JONATHAS LUIZ DE OLIVEIRA BERNAL

**Modelo de integração de recursos energéticos com consideração
de delimitadores de potenciais de recursos energéticos visando o
plano preferencial do planejamento integrado de recursos**

São Paulo

(2018)

JONATHAS LUIZ DE OLIVEIRA BERNAL

**Modelo de integração de recursos energéticos com consideração
de delimitadores de potenciais de recursos energéticos visando o
plano preferencial do planejamento integrado de recursos**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Miguel Edgar Morales
Udaeta

São Paulo

(2018)

JONATHAS LUIZ DE OLIVEIRA BERNAL

**Modelo de integração de recursos energéticos com consideração
de delimitadores de potenciais de recursos energéticos visando o
plano preferencial do planejamento integrado de recursos**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Sistemas de
Potência

Orientador: Prof. Dr. Miguel Edgar Morales
Udaeta

São Paulo

(2018)

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 02 de maio de 2018

Assinatura do autor:

Assinatura do orientador:

Catálogo-na-publicação

Bernal, Jonathas Luiz de Oliveira

Modelo de integração de recursos energéticos com consideração de delimitadores de potenciais de recursos energéticos visando o plano preferencial do planejamento integrado de recursos / J. L. O. Bernal -- versão corr. -- São Paulo, 2018.
145 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1.Planejamento Integrado de Recursos 2.Integração de Recursos Energéticos 3.Planejamento Energéticos 4.Delimitadores do Potencial Energético I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II.t.

Aos Bernal Francisco, Luiz e Bernardo Yuki.

Inspiração, espelho e objetivo para conclusão

deste e de todos os trabalhos no porvir

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à FUSP, FDTE e CAPES pelo suporte financeiro que possibilitaram o vislumbre, desenvolvimento e conclusão de trabalhos intelectuais sem as preocupações mezinhas da vida.

Agradecimento eterno a Pascoal Henrique da Costa Rigolin. Amigo, colega, conselheiro e referência bibliográfica, além de ter me trazido à luz da academia e de pessoas igualmente brilhantes.

À minha sogra Gracinda Rodrigues pela dedicação, confiança e entendimento da necessidade de apoio incondicional tendo em vista as dificuldades da realização de um bom trabalho como acadêmico e pai.

À minha esposa, não só por me apoiar quando necessário, mas também impulsionar e desviar quando preciso.

À minha família, Luiz, Wanda, Lavínia e Ulysses por trazer leveza e alegria para um dia-a-dia por vezes pesado e nem sempre jubiloso.

Ao meu orientador Miguel Edgar Morales Udaeta, por ser modelo de orientação e de profissional.

Aos professores doutores José Aquiles Baesso Grimoni, Luiz Cláudio Ribeiro Galvão e André Luiz Veiga Gimenes pelo apoio acadêmico, conversas edificantes e cafés com conteúdo.

A todos aqueles que fizeram parte do grupo de estudos do PIRnaUSP, direta ou indiretamente. Em especial a Paulo Hélio Kanayama, Martim Debs Galvão, Vinicius Oliveira da Silva, Angélica Luana Linhares, Stefania Gomes Relva, Cristiane Garcia e Jaqueline Camara Ramos.

E a todos aqueles que de alguma forma ajudaram e fizeram dessa jornada um jugo mais leve, mas que no momento estão serenamente velados pela cortina da privação do sono.

“- Os doutores e ulemás, ó Rei dos Árabes, não ignoram que a Matemática surgiu com o despertar da alma humana; mas não surgiu com fins utilitários. Foi a ânsia de resolver o mistério do Universo, diante do qual o homem é simples grão de areia, que lhe deu o primeiro impulso. Seu verdadeiro desenvolvimento resultou, antes de tudo, do esforço em penetrar e compreender o Infinito. E ainda hoje, depois de havermos passado séculos a tentar, em vão, afastar o espesso velário, ainda hoje é a busca do Infinito que nos leva para diante. O progresso material dos homens depende das pesquisas abstratas ou científicas do presente, e será aos homens de ciência que trabalham para fins puramente científicos, sem nenhum intuito de aplicação de suas doutrinas, que a humanidade ficará devedora em tempos futuros” Malba Tahan – Pseudônimo do escritor Júlio Cesar de Melo e Sousa

RESUMO

O objetivo do trabalho é apresentar a metodologia de Integração de recursos energéticos para o modelo de planejamento integrado de recursos energéticos desenvolvido na USP – PIRnaUSP – considerando os vigilantes e os delimitadores de potencial dos recursos energéticos para o desenvolvimento sustentável ao longo do horizonte de planejamento aplicando a interação projetada com o ambiente pelo Mapeamento Energoambiental, trazendo a leitura do Cômputo e Valoração do Potencial completo, a Caracterização dos recursos energéticos, o Ranqueamento e a previsão de demanda a partir de cenários. Sendo analisado o estudo de caso projetado da Região Administrativa de Araçatuba – RAA – Caracterizada previamente em projeto de pesquisa financiado pela FAPESP e com resultados projetados ao momento da realização deste trabalho e magnificado o período de projeção para observar 5 anos intermediários. Com resultados de aplicação da Integração de Recursos Energéticos com a consideração dos vigilantes e Delimitadores de Potencial Energético, que são as mesmas informações – ou índices- sob a perspectiva dos recursos no caso dos Vigilantes e do Mapeamento, no caso dos DPE. Sendo a nomenclatura devido à delimitação do potencial real e efetivo do recurso energético possível de ser utilizada, para os DPEs e a constante vigilância em se obter o melhor *pool* de recursos integrados no tempo verificando-se as premissas do PIR e o desenvolvimento sustentável. Apresentado a limitação de alguns recursos e o rearranjo do aproveitamento, a partir do ranqueamento para o atendimento ao longo do horizonte de planejamento de forma satisfatória energeticamente e com o atendimento aos requisitos para o desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The aim of the work is to present a methodology of energy resources Integration for the model of integrated energy resources planning developed at USP - PIRnaUSP - considering the vigilantes and delimiters of energy resources potential for sustainable development throughout the planning horizon applying the interaction projected with the environment by the Environmental-Energy Mapping, bringing the reading of the Computing and Valuation of the full Potential, the Characterization of the energy resources, the Ranking and the forecast of demand from scenarios. Being the analyzed case study of the Administrative Region of Araçatuba - RAA - previously characterized in research project granted by FAPESP and with projected results at the time of the work accomplishment and magnifying the period of projection to observe 5 intermediate years. With results of the application of the Energy Resources Integration with the consideration of the Vigilants and Energetic Potential Delimiters, which are the same information - or indexes - from the perspective of the resources in the case of the Vigilantes and the Mapping, in the case of the DPE. The nomenclature is due to the delimitation of the real and effective potential of the energy resource that can be used, to the DPEs and the constant vigilance in obtaining the best pool of resources integrated in the time, verifying the premises of the RIP and the sustainable development. Presented the limitation of some resources and the rearrangement of the utilization, from the ranking for the service along the planning horizon in a satisfactory way energetically and with the fulfillment of the requirements for the sustainable development.

Keywords: Energy Planning, Integrated Resources Planning.

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 MATRIZ DE INTERAÇÃO ENTRE VIGILANTES MÚTUOS.....	109
TABELA 2: RECURSOS CONSIDERADOS NO ESTUDO DE CASO.....	112
TABELA 3 EQUIVALÊNCIA DOS DPES E DOS VIGILANTES NO CVPC	117
TABELA 4 TABELA DE INTERAÇÃO ENTRE VIGILANTES MÚTUOS.....	120
TABELA 5 RANQUEAMENTO DOS RECURSOS SELECIONADOS	121
TABELA 6: DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO EM RESIDÊNCIAS E CLASSES ECONÔMICAS NA REGIÃO DE ARAÇATUBA.....	122
TABELA 7 PREVISÃO DE DEMANDA PARA O CENÁRIO TENDENCIAL (GWH)	123
TABELA 8 DEMANDA INCREMENTAL DO ANO 12 AO ANO 16 DO CENÁRIO TENDENCIAL (GWH)	123
TABELA 9 LIMITES DE DPES NO MAPEAMENTO PRÓ-ENERGÉTICO.....	124
TABELA 10 DEMANDA REVISADA DA PRIMEIRA ITERAÇÃO.....	131
TABELA 11 RANKING DE RECURSOS BARRADOS NA ITERAÇÃO 1	131
TABELA 12 : TABELA INTERMEDIÁRIA DO PLANO PREFERENCIAL	131
TABELA 13: POTENCIAIS REVISADOS DOS RECURSOS CONSIDERADOS.....	132
TABELA 14 DEMANDA REVISADA NA SEGUNDA ITERAÇÃO	133

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: VINTE MAIORES CONSUMIDORES DE ENERGIA PRIMÁRIA NO MUNDO (ONU, 2015)	11
FIGURA 2: CONSUMO PER CAPITA EM MILHÕES DE BTU NOS EUA 1949-2011 (U.S. EIA, 2012)	20
FIGURA 3: HISTÓRICO DO PIB EM BILHÕES DE US\$ E PIB PER CAPITA EM US\$ (U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, 2015) E (ERS INTERNATIONAL MACROECONOMIC DATA SET, 2014)	20
FIGURA 4: DEZ PASSOS NO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE UM PEE	40
FIGURA 5: EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NOS EUA EM 2013	41
FIGURA 6: BASELINE E PROJEÇÕES PARA EMISSÃO EUROPEIA DE CO ₂ POR SETOR	45
FIGURA 7: BASELINE E PROJEÇÕES DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR FONTE	46
FIGURA 8: PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO E DA OPERAÇÃO	54
FIGURA 9: PNE 2030 – MODELOS DE CÁLCULOS UTILIZADOS	63
FIGURA 10: PNE 2030 – CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS NACIONAIS	63
FIGURA 11: PROJEÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA NO BRASIL EM MILHÕES DE TEP	65
FIGURA 12: TAXAS MÉDIAS DE CRESCIMENTO DO PIB E CONSUMO DE ENERGIA	66
FIGURA 13: EVOLUÇÃO DA INTENSIDADE ENERGÉTICA – TEP/US\$ 1000 (2005)	67
FIGURA 14: EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE CO ₂ – MILHÕES DE TONELADAS ANUAIS	67
FIGURA 15: PROJEÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ELETRICIDADE NO BRASIL EM TWH FONTE: EPE (2007)	68
FIGURA 16: ESQUEMÁTICO DO PIR	72
FIGURA 17: ESQUEMÁTICO DO PROCESSO DE INTEGRAÇÃO DE RECURSOS	95
FIGURA 18: PROCEDIMENTO DE INTEGRAÇÃO DE RECURSOS ENEGETICOS COM A CONSIDERAÇÃO DE VIGILANTES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL	104
FIGURA 19: FLUXOGRAMA DE CONSIDERAÇÃO DOS VIGILANTES NA INTEGRAÇÃO DE RECURSOS ENERGÉTICOS	108
FIGURA 20: ATRIBUTOS DA DIMENSÃO SOCIAL	115
FIGURA 21: ATRIBUTOS DA DIMENSÃO AMBIENTAL	115
FIGURA 22: ATRIBUTOS DA DIMENSÃO POLÍTICA	116
FIGURA 23: ATRIBUTOS DA DIMENSÃO TÉCNICO-ECONÔMICA	116

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC	Avaliação de Custos Completos
AHP	Analitical Hierarchy Process
ALADI	Associação Latino-Americana de Integração
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
CMBEU	Comissão Mista Brasil-Estados Unidos
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COP	Conference of Parties
CVPC	Cômputo e valoração do Potencial Completo
DOE	Department of Energy – EUA
DPE	Delimitadores do Potencial Energético
DS	Desenvolvimento Sustentável
EIA	Energy Information Administration

En-in	Envolvidos e Interessados
EPA	Environmental Protection Agency
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FERC	Federal Energy Regulatory Commission
FIT	Feed-in Tariff
GLD	Gerenciamento pelo Lado da Demanda
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MME	Ministério de Minas e Energia
MPE	Mapeamento Pró-Energético
NAISO	North American Indigenous Student Organization
NASEO	National Agency of State Energy Officials
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas

OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PDE	Plano Decenal de Energia
PE	Planejamento Energético
PEE	Planejamento Energético para o Setor Elétrico
PEMAT	Plano Decenal de Expansão da Malha de Transporte Dutoviário
PIR	Planejamento Integrado de Recursos
PNE	Plano Nacional de Energia
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PURC	Public Utilities Regulatory Commission
RAA	Região Administrativa de Araçatuba
RE	Recurso Energético
RELD	Recurso Energético do Lado da Demanda
RELO	Recurso Energético do Lado da Oferta
RES-E	Energias Renováveis
TCP	The Clean Power Plan

TEUS

The Energy Union Strategy

SUMÁRIO

1	Hipótese e objetivos.....	7
1.1	Hipótese	7
1.1	Objetivos	7
1.1.1	Objetivo Geral.....	7
1.1.2	Objetivos Específicos	7
2	Justificativa.....	8
2.1	Acerca do Planejamento Integrado de Recursos Energéticos	8
2	A Energia	10
2.1	História do Uso da Energia	13
2.2	Formas de Energia.....	15
2.3	Aspectos sociais da Energia	17
2.2	A Energia e o Desenvolvimento	18
2.4	O Desenvolvimento Sustentável	20
2.4.1	Desenvolvimento Humano Sustentável	22
2.5	A Energia e o Paradigma do DS	23
3	Teoria do Planejamento e Aplicação no Planejamento Energético.....	25
3.1	Introdução	25
3.2	Teoria do Planejamento	26
3.2.1	Escola Clássica de Planejamento.....	27
3.2.2	Escola de Planejamento Racional:	27

3.2.3	Escola de Planejamento sistemático	28
3.2.4	Escola de Planejamento Estratégico	29
	Modelo Básico:.....	29
3.2.5	Planejamento Estratégico Orientado por Objetivos	29
3.2.6	Planejamento Estratégico de Ajuste	30
3.2.7	Cenários	30
3.2.8	Planejamento Estratégico Orgânico	31
3.2.9	Pesquisa Global.....	31
3.2.10	Pragmatismo e Neopragmatismo	32
3.2.11	Planejamento Colaborativo ou Comunicativo	32
3.2.12	Organização e Estrutura do Planejamento	33
3.2.13	O Planejamento Energético.....	34
3.3	O Planejamento Energético para o Setor Elétrico	35
3.4	O Planejamento Energético para o Setor Elétrico no Mundo	38
3.4.1	A EXPERIÊNCIA DOS ESTADOS UNIDOS NA ELABORAÇÃO DO PEE	38
3.5	A EXPERIÊNCIA EUROPEIA NA ELABORAÇÃO DO PEE	42
3.5.1	Contexto da União Europeia.....	42
3.5.2	Aumento da participação da geração a partir de RES-E	43
3.5.3	Redução da emissão de gases de efeito estufa	44
3.6	O Contexto Brasileiro no Planejamento Energético	46
3.6.1	Marcos Regulatórios.....	46

3.6.2	Fases de desenvolvimento do setor elétrico e marcos regulatórios	46
3.6.3	O planejamento como atividade de Estado	47
3.6.4	O planejamento a partir da Constituição Federal de 1988.....	50
3.6.5	O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO	52
3.6.6	Conceito e finalidade do planejamento energético	53
3.6.7	Empresa de Pesquisa Energética - EPE	54
3.6.8	Alcance do planejamento energético.....	56
3.6.9	Metodologias de planejamento energético	56
3.6.10	Produtos relacionados ao planejamento energético.....	59
3.6.11	PNE 2030.....	60
3.6.12	Elaboração do PNE 2030 – aspectos metodológicos.....	61
4	O Planejamento Integrado de Recursos	69
4.1	Introdução	69
4.2	Elementos Prévios ao Planejamento Integrado de Recursos	73
4.2.1	Envolvidos e interessados – En-In.....	73
4.2.2	Inventário Energo-Ambiental	74
4.2.3	Identificação dos Recursos Energéticos.....	77
4.3	Caracterização dos recursos Energéticos.....	77
4.4	Recursos Energéticos pelo Lado da Oferta.....	79
4.4.1	Recursos Energéticos pelo Lado da Demanda	79
4.5	Cômputo e Valoração de Potencial Completo.....	80

4.5.1	Potencial teórico	83
4.5.2	Potencial Realizável	83
4.5.3	Potencial de Mercado	84
4.6	Ranqueamento dos Recursos Energéticos	84
4.7	Previsão de Demanda:.....	86
4.8	Cenários Energéticos	88
4.9	Cenários Sócio-Econômicos	89
4.10	O Mapeamento Pró-Energético	90
4.11	Integração de Recursos Energéticos	92
4.11.1	Atendimento à Previsão de Demanda	93
4.11.2	Revisão da Demanda.....	93
4.11.3	Consideração dos Vigilantes	93
4.11.4	Consideração do Recurso Energético	94
4.12	Plano preferencial	96
4.13	Carteiras de Recursos	97
4.14	Plano de Ação.....	98
5	Metodologia de Integração de Recursos Energéticos considerando os vigilantes na obtenção do Potencial Efetivo ao longo do horizonte de planejamento. Enfoque no Plano Preferencial.	99
5.1	Os Vigilantes como Delimitadores de Potencial do Recurso energético	99
5.2	O procedimento de Integração de Recursos com consideração de Vigilantes.	100
5.3	Processo de consideração de Vigilantes na Integração de Recursos.....	105

5.3.1	Enfoque dos Vigilantes – Meio Ambiente e Recursos Energéticos	106
6	Estudo de Caso – Integração de Recursos Energéticos Visando o Plano Preferencial	111
6.1	O Mapeamento e os DPEs.....	112
6.1.1	Meio Antrópico.....	112
6.1.2	Meio Aquático	113
6.1.3	Meio Terrestre	113
6.1.4	Meio Aéreo	114
6.2	Do CVPC aos Vigilantes	114
6.2.1	Vigilantes Próprios.....	114
6.2.2	Vigilantes Mútuos	117
6.3	O Ranqueamento	120
6.4	Cenários Energéticos e Sócio-Econômicos: Previsão da Demanda	121
6.4.1	Ano Base	121
6.4.2	Previsão de Demanda	123
6.5	Mapeamento Pró-Energético	124
6.6	Caracterização dos Recursos Energéticos CVPC	124
7	Conclusões	129
7.1	Acerca dos Resultados - Integração dos recursos energéticos considerando os vigilantes	129
7.1.1	Primeira iteração.....	129
7.1.2	Segunda iteração	131

7.2	Análise dos resultados	133
8	Considerações finais	134
8.1	Acerca do Modelo de PIR	134
8.2	Acerca da Aplicação do Planejamento	138
9	Referências bibliográficas	140

1 Hipótese e objetivos

1.1 Hipótese

É possível realizar a Integração de recursos energéticos através da metodologia de Planejamento Integrado de Recursos – PIR – considerando os Vigilantes como parâmetro balizador na busca pelo Desenvolvimento Sustentável.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

- Metodologia de consideração de Vigilantes para o desenvolvimento sustentável na Integração de Recursos energéticos visando o Plano Preferencial.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Sistematizar as metodologias componentes do PIR em uma Metodologia Mãe, abarcando todo o processo de Planejamento energético de longo prazo para a energia elétrica;
- Integração de recursos energéticos ao longo do horizonte de Planejamento;
- Consideração do Mapeamento Energo-ambiental para a integração de recursos energéticos.
- Construção de Metodologia para inserção de parâmetros Vigilantes como balizador do PIR na busca pelo Desenvolvimento Sustentável.
- Estudo de caso para a fonte energética Solar em complementariedade com gás natural.

2 Justificativa

2.1 Acerca do Planejamento Integrado de Recursos Energéticos

A busca pelo Desenvolvimento Sustentável como forma de salvaguardar o desenvolvimento social, mitigando os efeitos no meio ambiente sem comprometer os aspectos econômicos de uma região, passa pela garantia da disponibilidade de energia ao longo do tempo de forma planejada e contando com o envolvimento da sociedade organizada de forma integrada e verificando-se anseios, costumes, tendências, aspectos culturais junto à disponibilidade de fontes energéticas e tecnologias de aproveitamento.

A obtenção de recursos energéticos a partir da segunda metade do século XX foi forjada pela intervenção industrial, ignorando-se fronteiras geopolíticas, sociais ou ambientais, causando o acúmulo de gases de queima de combustíveis fósseis que hoje a humanidade toma ciência como amplificadores do chamado efeito estufa natural do planeta. E, com isso, sendo desenhados cenários cada vez mais catastróficos pintados inicialmente por ambientalistas e, mais recentemente, com embasamento científico de diversas instituições de pesquisa, encabeçadas pelo *Intergovernmental Panel on Climate Changing* – IPCC – que clamam por ação imediata para mitigação dos efeitos dessas emissões no longo prazo.

A garantia ao desenvolvimento social e econômico sem que a condição do meio ambiente seja afetada de forma significativa é o desafio que se desenha em médio e longo prazo, contudo havendo de considerar que este futuro pode não nos reservar um avanço tecnológico como quebra de paradigma, o planejamento no uso da energia toma forma como a ferramenta mais viável na busca pelo Desenvolvimento Sustentável.

Como alguns pontos críticos na questão energética nacional, temos:

- A existência da demanda reprimida de energia, tanto na busca do maior conforto quanto no suprimento de necessidades básicas, a qual tende a se manter além do médio prazo; tal situação resulta na eclosão do incremento acelerado da oferta energética e nas restrições do meio ambiente.

- A limitação da matriz energética atual requer, ainda que renovável no uso dos recursos hídricos e bioenergéticos, uma diversificação coerente na sua forma comercial considerando os diferentes recursos disponíveis, alocando-os geográfica e estrategicamente de forma a preencher os requerimentos com segurança e sustentabilidade.
- Uma política brasileira com base na sua matriz energética limpa é chave no manuseio do frágil equilíbrio entre a demanda reprimida de energia, o desenvolvimento econômico e o controle de impactos ambientais.
- A competição na indústria energética, bem como a reestruturação dos modelos de planejamento de médio e longo prazo e o restabelecimento das condições de equilíbrio entre oferta e demanda, determinam mudanças na forma tradicional de provisão de energia.

2 A Energia

A energia elétrica possui um papel vital no crescimento econômico e no desenvolvimento humano e a oferta de energia mundialmente enfrenta diversos desafios em atender à demanda atual. Riscos de descontinuidade no fornecimento, riscos de danos ao meio ambiente e a dificuldade de universalizar a energia são alguns dos desafios atuais. Ao mesmo tempo em que a garantia do acesso à energia é um demonstrativo de sucesso e ampliação dos direitos básicos humanos, a quantidade da energia consumida pelos habitantes reflete o crescimento econômico e o aumento da renda per capita dos mesmos.

Mesmo que em 2012, 222 milhões de pessoas tenham tido seu primeiro acesso à eletricidade, representando um aumento de 0,6%, 1.1 bilhões de pessoas ainda carecem de acesso ao recurso (ONU, 2015). Em 2010, a ONU (Organização das Nações Unidas) divulgou o plano para a universalização da energia elétrica até o ano de 2030, estimando gastos, na época, de US\$ 36 bilhões por ano para atingir esse objetivo (ONU - Energia, 2010). A ONU, em estudo sobre a carência de energia e suas relações com a pobreza, cita a ausência desse tópico nos Objetivos do Milênio e a necessidade de ampliar o acesso à energia como forma de auxiliar na erradicação da pobreza.

Simultaneamente com a necessidade da universalização da energia elétrica, há a necessidade de suprir a demanda mínima do contingente atual. Estima-se que o crescimento da população mundial atingirá nove bilhões de pessoas até 2050 (ONU – Energia, 2014). Cerca de 23% de toda a energia elétrica consumida em 2011 foi utilizada pelo setor residencial e o crescimento populacional, aumento na quantidade de habitações, alteração no tamanho das habitações, acesso a eletrodomésticos e crescimento econômico foram alguns dos fatores que levaram a um aumento no consumo de energia elétrica de 35% entre 1990 e 2011 (IEA, 2014).

O acesso à energia elétrica, bem como a ampliação de seu uso, é um dos fatores que define a eficiência e desenvolvimento humano de um país. A confiabilidade e disponibilidade do recurso bem como preços acessíveis são critérios críticos para a garantia do acesso à energia elétrica e seu impacto influencia o setor residencial, indústria, serviços, agricultura e comércio ((ONU – Energia, 2014).

Com a recessão econômica da última década, países como Japão, França e Itália reduziram seu consumo de energia. No entanto, países em desenvolvimento como Brasil, África do Sul e Rússia retraíram pouco a quantidade de energia para o mesmo ano. A figura 1 mostra os vinte países que mais consumiram energia no mundo em 2012. A soma da energia consumida por esses países é, aproximadamente, três-quartos de toda a energia utilizada no mundo (ONU, 2015).

Figura 1: Vinte Maiores Consumidores de Energia Primária no Mundo (ONU, 2015)

A redução no consumo de energia apresentada acima é sazonal, e a tendência é que o consumo de recursos energéticos volte a crescer conforme a economia mundial se recuperar. O impacto da continuidade dos serviços atual somado à entrada de novo contingente representa um risco ao setor elétrico. Esse risco pode ser controlado se o planejamento dos recursos energéticos for realizado, e a tomada de decisão quanto à disponibilização do mesmo for realizada de maneira a incluir todas as variáveis possíveis, incluindo a temática social e ambiental que o assunto demanda.

O IEA (*International Energy Agency*) cita a necessidade de compreender os impactos das dimensões humanas em relação ao consumo de energia elétrica, e os aspectos sociais, culturais e psicológicos que causam mudanças de comportamento para adoção, uso e manutenção de determinadas tecnologias. O comportamento humano, incluindo suas escolhas e práticas, possui um papel importante para a economia de energia (IEA, 2014).

Aproximadamente 22% de todo o consumo doméstico de energia dos Estados Unidos poderia ser reduzido caso as pessoas adotassem medidas de conservação e

eficiência energética. Também é estimado que aproximadamente metade de todo o potencial de economia de energia depende de mudanças de baixo custo ou comportamentais. Assim, estudar as dimensões humanas – necessidades, habilidades, recursos e motivações- quanto ao consumo de energia, tanto individualmente quanto em necessidades de grupos, podem trazer impactos positivos na demanda de energia elétrica (IEA, 2014).

A energia está presente, de forma essencial, em nossas vidas. Em qualquer atividade ela está envolvida. É assim quando usamos motores, fogões, chuveiros, lâmpadas e todo tipo de equipamento ou, de maneira mais fundamental, nos nossos movimentos corporais, no metabolismo, nas cadeias alimentares, na criação e manutenção de todo tipo de vida. Devido a esta presença, é de se esperar que qualquer assunto relacionado à energia seja de grande importância. Da mesma forma espera-se que as decisões que tomemos hoje com relação a ela tenham grande influência em nosso futuro. Portanto, o estudo da energia é algo de relevância crucial.

