanças mais estruturais nas usinas de geração e refinarias. Deve-se alcançar uma utilização mais eficiente dos combustíveis líquidos, que atenuem também o déficit temporário de gás natural. O incremento da eficiência nesses processos é vital para a economia venezuelana já que poderia incrementar a quantidade de petróleo cru disponível para a exportação.

Palavras chave: *Eficiência, combustíveis, projeção*

Abstract

The main goal of this work was to make a prospective analysis on the impacts of efficient energy policies application, regarding the fossil fuel consumption for electricity generation in Venezuela. The main fossil resources used for the electric power industry are: natural gas, diesel and fuel oil. The analysis was done by projecting the middle-term development of the electrical sector in a fifteen year time horizon. Different conditions of economic growth and technology were assumed in order to carry out these projections.

Energy planning software LEAP was the simulation tool used in this study. Results on consumption and availability were finally obtained after simulating a demand scheme and fixing the development characteristics of every scenario.

The high-economic growth and low-efficiency scenario (CRE) results in gas imports that correspond to 15% of total demand. The low-economic growth and low-efficiency scenario (BAS), besides of resulting in natural gas imports, also presents electrical energy imports of 8% of the total demand. These low-efficiency scenarios would make Venezuela vulnerable in terms of energy security.

Because of the high risks presented in these scenarios, investments in the inner production and exploitation of energy resources are more likely to happen, rather than investments in imports infrastructure, such as ports, piping or power transmission connections. Diesel oil presents less divergent and more independent scenarios, for the chosen hypotheses. Consumption of fuel oil depends on the availability of the other analyzed fuels. To reduce the consumption of this resource, more structural changes would be needed, such as retrofitting of oil refineries and power generation units. A more efficient use of liquid fossil fuels must be achieved, also helping to reduce the temporary natural gas shortage. Efficiency increase in these processes is vital to Venezuelan economy as it could increase the available quantity of petroleum for exports.

Keywords: *Efficiency, fuels, projections*

Lista de ilustrações

Figura 2.1 Produção de energia primária (a) e Consumo final de energia (b) no ano 2012	10
Figura 2.2 Consumo final de energia por setor no ano 2012	11
Figura 2.3 Intensidade energética de Venezuela, período 1970 - 2012	12
Figura 2.4 Emissões de dióxido de carbono na Venezuela, período 1970 - 2012	13
Figura 2.5 Preço e custos de Gasolina e Óleo diesel.....	15
Figura 2.6 Mapa de exploração da Faja Petrolifera del Orinoco (FPO)	16
Figura 2.7 Reservas provadas de petróleo, período 1970 - 2012	17
Figura 2.8 Produção de petróleo e consumo de derivados na Venezuela, período 1970 - 2012....	17
Figura 2.9 Consumo de derivados de petróleo por tipo, ano 2012.....	18
Figura 2.10 Históricos de Consumo e Exportação de derivados, período 1970 - 2012	19
Figura 2.11 Reservas provadas de gás natural, período 1970 - 2012.....	21
Figura 2.12 Produção e Consumo de Gás Natural na Venezuela, período 1970 - 2011	22
Figura 2.13 Consumo de gás natural por setor ano 2012	23
Figura 2.14 Histórico da capacidade instalada (a) e tipos de usina no ano de 2009 (b)	24
Figura 2.15 Geração de energia histórica (a) e divisão por tipos de usina no ano 2009 (b)	24
Figura 2.16 Consumo de energia por setor no ano 2012.....	25
Figura 2.17 Demanda máxima coincidente.....	26
Figura 2.18 Mapa de usinas geradoras de eletricidade ano 2012.....	27
Figura 2.19 Mapa de rede de transmissão no ano 2008	28
Figura 2.20 Históricos de capacidade instalada (a) e energia gerada (b) por tipo de usina	29
Figura 2.21 Energia gerada por fonte (a) e consumo de combustíveis da indústria elétrica (b)	32
Figura 2.22 Mapa de projetos eólicos e regiões de potencial eólico.....	36
Figura 2.23 Mapa de potencial Eólico, Solar e Hídrico	37
Figura 3.1 Esquema representativo dos módulos mais importantes na Venezuela.....	42
Figura 3.2 Número de habitantes e taxa de crescimento de população na Venezuela para o período 1990 - 2012	45
Figura 3.3 Produto interno bruto a preços atuais para o período 1990 - 2012	46
Figura 3.4 Participação de setores produtivos na receita de Manufatura, ano 2009	47

Figura 3.5 Carga anual com relação à carga máxima	56
Figura 4.1 Espectro de cenários segundo os critérios escolhidos.	69
Figura 5.1 Consumo de energia elétrica por setor nos cenários de baixo crescimento econômico	82
Figura 5.2 Consumo de energia elétrica por setor nos cenários de alto crescimento econômico. .	83
Figura 5.3 Energia elétrica total requerida por cenário	84
Figura 5.4 Potência elétrica máxima requerida por cenário.....	84
Figura 5.5 Demanda total de gás natural.....	86
Figura 5.6 Consumo total de combustíveis fósseis para geração de energia elétrica.....	87
Figura 5.7 Consumo de gás natural para geração elétrica por cenário.....	88
Figura 5.8 Consumo de óleo diesel por cenário	90
Figura 5.9 Consumo de óleo combustível por cenário.....	91
Figura 5.10 Déficit de petróleo cru nas exportações.....	93
Figura 5.11 Importação do gás natural.....	94
Figura 5.12 Ajuste para os inputs totais da geração elétrica	96
Figura 5.13 Ajuste para os inputs fósseis da geração elétrica.....	97
Figura 5.14 Emissões de CO ₂ para quatro anos do período de estudo.....	98
Figura 5.15 Emissões de CO ₂ no ano 2025 por combustível	99

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Comparação de países produtores de petróleo, ano 2011	9
Tabela 2.2 Comparação de preços médios de recursos energéticos em países da América Latina	14
Tabela 2.3 Resumo de projetos eólicos na Venezuela	35
Tabela 3.1 Componentes do Produto Interno Bruto no ano 2009	47
Tabela 3.2 Classificação do parque automotivo no ano 2009	48
Tabela 3.3 Capacidade instalada do parque elétrico venezuelano no ano 2009	55
Tabela 3.4 Dados mensais de capacidade instalada e demanda máxima no ano 2009	56
Tabela 3.5 Balanço do ano base	62
Tabela 4.1 Síntese das hipóteses	79

Lista de Abreviaturas e Siglas

AIE: Agencia Internacional de Energía
BP: British Petroleum
CAVEINEL: Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica
COVENIN: Comisión Venezolana de Normas Industriales
CVG: Corporación Venezolana de Guayana
EDELCA: Electrificación del Caroní Compañía Anónima
EIA: U.S. Energy Information Administration
FONDEN: Fondo de desenvolvimiento nacional
GLP: Gás liquefeito de petróleo
IDH: Índice de Desenvolvimento Humano
INDENE: Instituto de Energía de la Universidad Simón Bolívar
INE: Instituto Nacional de Estadística
MENPET: Ministerio del Poder Popular para el Petróleo
MINAMB: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente
MPPEE: Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica
MUSD: Milhares de dólares dos Estados Unidos
LEAP: Long range Energy Alternatives Planning system
OLADE: Organização Latinoamericana da Energia
PDSEN: Plan de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional
PDVSA: Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima
PIBpc: Produto Interno Bruto per cápita
PNUD: Programa das Nações Unidas pelo Desenvolvimento
PODE: Petróleo y Otros Datos Estadísticos
SIEE: Sistema de Información Económica y Energética
SIN: Sistema Interconectado Nacional
UREE: Uso Racional y Eficiente de la Energía
USB: Universidad Simón Bolívar

mb: milhares de barris

mbep: milhares de barris equivalentes de petróleo

mbep/d: milhares de barris equivalentes de petróleo ao dia

mhab: milhares de habitantes

tep: toneladas equivalentes de petróleo

ktep: mil toneladas equivalentes de petróleo

GWh: Giga watt-hora

MW: Mega watt

MMPCD: milhões de pés cúbicos ao dia

Mt CO₂: milhões de toneladas de dióxido de carbono

Sumario

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Motivação e contexto.....	1
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Estrutura da dissertação	4
2	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA VENEZUELA E SEU SETOR ENERGETICO.....	6
2.1	Características gerais da Venezuela	6
2.1.1	Índices socioeconômicos	6
2.1.2	A Venezuela e outros países produtores de petróleo	7
2.2	Produção e consumo de energéticos.....	9
2.2.1	Energia primária.....	10
2.2.2	Intensidade energética.....	11
2.2.3	Emissões de gases de efeito estufa.....	12
2.2.3	Preços internos dos energéticos	14
2.3	Síntese do setor de hidrocarbonetos na Venezuela.....	15
2.3.1	Exploração e produção de petróleo.....	15
2.3.2	Derivados do petróleo e refino.....	18
2.3.3	Gás Natural	20
2.4	Síntese do setor elétrico venezuelano	23
2.4.1	Parque da geração elétrica	26
2.4.2	Outras fontes renováveis de energia	33
3	ESTRUTURA E MODELAGEM DOS DADOS.....	40
3.1	Introdução ao LEAP	40
3.2	Dados energéticos inseridos no LEAP	43
3.3	Hipóteses principais.....	44
3.4	Demanda.....	48
3.4.1	Setor Residencial	48
3.4.3	Setor Transporte.....	51
3.4.4	Setor Comercial e Setor Outros	52

3.5	Transformação	53
3.5.1	Transmissão e Distribuição	54
3.5.2	Geração de Energia Elétrica.....	54
3.5.3	Refino de Petróleo.....	57
3.5.4	Produção de Petróleo Cru	58
3.5.5	Produção de Gás Natural	59
3.6	Recursos.....	60
3.7	Balanço do ano base	61
4	ENFOQUE DOS CENÁRIOS	64
4.1	Antecedentes na formulação de cenários em estudos venezuelanos	65
4.2	Critérios para a formulação de cenários	66
4.3	Apresentação dos cenários.....	68
4.3.1	Considerações gerais.....	69
4.3.2	Cenário Baixo Crescimento sem Eficiência Energética (BAS).....	71
4.3.3	Cenário Baixo Crescimento com Eficiência Energética (EFE)	73
4.3.4	Cenário Alto Crescimento sem Eficiência Energética (CRE)	74
4.3.5	Cenário Alto Crescimento com Eficiência Energética (CYE).....	77
4.4	Resumo das características essenciais e pontos de inflexão.....	78
4.5	Variáveis de estudo.....	80
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	81
5.1	Demanda de energia e potência elétrica	81
5.2	Demanda de gás natural.....	85
5.3	Consumo de combustíveis para geração de energia elétrica	86
5.3.1	Consumo de gás natural	88
5.3.2	Consumo de óleo diesel	89
5.3.3	Consumo de óleo combustível	91
5.4	Disponibilidade dos recursos.....	92
5.4.1	Disponibilidade de hidrocarbonetos líquidos.....	92
5.4.2	Disponibilidade do gás natural.....	94
5.6	Ajuste de dados na atualidade	96
5.5	Emissões de gases de efeito estufa (Dióxido de carbono).....	97

6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	100
6.1	Conclusões.....	100
6.2	Recomendações	104
7	REFERENCIAS.....	106
	ANEXO A - Balanços Energéticos	113
	ANEXO B - Outras estatísticas.....	115

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação e contexto

A Venezuela é um país localizado ao norte da América do Sul, encontra-se em 6º lugar em tamanho e 5º lugar em população dentro dos países dessa região continental e é um país amplamente conhecido pela abundância de seus recursos energéticos, principalmente petrolíferos.

Desde o início do século XX existe na Venezuela uma economia baseada primordialmente nos recursos fósseis. Assim, o setor petrolífero é um pilar essencial para o desenvolvimento social e econômico do país. Este país possui uma das maiores reservas de petróleo pesado do mundo, o que garante esses recursos para mais de 100 anos, segundo cálculos de depleção da BP (2012). Porém, a evolução de sua exploração e uso tem sido bastante controversa. A obtenção de recursos econômicos por meio da indústria petrolífera também ajudou a criar um mercado abrangente de energia elétrica, com grandes empreendimentos, fundamentalmente hídricos.

A indústria petrolífera e de geração elétrica formam as bases do mercado energético venezuelano. Esses setores tiveram uma evolução diferente, mas ambos passaram por épocas de total dominação por organizações de capital privado, até um completo domínio por parte dos entes públicos, como ocorre na atualidade.

A primeira década do século XXI foi plena de estatizações por parte do governo, incluindo as indústrias já mencionadas. Esse conjunto de leis e decretos de estatização, junto com as políticas anteriores, geraram uma incerteza legislativa e regulatória, já que todos os órgãos encontravam-se dentro da mesma esfera. Os projetos de expansão da capacidade produtiva, entre outras metas, não foram cumpridos nos prazos determinados e houve um estancamento dos investimentos produtivos, que agravaram a situação do mercado energético venezuelano. Essas situações foram estudadas anteriormente por casos similares em diversos países. Durbán (2008) assinala que “a concentração do mercado e a forte integração vertical dos setores... leva a um acesso desigual à infraestrutura e a um insuficiente investimento nela”.

Esses acontecimentos aumentaram uma série de debilidades do setor elétrico venezuelano. A eletricidade gerada na Venezuela depende primordialmente das fontes hídricas localizadas na

zona leste do país, com dependência de só uma bacia hidrográfica, gerando vulnerabilidade para outras regiões, principalmente por que a geração local não é suficiente para cobrir a demanda em épocas de seca, ou porque as linhas de transmissão para levar a energia da fonte hídrica excedem sua capacidade provocando falhas no sistema.

Esta situação juntamente com a pobre manutenção das antigas termelétricas e a escassez interna de gás natural devido à gestão interna dos recursos fósseis, provocaram desde o ano de 2008, um desequilíbrio no serviço elétrico, tendo-se que estabelecer horários de racionamento para evitar o colapso do sistema. Finalmente, no ano 2010, foi decretado um período de "emergência energética" por um período total de 150 dias, onde o estado tinha o poder para fazer todo o necessário para garantir o serviço. Essa situação impactou fortemente a sociedade venezuelana e especialmente, a produção do setor industrial. Muitas empresas tiveram que adquirir motogeradores para evitar perdas econômicas por redução na produção, ou por danos às maquinarias devido a instabilidade da corrente elétrica. Também foram afetadas instalações que, por natureza, não podiam ficar sem energia elétrica, tais como clínicas, hospitais, escolas, centros comerciais, e outros.

Esta dissertação surge como uma proposição de análise e projeção dos diferentes fatos acontecidos na Venezuela em anos recentes. A falta de planejamento do sistema interligado nacional tem ocasionado um incremento no consumo de combustíveis líquidos com fins de produção de energia elétrica. Ainda que um incremento da parcela da geração de base térmica estivesse planejado, existe um grande desperdício nos sistemas de transmissão e em usinas de tecnologia antiga e baixa eficiência. Sendo a Venezuela um país produtor de petróleo, esse desperdício representa perdas econômicas devido à colocação desses produtos para queima em usinas, em vez de sua utilização por setores mais produtivos da indústria ou na exportação para o mercado internacional.

Este estudo faz uma análise de diversos cenários de desenvolvimento do setor de geração elétrica venezuelano, com especial ênfase no consumo dos principais combustíveis fósseis para esses fins: óleo diesel, óleo combustível e gás natural. O período de estudo é de quinze anos, dos quais os primeiros três a cinco anos estão ligados com programas de desenvolvimento do sistema já em andamento, e os últimos dez anos do estudo são a projeção principal da evolução do sistema segundo os critérios escolhidos. Foi utilizado um *software* de planejamento energético chamado *Long range Energy Alternatives Planning System* (LEAP). Com essa ferramenta foram

projetados e simulados os quatro cenários propostos, cujas características vão desde um cenário de base com um comportamento similar ao atual, até um cenário com melhores aplicações em eficiência e maior desenvolvimento econômico.

O consumo dos combustíveis fósseis para fins de geração de energia forma parte de uma cadeia de processos, indo desde a extração e exploração dos recursos primários até os diversos consumos finais energéticos e não energéticos pelos setores da sociedade. O LEAP permite simular essa cadeia de processos, com fatores que intervêm antes (quantidade de recursos, infraestrutura de refino, exportações) e depois (consumos finais domésticos e industriais, usos não energéticos) desse elo. A caracterização destes processos energéticos de consumo permite ter uma ideia da disponibilidade destes recursos. A análise desse aspecto forma parte importante do trabalho, devido a que, o déficit destes recursos em alguma parte da cadeia energética pode representar inconvenientes para a economia venezuelana, derivando em importações ou demandas insatisfeitas dependendo do cenário econômico e tecnológico proposto.

1.2 Objetivos

O objetivo principal do estudo é testar e comparar o impacto da aplicação de diferentes tecnologias e políticas públicas na geração de eletricidade em base térmica na Venezuela, para diversos cenários de crescimento econômico.

Para isso foram feitas uma análise e uma comparação do consumo dos combustíveis: óleo diesel, óleo combustível e gás natural, com fins de geração de eletricidade, para quatro diferentes cenários de desenvolvimento, em um período de estudo de quinze anos a partir do ano de 2009 (ano base). O motivo da projeção por cenários diferentes é observar o conjunto de futuras possibilidades dentro do contexto de geração de energia elétrica. Propõem-se quatro cenários, dos quais, dois são os cenários pessimista e otimista, e os outros dois são cenários com características intermédias de desenvolvimento.

Para cumprir com o objetivo principal é preciso realizar um levantamento de dados energéticos venezuelanos e criar um marco energético atual; estudar as possíveis opções de desenvolvimento do sistema elétrico interligado nacional; escolher os parâmetros de

caracterização de cada cenário e as variáveis a serem estudadas; realizar uma metodologia de inclusão dos dados ao *software* LEAP para seu processamento, para finalmente interpretar os resultados e avaliar as projeções e seus impactos sobre o consumo energético do País, segundo cada cenário.

1.3 Estrutura da dissertação

A formulação, desenvolvimento e resultados do estudo se dividem em 6 capítulos que formam o texto da dissertação.

No capítulo 2 é feita uma apresentação das características do país e um levantamento de dados energéticos da Venezuela para criar um marco conceitual atualizado que inclui as características básicas da produção e consumo de energia no país, um resumo dos dados históricos mais importantes do setor de hidrocarbonetos e do setor elétrico e uma revisão dos avanços em projetos nacionais de energias renováveis (eólico, solar e biomassa).

O capítulo 3 apresenta o *software* que foi utilizado para realizar as simulações, junto com as qualidades deste que permitem a análise das características estabelecidas. Verifica-se a metodologia para seu uso e se adapta para as condições e restrições da Venezuela. Dentro da metodologia gera-se um esquema de consumo energético característico para esse país, estabelecendo fluxos energéticos entre diversos setores da indústria e da sociedade. Apresentam-se as principais hipóteses e os comportamentos da demanda, transformação e recursos. Essas hipóteses e modelagem derivam em um balanço estimado do ano base.

No capítulo 4 apresentam-se os critérios escolhidos para a formulação dos cenários segundo diversos antecedentes e fontes de informação. Estes cenários se localizam dentro do contexto de possibilidades e mostram-se as afinidades e relações entre eles. Fixam-se suas características qualitativas inerentes ao tipo de dados, hipóteses e análises. Depois, estabelecem-se as características quantitativas, referindo-se a três aspectos futuros principais: economia como um todo, setor óleo e gás, e setor de geração de energia. É analisada a evolução de alguns indicadores como produção de energéticos, produto interno bruto, entre outros.

Os resultados das simulações são apresentados no capítulo 5, por meio de um conjunto de gráficos nos quais é possível verificar as diferenças entre os distintos cenários propostos. Inicia-se a apresentação dos resultados com os requerimentos específicos da demanda energética final, sendo a eletricidade o componente final analisado, depois se analisam os requerimentos em combustíveis fósseis necessários para satisfazer as cargas obtidas e, finalmente, a disponibilidade efetiva da Venezuela para fornecer esses recursos.

Já no capítulo 6 se apresentam as conclusões feitas sobre os resultados obtidos. São apresentados comentários sobre a probabilidade dos cenários e sobre os diferentes comportamentos do consumo dos combustíveis fósseis. Além disso, fazem-se recomendações para futuros trabalhos que proporcionem conhecimento adicional, ou melhorem outros pontos apresentados nesta pesquisa.

Finalmente, apresentam-se um conjunto de anexos que compreendem parte dos dados energéticos utilizados e alguns resultados adicionais, como balanços energéticos de anos intermediários do período de estudo.

2 CARATERISTICAS PRINCIPAIS DA VENEZUELA E SEU SETOR ENERGETICO

2.1 Características gerais da Venezuela

Além do contexto energético é importante localizar a Venezuela dentro dos parâmetros socioeconômicos internacionais. Os próximos dados servem para conhecer melhor as características inerentes à população e economia venezuelana. Uma das características mais importantes deste país é sua importância geopolítica na produção de petróleo, e por isso, é feita uma comparação com países com produções petrolíferas similares, bem como apresentar alguns comentários sobre a divergência no desenvolvimento de cada um deles.

2.1.1 Índices socioeconômicos

A Venezuela é um dos países que compõe América Latina, é localizado na América do Sul, possui um território de 916.445 km² (Instituto Geográfico de Venezuela, 2014) e uma população estimada de 29,95 milhões de habitantes no ano 2012 (Banco Mundial, 2013). Com o descobrimento de grandes reservas de petróleo a partir de meados do século XX, começaram profundas mudanças dentro das características socioeconômicas da população venezuelana.

Um grande fluxo de imigrantes de diversos países do mundo foi para a Venezuela para aproveitar os benefícios da economia emergente da época. A composição étnica e cultural venezuelana é uma mistura das antigas bases espanhola, africana e indígena, unida ao movimento mais recente de imigrantes italianos, portugueses, árabes, chineses, latino-americanos, entre outros. Na Venezuela aproximadamente 49,9% da população é auto reconhecida como mestiça, 42,2% são reconhecidos como brancos, 2,8% como negros, outros 2,2% como indígenas e o restante pertence a outras minorias (INE, 2011).

O desenvolvimento trazido pela renda petrolífera provocou um êxodo rural que mobilizou uma grande quantidade de pessoas dos campos para as cidades mais populosas. A maioria da população venezuelana mora nas zonas costeiras em conglomerados urbanos, sendo que a população urbana é de 95%, restando apenas cerca de 5% de população rural (INE, 2012).

O PIB real venezuelano no ano 2013 foi de 381,3 bilhões de USD a preços correntes, sendo a terceira economia da América do Sul, depois da Argentina e do Brasil (Banco Mundial, 2013). As receitas das exportações venezuelanas são altamente dependentes do petróleo e seus derivados, outra pequena parcela corresponde a produtos agropecuários. O PIB real per capita, e o índice de desenvolvimento humano (IDH) para o ano 2012, são de 12.460 USD/hab e 0,748 respectivamente. O PIB per capita da Venezuela é o segundo da América do Sul, superado apenas pelo Chile. A renda per capita venezuelana faz com que este seja um país de renda média - alta, segundo a classificação do Banco Mundial¹. No que diz respeito a outros índices de desenvolvimento, o PNUD (2013) cataloga a Venezuela dentro do grupo dos países com desenvolvimento humano alto², similar a outros países da América Latina como o Brasil (IDH 0,730) e o Equador (IDH 0,724).

2.1.2 A Venezuela e outros países produtores de petróleo

A OPEP é uma das organizações internacionais mais importantes do mundo e foi fundada por um grupo de países produtores de petróleo no ano de 1960. A Venezuela é um dos seus países fundadores junto com o Iraque, o Irã, o Kuwait e a Arábia Saudita. A OPEP mantém sua função de cartel e protege os seus países membros com a fixação de preços e cotas de exportação. Porém, o desenvolvimento social e econômico desses países possui uma grande divergência.

A análise dos motivos pelos quais estes desenvolvimentos são tão divergentes sai do objetivo deste trabalho, contudo é importante mencionar alguns fatos e características da relação entre estes países. Hoje em dia é notório o avanço de alguns países árabes por meio da sua renda

¹ O banco mundial coloca aos países com rendas per capita entre 4.086 USD/hab e 12.615 USD/hab no grupo de países com renda média - alta, na classificação *Country and Lending groups*, Banco Mundial (2014).

² O programa das nações unidas para o desenvolvimento (PNUD) possui uma classificação relativa dividindo em quatro grupos os 187 países analisados em IDH muito alto, alto, médio e baixo.

petrolífera, em contraste com o caso venezuelano. Os árabes possuem uma cultura e um estilo de vida muito ligado às características de sua religião, enquanto, o estilo de vida venezuelano é influenciado pela cultura ocidental. Essas e outras diferenças culturais têm influência nas políticas emitidas pelo governo e no desenvolvimento das atividades dos habitantes desses países. A produção petrolífera venezuelana tem passado por diferentes etapas ao longo da história, a fiscalização e regulação da PDVSA, a principal petroleira da Venezuela, tem variado constantemente desde os inícios da indústria petrolífera. Estas mudanças constantes têm debilitado a economia do país, que só se alimenta dos altos preços do petróleo cru.

Catar e os Emirados Árabes Unidos são alguns exemplos de países petrolíferos emergentes. Esses países possuem uma forma de governo de monarquia constitucional, diferente da forma de república presidencialista que predomina na Venezuela. Os governos árabes conseguiram uma forma forte e estável de investir sua renda em setores alternativos ao petróleo e gás reduzindo a contribuição dele dentro do PIB. As monarquias são dominadas por famílias de xeiques que coordenam o desenvolvimento da região de uma maneira contínua e com uma visão claramente futurista e competitiva característica da cultura árabe. Na comparação entre estes países tem que ser levada em conta a grande diferença entre a população venezuelana e aquela dos países árabes mais emergentes. Por exemplo, a produção de petróleo nos Emirados Árabes é similar a produção venezuelana, enquanto a população é um terço do que há neste país.

Os planos dos países árabes estão relacionados com a visão futura da região sem a renda petrolífera, devido a que as reservas destes se esgotam aceleradamente. As reservas venezuelanas possuem um tempo de depleção maior que 100 anos pelo que o esgotamento dos recursos petrolíferos não foi uma razão de peso na formulação de políticas econômicas efetivas. As razões mencionadas anteriormente, junto com as distorções econômicas que provocam os altos subsídios aos produtos derivados do petróleo, são alguns dos pontos de inflexão entre os desenvolvimentos da região árabe petrolífera mais emergente e a Venezuela.

Outro país produtor de petróleo com uma evolução diferente da Venezuela é a Noruega. Este país escandinavo concentrou-se, desde o descobrimento das jazidas petrolíferas em seu território, a criar e alimentar um fundo nacional de pensões e um fundo destinado às inversões na bolsa de valores nacional e internacional. Esse mecanismo é similar ao fundo de desenvolvimento nacional da Venezuela (ou FONDEN pelo acrônimo em espanhol), e é encarregado de financiar projetos sociais relacionados com a educação, saúde, ciência e tecnologia. Porém o governo

venezuelano não tem transparência e controle adequado sobre os projetos financiados pelo FONDEN, perdendo assim, a eficácia em atingir os objetivos do programa. Na Tabela 2.1 está apresentado um conjunto de características comparativas dos países mencionados, para observar de melhor maneira a posição da Venezuela entre os países produtores de petróleo.

Tabela 2.1 Comparação de países produtores de petróleo, ano 2011³

País	População (milhões de habitantes)	PIB (MMUSD)	PIBpc (USD/hab)	IDH	Produção petróleo (mbep/dia)
Arábia Saudita	27,76	669.506	24.116	0,780	11.264
Emirados Árabes Unidos	8,92	348.594	39.057	0,817	3.380
Iraque	31,76	180.606	5.686	0,583	2.628
Irã	75,42	514.059	6.816	0,742	4.264
Kuwait	3,12	160.912	51.496	0,788	2.691
Qatar	1,91	171.476	89.735	0,832	1.641
Noruega	4,95	491.064	99.143	0,953	2.007
Venezuela	29,50	316.482	10.728	0,746	2.489

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Banco Mundial (2013), PNUD (2013), EIA (2014)

2.2 Produção e consumo de energéticos

Criar uma imagem atual do setor energético venezuelano é uma tarefa difícil. Com as mudanças das políticas no País também vieram reformas na disponibilidade e organização da informação dos setores elétrico e petrolífero. A divisão do antigo *Ministerio de Energía y Minas*, em novos ministérios, *Ministerio de Energía Eléctrica* e *Ministerio de Petróleo y Minería*, fez com que muitos dos relatórios se dividissem e não existisse um balanço energético nacional geral. Porém, é possível estruturar uma informação atual por meio de diversos relatórios emitidos por variadas organizações internacionais e nacionais, algumas atuais e outras mais antigas que hoje em dia desapareceram junto com as mudanças políticas. Para mostrar um panorama atual a maioria das informações provém da OLADE, para estabelecer um padrão e coerência dos dados. Porém, para efeitos de cálculo e projeção, as fontes nacionais são preferidas, devido ao maior grau de desagregação de detalhe dos dados, apesar de que estes sejam mais antigos.

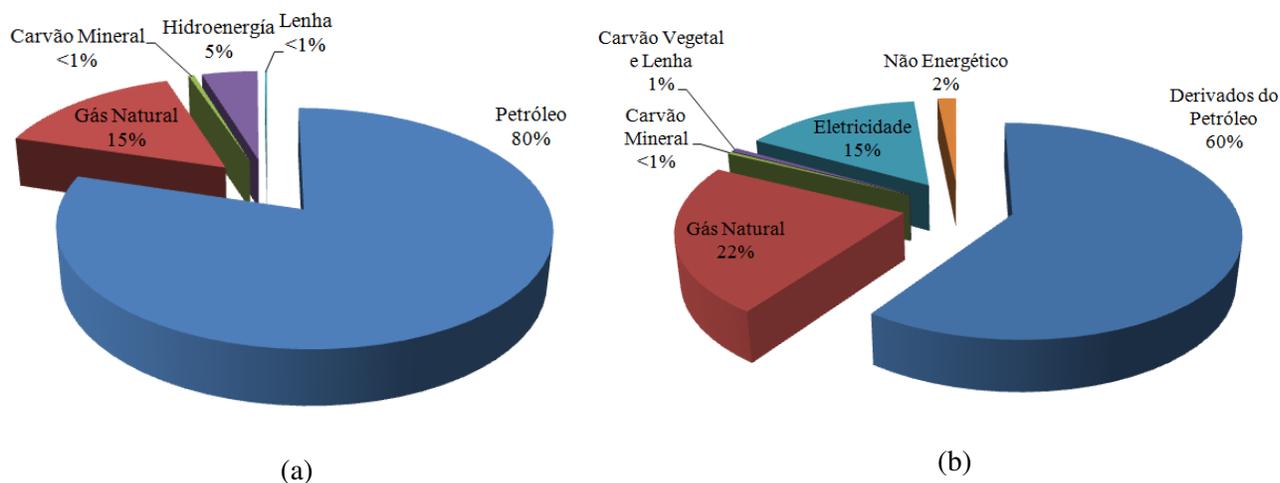
³ Foi citado o ano 2011 já que alguns dos países considerados na comparação não tinham dados mais atualizados, desse modo se manteve um melhor padrão de comparação com dados do mesmo ano para todos os países

2.2.1 Energia primária

Sendo a Venezuela um país principalmente energético é natural que a produção seja consideravelmente maior que seu consumo, especificamente no que diz respeito a petróleo e seus derivados. A matriz energética venezuelana atual possui pouca variedade de recursos, provocando uma baixa elasticidade nas ofertas energéticas em todos os setores. A produção de energia primária é baseada em três elementos principais: petróleo cru, gás natural e fontes hídricas.

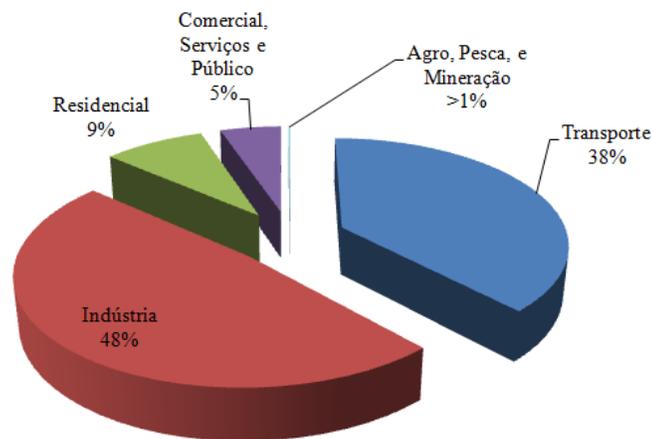
Em anos passados começou a se explorar um tipo de areia betuminosa que misturada com alguns químicos e água gerava um combustível chamado Orimulsión, mais concretamente entre os anos 1989 e 2005. Alguns dos pesquisadores e ministros opinaram que era mais conveniente misturar esse betume com petróleos mais leves para melhorar sua comercialização e hoje em dia não se produz mais a Orimulsión.

Segundo a OLADE (2014), a produção de energia primária pela Venezuela foi de 192.260 ktep, e o consumo de 52.960 ktep no ano 2012. Na Figura 2.1a e 2.1b pode se observar a produção e consumo por fonte. Na Figura 2.2 observa-se a distribuição do consumo por setor da sociedade.



Fonte: SIEE, OLADE (2014)

Figura 2.1 Produção de energia primária (a) e Consumo final de energia (b) no ano 2012



Fonte: SIEE, OLADE (2014)

Figura 2.2 Consumo final de energia por setor no ano 2012

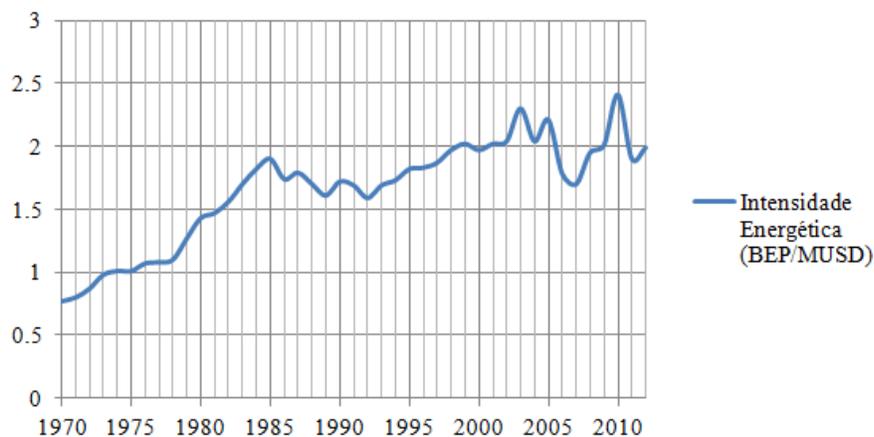
Com uma população aproximada de 28,38 milhões de habitantes, a Venezuela foi um dos países com maior consumo de energia per capita na região no ano 2012, com um valor de 1,73 tep/hab. Alguns países da America do Sul possuíam consumos consideravelmente menores como por exemplo, a Colômbia (0,53 tep/hab) e o Brasil (1,15 tep/hab). Outros países com consumos altos foram a Argentina (1,29 tep/hab) e o Chile (1,45 tep/hab), porém, ainda menores do que o da Venezuela (OLADE, 2014).

2.2.2 Intensidade energética

A intensidade energética mede, de algum modo, a eficiência do País para gerar recursos econômicos. Quanto menor for a intensidade, menos insumos energéticos são necessários para gerar uma unidade de riqueza. Os dois fatores que intervêm dentro dessa variável são o consumo de energia primária e o produto interno bruto. Na Venezuela o PIB está muito ligado à produção de petróleo e seus derivados, dependendo, então, dos preços desses insumos a nível mundial. Um aumento dos preços levaria, então, a um incremento do PIB e a um decréscimo da intensidade energética, sem melhorar outros níveis de eficiência ou consumo interno.

Os valores da intensidade energética da Venezuela diferem levemente. Dependendo da fonte de informação (agências ou organismos internacionais). Esses valores estão numa faixa

entre 1,5 e 2,5 bep/MUSD, perto de países como Brasil e Chile, que sem dúvida possuem níveis mais elevados de desenvolvimento. Na Figura 2.3 observa-se que o valor no ano 2012 encontra-se em aproximadamente 2 bep/MUSD. Em contraste com os valores da América Latina, países como Alemanha com 0,81 bep/MUSD em 2012 e Reino Unido com 0,59 bep/MUSD em 2012 (AIE, 2014), têm taxas muito mais baixas devido às atividades de baixo consumo energético que são realizadas e os produtos de alto valor agregado que exportam. Até que a produção se diversifique e a produtividade aumente, esse comportamento da intensidade venezuelana ligado aos preços do petróleo vai continuar invariável.



Fonte: SIEE, OLADE (2014)

Figura 2.3 Intensidade energética de Venezuela, período 1970 - 2012

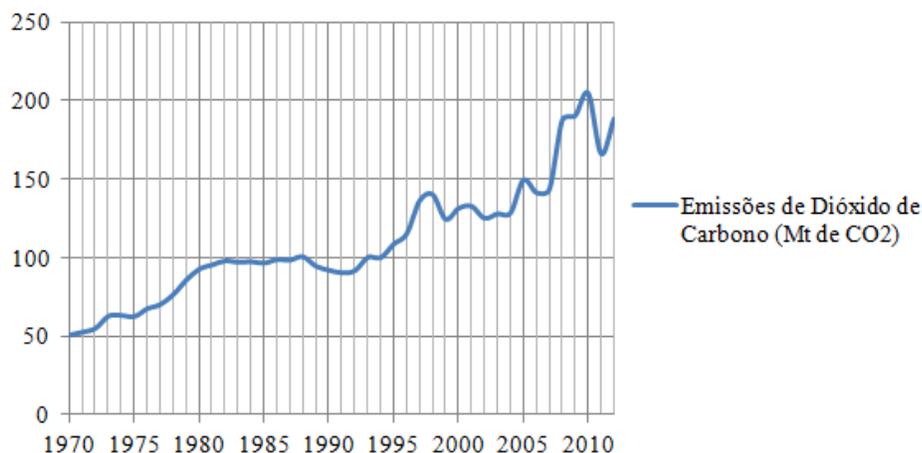
2.2.3 Emissões de gases de efeito estufa

A situação de mudanças climáticas e produção de emissões de gases de efeito estufa conduzem a um estudo complexo que tem implicações econômicas, sociais e tecnológicas. A posição da Venezuela no que diz respeito às mudanças climáticas não é muito clara. Foi em 2005 que se emitiu o primeiro comunicado sobre mudanças climáticas e mitigação, baseado em estudos e análises anteriores de emissões.

Atualmente, segundo a OLADE (2014), a Venezuela é um dos maiores emissores de gases de efeito estufa da América Latina, com um total aproximado de 188 Mt de CO₂ no ano 2012, sem levar em conta outros gases adicionais. Outros países do grupo são a Argentina (170 Mt de CO₂), o Brasil (483 Mt de CO₂) e o México (470 Mt de CO₂) os dois últimos possuem emissões consideravelmente maiores. Porém, o dado composto de emissões per capita mostra que a população venezuelana é muito mais intensiva com um valor de 6,28 tCO₂/habitante, frente a Argentina (4,13 tCO₂/habitante), o Brasil (2,48 tCO₂/habitante) e o México (4,09 tCO₂/habitante) com valores menores.