Este estudo é muito vasto e deve ser feito a partir de diversos pontos de vista e em diversas esferas. A perspectiva adotada será a da energia em relação à sociedade como um todo, ou seja, como a energia pode contribuir para o bem-estar da Humanidade. O escopo deste trabalho não abrange a abordagem biológica da energia. Assim sendo, a extração de fontes naturais, a produção, o transporte, a distribuição, o uso final, o desenvolvimento de novas tecnologias, aspectos técnicos e econômicos, impactos ambientais e outros, são fatores que contribuem para uma análise completa do uso da energia pelos seres humanos.

Mas, afinal, qual seria a definição de energia? Certamente, poucas palavras possuem tantas definições como esta. No Século IV a.C., Aristóteles em sua obra metafísica identificava energia (“*enérgeia*”) como uma realidade em movimento. Na concepção moderna, em termos da Física, energia corresponde, basicamente, a um conceito desenvolvido a partir do Século XIX, que foi criado juntamente com a Termodinâmica e que é utilizado atualmente para descrever vários fenômenos. Essa definição mais usual, que é encontrada na maioria dos livros, afirma que “energia é a medida da capacidade de efetuar trabalho”. Porém, essa definição, a rigor, aplica-se apenas a alguns tipos de energia, como a elétrica e a mecânica, que, em princípio, são totalmente conversíveis em outras formas de energia.

Uma definição que pode ser considerada mais abrangente que a anterior foi dada por Maxwell em 1872, segundo a qual “energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a essa mudança”. No entanto, defini-la rigorosamente é menos importante do que perceber seus efeitos e a sua relevância no nosso dia a dia.

2.1 História do Uso da Energia

Como o uso da energia afeta notadamente a geografia e o meio ambiente, ocasionando mudanças socioculturais e demográficas significativas, algumas delas permanentes, é interessante observar como os diferentes usos da energia vêm se conduzindo ao longo dos tempos. Abaixo são relacionados alguns tipos de energia, seus usos mais antigos conhecidos e como foram evoluindo com o passar dos anos:

Energia do vento: 4500 a.C., navegação a vela no rio Nilo; 1700 a.C., bombeamento de água na Pérsia; 600 a.C., moinhos para irrigação na Babilônia; Século I-II A.D., moagem de grãos; 1105, primeiro moinho de eixo horizontal na Europa (França); 1582, extração de óleo de azeitonas; Século XVII, veículos com velas na China; 1888, primeiro cata-vento para gerar energia elétrica nos EUA; 1958, aerogerador conectado à rede elétrica.

Energia hídrica: Século II a.C., é inventado o aproveitamento hidráulico; Século I a.C., moinhos operando em Roma; 310, grande complexo de moinhos na França; Século X, moinhos industriais na França e Alemanha; 1878, primeira usina hidrelétrica do mundo.

Energia maremotriz: Século X, primeiras referências do uso das marés; 1290, moinhos em Portugal; Século XVIII, suprimento de água em Londres, com moinhos.

Energia solar: 640 a.C. acesa a chama eterna na Grécia, por concentração dos raios solares; 1769, 160°C produzidos com efeito estufa na França; 1878, prensa acionada por uma máquina a vapor de fonte solar; 1913, bomba de irrigação com captadores solares planos, no Egito; 1951, 50 000 aquecedores solares em Miami, EUA; 1968, forno solar de até 3500°C na França; 1931, células fotovoltaicas inventadas nos EUA; 1955, terminal de comunicações terrestres nos EUA; 1957, satélites espaciais com geração FV; 1981, central elétrica FV nos EUA (250 kW).

Petróleo: 6000 a.C., o asfalto é usado pelos sumérios; 2000 a.C., petróleo cru é utilizado como combustível; 400 a.C., é extraído de poço e destilado para iluminação na Grécia; Século XII, poço em Baku; 1694, obtenção a partir do betume e do carvão; 1859, nasce a indústria do petróleo; 1865, primeiro oleoduto; 1973, primeira crise do petróleo a nível mundial; 1979, segunda crise do petróleo.

Gás natural: 3000 a.C., 1ª referência histórica a fogos eternos; 2000 a.C., primeiro uso como combustível no Oriente Médio; 1000 a.C., usado na China para aquecimento, iluminação, na manufatura de dutos de bambu e em perfurações de até 1000 metros; 60-140, é mencionado por Plutarco; 1536, sua existência mencionada na Venezuela; 1821, descobertos os seus usos modernos nos EUA; 1941, primeira planta de liquefação nos EUA; 1959, início do transporte marítimo dos GN liquefeitos (metaneiros).

Nuclear: 1840, o urânio é separado como elemento isolado; 1934, é descoberta a radioatividade artificial; 1939, é descoberta a fissão, na Alemanha; 1942, Fermi faz a primeira reação em cadeia, nos EUA; 1954, primeira central núcleo-elétrica, na URSS; 1956, primeira central comercial na Inglaterra; 1973, início da produção do primeiro reator PWR, nos EUA (1000 MW); 1991, maior central nuclear de reator rápido, na URSS (BN 1 600 de 1600 MWe).

Abaixo uma lista de algumas utilizações energéticas das fontes citadas acima:

- Iluminação: sem data conhecida, com o uso da lenha, óleos e graxas, vegetais e animais;
- 1000 a.C., com gás natural, na China; 400, com petróleo, na Grécia, Século I, com cera, em Roma; 1792, com gás elaborado, na Inglaterra; 1842, primeira demonstração de iluminação com energia elétrica na França; 1847, com petróleo parafinado para iluminação nos EUA; 1879, generalização do uso da energia elétrica para iluminação.
- Acionamento mecânico: 2600 a.C., máquina solar para levantar monólitos no Egito; Século I, a roda de vapor, em Alexandria; 1644, evidenciada e medida a pressão atmosférica; 1721, construída uma máquina atmosférica comercial (0,5% de rendimento); 1769, carruagem movida por vapor; 1776, provas do

primeiro barco a vapor, no Sena; 1784, máquina comercial a vapor, de Watt (3\% de rendimento); 1814, turbina a vapor; 1824, \$ 2^{o}\$ princípio da termodinâmica formulado por Carnot; 1857, nova máquina a vapor (5\% de rendimento); 1864, veículo com motor a gasolina (Áustria); 1873, protótipo de motor acionado com componentes pesados do petróleo nos EUA; 1894, turbina a vapor para barcos; 1908, turbina a gás; 1937, motor a reação, na Alemanha e Inglaterra.

2.2 Formas de Energia

A energia não pode ser criada pelo homem, mas pode ser transferida de uma para outra das diversas formas em que se apresenta na natureza por meio de processos chamados de conversão. De uma maneira geral, usando o jargão da Física, que será a linguagem que usaremos para definir e explicar os fenômenos energéticos, uma conversão de energia corresponde sempre ao produto entre uma variável extensiva, cujo módulo depende da quantidade apresentada, e uma variável de desequilíbrio, que expressa uma potencialidade de conversão entre formas energéticas.

As formas mais comuns em que a energia é encontrada são:

- Energia atômica ou nuclear, que são fundamentais para os processos de conversão energética no Universo. No interior do Sol, por exemplo, a energia nuclear é resultado da fusão de átomos leves, como o hidrogênio, que produz grandes quantidades de energia. A fusão nuclear é um processo de grandes possibilidades para o uso comercial, porém até 2018 tem se mostrado de difícil controle e seu uso tem se restringido à construção de bombas de hidrogênio. A energia atômica também pode resultar da fissão de átomos pesados, como urânio, tório e plutônio, através da liberação de energia devida à perda de massa no processo. Apesar de não ser tão grande quanto no processo de fusão, a liberação de energia no processo de fissão também é alta, e por ser mais fácil de ser controlada, o seu uso se difundiu na última metade do século passado através de diversos ciclos térmicos que têm sido usados como fonte de energia elétrica, além de mover navios e submarinos.
- Energia química: é a energia acumulada nas ligações químicas entre átomos e moléculas. Essas ligações existentes nas moléculas dos reagentes possuem

mais energia do que as ligações existentes nas moléculas dos produtos resultantes de uma dada reação, daí a liberação de energia. Suas maiores aplicações estão ligadas a processos de combustão em motores, caldeiras e fornos, onde a energia química advinda de materiais como gasolina, lenha e álcool é convertida em energia térmica na forma de vapores com altas temperaturas, além de pilhas elétricas e baterias, onde se observam processos envolvendo transferência entre energia química e elétrica. A quantidade de energia contida em um material pode ser associada com seu Poder Calorífico. Existem na atualidade perspectivas promissoras quanto à utilização de técnicas de conversão direta, aplicadas nas “células de combustível”, que produzem diretamente energia elétrica a partir da queima de combustíveis, com alta eficiência, através de reações isotérmicas, a temperaturas relativamente baixas.

- Energia elétrica: a energia elétrica é normalmente associada à circulação de cargas elétricas através de um campo de potencial elétrico, apesar de ser correto considerar-se também a presença dela em cargas estacionárias, como nos capacitores elétricos ou em nuvens eletricamente carregadas. A potência elétrica pode ser medida pelo produto da tensão pela corrente. A energia elétrica é utilizada para os mais variados fins como iluminação, acionamento industrial e de eletrodomésticos, hoje em dia, ela é um dos pilares mais importantes da sociedade, devido à maioria dos processos de conversão terem como finalidade a produção de energia elétrica.
- Energia térmica: pode apresentar-se nas formas de radiação térmica (radiação solar) ou energia interna. Como já foi comentado o calor corresponde a um fenômeno apenas observável na fronteira entre sistemas onde exista uma diferença de temperaturas. Vale ressaltar que um fluxo de calor pode resultar tanto de uma variação interna de energia quanto de outra forma energética. A energia interna corresponde à capacidade de promover mudanças, associada à agitação térmica de um dado material, que pode ser medida por sua temperatura. A transferência dessa energia interna de um corpo para outro se dá pelos processos de condução, convecção ou radiação térmica.

- Energia mecânica: a energia mecânica pode ser encontrada em duas formas básicas, a potencial e a cinética. A energia potencial refere-se, basicamente, a forças estáticas que pode ser potencial elástica, acumulada em molas ou em gases comprimidos, ou gravitacional, que depende da posição de uma massa em um campo gravitacional. A energia cinética é relacionada com a inércia de corpos em movimento e depende da massa e da velocidade desses corpos. A energia mecânica, assim como a elétrica, apresenta as mais diversas aplicações, desde usos antigos como em moinhos e tração animal, até os dias de hoje, como em motores a explosão.
- Energia magnética: tipo de energia, acumulada na forma de campos magnéticos, que é utilizada de modo prático no transporte e na transformação de energia elétrica em transformadores.
- Todas essas formas de energia apresentadas não esgotam as possibilidades de considerar a energia, que existe sempre que houver necessidade de promover uma mudança de estado. Assim, podem ser definidas, ainda, a energia elástica à tensão superficial de um líquido, que se mostra na formação de bolhas de sabão, a energia difusiva decorrente da diferença da concentração de gases, líquidos e sólidos solúveis, além de diversas outras formas com menor importância.

2.3 Aspectos sociais da Energia

O uso da energia deve ser analisado em diversas esferas, pois acarreta consequências importantes em todas elas. O uso das fontes energéticas, as transformações necessárias para que seja possível o seu uso final, o seu transporte e os efeitos ambientais causados por todas essas etapas têm impacto em vários segmentos de uma região, de um país ou mesmo do planeta inteiro.

Energia está diretamente ligada ao desenvolvimento econômico, influenciando portanto, na política e na sociedade. Assim sendo, pode-se dizer que as dimensões humanas da energia são:

- A social: em termos das necessidades básicas, do consumo da energia, da qualidade e da quantidade de energia usada, do grau de acessibilidade à fonte energética, e da geração de emprego e P&D;
- A econômica: em termos dos preços de mercado, quanto à importação, produção e exportação de energéticos, da intensidade energética do PIB, do grau de confiabilidade de desenvolvimento do sistema energético, da fonte ao uso final;
- A política: decorrente do poder econômico (fluxo financeiro e ativos do setor), relacionada ao uso governamental da renda energética, da desregulamentação e do grau da reforma estatal;
- A ambiental: referente aos recursos naturais e ao seu usufruto. Em princípio, quanto a fontes energéticas, este vem através da relação reservas/produção, da dependência da exportação de energéticos fósseis, da diversidade das fontes em uso, das emissões e seus impactos sobre a cadeia energética e sobre a biodiversidade.
- A cultural: os processos de integração energética, em especial dos países da região sul-americana, fortalecem aspectos culturais no que se refere à participação das universidades e da comunidade intelectual, através de publicações acadêmicas, estabelecimento de normas e padrões e, desejavelmente, legislações comuns.

2.2 A Energia e o Desenvolvimento

Desde o início da revolução industrial e o consequente aprofundamento nas diferenças sociais e econômicas por esta evidenciada, traça-se uma relação intrínseca entre energia e desenvolvimento, seja econômico ou social. Em tempos primevos do desenvolvimento tecnológico voltado ao ganho de produtividade e massificação dos bens de consumo, a energia era a matéria escura no desenvolvimento econômico e no desvelar do modo de vida observado nas regiões desenvolvidas, pois esta não interagiu de forma direta nestes e apenas alguns iniciados compreendiam seus princípios, contudo haviam os que apreendiam a tecnologia para dominá-la e utilizá-la como meio aos processos produtivos em desenvolvimento.

Com o passar do tempo tornou-se evidente a relação entre energia e desenvolvimento, contudo sem se traçar uma fronteira correlativa ou uma percepção de causa e efeito, traduzindo-se em um equacionamento biunívoco do par energia-desenvolvimento, daí florescendo o paradigma de planejamento energético persistente até o presente e calcado na ideia, traduzida da lei da oferta e da procura, de que para qualquer oferta surgirá uma demanda, ou neste caso, à oferta energética acarretará num desenvolvimento econômico, ou seja, para determinado acréscimo ao Produto Interno Bruto de uma região em análise, é premente a necessidade do acréscimo da oferta energética.

Somente nas últimas décadas verificou-se que o desenvolvimento econômico requer a oferta de energia como meio, contudo há um ponto de inflexão nesta relação, não sendo doravante linear, fato evidenciado a partir das crises do petróleo ao longo da década de 1970 que apresentou como uma das consequências a possibilidade de incrementar a eficiência inicialmente na geração de energia elétrica e posteriormente nos usos finais. Mesmo com este cenário os países já desenvolvidos continuaram apresentando um forte crescimento do PIB e o consumo de energia per capita não observou a mesma tendência, como pode ser notado na Figura 2 com o histórico de consumo per capita no período de 1949 a 2011, apresentando um forte crescimento no consumo, acompanhando o crescimento do PIB apresentado na Figura 2. Essa tendência se manteve até o início da década de 1970, mostrando uma suavização na inclinação da curva de consumo já na primeira crise do petróleo em 1973 e ainda inflexionando para um decréscimo no consumo per capita a partir de 1979, sendo que o PIB entretanto continua apresentando um crescimento consistente ao longo do mesmo período.

Figura 2: Consumo Per Capita em milhões de Btu nos EUA 1949-2011 (U.S. EIA, 2012)

Figura 3: Histórico do PIB em Bilhões de US\$ e PIB per capita em US\$ (U.S. Department of Commerce, 2015) e (ERS International Macroeconomic Data Set, 2014)

2.4 O Desenvolvimento Sustentável

O desenvolvimento e a problemática energética, elementos inerentes ao governo de todas as nações da terra e também, intrinsecamente, convergem nas rotas para a

Indústria Energética, i.e., Estes elementos se constituem em fundamentos e/ou ferramentas do bem-estar da sociedade, a cada instante e como um todo. Deste modo, desenvolvimento não é uma consequência e sim um estado de coisas que se consegue e se procura através do tempo, indistintamente do paradigma temporal de “desenvolvimento” que se assume numa determinada época. Daí que, nos aspectos mais gerais, vindos de cima para baixo, a energia responde à atividade socioeconômica e esta à uma política energética. Assim, deve ser observada a sensibilidade desta política energética com respeito à sustentabilidade, entendida como função da preservação e mitigação dos impactos causados ao meio ambiente, MA, e da manutenção da qualidade de vida atual e das próximas gerações.

Neste sentido, procura-se ter presente o grau com que as iniciativas governamentais tentam alcançar as necessidades dos habitantes e consumidores, tanto individuais como empresas, instituições, etc. Devido às necessidades diferentes dos cidadãos quanto ao consumo de bens e recursos e à existência de valores diferentes no seio da sociedade como um todo, surge também como resposta o conceito intuitivo de desenvolvimento sustentável, DS, que necessariamente tem que assumir e reconhecer os valores sociais como os objetivos do desenvolvimento.

O DS, através das dimensões com as quais deverá ser estabelecido, não apenas tem o seu suporte no complexo ecossistema dentro do qual os seres humanos e as sociedades vivem, mas também deve ser viável através do tempo. Assim sendo, o DS é o desenvolvimento humano em si e é então apreendido usando os indicadores das mudanças da qualidade de vida, melhoria e crescimento da sociedade, garantindo paralelamente em tempo e espaço a sustentabilidade dos sistemas naturais nos quais se baseia a vida como um todo.

Pode-se afirmar, em primeira instância, que o DS é o paradigma de desenvolvimento pelo qual são satisfeitas as necessidades atuais, sem qualquer perigo de cercear a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. Este entendimento do DS vem evoluindo, e se firmando desde a década de 70, sobretudo através das maiores organizações internacionais. E se caracteriza, sempre com mais firmeza, pelo mundo todo, como o encontro equilibrado entre o econômico e o ecológico. Porém é evidente que o DS é um conceito muitíssimo complexo. É bom ressaltar que o DS não vem apenas com os indicadores do crescimento econômico,

mas também reflete o interesse em satisfazer as necessidades humanas ao longo do tempo, ultrapassando mesmo as próximas gerações. Ou seja, a princípio trata-se de satisfazer o consumo de bens e recursos, que estariam caracterizados pelo mercado, enfatizando que as outras necessidades, geralmente identificadas através dos valores sociais, devem ser também aceitos como objetivos do desenvolvimento.

Contudo, a biosfera é, na verdade, a fonte de todos os recursos necessários para a satisfação das necessidades humanas e, ao mesmo tempo é o depósito dos seus resíduos. Isto evidencia a importância do MA no paradigma do DS, pois a biosfera suportará as necessidades humanas sempre que, e apenas quando, esteja garantida a sustentabilidade dos recursos naturais e dos sistemas que sustentam a vida. Também os valores socioculturais, como portadores das outras necessidades importantes, fazem parte da esfera do DS. Neste sentido a equidade vem a ser fundamental. Isto, apesar de parecer redundante, significa satisfazer as necessidades de igualdade e justiça dentro de uma perspectiva de longo prazo e numa visão global da realidade, tal que a atividade humana não beneficie uns poucos privilegiados em detrimento da sociedade como um todo.

2.4.1 Desenvolvimento Humano Sustentável

O desenvolvimento humano é um conceito dinâmico, relativo e integral, que incorpora elementos tais como a situação atual e as contradições que apresenta, o grau de desenvolvimento atual e as possibilidades que depara o futuro. Pode ser entendido como um conjunto das magnitudes sociais, políticas, econômicas e ambientais do próprio desenvolvimento, que em 1992 um informe do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) resumia como:

“o processo de ampliar a gama de opções das pessoas, proporcionando a estas maiores oportunidades de educação, saúde, renda e emprego, e ainda, abrangendo o espectro total de opções humanas, desde um contexto físico em boas condições até liberdades econômicas e políticas”.

Desde que a sustentabilidade incorpora o tempo, permanentemente coloca em tela a existência de uma relação intrínseca entre as ações presentes e as oportunidades futuras, o que conduz a sempre observar as consequências dos fenômenos passados nos atuais e, principalmente dos fenômenos presentes para com o futuro. Todavia,

sendo o ser humano o ponto de partida e também de chegada, assim como é sujeito e é objeto do desenvolvimento em todo momento, a perspectiva política deverá ser focalizada na sequência: ser-sociedade-estado. Desta forma, parece óbvio que o desenvolvimento humano deva ser sustentável, e com isto se está afirmando que este é um desenvolvimento que deve satisfazer as necessidades do presente sem limitar, nem coagir, nem cercear as necessidades das gerações futuras.

2.5 A Energia e o Paradigma do DS

Os níveis do suprimento energético sistêmico e da sua infraestrutura interagem de forma dinâmica com o desenvolvimento socioeconômico e, conseqüentemente, impactam o MA e a sua sustentabilidade. Assim, a possibilidade do DS, especialmente no âmbito dos sistemas energéticos, é diferente a cada momento e a cada instância geográfica, tudo referido ao ser humano. Sendo, em suma, afetado, ou modelado, por elementos socioeconômicos (riscos, fraquezas e restrições), pelos recursos e fontes (uso não racional, suprimento desigual), e pelo MA (efeitos externos e globais). Isto tudo implica em fluxo e refluxo, no nicho energético, das ações e efeitos entre as várias dimensões da energia, já apontadas no item do início deste capítulo sobre as dimensões política, econômica, ambiental, etc., da energia. Em especial na dimensão cultural podem ser realizados ganhos importantes por meio do aproveitamento das similaridades culturais que ocorrem em regiões como a América Latina, que se desenvolveu a partir de duas tradições uniformes, uma de cunho ambientalista, característica dos povos autóctones, e outra de sólida tradição econômica importada da Europa. Nestes casos, a aproximação dos povos da região, através da participação da comunidade intelectual e acadêmica pode resultar na publicação de obras, sobre o tema energia e seus desdobramentos, com grande valor para a análise do desenvolvimento sustentável.

O ser humano é o objeto e o sujeito do processo “vida”, e isto implica na satisfação das necessidades humanas, tanto no real (mercado) como no imaginário (cultural). Além disso, sendo o DS o paradigma de manutenção da vida no mundo, a energia vem a ser a interface ou o instrumento que permeia estes quesitos aqui levantados. Assim sendo, aparecem assuntos e campos de atividade que respondem a este *mare magnum*, como os abaixo citados. Estes se encaixam na escolha do DS, quase que naturalmente, como portadores de certas opções e propostas, para formar o que se

poderia intuir como “sistema energético baseado no DS”. Aspectos importantes sobre o tema da energia que podem ser identificados são:

- Garantia de Suprimento, através da diversificação das fontes, novas tecnologias e descentralização da produção de energia;
- Uso, Adaptação e Desenvolvimento Racional de Recursos, o que pode ser feito com sistemas de conversão mais eficientes, com um sistema energético multiparticipativo, e com o uso do mercado, regulado ou não;
- Custo Mínimo da Energia, propiciando o acesso das concessionárias aos diferentes mercados, e tirando vantagens da globalização comercial e negocial para a energia de baixo custo;
- Valor Agregado a partir dos usos, gerados pela e na otimização dos recursos (relacionados ou não à energia), que deve ser avaliado em termos da necessidade e da sua função na sociedade;
- Custos Reais da Energia, contemplando os impactos ambientais e sociais devidos a represamento, extração, produção, T&D, armazenamento e uso das energias negociadas no mercado, inclusive definindo métodos específicos de internalização das externalidades.

3 Teoria do Planejamento e Aplicação no Planejamento Energético

3.1 Introdução

O processo de tomada de decisão de forma correta e considerando os diversos elementos que a compõem requer não só o conhecimento prévio destes elementos como a organização das informações de forma a verificar os objetivos a serem alcançados, averiguar as opções e as estratégias para se alcançar estes objetivos através dos caminhos traçados. E assim agir de acordo com o plano para que metas e objetivos se tornem realidade.

O planejamento como instrumento de tomada de decisão visa alocar recursos para atividades ou usos valendo-se da definição de objetivos e as estratégias para alcançá-los, ou ainda, pela via inversa, estabelecer regras para que se desenhe muito claramente quais são os limites dos objetivos, as restrições de estratégias e o potencial de uso de recursos. Possibilitando que haja opções para o desenvolvimento mesmo que se parta do pressuposto de limitações intrínsecas ao objetivo maior.

A função do planejamento de alcançar objetivos através de metas, táticas e estratégias pode ser exemplificada para otimização de resultados e melhoria de eficiência de processos, buscando as informações que compõem o processo, gargalos, limitações, desenhos ótimos e etc. Ou ainda a melhoria de bem estar social através do balanceamento de interesses e empenho de justiça, aumento das opções de caminhos táticos a serem traçados com a criação de cenários e alcance das opções.

O propósito do planejamento pode ser preparar instrumentos regulatórios para a aplicação ou fundamentação de leis, desenhando o arcabouço legal e as nuances sociais e políticas a que estarão sujeitas estas regras; Resolver problemas ou mitigar pontos fracos de uma solução através do conhecimento dos passos de solução ou de uma solução particular de um problema, podendo aplicar a solução a uma forma geral ou ainda otimizando a própria solução; E ainda explorar oportunidades, traçando cenários para utilização de vantagens competitivas.

Acrescentar elementos de participação da sociedade, mesmo que de forma organizada e representativa dentro do processo de tomada de decisão, sem que o processo se contamine com a percepção difusa de consenso inserida nos modelos democráticos de “cada voto conta” vigentes, requerem ferramentas de pesquisa e aferição de opções bem compreendidos pelos tomadores de decisão e absorvidos pelos modelos de planejamento considerados. Para tal, o acúmulo, organização e disseminação de informações, sejam do plano, da tomada de decisão ou dos elementos que compõem estes dois processos complementares é parte integrante do caminho de construção do planejamento.

Da definição de objetivos e metas, bem como as táticas e estratégias para alcançá-los e a tomada de decisão que transpõe o plano à ação surge a máxima de que não é possível não planejar, já que seus passos residem em conceitos individuais ou coletivos, em quaisquer grupos e estágios sociais. Podendo ser planos realizados convenientemente, favoravelmente, vantajosamente ou ainda incorretamente.

3.2 Teoria do Planejamento

O planejamento nasceu a partir de disciplinas aplicadas para a solução de problemas práticos, buscando os elementos que compõem o problema, a solução particular e a generalização da solução para os problemas de mesma raiz.

O Planejamento era codificado como a atividade fim, sendo desenhado pelo indivíduo ou grupo que buscava os objetivos, as metas e a própria atividade fim, sendo transmitido como uma “arte” indistinta entre objetivos, metas, o conhecimento em si e o processo de planejamento.

Ao longo da história pode-se assinalar diversos passos de processos de planejamento, como textos de Sun Tzu “Não é preciso ter olhos abertos para ver o sol, nem é preciso ter ouvidos afiados para ouvir o trovão. Para ser vitorioso você precisa ver o que não está visível.” e “O verdadeiro objetivo da guerra é a paz”, traduzem estratégias, percepções de informações e o desenho de objetivos, já antes de 400 a.c.

Podemos ainda observar o planejamento na história principalmente em aspectos do planejamento urbano, em distribuição de construções, infraestrutura para solucionar

ou prever a falta de um recurso, como a construção de aquedutos, estradas e cidades-forte.

Com a revolução industrial nos séculos XVIII e XIX, organizaram-se as primeiras metodologias de planejamento científico na esteira das metodologias científicas de administração, surgindo a Escola Clássica de planejamento,

3.2.1 Escola Clássica de Planejamento

A Escola Clássica de Planejamento é caracterizada por uma sequência linear de um estado inicial, uma carteira de estados desejados ou metas e as possíveis ações para se chegar nesta carteira podendo ser tabulado como:

- Estados possíveis finitos
- Ações determinísticas
- Ações Instantâneas
- Universo de possibilidades completamente analisado
- Universo de possibilidades estático
- Alcance completo de objetivos
- Plano contemplando apenas o início e o fim do horizonte de planejamento, sem pontos intermediários.

Já na década dos anos 1940 surge a escola de Planejamento Racional, voltada ao desenvolvimento urbano e infraestrutura de transporte:

3.2.2 Escola de Planejamento Racional:

É um modelo que define um número racional de passos de planejamento, definidos por Taylor (1998). Apesar da lógica racional e método científico na aplicação do plano, é falho na consideração de *Stakeholders* no processo de planejamento ao elevar o peso da tomada de decisão.

- Definição de metas

- Identificação de políticas e planos
- Avaliação de políticas e planos
- Implementação de políticas e planos
- Monitoramento de políticas e planos

O planejamento racional é centrado na solução do problema como objetivo.

Na década de 1960 surge o modelo de planejamento sistemático, ainda voltado para a solução do problema como objetivo, mas considerando a percepção dos *stakeholders* através de métodos estatísticos.

3.2.3 *Escola de Planejamento sistemático*

O Planejamento Sistemático é um modelo voltado para a solução do problema e traz em sua análise a objetividade do modelo e a aceitabilidade dos resultados esperados, baseado na ideia de que a complexidade do modelo traz consigo a importância dos recursos a serem explorados. Trazendo no modelo a abertura para um diálogo entre o planejador e os envolvidos dentro de um ambiente estatístico programado. É dividido usualmente em 7 etapas:

1. Situação do problema: descrição concisa do problema, recursos e prazos.
2. Identificação da decisão, categorização das múltiplas decisões a serem tomadas, ações e resultados que resultarão dessas decisões.
3. Identificação das entradas, informações necessárias, fontes de informação, níveis de informação e ações resultantes, técnicas de amostragem e métodos de análise.
4. Definição dos limites geográficos da análise, população de interesse, prazo de coleta de dados e escala de tempo
5. Desenvolvimento de uma regra de decisão para definir a população inserida, níveis de ação e condicionais do processo.
6. Limite de desvio dos objetivos, das metas, das tomadas de decisão especificadas.

7. Otimização do plano, revisão de dados, hipóteses estatísticas, espaço amostral ótimo, documentação de todas as considerações e produção de um plano de análise.

Ainda na década dos 1960 surge uma escola de modelos com outro foco que não a solução dos problemas apresentados, a Escola de Planejamento Estratégico.

3.2.4 Escola de Planejamento Estratégico

O Planejamento Estratégico apresenta uma quebra de paradigma com os modelos anteriores por apresentar seu foco na estratégia para alcançar as metas e não em um determinado problema. Pode ser dividido em diversos modelos que trazem em comum o desenho das metas a serem atingidas, o alinhamento geral do comportamento da instituição planejadora, como missão, recursos e visão, verificação de estratégias para atingir as metas e planos de ação. Dentre eles podemos destacar:

Modelo Básico:

Considera:

- A criação de uma missão institucional, descrevendo propósitos básicos, população foco, *stakeholders*, recursos e serviços à disposição.
- Seleção de objetivos Intermediários, que devem ser cumpridos visando alcançar os objetivos finais da instituição planejadora
- Identificação de estratégias e táticas para alcançar essas metas, considerando o exame minucioso do ambiente interno e externo ao universo de planejamento.
- Identificar planos de ação para implementar cada estratégia
- Monitorar e atualizar o plano

3.2.5 Planejamento Estratégico Orientado por Objetivos

Uma evolução do modelo básico, mais global em suas considerações é, em geral utilizado para planejamento que envolve um processo preferencial baseado em uma comunidade. Seus passos incluem:

- Identificação de SWOT.
- Identificação e priorização de metas principais e problemas estruturais.
- Criação de estratégias globais para encaminhamento de soluções às metas.
- Criação ou renovação de missões institucionais.
- Estabelecimento de plano de ação.
- Criação de um plano estratégico.
- Desenvolvimento de um modelo de plano operacional periódico.
- Alocação de recursos para o primeiro período.
- Condução do plano de ação do primeiro período.
- Monitoramento, revisão, avaliação e atualização do plano estratégico.

3.2.6 Planejamento Estratégico de Ajuste

Utilizado para ajuste fino entre estratégias e missão, verificação da razão pela qual o plano não está sendo efetivo ou com dificuldades em aumento de eficiência. Organizado da seguinte forma:

- Delimitação da missão organizacional, programas, recursos e necessidades.
- Identificação de problemas e passos/setores em que o plano funciona apropriadamente.
- Identificação da forma de atuação para solução dos problemas no plano.
- Inclusão dos ajustes estratégicos no plano inicial.

3.2.7 Cenários

Utilizado em conjunto com outros modelos, ajuda a identificar ações alternativas em caso de mudanças de direção ou eventos de quebra de paradigma. Inclui:

- Identificação de vulnerabilidades, selecionando diversos agentes externos e imaginando as mudanças relativas que podem influenciar as estratégias.

- Traçar cenários para cada mudança identificada e desenhar ao menos três cenários com pior caso, melhor caso e cenário padrão.
- Desenhar respostas a cada um dos cenários, com estratégias e respostas
- Seleção de estratégias comuns aos cenários, indicando robustez de ação.
- Listagem dos problemas recorrentes aos cenários.

3.2.8 *Planejamento Estratégico Orgânico*

Também chamado de Planejamento auto-organizado, não considera o planejamento linear e aplicado em tempo, buscando identificar problemas na estrutura interna da organização, que causam os problemas a serem atacados nos outros modelos de planejamento, considerando a instituição como um organismo vivo, de crescimento pré-estabelecido a partir de condições anteriores e auto-organização. Os passos gerais são:

- Evidenciação dos valores culturais da instituição.
- Articulação das visões de grupos dentro da instituição.
- Discussões internas sobre os passos realizados e necessidades para próximos passos.
- Orientação periódica aos componentes sobre diferenças entre valores e metas.
- Tomadas de decisão em grupo, preferencialmente em consenso.
- Foco maior no aprendizado ao invés do processo.
- Tradução de realizações em metas.

3.2.9 *Pesquisa Global*

Todos os passos internos ao desenvolvimento da organização são inseridos no plano, tais como treinamento, planejamento, solução de problemas, são parte de fenômenos de percepção.

- Fase de Descoberta discussões sobre o que é importante como percepção.

- Fase de Sonho: desafio do status quo a partir de visões mais auspiciosas do futuro.
- Fase de *Design*: Criação de estratégias para buscar as visões provocativas.
- Fase de Destino: obtenção de novas imagens a partir do conhecimento das ações estratégicas dentro do futuro possível.

Após a ramificação das escolas de planejamento, entre o foco racionalista, centrado na solução do problema como objetivo definindo a sequência de ações e o foco estratégico, centrado em entender o problema, as causas, e decisões intermediárias para tender à solução do problema, verificou-se nas décadas posteriores o desenvolvimento de escolas metodológicas contemporâneas buscando ferramentas de consideração de aspectos de maior dificuldade dentro do planejamento, surgindo as escolas contemporâneas, divididas em:

3.2.10 Pragmatismo e Neopragmatismo

Voltado à solução de problemas, considera o conhecimento de fenômenos e efeitos da natureza como aplicação de ideias. Utiliza-se de métodos analíticos, pesquisas e dados estatísticos de processos amplamente conhecidos para estabelecer um caminho prático até a solução do problema. Sendo sensível à tomadas de decisão unilaterais como demonstração de poder ou mesmo processos políticos que envolvem negociações e participação social.

Em geral são aplicadas a modelos econométricos de planejamento e necessitam de grande conhecimento prévio para redução de desvios e não consideram pontos de transformação previamente conhecidos ao longo do planejamento.

3.2.11 Planejamento Colaborativo ou Comunicativo

Utiliza-se de ferramentas tecnológicas para a participação de grupos na criação de planos para o auxílio à tomada de decisão. Segundo Allmendinger (2005) o planejamento colaborativo busca desenhar métodos e estratégias ferramentais para a captação da percepção de um grupo de *stakeholders* ao longo do horizonte de planejamento sem que uma participação puramente democrática distorça ou mesmo inviabilize a tomada de decisão a partir do planejado. Sendo necessário, para

Allmendinger (2005), que o desenvolvimento metodológico do planejamento em que se insere o planejamento colaborativo esteja claramente fundamentado em sua ferramenta de participação dos *stakeholders*.

Para o planejamento colaborativo se faz necessária a correta definição de *stakeholders* como parte integrante da ferramenta metodológica de formação do plano, sem a busca ao consenso ou a participação democrática na tomada de decisão como princípio.

3.2.12 Organização e Estrutura do Planejamento

O planejamento como teoria pode ser dividido em quatro abordagens metodológicas e com objetivos específicos, salientando que o planejamento não traz em si o processo de tomada de decisão, mas as informações, ferramentas e estratégias de tomada de decisão para que um objetivo seja alcançado, podendo incluir ainda estratégias de manutenção robusta do plano buscando aliviar a tomada de decisão errada ou contrária ao planejado. Podem ser abordadas nas formas:

- A. **Abordagem Informativa:** apresenta possibilidades para se atingir os objetivos e os caminhos alternativos para a tomada de decisão, apresentando opções a partir de pontos de quebra de paradigma ou mesmo projeções do usual. Fazem parte desta abordagem os modelos:
 - I. Cenários
 - II. Diagnósticos
 - III. Projeções
- B. **Abordagem Exploratória:** Focada na solução do problema, aborda as opções para resolvê-lo e as soluções resultantes a partir da definição de objetivos.
- C. **Abordagem Ordenatória:** Planos, programas e projetos documentam os passos a serem tomados, as diretrizes e estratégias a serem seguidas e os objetivos iniciais, intermediários e finais do planejamento
- D. **Abordagem de Solução:** Exames de estratégias e táticas de forma linear ao longo do planejamento para se chegar à solução de um problema. Utilizando-se de modelos econométricos ou estatísticos para o objetivo fim.

As abordagens podem gerar individualmente um planejamento usual dentro do modelo a ser seguido ou pode se combinar diferentes abordagens para gerar um planejamento mais abrangente e possibilitar um enfoque amplo na tomada de decisão.

3.2.13 O Planejamento Energético

O planejamento no contexto energético tem as suas origens na busca, identificação e exploração dos recursos energéticos primários fósseis. Inicialmente com o carvão na revolução industrial, petróleo ao longo do século XX e mais recentemente o gás natural, se buscava uma relação fixa e previsível entre a demanda de energia e os requerimentos a essas fontes, com modelos econométricos e de desenvolvimento socioeconômico correlacionados ao crescimento do PIB.

Com raras exceções pelo mundo, o modelo de planejamento energético buscava o atendimento à demanda por energia elétrica através de geração térmica alimentada por carvão ou petróleo a partir de metas definidas de crescimento macroeconômico e restrições técnicas de fornecimento de fonte primária, geração ou transmissão, com algum desenvolvimento tecnológico que propunha o aproveitamento de fontes energéticas alternativas ao petróleo e o carvão – principalmente a energia nuclear, em franco desenvolvimento tecnológico.

Até a década de 1970, prevalecia um modelo gerencial em que o Estado assumia completamente ou mantinha o controle de parcerias para gerenciamento da infraestrutura energética, dos investimentos e do próprio planejamento energético, como estratégia focada na segurança energética se confundido com a própria segurança nacional em empresas verticalizadas que assumiam todos os passos da provisão de energia, a partir da premissa econômica de que qualquer oferta gera demanda e que a economia e seu crescimento estavam atrelados à disponibilidade energética e à intensidade desta na composição do PIB.

No século XX a economia mundial passou a depender enormemente da disponibilidade de petróleo, que parecia uma fonte energética inesgotável e barata para suprir a demanda. Conceito abalado em outubro de 1973 com o repentino aumento do valor do barril de petróleo em mais de 400% pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo – OPEP – que, com a justificativa de ajustes nos valores dos insumos logísticos, mas escamoteando motivação política pelo apoio do governo

americano à Israel na guerra do Yom Kippur, apresentou a primeira crise do petróleo, com escassez e altos preços. O reflexo nos modelos de planejamento foram principalmente de estratégia para os mesmos objetivos, com a busca por novas fontes de petróleo para aliviar a dependência quase completa do fornecimento pelos países componentes da OPEP, levando ao aparecimento de modelos de oferta global buscando modelar as interações entre fontes e consumidores, com modelos de demanda extremamente complexos e dependentes de elevada quantidade de dados para o processamento disponível na época.

Na mesma década, já em 1979, uma instabilidade política no Irã, então o segundo maior produtor de petróleo, com a deposição do líder político e a desorganização estrutural a partir da tomada do poder por lideranças religiosas e em oposição aos antigos líderes, alinhados com as nações ocidentais, fizeram com que o preço do barril de petróleo disparasse a níveis próximos aos da crise de 1973, com a diferença que os valores não caíram por um longo período, gerando crises e um novo enfoque no planejamento energético: a busca por fontes de energia alternativas ao petróleo, levando a técnicas de abordagens por cenários e orientação à tomada de decisão, com identificação e priorização de elementos relevantes. Iniciou-se, ainda nesse período, uma análise de aspectos de eficiência e algum enfoque voltado para o desenvolvimento de medidas de gerenciamento dos recursos do lado da demanda.

A partir da década de 1990, com a melhoria em técnicas de tratamento, processamento e análise de dados, começou a ganhar força no mundo uma visão ambientalista do planejamento energético, em que a visão de se explicar tudo pelo viés energético ficava em segundo plano, trazendo à tona a sua relevância para o processo de desenvolvimento e ainda os instrumentos de sustentabilidade ambiental, tentando com isso considerar as questões incorporadas pelos *stakeholders*.

3.3 O Planejamento Energético para o Setor Elétrico

Nos últimos anos, a discussão sobre o planejamento energético tem se ampliado e passou a exigir uma maneira diferenciada de analisar a questão e suas várias repercussões e respectivos impactos sobre o desenvolvimento econômico e social dos países, de modo geral.

Os direitos sociais e os direitos ambientais se somaram de forma definitiva à preocupação com o desenvolvimento econômico, para o qual o planejamento energético é essencial.

Consideradas as várias fontes de direitos sociais, no Brasil se destaca a Constituição Federal de 1988, a chamada “Constituição Cidadã” por Ulisses Guimarães, que estabelece entre os cinco fundamentos da República Federativa a cidadania, a dignidade da pessoa humana e os valores sociais do trabalho e da livre iniciativa (art. 1º), além de prever como seus objetivos fundamentais: construir uma sociedade livre, justa e solidária; garantir o desenvolvimento nacional; erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais; entre outros (art. 2º). Esses dispositivos sinalizam a definição do Estado brasileiro por privilegiar os direitos sociais, o que consta de seu próprio Preâmbulo.

Quando se relaciona a energia elétrica com o desenvolvimento, verifica-se que o consumo de energia *per capita* é um indicador social de desenvolvimento, por influenciar nos níveis de renda, educação, saúde, expectativa de vida e conforto, como apontam inúmeros estudos¹. Em termos de Índice de Desenvolvimento Humano - IDH, verifica-se dos dados da ALADI base 1980-2011 que apenas o Chile, na América do Sul, alcançou o valor máximo no período. Entre 13 países, o Brasil ocupou o 9º lugar, na frente da Bolívia, Colômbia e Paraguai.

Nesse cenário se insere a análise do planejamento energético e sua motivação e relevância para o desenvolvimento econômico e social sustentável, incorporando a análise das diferentes fontes energéticas, das inter-relações entre elas, bem como o papel dos Estados na estruturação de políticas energéticas.

1 Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, Relatório do Desenvolvimento Humano 2013, <http://hdr.undp.org/en/media/HDR13%20Summary%20PT%20WEB.pdf>, acesso em 14.06.2016.

Quando se aborda o planejamento energético no Brasil, a primeira constatação é de que há abundância de recursos naturais em suas diversas regiões, o que, por um lado, facilitaria o planejamento e a exploração desses recursos. Por outro lado, diversas são as situações econômico-sociais, as estruturas, as estratégias e as políticas pensadas pelo governo federal, o que pode representar dificuldade de convergência para sua utilização mais otimizada.

Assim, a análise do tema implica a reflexão sobre a atuação do Estado brasileiro no planejamento, a estrutura adotada, as ferramentas utilizadas e os resultados desejados. A atuação da iniciativa privada também é relevante, em razão dos custos envolvidos na implantação de empreendimentos de geração e de transmissão de energia elétrica, por exemplo.

Um Planejamento energético para o setor elétrico – PEE – completo e abrangente, seja em nível local, estadual ou nacional, é um processo crítico para o gerenciamento de um desenvolvimento socioeconômico sustentável e para a construção de uma economia limpa (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2015). Entende-se que um PEE não é um documento estático, mas um trabalho em constante revisão, no qual os responsáveis por sua elaboração estão continuamente verificando as diretrizes e objetivos dos *stakeholders*, os quais devem estar alinhados com a sociedade.

Observa-se que um efetivo PEE auxilia o Governo na construção de projetos e iniciativas que mudem efetivamente a política energética, saindo de uma abordagem simples e de pequenos experimentos para uma estratégia de longo prazo que permeia todas as ações e o modo de pensar no planejamento energético, com benefícios de longo prazo.

Na elaboração do PEE é fundamental que sejam considerados adequadamente os custos completos do recurso energético, o que inclui com especial relevância os custos ambientais. Isto está com a abordagem utilizada no PIR, o qual adota a Avaliação de Custos Completos (ACC), observando que um recurso não pode ser priorizado somente analisando a condição presente, pois no contexto do PIR a análise é de longo prazo.

3.4 O Planejamento Energético para o Setor Elétrico no Mundo

3.4.1 A EXPERIÊNCIA DOS ESTADOS UNIDOS NA ELABORAÇÃO DO PEE

Os Estados Unidos possuem uma tradição de elaborar diversas políticas em nível estadual ao invés do nível federal, com relativa autonomia para as unidades da federação, sendo que este princípio também se aplica ao planejamento energético. A política energética americana é caracterizada por macro diretrizes estabelecidas pelo *Department of Energy* (DOE) e pela regulação das agências nacionais em assuntos interestaduais, destacando a *Federal Energy Regulatory Commission* (FERC). Na esfera estadual a regulação é normalmente conduzida por uma *Public Utilities Regulatory Commission* (PURC).

Assim, as diretrizes da NAISO com apoio do DOE, constituem a base de formulação do PEE nos Estados Unidos, considerando neste processo a dimensão ambiental. No contexto do PEE americano os estados da federação devem reconhecer suas particularidades locais e endereçar políticas que atendam suas necessidades específicas, analisando as oportunidades econômicas e respeitando as estruturas legais em âmbito estadual e nacional.

Um PEE americano deve atender a seis requisitos:

Diminuição de custos: Usar eficientemente um recurso energético reduzirá os custos de operação, resultando em economias para as entidades públicas e para o setor privado.

Criação de empregos: Avançar na inovação e na criação de novos mercados (ex: fontes locais de energia, renováveis, gás natural, etc.) gerará uma demanda por empregos de alta qualificação com efeitos em diversos segmentos, entre eles vendas, instalações, manufatura e operações.

Crescimento econômico: Estabelecer uma política regulatória e um arcabouço pelo qual o estado desenvolverá suas fontes energéticas e atenderá os consumidores, o que atrairá novos negócios resultando no aumento do investimento nas indústrias existentes e em toda a cadeia da indústria de energia.

Competitividade da indústria: Identificar alternativas para que os setores-chave da economia do estado possam crescer e ser mais eficientes, produzindo produtos que elevarão a competitividade da indústria estadual no âmbito nacional e na competição por novos mercados globais.

Benefícios ambientais: Reduzir a intensidade energética ou migrar para formas e usos energéticos de baixa emissão contribuirá para um meio ambiente mais seguro e saudável.

Segurança, Confiabilidade e Resiliência: Assegurar que as necessidades do estado sejam supridas por uma variedade de recursos o que permitirá que o estado reaja de forma mais efetiva para eventuais rupturas.

No processo de elaboração do PEE os estados americanos devem obedecer ao menos dez passos, os quais refletem a natureza cíclica de um PEE. Complementarmente, os PEEs constroem uma base sólida de dados e as análises nos proveem novas lentes para que as políticas energéticas implementadas possam ser avaliadas.

A abordagem americana tende a realizar a avaliação de um recurso com um olhar extremamente financista e monetário. Mesmo quando se analisa as componentes não monetárias, a lógica de um PEE americano é converter estas componentes não monetárias para um valor normalmente em dólares por tonelada equivalente de petróleo (tep) ou em dólares por MWh produzido. Isto é muito evidente na dimensão ambiental, sendo que mesmo quando se estabelece uma meta analisando um indicador ambiental tende-se a convertê-lo em um impacto econômico-financeiro.

Um PEE estadual americano normalmente possui um passo e/ou etapa responsável pelo o estabelecimento das metas a serem atingidas. Neste momento é que os formuladores de política devem introduzir as metas relacionadas a indicadores ambientais.

A seguir, três exemplos de metas estabelecidas por estados americanos com enfoque ambiental:

Gerar 50% da eletricidade do estado a partir de fontes renováveis (RES-E) ou fontes alternativas até 2025 (ALASKA ENERGY AUTHORITY, 2010).

Reduzir em 20% o consumo de energia dos órgãos governamentais até 2012 (COLORADO STATE, 2007).

Até 2025 será obrigatório que ao menos 50% das usinas termoeletricas a carvão do estado de Kentucky sejam equipadas com tecnologias de gerenciamento de emissões (KENTUCKY STATE, 2008).

Figura 4:Dez passos no processo de elaboração de um PEE

Fonte: NASEO, 2014

Os programas federais normalmente apoiam os estados americanos na elaboração dos PEEs. O DOE administra o U.S. *State Energy Program*, no qual são identificadas as prioridades energéticas de cada estado a partir da disponibilidade de recursos. A dimensão ambiental é normalmente considerada nos PEEs por meio de convênios com U.S. *Environmental Protection Agency* (EPA) e a FERC, sendo que estas entidades afetam a elaboração dos planos em uma perspectiva regulatória. Estas duas entidades federais também são responsáveis por alavancar os direcionadores federais na esfera estadual, dada autonomia concedida aos estados mencionada anteriormente.

Desde o início do governo Obama a dimensão ambiental passou a ocupar um lugar de destaque no direcionamento da política energética americana. Em diversos momentos a administração Obama sinalizou com as bandeiras da independência energética americana (relacionada a questão geopolítica do petróleo) e da economia limpa com fontes renováveis. A última ação expressiva do governo Obama neste sentido foi o anúncio do *The Clean Power Plan* (TCPP) em ago/2015. Este plano de ação estabeleceu pela primeira vez, em nível nacional, o limite de emissão de carbono permitido para usinas geradoras de energia elétrica. O TCPP estabelece a meta de reduzir até 2030 as emissões de CO₂ em 32% em relação ao nível de 2005. O plano também tem como meta reduzir em 70% os poluentes que provocam doenças respiratórias (EPA, 2015). O setor elétrico americano é o que possui a maior participação na emissão de gases de efeito estufa com 31%, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 Emissões de Gases de Efeito Estufa nos EUA em 2013

Fonte: EPA, 2015

A maior parte da eletricidade dos EUA é gerada a partir de combustíveis fósseis. Em 2014, o carvão foi responsável por 39% da geração de 4000 TWh, seguido pelo gás natural que respondeu por 27%. Neste mesmo ano as RES-E responderam por apenas 13% da geração, enquanto as usinas nucleares atenderam a aproximadamente 20% do mercado americano (EIA, 2015).

Assim, os EUA estão estimulando que os PEEs das unidades da federação contemplem a dimensão ambiental apesar de não utilizarem uma abordagem ACC do PIRnaUSP. Destaca-se que na abordagem americana a componente ambiental é contemplada nas metas federais que funcionam como direcionadores das políticas estaduais, além da questão ideológica que fica presente na valoração dos recursos, pois normalmente os custos ambientais dos mais diversos indicadores são convertidos para dólares.

3.5 A EXPERIÊNCIA EUROPEIA NA ELABORAÇÃO DO PEE

3.5.1 Contexto da União Europeia

Apesar da Europa ter uma tradição de cooperação e ser o bloco político e econômico com maior coordenação em nível mundial, verifica-se que na questão do PEE existe um baixo nível de organização, e na prática a adoção de políticas determinadas pela Comissão da União Europeia são voluntárias. Com o objetivo de reverter esta baixa coordenação em assuntos de energia, a Comissão Europeia lançou em fev/2015 o projeto *The Energy Union Strategy* (TEUS). O principal patrocinador do TEUS é Donald Tusk, o presidente do Conselho Europeu, o qual apresentou esta ideia quando era ainda primeiro-ministro da Polônia.

O TEUS ganha relevância no atual contexto geopolítico não somente pelas questões ambientais, mas porque a Europa importa 53% das suas necessidades energéticas e depende fortemente de fornecedores problemáticos, tais como a Rússia (gás) que anexou a Crimeia.

Os seis objetivos principais objetivos do TEUS:

Formação de blocos de recursos, redes conectadas e unidas na União Europeia (UE) quando em negociação com países que não são da UE.

Diversificação das fontes de energia para que a UE possa rapidamente migrar de outros canais de suprimento se os custos financeiros e políticos de importar energia do Leste ficarem muito elevados.

Auxiliar os países da UE para se tornarem menos dependentes das importações.

Reduzir o uso de energia da UE em ao menos 27% até 2030.

Construir condições para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 40% até 2030.

Tornar a UE líder mundial em energias renováveis e na luta contra o aquecimento global.