Segundo o relatório *Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela* (2005), no ano 1999 o País emitiu 1,3 tCO₂/habitante, dez anos depois esse valor aumentou mais de quatro vezes, indicando um uso intensivo dos combustíveis fósseis já que outras fontes como desflorestamento ou mudanças no uso da terra não foram tão importantes durante esse período.

Geralmente esse incremento nas emissões acompanha um crescimento da economia e qualidade de vida dos habitantes do País. No caso venezuelano, outros fatores não relacionados ao crescimento econômico influem neste incremento: usinas termelétricas ineficientes, uso massivo de transporte particular, entre outros, talvez tenham incidido no aumento das emissões para os últimos anos. A Figura 2.4 encontra-se uma série temporal das emissões de dióxido de carbono totais da Venezuela para o período entre 1970 e 2012.



Fonte: SIEE, OLADE (2014)

Figura 2.4 Emissões de dióxido de carbono na Venezuela, período 1970 - 2012

2.2.3 Preços internos dos energéticos

Ainda que a avaliação e projeção dos custos dos cenários energéticos não estejam contempladas dentro dos objetivos da dissertação, é importante fazer uma revisão desta característica particular da economia venezuelana. Desde o início da indústria energética na Venezuela é notória a distorção dos preços dos energéticos por causa dos altos subsídios outorgados pelo governo. Apesar de que houve tentativas para modificar essa situação, grandes pressões sociais impediram avanços nesse aspecto. Os grandes subsídios apresentam uma grande perda financeira para o setor energético venezuelano, desperdiçando uma quantidade de recursos econômicos que poderiam ser investidos internamente em outras áreas como educação, infraestrutura, ou saúde.

Na Tabela 2.2 encontram-se os preços de diferentes energéticos utilizados nos setores industrial, de transportes e residencial, a fim de comparar os valores médios em um grupo de países da América Latina. Os preços venezuelanos são consideravelmente baixos em comparação com outros países da região. Um dos maiores problemas nos balanços financeiros desse País é o fato de que esses preços não apresentam o custo de oportunidade que significaria sua exportação nem os custos de produção, como se observa na Figura 2.5. Esses preços mantêm os mesmos valores fixados pelo governo desde 1999 (HERNANDEZ, 2012), impedindo a criação de um preço equilibrado pelo mercado.

Tabela 2.2 Comparação de preços médios de recursos energéticos em países da América Latina

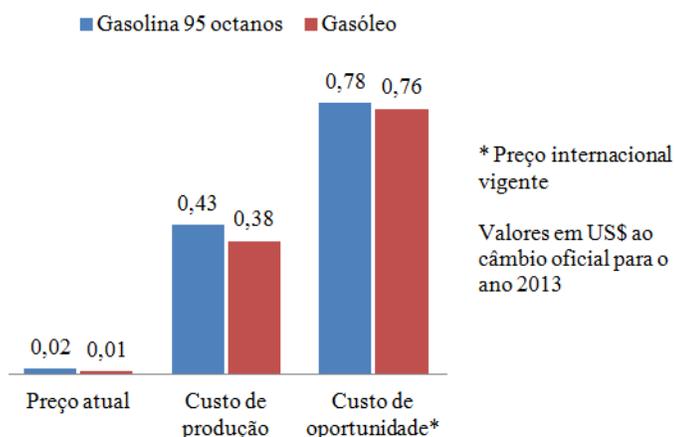
PAÍS	Eletricidade Residencial US\$/kWh	GLP Residencial US\$/l	Óleo diesel Transporte US\$/l	Óleo Combustível US\$/bbl	Gasolina Transporte US\$/l
Argentina	0,019	0,312	0,907	0,549	1,127
Brasil	0,261	1,527	1,211	0,738	1,635
Chile	0,211	1,818	1,203	S/D ⁴	1,516
Colômbia	0,190	1,031	1,058	0,458	1,473
Venezuela	0,022	0,125	0,011	0,018	0,023

Fonte: OLADE (2014)

⁴ Dados não disponíveis pela rede de informação da OLADE

Segundo declarações dos ministérios de finanças, o estado venezuelano perde aproximadamente 12.592 milhões de USD ao ano por causa dos subsídios. Espera-se que em um futuro próximo seja planejado um incremento nos preços que permita atingir um melhor equilíbrio nos balanços econômicos deste país (TOVAR, 2013).

O preço da energia elétrica venezuelana é também consideravelmente baixo e não representa os custos reais por causa de um planejamento inadequado de recursos. Não existe um processo de otimização de preços do mercado que permita uma funcionalidade correta e confiável, porém, considera-se que a problemática ainda é muito maior devido à grande quantidade de pessoas ou organismos que utilizam a rede sem efetivamente pagar o que é consumido (HERNANDEZ, 2012). Essa distorção faz com que a remuneração do serviço elétrico seja muito menor que a real correspondente.



Fonte: PDVSA (2013)

Figura 2.5 Preço e custos de Gasolina e Óleo diesel

2.3 Síntese do setor de hidrocarbonetos na Venezuela

2.3.1 Exploração e produção de petróleo

A Venezuela conta com uma longa história na exportação de petróleo. Este país tem uma das maiores reservas desse hidrocarboneto no mundo, aproximadamente 17,8% das reservas

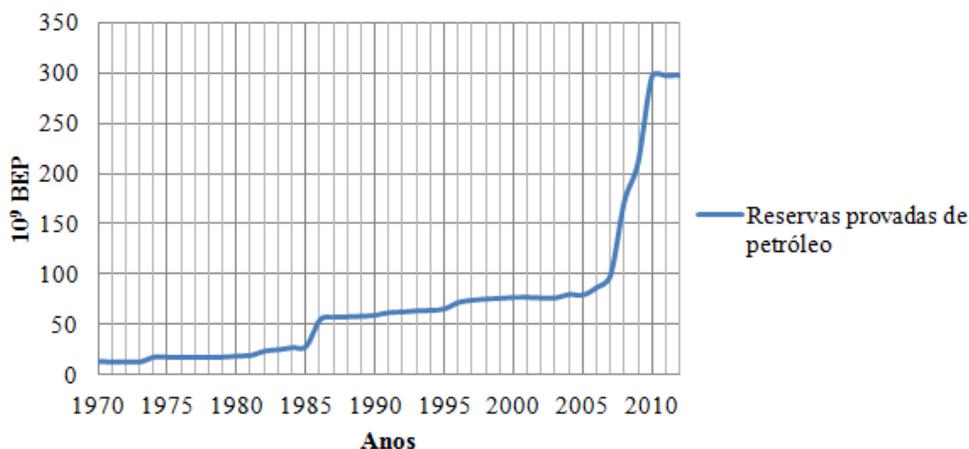
mundiais totais (BP, 2013). Grande parte dessa riqueza encontra-se em uma área conhecida como a *Faja del Orinoco*, uma zona que compreende o centro e centro-leste do País. Na Figura 2.6 é mostrado um esquema das regiões produtoras divididas em blocos, localizadas dentro do mapa da Venezuela, além disso, se mostram as possíveis empresas mistas a serem formadas para sua exploração.



Fonte: PDVSA (2010)

Figura 2.6 Mapa de exploração da Faja Petrolífera del Orinoco (FPO)

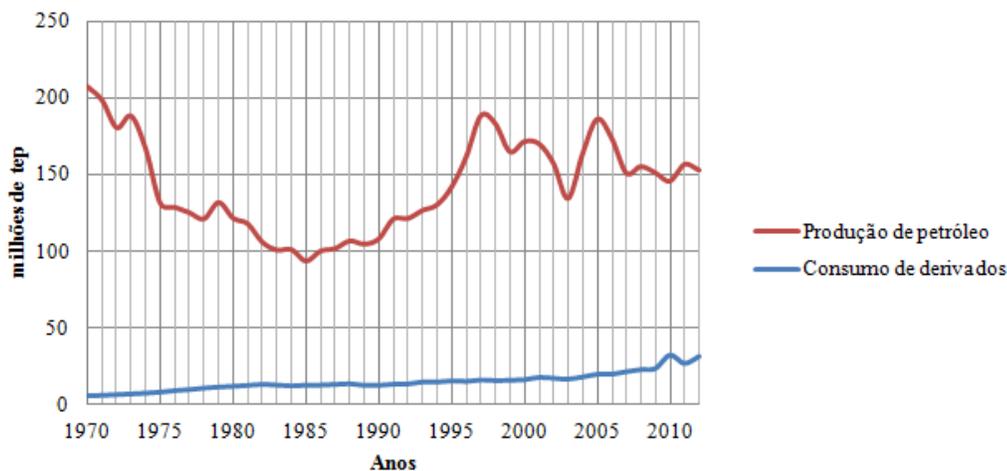
Na Figura 2.7 observa-se a evolução das reservas provadas na Venezuela. Em 2006 houve um aumento drástico no valor total. Mas isso não foi causado por algum novo descobrimento: Monaldi (2011) descreve o assunto "a magnitude dos recursos da *Faja* estão bastante claros desde há décadas e é muito pouco o que se tem incorporando em novos descobrimentos de petróleo cru em outras áreas. As razões pelas quais se pode incorporar novas reservas de petróleo extra pesado são fundamentalmente econômicas. Esses motivos econômicos são especificamente os altos preços do petróleo nos últimos anos. Esses preços tornaram viável a exploração da região, fazendo com que o nível de reservas aumentasse drasticamente. Com as reservas e a produção atual, a Venezuela contaria com petróleo para mais de cem anos.



Fonte: SIEE, OLADE (2014)

Figura 2.7 Reservas provadas de petróleo, período 1970 - 2012

Em 2012 a produção de petróleo na Venezuela foi de 153.294 ktep, e o consumo de 31.653 ktep segundo as redes de informação da OLADE (2014). Venezuela foi, em meados do século XX, um dos maiores exportadores de petróleo no mundo. Após as crises econômicas dos anos 80 conseguiu-se recuperar parte da produção. Contudo, a partir de 1998, com o cancelamento da abertura do setor de petróleo⁵ e a reorganização da PDVSA, houve uma queda constante na produção que permanece até agora, como observado na Figura 2.8.



Fonte: SIEE, OLADE (2014)

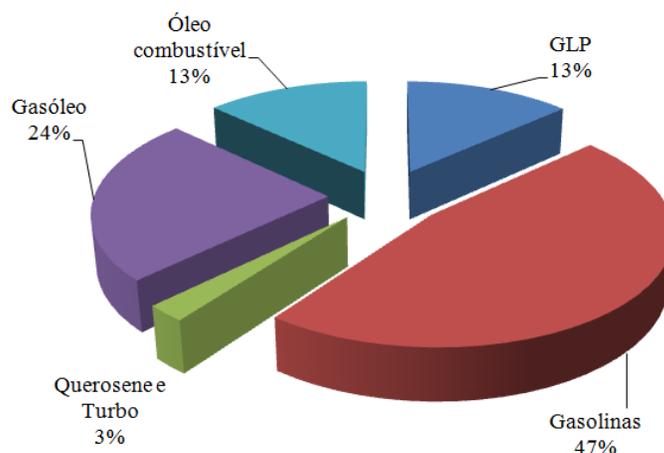
Figura 2.8 Produção de petróleo e consumo de derivados na Venezuela, período 1970 - 2012

⁵ Refere-se a um processo iniciado da década de 1990, que considerava a abertura econômica do mercado de petróleo venezuelano para capitais privados e estrangeiros. Em 1999 a virada de corrente política do governo faz com que esse processo seja interrompido, com a promulgação de uma nova legislação petrolífera. Explica Mommer (2002).

O consumo interno sofreu um incremento também a partir do ano 1998, embora não seja muito alto em proporção à produção e é provável que alguma parte das exportações tenha sido sacrificada a fim de satisfazer essa demanda interna. A utilização do petróleo no mercado nacional é destinada a diversos nichos, entre os mais importantes estão a petroquímica, o transporte, o setor industrial e a geração de energia.

2.3.2 Derivados do petróleo e refino

Os produtos derivados de petróleo também formam parte importante dentro do contexto de produção, consumo e exportação na indústria petrolífera venezuelana. Os derivados de maior produção são as gasolinas, o óleo diesel, o gás liquefeito de petróleo (GLP), o gás de refinaria e o óleo combustível. Entre os demais produtos estão os asfaltos, lubrificantes, parafinas, querosene, etc. Na Figura 2.9 desagrega-se o consumo dos derivados por tipo no ano de 2012. Os combustíveis veiculares gasolina e óleo diesel possuem as maiores taxas de consumo. Ainda hoje, existem altos valores de subsídios que permitem aos cidadãos venezuelanos obter derivados como esses a preços muito baixos.

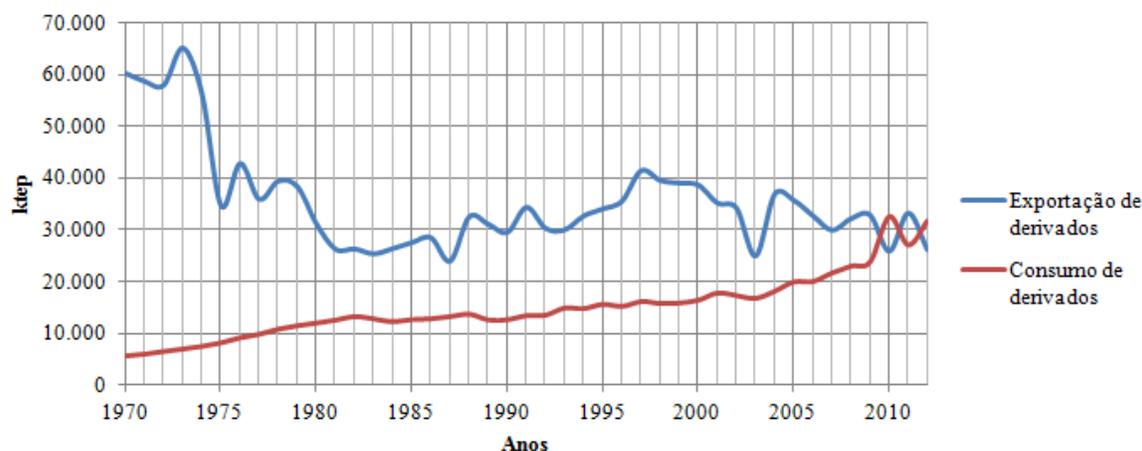


Fonte: SIEE, OLADE (2014)

Figura 2.9 Consumo de derivados de petróleo por tipo, ano 2012

Na Figura 2.10 encontra-se a relação entre as exportações e o consumo interno no período de 1995 até 2010. Houve uma importante queda na exportação dos produtos derivados nessa

faixa de tempo. Não se pode assumir uma razão específica dessa queda, contudo existem vários fatores internos e externos que provavelmente influíram nesse processo, discutidos a seguir.



Fonte: SIEE, OLADE (2014)

Figura 2.10 Históricos de Consumo e Exportação de derivados, período 1970 - 2012

Os produtos refinados de maior exportação são as gasolinas e as naftas. Para o período mostrado a quantidade exportada desses energéticos diminuiu em 48%. Segundo a norma venezuelana COVENIN as gasolinas produzidas possuem valores entre 87 (MON) e 95 (RON) de octanagem, estando dentro dos requisitos internacionais, contudo o conteúdo de chumbo e enxofre de 0,013 gPb/l e 0,06% respectivamente, não estão dentro dos padrões de qualidade dos Estados Unidos (ambos elementos), nem da Europa (para o enxofre). Nos Estados Unidos é exigido um teor de enxofre menor que 0,003%. Na Europa o teor de enxofre deve ser menor que 0,01% e o conteúdo de chumbo menor a 0,005 gPb/l.

Outro importante produto de exportação é o óleo diesel. Segundo o catálogo de produtos da PDVSA (2013), o conteúdo de enxofre de dois dos tipos de óleo diesel comercializados são 5000 ppm (*Diesel Mediano*), de uso automotivo e geração de energia em turbinas a gás, e 10.000 ppm (*Gasóleo Industrial*) para uso em caldeiras, queimadores e turbinas a gás, entre outros. Atualmente, no mercado mundial do óleo diesel esses níveis são muito mais baixos. Europa e Estados Unidos estão começando a exigir padrões de apenas 15 ppm, uma quantidade muito menor que a oferecida pelos produtos venezuelanos.⁶

⁶ As normas venezuelanas COVENIN que regulam a qualidade dos combustíveis são a 3457 (1999) para as gasolinas e a 662 (1998) para o óleo diesel. A qualidade desses combustíveis na União Europeia é fixada pelo parlamento

As exigências a respeito das características de preservação ambiental são cada vez mais rigorosas, devido às pressões de organismos internacionais, e pressões sociais e comerciais relativas a consciência ambiental e sustentabilidade. Não se pode afirmar que, para o caso venezuelano, este seja um fator totalmente relevante na queda das exportações, pois, além de não haverem reclamações formais sobre a qualidade dos produtos, os países importadores de produtos venezuelanos podem atingir a qualidade desejada com processos de misturas ou *blends*. Se as próximas gestões energéticas quiserem considerar um incremento das exportações dos produtos refinados, sem dúvida as refinarias e o conhecimento tecnológico venezuelano devem atingir e superar os padrões de qualidade exigidos internacionalmente, a fim de contar com produtos competitivos no mercado internacional.

Outro aspecto que incide na queda das exportações é o aumento do consumo interno de derivados; houve um incremento da geração elétrica em base térmica e o consumo de combustíveis para transporte se tornou cada vez mais intensivo e dependente dos recursos fósseis. Dado que a capacidade de refino na Venezuela se manteve sem maiores modificações para esse período, a quantidade total disponível de derivados do petróleo também permaneceu relativamente constante.

Se a quantidade total de refinados tem uma restrição de capacidade, então ao incrementar o consumo interno alguma parte das exportações deve ser sacrificada a fim de satisfazer as necessidades do mercado nacional. Ocasionalmente, por causa de diversos fatores conjunturais a PDVSA esteve obrigada a importar alguns produtos refinados devido a indisponibilidade do momento. Se a capacidade de refino e a produção de petróleo se mantiverem estagnadas é provável que essas situações de importação de energéticos fósseis sejam cada vez mais usuais.

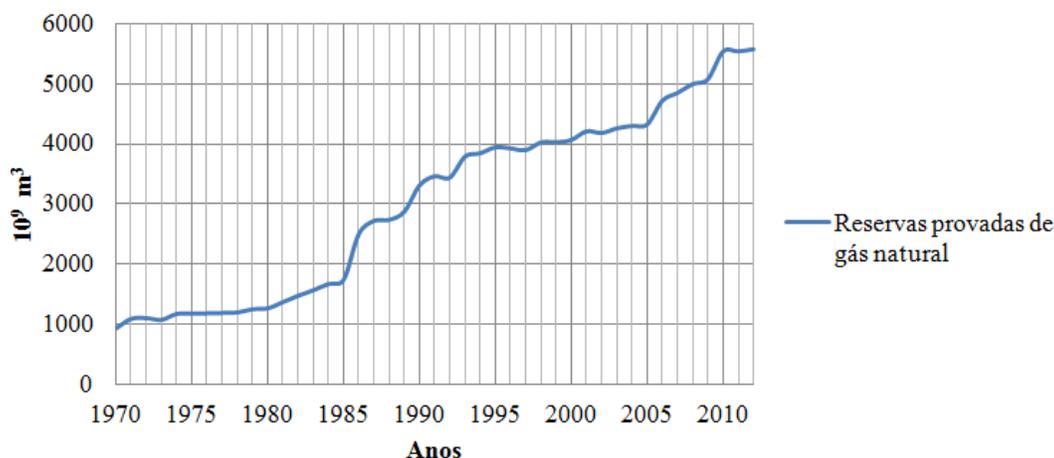
2.3.3 Gás Natural

A proporção das reservas de gás natural venezuelanas é de 2,7% do total mundial. A quantidade de reservas ao longo do tempo se observa na Figura 2.11. Apesar de que sejam muito

européu por meio da diretiva 98/70/CE (2009). Nos Estados Unidos a regulação é feita por diversas regras, divididas por tipo de indústria, estabelecidas pela EPA, a Agência de Proteção Ambiental.

menos significativas que as do petróleo, possuem grandes projeções de uso futuro na região. Tradicionalmente a exploração desse recurso na Venezuela é relacionada ao gás associado aos poços petrolíferos, e não aos poços exclusivamente de gás natural. As maiores jazidas de gás no País encontram-se no mar. Existem três maiores regiões que concentram a maioria das reservas: a zona noroeste, na área geográfica conhecida como Golfo de Venezuela, perto da península de *La Guajira*; a zona nordeste, na península de *Paria*; e a zona nordeste no delta onde desemboca o rio *Orinoco*. A PDVSA possui diversos projetos por área geográfica junto com empresas estrangeiras para a exploração desse energético (PDVSA, 2012).

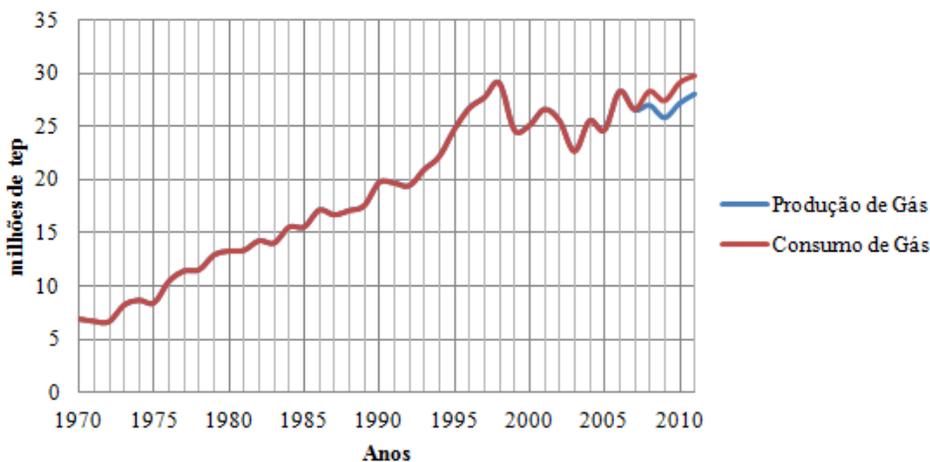
No ano 2009, a Venezuela tinha um consumo de gás natural de 27.453 ktep e uma produção de 25.833 ktep, indicando que, nesse ano, existiu uma importação mediante o gasoduto transnacional *Antonio Ricaurte*, entre a Venezuela e a Colômbia. Embora o País conte com grandes reservas de gás natural, não existe um maior desenvolvimento do mercado de exportação desse recurso, principalmente devido a que se tem dado prioridade ao abastecimento interno antes de entrar no mercado de exportação. Além disso, não se conta com a infraestrutura e tecnologia para esses fins. No entanto, como foi mencionado anteriormente, existem projetos desde há muito tempo para a exploração desses recursos e exportação de gás natural liquefeito (GNL). Nos últimos anos a Venezuela não foi capaz de continuar se auto abastecendo de gás natural. A Figura 2.12 mostra as curvas que representam os dados anuais da produção e consumo desse energético para o período de 1994 até 2011.



Fonte: SIEE, OLADE (2014)

Figura 2.11 Reservas provadas de gás natural, período 1970 - 2012

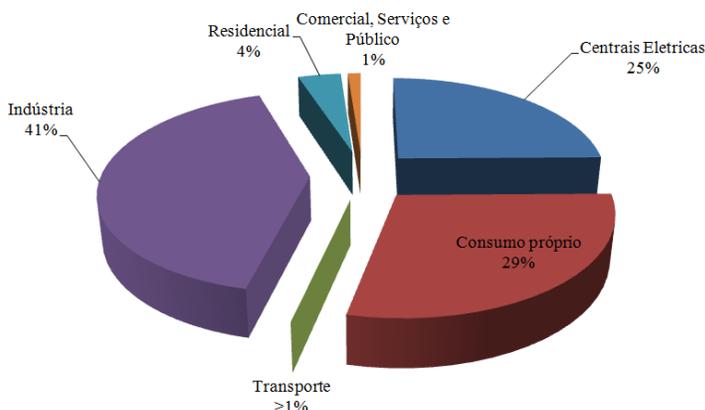
Um fato que se destaca nesse gráfico é o déficit a partir do ano 2007 na produção de gás natural. Esse déficit pôde ser superado com as compras de gás na zona oeste da Venezuela, por meio da conexão internacional com Colômbia. As demoras constantes nas negociações com as empresas estrangeiras para a exploração das jazidas novas, assim como os poucos desenvolvimentos no aproveitamento do gás associado, podem ter uma grande influencia nesse déficit, que ainda não foi superado.



Fonte: BP (2013)

Figura 2.12 Produção e Consumo de Gás Natural na Venezuela, período 1970 - 2011

O gás natural na Venezuela é utilizado principalmente na reinjeção em poços petrolíferos para manter a pressão deles e eficiência na produção. Esse gás reinjetado não conta dentro dos valores mostrados no gráfico, já que não tem um valor produtivo. O montante que resta depois da reinjeção é utilizado em diferentes setores da sociedade. A proporção de uso por setor é mostrada na Figura 2.13.



Fonte: SIEE, OLADE (2014)

Figura 2.13 Consumo de gás natural por setor ano 2012

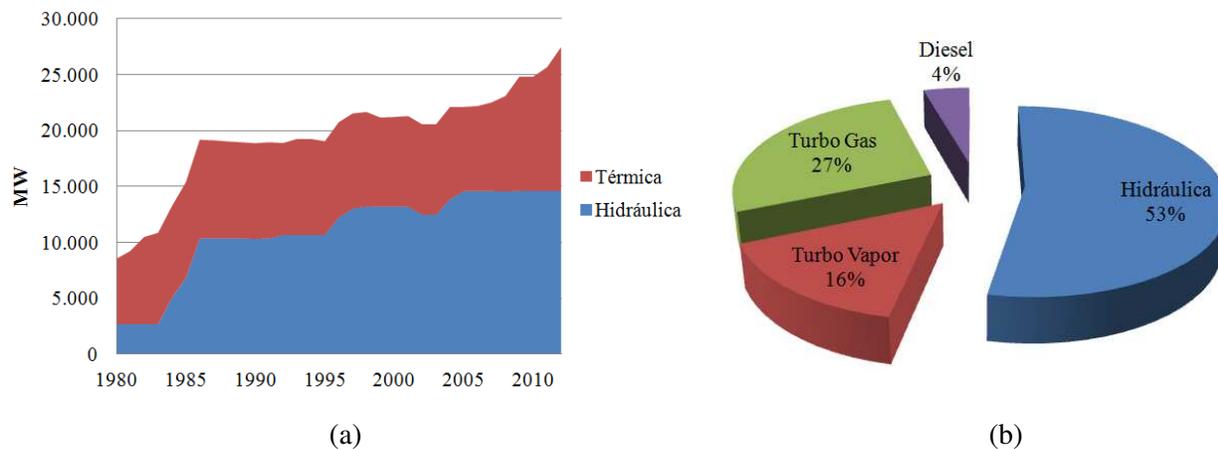
A maior parte da produção é utilizada pela própria indústria petroleira para diferentes processos dentro das refinarias. Outra parcela importante é a do setor petroquímico (13%), que utiliza o gás natural para a produção de diferentes matérias primas de outras indústrias básicas do País. Um dos usos mais importantes é no setor elétrico (19%), pois é sabido que o gás natural é um dos recursos fósseis menos poluentes e mais eficientes. Dado que o mercado interno ainda não é muito desenvolvido, o abastecimento de gás para as usinas elétricas não é constante, fazendo com que sua contribuição flutue dependendo da sua disponibilidade.

2.4 Síntese do setor elétrico venezuelano

Atualmente o setor elétrico passa por uma crise que causa incertezas no abastecimento de energia no País, isso por diversos fatores históricos, políticos e tecnológicos. Basicamente, existe um atraso nas obras da infraestrutura e manutenção que afetam o processo de suprimento de energia, e por outro lado, uma pobre cultura de conservação de energia na população.

As fontes mais importantes para a geração elétrica na Venezuela são as hídricas e os hidrocarbonetos; se bem que já estão instalados dois campos eólicos, eles ainda não proporcionam energia no sistema interligado. No ano de 2012 a capacidade total instalada era de 27.502 MW, onde 14.622 MW eram de origem hídrica e o restante, 12.874 MW, de origem térmica.

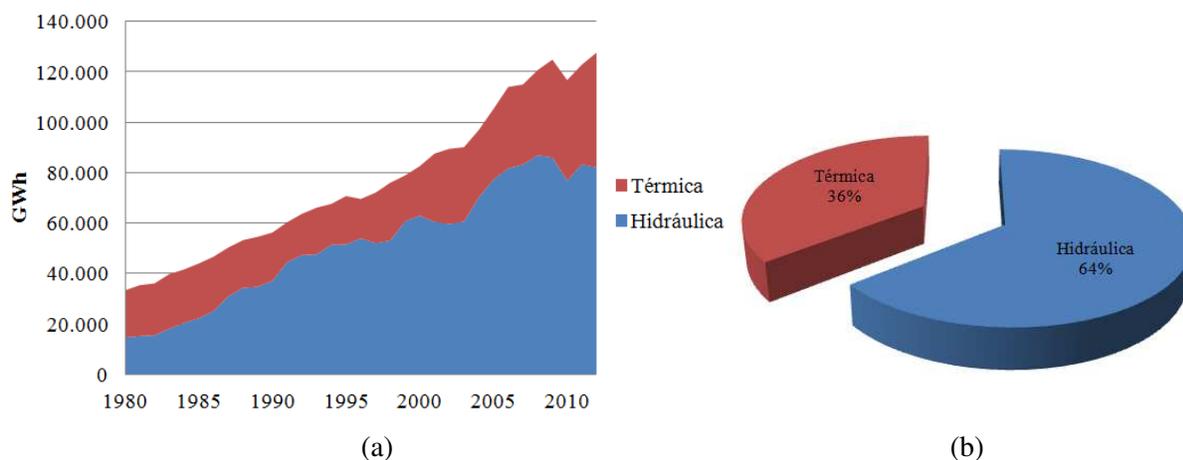
Na Figura 2.14a mostra-se o histórico da capacidade instalada para o período 1980 - 2012 e na Figura 2.14b as proporções de capacidade por tipo de geração instalados no ano 2012. As principais tecnologias de geração disponíveis na Venezuela são as usinas com unidades a gás de ciclo simples e combinado, usinas com unidades a vapor, usinas hidrelétricas e motores de combustão interna. Os sistemas de energias renováveis isolados não são tomados em conta porque não contribuem com o sistema interligado. Nas seções seguintes é explicada mais detalhadamente a composição desses valores.



Fonte: OLADE (2014)

Figura 2.14 Histórico da capacidade instalada (a) e tipos de usina no ano de 2009 (b)

Dados similares a respeito da geração de energia podem ser observados na Figura 2.15a e 2.15b. Mais concretamente no ano de 2012, a geração bruta foi de 127.610 GWh. A maioria do consumo elétrico venezuelano provém de origem hidráulica, cuja contribuição depende em grande parte do planejamento anual e do ciclo das chuvas que é aproximadamente de maio até novembro. O período de dezembro até abril compreende, em geral, os meses de menor cota nas hidrelétricas, e também os meses mais críticos para a geração de energia.



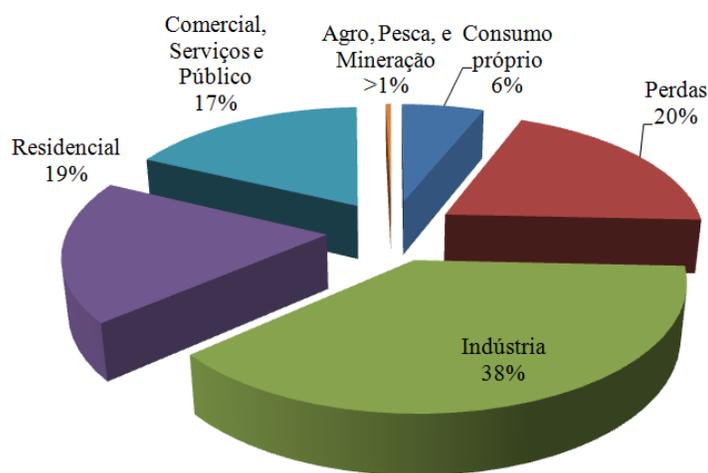
Fonte: OLADE (2014), MPPE (2013)

Figura 2.15 Geração de energia histórica (a) e divisão por tipos de usina no ano 2009 (b)

A Figura 2.16 ilustra o consumo da energia elétrica no ano 2012, por setor da sociedade. É importante mencionar que um dos maiores problemas do sistema elétrico venezuelano é a alta taxa de energia não faturada, que inclui as perdas técnicas e não técnicas. No ano 2012 essa

percentagem esteve em 33,35% da energia total gerada, uma proporção similar à energia gerada de origem fóssil MPPEE (2013). Além da OLADE, pesquisadores nacionais como Rojas (2012) fizeram um intento da caracterização do consumo da energia elétrica por falta de dados oficiais nacionais.

Um dos setores de consumo de eletricidade mais importante é o industrial, principalmente por conta das indústrias metalúrgicas. Uma parcela considerável da geração hidrelétrica é exclusivamente consumida por esse setor. O setor de serviços ainda não possui um grande desenvolvimento pelo qual a parcela de consumo energético é menor. Outra parcela da geração é produzida e consumida pelo próprio setor energético, sobretudo na área petrolífera.



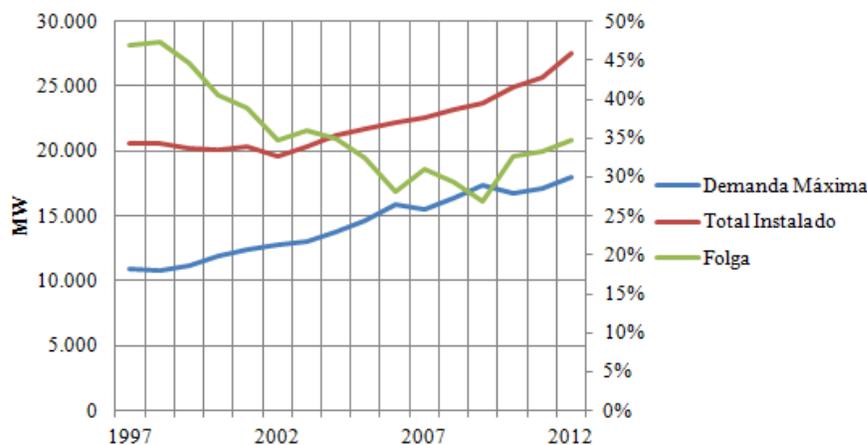
Fonte: SIEE, OLADE (2014)

Figura 2.16 Consumo de energia por setor no ano 2012

Em épocas anteriores a capacidade instalada superava em muito ao consumo e a demanda máxima por isso decidiu-se estabelecer no País grandes indústrias metalúrgicas com alto consumo energético. No panorama atual, este excedente já não existe, porque a demanda cresceu mais rapidamente que a capacidade instalada.

A demanda máxima coincidente em 2012 foi de 17.965 MW e ocorreu no mês de setembro, sendo um dos meses mais suscetíveis a grandes consumos energéticos. A folga entre a capacidade instalada e a demanda chegou a atingir apenas 27% no ano 2009. Essa percentagem tem diminuído com o passar do tempo apesar de leves recuperações em anos recentes, como indica a Figura 2.17. As situações de esse tipo colocam as redes do sistema bastante vulneráveis a

sobrecargas, provocando racionamentos do serviço elétrico por falhas que isso possa causar. Além da transmissão, outros problemas podem ocorrer nas unidades que operam continuamente em cargas maiores às preestabelecidas no seu projeto técnico, tendo em conta que nem toda a capacidade instalada está efetivamente disponível.

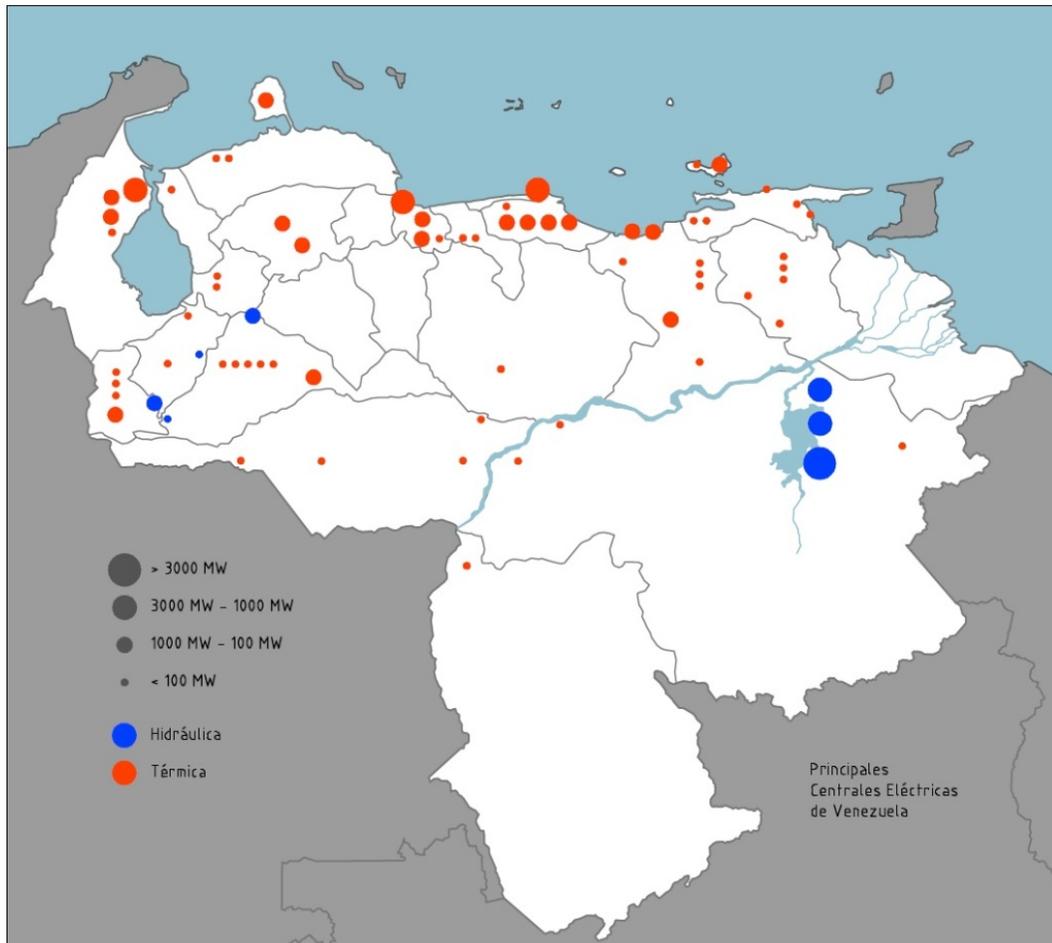


Fonte: CAVEINEL (2007), MPPEE (2010)

Figura 2.17 Demanda máxima coincidente

2.4.1 Parque da geração elétrica

Coing (2007) fez um estudo retrospectivo da indústria elétrica na Venezuela, nesse estudo explica, entre outros aspectos, que a geração da energia elétrica na Venezuela começou sua história desde fins do século XIX, com a fundação de muitas das empresas nacionais privadas e públicas, que até 2008, operaram as usinas geradoras e parte da transmissão da eletricidade no País. Na Figura 2.18 mostra-se um mapa das usinas ligadas ao sistema nacional no ano 2012. Como foi assinalado anteriormente, os tipos de usinas operativas na Venezuela são as hidrelétricas, as térmicas a vapor e a gás de ciclo simples e combinado, e os motores de combustão interna.

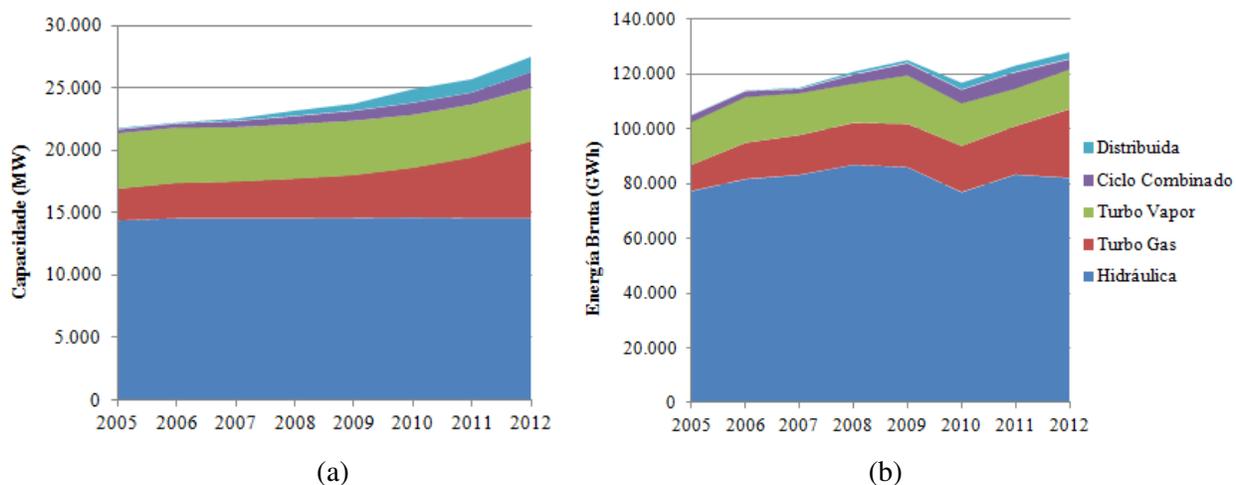


Fonte: Elaboração própria, com dados de OPSIS (2008) e MPPEE (2012)

Figura 2.18 Mapa de usinas geradoras de eletricidade ano 2012

A capacidade hídrica encontra-se principalmente na zona leste da Venezuela. O rio *Orinoco* é o mais importante do País, e dos mais caudalosos do mundo. Ele nasce na Amazônia venezuelana, no sul, e atravessa o País fazendo um arco até chegar na desembocadura no delta *Amacuro*, no nordeste. Um dos afluentes do *Orinoco* é o *Caroní*, que nasce nas alturas do planalto das Guianas, e desemboca finalmente no Orinoco. Nesse rio estão estabelecidas as maiores usinas hidrelétricas da Venezuela, sendo a mais importante fonte de geração nacional. Para levar essa energia ao resto do território foram instaladas importantes redes de transmissão e conexão, como se observa na Figura 2.19, permitindo que exista uma grande quantidade de população servida.

para a época não entraram em funcionamento. Hoje em dia o sistema interligado é caracterizado por uma grande ineficiência na transformação e geração de energia, principalmente pelos problemas de transmissão e pela baixa disponibilidade da capacidade instalada.



Fonte: MPPEE (2012)

Figura 2.20 Históricos de capacidade instalada (a) e energia gerada (b) por tipo de usina

Na Figura 2.20b pode-se observar que houve uma queda na geração entre o ano 2009 e 2010, por causa de diferentes falhas e cortes não programados do serviço elétrico. A partir desses anos iniciou uma crise no setor, fazendo com que o serviço esteja disponível de maneira irregular em muitas partes do País. A seguir, são especificados alguns aspectos da geração nacional atual, desagregando a análise pelo tipo de usina.

Usinas Hidrelétricas

O componente hídrico é o mais importante dentro do parque de geração elétrica na Venezuela. Segundo Taylor (2004), por meio do *World Energy Council*, a Venezuela reporta "uma capacidade potencial de geração teórico de 320 TWh/ano, dos quais 130 TWh/ano são considerados economicamente exploráveis."

Atualmente, as três maiores usinas hidrelétricas estão localizadas no rio Caroní, Estado de Bolívar, na região leste do País. São as usinas: Simón Bolívar com a represa Guri (8.851 MW), Antonio José de Sucre com a represa Macagua (2.390 MW) e Francisco de Miranda com a

represa Caruachi (2.196 MW). Nessa bacia hidrográfica existe uma usina adicional a ser inaugurada nos próximos anos, a Manuel Piar com a represa Tocomá (2.016 MW). No ano 2009 as primeiras três concentraram 59% da capacidade instalada nacional e geraram 67% do total consumido pelo sistema (CNG, 2009). Nota-se a alta dependência do sistema venezuelano nas condições de operação dessas usinas.

No lado oposto do País, na zona oeste andina, encontra-se outra importante reserva hídrica venezuelana, porém nesse caso muito menos explorada. Trata-se das usinas de José Antonio Páez com a represa Santo Domingo (240 MW), Leonardo Ruíz Pineda com a represa Uribante - Caparo (300 MW), Juan A. Rodríguez com a represa Peña Larga (80 MW), e Masparro (25 MW), sendo essa última a usina de instalação mais recente. Em 2009 essas usinas em conjunto aportaram 1,73% da energia requerida, e representavam 2,61% da capacidade total do sistema (CNG, 2009).

No ano de 2012 o total do componente hidrelétrico gerou 64% do total consumido pelo sistema e formava 53% da capacidade instalada, MPPEE (2012). Além destas usinas, é importante destacar que ainda existe energia aproveitável nessas bacias e existem projetos que não têm sido realizados por diferentes fatores políticos, econômicos ou sociais.

Na zona leste as quatro usinas já mencionadas estão localizadas em uma área conhecida como o Baixo Caroní, sendo a parte do rio que se encontra mais perto da sua desembocadura ao Orinoco. Na área conhecida como Alto Caroní, mais afastada e localizada no planalto das Guianas, existem mais quatro projetos hidrelétricos; Tayucay (2450 MW), Eutobarima (2200 MW), Aripichí (1100 MW) e Auraima (1000 MW), totalizando 6750 MW de capacidade aproveitável. Porém, esses projetos foram adiados por seus altos custos econômicos e a incerteza se o País realmente precisaria de tanta energia em um futuro próximo.

Por outro lado, na zona oeste andina, na confluência entre os estados Barinas, Apure e Táchira existe a bacia Uribante - Caparo, que em parte já foi explorada com a usina Leonardo Ruíz Pineda. O sistema dessa bacia planejado a curto prazo conta com um maior número de usinas e represas para os diferentes rios que a compõem. A descarga da usina Leonardo Ruíz Pineda seria recebida pela usina La Colorada (Las Cuevas), com capacidade de 460 MW, logo depois haveria duas represas Borde Seco e La Vueltoza, que alimentariam a usina Fabricio Ojeda, com capacidade de 514 MW. Ainda que esse projeto esteja em desenvolvimento desde 2004, com projeção de início de operação previsto para 2010, não existem notícias de que esteja

efetivamente produzindo energia. Apesar de que as capacidades são relativamente baixas, este conjunto de usinas é vital para a região devido ao grande afastamento das regiões com maiores recursos energéticos (central e leste).

Usinas Termelétricas

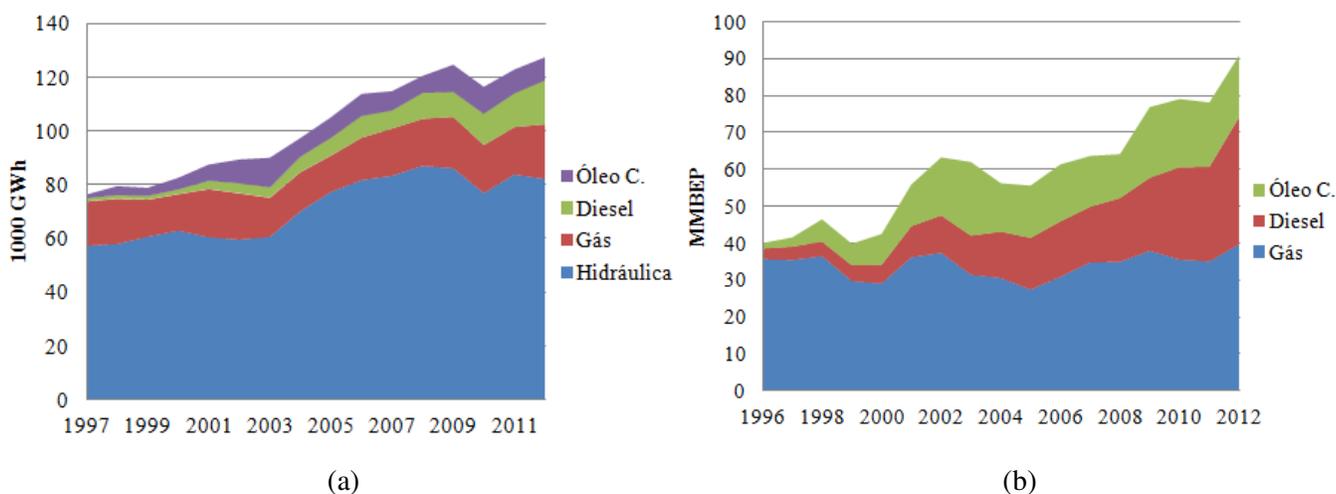
No passado as usinas térmicas representaram a maior parte da matriz de geração na Venezuela. Hoje em dia sua proporção é menor frente às hidrelétricas, porém sua contribuição é muito importante, pois suprem as áreas afastadas dos principais recursos hídricos e proporcionam energia às maiores cidades do País. Na Venezuela existem três tipos básicos de usina, térmicas a vapor, a gás (ciclo simples e combinado) e motores de combustão interna, espalhadas por todo o território nacional. Os principais tipos de combustíveis utilizados são o gás natural, o óleo diesel e o óleo combustível. No ano de 2009 a geração total térmica foi de 31% do total e, dessa porcentagem, 15% foi gerada com gás, 8% com óleo diesel e 8% com óleo combustível (MPPEE, 2013).

As usinas a vapor utilizam principalmente óleo combustível para suas operações. Dentre as maiores está a Planta Centro (2000 MW) uma usina característica e histórica do sistema nacional. Em anos passados foram previstas várias modernizações, sem sucesso e hoje em dia só proporciona uma pequena parte de sua capacidade total. A usina Josefa Joaquina Sánchez (1586 MW) que atende à cidade de Caracas, e a Ramón Laguna (660 MW) que está localizada na zona oeste do País. No ano de 2009 essas três abasteceram 14% da geração de energia total. É previsto que no futuro a usina Planta Centro seja totalmente convertida a unidades de gás natural.

No que diz respeito às usinas a gás natural, podem ser mencionadas algumas das mais importantes a José María España (450 MW) na região da capital do País, a Josefa Camejo (450 MW) e a Rafael Urdaneta (276 MW) na região este, a Pedro Camejo (450 MW) na região central e a Planta Táchira (247 MW) na região este andina. O total é composto por aproximadamente 43 usinas com unidades de ciclo simples de diferentes cargas que consomem gás natural e óleo diesel.

Existe só uma usina com unidades operativas de ciclo combinado, a Termozulia com 940 MW em ciclo combinado e 360 MW em ciclo simples, porém está planejado que se construam ou se completem mais ciclos combinados nos próximos anos.

A partir do ano de 2009 existiu um aumento considerável das unidades a gás. Porém, devido à baixa disponibilidade desse recurso, seu consumo porcentual diminuiu, indicando que muitas das novas usinas reportadas não estão utilizando efetivamente gás ou ainda não estão disponíveis para sua utilização. Mais concretamente do ano de 2009 a 2012 a capacidade instalada de turbinas a gás passou de 14% a 22% do total (Figura 2.20a); contudo, a energia gerada usando como combustível o gás natural diminuiu de 15,9% a 15,3% (Figura 2.21a).



Fonte: Caveinel (2007) e MPPEE (2012)

Figura 2.21 Energia gerada por fonte (a) e consumo de combustíveis da indústria elétrica (b)

Na Figura 2.21b se visualiza melhor esse fenômeno. O consumo de gás sempre se manteve oscilante sem um padrão de comportamento no período 1996 até 2012; pelo contrario, os combustíveis líquidos tiveram um crescimento considerável nestes anos, passando de 11% do consumo total de combustíveis em 1996 a 56% em 2012. Esse aumento de consumo dos combustíveis líquidos pode trazer um desequilíbrio no mercado de exportação já estabelecido na Venezuela e, além disso, são combustíveis usados com uma baixa eficiência, implicando um mau aproveitamento dos recursos fósseis.

Motogeradores a óleo diesel

Anteriormente não existia uma quantidade importante de usinas desse tipo que estivessem relacionadas ao sistema interligado do País. Estes geradores utilizam óleo diesel como

combustível e, no ano de 2009, iniciou-se um incremento acelerado dessas unidades de baixa capacidade em todo o território. Nesse ano, estavam instalados 545 MW de potência em geração distribuída, incrementando a 1.217 MW em 2012. Ainda que as capacidades não sejam muito representativas, o número de plantas aumentou de 22 em 2009, a aproximadamente 86 no ano de 2012. Todas essas usinas estão em diferentes localidades do País, sendo que a maioria delas está localizada em zonas onde a geração local é baixa, por isso também se denominam unidades de geração distribuída.

Parte do aumento do consumo de óleo diesel mostrado anteriormente corresponde a essa instalação de motores de combustão interna. Não se pode saber em que proporção o óleo diesel utilizado para geração de energia elétrica corresponde a esses motores, já que não existem dados desagregados para um período de tempo que permitam fazer uma comparação.

Além desses geradores instalados para o sistema interligado, existe uma grande quantidade de geradores individuais adquiridos pelo comércio ou por indústrias que, devido aos cortes contínuos do serviço, optaram por gerar a sua própria energia. O preço baixo dos combustíveis no País apoia esse processo, fazendo com que seja relativamente fácil adquirir e manter uma unidade de baixa capacidade.

2.4.2 Outras fontes renováveis de energia

Segundo a lei de eficiência UREE, pelas iniciais em espanhol, estabelecida em 2011, deve-se promover o uso das fontes de energia renováveis. A lei dispõe as atribuições que podem ser aplicadas por parte do governo a fim de impulsionar seu uso e dá ênfase na educação e formação de profissionais nessa área do conhecimento. Contudo, a lei é um pouco vaga ao especificar os mecanismos ou planos específicos que fomentem o uso destas de fontes.

A exploração de recursos naturais renováveis não é uma idéia nova. Massabié (2008) faz um resumo do planejamento das energias renováveis que começou nos anos setenta, sendo interferido pela crise econômica venezuelana da época; logo depois foi criado o PODER (*Programa Operativo De Energías Renovables*), sem muito sucesso. Atualmente existe uma continuação desse programa, o "*Sembrando Luz*" vinculado ao MPPEE (*Ministerio de Energía*

Eléctrica). Este programa trata de geração renovável distribuída para áreas isoladas ou de fronteira e, ainda que tenha obtido maior sucesso que o anterior, não possui regulação e metas específicas, sendo difícil avaliar sua eficácia no abastecimento elétrico dessas comunidades.

Por outro lado, os grandes projetos energéticos de fontes renováveis, como os campos de energia eólica e as unidades produtoras de etanol, tem uma evolução intermitente e incerta, por não existirem regulações legais que permitam revisá-los apropriadamente. Alguns avanços nesse tópico são explicados a seguir.

Energia eólica

Apesar de existirem projetos bastante ambiciosos de energia eólica em construção e andamento, as bases das pesquisas para o uso eficiente do recurso eólico não são muito sólidas. O planejamento desses campos foi baseado em estudos e medições que garantiam um bom funcionamento, mas não levou em conta o potencial inteiro da região. Segundo Power (2008), "para uma completa exploração do recurso eólico são precisas torres de medição e mapas eólicos especializados e de boa qualidade que ainda não se possuem no País". No mapa da Figura 2.22 se observa a localização dos projetos mais importantes da Venezuela, e na Tabela 2.3 encontra-se um resumo das especificações técnicas de cada um deles. Os projetos eólicos mais destacados são os seguintes:

- Parque Eólico *Paraguaná*: foi o primeiro parque a ser construído mas até agora não existem relatórios indicando que esteja aportando energia ao *Sistema Interconectado Nacional*. É localizado em *Los Taques* no estado de *Falcón*. Segundo a empresa espanhola Gamesa, em nota de imprensa, o projeto contempla 100 MW de energia eólica com 76 aerogeradores, com investimento aproximado de 116 milhões de euros.
- Parque Eólico *La Guajira*: A Corpoelec comunicou que esse empreendimento seria completado parcialmente no ano 2013, e contaria com 75,6 MW divididos em duas fases, 1-A de 25,2 MW e 1-B de 50,4 MW. É sabido que a região de La Guajira, em *Zulia*, tem um enorme potencial, que espera ser aproveitado nos próximos 15 a 20 anos, construindo pelo menos 600 MW de energia divididos em 10 fases. A empresa encarregada da construção e instalação dos geradores é a IMPSA, estabelecida na Argentina, com um montante de 230 milhões de dólares para a primeira fase. Estima-se que o potencial total eólico em projetos on-shore e off-shore pode chegar aos 10.000 MW nessa região.

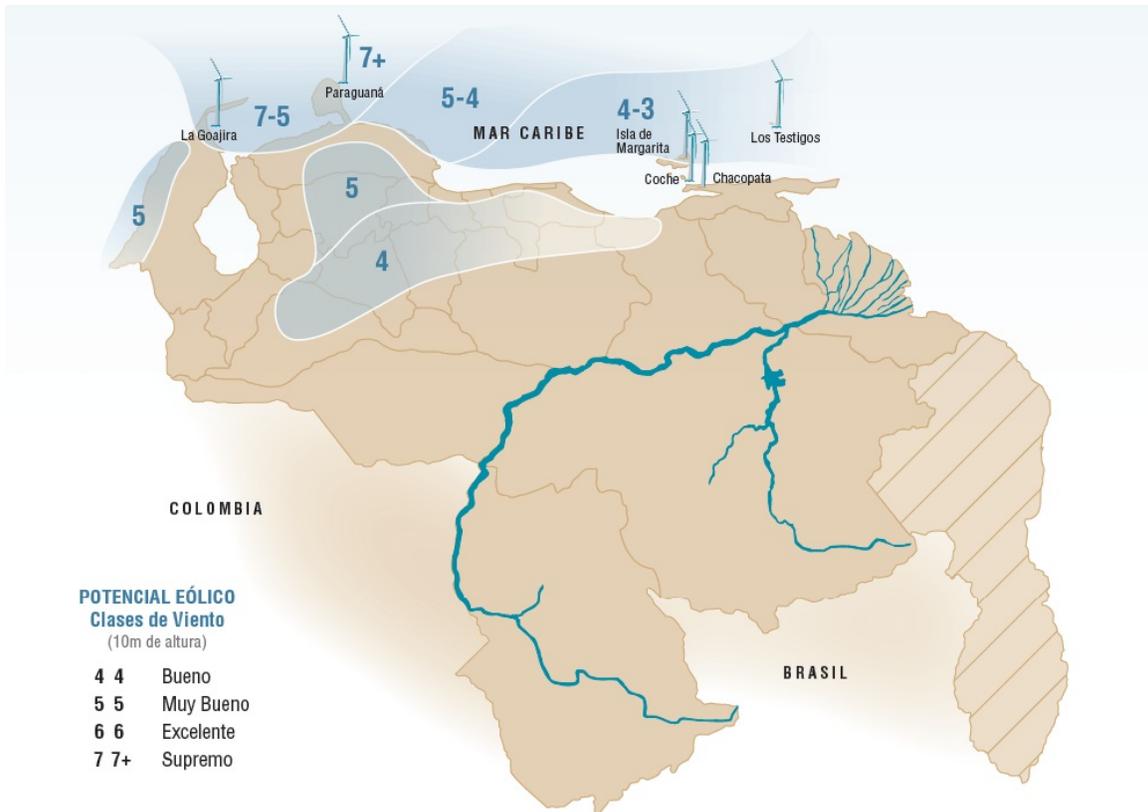
- Parque Eólico *Chacopata*: Esse projeto, localizado no estado de *Sucre*, ainda está em análise e não há informação concreta de início de obras, mas, a princípio pretende-se gerar 24 MW de potência com investimento aproximado de 60 milhões de dólares. Ainda que esse empreendimento esteja perto de importantes centros urbanos seu potencial não é tão grande como os outros já mencionados.
- Parque Eólico *Isla Margarita e Isla de Coche*: Esses parques estão sendo projetados para duas ilhas venezuelanas localizadas no mar do Caribe. É previsto construir um parque de aproximadamente 20 MW de potência na ilha *Margarita* e outro, menor, de 4 MW na ilha de *Coche*. Ainda não há previsões de investimentos ou contratos.

Tabela 2.3 Resumo de projetos eólicos na Venezuela⁷

Projeto	Estado	Fase	Capacidade (MW)	No. De Turbinas	Investimento (USD)	USD/kW Aproximado	Condição atual
Paraguaná	Falcón	1	100	76	150.220.000	1.502	A espera de testes
La Guajira	Zulia	1-A	25,2	S/D	230.000.000	3.042	A espera de conexão ao SIN
		1-B	50,4				
Chacopata	Sucre	1	24	S/D	60.000.000	2.500	Em estudo e medição
Isla Margarita	Nueva Esparta	1	20	S/D	S/D	S/D	Em estudo e medição
Coche	Nueva Esparta	1	4	S/D	S/D	S/D	Em estudo e medição

Fonte: EDELCA (2008), FAROH (2009)

⁷ Alguns aspectos da tabela são referidos como S/D por que não há dados quantitativos sobre essas características, a maioria da informação sobre a eólica venezuelana é obtida por meio de revistas e artigos das empresas fornecedoras. O MPPEE ainda não emitiu um relatório oficial sobre o avanço dos projetos eólicos.



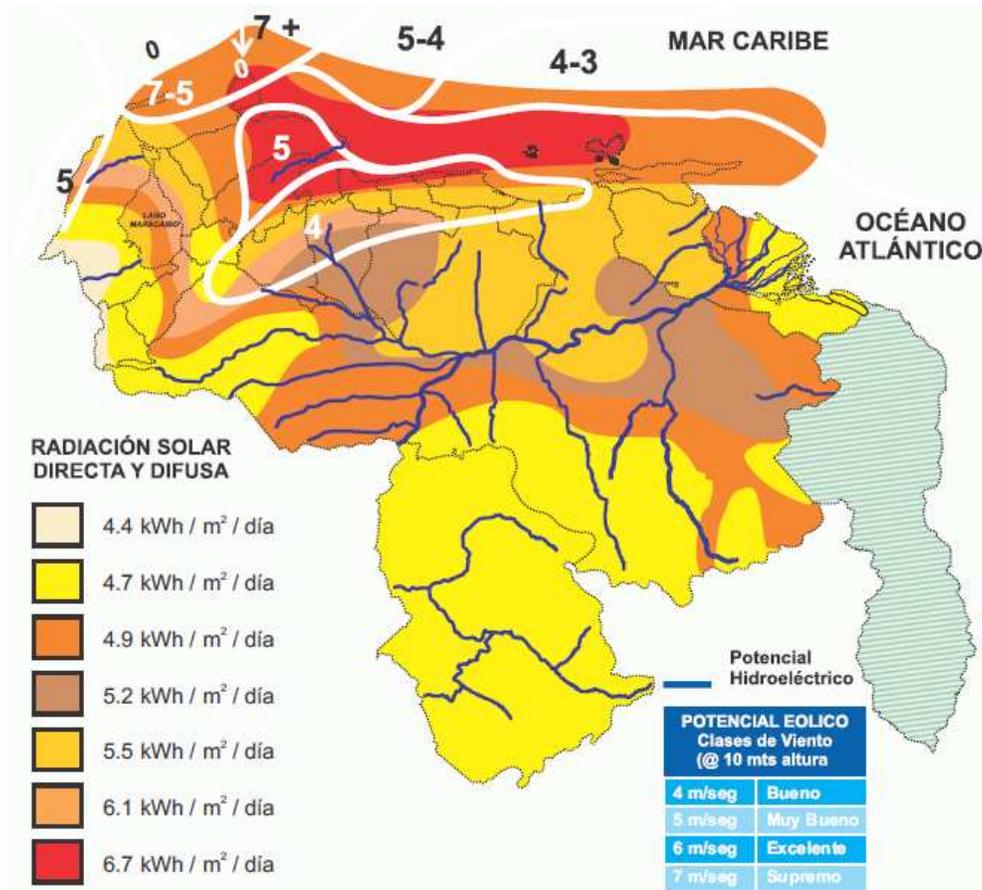
Fonte: Revista EDELCA (2008)

Figura 2.22 Mapa de projetos eólicos e regiões de potencial eólico

Energia solar

A Venezuela, sendo um país tropical vizinho à linha equador, conta com uma boa insolação, quase constante durante todo o ano. Contudo, a energia solar não tem recebido investimentos por parte do governo, para a construção de empreendimentos de grande porte. Os elevados custos dos painéis solares fazem com que essa alternativa seja viável somente para comunidades isoladas não abastecidas por meio do sistema interligado nacional.

Segundo um dos boletins do MPPEE, o programa *Sembrando Luz* já instalou 2.885 sistemas fotovoltaicos em diferentes regiões do País, assim como outros sistemas híbridos que combinam os painéis com pequenas turbinas eólicas e motores de combustão interna para geração de eletricidade. Continua sendo uma contribuição mínima para a totalidade da matriz energética venezuelana, porém muito simbólico para as comunidades de menores recursos. As metas do programa não estão bem delimitadas, pelo que não se pode dizer quanto será a contribuição final em termos de geração de energia.



Fonte: Revista FUNDELEC (2008)

Figura 2.23 Mapa de potencial Eólico, Solar e Hídrico

Biomassa

O uso da biomassa na Venezuela não tem sido muito promovido. Alguns combustíveis como o etanol, o biodiesel, o biogás e o bagaço de cana são competidores diretos dos combustíveis de origem fóssil encontrados em abundância no País. No entanto, o etanol seria um dos energéticos mais viáveis. Segundo Janssen (2011), "Não existe produção de biocombustíveis em ... Venezuela, ainda que existam programas de promoção em progresso. A produção de etanol na América Latina é baseada em cana. Em geral, os moinhos de açúcar facilitam a produção integrada de açúcar e etanol, e as quantidades relativas de açúcar e etanol são ajustadas às demandas do mercado desses produtos."

O etanol figurava como aditivo para a gasolina e não foi planejada a sua inclusão no mercado como combustível puro. Para isso foi criada uma divisão da PDVSA, a PDVSA

Agrícola, encarregada de "realizar em Venezuela, por conta própria ou com parcerias, as atividades de produção de matéria prima de origem agrícola para o processamento industrial seja no setor de alimentos ou no energético, contribuindo com o desenvolvimento agrícola sustentável" (PDVSA, 2012).

Desde o ano de 2006 existem projetos em andamento para a completa exploração da cadeia produtiva do setor sucroalcooleiro, e de outros produtos agrícolas como o arroz e a mandioca. O objetivo para o ano 2012 era a construção de, pelo menos, 17 plantas destilarias, e a produção de 10.195 milhares de barris por ano (PDVSA, *Proyecto Agroenergético Etanol Combustible*, 2006). Alguns desses projetos foram materializados de maneira parcial ou não se materializaram. Outro ponto fraco do planejamento do etanol na Venezuela é a pouca integração entre a comunidade científica e as áreas produtivas, impedindo o crescimento do conhecimento interno da própria indústria.

A maioria da informação coletada provém de jornais regionais, ou empresas internacionais que divulgaram diferentes informações, como por exemplo:

- Manaure Vera, um dos coordenadores regionais da PDVSA Agrícola afirmou no ano de 2010 que estão sendo desenvolvidos 11 projetos de produção de etanol no País, distribuídos da seguinte forma; Barinas, Cojedes, Portuguesa, Apure, Monagas, Zulia e Guarico terão uma planta produtora cada um, Mérida e Trujillo terão duas. (AÑEZ, 2010)
- A planta produtora de etanol no estado de *Barinas* contará com tecnologia cubana para produzir 700.000 litros por dia, e sua finalização está prevista para finais do ano 2012 (AVN, 2012).
- A empresa brasileira NG informou sobre fechamento das negociações para a instalação das unidades nos estados de *Monagas* e de *Apure*, de 700.000 e 750.000 litros por dia respectivamente (NG, 2010).
- A inauguração de outras unidades nos estados Mérida e Portuguesa estavam previstas para fins de 2012 e meados 2013.

Apesar dos esforços para começar a produção de etanol na Venezuela, parece não existir uma contribuição importante desse recurso na matriz energética da Venezuela. O desenvolvimento dos projetos está cheio de hermetismo, por não existir informação oficial confiável dos órgãos estatais em anos recentes.

A biomassa tem a grande qualidade de ser um recurso renovável e menos contaminante. A sua utilização por parte dos setores da sociedade venezuelana poderia ajudar a reduzir o consumo intensivo em derivados de petróleo e descarregar, em parte, a responsabilidade que têm os combustíveis fósseis no mercado interno venezuelano, ampliando a disponibilidade para exportação e obtenção de divisas.

3 ESTRUTURA E MODELAGEM DOS DADOS

3.1 Introdução ao LEAP

O *software* escolhido para realizar as diferentes projeções e análises é o LEAP designado pelas siglas em inglês (*Long-range Energy Alternatives Planning system*), um programa desenvolvido pelo Instituto Ambiental de Estocolmo, criado com o fim de avaliar o desempenho de diversas políticas energéticas e o impacto das políticas de mitigação dos gases de efeito estufa.

O LEAP é uma ferramenta versátil que permite fazer análises de vários modos. Sua metodologia principal é o estudo *bottom-up* da demanda, que requer dados de intensidades energéticas e consumos finais nos últimos estratos da cadeia energética. Este *software* inclui várias bases de dados a fim de simular diferentes comportamentos de consumo energéticos. O TED pelas siglas em inglês (*the Technology and Environmental Database*) contém um conjunto de dados que simulam os impactos das tecnologias de geração de energia; para cada processo de geração de energia há uma tecnologia específica a escolher atrelada a um combustível ou conjunto de combustíveis específicos. Também conta-se com uma metodologia de inventário de gases de efeito estufa que vai de acordo com as instruções do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) para planejar e avaliar as políticas e estratégias de desenvolvimento sustentável.

Uma das vantagens de se utilizar a análise *bottom-up*⁸ é a possibilidade de modificar os processos energéticos para simular tecnologias ou comportamentos de consumo mais eficientes, e essa adaptação é essencial para cumprir com os objetivos desta pesquisa. Apesar do LEAP permitir uma análise versátil, a análise *top-down*⁹ não seria conveniente pois é mais utilizado para projeções econômicas com menor impacto nas variáveis tecnológicas finais.

Esse *software* permite adequar a análise segundo sejam as características particulares de cada estudo. Não é preciso uma estrutura rígida de informação; pelo contrário o *software* oferece uma estrutura flexível que se adapta a diferentes quantidades de dados.

⁸ A estratégia *bottom-up* é um tipo de processamento de informação, esta estratégia faz com que sejam analisadas menores partes do sistema para depois interliga-las sucessivamente até formular o sistema completo.

⁹ A estratégia *top-down* considera separar e dividir o sistema total, que é estudado, em diversos sub sistemas para analisa-los com melhor detalhe, assim vão sendo criados sub níveis até que o modelo completo esteja totalmente validado.

O foco do estudo é avaliar o consumo de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica na Venezuela. Para isso propõe-se uma análise de vários cenários que partem de um mesmo ano base de 2009. O LEAP permite fazer a distinção entre diferentes cenários de evolução que indicam diversas situações de demanda, políticas, ou outros eventos que se possam ocorrer ao longo do tempo.

Para determinar o impacto das políticas nos cenários e analisar como evoluem as variáveis selecionadas e outros parâmetros, deve-se organizar a informação de modo que o *software* seja capaz de processá-la. Isso resultará em uma grande quantidade de dados mais compactos e de fácil entendimento. Entende-se que todos os dados inseridos nessa fase correspondem a uma situação específica no tempo, conhecida como ano base. A configuração do ano base fixa as estruturas e as características que vão evoluindo ao longo do tempo. A explicação dessa estruturação é o escopo deste capítulo.

Em primeiro plano, devem-se fixar os parâmetros básicos que determinam o tipo de estudo a realizar, o horizonte de tempo, os tipos de variáveis e o tipo de análise.

A análise é de transformação e recursos. Apesar do LEAP possibilitar a inclusão dos custos, essa situação seria de difícil modelagem devido à instabilidade atual e grandes incertezas que existem no quadro econômico venezuelano.

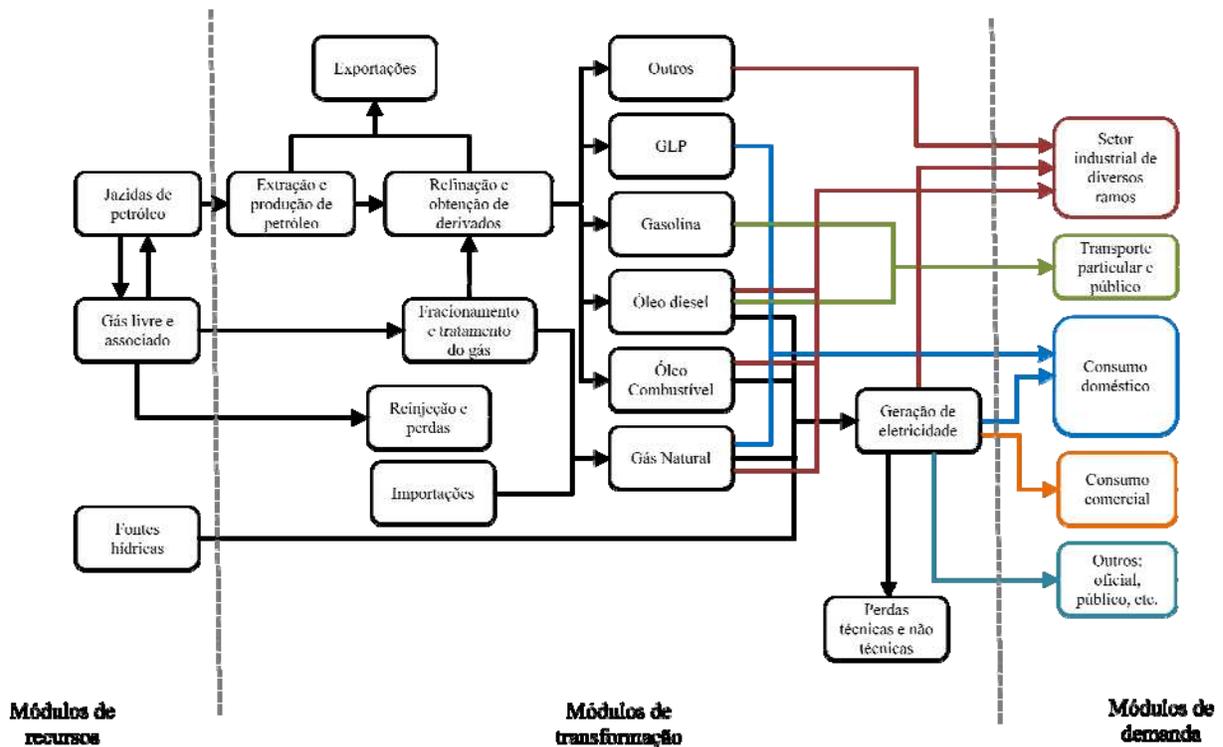
As variáveis são modeladas por meio de diversas séries de tempo que se adaptam ao comportamento de cada uma delas.

Com respeito ao tempo de estudo, foi escolhido um horizonte de estudo de 15 anos, utilizando como ano base o ano 2009, o primeiro ano de cálculo 2010 e o último 2025. Escolheu-se esse período porque uma análise de um horizonte menor talvez não refletisse suficientemente as mudanças que poderiam ocorrer com a aplicação de novas políticas, já que a aplicação delas e a construção de novos empreendimentos podem levar uma quantidade de tempo considerável. Já um período maior poderia apresentar resultados mais instáveis e menos realistas, devido às incertezas econômicas e tecnológicas, sobretudo na Venezuela, onde poucas vezes se apresentam ou se cumprem planejamentos com metas específicas de longo prazo. O ano 2009 foi escolhido porque possui uma maior quantidade de dados econômicos e tecnológicos disponíveis e, além disso, representa um bom ponto de inflexão nas políticas e tomada de decisões em planejamento energético, devido à situação política, econômica e tecnológica.

Uma vez feito isso, procede-se com a inserção das hipóteses principais. Essas hipóteses servem para contextualizar as características do estudo e estabelecer um conjunto de dados que formam as características essenciais da região de estudo. Geralmente não são dados energéticos, mas definem situações que afetam, direta ou indiretamente, o consumo de energia.

Logo depois, a estrutura básica do LEAP pede que se estabeleça uma organização de categorias por meio de uma "árvore", onde todos os processos energéticos são refletidos, e quanto mais informação se possua, mais detalhados e específicos são os resultados. Essa árvore agrupa várias categorias fundamentais: a demanda, a transformação e os recursos. Essas categorias são divididas em diferentes módulos, que representam os setores ou processos que se desenvolvem em cada uma delas.

O esquema da Figura 3.1 mostra aproximadamente como pode ser feita a organização dos processos de exploração, transformação e consumo dos energéticos, dividindo esses processos e recursos energéticos em várias etapas, que representam cada uma das categorias a inserir no LEAP.



Fonte: Elaboração própria

Figura 3.1 Esquema representativo dos módulos mais importantes na Venezuela

A demanda pode conter um ou vários setores da sociedade. Nos últimos itens, encontram-se os consumos finais de energia, ou usos com intensidade energética. A categoria de transformação inclui todos os passos desde a extração das fontes primárias até a obtenção dos recursos que são consumidos, incluído eficiências, perdas, etc. A categoria de recursos mostra a quantidade de energéticos disponíveis para exploração, na região estudada. Cada uma dessas categorias é analisada com maior ênfase nos próximos parágrafos, tendo em conta que são adaptados e delimitados pela informação disponível da Venezuela, que é a região de estudo.