Antes do TEUS a UE já havia lançado políticas que orientavam o PEE dos estados membros. O direcionador de política energética mais expressivo no âmbito da UE, até então, foram as metas 20-20-20 que devem ser atingidas até 2020. Estas metas são:

Uma participação de 20% da RES-E na geração.

Uma redução de 20% na emissão de gases de efeito estufa em comparação com os níveis de 1990.

Uma redução de 20% no uso primário de energia – baseado nos níveis projetados – através da eficiência energética.

3.5.2 *Aumento da participação da geração a partir de RES-E*

O grande desafio para a elaboração de um PEE na UE é combinar a segurança de suprimento e o uso de RES-E em uma região carente de recursos e fortemente importadora de fornecedores politicamente complicados. Todavia, para que a UE atinja as metas e os objetivos estabelecidos pela estratégia 20-20-20 e pelo TEUS será necessário um significativo aumento da geração a partir de RES-E. As estimativas apontam investimentos anuais da ordem de EUR 60-70 bilhões (De Jager et al., 2011) para atingir a meta de 20% de RES-E na UE até 2020. Atualmente os mecanismos de mercado e os subsídios governamentais não conseguiram alavancar investimentos que superassem EUR 53 bilhões. Assim, um forte apoio político será fundamental para que a meta de RES-E 20% seja atingida até 2020 (RAGWITZ ET AL., 2011).

RES-E tem experimentado diferentes estratégias de apoio político desde o final da década de 1970. O primeiro país da UE a apoiar politicamente o uso de RES-E foi a Dinamarca em 1979, a qual foi seguida quase uma década depois por Portugal em 1988. Na sequência foram introduzidas políticas de apoio a RES-E na Alemanha (1989) e Reino Unido (1990). Atualmente não há países na UE que não apoiem RES-

E, porém, as políticas e o percentual de participação não são uniformes e as metas que os países individualmente autoestabeleceram para 2020 vão de 5% para Estônia a 71% para Áustria (KITZING, ET AL., 2012).

Um PEE com sustentabilidade ambiental na UE necessitará de um forte apoio político que fomenta os investimentos necessários e harmonize as políticas entre os diversos estados membros. A abordagem utilizada até então foi do tipo “*bottom-up*”, porém as metas do TEUS e a forte cooperação e integração econômica dos países justifica uma abordagem “*top-down*”.

A UE inicialmente optou pelo uso do mecanismo de *Feed-in-Tariff* (FiT) para viabilizar a RES-E em um contexto de implementação e operação *bottom-up*. A política da UE para RES-E contempla a contratação no formato chamada pública na qual os projetos são contratados com uma lógica de FiT (França) ou com um preço meta (Dinamarca). Quando se adota um preço meta ocorre um complemento por programas especiais de apoio financeiro para que os investidores possam obter financiamento com juros menores. Contudo, os programas FiTs são onerosos no longo prazo, principalmente em um contexto de rápida mudança tecnológica e que permite a contratação da mesma fonte RES-E com preços sensivelmente mais baixos em um curto espaço de tempo. Países como a Espanha e a Alemanha estão revendo seus programas de FiT e tendem a migrar para programas com uma abordagem mais de mercado, tais como leilões.

3.5.3 *Redução da emissão de gases de efeito estufa*

DEETMAN, ET AL. (2013) argumenta que a maior parte dos estudos e modelos para UE exploram os cenários de mitigação com análises que utilizam a lógica da emissão de menor custo, induzida por taxas de carbono. Isto significa que em um âmbito de um PEE com abordagem ambiental não estão sendo analisadas algumas tecnologias que são onerosas economicamente (carros elétricos, por exemplo) como parte de um cenário de custos ótimos globais. Um cenário de mitigação de emissões para Europa no horizonte de 2050, adota como ponto de partida uma redução de emissões ao invés de um imposto sobre carbono emitido. Neste mesmo estudo, as opções avaliadas levam a possibilidade de reduzir em 65% o nível de emissões de CO₂ em relação aos níveis de 1990.

A Figura 6 apresenta um histórico e uma *baseline* projetada para emissão de CO₂ relacionada ao uso de energia na Europa. Esta figura evidencia que a geração de energia elétrica, indústria, transportes e residências são os maiores emissores. Analisando o setor de energia elétrica, destaca-se sua expressiva representatividade, ao redor de 30%, no total de emissões. Assim, é necessária uma modificação expressiva do uso dos recursos para geração de energia elétrica, com uma maior participação de RES-E e de nucleares.

Figura 6 Baseline e projeções para emissão europeia de CO₂ por setor

Fonte: DEETMAN, ET AL. (2013)

A redução da emissão de CO₂ se daria por uma expressiva elevação da participação das usinas eólicas no *mix* de geração, utilizando a energia nuclear e o gás natural como fontes de sustentação e segurança energética. Na Figura 7 evidencia-se o *mix* projetado para o horizonte 2008 – 2050 em um cenário de descarbonização da energia elétrica com migração para RES-E.

Figura 7 Baseline e projeções de geração de energia elétrica por fonte

Fonte: DEETMAN, ET AL. (2013)

3.6 O Contexto Brasileiro no Planejamento Energético

3.6.1 Marcos Regulatórios

A indústria de energia elétrica no Brasil tem sido muito debatida, em especial desde os primórdios do século XX, o que deu origem a marcos regulatórios distintos, com menor ou maior grau de organização, intervenção e complexidade, de acordo com as opções políticas, ideológicas, jurídicas e econômicas feitas pela sociedade ou pelo Estado ao longo do tempo.

Esses marcos regulatórios representam a base do desenvolvimento da energia elétrica no Brasil, nos quais o planejamento energético recebeu tratamentos distintos, até se caracterizar como uma atividade estatal.

3.6.2 Fases de desenvolvimento do setor elétrico e marcos regulatórios

De forma sumariada três fases distintas podem ser destacadas ao longo de mais de um século, quanto ao tratamento da indústria de energia elétrica no Brasil:

- A. Fase de interesse privado, local ou municipal - 1889-1934. Regulação incipiente, empreendedores locais e internacionais e a "cláusula-ouro" como balizador de tarifas.

B. Fase da "federalização" e de interesse nacional - a partir de 1934. A vocação brasileira para a infraestrutura, a partir dos anos 1950. Grandes estatais federais e estaduais e Eletrobras. Estruturação do quadro legislativo do setor elétrico e das instituições.

C. Fase mista ou "concorrencial" e regulada - a partir de 1988. Dicotomia ou sinergia entre serviço público e mercado. Tarifa e preço. Regulação institucionalizada, atividades sistêmicas funcionais e modelos do setor de energia elétrica.

A terceira fase, iniciada a partir da Constituição Federal de 1988, se encontra o atual marco regulatório do setor elétrico e as bases de organização do planejamento energético no país.

3.6.3 *O planejamento como atividade de Estado*

A análise da história da energia elétrica no país implica a avaliação do papel do próprio Estado brasileiro, na medida em que esse inicialmente permitiu à iniciativa privada a realização de atividades relativas à energia elétrica (século XIX) e, posteriormente, passou a atuar em diversos papéis (a partir do século XX), como Poder Concedente, planejador, regulador, fomentador, financiador e empresário.

Quando se trata de Poder Concedente, verifica-se que, pela Constituição Federal de 1988, compete à União explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão, os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos (previsão constante do art. 21, inciso XII, alínea "b", da Constituição).

O grande marco divisor da presença do Estado no setor elétrico é representado pela Constituição Federal de 1934 e pelo Código de Águas - Decreto nº. 24.643, de 10 de julho de 1934 (governo Getúlio Vargas), que caracterizaram a "federalização" da regulação das atividades relativas à energia elétrica, na medida em que se definiu ser da União a competência para legislar sobre a matéria (art. 118 da Constituição Federal de 1934).

As propriedades das quedas d'água e dos recursos hídricos, de modo geral, foram transferidas para a União, com a eliminação do direito de acessão, que conferia ao proprietário do solo o direito a essa propriedade. A União passou a ser o poder concedente, cujas atribuições antes também eram exercidas pelos Estados e pelos Municípios. As concessões eram outorgadas para produção, transmissão e distribuição da energia hidroelétrica, para quaisquer fins, pelo prazo normal de 30 anos (art. 157 do Código), com tarifas “razoáveis” a serem cobradas dos consumidores (arts. 162, 163, 178 e 180 do Código de Águas).

Nesse período, entretanto, a maior preocupação era quanto aos serviços de eletricidade e sua operação, além dos custos, em razão de existirem várias empresas privadas nos Municípios (várias delas controladas pela Light ou pela Amforp) e de as tarifas serem atualizadas pela cláusula-ouro, o que foi extinto, pois as tarifas passaram a ser fixadas pelo Poder Público.

As disposições transitórias do Código de Águas também proibiam a ampliação de instalações e determinavam a revisão dos contratos existentes, o que foi alvo de diversos questionamentos e resultou em certa paralisação nos investimentos no período, o que buscou ser corrigido por intermédio do Decreto-lei nº 852, de 11.11.1938, que introduziu diversas modificações no Código, em especial no que se refere aos aproveitamentos de quedas d'água destinados a serviços públicos, de utilidade pública ou ao comércio de energia, que só poderiam ser concedidos a brasileiros, ou a Estados e Municípios ligados ou não em consórcio, ou a sociedades brasileiras organizadas sob a forma de sociedade de capitais ou sociedade de pessoas (todos os sócios deveriam ser brasileiros).

A partir da década de 1940, e principalmente a partir de 1950, destaca-se a atuação de estatais federais, como Chesf, Furnas, Eletronorte e Eletrosul e empresas estatais estaduais, como Cesp, Cemig e Copel, as quais tiveram papel relevante na implantação de empreendimentos de geração e de transmissão de energia elétrica, o que era uma real necessidade brasileira. Na década de 1950 foi iniciada uma nova fase no desenvolvimento da infraestrutura brasileira, com participação de recursos externos e a criação de uma instituição de fomento específica, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico – BNDE, hoje BNDES.

Em 1951, em decorrência de acordo firmado entre Brasil e Estados Unidos em dezembro de 1950, foi criada a Comissão Mista Brasil-Estados Unidos - CMBEU. Essa fase é analisada como um capítulo à parte na história econômica do Brasil, pois brasileiros e americanos estudaram em conjunto avanços, retardos e problemas do país e indicaram soluções com a finalidade de promover “o desenvolvimento econômico do Brasil, tendo em vista, particularmente, a formulação de planos de investimento destinados a vencer as deficiências em transporte e energia”, ou seja, o reaparelhamento ou alavancagem dos setores de infraestrutura da economia brasileira².

Pode-se afirmar que os estudos do CMBEU demonstram a vocação brasileira para o desenvolvimento da infraestrutura, na medida em que, além do diagnóstico efetuado, diversos caminhos podiam ser seguidos, o que também foi indicado pelos estudos elaborados, inclusive via BNDES, instituição financeira destinada a fomentar esse desenvolvimento.

Apesar das diversas análises históricas, de fato se pode afirmar que nesse período se iniciou uma efetiva preocupação com o planejamento e a mobilização de recursos para empreendimentos elétricos, buscando-se afastar a dependência de empresas estrangeiras (houve grande participação externa no setor, no início do século XX), o que também pode ser atribuído a um certo pragmatismo na busca do avanço que se almejava para o setor elétrico.

Em 1961, com a criação das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - Eletrobrás³, controlada pela União, o modelo estatal foi fortalecido, mediante a centralização do planejamento, do financiamento e da expansão da geração de energia elétrica no

2 Revista Observador Econômico e Financeiro, Ano XX, Nº 230, abril de 1955.

3 O nome Eletrobrás tem sido escrito com ou sem acento agudo ao final. Recorde-se também que a Petrobras, depois de grande discussão, principalmente político-ideológica, sobre a alteração do nome "Petrobrás" para "Petrobrax", em 2000, excluiu o acento agudo por razões comerciais e de atuação no mercado exterior. No site da Eletrobras, as duas grafias foram encontradas. Vide em www.eletrobras.com.br, acesso em 28.05.2013.

país. Esse evento marcou fundamentalmente a presença do Estado no setor, o que exigiu mais recursos financeiros para seu desenvolvimento, principalmente em razão do crescimento econômico e populacional das décadas de 1960 e 1970, que exigia a ampliação da oferta de energia elétrica.

3.6.4 *O planejamento a partir da Constituição Federal de 1988*

Pode-se afirmar que com a Constituição Federal de 1988 se inicia a terceira fase da evolução histórica do setor elétrico - denominada mista ou “concorrencial”, regulada, de grande atuação estatal e privada, na qual a energia elétrica é entendida como de interesse nacional, como serviço público, mas também como “commodity” negociável no mercado.

Há uma forte atividade de planejamento, combinada com a atividade de operação e de mercado, em que o Estado também atua de forma substancial. Isso porque, a partir de 1980, com a crise financeira, o endividamento das estatais e a maior dificuldade de utilização de recursos públicos, novos caminhos foram buscados para favorecer a expansão do setor, ampliando-se a participação do capital privado. O Estado passou a exercer, de forma mais determinativa, na forma da lei, as funções de fiscalização, incentivo e planejamento, determinante para o setor público e indicativo para o setor privado.

O planejamento passou a ser tema obrigatório em diversos campos a partir de 1988, com a nova Constituição Federal, principalmente ao se considerar que um dos objetivos do Brasil é reduzir as desigualdades sociais e regionais (art. 3º da Constituição). A seguir consta a indicação de alguns dispositivos constitucionais em que o planejamento está inserido:

(a) Integração para funções de interesse comum:

“Art. 25, § 3º: Cabe aos Estados federados instituírem regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, constituídas por agrupamentos de municípios limítrofes, para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.” (grifou-se)

(b) Articulação para desenvolvimento:

“Art. 43: União poderá articular sua ação em um mesmo complexo geoeconômico e social, visando a seu desenvolvimento e à redução das desigualdades regionais. § 1º Lei complementar disporá sobre:

I - as condições para integração de regiões em desenvolvimento;

II - a composição dos organismos regionais que executarão, na forma da lei, os planos regionais, integrantes dos planos nacionais de desenvolvimento econômico e social, aprovados juntamente com estes.”

c) Competência legal para planejar: “Art. 48, inciso IV: a União detém competência legislativa para planejar e elaborar programas regionais e setoriais de desenvolvimento, delimitado pelo plano plurianual.”

d) Função de planejamento: “Art. 174. Como agente normativo e regulador da atividade econômica, o Estado exercerá, na forma da lei, as funções de fiscalização, incentivo e planejamento, sendo este determinante para o setor público e indicativo para o setor privado.

§ 1º A lei estabelecerá as diretrizes e bases do planejamento do desenvolvimento nacional equilibrado, o qual incorporará e compatibilizará os planos nacionais e regionais de desenvolvimento.

.....”

Particularmente no Brasil, a partir de 2000, com bases nas premissas de expansão, garantia do suprimento, planejamento e modicidade tarifária, foram adotados políticas públicas e/ou setoriais e mecanismos de regulação à distribuição, à geração, à comercialização e à transmissão de energia elétrica, num cenário de curto, médio e longo prazos.

No modelo do setor elétrico a partir de 2004 – com as Leis nº 10.847 e 10.848, de 15 de março de 2004, cinco funções sistêmicas passaram a ser tratadas de forma específica, numa cadeia de atividades que se inter-relacionam e cuja observação pelos agentes é essencial: a regulação, o planejamento, o monitoramento do setor, a comercialização de energia elétrica e a operação do sistema (essas duas últimas atividades, sob a regulação da ANEEL).

3.6.5 O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

Na década de 1990 o planejamento não foi tratado expressamente na Lei de Política Energética Nacional, a qual tratou de atividades relativas ao petróleo, instituiu o Conselho Nacional de Política Energética – CNPE e a Agência Nacional do Petróleo (Lei nº 9.478, de 06.08.1997). Por essa lei, as políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia visam aos seguintes objetivos:

- a) Preservar o interesse nacional;
- b) Promover o desenvolvimento, ampliar o mercado de trabalho e valorizar os recursos energéticos;
- c) Proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos;
- d) Proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia;
- e) Garantir o fornecimento de derivados de petróleo em todo o território nacional;
- f) Incrementar, em bases econômicas, a utilização do gás natural;
- g) Identificar as soluções mais adequadas para o suprimento de energia elétrica nas diversas regiões do país;
- h) Utilizar fontes alternativas de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis;
- i) Promover a livre concorrência;
- j) Atrair investimentos na produção de energia;
- k) Ampliar a competitividade do País no mercado internacional;
- l) Incrementar, em bases econômicas, sociais e ambientais, a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional;
- m) Garantir o fornecimento de biocombustíveis em todo o território nacional;

- n) Incentivar a geração de energia elétrica a partir da biomassa e de subprodutos da produção de biocombustíveis, em razão do seu caráter limpo, renovável e complementar à fonte hidráulica;
- o) Promover a competitividade do País no mercado internacional de biocombustíveis;
- p) Atrair investimentos em infraestrutura para transporte e estocagem de biocombustíveis;
- q) Fomentar a pesquisa e o desenvolvimento relacionados à energia renovável; e
- r) Mitigar as emissões de gases causadores de efeito estufa e de poluentes nos setores de energia e de transportes, inclusive com o uso de biocombustíveis.

Em 2003, nos estudos para o modelo adotado em 2004, entendeu-se que o primeiro aspecto relevante e essencial no planejamento energético era a existência de uma instituição especialmente voltada para essa finalidade, tendo sido criada a Empresa de Pesquisa Energética – EPE, pela Lei nº 10.847, de 15.03.2004.

Em 2004, o planejamento foi tratado de forma mais expressa na legislação, pois o CNPE foi incumbido de sugerir a adoção de medidas necessárias para garantir o atendimento à demanda nacional de energia elétrica, considerando o planejamento de longo, médio e curto prazos, podendo indicar empreendimentos que devam ter prioridade de licitação e implantação, tendo em vista seu caráter estratégico e de interesse público, de forma que tais projetos venham assegurar a otimização do binômio modicidade tarifária e confiabilidade do sistema elétrico (inciso VI do art. 2º da Lei nº 9.478/1997, incluído pela Lei nº 10.848/2004).

3.6.6 *Conceito e finalidade do planejamento energético*

O planejamento, como um conceito geral é um processo de definição antecipada de objetivos futuros e de programação de atividades e meios para alcançá-los – busca-se passar de uma situação atual, concreta, para uma futura, desejada.

O planejamento energético, por seu turno, é um processo que, segundo Tolmasquim (2011), divide-se em duas acepções principais, mas complementares, quais sejam:

- a) **Planejamento da Expansão:** considerado de médio e longo prazo, o planejamento da expansão proporciona suporte e apresenta sinais para decisões de investimentos, definição de novas fontes de suprimento (geração) e instalações do sistema, com o objetivo de atender à demanda futura de energia. Dado o elenco de recursos energéticos e tecnológicos, projeta-se a demanda de energia elétrica e formula-se uma estratégia de expansão que permita atender à demanda projetada de forma segura e econômica. Os estudos para esse fim são de responsabilidade da EPE.
- b) **Planejamento da operação:** dada uma estratégia de expansão, busca-se atender à demanda, de modo a minimizar o custo de operação num determinado momento ou período, para um nível de segurança preestabelecido, sob responsabilidade do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS.

Na Figura 8 consta a divisão de atribuições relativas ao planejamento da expansão e da operação, sob responsabilidade, respectivamente, da EPE e do ONS.

Figura 8 Planejamento da expansão e da operação

3.6.7 Empresa de Pesquisa Energética - EPE

A EPE, empresa pública federal vinculada ao MME, é responsável pela prestação de serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético (energia elétrica, gás e petróleo), o qual é definido em última instância

pela União (art. 174 da Constituição Federal). Os estudos e pesquisas feitos pela EPE subsidiam a formulação, o planejamento e a implementação de ações no âmbito da política energética nacional.

Entre as várias atribuições da EPE, destacam-se as seguintes:

- a) elaboração do Plano Decenal de Energia Elétrica (PDE);
- b) elaboração do Plano Nacional de Energia (PNE);
- c) elaboração do Balanço Energético Nacional (BEN);
- d) estudos e projeções da matriz energética brasileira;
- e) identificação e quantificação de potenciais de recursos energéticos;
- f) suporte nas articulações para aproveitamento energético de rios compartilhados com países limítrofes;
- g) estudos para a determinação dos aproveitamentos ótimos dos potenciais hidráulicos;
- h) obtenção da licença prévia ambiental e a declaração de disponibilidade hídrica para licitações de empreendimentos hidrelétricos e de transmissão;
- i) estudos para o desenvolvimento dos planos de expansão da geração e transmissão;
- j) estudos de impacto social, viabilidade técnico-econômica e socioambiental para os empreendimentos de energia elétrica e de fontes renováveis;
- k) estudos para incrementar a utilização de energia de fontes renováveis e de carvão mineral nacional; estudos para subsidiar planos e programas de desenvolvimento energético ambientalmente sustentável, inclusive eficiência energética;
- l) promover planos de metas para a utilização racional e conservação de energia;
- m) estudos para programas de apoio para a modernização e capacitação da indústria nacional, com foco no fornecimento de bens e equipamentos para a expansão energética, entre outros.

Entre outros objetivos, os vários estudos elaborados pela EPE servem de base para a definição de estratégias a serem adotadas no planejamento da expansão da geração e da transmissão de energia elétrica.

3.6.8 *Alcance do planejamento energético*

O planejamento energético alcança as seguintes atividades: (a) energia elétrica; (b) energia nuclear; (c) eficiência energética; (d) fontes renováveis; (e) gás natural; (f) petróleo e derivados. Por outro lado, o planejamento não inclui as atividades de minas e metalurgia, com exceção do carvão mineral (combustível fóssil).

As questões básicas do planejamento econômico, em princípio, possuem um viés mais econômico, apesar de seus efeitos sociais, ambientais e políticos (o que é observado com mais detalhe quando se analisa o PIRnaUSP). Essas questões são as seguintes, de forma objetiva:

- a) Demanda: previsão de consumo de energia elétrica num determinado período
- b) Oferta: quais são os recursos existentes / fontes de energia elétrica e transmissão
- c) Disponibilidade: prazos e valores / custos de implantação e consumo
- d) Tendências: estimativa de crescimento da economia no período
- e) Políticas públicas – ex.: incentivo à geração eólica e solar.

Observadas essas questões, a indagação é como realizar o planejamento energético, para o que se exige uma base legal (marco regulatório indicado neste artigo), instituições com atribuições específicas, ferramentas e adoção de cenários e premissas macroeconômicas, socioeconômicas e setoriais (consumidores ou setores da economia) e trajetórias de crescimento.

3.6.9 *Metodologias de planejamento energético*

O planejamento energético não está integralmente isento de externalidades, na medida em que é baseado em projeções de mercado - consumo e carga - elaboradas com base em cenários diversos de crescimento da economia, em geral denominados: trajetória de referência, trajetória de crescimento alto e trajetória de crescimento baixo.

A abordagem metodológica da projeção de carga de energia elétrica pressupõe que a carga é composta pelo consumo de energia elétrica na rede e as perdas totais no sistema elétrico. O consumo de energia elétrica na rede é a demanda medida no ponto de medição da unidade consumidora, enquanto as perdas totais são constituídas pelas perdas na rede básica (transmissão) e perdas na rede de distribuição – que podem ser de origem técnica, que são inerentes aos transportes de energia elétrica na rede, e não técnicas, que englobam furtos de energia, erros de medição e outros fatores.

Para a elaboração de cenários de projeção de carga de energia, pode-se utilizar a abordagem metodológica *top-down* ou *bottom-up*, conforme explicitado a seguir.

A abordagem *top-down* é constituída por um modelo econométrico de regressão para cada classe de consumo de energia elétrica, em especial a residencial, a comercial (inclui prestação de serviços) e a industrial (classes definidas na Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010), com base em um embasamento estatístico no qual duas variáveis são essenciais: o consumo e a classe num período de tempo considerado (ex.: 5 ou 10 anos). A partir daí obtém-se um número que embasa a probabilidade de ocorrência do cenário de crescimento, por exemplo. As cinco maiores atividades consumidoras de energia elétrica no Brasil são: cimento, papel e celulose, siderurgia, mineração e química.

Na abordagem *bottom-up*, de modo geral, é realizado um ajuste às projeções encontradas pela eletro-intensidade nos consumos residencial e industrial, e pelo ponto de inflexão, aplicado de forma consolidada na curva de projeção do consumo total, sobre a qual se adicionam as perdas totais projetadas com fundamento na análise da média e desvio na série histórica.

O ajuste realizado na abordagem *bottom-up* decorre essencialmente do cenário macroeconômico observado e da elasticidade inerente à realidade – no caso do Brasil em 2015 e 2016, por exemplo, apresenta-se um cenário de crise econômica (PIB negativo) que pode indicar regressão ou manutenção na curva de consumo de energia elétrica nas classes observadas, em especial na comercial, na industrial e na residencial.

Numa abordagem mais ampla, quando se verifica o que a EPE publicou em 2005 sobre o mercado de energia elétrico brasileiro⁴, por exemplo, observa-se que muitas das questões ali indicadas ainda estão em debate em 2013, em relação aos cenários nacional e mundiais e premissas macroeconômicas, socioeconômicas e setoriais (consumidores ou setores da economia):

“O futuro é incerto e não pode ser previsto com exatidão e segurança, sendo na verdade o resultado de descontinuidades, rupturas e inflexões do padrão passado, altamente influenciado por novos fatos portadores de futuro e fruto de uma construção social, resultado dos interesses e estratégias dos diversos atores” (ob. cit., p. 16).

“... A evolução futura da demanda de energia, em particular do gás natural e da eletricidade, dificilmente seguirá os padrões do passado, devendo registrar movimentos diferenciados decorrentes das dinâmicas das variáveis que determinam o seu desempenho, como, por exemplo, em relação aos seguintes fatores (Macroplan, 2005):

- (a) avanço do marco regulatório do setor de petróleo e gás, ainda em desenvolvimento e não completamente consolidado entre as Unidades da federação e entre o País e as nações vizinhas;
- (b) conclusão da implantação do novo arranjo institucional do setor elétrico, intensificando a concorrência (ambiente de negócios);
- (c) questões relativas à implementação da lei das parcerias público-privadas;
- (d) gestão ambiental restritiva;
- (e) incertezas em relação ao crescimento das economias dos Estados Unidos e da China;

4 Mercado de Energia Elétrica 2006-2015, Empresa de Pesquisa Energética - EPE, Rio de Janeiro, RJ, 2005.

(f) tensões e conflitos no Oriente Médio;

(g) trajetória do preço do petróleo e das demais commodities” (ob. cit., p. 17).

Considerando os aspectos abordados nos estudos do planejamento, e observando as condições gerais macroeconômicas e sociopolíticas discutidas atualmente, verifica-se que muitas das questões podem atingir elevado grau de preocupação e impactar os cenários analisados, como as relativas ao crescimento da economia após a crise financeira de 2008 (cujos efeitos ainda são discutidos, como na Europa, em países como a Grécia, a Espanha e outros), as tensões e conflitos no Oriente Médio, com intensos movimentos sociopolíticos.

3.6.10 *Produtos relacionados ao planejamento energético*

Os principais produtos desenvolvidos pela EPE e que servem de base para o planejamento energético são os seguintes:

- Plano Nacional de Energia (PNE): horizonte de longo prazo
- Plano Decenal de Energia (PDE): horizonte de 10 anos
- Programa de Expansão da Transmissão (PET): horizonte 5 anos
- Balanço Energético Nacional: estatísticas setoriais (anual)
- Boletins de Análise do Mercado: mensais e quadrimestrais
- Anuário Estatístico de Energia Elétrica
- Plano Decenal de Expansão da Malha de Transporte Dutoviário (PEMAT)
- Boletim Trimestral de Energia Eólica (“Wind Index”)

O Plano Nacional de Energia – PNE contempla os seguintes aspectos: Análise Retrospectiva; Projeções; Geração Hidrelétrica; Geração Termelétrica (Petróleo e Derivados); Geração Termelétrica (Gás Natural); Geração Termelétrica (Carvão Mineral); Geração Termonuclear; Geração Termelétrica (Biomassa); Outras Fontes; Combustíveis Líquidos; Eficiência Energética (<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>).

Quanto ao Plano Decenal de Energia – PDE, é um dos principais instrumentos de expansão do país. Com base no PDE há sinalização para orientar as ações e decisões voltadas para o equilíbrio entre as projeções de crescimento econômico e a expansão da oferta – busca da garantia de suprimento energético com adequados custos e ambientalmente sustentáveis. O processo de elaboração do PDE tem como insumos a projeção do consumo de energia elétrica no horizonte de planejamento; o parque gerador instalado e suas características; os grandes troncos de transmissão de energia; os empreendimentos novos que entrarão em operação (<http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>).

Para a transmissão de energia elétrica, no planejamento se busca a melhor alternativa de expansão da rede, considerando: projeções de mercado; plano de geração; sistema existente; expansão da rede de distribuição; modicidade tarifária; aspectos sazonais; aspectos geográficos e intercâmbios de energia elétrica; menores impactos ambientais, entre outros aspectos.

3.6.11 PNE 2030

O Brasil possui uma tradição de elaboração de PEE centralizado desde a organização e criação das grandes empresas estatais do setor de energia nas décadas de 1950 e 1960, com destaque para as empresas do grupo Eletrobrás e para a Petrobrás. Embora em muitos momentos a elaboração do PEE não tenha sido sistematizada, havia uma lógica de organização do Estado brasileiro em torno de políticas integradas no setor energético, visando o desenvolvimento socioeconômico. Todavia, este conjunto de políticas, até meados da década de 1980, apresentava pouca preocupação com as questões ambientais.

Com a redemocratização do país a questão ambiental passou a ocupar um maior espaço na agenda política, e consequentemente na elaboração das políticas do setor de energia. O conjunto de leis e regulamentações que surgiram após a Constituição de 1988 levaram o setor de energia a considerar como elemento fundamental a questão ambiental.

Na década de 1990 o Estado brasileiro passa por uma forte carência de recursos, e de forma bastante pragmática o setor de energia começa a migrar de uma lógica de planejamento integrado com forte atuação do Estado para uma lógica de mercado

com presença crescente de investimentos privados. Os novos *players* passam a considerar a questão ambiental como custos e riscos para a implementação dos projetos, o que refletiria nas tarifas e/ou preços dos produtos e serviços a serem fornecidos para sociedade.

Contudo, as mudanças introduzidas na década de 1990 orientadas por uma ótica de autorregulação pelo mercado mostraram-se insuficiente para conduzir a uma lógica integrada e sustentável no setor de energia, e uma das evidências desta falta de coordenação foi a crise de abastecimento de energia elétrica entre 2001-2002. Esta crise de abastecimento levou a uma reorganização das instituições do setor de energia, em especial do setor elétrico com a criação da EPE.

A EPE é responsável pelo planejamento do setor de energia e pela elaboração do PEE com enfoque ambiental. Neste sentido a EPE realiza dois estudos: (i) Plano Nacional de Energia (PNE); (ii) Plano Decenal de Energia (PDE). O PNE teve sua primeira versão analisando o horizonte 2030 publicado em 2007, sendo que está em elaboração um novo estudo analisando o horizonte 2050, observando que o PNE é de fato um documento com uma lógica de PEE. Relativamente ao PDE, a EPE publicou oito estudos desde 2005, os quais possuem uma lógica mais voltada para a operação do sistema eletro-energético. Neste artigo é apresentada uma sucinta análise do PNE 2030 como um PEE, observando que no PEE a questão ambiental é tratada de forma residual e não como principal direcionador.

3.6.12 *Elaboração do PNE 2030 – aspectos metodológicos*

O PNE 2030 busca atender uma lógica de um ciclo de PIR, o qual é necessariamente recursivo, que se autoalimenta. A EPE utilizou na elaboração do PNE 2030 quatro etapas: diagnóstico, elaboração de diretrizes, elaboração de políticas e monitoramento. Na etapa de diagnóstico são realizados os estudos e levantamentos que identificam os potenciais energéticos, além da forma e dos custos para seu desenvolvimento, destacando o Balanço Energético e a Matriz Energética (EPE, 2007). A partir dos levantamentos e estudos são elaboradas as diretrizes e políticas energéticas em linha com os objetivos estratégicos do país, os quais são determinados pelos formuladores de política (Ministros e a Presidência da República). Uma vez elaboradas as diretrizes, são monitorados os principais indicadores do setor

eletro-energético visando verificar a aderência dos resultados com o PNE, sendo que para os futuros estudos estes resultados servirão como *inputs*.

Metodologicamente os estudos do PNE 2030 foram estruturados em quatro grupos:

Módulo macroeconômico: formulação de cenários de longo prazo com a evolução do PIB, inflação, consumo e desempenho dos três setores econômicos, incluindo cenários de intensidade energética.

Módulo de demanda: demografia, conservação de energia e consumo final.

Módulo de oferta: estudos de recursos energéticos, evolução tecnológica, regulação e tendência de usos de diferentes recursos energéticos.

Estudos finais: integração dos estudos de oferta e demanda

A Figura 9 apresenta a metodologia e os sistemas utilizados na elaboração do PNE 2030. A consistência dos cenários macroeconômicos é avaliada por meio do Modelo de Consistência Macroeconômica de Longo Prazo (MCMLP) utilizado pelo Banco Mundial e adaptado pela EPE. No cenário demográfico foi utilizado o Modelo de Estimativa de Parâmetros Demográficos (MEDEM) do IBGE. Para o consumo final de energia utilizou-se o Modelo Integrado de Planejamento Energético (MIPE), desenvolvido pela Coordenação de Programa de Pós-graduação em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O consumo de energia elétrica residencial foi previsto por meio do Modelo de Projeção da Demanda Residencial (MSR), o qual foi concebido pela EPE. Para a oferta, as previsões e análises contaram com dois modelos de transformação de energia primária, os denominados Modelo de Estudo do Refino (M-Ref) desenvolvido pela EPE e o Modelo de Expansão de Longo Prazo (MELP) desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). Os resultados obtidos dos modelos de oferta e demanda foram consolidados no modelo MESSAGE da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). O uso desta cadeia de modelos permitiu que se construísse para o PNE 2030 a projeção da Matriz Energética Brasileira (EPE, 2007 p.32).

Observa-se que na metodologia de construção do PNE 2030 a elaboração dos cenários nacionais é um importante pilar, contando basicamente em premissas macroeconômicas. Há quatro cenários: A – Na crista da onda, B1 – Surfando na

marola, B2 – Pedalinho, e C – Náufrago. A Figura 10 apresenta a caracterização dos Cenários Nacionais.

Figura 9 PNE 2030 – Modelos de Cálculos Utilizados

Fonte: EPE (2007)

INCERTEZA CRÍTICA	DENOMINAÇÃO DOS CENÁRIOS			
	A NA CRISTA DA ONDA	B1 SURFANDO A MAROLA	B2 PEDALINHO	C NÁUFRAGO
INFRA-ESTRUTURA	Redução significativa dos gargalos	Gargalos parcialmente reduzidos	Permanência de gargalos importantes	Deficiência relevante
DESIGUALDADES DE RENDA	Redução muito significativa	Redução relevante	Redução pequena	Manutenção
COMPETITIVIDADE DOS FATORES DE PRODUÇÃO	Ganhos elevados e generalizados	Ganhos importantes porém seletivos	Ganhos pouco significativos e concentrados em alguns setores	Baixa, embora com ganhos concentrados em alguns setores
PRODUTIVIDADE TOTAL DA ECONOMIA	Elevada	Média para elevada	Média para reduzida	Reduzida

Figura 10 PNE 2030 – Caracterização dos Cenários Nacionais

Fonte: EPE (2007)

A seguir apresenta-se a evolução do consumo e da oferta de energia, e as questões ambientais relacionadas, as quais são influenciadas pelos quatro cenários sintetizados na Figura 10.

4.3 Projeção de consumo do PNE 2030

As projeções de consumo final não estão relacionadas somente com a taxa de crescimento do PIB, mas também com a disseminação da tecnologia e o comércio internacional. Uma outra variável importante é o crescimento populacional e a renda, o que tende a expandir o setor de serviços e de segmentos industriais com oferta ao mercado interno.

A Figura 11 apresenta as projeções de consumo final de energia no Brasil com base nos quatro cenários nacionais elencados anteriormente. Os cenários com maior crescimento econômico incorporam maior evolução tecnológica e uso mais racional dos recursos, refletindo em um menor consumo final de energia. Todavia, em qualquer dos cenários traçados há um expressivo aumento da demanda por energia, sendo necessários expressivos esforços para atendimento da sociedade, o que incluirá medidas de eficiência energética. Nas projeções da Figura 11 já se contempla um certo montante de eficiência energética, o qual possui um comportamento progressivo autônomo, porém acredita-se que serão necessários esforços adicionais (EPE, 2007 p. 60).

Na análise do PNE 2030 também se verifica a elasticidade do consumo de energia em relação ao PIB. No caso brasileiro existe uma inércia no consumo de energia, a qual faz que mesmo em cenários com um crescimento do PIB mais modesto exista um crescimento mínimo autônomo e que em cenários com crescimento do PIB mais agressivo uma elevação do consumo em ritmo inferior. Conforme apresenta-se na Figura 12, a taxa média de crescimento do PIB no período 1970-2005 foi de 4% e o consumo de energia cresceu 3% no mesmo período.

Consumo final em 2000: 144,8 milhões de tep					
	2010	2020	2030	$\Delta\%$ AO ANO 2000–2030	$\Delta\%$ AO ANO 2010–2030
Cenário A	207,3	309,3	474,0	4,0	4,2
Cenário B1	206,1	288,7	402,8	3,5	3,4
Cenário B2	206,3	267,9	356,3	3,0	2,8
Cenário C	200,0	243,6	309,3	2,6	2,2

Figura 11. Projeção do Consumo Final de Energia no Brasil em milhões de tep

Fonte: EPE (2007)

A elasticidade do consumo de energia em relação ao PIB redundava na análise da evolução da intensidade energética brasileira. Normalmente a intensidade energética de uma economia é expressa em tep/R\$ ou em tep/US\$ e esta medida serve para realizar comparações internacionais. O Brasil passou por uma forte queda da intensidade energética em relação ao PIB no período 1970-1990 e deve-se basicamente a substituição da lenha por energéticos mais eficientes. No período 1990-2010 há um crescimento da intensidade energética devido ao crescimento econômico associado ao crescimento da renda, o que permitiu que as pessoas e empresas elevassem seu padrão de consumo e bem-estar.

Os cenários projetados na Figura 13 apontam que somente no Cenário C é que haveria um crescimento na intensidade energética em relação ao ano de 2005. Assim, espera-se que ocorra um crescimento da economia brasileira, mas que a evolução tecnológica e as medidas de eficiência energética sejam elementos que tornem o país mais eficiente.

Figura 12 Taxas médias de crescimento do PIB e consumo de energia

Fonte: EPE (2007)

Com um quadro mais claro sobre os cenários e as expectativas do consumo total de energia no Brasil, é possível realizar uma sucinta análise sobre a questão ambiental e a emissão de CO₂. Analisando o longo prazo, espera-se um forte crescimento do consumo total de energia no Brasil, e mesmo contando com a forte participação de fontes renováveis na matriz, a emissão anual de toneladas de CO₂ deve atingir 970 milhões em 2030, mais do que dobrando o número apresentado em 2005.

Uma análise do lado da demanda demonstra que os setores industriais e de transportes são os que apresentarão a maior contribuição nas emissões de CO₂. Contudo, deve-se destacar a evolução da emissão por parte da geração de energia elétrica, com uma taxa de crescimento praticamente constante de 7% ao ano. Na Figura 14 é possível observar como a geração de energia elétrica cresce sua participação de 6% para quase 10% no total de emissões.

Figura 13. Evolução da Intensidade Energética – tep/US\$ 1000 (2005)

Fonte: EPE (2007)

Figura 14 Evolução das Emissões de CO₂ – milhões de toneladas anuais

Fonte: EPE (2007)

O aumento das emissões no setor elétrico está relacionado com a mudança da matriz, a qual contava na década de 1980 com mais de 90% da capacidade instalada originada de usinas hidroelétricas. Em 2014 este número era de aproximadamente de 67%, e isto deve-se as fortes restrições ambientais para construção de usinas com grandes reservatórios, especialmente na região Amazônica na qual estão localizados

os aproveitamentos hidroelétricos ainda não explorados. O crescimento da demanda está sendo atendido por usinas termoeletricas e por outras renováveis, com destaque para as usinas eólicas a partir dos leilões de energia de reserva realizados em 2009.

Figura 15. Projeção do Consumo Final de Eletricidade no Brasil em TWh Fonte: EPE (2007)

O consumo de energia elétrica no Brasil deverá subir de 375 TWh em 2005 para valores entre 850 TWh e 1.250 TWh em 2030, dependendo do cenário estabelecido. A Figura 15 apresenta a evolução da demanda nos quatro cenários descritos anteriormente, e os números indicam a necessidade de equilibrar o atendimento da demanda e as questões ambientais, com destaque para os níveis de emissão de CO₂.

4 O Planejamento Integrado de Recursos

4.1 Introdução

O aproveitamento de recursos energéticos de um modo geral traz consigo características inerentes, tanto no que se refere à fonte energética quanto à tecnologia de aproveitamento, de impactos socioambientais. Sejam estes impactos grandes ou pequenos, positivos ou negativos, eles sempre estarão presentes.

A sustentabilidade pode ser descrita como um propósito de bem-estar geral, dentro das possibilidades e realidades da sociedade; ou também como o fechamento do ciclo de produção, com o mínimo de produtos secundários, a máxima eficiência dos processos e ótima manutenção dos recursos, sendo considerados objetivos integrados como um plano para o suprimento das demandas futuras de energia, com a minimização dos impactos socioambientais gerados e o máximo atendimento às necessidades regionais.

O objetivo do planejamento energético, e mais especificamente do PIR, é sistematizar estes recursos energéticos, as necessidades para sua utilização, potenciais, impactos e características gerais para que tais impactos possam ser menores, ao longo do tempo, do que a simples provisão da necessidade imediata por energia.

O Planejamento Integrado de Recursos Energéticos é uma ferramenta metodológica que visa o auxílio à tomada de decisão em busca do melhor aproveitamento dos recursos energéticos de uma determinada região, de forma a concatenar o máximo de variáveis e parâmetros envolvidos em uma análise sistêmica, holística e racional dos recursos energéticos e da região de estudo.

O PIR nasceu da necessidade de se integrar, já na etapa de planejamento, a oferta e a demanda por energia de forma a considerar não só recursos energéticos do lado da oferta para atendimento de uma previsão de demanda, como é realizado pelo planejamento energético tradicional, em que a previsão de demanda se confunde com a sua projeção, mas também recursos energéticos do lado da demanda são inclusos para o atendimento desta previsão.

O PIR aqui trabalhado além de apenas integrar oferta e demanda, também incorpora diversos outros elementos metodológicos de análise. Incluindo a caracterização a

priori dos RELOs e dos RELDs quanto às dimensões social, ambiental e política, além das características técnico-econômicas usuais no planejamento tradicional.

Na busca de uma análise plena de sistemas complexos, a estratégia do PIR consiste em trabalhar as diversas linhas do conhecimento, para que os diferentes enfoques e entendimentos sobre o meio sejam contemplados na Integração dos recursos pesquisados. Unificar diversas linguagens e pensamentos determinísticos apresenta-se como o maior desafio do Planejamento na busca ao desenvolvimento sustentável.

De um modo geral, o PIR pode ser dividido em quatro grandes fases de aplicação da metodologia:

1. Informações prévias: para um exercício de aplicação do PIR, as informações contidas nesta fase devem ser pré-existentes, cabendo apenas sua organização sistemática para utilização dentro do PIR. Fazem parte das informações prévias o Inventário Energo-ambiental da região de aplicação, a listagem dos recursos energéticos disponíveis e a identificação dos En-In.

Caracterização dos Recursos Energéticos: Conhecida a região de aplicação da metodologia PIR, é necessário que se conheçam detalhadamente os recursos energéticos passíveis de aproveitamento, sendo separados por fontes energéticas e caracterizados por tecnologias. Após uma seleção prévia, tanto RELOs quanto RELDs são caracterizados sob todos os atributos pertinentes aos aspectos social, ambiental, político e técnico-econômica, dando valores a esses atributos. E, por fim, é levantado o potencial teórico dos recursos energéticos.

2. Previsão de Demanda: o consumo energético se calca no uso final a que se dá para a energia e a tecnologia para que o serviço energético seja aproveitado. A composição de diferentes cenários energéticos e socioeconômicos pode transformar a visão futura de usos finais, serviços energéticos ou tecnologias e modificar, aumentando ou diminuindo, o acesso a esses usos finais. A partir destes cenários compostos é possível prever a demanda energética em cada um deles.

3. Integração de Recursos Energéticos: O atendimento da demanda prevista pelos diferentes cenários através dos recursos energéticos listados e caracterizados deve obedecer ao ranqueamento destes recursos, através da ACC, a fim de serem considerados ao longo do horizonte de planejamento em que o exercício de PIR está inserido. Dentro dessa inserção deve-se considerar o mapeamento energo-ambiental, retrato da região no momento em que se analisa a entrada do enésimo recurso e o efeito deste recurso neste mapeamento, como pode ser observado na Figura 16.

Figura 16: Esquemático do PIR

4.2 Elementos Prévios ao Planejamento Integrado de Recursos

4.2.1 Envolvidos e interessados – En-In

Ao longo do desenvolvimento do modelo geral do PIR e suas componentes metodológicas, a expressão largamente utilizada para identificar os atores parte envolvidos no processo de construção do contexto a que se insere o próprio PIR (como aqui desenvolvido) é o termo envolvidos e interessados (En-In). Os En-In apresentam os participantes do processo que têm as suas posições culturais, mercadológicas, e/ou tecnológicas definidas interagindo neste processo de forma que essas posições sejam relevantes à tomada de decisão na escolha dos recursos energéticos (como mais adiante apresentados) ou, mais, ao planejamento como um todo.

Como o PIR busca a percepção da sociedade em que está inserida, a ideia de envolvidos e interessados (En-In), e também porque não podem ser assumidos como “*stakeholders*”, nessa lógica geral traduz esta percepção através daqueles que se organizam para participar do processo através de ONGs, associações, grupos de *lobbies*, grupos políticos, empresas ou federações empresariais ou ainda grupos de especialistas de diferentes áreas do conhecimento, deixando de lado o “cidadão comum”, elemento da sociedade que não busca essa participação, seja porque seus interesses não estão claramente ameaçados naquela etapa do processo, seja porque seu acesso e compreensão profunda das informações e implicações dos resultados finais deste processo no seu bem estar e na comunidade a que está inserido esteja nebuloso ou completamente obscuro.

Daí pode se dizer que o conceito de En-In (Envolvidos e Interessados) permeia a metodologia geral do PIR, sendo base para a Avaliação de Custos Completos para justificar a melhor opção na busca pelo desenvolvimento sustentável. Contudo o desencadeamento metodológico posto até então trazia em seus elementos prévios ao PIR a identificação dos en-in para a etapa de ranqueamento dos recursos, contradizendo –ou apenas limitando – o conceito de en-in àqueles identificáveis por meio de participação na sociedade organizada e sendo, portanto, caracterizado como EnIn ou indistintamente *stakeholder*.

O processo de PIR conceitual e ideal sugere que o conjunto de indivíduos opinantes que a sociedade organizada engloba seja a da própria sociedade, transformando o processo em um sistema democrático não no sentido de votação e representatividade, com cada indivíduo apresentando o mesmo peso na tomada de decisão dentro de opções preestabelecidas. Mas em um sistema em que ferramentas metodológicas – no caso a AHP – sirvam ao planejador e, conseqüentemente ao tomador de decisão para se ter a percepção de todos os agentes da sociedade envolvidos e interessados. Respalhando assim o plano, dentro da ideia de desenvolvimento sustentável, para que a tradução do ranqueamento de recursos energéticos seja a partir do recurso de menor custo nas quatro dimensões de análise do PIR: Ambiental, social, política e técnico-Econômica.

4.2.2 Inventário Energo-Ambiental

O PIR, como uma metodologia, não busca resolver pontualmente os problemas correlacionados à energia e a sociedade e o meio ambiente. É, muito mais do que isso, a própria percepção dessas necessidades pelos *stakeholders* que definem os caminhos a serem seguidos pelo planejamento energético para atingir tais objetivos de forma macro e conjugada, podendo oferecer, em uma visão superficial, opções energéticas em que o benefício global não seja tão claramente exposto quando analisado pelo viés tradicional e ortodoxo da economicidade ou do tecnicismo e até mesmo destas duas visões somadas na tentativa de “internalizar as externalidades” – postas aqui entre aspas pois trata-se do oposto quando a análise é feita de forma holística, não podendo se considerar uma externalidade o ambiente em que está inserido uma queda d’água a ser utilizada por uma hidrelétrica, um curso de rio utilizado para resfriamento de usinas térmicas ou ainda empregos de turismo afetados pela presença de aerogeradores nem mesmo a política de incentivo a um determinado recurso energético, ou a falta dela.

A busca pelo desenvolvimento sustentável através do PIR requer o levantamento, organização e consolidação de tantas informações acerca da região a ser analisada quanto se possa obter e analisar, levando assim a uma delimitação prévia do rol de possibilidades e das perspectivas nas quatro dimensões de análise do PIR. Para Kanayama (2007), é necessário, dentro de um horizonte temporal definido, identificar as vocações regionais com o intuito de fortificar aspectos do planejamento interligados

com a sociedade, o meio ambiente, a economia e assim capturar e antever anseios temporais assim correlacionados com a energia e o seu uso; identificar recursos energéticos que possam, dentro deste horizonte de tempo, ser considerados para utilização sendo para Baitelo (2011) a interpretação de recurso energético como um duo fonte energética/tecnologia de aproveitamento complementado pela faixa de potência aplicado para um recurso de oferta – RELO – ou Medida de GLD/Uso final aplicado a um setor da economia quando se trata de um recurso energético de demanda – RELD.

O PIR tem como uma de suas premissas básicas não descartar nenhum recurso energético a priori. Um recurso que não se apresente disponível ou não seja de interesse imediato pode ser incluído, por exemplo, cinco ou dez anos à frente, pois o PIR é um planejamento energético de longo prazo (que deve incluir cenários que incorporem efeitos no estilo de vida da sociedade).

A listagem dos recursos energéticos visa identificar todos os recursos energéticos passíveis de uso ao longo do horizonte de planejamento, independente de características tecnológicas ou sua aceitação, seja social ou mercadológica. Esta etapa é realizada com o inventário Energo-Ambiental prévio em mãos, tendo sido listados aqueles recursos disponíveis e utilizáveis dentro do horizonte de planejamento.

Para Kanayama (2007), a condição fundamental para identificar os recursos energéticos passíveis de utilização e contribuição na busca pelo desenvolvimento sustentável é a base de informações que permitem vislumbrar a situação de uma região, listando vocações naturais, limitações e vantagens, observação das atividades humanas mais promissoras ou prejudiciais, possibilitando uma visão sistêmica sobre a região em análise.

Os dados do Inventário Energo-Ambiental devem ser divididos em quatro meios de análise e as suas subdivisões específicas:

- Meio Aéreo
 - Emissões regionais
 - Bacia aérea

- Materiais particulados
- Sistema de ventos
- Precipitações pluviais
- Gases de Efeito Estufa
- Meio Antrópico
 - Histórico da região
 - Aspectos demográficos
 - Indicadores sociais
 - Economia
 - Infraestrutura
 - Aspectos políticos
- Meio Aquático
 - Águas superficiais
 - Avaliação de águas subterrâneas
 - Demanda de água por UGHRI
 - Balanço demanda x disponibilidade
 - Meio Terrestre
 - Geologia
 - Erosão
 - Vegetação natural remanescente
 - Biodiversidade
 - Geomorfologia
 - Gestão de resíduos sólidos urbanos

4.2.3 Identificação dos Recursos Energéticos

Para Udaeta (2012) O PIR tem como uma de suas premissas básicas não descartar nenhum recurso energético a priori. Um recurso que não se apresente disponível ou não seja de interesse imediato pode ser incluído anos à frente, pois o PIR é um processo que se define no planejamento energético de longo prazo (que deve incluir cenários que incorporem efeitos no estilo de vida da sociedade), com tempos que devem ir além dos 30 anos na sua parte relativa ao longo prazo.

Ainda segundo Udaeta (2012) A listagem dos recursos energéticos visa identificar todos os recursos energéticos passíveis de uso ao longo do horizonte de planejamento, independente de características tecnológicas ou sua aceitação, seja social ou mercadológica. Esta etapa é realizada com o inventário ambiental prévio em mãos, tendo sido listados aqueles recursos disponíveis e utilizáveis dentro do horizonte de planejamento.

Para Kanayama (2007) a etapa de identificação, definido o horizonte de planejamento, caracteristicamente acima dos 30 anos, busca os recursos energéticos disponíveis na região ao longo deste tempo.