3.2 Dados energéticos inseridos no LEAP

Devido às políticas energéticas protecionistas implementadas na Venezuela nos últimos anos, é bastante difícil criar uma imagem das características e parâmetros atuais que compõem o setor energético do País. As empresas estatais PDVSA e CORPOELEC foram, nestes últimos anos, diminuindo a quantidade de informação em seus relatórios, assim como a disponibilidade deles. Sendo basicamente as empresas com a maior responsabilidade dentro do setor, não existe outro modo de conseguir informação e dados precisos do sistema.

Por isso, para gerar um esquema de dados que permita fazer um modelo e projetar as características mais importantes, deve-se ajustar às informações disponíveis, tendências e valores sugeridos em relatórios passados, informações de diversas fontes midiáticas e alguns documentos publicados pelo *Ministerio de Energía Eléctrica e o Ministerio del Petróleo y Minería*. Anteriormente existia uma variedade de entes e empresas que publicavam anualmente uma análise do fornecimento e faturamento de energia, assim como o consumo de combustíveis e outros dados importantes. Dessas empresas ainda existem alguns relatórios mencionados a seguir:

- *Estadísticas Consolidadas de Caveinel 1993 - 2007*. Este relatório foi publicado pela *Camara Venezolana de la Industria Eléctrica*, organização encarregada de coletar as características principais do setor elétrico, e servir como ponto de encontro entre as empresas públicas e privadas para diferentes discussões e debates.
- *Informe Anual 2005 - 2008*. Trata-se de um conjunto de relatórios produzidos pelo *Centro Nacional de Gestión del Sistema Eléctrico Nacional*, ou *CNG*. Esse organismo passou por

várias mudanças nos últimos anos, mas sua função principal é programar e controlar o abastecimento da energia elétrica no sistema interligado nacional.

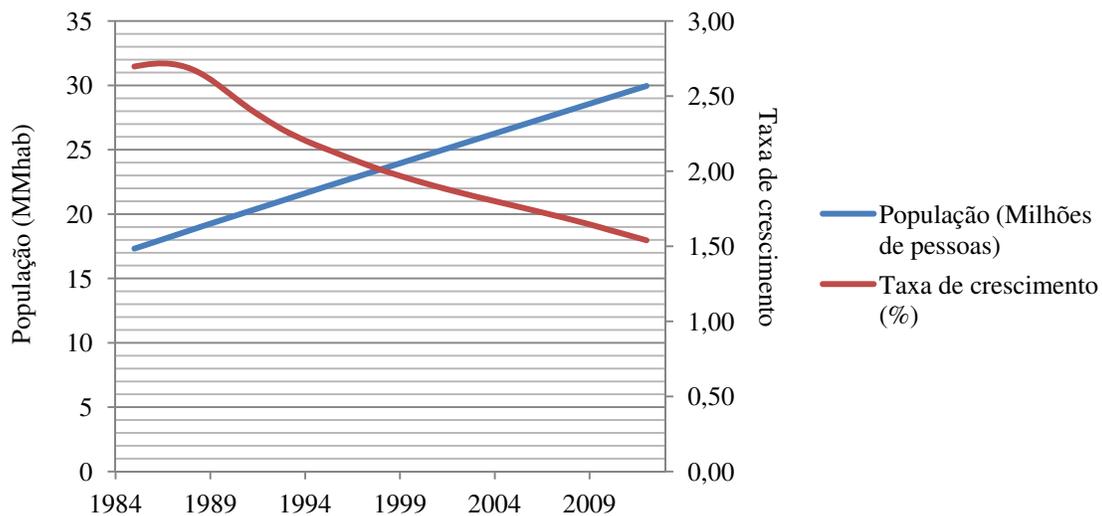
- *Estimación de los Requerimientos de Generación del Sistema Eléctrico Nacional a Mediano y Largo Plazo 2007*. Documento feito por uma das maiores empresas estatais que controlava as maiores usinas hidrelétricas da Venezuela, a CVG EDELCA. Trata-se de um relatório que identifica os inconvenientes e oportunidades para o crescimento do setor segundo o ponto de vista da empresa, incluindo as projeções na demanda e na operação das hidrelétricas.
- *Plan del Desarrollo del Servicio Eléctrico Nacional PDSEN 2005 - 2024*. Este plano é um dos documentos publicados pelo *Ministerio de Energía y Petróleo* (hoje dividido em dois ministérios diferentes) e contém projeções do crescimento da demanda elétrica a nível nacional, além de importantes projeções na expansão do parque de geração, a importância do uso das fontes renováveis, e alguns comentários sobre as problemáticas e desafios que se apresentam para o setor nos anos futuros.
- *Petróleo y Otros Datos Estadísticos 2003 - 2008*. Um dos relatórios mais completos publicados pelo *Ministerio de Petróleo y Minería*. Destaca-se a informação relacionada ao consumo de combustíveis em diferentes setores, às exportações e importações de combustíveis, e outros dados macroeconômicos importantes.

Atualmente existe um relatório publicado pelo *Ministerio de Energía Eléctrica* que permite ter uma informação reduzida, porém, mais atualizada do sistema. O principal objetivo da publicação deste relatório é a prestação de contas e a informação pública dos investimentos e os avanços nos projetos de geração, transmissão e comercialização da energia elétrica. Para os anos 2010, 2011 e 2012 pode-se encontrar, nestes relatórios, a capacidade de geração, reabilitações e desincorporações do sistema.

3.3 Hipóteses principais

Essas hipóteses básicas representam aspectos fundamentais demográficos e econômicos, e são mencionadas a seguir:

População e taxa de crescimento – Cada habitante da região de estudo é um consumidor potencial de diferentes recursos energéticos; dependendo da natureza do recurso, o total de habitantes pode ser agrupado em habitantes por moradia ou habitantes por veículo. Se a quantidade de habitantes aumentar, seria necessária uma maior quantidade de recursos para satisfazer suas necessidades particulares. No ano 2009 a população de Venezuela era de 28,384 milhões de habitantes, e houve uma taxa de crescimento com relação ao ano anterior de 1,58%, segundo os dados do Banco Mundial.



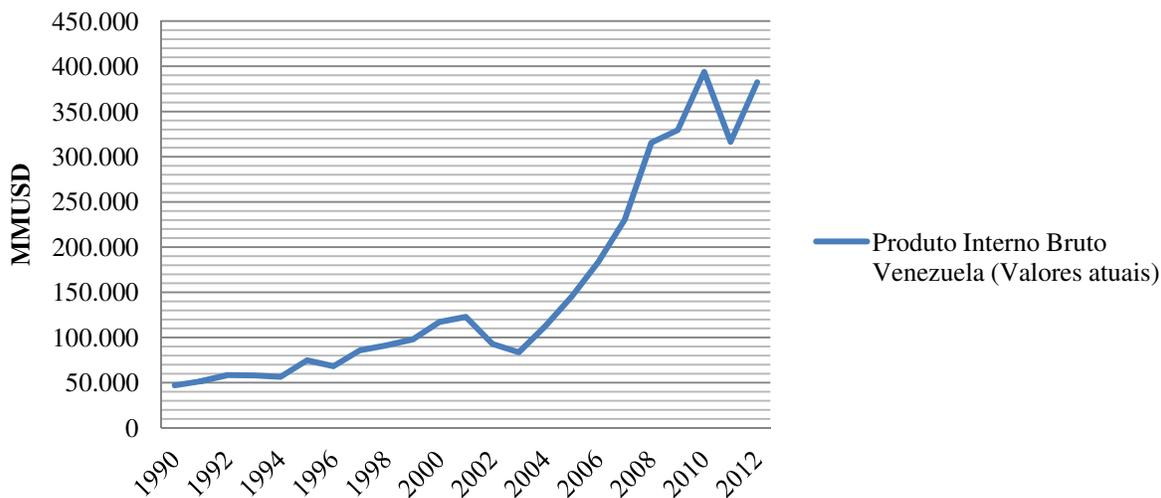
Fonte: Banco Mundial (2013)

Figura 3.2 Número de habitantes e taxa de crescimento de população na Venezuela para o período 1990 - 2012

Moradias – Cada unidade residencial ocupada representa um grupo de usuários que consomem diferentes fontes energéticas. É importante ter em conta esse fator porque alguns consumos não são determinados por cada habitante mas por cada usuário subscrito a um serviço específico. Esse dado foi interpolado entre os dados disponíveis do *Instituto Nacional de Estadística* dos anos 2001 e 2011, e ajustado aos dados de população total e quantidade de moradias ocupadas dos anos próximos, resultando em aproximadamente 6,618 milhões de moradias ocupadas no País.

Produto Interno Bruto (PIB) – Referente à economia venezuelana, é um indicador da evolução dos bens e serviços produzidos. Encontra-se um gráfico da sua evolução histórica na

Figura 3.3. O incremento, ou decréscimo da economia deve incorrer em alterações no consumo de energia. O PIB venezuelano depende, em grande parte, das exportações de petróleo e seus derivados. A menos que sejam criadas fortes políticas de promoção de outros setores da economia, este comportamento se manterá invariável.



Fonte: Banco Mundial (2013)

Figura 3.3 Produto interno bruto a preços atuais para o período 1990 - 2012

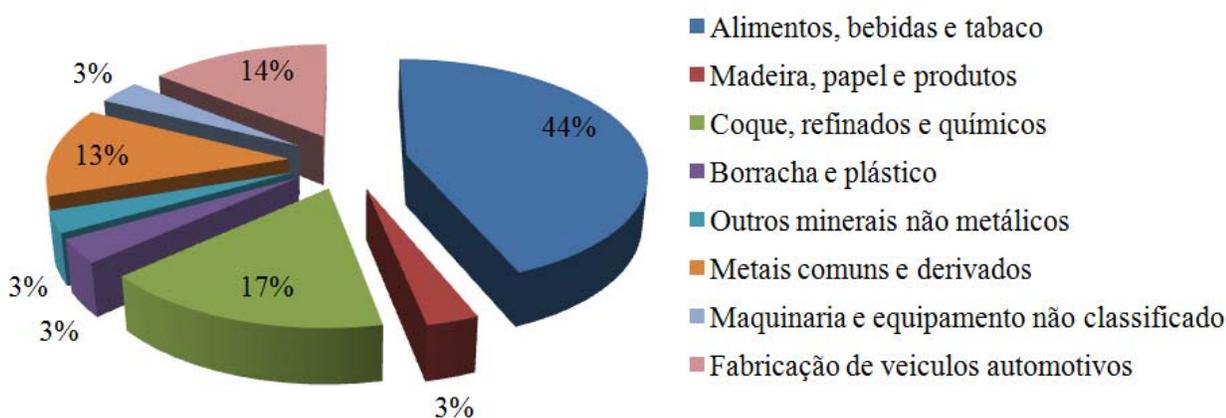
Valores Agregados do PIB – O consumo energético de alguns setores deve ser referido a uma produção de bens econômicos, a fim de se calcular uma intensidade energética do setor, que varia dependendo dos cenários e das políticas escolhidas em cada um deles. A produção econômica de um setor específico se denota por meio do Valor Agregado, que seria a porcentagem da participação desse setor no PIB nacional. A desagregação desses valores pode ser observada na Tabela No. 3.1. A intensidade energética referida à produção econômica é utilizada nos setores da indústria e transporte.

Tabela 3.1 Componentes do Produto Interno Bruto no ano 2009

Setor Econômico	Valor (MMUSD)
Atividade petrolífera	38.092
Atividade não petrolífera	254.861
Mineração	1.770
Manufatura	48.747
Eletricidade e água	7.773
Construção	25.113
Comercio e serviços de reparação	32.458
Transporte e armazenamento	11.521
Comunicações	19.195
Instituições financeiras e seguros	14.286
Serviços imobiliários, empresariais e de aluguel	32.116
Outros	61.882
Impostos líquidos sobre produtos	36.465
Total	329.419

Fonte: BCV (2013)

O nível de desagregação é maior no setor de manufatura, na Figura 3.4 encontra-se a percentagem correspondente das atividades de manufatura específicas. Algumas delas, como a produção de metais, refinados e outros possuem uma intensidade energética importante, que deve ser levada em conta na modelagem.



Fonte: INE (2012)

Figura 3.4 Participação de setores produtivos na receita de Manufatura, ano 2009

Tamanho e características do parque automotor – os veículos de diferentes tipos e classes são importantes unidades de consumo de combustíveis fósseis; é importante observar como está constituído o parque automotor e quais são suas características de consumo para poder incluí-lo dentro do modelo. Segundo o INE (2013) no ano 2009 existia um total de 4.812.000 veículos de diferentes tipos e classes. A subdivisão é explicada no parágrafo do setor de transportes.

Tabela 3.2 Classificação do parque automotivo no ano 2009

Tipos de Veículos	Milhares de Unidades
Particular	3.487
Aluguel	334
Carga	907
Coletivos	47
Motocicletas	37
Total	4.812

Fonte: INE (2013)

3.4 Demanda

A demanda é um dos aspectos principais da simulação, denotando o comportamento do consumo dos energéticos em diversos setores no ano base. O mercado da demanda é dividido em cinco setores principais: Residencial, Industrial, Transportes, Comercial e Outros. Cada setor possui características especiais inerentes a seu comportamento. O programa processa uma matriz de consumo e um balanço energético total segundo são os dados inseridos: essas características são fixas no ano base em todos os cenários, e vão mudando ao longo do tempo dependendo das situações estabelecidas em cada cenário.

3.4.1 Setor Residencial

O setor residencial representa o comportamento de consumo doméstico na Venezuela, ou seja, todos os recursos que são utilizados nos domicílios de diferentes tipos e classes sociais do

País. A Venezuela conta com um serviço elétrico que atinge a aproximadamente 99% da população (Banco Mundial, 2013), sendo um dos países com a maior quantidade de pessoas com acesso à eletricidade na América Latina. Porém, só uma fração dessa população está efetivamente inscrita na empresa de fornecimento de energia. A percentagem aproximada de usuários residenciais inscritos com relação à quantidade de domicílios ocupados existentes na Venezuela, foi de 73,8% no ano 2009. Mais especificamente 4.884.414 usuários residenciais inscritos (CAVEINEL, 2009) e a 6.618.443 moradias ocupadas existentes.

O 1% de população restante é formada, em sua maioria, por comunidades indígenas ou de fronteira. Algumas dessas comunidades são abastecidas por meio de programas de energia renovável que não estão dentro do estudo devido à baixa capacidade que representam dentro do total de consumo venezuelano. O consumo médio residencial entre os usuários inscritos no sistema é de 438 kWh/mês totalizando 25.961 GWh do setor para 2009 (CAVEINEL, 2009). Apesar de que cerca de 93% da população venezuelana está concentrada em zonas urbanas (Banco Mundial, 2013), não existem dados desagregados disponíveis sobre os comportamentos de consumo de diferentes estratos sociais, por isso deve-se adotar o consumo médio para fins de análise.

Uma situação similar ocorre com os dados de consumo de gás natural e GLP cujos valores de consumo absoluto no ano 2009 foram de 6.596 MBEP e 29.156 MB respectivamente, (PODE, 2009). Apesar de que nem todas as moradias consomem esses dois recursos e nem todas têm disponibilidade completa a eles, como ocorre no caso do gás natural, foi usado um valor médio por moradia para fins de cálculo, já que não há dados desagregados. Sendo assim, tem-se que cada moradia ocupada consumiu aproximadamente 0,997 BEP de gás natural e 4,405 Barris de GLP para esse mesmo ano. O uso desses recursos nos domicílios venezuelanos é para fins de cozimento de itens alimentícios, ou aquecimento de água.

3.4.2 Setor Industrial

Para representar o setor industrial são levados em conta os aspectos econômicos e energéticos. A Venezuela produz uma quantidade específica de recursos econômicos por meio de

seu setor industrial, que por sua vez consome uma certa quantidade de recursos energéticos e matérias primas para desenvolver suas atividades.

Por não haver dados desagregados específicos, os setores industriais são divididos em dois grupos básicos; as indústrias metalúrgicas e o resto do setor industrial (que inclui fabricação de alimentos, petroquímica, cimento, etc.). A razão principal dessa divisão é a importância que possui a indústria metalúrgica dentro da matriz de consumo energético nacional.

O PIB é dividido, então, em diversos setores por meio de seus valores agregados. A produção das metalúrgicas inclui os setores da Mineração e o setor da Manufatura de metais comuns e derivados. Com a produção econômica e o consumo energético é possível calcular a intensidade energética dessa parte do setor.

As empresas da área metalúrgica formam um conglomerado chamado *Corporación Venezolana de Guayana (CVG)*, grupo dependente do *Ministerio de Industrias Básicas y Minería*. As empresas do CVG utilizam aproximadamente 26% do total da energia elétrica comercializada. Os produtos de maior importância desse setor são: ferro, aço e alumínio como matérias primas em diferentes colocações. Essas matérias primas são de grande importância para outros setores industriais e econômicos, sobretudo na projeção e construção de nova infraestrutura pública e privada, atividade que requer grandes quantidades de produtos de ferro para se desenvolver. Segundo a Agência Internacional de Energia, o consumo total de eletricidade do setor industrial no ano 2009 foi de 35.669 GWh, e em torno de 71% desse total corresponde ao utilizado pelas indústrias metalúrgicas e outras da CVG.

A mesma metodologia se aplica ao resto da Indústria Geral. Os únicos dados que se possuem desagregados são os consumos em gás natural das indústrias petroquímica e de produção de cimento, cujas características de intensidade são referidas aos respectivos valores agregados do PIB manufatureiro.

Além da eletricidade, o gás natural possui uma participação importante dentro do setor industrial sobretudo no setor da petroquímica, produção de cimento, metalúrgicas, e mesmo no setor petrolífero. Outros insumos de origem fóssil são utilizados para desenvolver as atividades produtivas como óleo combustível, lubrificantes, parafinas, coque, querosene e outros. Esses últimos possuem uma quantidade de consumo consideravelmente menor em relação a gás natural e eletricidade.

3.4.3 Setor Transporte

O setor de transporte é o segundo em consumo de recursos energéticos na Venezuela. O mercado de transporte venezuelano é caracterizado por uma baixa elasticidade na oferta de insumos combustíveis. Grande parte da demanda cai sobre os derivados de petróleo, a gasolina e o óleo diesel, ainda que haja tentativas para inserir o gás natural como combustível alternativo, os baixos preços da gasolina e a adaptação incompleta dos veículos têm impedido a incorporação consolidada desse recurso ao mercado de transportes.

Os recursos petrolíferos localizados na Venezuela ocasionaram um desenvolvimento da indústria automotiva e grandes empresas se estabeleceram no País devido ao mercado potencial que existia. Atualmente essas empresas automotivas ainda têm certo poder de mercado, mas não apresentam desenvolvimentos tecnológicos locais que permitam mudar os paradigmas de consumo de combustíveis, devido a diversos fatores políticos e econômicos.

No ano de 2009 existiam 4.812 mil veículos que compunham o parque automotor venezuelano. Desse total, 73% correspondem a veículos particulares e motocicletas, 20% são veículos de carga e coletivos públicos, e os 7% restantes são veículos em diferentes modalidades de aluguel (INE, 2009). O consumo do parque automotor particular e motocicletas é baseado em gasolina de 95 e 92 de octanagem, enquanto os veículos de carga e coletivos públicos tem um consumo predominante de óleo diesel automotivo.

Esses dados se complementam com os dados do Banco Mundial (2013). Eles indicam que os consumos desses dois derivados do petróleo no setor de transporte são aproximadamente 401 kg equivalentes de petróleo per capita em gasolina e 102 kg equivalentes de petróleo per capita em óleo diesel, acumulando 11.394 tep de gasolina e 2.909 tep de óleo diesel no ano 2009.

Para a modelagem do setor de transporte deve-se ter em conta diversos fatores que afetam o crescimento e as características do parque automotor nacional. A Venezuela tinha, em 2009, aproximadamente 134 veículos particulares por cada 1000 habitantes, contrariamente a outros países desenvolvidos que possuem uma quantidade muito maior. Porém, a Venezuela, sendo um país em desenvolvimento, não necessariamente deveria seguir esses modelos, razão pela qual não se consideram aumentos muito drásticos no parque automotor.

Para fins de projeção, e para diferenciar seu comportamento ao longo do tempo, agrupou-se o total de veículos do parque automotor em três segmentos maiores, os veículos particulares, os veículos de carga, e os coletivos. Para o primeiro segmento, de passageiros, foi escolhida a tendência aproximada de crescimento dos últimos dez anos nos cenários de baixo crescimento econômico, sendo que para os cenários com melhorias econômicas o gradiente de crescimento é uma média do crescimento do PIB nos anos de projeção.

Os veículos de carga tem um nível de crescimento de acordo com o comportamento do PIB, cujos valores são particulares para cada cenário. O crescimento do transporte público esta ligado diretamente ao crescimento populacional.

3.4.4 Setor Comercial e Setor Outros

O consumo do setor comercial é um dos menos significativos dentro do contexto da demanda energética. Isto é devido em parte ao baixo desenvolvimento que apresenta com relação a outros setores, situação comum na América Latina. O consumo energético do setor comercial é basicamente de eletricidade pelas características próprias do setor. Para simular a intensidade energética do setor comercial tomam-se os setores de composição do PIB mais relacionados com as atividades comerciais, as instituições financeiras e seguros, e a atividade de serviços imobiliários, empresariais e de aluguel. Em conjunto, esses dois setores produzem um valor adicionado de 46.402 MMUSD, para um consumo energético do setor de 10.075 GWh.

O setor Outros agrupa aspectos isolados da demanda como a compra e venda da energia elétrica, e o consumo de setores menores como a agricultura e pesca. Também compreende consumos energéticos na iluminação pública, bombeamento de água potável e uso oficial por parte do governo. Este setor manteve-se sem maiores mudanças no período de 1998 até 2005 (CAVEINEL, 2009). As mudanças deste setor são imprevisíveis devido a que as circunstâncias de compra e venda de eletricidade e o uso de infraestrutura pública dependem de uma grande quantidade de fatores. Como não se preveem maiores mudanças urbanas neste período de tempo, e o valor esteve sem maiores mudanças em boa parte da década passada, é tomado o valor do ano

base como média para os anos futuros de estudo. Considera-se que, apesar de que existam altos e baixos neste consumo, o valor médio do período total é similar ao do ano base.

3.5 Transformação

A seção de transformação do LEAP inclui todas as interações que ocorrem para modificar os recursos primários e transformá-los em energia de consumo final. Compreende então um conjunto de operações que vão desde a mineração ou extração dos recursos primários, até a entrega no setor de demanda especificado. Essa seção inclui também outras aplicações dos recursos explorados antes dos consumos finais como, por exemplo, a importação ou exportação destes recursos para satisfazer a demanda requerida ou atender contratos internacionais. O modelo proposto se adapta às condições venezuelanas de transformação e extração de fontes de energia.

Seguindo a metodologia *bottom-up*, é aplicado um modelo a cada elo da cadeia de transformação. O elo que está mais perto do consumo final no caso do consumo elétrico é a transmissão e distribuição, que abrange as especificações do comportamento do consumo e sistema elétrico nacional. Logo, continua-se com a geração dessa energia onde estariam especificadas todas as usinas e tecnologias de geração juntamente com suas características essenciais. Finalmente coloca-se a seção de refino e produção de derivados do petróleo, dentro dos quais estão os combustíveis que servirão para a geração de eletricidade e os outros derivados que são de consumo direto.

É importante destacar que a ordem dos módulos deve respeitar o fluxo de transformação e consumo de energéticos, desde a entrega para os usos finais até a extração dos recursos minerais. Como exemplo, o módulo de geração elétrica não pode estar abaixo do módulo de refino, pois primeiro deve-se produzir os combustíveis que são utilizados nas usinas de geração elétrica.

De acordo com a complexidade do módulo, pode-se escolher diferentes características para incrementar ou não a quantidade de dados a inserir para cada um deles. Existe a possibilidade de escolher entre um módulo de tipo simples ou módulos com características de abastecimento de energia. Entre as características dos módulos não simples pode-se escolher

capacidades, custos, curvas de carga, capacidades de reserva e vários itens de *output* e *input*. Isso permite um maior controle sobre as prioridades de cada módulo.

3.5.1 Transmissão e Distribuição

Este módulo é um dos mais simples e é usado para contabilizar a quantidade de perdas técnicas e não técnicas existentes no sistema interligado nacional. Ainda sendo de fácil modelação no LEAP, é uma variável de grande importância no caso venezuelano porque trata de um dos principais problemas do sistema de abastecimento de energia elétrica. As perdas elétricas tiveram um incremento contínuo nos últimos anos e o total de perdas corresponde a uma parte importante da geração total térmica. Sem dúvida, é um aspecto decisivo no cálculo de recursos fósseis ou renováveis necessários para atender corretamente a demanda elétrica.

3.5.2 Geração de Energia Elétrica

Como foi mencionado anteriormente a geração de energia elétrica na Venezuela é feita principalmente por fontes hídricas e fósseis. Para adaptar isso ao LEAP coloca-se uma seção de Geração Elétrica adicionando os processos ou tecnologias correspondentes.

As tecnologias disponíveis são: usinas hidrelétricas, usinas a vapor, usinas a Gás convencional e ciclo combinado, e usinas com motores de combustão interna. Para cada uma delas especifica-se um conjunto de características inerentes à geração, tais como: capacidade instalada, eficiência, histórico de geração, e combustíveis utilizados. Outras características adicionais são: o tempo de vida da usina, a ordem na prioridade de abastecimento e a disponibilidade máxima. Todos esses dados são inseridos para criar uma matriz de geração elétrica que emule o comportamento do sistema venezuelano. Essas características podem ser alteradas ao longo do tempo por meio dos cenários estabelecidos e segundo as hipóteses formuladas.

No ano 2009, o sistema elétrico venezuelano contava com as seguintes características na sua matriz de geração elétrica:

Tabela 3.3 Capacidade instalada do parque elétrico venezuelano no ano 2009

Tipo de Unidad	Capacidade instalada (MW)
Hidráulica	14.623
Térmica	9.101
Usinas a gás	3.420
Usinas a vapor	4.366
Usinas a gás ciclo combinado	770
Motores diesel	545
Total Instalado	23.724

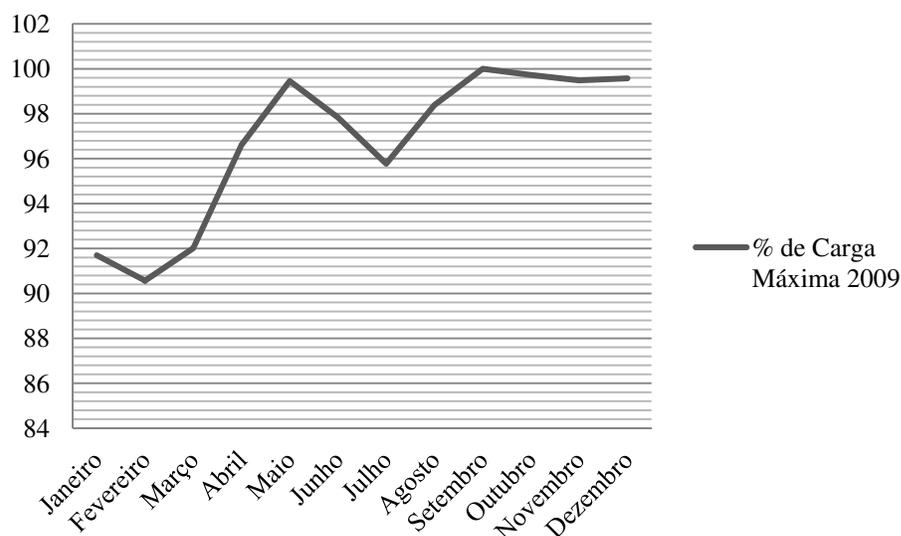
Fonte: CNG (2010)

Outros dados característicos do sistema de geração elétrica na região são requeridos pelo LEAP, a fim de melhorar a simulação dos cenários. Deve-se inserir uma curva de carga relativa ao comportamento venezuelano e para isso usam-se dados do *Centro Nacional de Despacho*; o relatório publicado por esse organismo identifica a carga máxima de cada mês no ano 2009.

O comportamento ano a ano da carga é similar devido às características dos costumes da população venezuelana. O clima não interfere de maneira decisiva no sistema elétrico porque o País se encontra em uma região intertropical e as temperaturas não variam drasticamente ao longo do ano.

Os meses de maior consumo concentram-se geralmente nos meses de outubro a dezembro devido à mobilização do mercado que gera a chegada do fim do ano e a época de Natal. Janeiro e fevereiro são meses de baixo consumo, após as atividades de fim de ano. Nos meses de março a junho, com a reincorporação de atividades o consumo aumenta novamente. Os meses de julho e agosto geralmente são períodos de férias coincidentes ou não para diferentes setores educativos, o que leva de novo a uma redução da demanda até o início do período escolar em setembro, fechando o ciclo anual de consumo de energia elétrica.

Na Tabela 3.4 e Figura 3.5 observa-se a capacidade instalada e demanda por mês. O mês de maior demanda coincidente no ano 2009 foi setembro como foi mencionado anteriormente. Isso resulta em um margem de reserva de 26,37% nesse mês. Para o mês de dezembro onde se fecham e consolidam os dados anuais há uma margem de reserva de 27,07%.



Fonte: CNG (2009)

Figura 3.5 Carga anual com relação à carga máxima

Tabela 3.4 Dados mensais de capacidade instalada e demanda máxima no ano 2009

Dados no ano 2009	Capacidade Instalada (MW)	Demanda Máxima (MW)
Janeiro	23.192	15.898
Fevereiro	23.342	15.702
Março	23.342	15.952
Abril	23.342	16.749
Maio	23.367	17.243
Junho	23.367	16.962
Julho	23.517	16.604
Agosto	23.532	17.057
Setembro	23.547	17.337
Outubro	23.547	17.289
Novembro	23.643	17.248
Dezembro	23.674	17.264

Fonte: CNG (2009)

A margem de reserva representa a potência instalada que fica livre nos momentos de máxima demanda e essa percentagem apresentada anteriormente, pode ser consideravelmente menor tendo em conta que parte da capacidade instalada não está efetivamente disponível. Para a

análise são utilizados os valores anteriores pois o LEAP faz automaticamente o cálculo da disponibilidade.

Além das tecnologias atuais, esse módulo requer a especificação das tecnologias futuras da geração, e das características com as quais essas seriam instaladas no futuro. As fontes eólica, solar e biomassa de cana podem ser as mais promissoras dentro do âmbito venezuelano. As fontes renováveis possuem um desenvolvimento lento na Venezuela, contudo, existem os projetos e os avanços iniciais para impulsionar esse tipo de recursos a futuro. A energia eólica possui importantes projetos em andamento.

Energia Eólica – os principais projetos foram apresentados anteriormente e estima-se que para os próximos anos exista uma capacidade eólica instalada de aproximadamente 225 MW. Os projetos mais avançados (*Paraguaná* e *La Guajira*) terão aerogeradores de 1,3MW a 2,1MW para completar as primeiras fases de cada um deles.

3.5.3 Refino de Petróleo

O módulo de refino de petróleo inclui o processo da transformação energética encarregado de tomar o petróleo cru e outros insumos e gerar os derivados que são utilizados mais adiante na cadeia energética. Esse módulo é de particular importância para o modelo venezuelano, já que existe uma grande quantidade de recursos fósseis gerados e taxas de exportação e consumo interno que devem ser atendidas.

No ano 2009 Venezuela contava com cinco refinarias principais, e as localidades e capacidades de produção eram: *Paraguaná* (955 mb/d), *Puerto La Cruz* (186 mb/d), *El Palito* (140 mb/d), *Bajo Grande* (16 mb/d) e *San Roque* (6 mb/d), acumulando uma capacidade total de refino de 1.303 milhares de barris diários. Essas plantas pertencem totalmente à empresa petrolífera nacional PDVSA. Fora da Venezuela, a PDVSA possui participações completas ou parciais em refinarias nos Estados Unidos, no Caribe e na Europa, com uma capacidade de refino de 2.972 milhares de barris diários, dos quais 1.686 lhe pertencem efetivamente. Somando-se as capacidades interna e externa, resulta um total de 3.038 milhares de barris diários efetivamente

em mãos venezuelanas. Para efeitos do presente estudo, é levada em conta somente a capacidade interna, porque os balanços de exportações são feitos com essa capacidade.

A Venezuela conta com uma ampla variedade de processos de refino, dentro dos quais estão: destilação a vácuo e atmosférica, alquilação, hidrotratadoras, Merox, isomerização, recuperação catalítica, entre outras. Os diversos processos que se realizam dentro das refinarias não formarão parte do estudo e usa-se a produção de derivados como um processo integral.

Os principais produtos derivados do petróleo que se consomem no mercado nacional são: gasolina, óleo diesel, óleo combustível, querosene, lubrificantes, asfaltos e parafinas, e existem outros combustíveis consumidos em menor quantidade. A indústria petrolífera utiliza também parte desses recursos para suas próprias atividades junto com os gases de refinaria e o gás natural.

No ano de 2009 foram produzidos 1.080 mb/d de produtos derivados do petróleo, dos quais 632 mb/d foram consumidos no mercado interno sendo 73 mb/d pela própria indústria petrolífera e 559 mb/d por outros setores da economia e sociedade venezuelana. O restante dos derivados produzidos, 448 mb/d, foi colocado no mercado internacional para exportação. Segundo o PODE (2009) os maiores mercados de comercialização dos derivados venezuelanos eram Estados Unidos e o Caribe (Bahamas e Bonaire). Outros importadores significativos de produtos refinados venezuelanos foram Equador na América do Sul, e Holanda na Europa.

3.5.4 Produção de Petróleo Cru

O principal insumo de entrada nas refinarias é sem dúvida o petróleo cru. Esse recurso não está imediatamente disponível para a sua transformação em produtos úteis, pois deve ser extraído das diferentes jazidas e campos petrolíferos. A produção de petróleo cru é a atividade econômica mais importante da Venezuela e o petróleo cru é o insumo mais exportado pelo País por muitos de seus produtos derivados não cumprirem com os requisitos de qualidade ou ambientais solicitados pelos maiores mercados internacionais. Esse módulo é criado principalmente para separar as exportações de petróleo cru do total utilizado em refinarias nacionais.

A maioria do petróleo venezuelano localiza-se em terra firme ou águas não profundas. As principais jazidas são; *Maracaibo/Falcón*, *Apure/Barinas* e *Oriental*. Além das jazidas tradicionais, a importante Faixa do Orinoco se entende por toda a região centro-leste, atingindo vários estados dessa região e é a mais promissora da Venezuela.

A PDVSA é a principal produtora de petróleo a nível nacional, e se encarrega de todos os processos de exploração e comercialização. No entanto, existem quatro empresas mistas em cooperação com organizações internacionais onde a PDVSA é necessariamente majoritária em ações, e essas são encarregadas da exploração do cru localizado na faixa do Orinoco. São elas: Petropiar (Chevron), Petrocedeño (Statoil e Total), Petromonagas (British Petroleum), e Petrozuata (Conoco Phillips).

No ano 2009 a produção de petróleo cru na Venezuela foi de 3.004 mb/d totalizando aproximadamente 1.096.460 mb nesse ano (PODE, 2009). Desse total 632 mb/d foi consumido pelo mercado interno e 2.460 mb/d foram exportados. Os principais mercados para a comercialização internacional do petróleo cru venezuelano são: os Estados Unidos, Curaçao e Uruguai no continente americano e a Espanha, Reino Unido, Suécia, Índia e a China, no resto do mundo.

3.5.5 Produção de Gás Natural

A produção de gás natural na Venezuela é geralmente associada à extração do petróleo cru. O gás natural é uma ferramenta utilizada para manter a pressão dos poços petrolíferos, por isso grande parte do gás explorado não entra na produção líquida pois é reinjetado de novo nas jazidas. A princípio, o gás era queimado e era considerado como um problema. Hoje em dia, o gás natural é um dos combustíveis fósseis mais promissores para o futuro do consumo energético.

As plantas de extração e fracionamento do gás estão geralmente localizadas perto dos maiores poços petrolíferos. Na zona oeste estão, entre outras, as unidades de tratamento *de El Tablazo*, *Ulé* e *Bajo Grande*. Na zona leste as unidades de *Jose*, *Jusepín* e *San Joaquín*. As primeiras estão próximas as bacias de *Maracaibo/Falcón*, e as outras, próximas à bacia *Oriental*.

Venezuela conta com grandes reservas de gás natural, tanto livre como associado, porém a exploração do gás natural livre deve ser feita em jazidas off-shore, encontradas no mar Caribe, mais especificamente na península de Paraguaná, e na divisa marítima com Trindade e Tobago. Dado que essas jazidas ainda não foram exploradas e a produção interna não satisfaz completamente o mercado interno, desde aproximadamente o ano de 2008 houve necessidade de importar gás natural através do gasoduto internacional Venezuela/Colômbia. É importante então definir que para este módulo, os dados de produção anual são os de maior significado, e coloca-se em uma das posições mais baixas da cadeia energética pois é um recurso utilizado em todos os processos subsequentes.

3.6 Recursos

Na base da simulação estão os recursos energéticos primários e secundários disponíveis. Esse módulo indica a quantidade de reservas ou potencial que tem a região de estudo. A intensidade energética descrita nos módulos anteriores vai refletir diretamente na duração ou do ano de depleção das reservas dos recursos não renováveis. Da mesma maneira, as fontes renováveis, ainda que não sejam exauríveis, possuem uma quantidade potencial específica limitada, que pode ser explorada ou não, dependendo das condições estabelecidas. Essas características vão depender da situação econômica, políticas e práticas energéticas inerentes a um cenário específico de desenvolvimento. Com cenários mais intensivos e menos eficientes as reservas não renováveis terão uma velocidade de depleção muito maior; o contrário ocorreria se políticas e alternativas energéticas mais eficientes fossem aplicadas.

Na Venezuela existe uma grande quantidade de reservas de produtos fósseis. Segundo dados da BP os recursos estariam disponíveis por mais de cem anos se a produção e consumo continuassem no nível atual. A Venezuela possui uma quantidade aproximada de 296,5 milhares de milhões de barris equivalentes de petróleo. Houve uma grande queda na produção petrolífera venezuelana nas últimas décadas, se a extração anual fosse a mesma do ano 2009 o ainda haveria reservas para aproximadamente mais 273 anos. Porém, essa situação é pouco provável, pois ainda

existe um grande potencial para incrementar a extração anual de petróleo. Se ocorrer esse incremento o ano de depleção ocorreria bem antes.

Além das restrições físicas existem as restrições da demanda de petróleo a nível mundial; com os diferentes choques do petróleo em décadas passadas muitos países desenvolveram mecanismos e tecnologias para reduzir seu consumo. Atualmente essa redução não é só uma obrigação econômica, mas também ambiental devido à conscientização mundial sobre as emissões de gases de efeito estufa provenientes de fontes fósseis.

As reservas venezuelanas de gás natural também são de grande importância para o desenvolvimento da sua economia. Contudo, como foi mencionado anteriormente, esse mercado precisa de um maior desenvolvimento para atingir uma produção estável. No ano 2009 Venezuela contava com reservas de gás natural de 5,1 trilhões de metros cúbicos.