Tais recursos podem ser identificados pela possibilidade de utilização de uma fonte energética geograficamente disponível, como uma região costeira que pode abrigar usinas maré-motriz, regiões com cursos de rios e quedas d'água para construção de usinas hidrelétricas de grande ou pequeno porte; fontes energéticas que dependem também de infraestrutura para o seu aproveitamento, como gás natural; fontes que dependem, ou da geografia, ou de desenvolvimento tecnológico para aproveitamento futuro, como usinas geotérmicas ou de correntes oceânicas; e ainda a identificação de recursos energéticos de demanda que dependem de aspectos econômicos, de informação e ainda de disponibilidade tecnológica.

4.3 Caracterização dos recursos Energéticos

A primeira etapa efetiva referente à aplicação da metodologia de PIR é a caracterização de recursos energéticos visando utilização através das ferramentas que o compõem. Para tal é necessário inicialmente levantar quais atributos devem ser analisados, independente de qual seja o recurso, dentro das quatro dimensões de

análise do PIR. Os atributos são idênticos para todos os recursos inseridos no PIR e refletem, de forma global, a percepção dos *stakeholders* do processo de decisão de qual recurso energético deve ser mais ou menos bem avaliado, de acordo com as suas visões de mundo, análises críticas, conhecimentos técnicos, noções de viabilidade ou ideologias sociais, econômicas, políticas e ambientais.

Segundo Baitelo (2011) a caracterização de recursos energéticos visa a pesquisa e organização de características holísticas dos recursos, sejam eles RELOs ou RELDs, dentro das dimensões do PIR e pautando a caracterização dos impactos inerentes à implantação e utilização dos recursos energéticos.

Ainda para Baitelo (2011) é a metodologia utilizada para consolidar o levantamento e o estudo dos recursos e tecnologias energéticas dos lados da oferta e da demanda em que é feita a pesquisa e a organização das características holísticas dos recursos, dentro das esferas técnico-econômicas, ambiental, social e política de análise.

Já para Kanayama (2007), o recurso energético dentro da metodologia de PIR é caracterizado pelo duo fonte-tecnologia de aproveitamento e, com isso, as particularidades nas quatro dimensões que caracterizam o PIR. E em uma visão consolidada pode se caracterizar um RELO como fonte-tecnologia em uma determinada faixa de potência, podendo assim diferenciar recursos que diferem em escala, com características tecnológicas parecidas ou idênticas mas com aplicações e implicações distintas nas dimensões de análise do PIR e assim traçar o paralelo com o lado da demanda e definir um RELD como o conjunto Uso Final – Medida de GLD dividido por setor da economia.

Os diagnósticos de oferta e de demanda energéticas, acompanhados de uma consolidação do potencial não utilizado dos recursos energéticos da região buscam preencher a lista de recursos com a característica dos potenciais teóricos, que se referem ao máximo aproveitamento considerando os limites do recurso, e aos potenciais realizáveis, referentes à intersecção dos limites impostos por cada uma das dimensões de análise do PIR: ambiental, social, política e técnico-econômica.

4.4 Recursos Energéticos pelo Lado da Oferta

A caracterização dos RELOs vem consolidar uma base de dados com informações referentes a diversas fontes energéticas do Lado da Oferta de energia, bem como de seus geradores e suas características. Sendo caracterizados e calculados os Potenciais de Oferta da região com suas limitações e influências do mercado atual, levando-se em conta aspectos não somente técnicos e econômicos, mas também o efeito causado pela sua utilização no meio ambiente, a influência da política local e seus efeitos na sociedade ao redor.

Obtendo assim uma ferramenta eficiente para auxiliar no PIR, considerando conjuntamente características antes tratadas de forma individual.

A caracterização do Potencial Teórico de Oferta de Energia envolve todas as possíveis tecnologias para produção de energia ou para o aproveitamento dos recursos existentes na região em estudo. Tais tecnologias podem ser utilizadas para o aproveitamento das fontes hídricas, solares, de biomassa, nucleares, geotérmicas, a gás natural, dentre outras. Isso possibilita analisar cada um dos recursos de forma completa, englobando suas características construtivas e os atributos do sistema de geração mais apropriado de energia, considerando fatores como eficiência, custos, influência no meio ambiente e benefícios (para o mercado nacional e/ou o internacional).

4.4.1 Recursos Energéticos pelo Lado da Demanda

A definição dos procedimentos para a Caracterização das tecnologias e dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda (RELD) deve explicitar uma metodologia de levantamento, caracterização e análise de todas as alternativas energéticas do lado da demanda, representadas pelos usos finais (em relação sinérgica as medidas e setores de consumo).

Os procedimentos a serem adotados na caracterização dos RELD conta com fases tais como: Delimitação do Local de Estudo: entende-se pela definição do local de estudo, a delimitação da fronteira geográfica onde deve ocorrer o levantamento e caracterização de tecnologias e de recursos dos usos finais; Identificação das Principais Atividades Econômicas do consumo de Energia do Local do Estudo: na

identificação das principais atividades econômicas devem ser levantadas as características destas atividades por setor: industrial, comercial, residencial, público, agropecuário; Estratificação dos usos finais dos setores e subsetores; Levantamento das tecnologias dos usos finais locais e do mercado (nacional e internacional) e suas características técnico-econômicas, ambientais, sociais, políticas; Estimativa dos potenciais teórico, realizável e efetivo dos recursos.

4.5 Cômputo e Valoração de Potencial Completo

Para Baitelo (2011) O processo de Cômputo e Valoração do Potencial Completo – CVPC – dos recursos energéticos busca a definição do potencial completo (quantitativo e/ou qualitativo) do recurso energético nas quatro dimensões consideradas na metodologia PIR.

Ainda segundo Baitelo (2011) o custo de um serviço energético é composto por diferentes atributos técnicos e econômicos relacionados à cadeia de produção do energético, à tecnologia utilizada para sua conversão em eletricidade e à estrutura necessária para a construção do sistema de geração. O arranjo de composição desse custo equaciona diferentes parâmetros de funcionamento visando conferir economicidade ao valor final do projeto. A formação desse preço final, ainda que busque incluir gastos relacionados a compensações por impactos socioambientais, não alcança o desafio de incorporar integralmente esses custos.

O cômputo e a valoração completa dos potenciais de recursos energéticos (CVPC) busca mensurar esses impactos e incorporar diferentes externalidades à avaliação e mensuração de atributos relacionados à análise desses recursos. Esse exercício representa uma das principais etapas do planejamento integrado de recursos e deve ser considerado como parte imprescindível de qualquer processo de planejamento energético que intencione analisar preocupações socioambientais.

Essa contabilização pretende ir além da monetarização de impactos socioambientais no preço da energia e da análise qualitativa desses impactos, considerando as limitações desses processos e as exigências impostas aos planejadores energéticos em estabelecer limites de custos socioambientais à energia ofertada.

Assim, a elaboração desses custos ou potenciais completos pretende valer-se, além de fatores técnicos, de restrições socioambientais e políticas a essa ponderação.

Para tanto, são levantados e concebidos indicadores representativos a cada atributo do recurso analisado, computados ou traduzidos em valores relativos e absolutos. Essa contabilização parte da determinação e do cálculo de potenciais teóricos e realizáveis referentes a cada recurso energético que, por sua vez, assimilam limitações de utilização e conversão de energia impostas por fatores das quatro dimensões de análise.

O objetivo desse processo de cômputo e valoração é a definição e construção precisa de potenciais completos de cada recurso - considerando fonte energética e tecnologia utilizada para sua conversão. A valoração de recursos energéticos no âmbito do PIR aproxima-se de metodologias de análises multicriteriais tradicionais, assumindo o desafio de quantificação dos impactos considerados e incorporando ao processo a variável política, de extrema importância para a viabilidade de recursos energéticos .

O cômputo de potenciais completos dos recursos transcende a análise completa de um recurso ao não se valer apenas de fatores usualmente contemplados para a composição de tarifas energéticas – abordando benefícios técnicos, econômicos, sociais e ambientais no processo de CVPC . Assim, os indicadores produzidos e levantados não se restringem à monetarização de impactos sociais, ambientais e políticos.

Esse raciocínio justifica-se ao se observar o desafio cada vez mais presente na agenda de planejadores energéticos - concessionárias, governo federal, grandes consumidores e geradores – em incluir em suas análises a contabilização de atributos energéticos menos tangíveis. Um exemplo deste desafio é representado na prática pela recente imposição de limites de emissão de gases de efeito estufa em empreendimentos energéticos, observada em exemplos em diferentes partes do mundo.

No PIR, os valores quantificados e qualificados são explicitados em diferentes atributos em todas as dimensões de análise. A formatação se justifica pelo argumento de que a implementação de um determinado recurso deve se basear nos múltiplos

potenciais de uma tecnologia em atender à solução de uma demanda energética, considerando custos completos derivados de diferentes dimensões de análise.

O critério de decisão instantânea por um determinado recurso restrito ao seu custo ou valor monetário mostra-se limitado para a resolução de problemas que transcendem o objetivo de atendimento energético ao menor custo possível. Mesmo em termos econômicos, observa-se o risco dessa decisão diante da variação desse parâmetro ao longo do tempo, em taxas tendencialmente crescentes para combustíveis fósseis – dada a progressiva redução de suas reservas – e tendencialmente decrescentes para energias renováveis – como reflexo da curva de aprendizado tecnológico desses recursos.

Outra limitação dessa análise unidimensional é a dificuldade de incorporar aos valores monetários benefícios decorrentes da aplicação combinada entre diferentes recursos energéticos. A complementaridade entre fontes energéticas, como é o caso da atuação das gerações eólica e de biomassa no atendimento da oferta de sistemas energética em períodos de baixa geração hidrelétrica, não pode ser tecnicamente representada nas tarifas referentes a cada um desses recursos.

Neste contexto, para uma valoração dos recursos energéticos numa determinada região dentro do processo do PIR, necessariamente deve-se começar com o levantamento dos recursos existentes na região, a sua caracterização e a avaliação dos potenciais teóricos.

Após obtenção do potencial teórico parte-se para valoração com intuito de obter o potencial realizável para facilitar a integração destes recursos energéticos ao longo do tempo e assim, produzir concomitantemente o Plano Integrado de Recursos Preferencial visando uma locação racional e eficiente dos recursos energéticos indistintamente (RELO e/ou RELD).

Neste processo de valoração se procede ao computo (via procedimento e/ou algoritmo predeterminado) de cada atributo e/ou sub-atributo, em cada uma das quatro dimensões (técnico-econômica, ambiental, social e política), definidas na etapa de caracterização de recursos energéticos, como em Baitelo (2011). Além dos potenciais avaliados na etapa anterior, são considerados de forma efetiva todos os elementos (atributos), tais como os custos específicos das tecnologias envolvidas, taxas de juros

praticadas no mercado, entre outros e assim se determinam os potenciais dos recursos que, até esta etapa da metodologia de PIR pode ser dividido em:

4.5.1 Potencial teórico

Segundo Baitelo (2011), O cálculo dos potenciais teóricos fundamenta-se em duas premissas básicas: o levantamento da quantidade de fontes primárias disponíveis e a consideração da tecnologia mais eficiente de conversão.

O levantamento da quantidade de fontes primárias determina a quantidade de energia conversível e aproveitável na região analisada, de acordo com o grupo de tecnologias empregadas. Além do estoque energético anual de cada fonte, outro atributo essencial à avaliação é sua característica renovável, a fim de mensurar sua disponibilidade e grau de reposição – se houver - em médio e longo prazo. A disponibilidade de fontes primárias também pode ser categorizada por critérios como a facilidade de acesso e extração. Para fontes energéticas fósseis e nucleares, em particular, deve-se analisar a durabilidade de reservas.

A energia útil convertida com base nesse potencial bruto é função da eficiência das diferentes tecnologias de conversão consideradas para cada recurso.

Como premissas particulares ao cálculo de potenciais teóricos de cada recurso, listam-se a disponibilidade de áreas (para o cultivo de biomassa e o aproveitamento e instalação de sistemas de energias eólica, solar e oceânica), o estudo de bacias hidrográficas (para aproveitamentos hidrelétricos), entre outros.

4.5.2 Potencial Realizável

Corresponde ao refinamento do potencial teórico de um recurso energético, incorporando restrições de ordem social, ambiental, bem como demais restrições técnicas identificadas no aproveitamento desse recurso. O potencial realizável indica, portanto, a capacidade energética implantável de um recurso, independentemente de sua viabilidade econômica.

Restrições político-econômicas são posteriormente incorporadas na análise de potenciais de mercado, que analisa esse potencial economicamente viável de cada recurso energético.

As restrições técnicas e socioambientais são particulares a cada tipo de recurso e projeto e concretizam-se na forma de licenças e determinações de órgãos ambientais. Essas medidas selecionam, de forma natural, a implantação de recursos e contribuem para a aferição do potencial realizável. A conceituação dessas restrições, ou vigilantes, é trabalhada na etapa de mapeamento ambiental.

4.5.3 Potencial de Mercado

O potencial energético de mercado concentra-se na discriminação, dentro de um universo de empreendimentos energéticos, daqueles que demonstram sustentabilidade econômica e financeira, avaliando-se, em cada projeto, seu modelo de captação de recursos, esquemas de financiamento, formação competitiva e atrativa de preços – em relação a outros projetos similares e projetos em outras fontes energéticas – e garantia de venda de energia. Além do mérito econômico, outros fatores que balizam a dinâmica de avaliação do potencial de mercado são riscos político-econômicos, exemplificados por inclinações de apoio governamental, oscilações de investidores e diferentes riscos geopolíticos como variação de suprimento de combustíveis fósseis e variação da taxa de câmbio internacional – com sérios reflexos sobre componentes tecnológicos importados.

O potencial de mercado deriva-se do potencial energético teórico em paralelo ao potencial realizável. Essa estruturação ocorre, pois o potencial de mercado analisa as implicações decorrentes de custos de opções energéticas, sem necessariamente considerar todo o conjunto de implicações analisadas no potencial realizável, como questões socioambientais. Dessa forma, observam-se situações de projetos economicamente viáveis, como pequenas centrais hidrelétricas que não são construídos por dificuldades de obtenção de licenças ambientais e oposição de comunidades afetadas pelo empreendimento.

4.6 Ranqueamento dos Recursos Energéticos

O ranqueamento resulta numa listagem comparativa (complexa e multicritério) entre todos os recursos energéticos analisados dentro do planejamento energético (quer este seja PIR ou não), e é o cerne da pesquisa proposta. Para se chegar a um resultado, o ranqueamento se vale de duas metodologias aplicadas anteriormente a ele: a Avaliação de Custos Completos (ACC) (CICONE, 2008) e o Processo de Análise

Hierárquica (PAH ou AHP do inglês) (SAATY, 1991). Os procedimentos necessários, bem como as ferramentas que serão utilizadas para o ranqueamento dos recursos energéticos ser concluído, são evidenciados explicitamente ao longo deste item que é um arrazoadado de desafios tecnológicos e científicos embutidos neste Projeto de Pesquisa.

O Ranqueamento é baseado numa ferramenta de análise que prioriza elementos de acordo com os seus valores numéricos provindos de caracterizações multicritério, feitas anteriormente a esta etapa no CVPC (BAITELO, 2011), cuja ferramenta de auxílio a tomada de decisão é o PAH.

Esta etapa tem como resultado uma listagem comparativa entre todos os recursos energéticos com base no CVPC. No qual o Ranqueamento se vale de duas metodologias aplicadas anteriormente a ele: a Avaliação de Custos Completos (ACC) evidenciada no Projeto FAPESP 03/06441-7 já realizado, e, o Processo de Análise Hierárquica (SAATY, 1991).

A ordenação dos recursos energéticos é realizada com base nos elementos de caracterização realizada na etapa de CVPC, sendo apresentada de três formas distintas que deverão ser compostas em um único resultado sistematizado. Inicialmente, com informações locais e com o retrato momentâneo da situação da região analisada é chamado de ranqueamento padrão, em que se obtém o maior número de informações sobre a região de estudo através do inventário ambiental prévio, e de informações que caracterizam o recurso energético e seus potenciais a partir do CVPC. Com os dados coletados como base informativa, é realizada uma aferição de opções através de procedimento de análise hierárquica para stakeholders e/ou especialistas, sendo todos os atributos e subatributos dos recursos valorados de forma qualitativa, como níveis de resposta quantizados para posterior conversão em valores normalizados. E os resultados parciais destas duas etapas de ranqueamento alimentam um ranqueamento final que advém da média simples dos dois ranqueamentos anteriores (Rigolin, 2013).

No processo do PIR são realizadas três etapas de ranqueamentos com diferentes aplicações da metodologia:

Ranqueamento padrão, no qual, segundo Rigolin (2013) é realizado a partir de cálculos, medidas ou providas de informações locais atualizadas, retratando a situação real da região em estudo, se fazendo necessário grande levantamento de dados sobre tecnologias de geração ou medidas de GLD e então, através do algoritmo de CVPC realizar comparações diretas entre os recursos energéticos, desde que sejam trazidos todos a uma mesma base normalizadora.

Ranqueamento dos stakeholders: é aplicada uma dinâmica com o intuito de se obter a percepção dos stakeholder com relação aos recursos energéticos caracterizados através da metodologia de AHP, em que são realizadas oficinas informativas sobre a ferramenta de comparação multicritérios, o processo metodológico de PIR e os recursos energéticos inseridos nesta metodologia.

Ranqueamento Final: é a média simples entre os dois ranqueamentos anteriores.

4.7 Previsão de Demanda:

A previsão de demanda de energia elétrica, assim como outros tantos temas ligados ao universo de engenharia, passa pelo princípio da modelagem do problema. Ou seja, o problema é identificado, discutido por especialistas e partes envolvidas e/ou interessadas, e a partir daí se criar um modelo fundamentado em teorias aplicáveis. Em seguida, este é aplicado em um cenário prático de forma a se obter de maneira empírica a validade ou não do modelo, para que então a solução possa ser realimentada.

Para se delinear um problema é necessário antes de mais nada identificar as condições de contorno e demais fatores que possam afetá-lo, assim a problemática apresentada se pauta na previsão de demanda de energia elétrica, que dentre outros fatores, é influenciada por:

- **Oferta de Energia:** quanto à região de estudo possui de oferta de energia;
- **Economia:** talvez um dos fatores que mais influenciem o lado da demanda de energia elétrica nos diversos países do mundo;

- **Mercado:** como a demanda e oferta de energia elétrica são interdependentes, é fundamental que o mercado entenda esta realidade e seja concebido para tal;
- **Regulações:** para poderem guiar as necessidades e responsabilidades dos atores envolvidos nas transações energéticas;
- **Política:** que envolve desde o entendimento regional ou local até estratégias para o planejamento energético de longo prazo;
- **Preços:** que podem inviabilizar as transações regidas pelo mercado e/ou políticas e regulatórios;
- **Meio Ambiente:** envolvendo desde as condições climáticas e impactos ambientais;
- **Reserva de Energia:** está diretamente ligada aos insumos utilizados na geração de energia elétrica;
- **Estilo de Vida:** o que se pode observar em países com renda per capita semelhante, porém com consumos de energia elétrica per capita muito diferentes.

A previsão da demanda de energia no contexto da formulação e realização teórico/prática do PIR além de contar com as ferramentas tradicionais econométricas e mercadológicas, é resultado da realização de cenários. Isto significa, valha a redundância, que dentro do processo do PIR, tanto de formulação de metodologias/modelagem/procedimentos como de aplicação e verificação destes instrumentos para realização do PIR, a previsão da demanda é um produto que se obtém da construção de cenários energéticos de longo prazo dentro dos tempos definidos pelo próprio PIR, definido em torno de 30 anos. Ressalta-se ainda que no caso específico do PIR, mesmo usando como instrumento os cenários energéticos, está prevista também a metodologia de engenharia dos usos finais para a elaboração de ditos cenários e por tanto da previsão.

Dentro do PIR esse trabalho é feito com o intuito de validar o Plano Integrado de Recursos Energéticos, ao se modelar demandas, impactos ambientais, sociais e econômicos resultantes do planejamento proposto (Gimenes, 2004).

4.8 Cenários Energéticos

Um cenário energético é uma visão futura de condições que, ao construir-se tal cenário, adotam-se como passos no horizonte de planejamento. Não uma projeção das condições passadas e presentes do sistema, região ou país a que se aplicam, mas uma possibilidade de estudar como determinadas variáveis afetam o planejamento e as medidas que, em determinadas situações e intervalos de tempo, fazem do planejamento feito um caminho robusto e com menores incertezas.

Os cenários energéticos são construídos com o objetivo de analisar a consistência do planejamento realizado ao longo de seu horizonte de tempo, verificando se os recursos energéticos em estudo atendem às necessidades ao longo do tempo e em períodos particulares do planejamento.

Dentro do PIR esse trabalho tem o intuito de determinar a previsão da demanda de energia no longo prazo, para a integração dos recursos energéticos e validando também o Plano Preferencial, ao se modelar demandas, impactos ambientais, sociais e econômicos resultantes do planejamento.

Um cenário energético está intimamente ligado a um cenário socioeconômico no qual ele é construído em cima e a partir dele. Essa ligação se traduz em uma mudança das próprias condições sociais e econômicas a partir do cenário energético analisado, proporcionando uma verificação interativa e iterativa das premissas do cenário base.

Para um determinado cenário socioeconômico, pode-se satisfazer a demanda energética de diferentes formas, considerando diferentes fontes e variadas formas de usos finais. Essas diferenças podem refletir-se na estrutura tarifária, nas leis em que se enquadram o uso do energético ou mesmo na quantidade de energia necessária para se atender a um determinado serviço energético.

No Brasil, tanto em uma análise federativa, como apenas se pensando de forma regional ou local é leviano pensar que uma extrapolação no tempo de dados passados irá responder às demandas energéticas, sociais e estruturais necessárias dentro do

planejamento proposto. É necessário que se levante variáveis como o crescimento populacional, produto interno, eficiência econômica (que se refere a uma melhor distribuição de renda), nível de energização e distribuição de energéticos, acesso às novas tecnologias, estruturas regulatórias e crescimento da infraestrutura.

4.9 Cenários Sócio-Econômicos

Um cenário energético e todo o planejamento a que ele está sujeito, como já foi mencionado, depende intrinsecamente do cenário socioeconômico traçado para o horizonte de análise, sendo um processo iterativo entre as interações energéticas e sociais.

Para a composição de cenários socioeconômicos, é necessário que, dentro das variáveis que devem ser levantadas e avaliadas, estejam índices econômicos, sociais, estruturais e geográficos que, juntos podem dar um panorama da região na qual está inserido o cenário em questão.

Quanto maior a estratificação que se faz no cenário de partida, ou o ano base, maiores as possibilidades de composição de cenários alternativos que podem prever intercâmbios de classes sociais, aumento do Produto Interno Bruto per capita, por classe ou setor de atividade. Também é necessário realizar o levantamento do atendimento destes setores de atividade por cada um dos energéticos em questão.

A consideração de mudanças no cenário mundial ou mesmo em blocos regionais deve ser inclusa na análise do cenário em questão, pois a globalização da economia, competição e cooperação entre regiões econômicas, fluxo de investimentos de grandes mercados influenciam diretamente qualquer prospecção futura.

Assim como cenários contrastados podem cobrir mais possibilidades de acerto ao que se passa no futuro, também abrange um maior número de variáveis que pode inviabilizar o levantamento coerente de dados para responder ao planejamento.

Existem três tipos de cenários:

Cenários Tendenciais.- Os cenários tendenciais são prolongamentos dos índices históricos e de dados obtidos para a construção do ano base, considerando diretrizes

e políticas energéticas seguidas no presente da região, bem como índices de crescimento econômico e de demanda energética;

Cenários Preditivos.- São aqueles em que há a possibilidade de se analisar a interferência de uma ou mais ações conhecidas que devem ser tomadas ao longo do horizonte planejamento;

Cenários Exploratórios.- Possibilitam modificar a relação entre as variáveis que compõem o sistema e verificar quais os resultados dessa mudança.

4.10 O Mapeamento Pró-Energético

A definição da estrutura do Mapeamento Pró-Energético – MPE – advém da estruturação do Inventário ambiental prévio na definição e descrição dos dados sistematizados nos quatro meios de análise.

O conteúdo de análise de dados do MPE baseia-se em metodologias e projeções de indicadores já consagradas como indicadores da Agenda 21, indicadores de Seattle, índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte, indicadores definidos em COPs ou ainda pela OMS.

Traz como principal objetivo a caracterização do meio ambiente regional a ser analisado sob uma perspectiva da utilização dos recursos energéticos disponíveis ao longo do horizonte de planejamento, ou seja, para além do inventário ambiental prévio, que mapeia a região seleciona e caracteriza o recurso energético, o mapeamento energo-ambiental parte da perspectiva da utilização do recurso para desenhar os efeitos no meio ambiente local ou global a partir das características levantadas do recurso energético tendo como base valores e estados encontrados na região com recomendações, normas e legislação nacional ou internacional (Neves et al, 2010), tendo como base a noção instantânea de projeções de indicadores de interesse que podem representar condições de desenvolvimento sustentável ou focos de atuação regional como padrões de qualidade que estejam ameaçados ou extrapolados.

Para a construção do Mapeamento Regional, as informações do inventário ambiental prévio são transformadas em parâmetros e índices que apresentam a região de forma estática, ou seja, tais parâmetros são uma descrição do momento em que tais parâmetros são analisados. Sempre respeitando a modelagem consolidada no PIR,

como são os 4 meios que descrevem ou caracterizam exaustivamente a região de estudo: meio aéreo, meio terrestre, meio aquático e meio antrópico.

O retrato momentâneo, da geografia relativa ao PIR, determinado no mapeamento energo-ambiental pretende constituir indicadores específicos de controle para o processo da Integração dos Recursos trabalhando como delimitadores do potencial do recurso energético integrado em dado momento através de indicadores mapeados nos meios:

- Meio Aéreo
 - O₃ (atmosférico)
 - MP
 - VOHC * (medição de orgão voláteis - CH₄)
 - GEE
- Meio Aquático
 - Disponibilidade Hídrica
 - DBO
 - PH
- Meio Terrestre
 - Uso do solo
 - Áreas Impróprias
 - IQR
 - Meio Antrópico
 - Grau de urbanização
 - Crescimento Populacional
 - Vínculos empregatícios

- IDH

4.11 Integração de Recursos Energéticos

A integração de recursos energéticos no PIR é essencial para a formulação do plano preferencial no PIR. Sucintamente, a integração no PIR busca distribuir e qualificar os recursos ao longo do horizonte de planejamento de acordo com o menor custo completo obtido a partir do ranqueamento. A integração também se realiza com a previsão da demanda ao longo do tempo, tendo como resultado a satisfação das necessidades futuras de energia na região foco do PIR.

É na etapa de integração energética que se identifica e trata como elementos efetivos de planejamento as dimensões de análise do PIR, da disponibilização de energia e a efetiva participação da sociedade organizada representada pelos *stakeholders*, sendo como resultado esperado ferramenta de subsídio ao tomador de decisão para opção pelo recurso energético e a energia a ele associada com menor custo completo, de forma equilibrada e igualitária nas dimensões do PIR. (Gimenes, 2004)

Para Gimenes (2004) a integração de recursos energéticos requer experimentação para o burilamento do modelo e a consideração de externalidades requer a consideração de critérios fundamentalmente subjetivos, que acrescentam em grau de risco a análise do tomador de decisão de considerar a aferição de opções de possíveis não-técnicos e os desvios inerentes desta análise subjetiva de suas opções.

O modelo de Integração, para que se preste ao desenvolvimento de um planejamento com as características do PIR, deverá, conforme mencionado, contemplar as vertentes básicas do desenvolvimento sustentável, de forma equilibrada e simultânea.

Dessa maneira, sua consecução envolverá a consideração dos aspectos Econômicos, Sociais e Ambientais da disponibilização de energia, todos os Envolvidos-Interessados e a consideração dos recursos de demanda, trazendo uma alocação temporal dos recursos envolvendo os recursos energéticos posicionados pelo ranqueamento, suas características de potenciais e disponibilidades de energia descritos no CVPC e buscando o completo atendimento da demanda prevista.

Em Bernal (2009) são descritos os passos para a integração de recursos energéticos.

4.11.1 Atendimento à Previsão de Demanda

Consideração da previsão de demanda para a RAA, com necessidades de energia, perdas e margem de segurança. O Primeiro passo é a escolha do recurso melhor ranqueado na iteração para atendimento à demanda prevista. Após escolha inicial é consultado o tempo de implantação observando se é possível considerá-lo para este momento do planejamento. Após isso, verifica-se o volume de energia e, dentro disso, qual o bloco de mínima energia possível de se implantar do recurso considerado.

Dentro deste bloco é realizado um novo processo iterativo para consulta se o bloco mínimo é suficiente para atender à demanda, se sim leva ao passo 2, se não, consulta-se o volume de energia do recurso para haver garantia que não se considere um volume maior que o disponível. Se é estourado leva primeiro ao passo 2, senão leva ao início do processo, somando a energia de mais um bloco mínimo.

4.11.2 Revisão da Demanda.

Processo simples que questiona se o recurso considerado na iteração vigente é do lado da demanda ou do lado da oferta. Se for RELO segue ao passo 3, se for RELD é necessário que, além de seguir ao passo 3, haja uma revisão da demanda para a próxima iteração. A revisão de demanda se dá devido às considerações de recursos de oferta já na construção dos cenários energéticos. Quando um RELD já está considerado e o ranqueamento pede a sua entrada, a demanda deve ser revista para que não haja consideração dupla do recurso no processo de integração.

4.11.3 Consideração dos Vigilantes

O passo busca informações no CVPC do recurso considerado sobre os vigilantes definidos para acompanhamento do Desenvolvimento Sustentável. Se a entrada do recurso naquele dado momento do planejamento causar algum incômodo quanto às premissas assumidas para o Desenvolvimento Sustentável da RAA, este recurso será mantido em espera, até que o retrato seja favorável à sua consideração no planejamento. Senão segue ao passo 4.

No esquemático, por conveniência visual, o recurso em espera entra novamente em consideração na iteração seguinte. Isso não é necessariamente verdade se o próximo recurso considerado não modificar o retrato do momento no mapeamento.

4.11.4 Consideração do Recurso Energético

Ao passar pelo crivo dos vigilantes, o recurso e seu volume de energia parcial ou total são inclusos no planejamento.

Então, verifica-se se a previsão da demanda foi atendida. Se sim, passa-se ao próximo ano das iterações e retorna-se ao passo 1, senão, além de considerar o recurso da atual iteração, retorna-se ao passo 1 no mesmo ano desta iteração.

Figura 17: Esquemático do Processo de Integração de Recursos

O retrato momentâneo da geografia relativa ao PIR, determinado no mapeamento energo-ambiental pretende, no caso do PIR, constituir indicadores específicos de

controle para o processo da Integração dos Recursos. Tais indicadores podem ser assumidos como delimitadores do potencial realizável do Recurso Energético ou **Vigilantes**, como é apresentado em Udaeta (2012). Sendo definido pela análise da região de estudo, através do mapeamento energo-ambiental e do comportamento do recurso durante o horizonte de planejamento nos diversos meios, como pode ser observado na Figura 17.

4.12 Plano preferencial

O plano preferencial é aquele em que se organiza o resultado da integração dos recursos energéticos ao longo do tempo de forma a dar subsídio ao tomador de decisão através do ordenamento, prazos e perspectivas nas dimensões de análise do PIR. Segundo Maruyama (2010), apresenta o conjunto de recursos energéticos de mínimo custo ao longo do horizonte de planejamento dentro da região de análise quando consideradas as quatro dimensões do PIR de forma equilibrada.

Os módulos ferramentais que constituem a metodologia de PIR são estruturadas dentro do Plano Preferencial, segundo Maruyama (2010) permitindo a possibilidade de aprimoramento dos modelos e do próprio planejamento ao longo do processo iterativo, possibilitando a articulação e descentralização do processo de planejamento energético seguindo uma mesma metodologia e base de informação.

A Integração de recursos energéticos é a base para a construção do plano preferencial, em que se considera a alocação temporal dos recursos energéticos integrados, a sua interação ambiental com a consideração dos vigilantes e a delimitação dos potenciais a partir do mapeamento energo-ambiental, ainda considerando a análise de sensibilidade e consistência do plano com a composição de cenários com diferentes condições energéticas, ambientais e socio-econômicas.

Ainda segundo Maruyama (2010) a participação de organizações no processo contribuem para dirimir inconvenientes controlar expectativas e atenuação de custos e impactos de grandes empreendimentos junto à opinião pública e os impactos relevantes na sociedade em que está inserido. Sendo que para a consistência destas informações sejam relevantes é necessária uma dinâmica de atualizações periódicas do conteúdo do plano, acompanhando tendências temporais, tecnológicas e geográficas, captando as percepções da sociedade no tempo vivo.

O Plano preferencial toma forma em um relatório com as premissas desenhadas pelos cenários socioeconômicos, o escopo de caracterização dos RELDs e RELOs e os impactos nas dimensões de análise do PIR para a expansão do setor ao no horizonte de planejamento, mostrando os possíveis caminhos e suas consequências e riscos para o mínimo custo aos tomadores de decisão.

4.13 Carteiras de Recursos

As carteiras de recursos são planos alternativos ao plano preferencial, considerando recursos e/ou decisões que podem ou não ser tomadas para incentivar ou barrar a utilização de uma tecnologia ou classe de recursos. Segundo Udaeta (1997), ao longo do horizonte de planejamento sempre haverá metas e objetivos diferentes daqueles previamente definidos, tanto pelo espaço geográfico e o tempo quanto pela percepção dos stakeholders e o desenvolvimento tecnológico-econômico.

O processo de construção de carteiras de recursos se dá sobre o processo de construção de cenários e previsão de demanda, podendo considerar o serviço energético, a forma como a energia é disponibilizada, ou ainda o uso final. Restringindo ou privilegiando recursos a partir de premissas que antes compuseram a Avaliação de Custos completos para a formação do ranqueamento.

Segundo Biague (2010), o procedimento para a construção de carteira de recursos tem cinco etapas:

1. **Objetivo do Modelo:** definição do objetivo da carteira em construção, como minimização de risco versus maior classificação de ranqueamento, redução de consideração de variáveis políticas, econômicas ou sociais versus minimização de custos completos.
2. **Variáveis de Decisão:** variáveis como quanto investir em inserção de potencial para os recursos considerados ao longo do horizonte de planejamento, ou ainda quanto gerar de um determinado recurso já implementado com objetivo de otimizar preço, disponibilidade de energético ou ainda reduzir pressões ambientais.

3. Restrições do modelo: Considera limites físicos impossíveis de se alcançar como potencial máximo, capacidade máxima ou ainda restrições por normas, leis ou regulamentações como limites de emissões de poluentes, uso de recursos ou restrições sociais.
4. Formação de carteiras que melhor atenda a função retorno x atendimento da demanda: definindo-se o máximo retorno a partir das premissas da primeira etapa e de acordo com os cenários de previsão de demanda.
5. Análise de robustez: é feita a modelagem dos riscos e incertezas inerentes ao modelo e à carteira de recursos a partir da estabilidade do desvio padrão do retorno esperado dentro da carteira.

4.14 Plano de Ação

O plano de ação é um marco referencial para os aplicadores do processo de implementação, buscando traduzir a visão de planejamento para a ação, podendo ser utilizado por entes reguladores, concessionárias e a sociedade organizada para tratar dos detalhes inerentes ao sistema elétrico, tanto no momento de aplicação como no decorrer do horizonte de planejamento (Udaeta, 1997)

Deve se incluir no plano de ação a coleta, acúmulo e análise de dados para a preparação de um próximo passo no planejamento energético, possibilitando a inserção de maior número de variáveis, redução dos riscos e incertezas, refinamento na avaliação de potenciais completos dos recursos energéticos e ainda capturar tendências sociais, econômicas e ambientais para a consideração de novos agentes, novas circunstâncias ou novas percepções.

5 Metodologia de Integração de Recursos Energéticos considerando os vigilantes na obtenção do Potencial Efetivo ao longo do horizonte de planejamento. Enfoque no Plano Preferencial.

5.1 Os Vigilantes como Delimitadores de Potencial do Recurso energético

A integração de recursos, segundo Udaeta (1997), é a alocação geográfica e temporal dos recursos de forma que haja o menor esforço ambiental, político ou social e ainda obtendo consideráveis ganhos econômicos, técnicos, sociais e/ou políticos. É desenvolvimento pois considera o atendimento às crescentes necessidades energéticas e é sustentável pois considera, em tempo de planejamento, os impactos causados pelo uso e atendimento à demanda energética e o comportamento do meio ambiente – inserindo-se aí a sociedade e sua dinâmica social, econômica e política – com a possibilidade de integração com o desenvolvimento tecnológico.

Para esse entendimento a priori do comportamento do meio ambiente e de análise das interações ambientais, sociais, políticas e econômicas com a possibilidade de utilização dos Recursos Energéticos disponíveis, é necessário que haja um referencial de projeção dos índices de interesse, que para o PIR como aqui trabalhado são obtidos através da metodologia de Mapeamento Pró-Energético.

Para a definição da metodologia desenvolvida neste trabalho, é necessário definir os conceitos dos Vigilantes e dos Delimitadores do Potencial Energético, que são as mesmas informações – ou índices- sob a perspectiva dos recursos no caso dos Vigilantes e do Mapeamento, no caso dos DPE. Sendo a nomenclatura devido à delimitação do potencial real e efetivo do recurso energético possível de ser utilizada, para os DPEs e a constante vigilância em se obter o melhor *pool* de recursos integrados no tempo verificando-se as premissas do PIR e o desenvolvimento sustentável.

A definição dos delimitadores de potencial energético – DPE – é feita através da verificação de necessidades regionais, sejam elas dentro das quatro dimensões do PIR ou ainda dentro das divisões do Inventário ambiental prévio, como pressões sociais, uso da terra, emissão e saturação de poluentes aéreos, aquáticos ou terrestres e ainda facilitadores e/ou entraves para adoção de políticas públicas

alinhadas ao planejamento energético. Sendo obtido a partir e dentro do Mapeamento Pró-Energético.

Os Vigilantes são intrínsecos e característico de cada recurso energético e devem ser definidos durante a caracterização de recursos energéticos na forma de atributos das dimensões do PIR. Cada atributo traz informações que serão relevantes ao ranqueamento dos recursos energéticos e também que serão necessárias para verificação da interação entre o recurso energético e a projeção dentro do Mapeamento Pró-Energético.

Ou seja, a observação em direção ao desenvolvimento sustentável se dá de forma redundante, com a consideração da percepção dos en-in aos índices que podem gerar pressões e a projeção da ação do Recurso Energético integrado no meio ambiente pelos DPEs, ao longo do tempo e inserido à geografia da Região de estudo.

5.2 O procedimento de Integração de Recursos com consideração de Vigilantes.

O procedimento de integração de recursos requer previamente a preparação de diversas informações agregadas nos blocos metodológicos do PIR, não necessariamente organizados de forma linear em execução, mas obrigatoriamente componentes de entradas para que o Plano Preferencial com foco no desenvolvimento sustentável seja o resultado natural do processo, sendo eles:

Caracterização dos Recursos energéticos: instante metodológico em que se definem atributos e sub-atributos dos recursos energéticos, que serão fonte para os Vigilantes em cruzamento com os dados do MPE e os resultantes DPEs.

Cômputo e Valoração do Potencial Completo: valoração dos Vigilantes como atributos do RE para comparação com os DPEs ao longo da integração de recursos energéticos, definição dos potenciais de Mercado e Blocos Mínimos de energia de um RE.

Previsão de Demanda: independente da metodologia de obtenção, é necessária para a alocação dos recursos energéticos ao longo do horizonte de planejamento a fim de atender às crescentes necessidades por serviços energéticos e às demandas sociais referentes ao uso da energia.

Dentro da previsão de demanda se define qual é o passo mínimo em tempo de planejamento, ou seja, a menor escala de tempo que será incrementada a cada iteração do planejamento, no caso da integração de recursos, o delta de tempo e com ele cada incremento da demanda dentro desse prazo. Junto à informação de demanda por energia, a previsão de demanda define de forma concreta o horizonte de planejamento.

Metodologias de previsão de demanda por usos finais são mais sensíveis ao planejamento com a consideração de RELDs. Contudo, metodologias estocásticas e econométricas podem ser mais precisas para prever comportamentos econômicos no uso da energia, sendo ideal modelo de usos finais refinado por modelos econométricos na ponta do recurso – considerando o comportamento econômico de penetração do recurso -, como por exemplo substituição de lâmpadas fluorescente compactas por lâmpadas led, que se dá por fatores econômicos de disponibilidade e penetração e por observação de vida útil do equipamento já instalado.

Mapeamento Pró-Energético: o MPE como metodologia de projeção de índices de comportamento do meio ambiente à interação social e de uso da energia permite verificar como esses índices se comportarão ao longo do tempo e assim verificar se os recursos energéticos considerados podem ser potencialmente prejudiciais, ou até mesmo benéficos quando se observa uma matriz desses índices que podem ainda interagir entre si trazendo a observância de restrições à utilização do potencial de mercado do recurso energético gerando assim o Potencial Efetivo.

Com o desenvolvimento da metodologia de MPE surgem os principais questionamentos sobre limites físicos restritivos e interações entre recursos, podendo daí ser apresentada uma matriz de indicadores que devem ser monitorados independente da lista de recursos ranqueados, gerando os DPEs.

Ranqueamento dos Recursos energéticos: a classificação linear de recursos serve como base para as iterações em tempo, sendo considerado imutável dentro do plano e um recurso só é reorganizado em tempo através do mecanismo dos Vigilantes.

Esse mecanismo permite se analisar todas as opções futuras dentro de uma perspectiva temporal e até possivelmente anacrônica, como é de se esperar de um planejamento de longo prazo quando analisado de uma perspectiva intermediária ou

final. Para se captar as mudanças de percepção dos En-in e suas reações em relação ao planejamento é necessário que se busque uma aplicação contínua dos parâmetros definidores do ranqueamento e se faça uma renovação do plano preferencial resultante em períodos predefinidos

Após a definição das entradas descritas, o procedimento de Integração dos Recursos energéticos, como pode ser observado na Figura em coloração azul na parte inicial do fluxograma, tem início com a verificação de recursos anteriormente barrados pelo procedimento de vigilantes. Convenciona-se que, uma vez barrado, o potencial efetivo do recurso será avaliado apenas na próxima iteração, para que não haja risco conceitual de laço infinito na esperança de liberação de um RE em prazo prejudicial ao desenvolvimento sustentável.

O passo seguinte, caso não haja recursos barrados, é incrementar a referência de recurso a ser analisado a seguir ao próximo recurso do ranqueamento. Caso contrário é feita a inserção do primeiro recurso barrado a ser analisado antes do próximo recurso ranqueado.

Esse procedimento permite que se observe a ordem inicial do ranqueamento em qualquer momentum da integração, mesmo que um recurso tenha sido barrado nas primeiras iterações e não tenha sido liberado desde então até os últimos passos rumo ao Plano Preferencial.

Verificada a classificação dos recursos, e assim definido qual recurso será analisado neste momentum procedimental, é feito o processo de análise dos vigilantes, - que será descrito em detalhes no próximo item deste capítulo- e assim gerado um potencial efetivo, instantâneo e mutável, limitado ao Potencial de Mercado, de implementação do recurso energético, que na Figura é representado pelo bloco branco de processos.

Se o Potencial Efetivo é menor que o Potencial de Mercado, mas não é nulo, então há uma parcela do recurso barrada pelo processo de Vigilantes e assim deve ser inserido em um ranqueamento à parte, relacionado a esses recursos barrados e a parte liberada segue o procedimento de integração.

Já se o recurso for barrado por completo, é feita a inserção no ranqueamento à parte e incrementado o recurso a ser analisado seja no ranqueamento regular, seja no ranqueamento de barrados, já que este passo pode, sem o devido cuidado procedimental levar ao fato do recurso ser barrado incrementalmente ao próximo recurso do ranqueamento indiscriminadamente. Apresentado em verde na Figura.

Definido o Potencial Efetivo do recurso, o próximo passo – em vermelho, na Figura - é para definir qual a quantidade de blocos mínimos de energia serão inseridos a partir da disponibilidade de blocos mínimos, Potencial Efetivo do recurso e demanda incremental.

Define-se inicialmente a quantidade de blocos mínimos necessários ao atendimento da demanda incremental, com ajuste matemático para que não se obtenha mais blocos que o Potencial Efetivo permite, nem que o número de blocos seja um valor não inteiro, testando se o valor é maior que o Potencial Efetivo, reduz-se em uma unidade a quantidade de blocos mínimos, caso contrário o processo segue ao seguinte passo.

Figura 18: Procedimento de Integração de Recursos Enegeticos com a consideração de Vigilantes do Desenvolvimento Sustentavel

O próximo passo é o ajuste ao requerimento da demanda, e verificação de necessidade de revisão da demanda em caso de utilização de RELD representado pelo bloco amarelo na Figura 18. Do total utilizado, definido no bloco anterior se realiza o decréscimo no total da Demanda Incremental e no Potencial de Mercado do RE, além de se inserir o recurso analisado no momentum em uma lista de recursos integrados, base para o Plano Preferencial. Se isso for suficiente para atender à demanda naquele intervalo de tempo, verifica-se a condição de RE se de oferta ou demanda. Sendo de demanda é realizada a revisão da previsão de demanda com os totais inseridos transformados em *input* negativo na demanda prevista. Ou seja, toda a tendência de demanda fica reduzida a partir daquele momentum de um quantidade de energia igual ao total inserido do RELD.

Caso o Incremento de demanda tenha sido completamente atendido, seja o recurso de oferta ou demanda, segue o próximo bloco metodológico – em azul celeste na Figura 18 - em que será enviado ao próximo intervalo de tempo, caso o horizonte de planejamento não tenha sido completamente vislumbrado e o Mapeamento Pró-Energético é atualizado com as informações da lista dos recursos a serem implementados. Ou ainda a saída do processo em uma lista de recursos organizados e ordenados no tempo a serem implementados. Sendo que de fato a saída em resposta define o tempo a serem considerados como aptos a entregar energia, inferida da informação de tempo de implementação, temos a resposta do plano ao tomador de decisão em quais Recursos e quando entrarão e aos executores de quais os momentos ideais de consideração de leilões, licitações, execução e volume de multas por risco em atrasos.

5.3 Processo de consideração de Vigilantes na Integração de Recursos.

O processo de consideração de Vigilantes busca delimitar os potenciais efetivos de utilização de um determinado recurso energético, com o monitoramento de indicadores e parâmetros inerentes à utilização deste recurso no meio ambiente em que está inserido e sobre os demais recursos considerados no horizonte de planejamento. Ou seja, é a projeção da interação entre o uso da energia, a sociedade, economia e meio ambiente sem deixar de lado os processos e avanços tecnológicos e sem lançar mão do método *ceteris paribus* para a consideração de impactos e ganhos no uso da energia e o seu suprimento.

Para o processo representado na Figura traz a fixação pressuposta de 4 meios pelo desenvolvimento metodológico do PIR ao longo dos trabalhos de pesquisa realizados, contudo é aberto à utilização de outras formas de se considerar a construção da informação dos meios e possibilita uma análise de robustez do processo, visando o desenvolvimento sustentável como informação de como se afetam todos os meios quando do desequilíbrio de relevância entre as dimensões do PIR no momento do planejamento e ainda na execução do plano.

5.3.1 Enfoque dos Vigilantes – Meio Ambiente e Recursos Energéticos

Sob a perspectiva do recurso energético, pode se dividir o conceito de Vigilantes em dois enfoques:

1. Enfoque no Ambiente em que o RE está inserido: ou **Vigilante próprio**, depende da interação entre a implementação e disponibilização da energia proveniente deste recurso e o meio em que está inserido, neste caso divididos em Aquático, Aéreo, Antrópico e Terrestre. É obtido com o cruzamento da informação entre volumes de utilização do recurso e as projeções de índices nestes meios através dos DPEs do Mapeamento Pró-Energético.
 - a. Traz informações sobre a impactos ambientais na implementação do recurso e no uso da energia.
 - b. Visa atender ao requerimento metodológico de se obedecer ao Ranqueamento quanto às pressões ambientais que a região de estudo suporta, tendo como meta o desenvolvimento sustentável, para a obtenção do Plano Preferencial de recursos energéticos.
 - c. Resultado final como um Potencial Efetivo do recurso energético menor ou igual ao Potencial de Mercado, referência de entrada do processo.
2. Enfoque na interação entre recursos energéticos: ou **Vigilantes Mútuos**, é a representação da interação entre a utilização de um determinado recurso e os potenciais efetivos disponíveis a outros recursos dependentes desta utilização.
 - a. Interações mercadológicas entre recursos concorrentes, que dependem de disponibilidade ou penetração de determinada tecnologia, recurso ou técnicos para implementação. Como por exemplo a substituição de

determinada tecnologia ou do energético de suprimento leva à restrições de penetração de mercado de tecnologias concorrentes – (i.e. retrofit de máquinas e motores ou a substituição por equipamentos mais eficientes)

- b. Interações geográficas de implementação, com possibilidades de concorrência por espaço, matéria-prima, ou fonte primária de energia. Como por exemplo recursos que utilizem um curso d'água finito e limitado por regras claras para resfriamento ou espacial, em recursos que dependem de grande distribuição espacial para aumento de escala econômica e viabilidade financeira da sua utilização (i.e. energia solar versus biomassa).
- c. Interações físicas de características, com a possibilidade de utilização geográfica tanto concorrente como simbiótica de recursos, podendo trazer reduções ou aumento do Potencial de Mercado considerado inicialmente, como por exemplo a possibilidade de instalação de instalações fotovoltaicas com redução de rugosidade do solo, aumentando o potencial para energia eólica. Ou ainda o contrário acontece com o plantio de biomassa.
- d. Interações regulatórias: limitação do uso da terra ou demarcações de áreas de reserva por contaminação.

O processo de consideração dos vigilantes próprios requer informações prévias advindas do Mapeamento Pró-Energético que darão forma aos DPEs, delimitando a utilização do recurso conforme o meio ambiente responde ao desenvolvimento da região e ao uso da energia. Ou seja, a informação dos DPEs é dinâmica no que se refere ao seu comportamento ao longo do tempo e exterior ao recurso em si.

Figura 19: Fluxograma de consideração dos Vigilantes na Integração de Recursos Energéticos.

Já os vigilantes próprios requerem uma análise prévia – mesmo que imediatamente antes da consideração do recurso na integração de recursos energéticos- das interações entre os recursos, gerando uma matriz de iterações M_u de tamanho $R \times R$, em que R é a lista de recursos disponíveis.

E as interações podem ser listadas de forma matemática pelas iterações:

a) $RPE_2 = PM_2 - PI_1$

b) $RPE_2 = PM_2 \cdot (1 - PM_2 / PI_1)$

c) $RPE_2 = (PM_2 \cdot PI_1)^{1/2}$

d) $RPE_2 = (PM_2 + PI_1) / 2$

Onde:

RPE é o Real Potencial Efetivo do Recurso em interação com o Recurso Analisado

PE é o Potencial Efetivo do recurso em interação

PI é o Potencial implementado que interage com os potenciais de recursos

que podem ainda ser multiplicada por algum fator pertinente à interação dos recursos

gerando assim uma tabela de vigilantes mútuos como o modelo da Tabela como entrada para o processo de Vigilantes.

Tabela 1 Matriz de interação entre vigilantes mútuos.

$R \times R$	R_1	R_2	R_3	R_n
R_1	1	a	b	c
R_2	$1/a$	1	1	c
R_3	$1/b$	1	1	$F \cdot 1/c$
R_n	$1/c$	$1/c$	$1/F \cdot c$	1

A Figura apresenta o processo de consideração dos vigilantes na obtenção do Potencial Efetivo dos recursos energéticos dentro do processo de integração dos recursos na metodologia do PIR. O processo se inicia com a atribuição de valores para controle da varredura dos parâmetros a serem considerados na formação do

Potencial, além da leitura das DPEs a partir da informação do Mapeamento Pró-Energético e da leitura da matriz de interação dos vigilantes mútuos $VM_{RA, Mu}$.

Como mencionado anteriormente, o processo de vigilante considera apenas o recurso avaliado no momentum iterado da integração de recursos como entrada RA do processo. A partir daí a matriz $VM_{RA, Mu}$ torna-se uma string $1 \times Rn-n_{RA}$ para efeito de desconsideração dos recursos já integrados anteriormente com ranking menor que RA.

Definidos os parâmetros de integração de recursos que interagirão com os vigilantes, sejam próprios ou mútuos, se iguala o potencial efetivo do RA, saída do processo, ao Potencial de Mercado para garantir que o potencial não será alterado em caso de nenhuma interação significativa e mapeada com o meio ambiente.