3.7 Balanço do ano base

Após aplicar toda a metodologia seguida para adequar os comportamentos da demanda e suprimento de energéticos ao *software* selecionado, obtém-se um balanço para o primeiro ano (2009) que deve concordar com as características propostas nas seções anteriores. Antes de realizar as simulações é preciso que o ano base tenha um comportamento lógico e que os resultados sejam coerentes.

Este balanço é o resultado da inserção de toda a informação energética das fontes bibliográficas mencionadas. É importante mencionar que este resultado parcial possui uma grande quantidade de critérios próprios e estimativas a fim de outorgar mais sentido à análise. O motivo principal da realização desse balanço, além de dar início às simulações no LEAP, é o fato de que nenhum ente ou organismo venezuelano publica um balanço energético oficial que possa ser tomado diretamente para fins de pesquisas como a presente. Os resultados no ano base estão descritos na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 Balanço do ano base

Balanço 2009 (ktep)	Gás Natural	Petróleo Cru	Hidro	Eletricidade	Produtos Refinados	Total
Produção	25.830	156.847	7.391	-	-	190.069
Importações	1.283	-	-	55	-	1.338
Exportações	-	-102.116	-	-	-22.694	-124.810
Total Oferta Primária	27.113	54.731	7.391	55	-22.694	66.596
Refino de Petróleo	-11.982	-54.731	-	-	54.731	-11.982
Geração Elétrica	-5.548	-	-7.391	10.698	-5.491	-7.733
Transmissão e Distribuição	-	-	-	-3.252	-	-3.252
Total Transformação	-17.530	-54.731	-7.391	7.446	49.240	-22.967
Residencial	916	-	-	2.209	2.829	5.954
Industrial	8.666	-	-	3.067	6.117	17.850
Transporte	-	-	-	-	14.281	14.281
Comercial	-	-	-	866	-	866
Outros	-	-	-	1.359	-	1.359
Total Demanda	9.583	-	-	7.501	23.227	40.310

Fonte: Elaboração própria

Pode-se emitir alguns comentários preliminares sobre os dados obtidos na tabela. A princípio observa-se que os fluxos de recursos energéticos mais importantes para a matriz Venezuela são: o gás natural, o petróleo cru, os recursos hídricos, a eletricidade e os produtos derivados do petróleo. Para efeitos deste estudo o carvão vegetal e a lenha conhecidos como biomassa tradicional não são incluídos dentro da matriz, por possuírem uma demanda muito baixa dentro do marco de consumo interno.

Segundo os cálculos feitos, a produção total de energia primária para 2009 foi de 190.069 ktep. A Agência Internacional de Energia coloca esse dado em 197.113 ktep e o MENPET em 191.824 ktep (estes valores não incluem o carvão e a lenha pelas razões já mencionadas). Essa diferença entre os valores pode-se atribuir aos diferentes critérios de distribuição nas fontes, aos fatores de conversão, a disparidades entre os próprios valores oficiais, ou outras características isoladas. Por outro lado o consumo total de energia segundo os cálculos anteriores foi de 40.310 ktep, em contraste com os valores de 44.878 ktep (AIE) e 39.633 (MENPET). A disparidade dos valores pode ser causada pelos mesmos fatores mencionados anteriormente. Os valores ficam mais próximos ao MENPET porque uma grande quantidade de dados foram extraídos desse

mesmo organismo. Ainda assim as diferenças não são muito significativas e o comportamento e os fluxos dos energéticos são similares aos apresentados pela AIE.

Outras características que devem ser ressaltadas são: as quantidades de importação e exportação dos energéticos no segmento de oferta de energéticos, a importação do gás natural, e inclusive de eletricidade no ano 2009. Esses são fatores que podem ser afetados sensivelmente com as condições futuras, assim como a quantidade de recursos derivados do petróleo e o gás natural utilizados de 5.491 ktep e 5.548 ktep respectivamente, localizadas na geração de eletricidade no segmento de transformação.

4 ENFOQUE DOS CENÁRIOS

A utilização dos cenários descritos neste capítulo é uma estratégia de comparação de diferentes possibilidades nas aplicações de políticas energéticas e diferentes situações econômicas. Os cenários não pretendem dar uma visão exata da realidade futura, mas sim abrir uma gama de possibilidades que sirvam para tomar melhores decisões no presente.

Mei et al (2013) explica que "cenários energéticos robustos não supõem predições do futuro porque eles, por definição, quase sempre falham. Pelo contrário, eles servem como pontos de comparação para avaliar sensibilidades e resultados alternativos. Cenários únicos raramente são úteis, devem ser preferivelmente combinados e comparados contra diversas alternativas como parte de um exercício mais abrangente".

Parte da metodologia de Mei et al (2013) foi tomada para delimitar melhor os cenários, considerando as características de: motivos, abordagem analítica, abordagem de solução, visão e taxonomia.

Os motivos foram expostos no capítulo I: a base da formulação dos cenários é o desperdício dos recursos fósseis decorrente da baixa eficiência no sistema.

A abordagem analítica é de tipo *bottom-up*, de acordo com a ferramenta computacional já abordada no capítulo III, que é utilizada para fazer as projeções correspondentes.

A abordagem de solução é feita por meio de simulações, pelo fato de que as mudanças no sistema energético são estabelecidas por critérios próprios e não por outros métodos, como podem ser a otimização ou o equilíbrio geral de bens e serviços, Mei et al (2013).

A visão é intertemporal, tipo de visão em que são conhecidas as decisões tomadas no futuro (inclusão de novas fontes de energia, expansão do sistema, etc.). Em contraste, existe outra visão sequencial que divide o período em um grupo menor de anos, onde se esperam os resultados das decisões atuais para então tomar decisões novas.

A taxonomia se divide em cenários prescritivos e descritivos. O estudo atual apresenta casos variados onde alguns fatores são prescritivos (modifica-se tendências atuais para se obter alterações no futuro) e outros descritivos (segue-se uma tendência ou tendências anteriores).

4.1 Antecedentes na formulação de cenários em estudos venezuelanos

Existe um conjunto de estudos que simulam o comportamento de características energéticas venezuelanas no futuro. Até o momento a maioria das projeções e análises foram feitas por empresas fornecedoras do serviço elétrico, empresas petroleiras, e em menor escala, por algumas universidades ou centros de pesquisa.

Um dos relatórios que melhor explica o planejamento do sistema venezuelano é o *Plan De Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional* (PDSEN), realizado em 2005, que identifica os problemas e as características do sistema, e com isso faz uma formulação da nova capacidade instalada necessária para atender à demanda requerida em dois cenários de crescimento; alto e baixo. Esses cenários de demanda foram propostos por meio de projeções de diferentes fatores econômicos: o produto interno bruto, os preços dos recursos minerais, o consumo interno, os preços das tarifas elétricas, entre outros.

A empresa EDELCA, responsável pelas operações das maiores hidrelétricas do país, também faz uma análise em *Estimación de los Requerimientos del Sistema Eléctrico Nacional a Mediano y Largo Plazo* (2007), e, utilizam vários métodos de projeção similares ao PDSEN, sendo que um deles é a distribuição hidrotérmica para estimar os requerimentos na geração.

Outros pesquisadores como Oliveira (2010) e Aller (2010) do *Instituto de Energía de la Universidad Simón Bolívar*, Hernández (2012) da *Universidad Metropolitana*, Monaldi (2012) do *Instituto de Estudios Superiores de Administración*, e Cordova (1997) da *Universidad Central de Venezuela*, fizeram análises de outros fatores econômicos e sociais relacionados aos subsídios, estoques, capitais etc.

Bautista (2012) se afasta da linha de pensamento dos últimos estudos de planejamento e realiza simulações em cenários de alta e baixa demanda energética, com subcenários de situações *business as usual* e desenvolvimento sustentável. Utiliza um horizonte de tempo de aproximadamente 40 anos e dá um especial foco ao uso de energias renováveis e suas influências nas emissões de gases de efeito estufa. Dedicar também especial atenção ao crescimento do parque de geração elétrica por meio de grandes empreendimentos hidráulicos.

No caso presente, esse aspecto não é levado em conta, porque: o horizonte de estudo é consideravelmente menor, e também pela complexidade política e econômica que envolvem estes tipos de projetos, e porque esses projetos foram suspensos, sem previsão de continuidade.

Os aspectos mais importantes concluídos e destacados, pelas pesquisas mencionadas, podem ser resumidos nos seguintes pontos:

- Devido aos altos preços atuais do petróleo há uma grande oportunidade de resgatar recursos econômicos, e esses podem acelerar o desenvolvimento econômico do País. Contudo, essa oportunidade não está sendo aproveitada e existe incerteza com relação ao período de duração dessa bonança petroleira.
- Existe uma insuficiência de gás natural para o mercado interno que tem gerado um incremento acelerado no uso de combustíveis líquidos para a geração de energia elétrica.
- As tarifas, tanto dos energéticos fósseis como as do serviço elétrico, estão altamente subsidiadas. Além disso, há uma grande quantidade de energia elétrica no sistema, não efetivamente remunerada, devido ao grande montante de perdas técnicas e não técnicas do sistema elétrico. Esses aspectos debilitam a força econômica das empresas fornecedoras do serviço.
- Uma grande porcentagem da capacidade instalada do sistema interligado encontra-se indisponível por diferentes falhas e atrasos nos programas de manutenção e reincorporação de unidades. Outrossim, as redes de distribuição e transmissão precisam ser modernizadas para operar de maneira mais efetiva.

Essa problemática sugerida vai permitir estabelecer as variáveis mais importantes que devem estar refletidas nos cenários propostos. É importante observar que nem todos os aspectos podem ser modelados, devido à complexidade do sistema.

4.2 Critérios para a formulação de cenários

Apesar das dificuldades atuais para desenvolver o setor energético, existem os recursos e as possibilidades para mudar essa situação. A evolução vai depender em grande parte das

medidas legislativas e políticas que se estabeleçam nos próximos anos. Os diferentes cenários vão visar às diferentes opções de evolução tanto das políticas como das tecnologias energéticas.

Os aspectos mais relevantes para formular os cenários são: a economia da Venezuela, medida pelo PIB e relacionada à abertura ou fechamento dos investimentos, e a eficiência interna do sistema interligado relacionada às tecnologias de geração, transmissão e distribuição.

- Crescimento econômico: atualmente existem muitas medidas protecionistas que impedem o ingresso de capital estrangeiro. O capital estrangeiro não só significa uma entrada de recursos econômicos, mas também novas correntes tecnológicas e culturais que podem nutrir diferentes setores sociais venezuelanos. A apresentação deste aspecto não sugere uma projeção política específica. Seu propósito é assumir um aumento ou não das atividades econômicas na Venezuela, que levariam, intrinsecamente, a uma alteração no consumo de fontes energéticas em geral.
- Eficiência energética: um aspecto que afetaria sensivelmente o setor energético venezuelano são os investimentos internos em eficiência. Independentemente do crescimento econômico geral, urge melhorar a eficiência no sistema, reduzir os níveis de energia não faturada, e melhorar o sistema de distribuição e transmissão para garantir um serviço ao menos confiável. Esse aspecto se refere então ao bom aproveitamento interno das fontes energéticas disponíveis.

Ainda que esses dois fatores estejam apresentados isoladamente, é importante estabelecer uma relação entre eles, para dar base às hipóteses e suposições feitas em cada um dos cenários. A eficiência energética está atrelada ao consumo energético e vários estudos foram feitos para especificar o comportamento desse fator com relação ao crescimento econômico. Esses parâmetros são essenciais para determinar o desenvolvimento integral do País em curto ou longo prazo. Como a Venezuela é um país cuja economia depende altamente de recursos energéticos, essa relação fica ainda mais importante.

Os cenários caracterizam situações hipotéticas nas quais existe um consumo energético ligado a uma conjuntura econômica. Os seguintes estudos determinam uma relação entre o PIB e o consumo de energia total ou elétrico para estabelecer qual possui mais influência sobre o outro, e isso é feito por meio da aplicação de diversos modelos matemáticos de correlação e análises de séries históricas.

Yoo e Kwak (2010) fazem um estudo de correlação entre o PIB real per capita e o consumo elétrico per capita em sete países de América do Sul, entre eles a Venezuela. Eles encontraram que particularmente na Venezuela, existe uma correlação bidirecional entre o consumo energético e o crescimento econômico, ou seja, um aumento ou decréscimo em uma das variáveis afeta diretamente a outra.

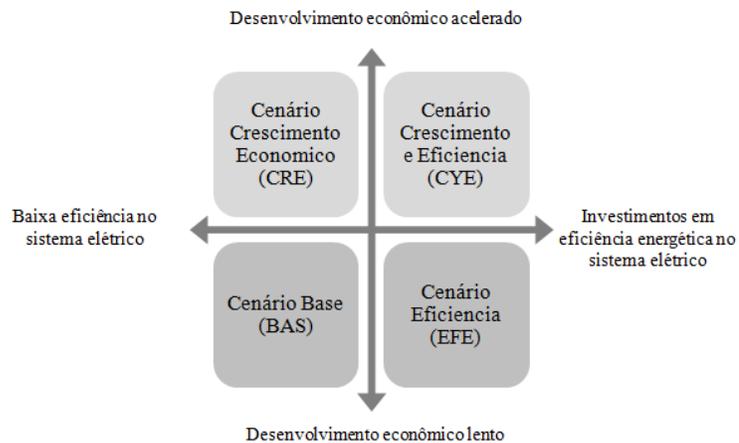
Por outro lado, Squalli (2007) faz uma avaliação similar para os países da OPEP, que inclui Venezuela, chegando a uma correlação unidirecional, indo desde o consumo de eletricidade até o PIB. Ele afirma ainda que "esses resultados sugerem que o crescimento econômico para [...] Venezuela é dependente da eletricidade e que as políticas de conservação de energia poderiam impactar adversamente o crescimento econômico".

Outros autores como Sadorsky (2012), Apergis (2010) e Mahadevan (2007) chegam a resultados similares. O destacável desses estudos é revelar o importante peso que tem a geração e consumo de eletricidade para o produto interno bruto. Ainda que a relação seja unidirecional ou bidirecional, é claro que mudanças na geração e consumo elétrico afetaram a economia do País.

Observando a situação industrial da Venezuela a relação parece mais evidente, a maioria do seu setor industrial é altamente dependente da energia elétrica, então a produtividade depende, em grande parte, da disponibilidade desta. Da mesma maneira, ao incrementar a economia do País, a tendência dos cidadãos é de aumentar seu consumo doméstico. Considerando as relações mencionadas é possível formular cenários mais realistas, onde os níveis de crescimento econômico propostos estejam de acordo com os níveis de consumo energético.

4.3 Apresentação dos cenários

Uma vez estabelecidas as características estruturais dos cenários pode-se proceder a determinar quais são as visões do futuro de cada um deles. Koroneos (2012), dando especial importância às emissões de gases de efeito estufa, faz uma análise similar para o caso grego, utilizando um diagrama cartesiano para abrir o espectro de situações futuras. Um diagrama análogo, aplicado ao presente caso de estudo é apresentado a seguir.



Fonte: Elaboração própria

Figura 4.1 Espectro de cenários segundo os critérios escolhidos.

Esse espectro é uma ferramenta que ajuda a localizar melhor os cenários dentro do contexto de possibilidades. Pode-se observar que quatro cenários cobrem os aspectos descritos anteriormente. Um cenário base, no quadrante inferior esquerdo, que concordaria com uma tendência energética e econômica similar à seguida na década 1999 até 2009; os quadrantes superior esquerdo e inferior direito apresentam cenários médios, o primeiro de crescimento econômico, que não pretende eliminar rapidamente as falhas em eficiência energética, e o segundo de desenvolvimento econômico lento, mas com maior atenção aos programas de eficiência.

As seguintes seções apresentam as características quantitativas mais significativas de cada cenário, separando-as por Economia, Setor Petróleo e Gás, Setor Transportes e Setor Elétrico.

4.3.1 Considerações gerais

Existe um conjunto de aspectos que não dependem especificamente do crescimento do PIB ou do consumo energético simultaneamente. Foi estabelecido um conjunto de fatores isolados que permaneçam invariáveis dentro do espectro das possibilidades, seja para todos ou para um grupo de cenários e que são explicados a seguir:

- O crescimento populacional e de moradias: esses fatores são os mesmos para todos os cenários e as estimativas desses valores não são afetadas pelo crescimento econômico, nem pela aplicação de tecnologias energéticas eficientes.
- O setor de transportes: para fins de projeção agrupou-se o total de veículos do parque automotor em três segmentos maiores - os veículos particulares, os veículos de carga, e os coletivos - para diferenciar o comportamento deles ao longo do tempo. O comportamento do segmento de veículos particulares corresponde com o crescimento do PIB nos cenários de alto crescimento econômico, e para os cenários de baixo crescimento econômico foi tomado um crescimento tendencial dos últimos dez anos. Os veículos de carga possuem um nível de crescimento de acordo com o comportamento do PIB, cujos valores são particulares para os cenários de alto crescimento ou baixo crescimento. O crescimento das unidades de transporte coletivo está ligado diretamente ao crescimento populacional.
- Incrementos nas capacidades de produção de energia: os cenários vão estar limitados aos projetos que estão em desenvolvimento ou planejamento atualmente, não estarão incluídas maiores quantidades que as esperadas pelos organismos energéticos venezuelanos. A variabilidade desses dentro dos cenários é constituída pelas datas de entrega ou início de operações, sendo que para os cenários com menor crescimento econômico estes projetos apresentarão atrasos de 2 ou 3 anos. Nos cenários com maior crescimento econômico os inícios de operações estarão dentro do tempo estabelecido.
- Produção de petróleo e gás natural: a maior produção esperada para os próximos anos da PDVSA é de 6.000 mb/d, sendo que só 1.200 mb/d estão realmente em processo adiantado de negociação para a produção na Faixa do Orinoco. No que diz respeito ao gás natural, existem três projetos maiores para a produção de gás não associado: o *Mariscal Sucre*, o *Rafael Urdaneta* e o *Plataforma Deltana*, todos eles tem diferentes níveis de avanços, objetivos e quantidades esperadas que são especificadas com maior detalhe em cada um dos cenários.
- Parque de geração elétrica: O crescimento da capacidade instalada é respectivo ao planejado no PSDEN, sendo que a diferença entre os cenários são os tipos tecnologias de geração adicionadas ou retiradas.
- Eletricidade de fontes hídricas: As hidrelétricas *Fabricio Ojeda* (514 MW) e *Manuel Piar* (2.016 MW) iniciarão operações no mesmo período de tempo em todos os cenários. Esses

empreendimentos estão atualmente no fim do período de construção e espera-se que em breve entrem em operação para equilibrar a demanda nacional.

4.3.2 Cenário Baixo Crescimento sem Eficiência Energética (BAS)

O cenário BAS indica uma estagnação no desenvolvimento geral do País, e vem representado por um incremento mínimo dos indicadores principais, como o PIB e outros valores da demanda.

Na área da **economia** revisam-se as projeções anteriores das diversas fontes. O PSDEN indicava com acerto que a demanda e o PIB teriam um crescimento lento, e propunham um crescimento interanual do PIB do setor de consumo de 1,8%. O planejamento da EDELCA estimava esse valor em 3,5%. As estimativas dessas organizações estão relacionadas com cenários de baixo de crescimento. O Fundo Monetário Internacional fez estimativas para a Venezuela de 2,3% e 2,6% para os anos entre 2014 e 2018, muito mais próximas às observadas na década de 1999 até 2010 onde a média de crescimento foi de 2,7%.

Para o presente cenário são tomados valores semelhantes aos propostos pelo FMI, sendo que durante os primeiros dez anos do período de estudo o valor é de 2,3% e durante o resto do horizonte de tempo de 2,6%.

O setor de **petróleo e gás** esteve gravemente afetado durante a última década. Do ano 1999 até 2010 existiu uma queda média anual da produção de 1,48% por diferentes causas políticas e tecnológicas. As consequências de uma queda constante poderiam deteriorar gravemente a economia venezuelana. No entanto, essa queda inclui dois eventos conjunturais de grande peso: em 1999, os deslizamentos de terra que afetaram uma parte importante da região metropolitana de Caracas cujas consequências prejudicaram a economia Venezuelana, e em 2002/2003 a greve da indústria petrolífera devido à tensa situação política. Subtraindo-se a redução provocada por esses dois eventos, resulta, pelo contrário, um incremento médio de 1,59% na produção, dados da BP (2012).

Embora existam ambiciosos projetos que poderiam aumentar significativamente a produção de petróleo, as negociações com as empresas estrangeiras não tem sido bem sucedidas

devido às numerosas travas políticas. Monaldi (2012) descreve que a Venezuela é um dos países na América Latina que coloca mais obstáculos para os investidores privados.

Monaldi (2012) explica que "em total os seis projetos atuais da *Faixa* poderiam produzir mais de 1.200 MBD de petróleo melhorado de mais de 30 graus API ou uma quantidade muito superior de menor qualidade, se misturar-se esse petróleo melhorado com outro extrapesado". Isso significa uma produção adicional de quase 50% da atual. Além das reformas políticas, atingir esse nível de produção exige de um tempo de adequação das tecnologias e capacidades de refino nacionais.

Espera-se então que os 1.200 MBD adicionais sejam produzidos no fim do período de estudo, tendo em conta um estancamento nos primeiros anos e um crescimento moderado logo depois, atingindo-se então uma produção de cru total de 4.268 MBD aproximadamente, no ano 2025. No ano 2009 Venezuela tinha uma cota aproximada de 3,4% da produção mundial de petróleo BP (2012) e essa cota é fixada junto com a OPEP de acordo com a demanda mundial. A OPEP faz uma estimativa da demanda mundial no *World Oil Outlook* (2012), caso a cota de 2009 fosse mantida constante o resultado da produção venezuelana estaria perto do valor apresentado anteriormente.

A produção de gás natural teve um comportamento imprevisível e muito flutuante nos últimos dez anos. Essa variável esteve em uma margem entre 24 mil ktep (2.843 MMPCD) e 28 mil ktep (3.316 MMPCD), o consumo superou a produção desde o ano 2009 causando uma média de 4,7% de déficit interno de acordo com os dados da BP (2012), e esse déficit teve que ser compensado com importações através do gasoduto internacional Venezuela - Colômbia *Antonio Ricaurte*. O *Informe de Gestión Anual* (2012) da PDVSA informa sobre grandes projetos para o incremento da produção desse recurso, porém, com o histórico de atrasos nas obras produtivas é provável que só uma fração esteja pronta no tempo previsto. Alguns blocos estão em início de operações e alguns contratos ainda estão sendo fechados. Então, prevê-se para este cenário que as primeiras fases dos projetos estejam completas e se atinja uma produção de pelo menos 39,97 mil ktep (4.734 MMPCD) no fim do período de estudo.

Atualmente, o crescimento do **setor elétrico** é em base a gás natural. Contudo, é provável que muitas das novas usinas utilizem outros combustíveis para suas operações devido à escassez interna deste recurso, pelo menos durante os primeiros anos de funcionamento. Por essa situação estabelece-se que as novas usinas que são incluídas dentro do parque de geração são capazes de

trabalhar tanto com gás natural como óleo diesel. O parque de geração incluído neste cenário foi principalmente térmico de ciclo simples, onde aproximadamente 40% das novas usinas possuirão esta tecnologia, enquanto o ciclo combinado só atingirá 13%.

Outro fator importante que assinala o PDSEN (2005), é o crescimento alarmante da energia elétrica não faturada devido às perdas técnicas e não técnicas. Essas perdas estão relacionadas a problemas nas redes de transmissão e distribuição e ao furto de energia ou equipamentos. Estima-se que no pior caso essa quantidade possa atingir 50% do total. O crescimento da energia não faturada com relação ao total, desde 1999 até 2009, foi em média de 5,1% chegando a 33% no ano 2009. Para efeitos do presente estudo é usado um valor final de 40% seguindo a tendência de incremento dos últimos anos. Ainda que sejam níveis dramáticos, estes são problemas que estão dentro do espectro de possibilidades do sistema.

No que diz respeito às energias renováveis, apesar de existirem atualmente dois campos eólicos em construção como parte do projeto inicial da exploração da energia eólica, há informação de que somente 6,3 MW entrarão em funcionamento em 2013 no campo eólico de *La Guajia* MPPEE (2012), e 30 MW no campo de *Paraguaná*. Por enquanto esses empreendimentos não entregam energia ao sistema interligado nacional. No entanto, espera-se que sua adição seja feita em breve. É de notar que esses parques deveriam ter uma capacidade de ao menos 25,2 MW e 100 MW respectivamente, mas a lentidão do processo não permitiu que estivessem prontos no tempo indicado. Para esse cenário se assume que a produção energia eólica fica estancada em 36,3 MW. O restante de energias renováveis, que formam parte da geração distribuída, não fazem parte do estudo devido à baixa contribuição ao sistema total.

4.3.3 Cenário Baixo Crescimento com Eficiência Energética (EFE)

Este cenário é derivado do cenário de baixo crescimento econômico detalhado anteriormente, as características referentes a **evolução do PIB** e aos inícios de operacionais dos projetos de **petróleo e gás** permanecem iguais, porém, existiria uma maior atenção aos investimentos relativos à eficiência energética nas redes de transmissão e distribuição e nos tipos de tecnologia utilizados para a geração de energia elétrica.

O **setor de geração de energia elétrica** possui as maiores diferenças com relação ao cenário anterior, dado que a maioria das novas usinas incluídas neste cenário mais eficiente são em base térmica a ciclo combinado, com a possibilidade de usar óleo diesel e gás natural como combustível. 33% das novas unidades instaladas contariam com esta tecnologia, 27% corresponderiam com ciclos simples a gás natural, e o restante das outras fontes, como eólica, hídrica ou motores de combustão interna.

A percentagem de energia elétrica catalogada como perdas técnicas e não técnicas teria um maior controle neste cenário, com um incremento parcial até quatro anos depois do ano base para então começar um decréscimo constante até chegar a 25% no ano final. As perdas situavam-se nesse valor no ano de 1999 (CAVEINEL, 2007). Para atingir esse objetivo deve-se focar principalmente nos clientes de alto consumo residenciais e comerciais. Segundo diversos estudos (KIRSCHSTEIN, 2008) os setores residenciais de estrato baixo não têm um peso importante dentro dessa quantidade de perdas, pois não possuem um consumo elevado. No que diz respeito às fontes renováveis, observa-se que a inclusão da fonte eólica na matriz energética é idêntica à assinalada anteriormente

4.3.4 Cenário Alto Crescimento sem Eficiência Energética (CRE)

A **economia atual** da Venezuela encontra-se em um estado grave devido às altas taxas de inflação e à dívida externa em ascensão, porém, a abundância de recursos naturais (especialmente os recursos fósseis) e algumas boas relações com outros países de economias emergentes poderiam ser a chave para se conseguir uma recuperação acelerada. Uma nova formulação das políticas poderia abrir as portas para um rápido crescimento econômico, porém, a aplicação e formulação dessas políticas pode demorar um tempo dependendo das prioridades do governo, assim como o aproveitamento de seus benefícios.

O crescimento da economia venezuelana é fortemente dependente do petróleo, por isso é preciso que exista um incremento da produção interna e os preços atuais se mantenham para conseguir um incremento maior que o esperado. O crescimento do PIB neste cenário está ligado ao desenvolvimento que poderia trazer o incremento na produção petroleira. Esse indicador

possuiria um valor de 2,6% (projetado para os anos finais da década de 2010 pelo FMI), incrementando continuamente até atingir em 2020 um crescimento similar à média da América Latina, projetado em aproximadamente 4% segundo o FMI (2012), e constante para o resto do período de estudo.

Observação: Ao sugerir reformas nas políticas econômicas, refere-se a alterações para conseguir um equilíbrio entre a proteção dos recursos naturais venezuelanos e o aproveitamento do capital e conhecimento estrangeiro. Como exemplo de políticas que necessitam reformas estão: a restrição de preços em alguns produtos que inviabilizam sua comercialização, as leis trabalhistas que induzem a baixa produtividade dos trabalhadores, a falta de apoio a pesquisas e transferência tecnológica, entre outros. O objetivo do trabalho não é aprofundar-se nessas políticas, mas, pode-se dar uma visão atual dos pontos legislativos específicos que deterioraram a produção de bens e serviços nos últimos anos.

Como foi mencionado anteriormente o **setor petróleo e gás** é básico para iniciar o crescimento econômico e, sem dúvida é o que teve maior desenvolvimento durante os últimos anos e não pode se esperar um crescimento drástico de outros setores como o manufatureiro ou de serviços sem antes conseguir um capital de apoio. O fechamento rápido das parcerias da Faixa do Orinoco acrescentariam rapidamente à produção diária, e muitas delas já estão em um nível avançado de negociações.

Segundo o *Informe de Gestión Anual* (2012) da PDVSA existe a meta de atingir a produção de 6.000 mb/d em um período curto de tempo. Essa é a produção esperada pela maioria dos especialistas na matéria para equilibrar a economia venezuelana, porém, esse objetivo parece pouco provável devido principalmente à falta de capital de investimento e às dívidas da PDVSA. Como neste cenário se tomam as opções mais otimistas dentro das possibilidades ter-se-á em conta um incremento de produção aproximado ao referido pela PDVSA.

O caso do gás não é tão promissor como o do petróleo, pois o desenvolvimento das negociações não está tão adiantado. Muitos campos estão ainda em processo de exploração e estimação de recursos, e em outros casos ainda estão se procurando parceiros para a formação das empresas mistas que explorarão estas jazidas.

Segundo o informe de gestão da PDVSA em 2010, estavam em andamento três projetos diferentes, no que diz respeito à exploração de gás natural associado e não associado. Desses projetos, um deles, o *Plataforma Deltana*, espera iniciar comercialmente no ano 2015, e produzir

6.332 ktep (750 MMPCD), aproveitada por uma empresa de capital misto entre a PDVSA e a Chevron, com alguns acordos feitos para a exploração em conjunto. Também na região leste da Venezuela, mas em áreas totalmente nacionais, existe outro projeto denominado *Mariscal Sucre*, que estima uma produção de até 10.131 ktep (1.200 MMPCD), sendo que apenas um dos poços efetivamente passou por um teste de produção. Finalmente, o projeto *Rafael Urdaneta* na região leste, embora tenha uma estimativa de produção entre 2.553 ktep (300 MMPCD) e 6.754 ktep (800 MMPCD), tem sido comprovados apenas 591 ktep (70 MMPCD).

A importação do gás natural proveniente do gasoduto da Colômbia parece inevitável pelo menos para os primeiros anos, até que a nova produção esteja consolidada. Neste cenário, a produção total esperada é atingida no fim do período aproximadamente 46,9 mil ktep (5.560 MMPCD). É importante mencionar que dentro dos projetos da PDVSA está a exportação futura de gás natural, por meio de um porto com tecnologia para liquefação de gás, uma situação drasticamente diferente à atual. Para atingir esse objetivo é preciso que o mercado interno seja abastecido e que todas as metas de produção sejam cumpridas. Ainda assim, a exportação não fará parte deste cenário devido às grandes barreiras que enfrenta atualmente.

A **capacidade de geração elétrica** adicional que deve ser instalada para atender a demanda estimada é de aproximadamente 17.690 MW. A proporção das tecnologias de geração é similar àquela descrita no cenário BAS, onde a prioridade é nos ciclos simples com uso de gás natural e óleo diesel. Neste cenário o ciclo simples a base de gás natural e óleo diesel corresponde a 47% das novas inclusões em capacidade, enquanto o ciclo combinado só possui uma cota de 11% e o ciclo simples funcionando exclusivamente com gás natural, com parcela de 25%. O restante da capacidade adicional é em base a fontes hídricas, motores de combustão e energia eólica.

No que diz respeito à eficiência na transmissão e distribuição, este cenário terá uma quantidade de perdas controlada e estabilizada. As perdas aumentam até chegar ao nível de 34%, sendo que esse é o nível aproximado para o ano 2012, e então permanece constante durante o resto do período.

Juntamente com a abertura econômica também se teria um melhor desenvolvimento das energias renováveis como a energia eólica, esta é estratégica para o abastecimento de regiões afastadas dos maiores centros de geração. Esse cenário estaria caracterizado então por um rápido crescimento da contribuição das energias renováveis na matriz energética. Para o parque eólico

de *La Guajira* espera-se um total de 300 MW em pelo menos cinco anos. Para o parque de *Paraguaná* seriam 100 MW, e 20 MW para o parque na *Isla Margarita*, os dois últimos no período de pelo menos dois anos.

4.3.5 Cenário Alto Crescimento com Eficiência Energética (CYE)

O cenário CYE é um cenário derivado do cenário de alto crescimento econômico, com uma visão otimista onde a maioria dos objetivos atuais na área de produção de energia são atingidos. Os valores deste cenário são baseados no cumprimento das metas propostas pelos organismos energéticos venezuelanos, além da implantação das tecnologias energeticamente eficientes nas áreas de geração, transmissão e distribuição de energia. O **crescimento da economia** e o **setor de petróleo e gás** se desenvolvem similarmente ao assinalado no cenário CRE.

O Setor Elétrico é afetado diretamente pelo desenvolvimento da produção de combustíveis fósseis, porque estarão disponíveis maiores recursos de gás natural. Porém como foi assinalado anteriormente, esses recursos só seriam aproveitáveis depois de um período de adequação da economia. O crescimento do parque de geração neste cenário é feito em base a usinas que possam utilizar gás natural e óleo diesel como combustível, dando maior prioridade às usinas geradoras de ciclo combinado que possuem a maior eficiência entre as usinas térmicas comerciais.

A quantidade total de capacidade adicional é a mesma do cenário anterior, mas com uma inclusão diferente nos tipos de tecnologia de geração. Neste caso o ciclo combinado corresponde a 53% das novas unidades adicionadas, enquanto o ciclo simples exclusivamente a gás natural ocupa uma percentagem de 32% e o ciclo simples a gás e óleo diesel apenas um 1%. Uma característica relevante deste cenário é a redução da capacidade em base a vapor, mudando para ciclos mais eficientes, e a redução deste tipo de unidades é de -3%. Uma estratégia para o aproveitamento dessas unidades antigas é a sua conversão para gás natural, em vez da sua desativação completa. Essa conversão trata da incorporação gradual de novas unidades a gás natural nas usinas a vapor. Em alguns casos também é possível realizar uma modernização que

permita a modificação de alguns elementos do sistema para o funcionamento adequado da unidade com gás natural.

O incremento da energia não faturada pelo sistema é outro dos fatores que deve ser analisado neste cenário. Espera-se que, com programas de adequação das comunidades que não possuam um cadastro regular, controles mais eficazes dos clientes de alto consumo e melhorias nos programas de manutenção das redes e sub estações, a eficiência total do sistema se incremente até atingir pelo menos os níveis dos anos 90, em torno de 20% de perdas. No entanto, para atingir esse valor, haverá um período de crescimento nos primeiros quatro anos de estudo, e somente após esse lapso de tempo inicia uma queda contínua até atingir o valor sugerido. Esse comportamento é tomado devido ao tempo que possa requerer a aplicação das atividades assinaladas anteriormente.

Observação: Geralmente é estimado que a maioria dessa energia não faturada provém de assentamentos e moradias improvisadas, porém, o consumo desse estrato não é tão grande como para assumir toda a responsabilidade dessa carga, como foi assinalado anteriormente. Os programas devem incluir revisão e atualização dos medidores de todo o setor residencial e comercial, especificamente os de alto consumo. Essa meta também exige um plano estratégico e efetivo de manutenção e revisão de transformadores e subestações.

4.4 Resumo das características essenciais e pontos de inflexão

Por existir uma grande quantidade de variáveis sendo manipuladas é necessária uma consolidação das características mais importantes de cada cenário. Na Tabela 4.1 agrupam-se as variáveis que diferenciam cada cenário, a fim de se observar mais facilmente quais são as mudanças entre cada um deles. Além disso, especifica-se para as variáveis, quando relevante, o período de tempo no qual ficam válidas, já que as mudanças não ocorrem simultaneamente em todos os cenários.

Existem importantes pontos no horizonte de tempo que apresentam inflexões no comportamento em algumas características simuladas. Como mencionado anteriormente os primeiros dez anos ou até 2020 seriam um período de adaptação onde existiriam projetos de

infraestrutura energética em andamento, e uma evolução mais conservadora da economia. Desses primeiros dez anos os primeiros três a cinco anos, entre 2010 e 2015 estão relacionados com os projetos e a situação atual, por tanto sua a variação entre os cenários é bastante similar.

A partir do 2020 os comportamentos são consideravelmente diferentes. Os valores são dependentes totalmente das hipóteses propostas, com variações importantes entre os cenários devido às condições otimistas e pessimistas estabelecidas. Pode-se então dividir o horizonte de estudo em três sub-períodos. Um deles fortemente relacionado com o presente, com duração de três a cinco anos. O seguinte que apresenta o período de adaptação até o décimo ano de estudo, e finalmente os últimos cinco anos onde já cada cenário possui um comportamento diferenciado.

Os avanços ou atrasos na exploração de petróleo e gás são aspectos muito importantes que determinam os pontos de inflexão na economia venezuelana, e por conseguinte em outros aspectos importantes do setor energético como a produção de eletricidade. Tais características foram identificadas nos parágrafos anteriores na descrição dos cenários.

Tabela 4.1 Síntese das hipóteses

Variáveis	Cenário Baixo Crescimento Econômico		Cenário Alto Crescimento Econômico	
	Não Eficiente (BAS)	Eficiente (EFE)	Não Eficiente (CRE)	Eficiente (CYE)
Hipóteses Gerais				
Crescimento do PIB	2,3% a 2,6%		2,6% a 4%	
Crescimento da População	1,59%			
Pessoas por Moradia	4,2			
Transporte Particular	Crescimento tendencial		Crescimento similar ao crescimento do PIB	
Transporte Coletivo	Paralelo ao crescimento da População			
Transporte Carga	Paralelo ao crescimento do PIB respectivo			
Hipóteses Energéticas				
Extração de Petróleo	1.200 mb/d adicionais		até 6.000 mb/d	
Refino de Petróleo	até 1.974 mb/d no ano final		até 1.974 mb/d três anos antes do ano final	
Produção de Gás	até 4.737 MMPCD no ano final		até 5.560 MMPCD ano final	
Geração de Eletricidade	Turbinas GN/Óleo diesel	Ciclo Combinado	Turbinas GN/Óleo diesel	Ciclo Combinado
Renováveis	Eólica até 36,3MW		Eólica até 420 MW	
Transmissão e Distribuição	perdas até 40%	perdas até 25%	30% constante	perdas até 20%

Fonte: Elaboração própria

4.5 Variáveis de estudo

As variáveis de estudo são fixadas para atingir os objetivos propostos. Os fatores de maior importância são a disponibilidade e a quantidade requerida dos combustíveis selecionados para o estudo.

A quantidade requerida dos combustíveis selecionados, neste estudo, está ligada ao comportamento econômico e tecnológico do País. A intensidade do uso desses recursos é variável para cada cenário dependendo da combinação de hipóteses feitas. A quantidade requerida desses recursos fornece uma ideia de quanto deve ser o crescimento na sua oferta. Juntamente com a capacidade efetiva do País de gerá-los pode ser também estimada sua disponibilidade interna. A quantidade requerida também pode dar uma ideia de esgotamento e intensidade no uso das fontes primárias de origem fóssil.

A disponibilidade refere-se à possibilidade de conseguir ou produzir efetivamente esses recursos dentro do território venezuelano, sendo que a não disponibilidade interna levaria a importações de outros países para restabelecer o equilíbrio. Essas importações estão sujeitas às restrições físicas ou políticas que dependem de cada combustível. Um aspecto importante da disponibilidade interna é a capacidade que possuiria Venezuela de exportar esses combustíveis. Dentro dos objetivos do *Plan Estratégico de la Nación* e do *Plan Siembra Petrolera* está colocar a Venezuela como uma potência energética mundial, porém, em princípio a disponibilidade interna deve ser atingida antes de se desenvolver ainda mais o mercado internacional. Estes aspectos das importações e exportações são analisados dentro do contexto das estimativas de disponibilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo é feita uma compilação dos resultados mais importantes obtidos nas simulações dos cenários propostos. O LEAP proporciona uma grande quantidade de informação resultante, detalhada para cada ano do horizonte de estudo.

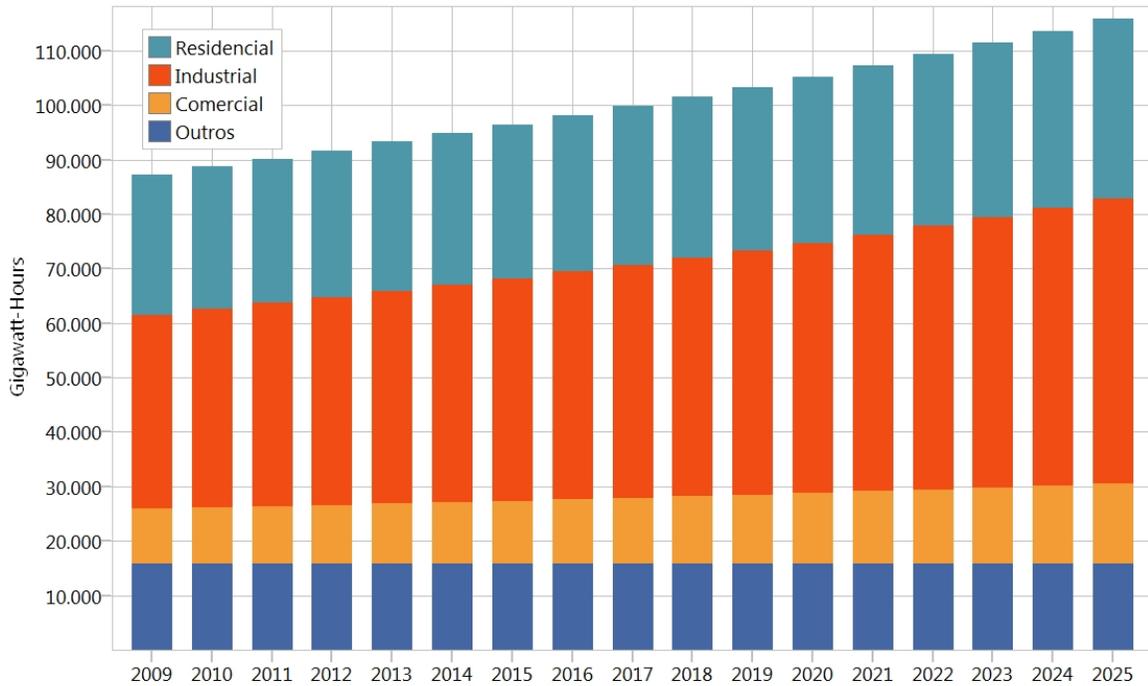
Os diferentes gráficos e tabelas mostradas a seguir são o produto das projeções feitas com as hipóteses estabelecidas e foram selecionadas do conjunto de resultados oferecidos pelo LEAP para cumprir com os objetivos propostos neste trabalho.

5.1 Demanda de energia e potência elétrica

Obteve-se uma quantidade específica de demanda de energia elétrica segundo a estrutura de consumo estabelecida e as condições colocadas para os anos futuros. Os consumos energéticos são similares para os cenários de alto crescimento e baixo crescimento. Neste estudo não há diferença entre as condições de demanda para os cenários eficientes ou não eficientes.

Ainda que é sabido que os programas de eficiência nos consumos finais podem diminuir sensivelmente o crescimento da demanda, as conquistas e os cumprimentos das metas não se podem medir facilmente. Os programas de eficiência venezuelanos tem metas específicas com respeito à troca de lâmpadas, e equipamentos de resfriamento e indicadores similares, porém, ainda não há medidas quantitativas de como isso pode ter diminuído a demanda de energia elétrica. Da mesma maneira o programa de consumo eficiente é obrigatório à maioria das indústrias, porém a profundidade do programa ainda não afetou a tecnologia e operações delas, senão apenas ao comportamento racional dos usuários e trabalhadores.

Para fazer cenários de demanda eficiente devem ser considerados outros modelos adicionais que estariam fora dos objetivos propostos pelo presente estudo. Porém é um aspecto importante que deveria ser abordado em futuras pesquisas.



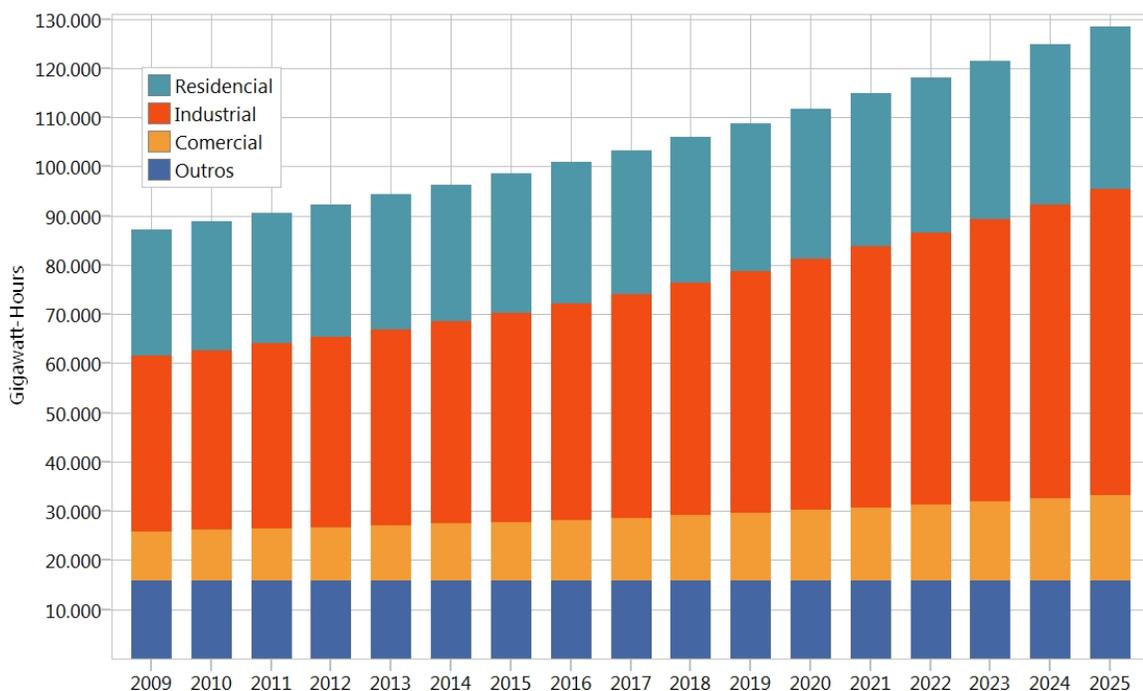
Fonte: Elaboração própria

Figura 5.1 Consumo de energia elétrica por setor nos cenários de baixo crescimento econômico

No aspecto da demanda de energia elétrica, os resultados mostram que não existe uma diferença marcante entre os cenários de alto crescimento e de baixo crescimento. Sendo que, no ano final, os primeiros atingem um valor de 128.401 GWh e os seguintes 115.182 GWh.

O crescimento da demanda de energia elétrica para os cenários de baixo crescimento econômico mostrado na figura 5.1 é bastante moderado, apresenta apenas um incremento de 33% com relação ao ano base. O setor com aumento mais significativo é o industrial com incremento de 16.562 GWh para alcançar 46.433 GWh no último ano. Essas mudanças estão relacionadas ao incremento do PIB devido às atividades produtivas sobretudo na área de manufatura. Na figura 5.2 mostra-se a demanda para os cenários de alto crescimento econômico, onde o incremento total é de 47%, e a indústria mantém-se como o setor com maior consumo atingindo 62.016 GWh.

Esse crescimento moderado na demanda elétrica em ambos casos, alto e baixo crescimento econômico, pode corresponder ao fato de que nos próximos anos o PIB vai continuar dependendo da receita petrolífera. O crescimento da população não faz uma contribuição tão importante, pois, grande parte do território já se encontra com acesso ao serviço elétrico.

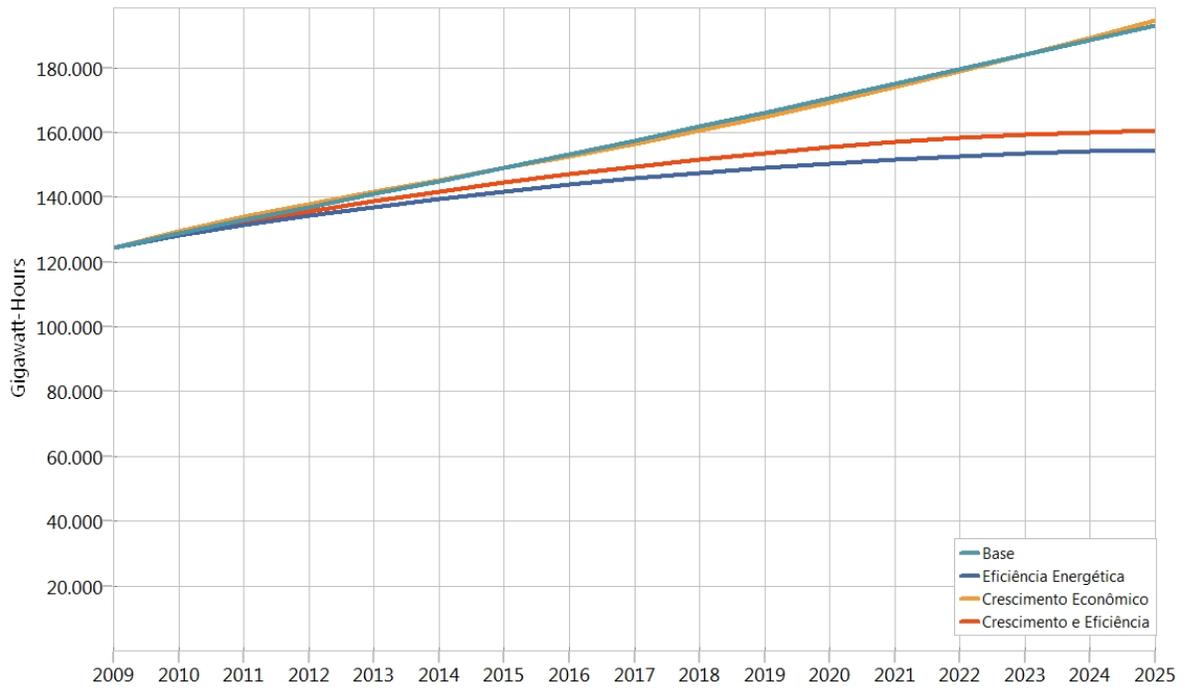


Fonte: Elaboração própria

Figura 5.2 Consumo de energia elétrica por setor nos cenários de alto crescimento econômico.

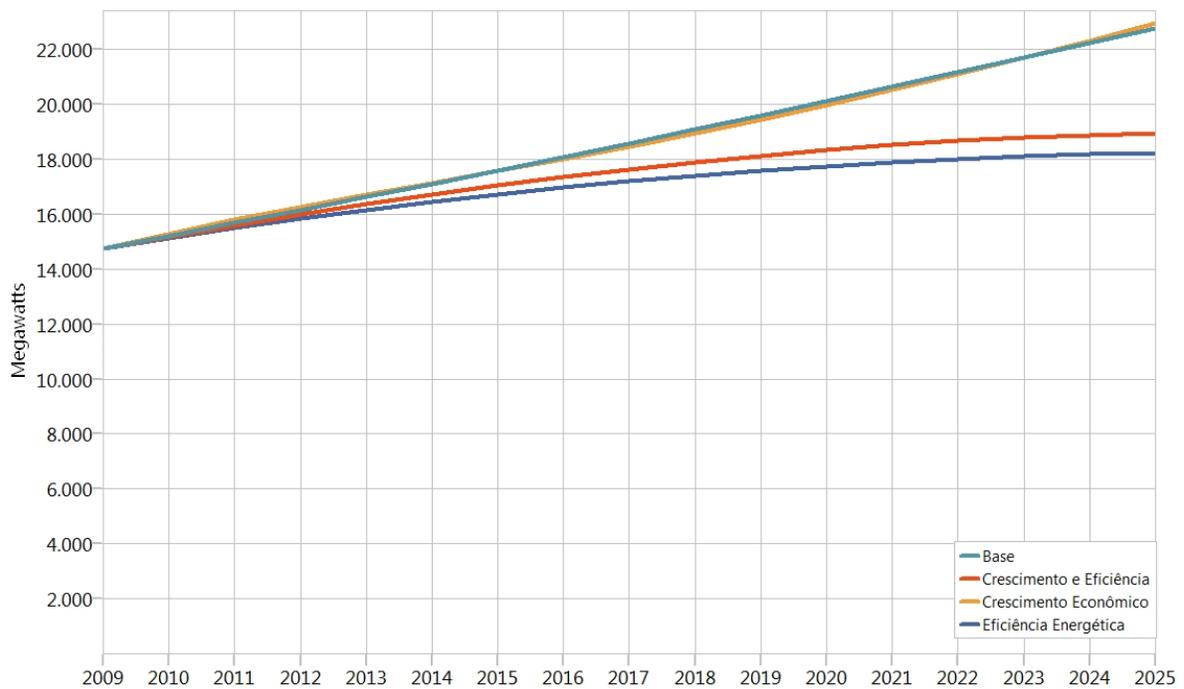
As figuras apresentadas anteriormente correspondem aos valores de energia demandada pelos setores, sem contabilizar os requerimentos de transmissão e distribuição, cujas características são variáveis para todos os cenários. Os requerimentos de transmissão e distribuição junto com o consumo dos setores formam a demanda total de energia elétrica, mostrada nos anexos.

Na Figura 5.3 apresentam-se os valores do *output* do módulo de geração de energia elétrica, esses valores representam a quantidade de energia que deve ser gerada internamente para atender corretamente a demanda. O cenário BAS requer 25% mais energia que o cenário EFE e, de modo similar, o cenário CRE requer 21% de energia adicional com relação ao cenário CYE. Essa comparação indica que, nos cenários onde não existem programas de eficiência, deve ser gerada uma maior quantidade de energia elétrica para atender a mesma quantidade de demanda. Essa percentagem adicional representa um maior detrimento das redes, um maior custo de manutenção dos equipamentos de transmissão e distribuição, e uma perda dos lucros correspondentes com a remuneração do serviço elétrico.



Fonte: Elaboração própria

Figura 5.3 Energia elétrica total requerida por cenário



Fonte: Elaboração própria

Figura 5.4 Potência elétrica máxima requerida por cenário

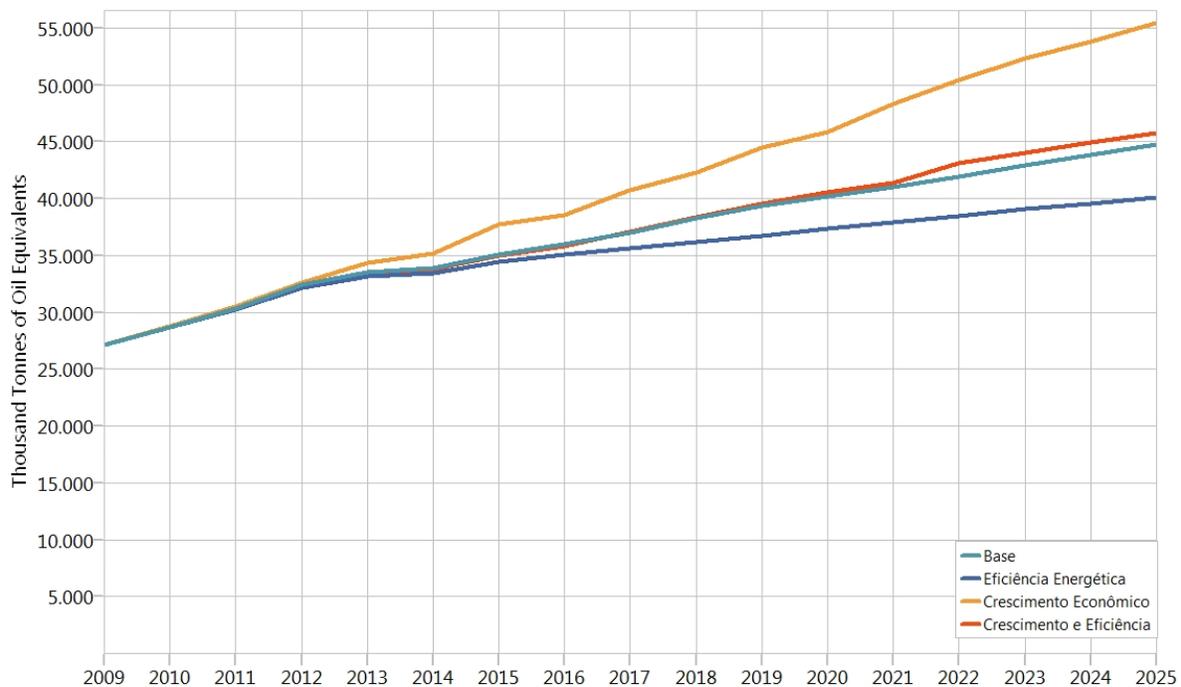
Uma situação similar ocorre com os requisitos máximos de potência coincidente, observados na figura.5.4. Os diversos cenários mostram o mesmo comportamento da energia requerida. Os cenários eficientes apresentam uma diminuição na velocidade de incremento da demanda tanto de energia como de potência máxima. Isso pode ser atribuído a ações concretas como a diminuição das perdas que podem influir decisivamente na necessidade de inclusão de novas usinas de geração. É provável que essa estabilização da demanda seja temporária e depois de certo tempo passe a um crescimento eficiente até chegar ao um equilíbrio energético como ocorre em alguns países da Europa onde a demanda não cresce aceleradamente.

Dentro dos resultados obtidos, segundo as hipóteses estabelecidas, na demanda total de energia elétrica para o cenário BAS, apresenta-se a necessidade da importação direta deste recurso, sendo o único cenário em apresentar essa situação. A importação começaria no ano 2021 e incrementaria até o ano final chegando à 9.021 GWh, ou 7,78% do total da demanda nesse ano. Atualmente existe um esquema de intercâmbio de energia elétrica com a Colômbia por meio da empresa ISAGEN, porém, a eletricidade proporcionada por este país à Venezuela é muito menor, o contrato de 2012 foi de apenas 480 GWh ao ano (ISAGEN, 2013). Embora a Venezuela possua conexões internacionais também com o Brasil, não é sabido se esses dois países possam ter em futuro a capacidade de fornecer essa quantidade de energia à Venezuela, já que esse fator depende de planos da expansão da suas capacidades instaladas. Esse cenário prevê, então, um grande risco para a segurança energética venezuelana.

5.2 Demanda de gás natural

A demanda total de gás natural nos setores econômicos, geração de energia elétrica e indústria petrolífera (sem contar a reinjeção) cresce desde 27.112 ktoe no ano base, até 55.432 ktoe, 45.792 ktoe, 44.742 ktoe e 40.080 ktoe nos cenários CRE, CYE, BAS e EFE respectivamente. Além da importância produtiva que possui o gás natural, este recurso é amplamente utilizado pela indústria petrolífera. O incremento da produção em manufatura está diretamente relacionado com o gás natural. A indústria metalúrgica, uma das mais importantes do País, também consome grandes quantidades desse energético. Esses fatores fazem com que no

cenário CRE, onde não se conta com empreendimentos eficientes, o consumo seja consideravelmente maior. Nesse cenário, o consumo seria quase o dobro do ano base e a média do crescimento interanual no consumo seria similar ao observado nas décadas dos 60 e 70, onde as condições econômicas eram mais favoráveis. Os cenários de baixo crescimento econômico BAS e EFE apresentam os menores consumos já que a utilização de gás natural não seria tão intensa se a economia não o precisasse. Ainda assim, o cenário de crescimento e eficiência possui um comportamento bastante similar ao cenário base, indicando que, com uma mesma quantidade de gás natural se pode atingir um crescimento maior, porém, com fortes modificações para atingir melhor eficiência no sistema elétrico nacional.



Fonte: Elaboração própria

Figura 5.5 Demanda total de gás natural

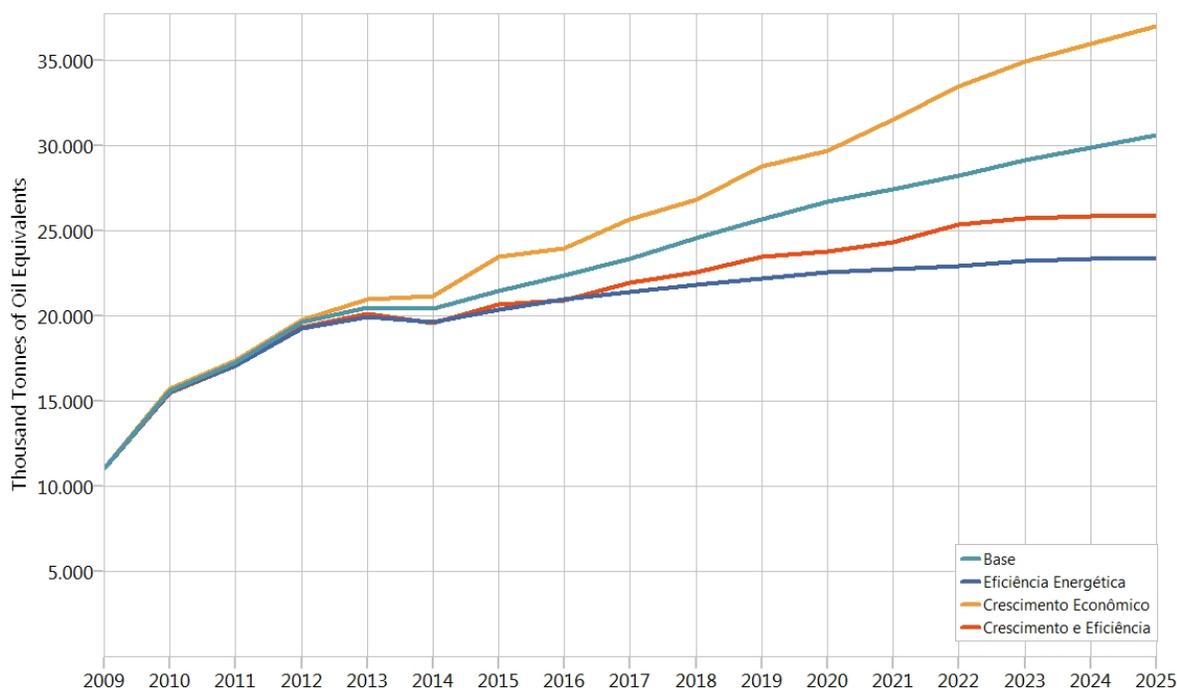
5.3 Consumo de combustíveis para geração de energia elétrica

Os dados da demanda em potência e energia elétrica apresentados anteriormente junto com a estrutura de geração proposta deriva em um consumo de combustíveis por parte das usinas

e unidades geradoras. Nesta seção, detalham-se todos os resultados obtidos por meio do LEAP nesse contexto. As fontes renováveis, hídrica e eólica, são deixadas de lado para analisar somente os recursos de origem fóssil e sua disponibilidade.

Na figura 5.5 observa-se o incremento do consumo dos combustíveis gás natural, óleo combustível e óleo diesel para fins de geração de energia. Os cenários BAS e CRE são os de maior crescimento, sendo que o CRE triplica o valor do ano base passando de 11.038 ktoe no ano 2009 para 36.992 ktoe em 2025. Os cenários eficientes CYE e EFE, com 25.908 ktoe e 23.390 ktoe em 2025 respectivamente, apresentam incrementos muito mais moderados e estabilizando-se no fim do período de estudo.

O cenário de menor incremento interanual é o EFE com um valor médio de 5,19%, contrastando com os crescimentos dos cenários BAS, CRE e CYE, cujos valores estão em 6,9%, 8,2% e 5,8% respectivamente.



Fonte: Elaboração própria

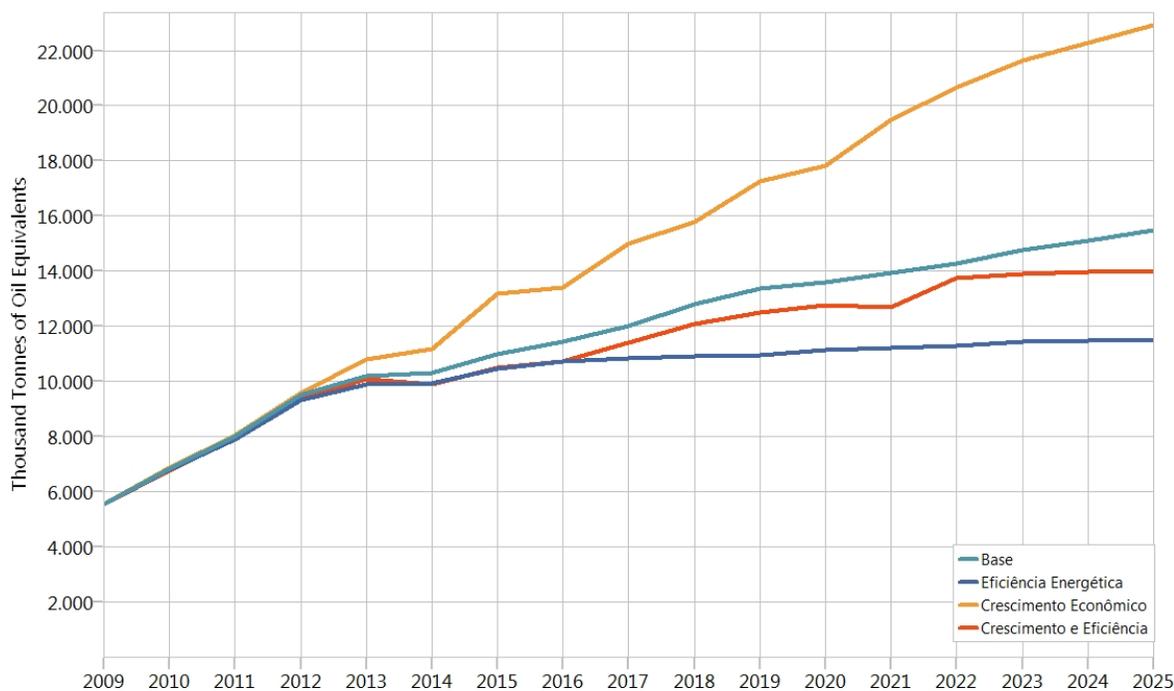
Figura 5.6 Consumo total de combustíveis fósseis para geração de energia elétrica

Todos os cenários apresentam um incremento mais acelerado no início do horizonte de tempo. Isto é devido ao ajuste na capacidade instalada para satisfazer as necessidades atuais e

recuperar de certo modo a crise energética existente. Esse ajuste de capacidade pode também demorar em ser realizado, estendendo a crise energética.

5.3.1 Consumo de gás natural

A situação da geração de energia elétrica por meio de gás natural é um ponto crítico no planejamento venezuelano. O comportamento das curvas é similar ao analisado para o conjunto inteiro, indicando que o consumo deste combustível domina sobre os demais recursos fósseis. A principal problemática com respeito ao uso de gás natural é a sua disponibilidade tanto de extração como de distribuição, e seu uso eficiente dentro das usinas de transformação.



Fonte: Elaboração própria

Figura 5.7 Consumo de gás natural para geração elétrica por cenário

O cenário CRE apresenta o maior aumento no consumo de gás natural, passando de um consumo inicial de 5.547 ktoe a 22.921 ktoe no ano 2025, o que significa aproximadamente quatro vezes o valor inicial.

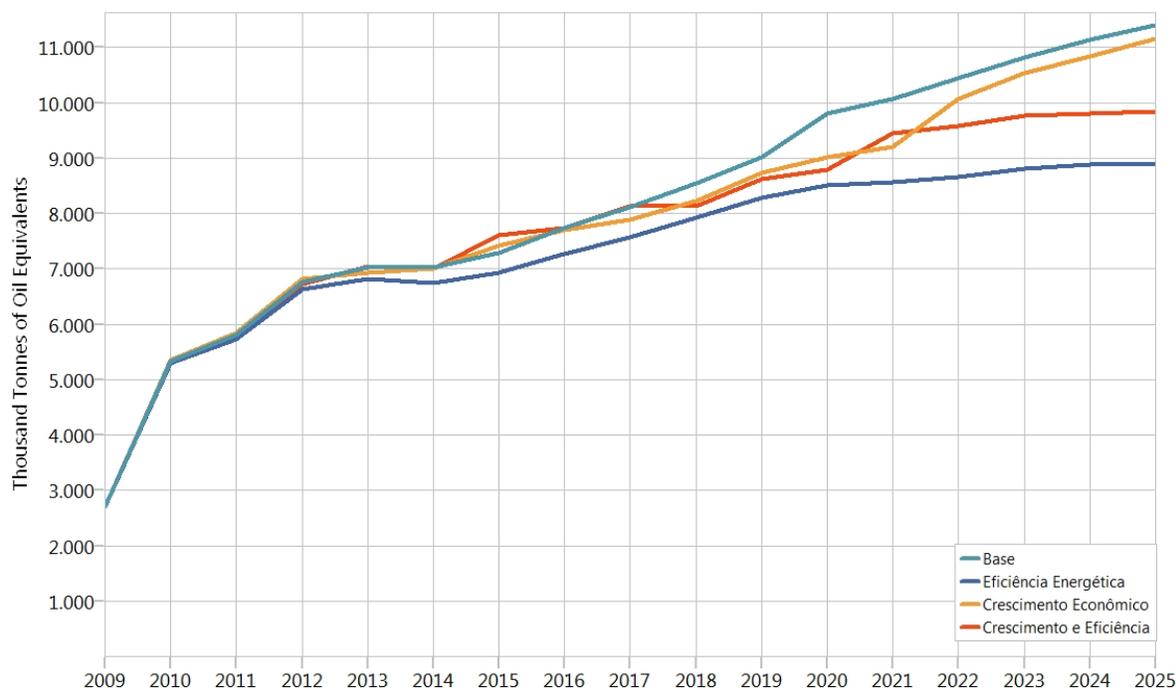
Os outros cenários são mais moderados devido à escassez do recurso ou às políticas de eficiência. Os consumos finais para os cenários BAS, CYE e EFE são de 15.469 ktoe, 14.001 ktoe e 11.518 ktoe respectivamente, o último deles atinge somente o dobro do consumo do ano base. Os dois cenários em meio da gráfica, CYE e BAS correspondem com o cenário otimista e pessimista, ou seja, de melhores e piores condições de desenvolvimento. É interessante observar como, apesar de possuir características econômicas bem diferentes, esses cenários possuem um nível de consumo não muito afastado um do outro.

Essa situação indica que, para um nível similar de consumo de gás natural, podem-se atingir posições econômicas bem diferentes, sendo que as práticas e tecnologias que se desenvolvam sobre este consumo, têm um papel primordial para defini-las.

5.3.2 Consumo de óleo diesel

Os resultados obtidos para o consumo do óleo diesel observam-se na figura 5.7. As curvas demonstram que o comportamento desse recurso seria, segundo as condições estabelecidas, consideravelmente diferente ao observado nos resultados anteriores. Neste caso, os cenários tem uma maior correlação entre eles já que não se desenvolvem comportamentos claramente diferenciados. É notório o incremento acelerado dos primeiros anos em todos os cenários, mostrando que o óleo diesel seria o responsável pelo aumento drástico no total de combustíveis assinalado anteriormente. Isso, pelo fato que não existem na Venezuela outros mecanismos de desenvolvimento do sistema energético no momento.

O óleo diesel converte-se na melhor alternativa, sendo que o óleo combustível é um recurso mais contaminante e menos eficiente, e o gás natural não está completamente disponível nem possui a infraestrutura de distribuição adequada. Até aproximadamente o ano 2014 os cenários não fazem maior diferença entre eles. A maior diferencia se concentra no ano final de estudo (2025) onde o BAS e o EFE possuem o maior e o menor consumo respectivamente.



Fonte: Elaboração própria

Figura 5.8 Consumo de óleo diesel por cenário

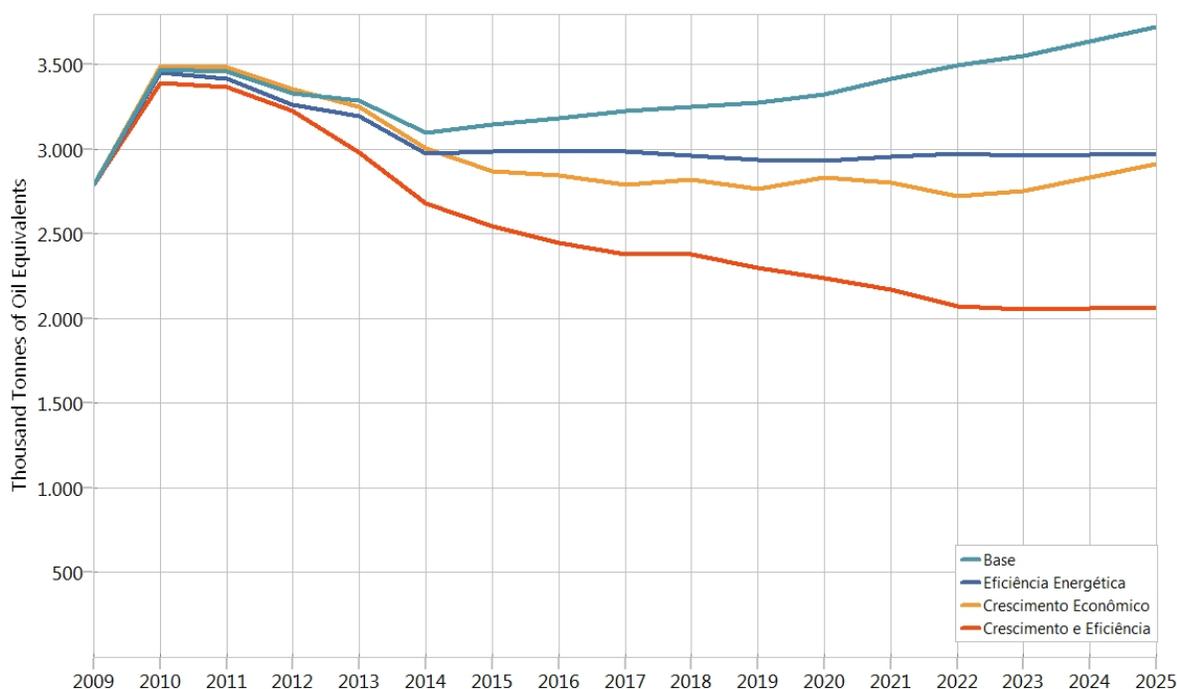
Os valores no ano final são 11.397 ktoe, 11.157 ktoe, 9.837 ktoe e 8.897 ktoe para os cenários BAS, CRE, CYE e EFE, respectivamente. Isso representa uma quantidade entre 4,2 e 3,3 vezes o consumo do ano base, tendo em conta o maior e menor consumo correspondente no ano final. O óleo diesel é o combustível que mais incrementou sua participação dentro dos recursos fósseis para geração de energia elétrica nos dez anos anteriores ao ano base, passando de 10% em 1999 a 26% em 2009. A abundância de petróleo cru e a baixa demanda dos refinados venezuelanos incidem nesse fato. O cenário onde haveria maior participação relativa seria o EFE atingindo 38% do total no ano final, o oposto seria o cenário CRE onde chegaria a 30%.

O consumo deste recurso devido a motores de combustão interna é menor do que o consumo feito por usinas térmicas de ciclo simples, que também trabalham com óleo diesel. Esta situação é mais notória nos cenários não eficientes. Ainda que EFE possui a maior participação de óleo diesel, os cenários ineficientes CRE e BAS possuem o maior consumo nos últimos quatro anos. Esse fato pode ser causado pelo crescimento desorganizado da geração em base a este recurso, que, efetivamente, incrementa os valores de consumo devido aos baixos níveis de eficiência.

5.3.3 Consumo de óleo combustível

O óleo combustível é utilizado atualmente para caldeiras em unidades a vapor. Apesar de que no território nacional as unidades instaladas a vapor são muito menos numerosas que as outras térmicas, sua produção é muito importante devido aos grandes centros urbanos que atendem. Era previsto que muitas dessas unidades passariam a gás natural, porém, neste estudo só no caso CYE foi considerada esta situação. Isso porque o planejamento de substituição está proposto mas ainda não tem data específica de início de operações. Nos demais casos a capacidade instalada a vapor não incrementa nem diminui.

Essa condição estabelecida para o caso CYE faz com que esse seja o menor em consumo de óleo combustível, começando no ano base em 2.788 ktoe, e descendo constantemente a partir do ano 2010 para chegar a 2.069 ktoe no ano final. O cenário EFE se estabiliza em aproximadamente 3.000 ktoe a partir do ano 2014, enquanto o CRE permanece sempre levemente abaixo dessa faixa. O único cenário com incremento no uso de óleo combustível é o BAS, chegando a 3.722 ktoe.



Fonte: Elaboração própria

Figura 5.9 Consumo de óleo combustível por cenário

O óleo combustível também incrementou sua participação dentro do total de combustíveis assim como o óleo diesel, passando de 14% do total em 1999, a 18% em 2009. Esses dois combustíveis incrementaram sua participação em detrimento do gás natural. Contudo, o óleo combustível, segundo estes resultados, seria o combustível de menor consumo dos três recursos fósseis principais. A principal razão é porque não são previstas novas usinas consumindo este combustível.

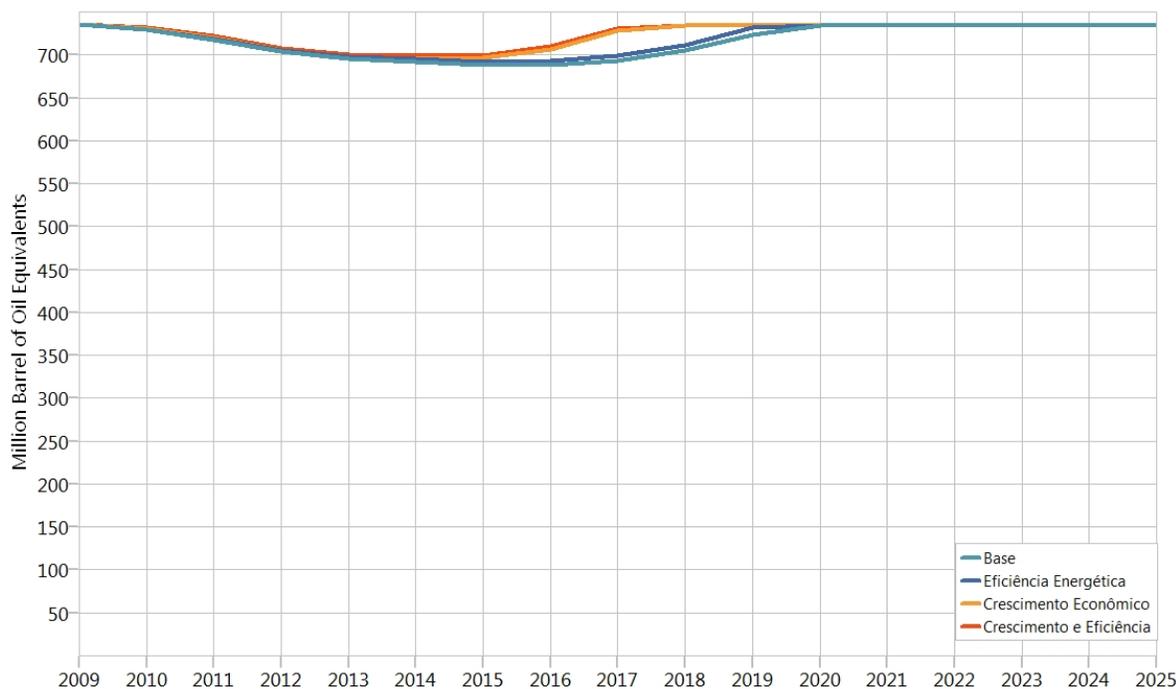
5.4 Disponibilidade dos recursos

Na seção anterior foram obtidos e comentados os resultados relativos às quantidades necessárias para satisfazer as demandas estabelecidas nos diferentes cenários. Contudo, esses recursos requeridos não estão imediatamente disponíveis, e precisam de um processo de extração, refino, adequação e distribuição para que possam ser efetivamente utilizados. É importante assinalar que estes recursos estão dentro do País e a disponibilidade depende do desenvolvimento dos projetos de exploração.

5.4.1 Disponibilidade de hidrocarbonetos líquidos

Se o ritmo de extração e consumo de hidrocarbonetos líquidos continuar constante na Venezuela, é possível que estes estejam disponíveis ao menos por mais 100 anos, segundo o ano de depleção calculado pela BP (2012). A presença dos recursos não seria um problema, pois as grandes reservas permitem uma grande flexibilidade, porém outros fatores como a demanda internacional e a gestão local poderiam afetar significativamente esse tempo estimado. Ainda que existam esses recursos, uma péssima gestão de recursos energéticos poderia levar a uma situação onde seja necessária sua importação para satisfazer a demanda local, assim como já ocorreu no caso do setor elétrico. Embora possível, é uma situação pouco provável.

Segundo o esquema de demanda e produção de petróleo estabelecido, o LEAP determina que existirá um déficit de petróleo cru. O LEAP coloca que esse déficit deva ser suprido com importações, porém os dados foram ajustados para a realidade venezuelana, sendo mais realista colocar o déficit dentro das exportações de petróleo venezuelano. Este país possui compromissos de exportação e fornecimento de petróleo em convênio com diferentes países como a China, a Rússia e outros países da América Latina. O déficit de exportação poderia levar a o não cumprimento os tratados feitos, gerando uma maior dívida para a Venezuela, ou a não satisfazer o mercado interno debilitando a economia interna, ou ambas situações juntas.



Fonte: Elaboração própria

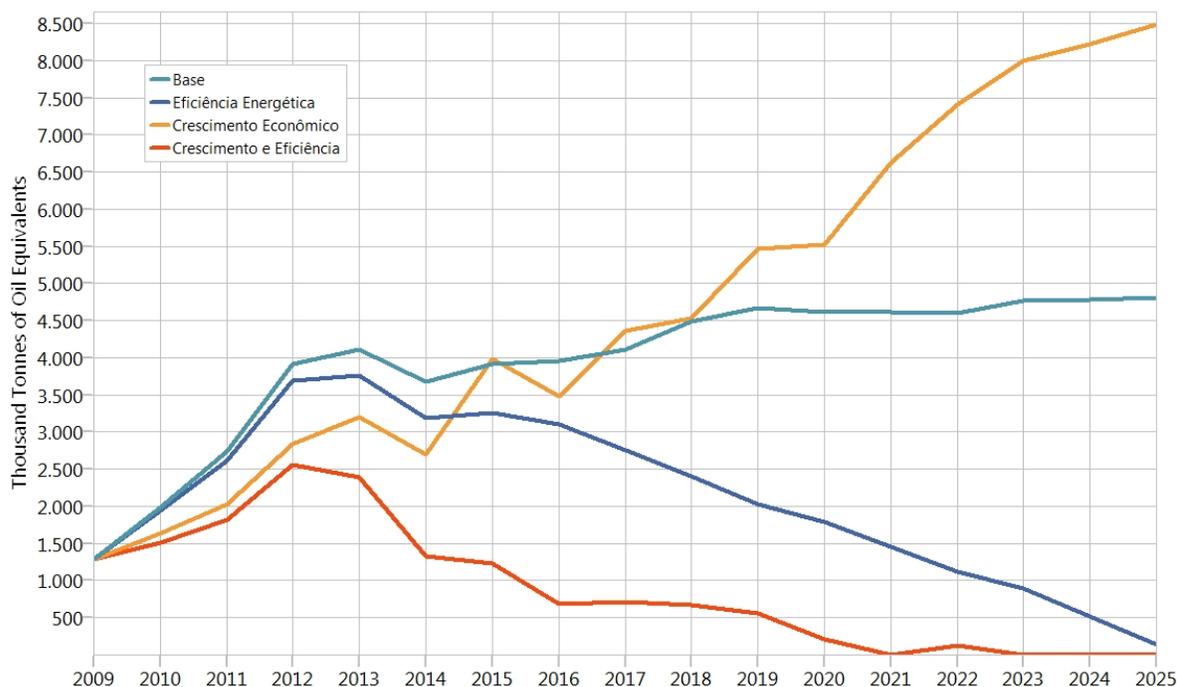
Figura 5.10 Déficit de petróleo cru nas exportações

Essas situações são mais prováveis que futuras importações de petróleo cru. Em todo caso, os resultados obtidos com o LEAP apresentam um déficit na produção venezuelana. O cenário BAS apresenta o maior déficit com um valor máximo de 46.386 MBEP no ano 2017, representando 4,12% da produção nesse ano. Essa percentagem teria que ser sacrificada do mercado internacional ou do mercado interno. Os cenários EFE, CRE e CYE apresentam valores de 3,77%, 3,45% e 3,14 respectivamente atingidos entre os anos 2014 e 2015, quer dizer, de 4 a 5 anos depois do ano base. Essa diminuição da oferta não seria suficiente para determinar que

exista uma escassez de combustíveis líquidos no setor energético, porém, as consequências desse déficit têm repercussões importantes sobre a economia do País. As exportações poderiam se recuperar a partir dos anos 2018 para os cenários de alto crescimento econômico, e no 2020 para os cenários de baixo crescimento econômico.

5.4.2 Disponibilidade do gás natural

Na Venezuela, o gás natural é um recurso menos abundante e menos disponível que os hidrocarbonetos líquidos. Em capítulos anteriores mostrou-se a estrutura de consumo e os projetos atuais para desenvolver o mercado interno de gás natural e satisfazer a demanda. A partir do ano 2008 e 2009, a Venezuela começou um esquema de importação desse recurso, da Colombia. A projeção dessa importação se mostra na figura 5.11.



Fonte: Elaboração própria

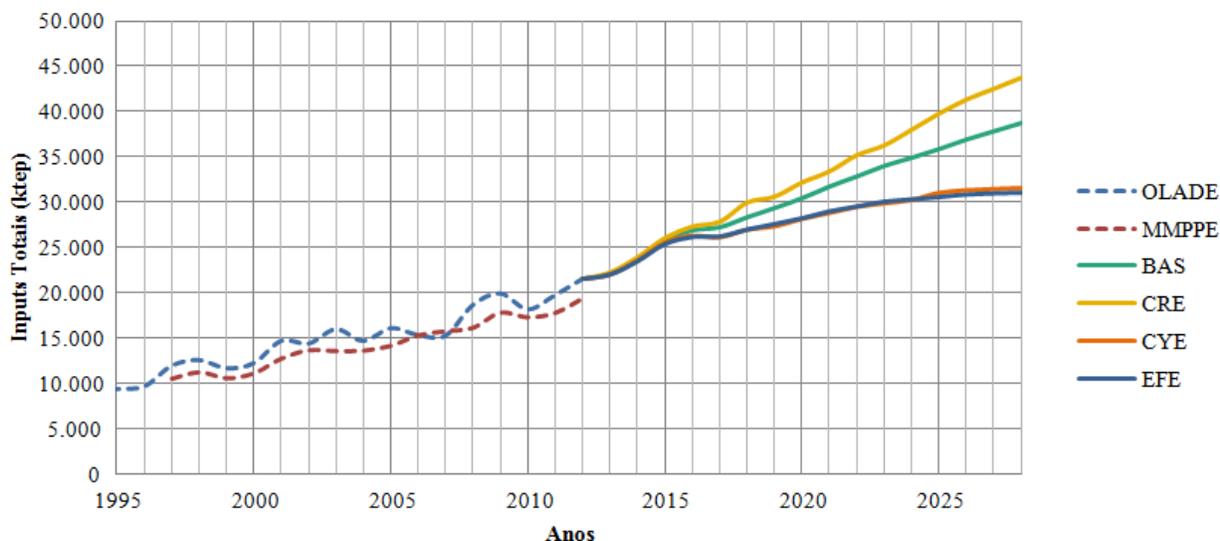
Figura 5.11 Importação do gás natural

Atualmente o gasoduto Colômbia - Venezuela é o único mecanismo de importação de gás natural ativo, já que não existem conexões adicionais ou portos especializados para esses fins. Uma vez que os recursos de gás natural não estão imediatamente disponíveis, o gás natural necessário para satisfazer as condições econômicas estabelecidas deve ser importado. No cenário CRE a importação chega a 8.487 ktoe no ano final do período, aproximadamente o dobro da capacidade atual do gasoduto transnacional. Nesse cenário haveria necessidade da construção de nova infraestrutura, seja por meio de portos gás liquefeito, novas conexões com Trindade e Tobago ou a ampliação da capacidade com a Colômbia. O total importado no ano final para o cenário CRE representa 15% do consumo total de gás natural, em contraste com o ano de 2009 quando este valor era de 6%. Esse incremento indica uma debilitação na segurança energética nacional devido à maior dependência dos produtos energéticos internacionais, ainda que existindo suficientes recursos internos aproveitáveis.

No cenário BAS as importações de gás chegam a 4.804 ktoe, um valor muito mais próximo à capacidade atual de importação. A quantidade importada com relação ao total é de 11%. A partir de 2018 haveria um crescimento menor do que o apresentado nos primeiros anos do período de estudo. Os cenários eficientes apresentam comportamentos similares entre eles e valores finais consideravelmente menores que nos cenários não eficientes. O cenário EFE requer só 142 ktoe no ano final, indicando só 0,32% de importação do consumo total. O cenário EFE passa por uma etapa importante de dependência da importação no ano 2013, onde se necessita 3.762 ktoe. Esse comportamento se deve ao tempo necessário para o desenvolvimento da produção interna de gás. O cenário CYE indica que, com as condições estabelecidas para esse caso, não se precisaria importar o recurso a partir de 2023, e os requerimentos de importação não ultrapassariam a capacidade instalada. Neste caso o nível máximo de importação seria no ano 2012 com 2.560 ktoe. Só no último cenário haveriam boas perspectivas a exportação de gás natural.

5.6 Ajuste de dados na atualidade

Por causa da disponibilidade foram usados dados antigos para formular o ano base (2009). Para obter resultados mais coerentes com a realidade pode-se fazer um ajuste dos dados, levando em conta a suposição de que o esquema de produção, exploração e características energéticas e demográficas continuariam sendo as mesmas. As taxas de crescimento obtidas por meio das simulações e projeções são levadas ao ano 2012. Como é observado na Figura 5.12, em comparação com a Figura 5.6, o crescimento nos anos 2010, 2011 e 2012 não foi como o esperado nas projeções. Uma possível causa disso é a prolongação da crise energética venezuelana e também a logística para aumentar a geração a base de combustíveis fósseis não ter sido efetiva.

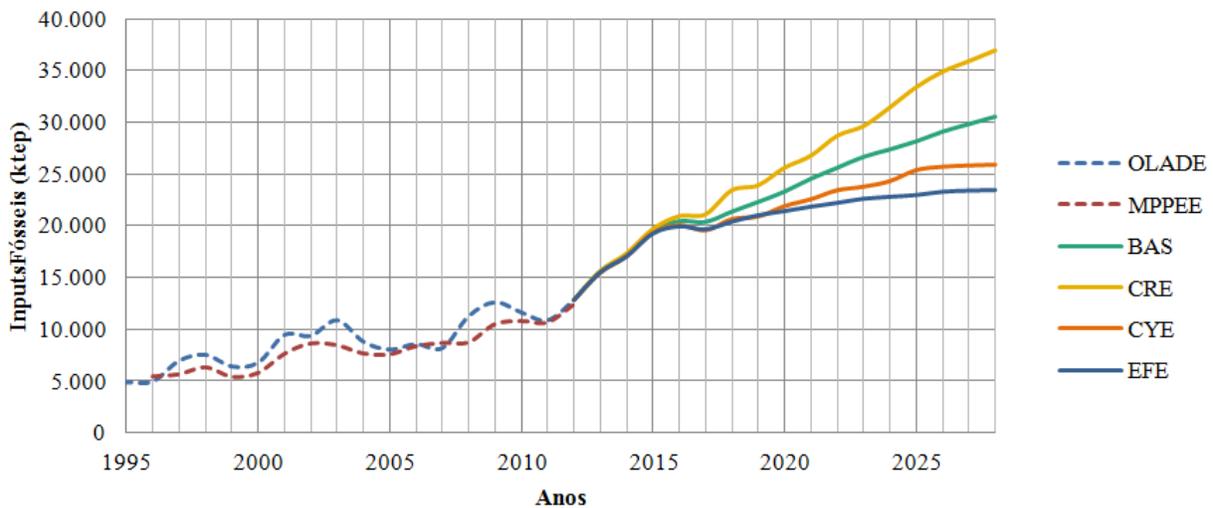


Fonte: Elaboração própria

Figura 5.12 Ajuste para os *inputs* totais da geração elétrica

A problemática da geração com combustíveis fósseis encontra-se na saturação da geração hidroelétrica atual. Observa-se na Figura 5.13 um acelerado incremento das necessidades dos combustíveis fósseis nos primeiros anos projetados em comparação com os requerimentos totais da Figura 5.12. Historicamente, a Venezuela dependeu da geração hidroelétrica, como observado nos históricos apresentados no capítulo II, porém, a capacidade instalada e a geração hídrica já

não são suficientes para abastecer a demanda. Ainda em 2012, segundo as projeções feitas e a situação atual do sistema, esses requerimentos não foram cumpridos, aumentando o tempo de crise. O rápido incremento na utilização do óleo diesel, gás natural e óleo combustível é necessário para equilibrar a demanda, até que novos projetos hidráulicos ou outras energias renováveis sejam propostas.



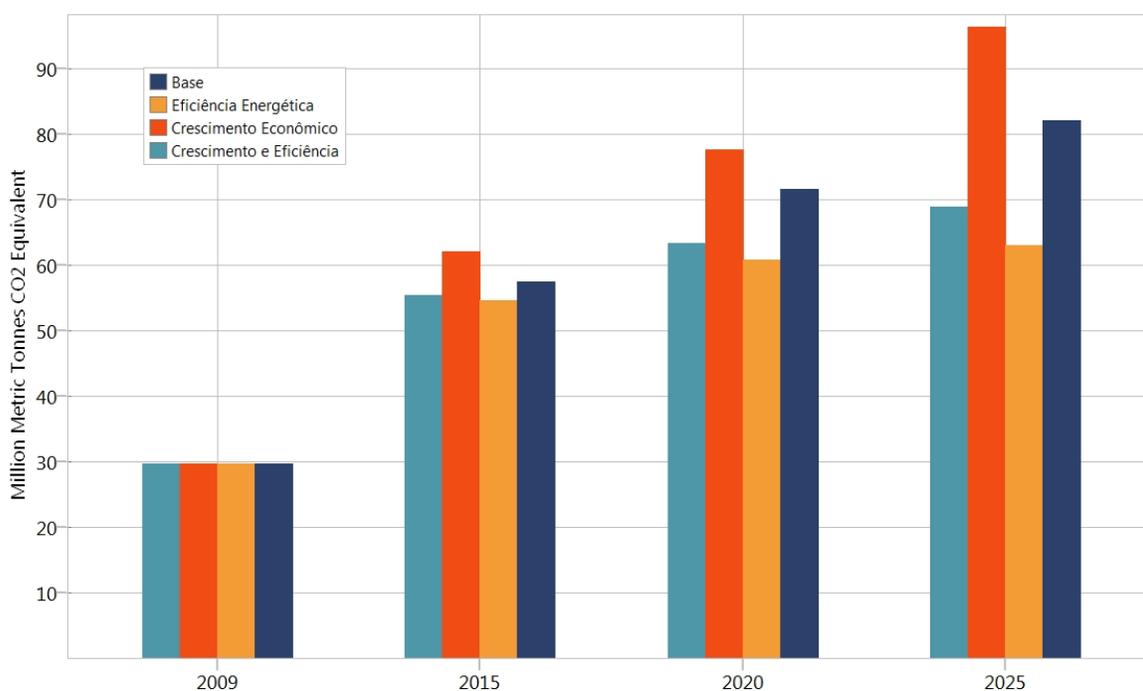
Fonte: Elaboração própria

Figura 5.13 Ajuste para os *inputs* fósseis da geração elétrica

5.5 Emissões de gases de efeito estufa (Dióxido de carbono)

Escolheu-se a quantidade de dióxido de carbono como variável de análise de impacto ambiental. Ainda que exista uma grande quantidade de gases de efeito estufa e outras variáveis referentes aos rejeitos sólidos que podem ser avaliadas com o LEAP, a quantidade de emissões de CO₂ antropogênicas para a geração de energia é um fator de amplo estudo a nível internacional, e trata-se de um dos gases mais importantes no processo de mudanças climáticas. Nesta seção mostra-se a evolução deste fator para os diferentes cenários e a comparação com o primeiro ano de estudo. A Venezuela não possui compromissos oficiais de redução de emissões, apesar de ser um dos países com maior quantidade de emissões de CO₂ per capita da América Latina, como foi assinalado anteriormente.

A evolução e incremento das emissões de dióxido de carbono são análogos ao comportamento do consumo de combustíveis fósseis. Na figura 5.14 observa-se a diferença entre os quatro cenários nos anos 2009, 2015, 2020 e 2025 do período de estudo. O ano 2009 representa as condições iniciais e o ano 2025, as finais. Inicialmente as emissões por ano eram de 29,6 milhões de toneladas métricas equivalentes de CO₂. Similarmente ao consumo total de combustíveis para fins de geração, o cenário CRE aproximadamente triplica seu valor no ano final com 96,3 milhões de toneladas métricas equivalentes de CO₂. Os cenários EFE e CYE se estabilizam mais até os anos finais com 63,0 e 68,9 milhões de toneladas métricas equivalentes de CO₂ respectivamente.



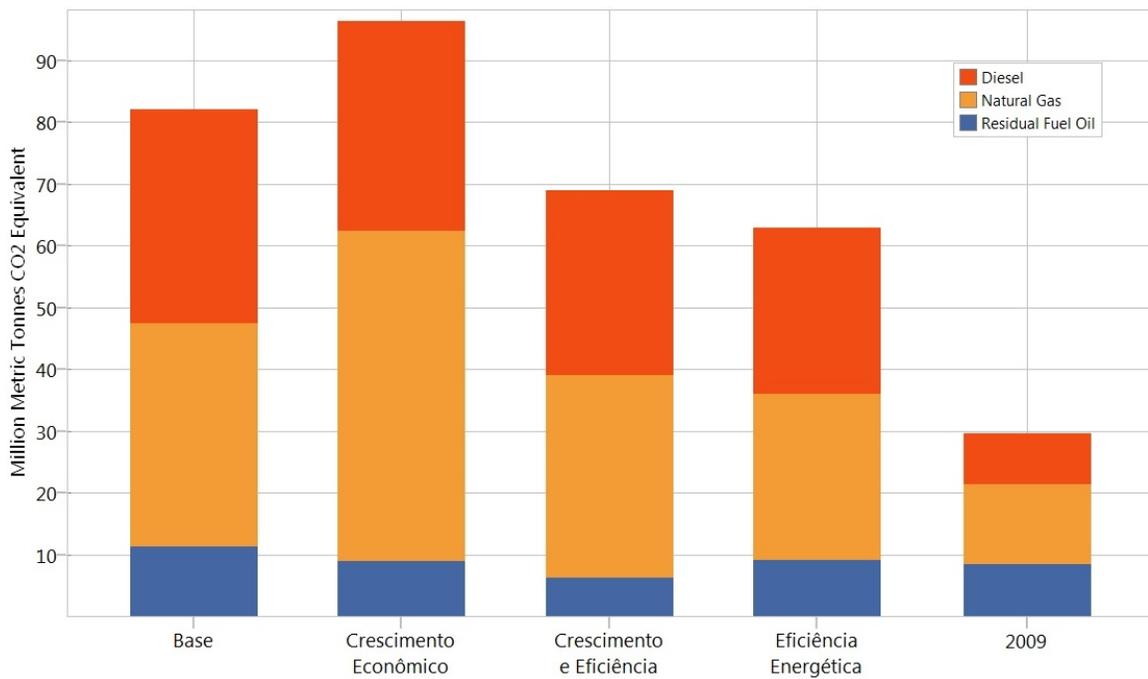
Fonte: Elaboração própria

Figura 5.14 Emissões de CO₂ para quatro anos do período de estudo

Na figura 5.15 observa-se as mesmas quantidades apresentadas no ano final por cenário e a comparação com o ano 2009. Neste gráfico apresentam-se as cotas de emissões de cada combustível: óleo diesel, gás natural e óleo combustível.

A contribuição do óleo diesel no total das emissões é similar para cada cenário. No cenário CYE o óleo diesel seria o responsável pela maior quantidade de emissões. O gás natural possui comportamentos diferenciados dependendo do cenário. A maior cota desse recurso

encontra-se no cenário CRE (55% das emissões correspondentes para esse ano). A grande quantidade de emissões de gás natural faz com que esse cenário seja o mais alarmante no que diz respeito às mudanças climáticas. O cenário com menor quantidade de emissões é o EFE. Neste cenário as cotas do gás natural e do óleo diesel são semelhantes. Igualmente como acontece no consumo de combustíveis fósseis, as emissões de CO₂ são menores para os cenários mais eficientes.



Fonte: Elaboração própria

Figura 5.15 Emissões de CO₂ no ano 2025 por combustível

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

Os resultados para a demanda elétrica apresentam valores moderados, enquanto que as demais pesquisas como o PSDEN e a previsão de EDELCA preveem valores muito maiores inclusive considerando os cenários de alto crescimento. Ao longo dos anos o estancamento da economia venezuelana tem sido mais evidente e essa pode ser uma das razões pelas quais os valores de demanda aparecem menores para estudos mais recentes como o desenvolvido nesta dissertação.

Novamente indica-se que os cenários só assinalam um espectro de possibilidades. Neste caso, os resultados surgem de com um conjunto de restrições estabelecidas ao modelo. Ainda assim deve-se fazer uma análise realista aos resultados numéricos obtidos.

Um dos aspectos mais relevantes dentre os resultados obtidos são as importações observadas dos cenários CRE, de 15% do total da demanda gás natural, e BAS, de 8% do total da demanda energia elétrica. Como foi assinalado anteriormente, existem muitas incertezas envolvidas neste tipo de importações. Esses dois cenários colocam a Venezuela dentro dum grande risco na sua segurança energética, agravando ainda mais a crise energética dos anos anteriores.

Para abastecer os altos valores de consumo de gás natural do cenário CRE, novos dutos ou portos deveriam ser construídos, pois a Venezuela possui uma capacidade limitada para esses fins, assim como a construção de infraestrutura de distribuição correspondente para chegar aos pontos de abastecimento. É mais provável que os recursos econômicos sejam investidos na produção e exploração interna de recursos energéticos que na instalação de infraestrutura de importação.

Existe uma grande diferença na disponibilidade do gás natural no cenário CRE e no cenário CYE. Neste último caso não seria preciso importar esse recurso para os últimos anos do período, em contraste com o cenário CRE. Isso é devido às condições otimistas e pessimistas aplicadas a cada cenário. Pelo sistema encontrar-se em um estado tão crítico, é provável que as

melhorias a curto prazo na infraestrutura de geração e distribuição tenham um efeito marcante no consumo de gás natural. Essa divergência entre os cenários é causada pelas ações aceleradas de melhoria que se levam no cenário CYE, que resultam em rápida redução de consumo de gás natural.

A instalação e construção de usinas mais eficientes, assim como a reparação e atualização das redes de distribuição são ações que podem ser feitas em curto prazo. Uma melhoria maior no sistema como; mudanças nos equipamentos industriais, inclusão de novas fontes, auto geração, redes inteligentes, e outros, são mecanismos que demorariam mais tempo em ser implementados e precisam de um sistema elétrico com um nível básico de eficiência para serem realmente aproveitáveis. Esses mecanismos estariam fora do horizonte de tempo estabelecido em que se concentram os principais problemas do sistema de geração atual.

Embora o governo esteja implementando alguns programas de eficiência nos usos finais de energia, como troca de lâmpadas, refrigeradores e ar condicionados. É necessário que existam melhorias nos estágios mais básicos do sistema, como a geração e a transmissão e distribuição, para que esses programas de eficiência sejam realmente aproveitados. A quantidade de energia elétrica que chega nas moradias venezuelanas é já consideravelmente ineficiente. Essas situações de eficiência nos usos finais não foram simuladas devido à falta de dados específicos, sobre os programas realizados.

O gás natural é um recurso que é utilizado também em outros processos produtivos e na própria exploração de petróleo. Quanto mais eficientes sejam os processos de geração, transmissão e distribuição, haverá mais gás natural disponível para outros usos. O uso eficiente de gás natural é fundamental para o equilíbrio futuro da economia evitando grandes fluxos de importação, e o déficit de combustíveis para a geração. É preciso diversificar a matriz de geração de energia, além do gás natural, principalmente pelas seguintes razões: outros setores do mercado interno também precisam ser atendidos; está planejada uma futura exportação deste recurso; e, finalmente esse não é tão abundante no território nacional quanto os hidrocarbonetos líquidos.

Para o óleo diesel, os resultados são menos dispersos, e os cenários apresentam um comportamento mais independente das hipóteses estabelecidas. O óleo diesel é um recurso que possui baixa capacidade de comercialização internacional pela Venezuela, devido à sua baixa qualidade e aos altos padrões de qualidade exigidos pelos grandes mercados. O incremento na capacidade de refino é feito de modo geral, em barris de petróleo processado ao dia e não se

especificam processos que determinem uma melhor qualidade dentro dos produtos refinados, pelo qual, não se pode simular um incremento importante na demanda de produtos refinados. Adicionalmente, o mercado é bastante volátil, e isso incrementaria ainda mais incertezas ao modelo.

É importante destacar que a crise energética venezuelana atual precisa de ações concretas e viáveis. O óleo diesel pode ser uma alternativa disponível e econômica de controlar a crise. Em anos anteriores existiu um crescimento desorganizado em usinas funcionando com óleo diesel. Foram instalados motores de combustão interna para intentar suprir a energia que devia ser abastecida por usinas maiores, que não estavam efetivamente disponíveis.

Um crescimento mais organizado de geração baseado neste recurso poderia ser bastante conveniente. A instalação planejada de unidades especializadas para o uso desse combustível com uma eficiência e disponibilidade aceitáveis junto com uma melhoria das redes de transmissão e distribuição, podem acelerar o processo de recuperação do sistema.

Em todos os cenários, a contribuição relativa do óleo combustível diminui. Nos anos anteriores ao ano base a capacidade em base a óleo combustível se manteve quase constante com leves diminuições. O óleo combustível é ainda utilizado nas maiores usinas a vapor e só no cenário CYE foram retiradas algumas unidades que empregam esse recurso, substituídas por unidades à gás de ciclo combinado. Por essa razão, o cenário CYE possui a menor quantidade utilizada deste recurso. A comercialização internacional de óleo combustível é ainda menos viável na Venezuela, outorgando uma alta disponibilidade interna para o uso energético. Porém, o uso deste recurso seria um retrocesso na cadeia de geração energética eficiente.

O óleo combustível também possui um aumento acelerado no primeiro ano de estudo. Logo depois, apenas o cenário BAS continua com um comportamento crescente. É provável que exista um incremento no uso deste recurso para ressarcir os danos da crise energética, dependendo da disponibilidade imediata do óleo diesel. Algumas das unidades a vapor que utilizam este recurso estão vizinhas à grandes refinarias, sendo o caso da Planta Centro e Ramón Laguna, facilitando a disposição de refinados de menor qualidade para a geração de energia.

Uma mudança na tecnologia dessas usinas levaria ao investimento em nova infraestrutura para levar gás natural desde os centros de produção, se for o caso, ou, uma melhoria dos processos das refinarias para gerar menos combustíveis pesados e melhores combustíveis como o óleo diesel. Essa situação é possível mas pouco provável dentro de um horizonte de curto prazo.

Isso leva a concluir que nos primeiros anos da crise energética a óleo combustível pode ver um aumento significativo no seu uso e posteriormente um comportamento mais moderado, similar ao cenário CRE.

Além dos recursos fósseis, dentro do modelo, incluiu-se a fonte eólica, sendo a mais promissória das fontes renováveis. A adoção de energias renováveis precisa de grandes quantidades de subvenções, e não garantem a recuperação da segurança energética do País. Porém, o aproveitamento deste tipo de recursos é essencial para um maior desenvolvimento em longo prazo e uma maior independência dos recursos fósseis. Os resultados na geração de eletricidade demonstram que a contribuição da energia eólica, ainda com os planos mais otimistas no cenário CYE, não são suficientes para cobrir a curto prazo uma quantidade significativa da demanda, atingindo apenas 2,49% do total da geração de energia elétrica.

Os resultados das emissões de CO₂ para geração de energia são análogos aos resultados de consumo de combustíveis fósseis. As emissões do óleo diesel aumentam de maneira similar em todos os cenários, as do óleo combustível permanecem sem maiores modificações, e as emissões mais sensíveis às mudanças nas políticas são as de gás natural.

Uma vez que o consumo de combustíveis e a emissão de CO₂ neste setor estão correlacionados, quanto menos combustíveis sejam utilizados para produção de energia, menores serão as emissões. A Venezuela ainda não tem desenvolvidos mecanismos legais e tecnológicos para evitar o incremento drástico nas emissões. Por enquanto, a melhor medida de mitigação neste setor seria aumentar a eficiência do sistema elétrico. Outras alternativas, como mudanças nas eficiências de equipamentos em vários tipos de indústrias não teriam uma repercussão tão grande, segundo Pereira et al (1997). Contudo, seriam boas medidas a desenvolver paralelamente. Com a quantidade instalada de energia eólica não se tem maiores avanços para reduzir as emissões. Pereira et al (1997) estabelece que uma das melhores maneiras de contribuir neste aspecto, na área da geração, é com a instalação de novas hidrelétricas, todavia, esses casos não foram parte do estudo desenvolvido, devido à complexidade do processo da construção deste tipo de usinas, que inclui fatores ambientais, sociais e econômicos que podem proporcionar uma grande quantidade de imprevistos.

6.2 Recomendações

Na realização deste estudo foram fixados metas e objetivos precisos. Existe uma grande quantidade de aspectos no contexto do planejamento venezuelano que neste estudo precisaram ser deixadas de fora devido a restrições de tempo e disponibilidade de dados. Outros estudos importantes a serem realizados para complementar e continuar com esta linha de pesquisa estão descritos a seguir:

- A inclusão dos custos de cada cenário dentro do estudo, analisar a viabilidade econômica de cada um destes. Atualmente a Venezuela possui uma grande instabilidade econômica com altos níveis de inflação e subsídios, criando um esquema de preços pouco sustentáveis. Também se podem estabelecer cenários que considerem maiores mudanças nestes aspectos econômicos.
- Uma melhor integração de dados demográficos e de consumo energético, em diversos estratos sociais. Para isso deve existir uma mínima parceria dos pesquisadores interessados com os órgãos do governo responsáveis. Assim poderiam ser simuladas políticas voltadas aos consumos finais, onde se possam analisar os efeitos das mudanças para comportamentos de menor desperdício de energia pelos cidadãos, seja por meio de políticas fiscais ou políticas de troca de lâmpadas e equipamentos.
- Da mesma maneira que no setor residencial, no setor industrial deve existir um conjunto de pesquisas que determinem o comportamento particular do setor industrial em diversas áreas, e identificar quais são os pontos fortes e fracos que podem ser melhorados. A medição da quantidade de energia que se utiliza em motores, caldeiras, e outros equipamentos industriais pode identificar quais são as indústrias ou equipamentos que precisam de um programa de apoio tecnológico ou financeiro para aumentar sua eficiência energética.
- A formulação, por meio de uma pesquisa interdisciplinar, com respectivas simulações em custos e seus correspondentes impactos sociais, que indiquem um conjunto de políticas legislativas e fiscais específicas que poderiam permitir um melhor desenvolvimento do setor elétrico.

- Uma análise mais detalhada para cada região geográfica do país. É sabido que Venezuela é um país abundante em diversos recursos naturais e energéticos, porém todos estão dispersos em diversas regiões e possuem diferentes disponibilidades, como a energia eólica no norte, o gás natural *off-shore*, as fontes hídricas nos Andes no sudeste do país.

7 REFERENCIAS

APERGIS, N., PAYNE, J.E., Energy consumption and growth in South America: evidence from a panel error correction model. **Energy Economy**. v.32, p.1421–1426, 2010.

AIE, Agência Internacional de Energia. Venezuela: Indicators and Balances. Disponível em: <http://www.iea.org/> Acesso em: 10 janeiro de 2014.

AÑEZ, Com la planta de etanol estamos sembrando el futuro, **Los Andes**,2010.

AVN, Agencia Venezolana de Noticias, Inaugurarán a finales de año em Barinas Planta Socialista de Etanol, **SIBCI**, 2012, Disponível em: <http://www.avn.info.ve/contenido/inaugurar%C3%A1n-finales-a%C3%B1o-barinas-planta-socialista-etanol>. Acesso em 4 de janeiro de 2013.

BANCO CENTRAL DE VENEZUELA, BCV, Producto Interno Bruto por actividad económica, 2013, Disponível em: <http://www.bcv.org.ve/c2/indicadores.asp> Acesso em: 15 junho de 2013.

BANCO MUNDIAL, Banco de datos mundial, Indicadores de desarrollo mundial para Venezuela, 2012, Disponível em: <http://datos.bancomundial.org/pais/venezuela> Acesso em: 15 janeiro de 2013.

BANCO MUNDIAL, Banco de datos mundial, Country and Lending Groups, Disponível em: <http://data.worldbank.org/about/country-classifications/country-and-lending-groups> Acesso em: 20 janeiro de 2014.

BAUTISTA, S. A sustainable scenario for Venezuelan power generation sector in 2050 and its costs. International Institute of Management, Energy and Environmental Management in Developing Countries. **Energy Policy**, v.44, p.331-340 University of Flensburg , Alemanha, 2012.

BRITISH PETROLEUM, Statistical Review, Disponível em: <http://www.bp.com> Acesso em: 15 janeiro de 2014.

CAVEINEL, Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica , Estadísticas Consolidadas da Caveinel 1993 - 2007. Disponível em:

<http://www.caveinel.org.ve/index2.asp> Acesso em: 20 outubro de 2012.

CNG, Centro Nacional de Gestión del Sistema Eléctrico Nacional, Informe Anual 2005 , Disponível em: <http://www.cief.creativa-consultores.com/Opsis2005.pdf>. Acesso em: 20 outubro de 2012.

CNG, Centro Nacional de Gestión del Sistema Eléctrico Nacional, Informe Anual 2006 , Disponível em: <http://www.cief.creativa-consultores.com/Opsis2006.pdf>. Acesso em: 20 outubro de 2012.

CNG, Centro Nacional de Gestión del Sistema Eléctrico Nacional, Informe Anual 2007 , Disponível em: <http://www.cief.creativa-consultores.com/Opsis2007.pdf>. Acesso em: 20 outubro de 2012.

CNG, Centro Nacional de Gestión del Sistema Eléctrico Nacional, Informe Anual 2008 , Disponível em: <http://www.cief.creativa-consultores.com/Opsis2008.pdf>. Acesso em: 20 outubro de 2012.

COING, H., Historia de la regulación energética en Venezuela. Publicaciones vicerrectorado académico, Universidad de los Andes, Institut de recherche pour le développement, 2007, 198p.

CORDOVA, K., Evolução da Matriz Energética Venezuelana e suas Implicações Sócio-Econômicas de 1970 a 1990, Universidade Estadual de Campinas, 1996.

COVENIN, Comisión Venezolana de Normas Industriales, Norma 662:1998 Productos derivados del petróleo. Combustibles para motores diesel y gasóleo industrial, 1998.

COVENIN, Comisión Venezolana de Normas Industriales, Norma 3457:1999 Productos derivados del petróleo. Gasolinas sin plomo para motores de combustión interna, 1999.

CVG EDELCA, Estimación de los Requerimientos de Generación del Sistema Eléctrico Nacional a Mediano y Largo Plazo 2007, Disponível em: http://www.soberania.org/Articulos/articulo_5577.htm. Acesso em: 5 julho de 2012.

CNG, Centro Nacional de Gestión del Sistema Eléctrico Nacional, Boletín Estadístico Mensual del Sistema Eléctrico Nacional, N°491, Diciembre 2009. Caracas, Venezuela, 2009.

DURBÁN R., GÓMEZ-ELVIRA R., Desintegración vertical y derecho de acceso a las redes. **Energía: Desarrollos Regulatorios en Iberoamérica**. Pamplona: Civtas, 2009. p.313-333.

EIA, U.S. Energy Information Administration, Venezuela Country Analysis Brief Overview, 2012. Disponible em: <http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=VE>. Acceso em: 20 de janeiro de 2014.

EPA, U.S. Environmental Protection Agency, Office of transportation and air quality, Heavy duty engine and vehicle standards and highway diesel fuel sulphur control requirements, 2000.

FAROH J., PÉREZ A., **Estado actual del aprovechamiento de la energía eólica en Venezuela**. 76p. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, 2010.

FMI, Fondo Monetario Internacional, **World Economic Outlook: Transitions and Tensions**, Washington, 2013. 251p.

GAMESA, Gamesa entra en el mercado venezolano con la instalación de 100 MW en el que será el primer parque eólico del país, 2008, Disponible em: <http://www.gamesacorp.com/es/comunicacion/noticias>. Acceso em: 7 de setembro de 2012.

GONZALEZ-LONGATT, F. et al, **Evaluación del Recurso Eólico en Venezuela: PARTE I**, .Puerto Cabello, 2006.

GONZALEZ-LONGATT, F. et al, **Preliminary Evaluation of Wind Energy Utilization on Margarita Island Venezuela**. Puerto Cabello, 2006.

HEAPS, C.G., 2012. **Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP)** system. [Software version 2012.0056] Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA.

HERNÁNDEZ, N., **El precio de las energías subsidiadas en Venezuela**, Universidad Metropolitana, Caracas, 2012.

HERNÁNDEZ, N., **Fracturada la seguridad energética en Venezuela**, Universidad Metropolitana, Caracas, 2011.

INE, Instituto Nacional de Estadística, Censos de Población y Vivienda, 2011. Disponible em: <http://www.censoinfo.ine.gob.ve/cesoinfo/>. Acesso em: 5 julho de 2012.

INE, Instituto Nacional de Estadística, Censos de Población y Vivienda, 2001. Disponible em: <http://www.redatam.ine.gob.ve/Censo2001/index.html>. Acesso em: 5 julho de 2012.

INE, Instituto Nacional de Estadística, Encuesta de Grandes Empresas Industriales, 2007 - 2010, 2012, Disponible em: http://www.ine.gov.ve/documentos/Economia/Industria/pdf/EGEI_20072010.pdf. Acesso em: 5 julho de 2012.

INE, Instituto Nacional de Estadística, Parque Automotor en Circulación según tipo, 2000 - 2011, Disponible em: http://www.ine.gov.ve/documentos/Ambiental/PrincIndicadores/html/ambien_medioAmbiente_2.html. Acesso em: 5 julho de 2012.

ISAGEN, Boletín de ISAGEN para sus accionistas, Medellín, Colombia, 2013.

JANSSEN, R., DAMIAN, D., Sustainability of biofuels in Latin America: Risks and Opportunities. **Energy Policy**, v.39, p.5717-5725. WIP Renewable Energies. Alemanha, 2011.

KORONEOS, C., ROINIOTI, A., WANGENSTEEN, I., Modeling the Greek energy system: Scenarios of clean energy use and their implications. **Energy Policy**, v.50, p.711-722. National Technical University of Athens, Atenas, 2012.

KIRSCHSTEIN, H., ROJAS I., **Estudio sobre pérdidas eléctricas en Venezuela**, Pérdidas técnicas y por conexiones ilegales, estimadas para los sectores socioeconómicos D y E, al año 2007. Caracas, 2008.

MASSABIÉ, G. Energías Renovables en Venezuela: ¿Una nueva forma de sembrar el petróleo?. **Petróleo YV**. n.32, p.6-12, 2008.

MEI T. et al, **A Decision Maker's guide to Evaluating Energy Scenarios, Modeling and Assumptions**. Renewable Energy Technology Deployment. Washington, 2013. 73p.

MAHADEVAN, R., ASAFU-ADJAYE, J., Energy consumption, economic growth and prices: a reassessment using panel VECM for developed and developing countries. **Energy Policy**, v.35, p.2481–2490, 2007.

MPPEE, Ministerio de Energía Eléctrica, **Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional**. Caracas, 2010. 52p.

MPPEE, Ministerio de Energía Eléctrica, **Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional**, Caracas, 2011. 68p.

MPPEE, Ministerio de Energía Eléctrica, Fundelec, Plan Sembrando Luz, 2012, Disponível em: <http://www.fundelec.gob.ve/sites/default/files/FOLLETO%20PSL%202012.pdf>. Acesso em: 3 março de 2013.

MPPEE, Ministerio de Energía Eléctrica, Memoria y Cuenta, 2010, Disponível em: http://www.mppee.gob.ve/extras/MYC/Memoria_MPPEE_2010.pdf. Acesso em: 8 novembro de 2013.

MPPEE, Ministerio de Energía Eléctrica, Memoria y Cuenta, 2012, Disponível em: http://www.mppee.gob.ve/uploads/ugly-uploads/Memoria_y_Cuenta_2012_Tomo_II.pdf. Acesso em: 8 novembro de 2013.

MENPET, Ministerio de Petróleo y Minería , Petróleo y Otros Datos Estadísticos 2003, Disponível em: <http://www.menpet.gob.ve/secciones.php?option=view&idS=179>. Acesso em: 8 novembro de 2013.

MENPET, Ministerio de Petróleo y Minería , Petróleo y Otros Datos Estadísticos 2007 - 2008, Disponível em: <http://www.menpet.gob.ve/secciones.php?option=view&idS=179>. Acesso em: 8 novembro de 2013.

MENPET, Ministerio de Petróleo y Minería , Petróleo y Otros Datos Estadísticos 2009 - 2010, Disponível em: <http://www.menpet.gob.ve/secciones.php?option=view&idS=179>. Acesso em: 10 janeiro de 2014.

MINAMB, Ministerio del Ambiente. **Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Venezuela**. Caracas, 2005. 164p.

MONALDI, F., La industria petrolera venezolana: Una nueva oportunidad. **Debates IESA**, v.17, no.2, p.11-19, 2012.

MOMMER, B., Venezuela: Un nuevo marco legal e institucional petrolero. **Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales**, v.8, no.2, p.201-207, 2002.

NG Metalúrgica, PDVSA Agrícola: NG fornecerá duas destilarias completas para a Venezuela. **Geração**, Ano XIV, no.25, 2010.

OLADE, Sistema de Información Económica Energética, SIEE Venezuela. Quito, 2014.

OLIVEIRA, P., ALLER, J. et al., La Universidad Simón Bolívar ante la Crisis del Sector Eléctrico Venezolano, 2010.

OPEP, Organization of the Petroleum Exporting Countries, World Oil Outlook (2012) Disponible em: http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/WOO2012.pdf. Acesso em: 10 janeiro de 2014.

PE, Parlamento Europeo, Directiva 98/70/CE, relativa a la calidad de la gasolina y el gasóleo y por la que se modifica la Directiva 93/12/CEE del consejo, 2009.

PEREIRA, N., BONDUKI, Y., PERDOMO, M. Potential Options to Reduce GHG Emissions in Venezuela, **Applied Energy**, v.56, n. 3/4, p.265-256, 1997.

PDVSA, Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima, **Informe de Gestión Anual**, Caracas, 2012. 172p.

PDVSA, Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima, **Informe de Gestión Anual**, Caracas, 2010. 217p.

PDVSA, Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima, Proyecto Agroenergético, Caracas, 2006.

PDVSA, Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima, Planes Estratégicos, La Siembra Petrolera. **Contacto con la nueva PDVSA**, n.3, p.1-20, 2005.

PNUD, United Nations Development Programme, **Human Development Report**, The Rise of the South: Human progress in a diverse world, New York, 2013, 216p.

ROJAS, C., OLIVEIRA, P., Caracterización del consumo de energía y potencial de ahorro del sector industrial venezolano, USB, 2012.

SADORSKY, P., Energy consumption, output and trade in South America. Schulich School of Business, York University, **Energy Economics**, v.34, p. 476-488, 2012.

SEI, Stockholm Environment Institute, Long-range Energy Alternative Planning System, User Guide, 2011.

SQUALLI, J., Electricity consumption and economic growth: Bounds and causality analyses of OPEC members, **Energy Economics**, v.29, p. 1192-1205, 2007.

TAYLOR, R., Survey of Energy Resources (Twentieth Edition), World Energy Council. p. 199-232, 2004.

TOVAR, E., PDVSA considera precio cercano a Bs 2,6 por litro para la gasolina: Ramírez calcula en \$12.592 millones pérdidas por subsidio a combustibles. **El Universal**, 2013.

YOO, S. e KWAK, S., Electricity consumption and economic growth in seven South American countries, **Energy Policy**, v.38, p.181-188, 2010.

ANEXO A - Balanços Energéticos

Tabela Anexo A.1 Balanço Energético 2025 - Cenário BAS

Balanço BAS 2025 (ktep)	Gás					Derivados		Total
	Natural	Óleo Cru	Hidro	Renováveis	Eletricidade	Petróleo		
Produção	39.938	172.367	7.395	27	-	-	219.727	
Importação	4.805	-	776	-	-	-	5.580	
Exportação	-	-102.013	-	-	-	-22.694	-124.706	
Oferta Total	44.743	70.355	8.170	27	-	-22.694	100.601	
Refino de Petróleo	-15.403	-70.355	-	-	-	70.355	-15.403	
Geração Elétrica	-15.470	-	-8.170	-27	16.602	-15.119	-22.185	
Transmissão e Distribuição	-	-	-	-	-6.641	-	-6.641	
Transformação Total	-30.873	-70.355	-8.170	-27	9.961	55.235	-44.228	
Residencial	1.180	-	-	-	2.843	3.641	7.664	
Industrial	12.691	-	-	-	4.491	8.957	26.139	
Transporte	-	-	-	-	-	19.944	19.944	
Comercial	-	-	-	-	1.268	-	1.268	
Outros	-	-	-	-	1.359	-	1.359	
Demanda Total	13.870	-	-	-	9.961	32.541	56.373	

Tabela Anexo A.2 Balanço Energético 2025 - Cenário EFE

Balanço EFE 2025 (ktep)	Gás					Derivados		Total
	Natural	Óleo Cru	Hidro	Renováveis	Eletricidade	Petróleo		
Produção	39.938	169.120	6.534	27	-	-	215.619	
Importação	142	-	-	-	-	-	142	
Exportação	-	-102.013	-	-	-	-22.694	-124.706	
Oferta Total	40.080	67.108	6.534	27	-	-22.694	91.055	
Refino de Petróleo	-14.692	-67.108	-	-	-	67.108	-14.692	
Geração Elétrica	-11.518	-	-6.534	-27	13.282	-11.872	-16.670	
Transmissão e Distribuição	-	-	-	-	-3.321	-	-3.321	
Transformação Total	-26.210	-67.108	-6.534	-27	9.961	55.235	-34.682	
Residencial	1.180	-	-	-	2.843	3.641	7.664	
Industrial	12.691	-	-	-	4.491	8.957	26.139	
Transporte	-	-	-	-	-	19.944	19.944	
Comercial	-	-	-	-	1.268	-	1.268	
Outros	-	-	-	-	1.359	-	1.359	
Demanda Total	13.870	-	-	-	9.961	32.541	56.373	

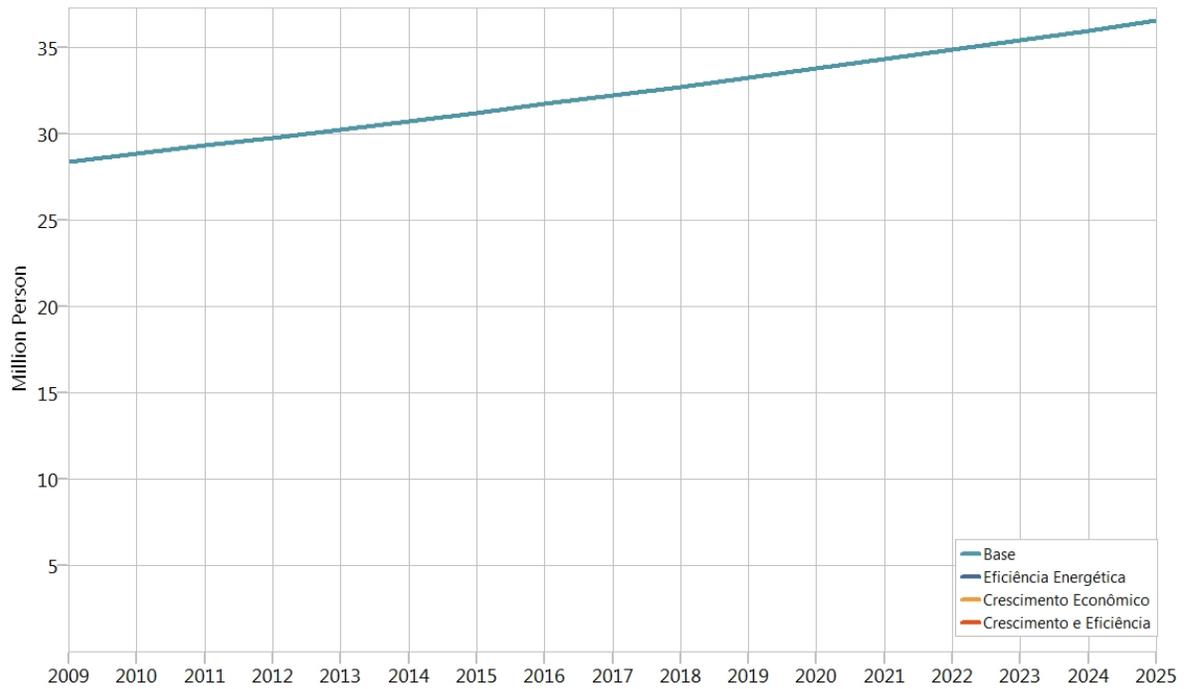
Tabela Anexo A.3 Balanço Energético 2025 - Cenário CRE

Balanço CRE 2025 (ktep)	Gás					Derivados		Total
	Natural	Óleo Cru	Hidro	Renováveis	Eletricidade	Petróleo		
Produção	46.945	176.294	6.448	344	-	-	230.031	
Importação	8.488	-	-	-	-	-	8.488	
Exportação	-	-102.013	-	-	-	-22.694	-124.706	
Oferta Total	55.432	74.282	6.448	344	-	-22.694	113.812	
Refino de Petróleo	-16.263	-74.282	-	-	-	74.282	-16.263	
Geração Elétrica	-22.922	-	-6.448	-344	16.728	-14.071	-27.056	
Transmissão e Distribuição	-	-	-	-	-5.688	-	-5.688	
Transformação Total	-39.184	-74.282	-6.448	-344	11.041	60.211	-49.006	
Residencial	1.180	-	-	-	2.843	3.641	7.664	
Industrial	15.068	-	-	-	5.332	10.636	31.036	
Transporte	-	-	-	-	-	23.241	23.241	
Comercial	-	-	-	-	1.506	-	1.506	
Outros	-	-	-	-	1.359	-	1.359	
Demanda Total	16.248	-	-	-	11.041	37.517	64.806	

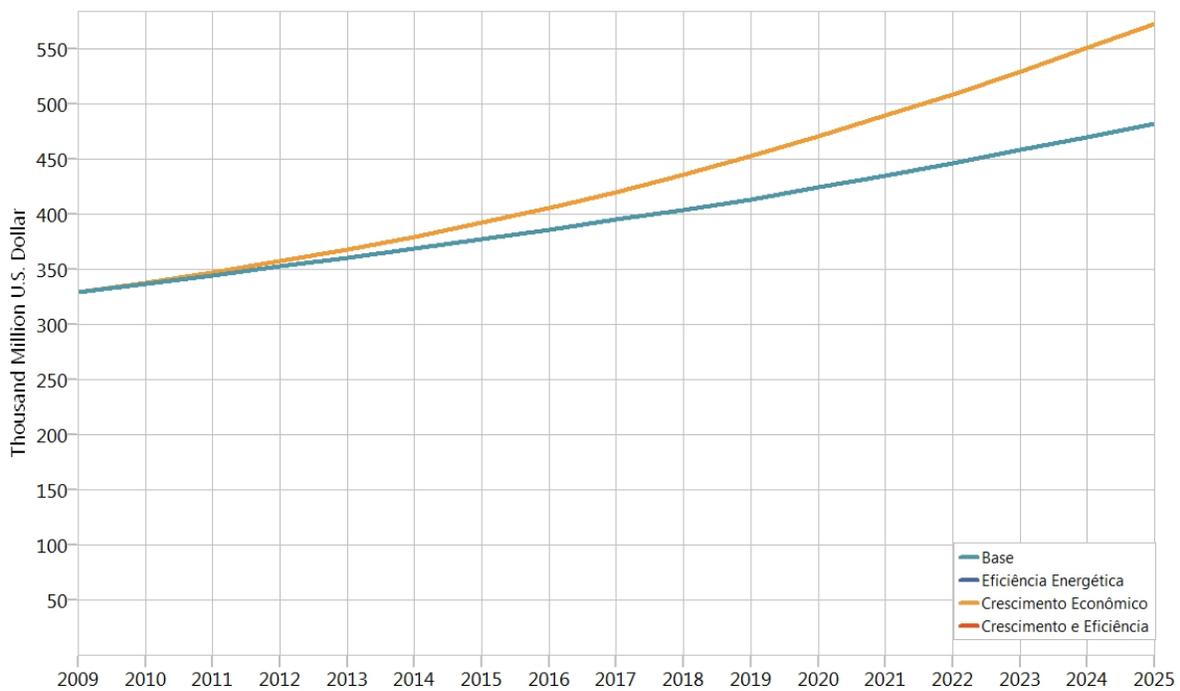
Tabela Anexo A.4 Balanço Energético 2025 - Cenário CYE

Balanço CYE 2025 (ktep)	Gás					Derivados		Total
	Natural	Óleo Cru	Hidro	Renováveis	Eletricidade	Petróleo		
Produção	45.793	173.009	5.328	344	-	-	224.474	
Importação	-	-	-	-	-	-	-	
Exportação	-	-102.013	-	-	-	-22.694	-124.706	
Oferta Total	45.793	70.996	5.328	344	-	-22.694	99.767	
Refino de Petróleo	-15.543	-70.996	-	-	-	70.996	-15.543	
Geração Elétrica	-14.002	-	-5.328	-344	13.801	-11.907	-17.780	
Transmissão e Distribuição	-	-	-	-	-2.760	-	-2.760	
Transformação Total	-29.545	-70.996	-5.328	-344	11.041	59.090	-36.083	
Residencial	1.180	-	-	-	2.843	3.641	7.664	
Industrial	15.068	-	-	-	5.332	10.636	31.036	
Transporte	-	-	-	-	-	22.120	22.120	
Comercial	-	-	-	-	1.506	-	1.506	
Outros	-	-	-	-	1.359	-	1.359	
Demanda Total	16.248	-	-	-	11.041	36.396	63.684	

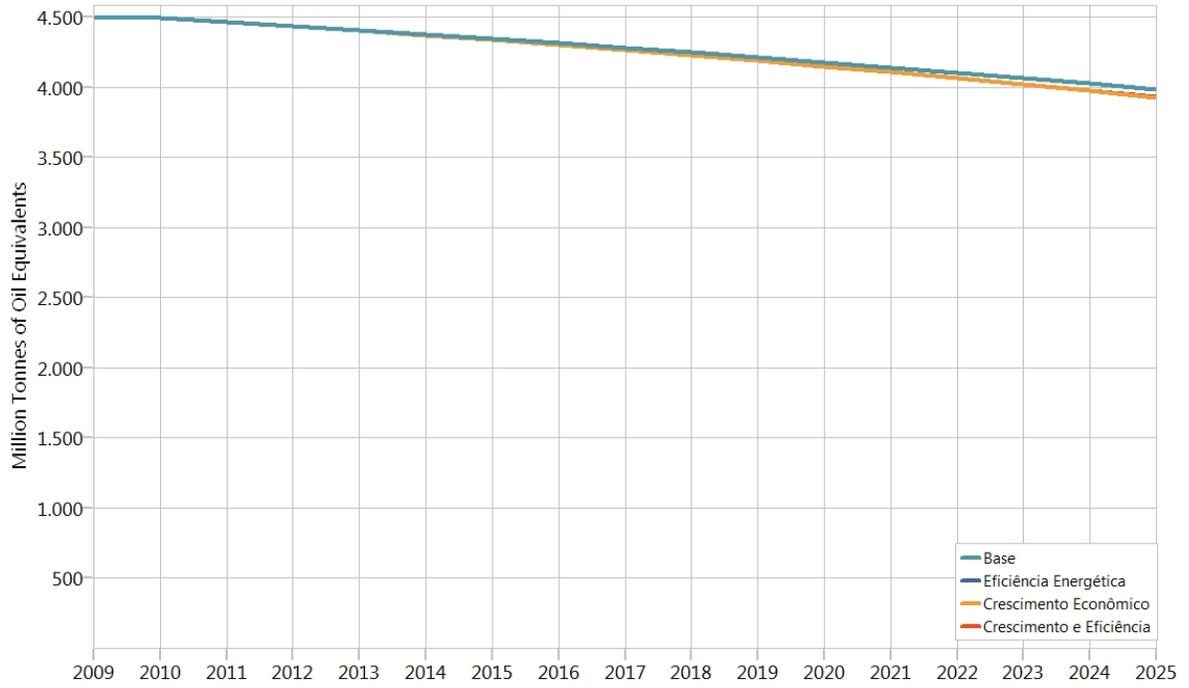
ANEXO B - Outras estatísticas



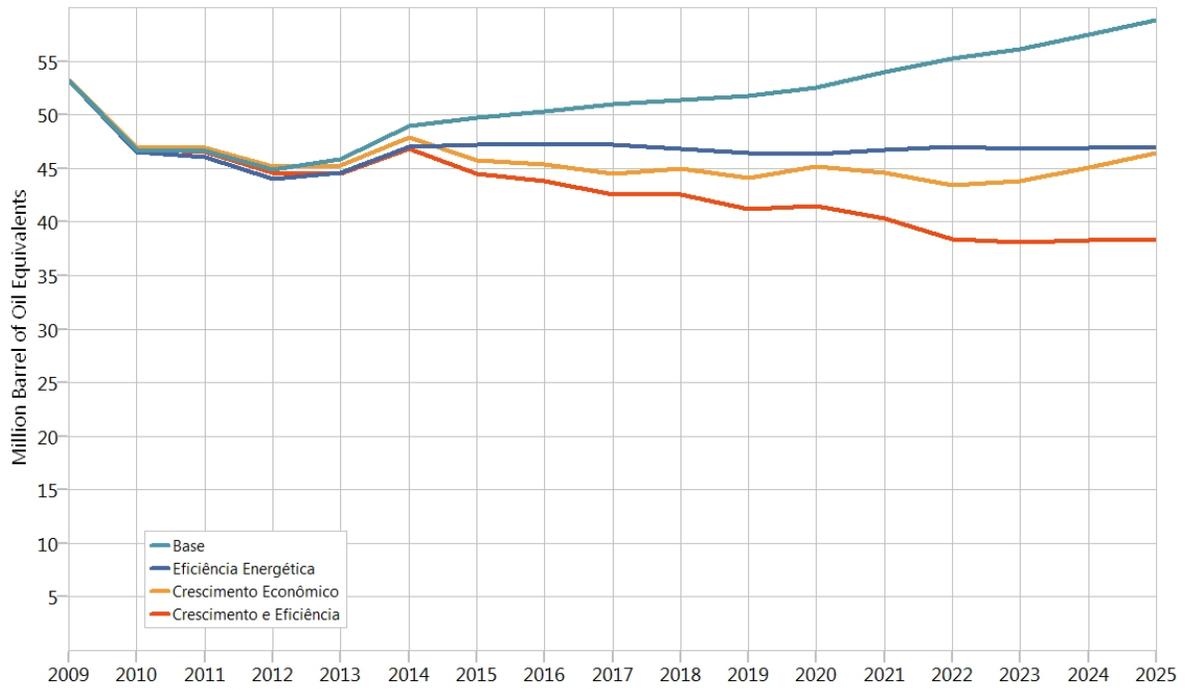
Crescimento da população



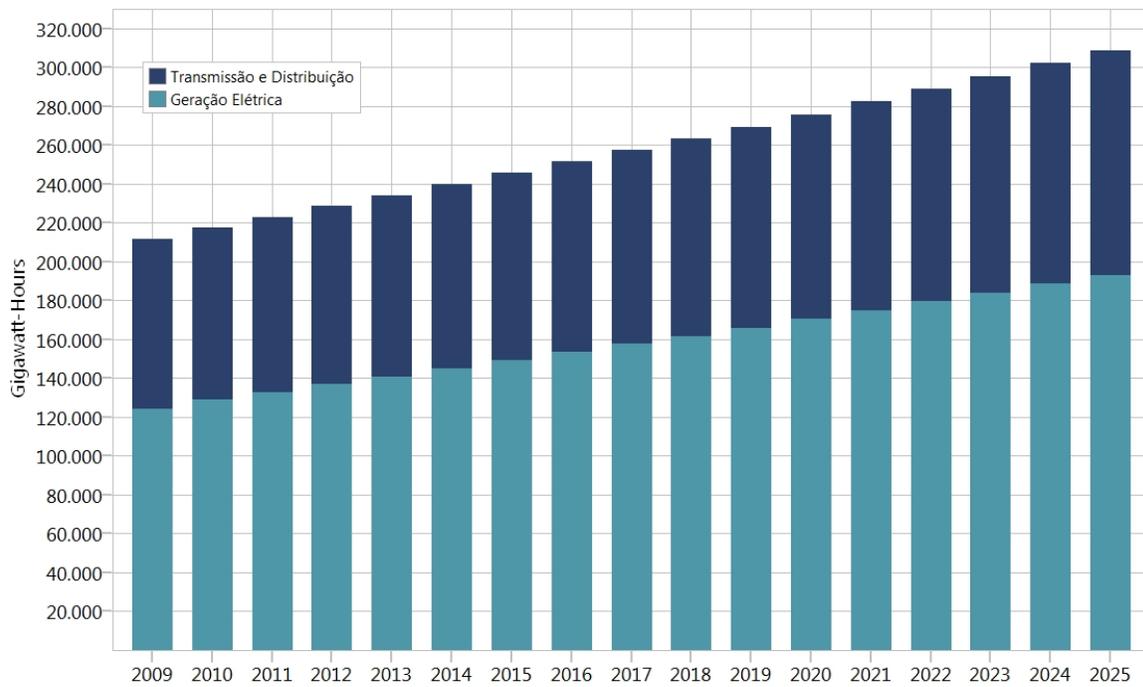
Crescimento do PIB



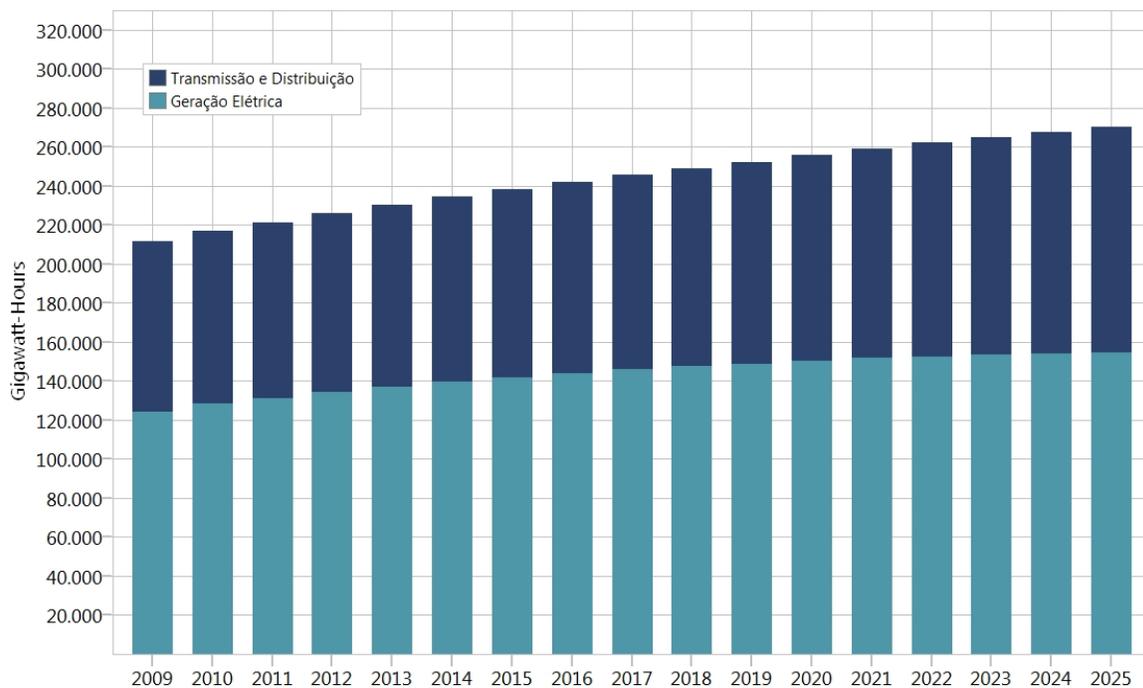
Reservas de Gás Natural



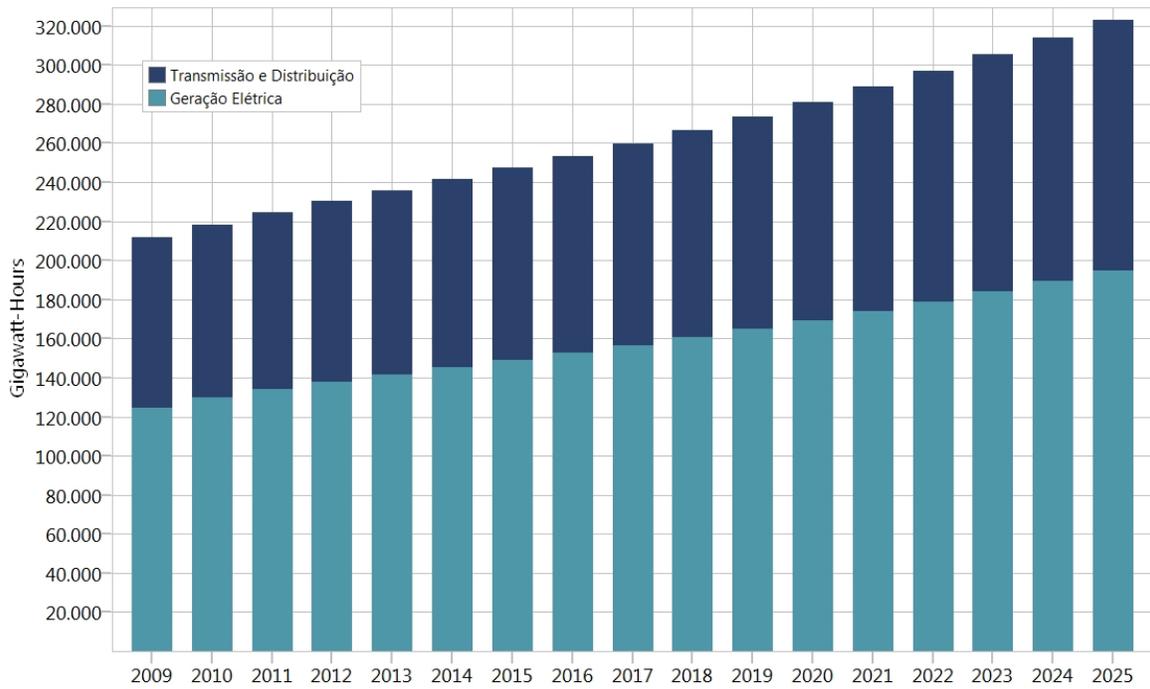
Demanda Hídrica



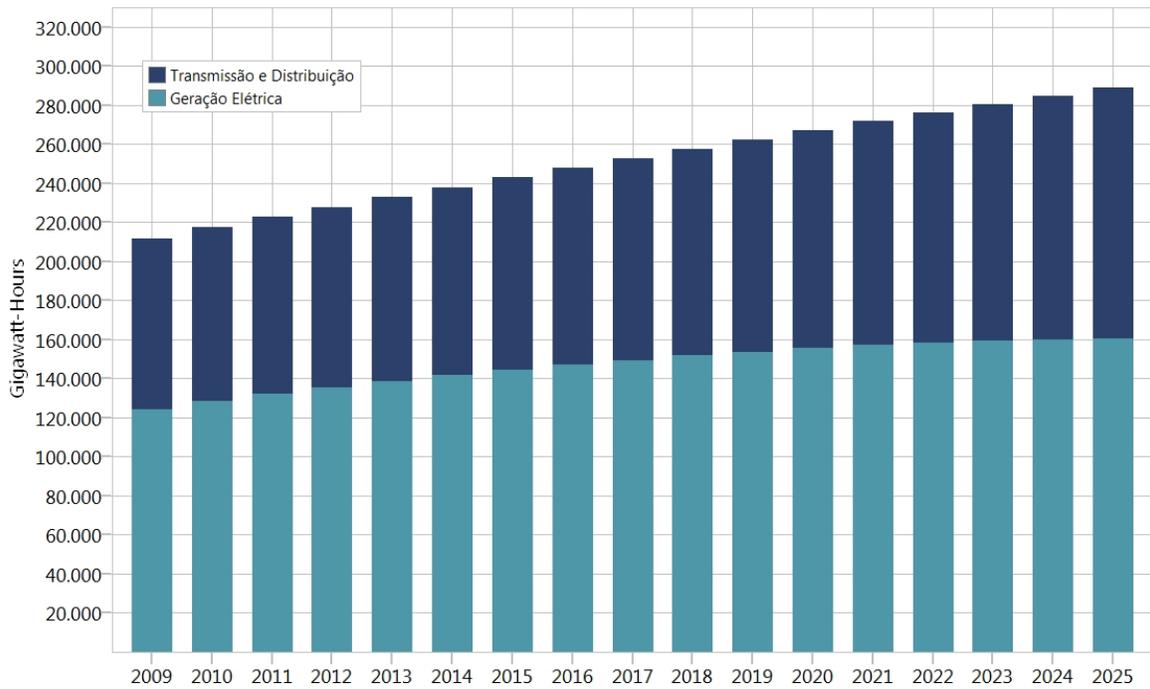
Outputs Geração Elétrica/Transmissão e Distribuição - BAS



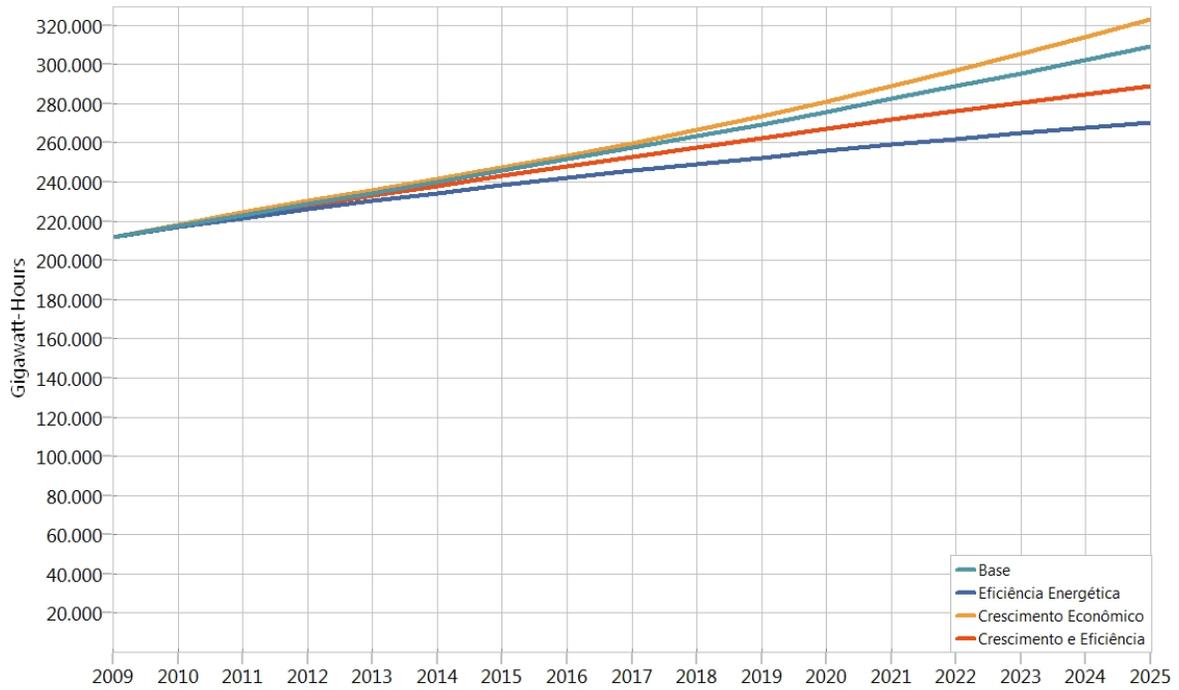
Outputs Geração Elétrica/Transmissão e Distribuição - EFE



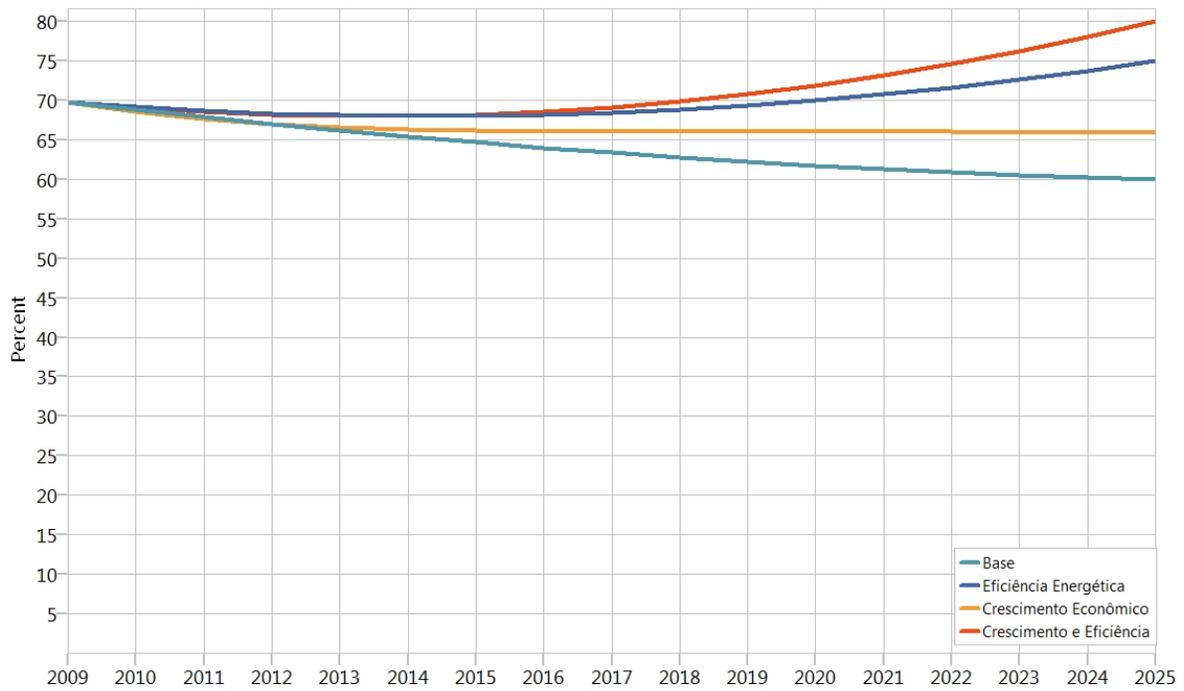
Outputs Geração Elétrica/Transmissão e Distribuição - CRE



Outputs Geração Elétrica/Transmissão e Distribuição - CYE



Outputs Geração Elétrica/Transmissão e Distribuição - Todos os cenários



Eficiências - Todos os cenários