O primeiro passo metodológico é o teste de delimitação do potencial dentro dos meios mapeados no Mapeamento Pró-Energético, em que se testa se o Recurso extrapola o limite definido pelo DPE, se sim o potencial efetivo é reduzido para que se adeque à situação do ambiente. Podendo inclusive ser retornado um valor negativo para base de comparação da necessidade de se atuar no meio ambiente de forma a recuperar determinados índices, seja para o uso energético ou seja para a busca do desenvolvimento sustentável.

Esse processo é repetido para cada atributo definido pelos DPEs em cada um dos meios mapeados gerando assim um potencial efetivo do recurso analisado pelo processo, que será utilizado para o processo de integração dos recursos energéticos, apresentado na Figura 18.

Após a varredura de todos os DPEs, é realizada a verificação e ajuste dos potenciais efetivos dos recursos que apresentam interação com o RA e ranking mais baixo, de acordo com a matriz de interação entre vigilantes apresentada como exemplo na Tabela 1. Gerando uma lista dos potenciais efetivos ajustados destes recursos, que realimentará o CVPC e assim o Potencial de Mercado naquele momentum, não impedindo que novas interações alterem esses potenciais para valores maiores ou menores de energia disponível.

6 Estudo de Caso – Integração de Recursos Energéticos Visando o Plano Preferencial

A organização do estudo de caso visa a aplicação de conceito da metodologia de consideração dos vigilantes na integração dos recursos energéticos a partir da consolidação de dados de teses e dissertações anteriores no tema a partir de projeto de pesquisa financiado pela FAPESP e realizado na Região Administrativa de Araçatuba – RAA - e levantamentos continuados de informação durante o período do presente trabalho, contudo a atualização de certos parâmetros e referências requerem um estudo contínuo e multidisciplinar possível apenas com continuidade de fomento. Contudo as informações consolidadas nos estudos anteriores permitem a aplicação da metodologia sem prejuízo para a prova de conceito e com possibilidade de análise de variável anacrônica dos estudos em questão.

O Estudo de caso abrange ainda um período intermediário do horizonte de planejamento, com duração de 5 anos e algumas situações e índices provenientes do Mapeamento Pró-Energético serão forçadas com o intuito de não tornar a análise desnecessariamente repetitiva, mas com capacidade de demonstrar a metodologia em uso, e ainda poder apresentar todos os mecanismos de delimitação de potencial e vigilantes trabalhados.

Serão considerados para tal período de integração de recursos 4 recursos de oferta e 4 de demanda, possibilitando uma completa análise da inter-relação entre os vigilantes, os DPEs e os vigilantes Mútuos sem a necessidade de desenvolvimento de ferramenta computacional de otimização para tal.

Tabela 2: Recursos considerados no estudo de caso

	RELO		RELD
60	Energia Solar Fotovoltaica microgeração	5	Motores – Indústria - substituição ajuste e dimensionamento
79	Energia Solar Fotovoltaica Flat – Gás Natural >50MW	6	Motores – Indústria – Controle de Carga
3	Térmica a óleo Combustível > 50	7	Chuveiro – Residencial - solar
82	PCH <2MW	8	Iluminação – Comercial - Substituição Ajuste e Dimensionamento

6.1 O Mapeamento e os DPEs

A base dos dados dos DPEs é fornecida pelo inventário energo-ambiental prévio, e projetado ao longo do horizonte de planejamento pela metodologia de Mapeamento Pró-Energético em interação com a Integração de Recursos Energéticos, fornecendo assim, ano a ano, ou passo a passo conforme o mínimo intervalo de tempo a se utilizado.

A base de dados utilizada para a definição dos DPEs ao longo do tempo será extraída e adaptada de Kanayama (2007), possibilitando a visão geral do caso real da RAA. Porém alguns DPEs serão forçados a limites não mapeados, ou inventariados na metodologia citada para verificação de análise de sensibilidade da metodologia de Vigilantes, sendo devidamente identificado quando assim for modificado.

6.1.1 Meio Antrópico

A RAA apresenta 1,76% da população do Estado de São Paulo em 2017, segundo o SEADE, com 771060 habitantes distribuídos em 263.873 residências com uma densidade demográfica de 41,43 hab/km², urbanização de 93,01% e uma taxa de crescimento de 1,04% ao ano em média desde 1980, contudo nos últimos 10 anos a taxa de crescimento da região cai a 0,7%, com alguns municípios menores apresentando taxa de crescimento negativa.

O IDH médio da região é de 0,764, um pouco abaixo da média estadual de 0,78 e ligeiramente acima da média nacional de 0,754, já o PIB em 2014 foi de R\$ 20 Bilhões, R\$ 26,6 mil per capita.

Com essas informações de inventário, define-se os DPEs do meio antrópico abaixo:

- IDH
- Emprego

6.1.2 Meio Aquático

Segundo Kanayama (2007) o índice utilizado para qualidade de água é dividido em duas partes:

IAP é o índice de qualidade de águas brutas para abastecimento público e está distribuído nas faixas

que se apresenta entre valores ótimo e regular na RAA, atendida pelas UGHRI – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – 18, 19 e 20

IVA é o índice de qualidade de águas para proteção de vida aquática, também classificado entre ótimo e razoável

Com isso se definem os DPEs do meio aquático:

- IVA
- IPA
- Disponibilidade Hídrica

6.1.3 Meio Terrestre

Para Neves (2010). a necessidade de se definir a geologia, erosão, vegetação natural, biodiversidade e de resíduos sólidos urbanos traz consigo a necessidade a verificação do uso do solo como o portador do recurso energético, tanto como fornecedor da fonte energética como suporte físico a empreendimentos energéticos. Assim como a verificação de resíduos sólidos urbanos para se mensurar os impactos já existentes e as possibilidades tanto de evolução como de mitigação.

Assim sendo, define-se os DPEs do meio terrestre:

- Uso do Solo

- Áreas Impróprias
- IQR

6.1.4 Meio Aéreo

Ainda para Kanayama (2007), a RAA apresenta uma emissão elevada de gases de efeito estufa associados ao alagamento de grandes áreas para construção de usinas hidrelétricas, já que as grandes usinas da região foram construídas quando não havia o cuidado de se retirar a matéria orgânica para que a decomposição não emitisse metano em quantidades preocupantes.

A região apresenta intensa atividade agropecuária voltada principalmente ao plantio de cana-de-açúcar para produção de álcool e açúcar, o que leva a emissão de material particulado devido à eventuais queimadas, mesmo quando o corte é mecanizado, devido à condições de clima seco ou mesmo acidentes. E ainda Há as emissões de organo voláteis provenientes da própria produção e armazenamento de álcool.

Como parte das emissões antropogênicas há o monóxido de carbono que, para a região, pode ser considerado quase que totalmente emitido por veículos, ainda outras emissões referentes a NO_x e SO_x também podem existir em alguma concentração.

Assim sendo, define-se os DPEs do Meio Aéreo:

- NO_x
- Gases de Efeito Estufa
- Material Particulados
- VOHC
- SO_x

6.2 Do CVPC aos Vigilantes

6.2.1 Vigilantes Próprios

A aplicação da metodologia parte das informações de CVPC contidas em Baitelo (2011) que se inicia com a sistematização dos atributos das dimensões do PIR,

apresentados nas Figura 20, Figura 21, Figura 22 e Figura 23, base para os vigilantes, que serão levantados do potencial completo dos recursos a partir da definição dos DPEs, com a verificação de quais atributos correspondem às informações necessárias para verificação da metodologia.

Figura 20 Atributos da Dimensão Social

Figura 21 Atributos da Dimensão Ambiental

Figura 22 Atributos da Dimensão Política

Figura 23 Atributos da Dimensão Técnico-Econômica

Assim se verificando quais são os DPEs definidos a partir do Inventário Energo-Ambiental e as matrizes de potencial completo, definidas com o CVPC é possível extrair os vigilantes dos recursos que respondam a esses DPEs.:

Tabela 3 Equivalência dos DPEs e dos vigilantes no CVPC

DPE	Vigilante
Meio Antrópico – IDH	Dimensão Social – Desenvolvimento Humano
Meio Antrópico – Empregos	Dimensão Técnico-Econômica: Qualificação
	Dimensão Social: Empregos Diretos
	Dimensão Social: Qualidade e Segurança
Meio Aquático: IVA	Dimensão Ambiental: pH
	Dimensão Ambiental: Temperatura
	Dimensão Ambiental: DBO
	Dimensão Ambiental: DQO
Meio Aquático: IPA	Dimensão Ambiental: pH
	Dimensão Ambiental: Temperatura
	Dimensão Ambiental: DBO
	Dimensão Ambiental: DQO
Meio Aquático: Disponibilidade hídrica	Dimensão Técnico-Econômica – Volume de Energia
Meio Aéreo: NO _x	Dimensão Ambiental: NO _x
Meio Aéreo: SO _x	Dimensão Ambiental: SO _x
Meio Aéreo: Gases de Efeito Estufa	Dimensão Ambiental: Gases de Efeito Estufa
Meio Aéreo: Material Particulado	Dimensão Ambiental: Material
Meio Terrestre: Uso do Solo	Dimensão Social: Impactos ao uso da terra
Meio Terrestre: Áreas Impróprias	Dimensão técnico-Econômica: domínio Tecnológico
	Dimensão social: Impactos à saúde
	Dimensão Ambiental: resíduos sólidos
	Dimensão Ambiental: resíduos líquidos

A quantificação dos DPEs ao longo do horizonte de planejamento, e mais especificamente dos momentos trabalhados no caso de estudo, depende da premissa adotada no cenário vigente, bem como o próprio ranqueamento pode interferir na ordem de utilização de recursos que possam ser mais ou menos nocivos a determinados aspectos regionais sob pressão.

6.2.2 Vigilantes Mútuos

A definição dos Recursos Energéticos já traz consigo a matriz de interações entre eles, podendo se realizar uma definição da forma de interação entre aqueles

potenciais que interagem de forma mais direta, como recursos concorrentes, mas em alguns casos é necessário cruzar informações contidas no Inventário Energo-Ambiental ou mesmo no Mapeamento Pró-Energético, tornando-se assim um problema intrínseco. Assim sendo, aqui serão trabalhados os problemas diretos e logicamente cruzados no Inventário.

Tomando como base a Tabela 1 e utilizando apenas relações diretas para efeito de estudo de caso e aplicação da metodologia.

- **R1/R2 não há interação entre os potenciais, pois assume-se mão de obra especializada suficiente para realizar os empreendimentos ao mesmo tempo quando necessários.**
- **R1/R3 há uma interação positiva de ganho, já que a utilização de energia solar fotovoltaica em microgeração tem a capacidade de reduzir emissões de GEE, NO_x e SO_x.**
- **R1/R4 não há interação entre os potenciais.**
- **R1/R5 não há interação entre os potenciais.**
- **R1/R6 não há interação entre os potenciais.**
- **R1/R7 A interação é pela concorrência de espaço de insolação em residências, sendo a concorrência direta.**
- **R1/R8 há a concorrência no sentido de que edificações eficientes necessitam de menor energia e assim a microgeração deve ser diminuída e vice-versa, sendo necessário obter um ponto ótimo entre as duas.**
- **R2/R3 há interação na limitação de utilização de fontes fósseis por emissões, disponibilidade de recursos e aceitação.**
- **R2/R4 haverá interação no acesso à linhas de transmissão disponíveis ou ainda na viabilidade de construção de novas linhas, buscando um ponto ótimo.**
- **R2/R5 não há interação entre os potenciais.**
- **R2/R6 não há interação entre os potenciais.**
- **R2/R7 não há interação entre os potenciais.**
- **R2/R8 não há interação entre os potenciais.**

- **R3/R4** haverá interação no acesso à linhas de transmissão disponíveis ou ainda na viabilidade de construção de novas linhas, buscando um ponto ótimo.
- **R3/R5** não há interação entre os potenciais.
- **R3/R6** não há interação entre os potenciais.
- **R3/R7** não há interação entre os potenciais.
- **R3/R8** não há interação entre os potenciais.
- **R4/R5** não há interação entre os potenciais.
- **R4/R5** não há interação entre os potenciais.
- **R4/R6** não há interação entre os potenciais.
- **R4/R7** não há interação entre os potenciais.
- **R4/R8** não há interação entre os potenciais.
- **R5/R6** há interação direta negativa entre os potenciais.
- **R5/R7** não há interação entre os potenciais.
- **R5/R8** não há interação entre os potenciais.
- **R6/R7** não há interação entre os potenciais.
- **R6/R8** não há interação entre os potenciais.
- **R6/R7** não há interação entre os potenciais.
- **R7/R8** não há interação entre os potenciais.

Pode se inserir ainda a ideia do auto Vigilante, em que o potencial de mercado é muito maior que a possibilidade de absorção do próprio mercado naquele momentum da integração. Assim sendo, o potencial disponível, mas excedente, recebe um atraso dt no total do recurso.

Para os recursos listados:

- **R1** não há limitação de abrangência.
- **R2** há limitação de abrangência de até 3 empreendimentos por iteração devido a limitações no domínio tecnológico da geração a Gás Natural.
- **R3** há limitação de abrangência de até 2 empreendimentos por iteração devido à limitações no fornecimento de equipamentos para comissionamento.

- **R4 Limitação de 5 MW ou 1 empreendimento maior que 5MW por interação devido à disponibilidade de mão de obra e equipamentos.**
- **R5 limitação de 10% do potencial por penetração de mercado e disponibilidade de fornecimento.**
- **R6 limitação de 10% do potencial por penetração de mercado e disponibilidade de fornecimento.**
- **R7 limitação de 20% do potencial por penetração de mercado.**
- **R8 não há limitação de abrangência.**

Tabela 4 Tabela de Interação Entre Vigilantes mútuos

RE	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	d	0	0	0	a	d
2	0	e	b	d	0	0	0	0
3	d	b	e	d	0	0	0	0
4	0	d	d	e	0	0	0	0
5	0	0	0	0	e	a	0	0
6	0	0	0	0	a	e	0	0
7	a	0	0	0	0	0	e	0
8	d	0	0	0	0	0	0	0

6.3 O Ranqueamento

Para Rigolin (2012), o processo de ranqueamento requer a participação dos En-inatores na RAA na composição dos rankings. Foram selecionados líderes locais, organizações sociais, ONGs, governantes, empresários, estudantes universitários e aplicado um processo de seleção, descrito na referência. Tendo como resultado o ranqueamento de 182 recursos disponíveis na região, entre divisões de faixas de potência e tecnologias.

Para os recursos escolhidos, a classificação no ranking obteve o resultado apresentado na Tabela 5

Tabela 5 Ranqueamento dos Recursos selecionados

fonte: adaptação de Rigolin (2013)

Recurso	Ranking	Descrição
1	60	Energia Solar Fotovoltaica Microgeração
2	123	Energia Solar Fotovoltaica Flat – Gás Natural queima direta
3	165	Queima direta – Óleo Combustível
4	72	PCH <2MW
5	10	Motores – Indústria - substituição ajuste e dimensionamento
6	38	Motores – Indústria – Controle de Carga
7	35	Chuveiro – Residencial - solar
8	26	Iluminação – Comercial -Edificações Eficientes

6.4 Cenários Energéticos e Sócio-Econômicos: Previsão da Demanda

A etapa de construção de cenários é a pedra fundamental para a metodologia de integração dos recursos energéticos pois é fundamentada nela que se dará a previsão da demanda, necessária ao levantamento das necessidades regionais. E ainda servirá como base para a projeção de indicadores componentes do Mapeamento Pró-Energético.

Em Bernal (2009) afirma-se que um cenário energético é uma visão futura das condições que se adotam como passos no planejamento, não sendo uma simples projeção de valores e condições de estados presentes. Estando sujeito o cenário energético ao um cenário socioeconômico dentro de um horizonte de análise, considerando variáveis geográficas e econômicas da região de análise.

Para o estudo de caso em questão serão utilizadas premissas descritas em Bernal (2009) para a construção de um cenário tendencial e posterior previsão de demanda a ser trabalhada na integração dos recursos energéticos.

6.4.1 Ano Base

A partir de dados do SEADE pode se construir um perfil socioeconômico da RAA para o ano base à previsão de demanda, como mostra a

Tabela 6: distribuição da população em residências e classes econômicas na Região de Araçatuba

fonte: Bernal (2009)

	Por classe Total				
	Classe C	Classe B	Classe A	Não Declarado	Total
%	33	58	5	4	
pop	287225	502568	46080	31236	867109
nº de res	91712	157523	14872	10362	274469
	Por classe Urbano				
	Classe C	Classe B	Classe A	Não Declarado	Total
%	32	59	6	4	
pop	260754	484913	45507	30191	821364
nº de res	83260	151989	14687	10015	259951
	Por classe Rural				
	Classe C	Classe B	Classe A	Não Declarado	Total
%	58	39	1	2	
pop	26471	17655	573	1046	45745
nº de res	8452	5534	185	347	14518
	Residências	%	total		
	Urbanas	95	821364		
	Rurais	5	45745		
	Taxa de Crescimento da população %	1,5	1,35 (limite)		
	população 2008	867109			
	Número de Pessoas por Residência				
	Classe C	Classe B	Classe A	Sem Declaração	
	3.131816506	3.190450993	3.09841021	3.014473568	

No setor residencial, o consumo total de energia elétrica no ano de 2015, segundo o SEADE foi de 703.626 MWh, com uma média de 2,67MWh por residência, sendo deste total 667 kWh destinado ao aquecimento de água em um total de 176GWh

No setor comercial, há 6862 estabelecimentos que consomem um total de 326.520 MWh/ano de energia elétrica, sendo em média 47,6 MWh por estabelecimento e cerca de 19 MWh/ ano de eletricidade por estabelecimento voltado à iluminação.

No setor Industrial, segundo o SEADE, em 2015 haviam 2096 estabelecimentos na região utilizando um total de 448.238 MWh, sendo deste total utilizado para força motriz cerca de 305 GWh ou ,em média cerca de 145 MWh/ano de eletricidade por estabelecimento para força motriz.

6.4.2 Previsão de Demanda

A partir das premissas definidas em Bernal (2009) obtém-se a previsão de demanda pra os setores residencial, comercial e industrial da RAA em que se observa que a composição do cenário tendencial, considerando o Ano 1 como base do estudo realizado para o ano 10 corrente, há desvios suficientemente pequenos para considerar o cenário válido para o estudo de caso, como pode ser visto na Tabela 7

Tabela 7 previsão de demanda para o cenário tendencial (GWh)

fonte: Bernal (2009)

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 12	Ano 16	Ano 21	Ano 26	Ano 31
Residencial	584,7	597,2	609,9	622,8	635,8	649,0	661,2	724,0	790,2	859,7	933,8	1.011,7
Industrial	368,9	380,0	391,4	403,1	415,2	427,6	440,5	510,6	592,0	686,2	795,5	922,2
Comércio	200,0	207,0	214,3	221,8	229,5	237,5	245,9	292,0	346,8	411,9	489,2	581,0

Como descrito anteriormente, o estudo de caso irá abranger o intervalo de 5 anos entre o ano 12 e o ano 16 que pode ser visto em foco na Tabela 8.

Tabela 8 demanda incremental do ano 12 ao ano 16 do cenário tendencial (GWh)

	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16
Residencia	724	737	750	764	790
Industrial	511	526	542	558	592
Comercial	292	302	313	324	347
Total	1527	1565	1605	1645	1729
Incremento	38	39	40	41	84

6.5 Mapeamento Pró-Energético

A partir das premissas dos cenários e com algumas situações a serem forçadas para que se faça uma análise de robustez da metodologia, pode-se descrever os DPEs que serão considerados ao longo do recorte temporal analisado. Assim se obtém a Tabela 9 com os DPEs para o intervalo de planejamento analisado.

Tabela 9 limites de DPEs no Mapeamento Pró-Energético

DPE	Valor	Limites
Meio Antrópico – IDH	Atingir o mesmo patamar do Estado de SP	-
Meio Antrópico – Empregos	Crescimento em oferta de empregos em 3% da população	-
Meio Aquático: IVA	Aumento da capacidade de suporte à vida	regular
Meio Aquático: IPA	Manutenção do nível Bom	regular
Meio Aquático: Disponibilidade hídrica	Toda a vazão de afluentes será destinada à consumo humano ou manutenção de nível de grandes reservatórios. *	
Meio Aéreo: NO _x	200µg/ m ³ (1h) *	240
Meio Aéreo: SO _x 80µg/ m ³ (1h)	40µg/ m ³ (24h)	40
Meio Aéreo: Gases de Efeito Estufa	Limitado a 2000 t/dia para geração de EE	-
Meio Aéreo: Material Particulado	MP ₁₀ 120 µg/ m ³ (24h) // MP _{2,5} 70 µg/ m ³ (24h)	100 // 50
Meio Terrestre: Uso do Solo	Utilização predominante para Agricultura e moradia	-
Meio Terrestre: Áreas Impróprias	Utilização de áreas impróprias para empreendimentos de EE	10%

6.6 Caracterização dos Recursos Energéticos CVPC

O passo final para a realização do estudo de caso é a caracterização dos recursos energéticos selecionados de acordo com a metodologia de CVPC, em que segue abaixo a tabela de caracterização dos recursos.

Dimensão Social								
		Solar Flat	Óleo Combustível	PCH	Indústria Motores-Substituição	Indústria Motores – Controle de Carga	Residencial - Solar aquecimento	Comercial Substituição ajuste dimensionamento iluminação
Percepção de conforto	Poluição sonora	5 – 10 %	5 – 10 %	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	negativa
	Poluição visual	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	negativa
	Poluição olfativa	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
	Poluição Térmica	Neutro		Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Geração de Empregos	Empregos diretos (MW)	30-35	8-12	11,5 – 25	4	4	11	
	Qualidade e Segurança	-Faixa de salário intermediária	-Faixa de salário intermediária	-Faixa de salário intermediária	-Faixa de salário intermediária - alta	-Faixa de salário intermediária - alta	-Faixa de salário intermediária - alta	-Faixa de salário intermediária - alta
		-Qualificação técnica operação e construção civil	-Qualificação técnica e construção civil	-Qualificação técnica	-Qualificação especialista	-Qualificação especialista	-Qualificação especialista	- Qualificação especialista
		-baixo impacto na saúde ocupacional	-baixo impacto na saúde ocupacional	-baixo impacto na saúde ocupacional	-baixo impacto na saúde ocupacional	-baixo impacto na saúde ocupacional	-baixo impacto na saúde ocupacional	-baixo impacto na saúde ocupacional
		Contratos temporários ou fixos	Contratos temporários ou fixos	Contratos temporários ou fixos	Contratos temporários de curta duração	Contratos temporários de curta duração	Contratos temporários de curta duração	Contratos temporários de curta duração
Influência no Desenvolvimento	Atividades Econômicas/ Infraestrutura	0,20%	0,10%	0,17%	0,20%	0,20%	0,33%	0,20%
	Desenvolvimento Humano	0,08	0,02	0,056	0,08	0,08	0,11	0
Desequilíbrio ambiental no meio social	Impactos à Saúde	1	1	0,75	0,5	0,5	0,75	0
	Impactos ao uso da terra							

Dimensão Política								
Grau de Aceitação	Sociedade Organizada, ONGs Associações	positivo	negativo	negativo	positivo	Indiferente	positivo	indiferente
	Governos	negativo	positivo	positivo	indiferente	indiferente	positivo	indiferente
	Geradoras, Transmissoras, Distribuidoras	positivo	positivo	positivo	indiferente	indiferente	indiferente	negativa
	Consumidores	indiferente	negativo	positivo	positivo	positivo	positivo	positivo
Grau de Motivação dos Agentes	Sociedade Organizada, ONGs Associações	indiferente	negativo	negativo	indiferente	indiferente	indiferente	indiferente
	Governos	indiferente	indiferente	indiferente	indiferente	indiferente	indiferente	indiferente
	Geradoras, Transmissoras, Distribuidoras	indiferente	positivo	positivo	indiferente	indiferente	indiferente	indiferente
	Consumidores	indiferente	negativo	indiferente	indiferente	indiferente	positivo	positivo
Posse e Integração	Posse	regional	regional	União	não	não	não	não
	Propriedade	regional	regional	regional	não	não	não	não
	Integração Energética	não	não	não	não	não	não	não
Apoio Político	Instrumentos Políticos	Leilões	leilões	leilões	Neutro	Neutro	leis de incentivo	Neutro
	Aspectos Legais (licenciamento)	12-36 meses	12-36 meses	12-36 meses	não necessita	não necessita	não necessita	não necessita

Dimensão Técnico-Econômica								
Confiabilidade	Disponibilidade	90,00%	67,00%	57,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Intermitência	baixa	baixa	alta	ausente	ausente	ausente	ausente
	Qualidade de Energia	Atende normas e padrões	Atende normas e padrões	Atende normas e padrões	Pode gerar harmônicos	Gera harmônicos	reduz potência ativa na rede	ausente
Domínio Tecnológico	Tecnologia e Equipamentos	40,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Projeto e Logística	60,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Tempo de Instalação	12-36 meses	12-36 meses	12-36 meses	3-5 meses	3-5 meses	2 meses	imediato
Facilidade Técnica	Distância do Centro de Consumo							
	Qualificação da Mão-de-Obra	Média-alta	média	média	alta	alta	média	baixa
Potencial Energético	Volumes de Energia (MWh/ano)	394200	394200 a 1576800	3942 a 15768	5-250	1-60		
	Potências de operação (kW)	50000	50000 a 200000	500 a 2000	1-70	1-70		
Custos de Geração	Custo de Implantação (R\$/W)	3	3	5	0,5	0,5	5	0,1
	TIR	15,00%	15,00%	12,00%	21,00%	17,00%	8,00%	8,00%
	Custos O&M (R\$/ MWh)	230	672,3	160	20	20	nulo	nulo
	VPL							
	Vida Útil	30	30	30	15	15	15	30

Dimensão Ambiental								
Poluentes Atmosféricos	NO _x micrograma/m³	26,5	310	nulo				
	Material Particulado	nulo	nulo	nulo				
	SO _x micrograma/m³	0,13	2,2	nulo				
Gases de Efeito Estufa (tCO ₂ /Mwh*dia)		0,25	0,9	0,16	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13
Degradantes da Camada de Ozônio		nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Dejetos	Sólidos	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
	Líquidos	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Demanda de água	Consumo m³/ano	8650	9500	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
	Vazão			31,2	nulo	nulo	nulo	nulo

7 Conclusões

7.1 Acerca dos Resultados - Integração dos recursos energéticos considerando os vigilantes

7.1.1 Primeira iteração

Levando em conta os potenciais de mercado apresentados no capítulo anterior e os procedimentos de integração considerando os Vigilantes e a metodologia de Vigilantes apresentados nos fluxogramas da metodologia, apresentados na Figura 18 e na Figura 19 e, para fins de análise da robustez do modelo, soma-se à previsão de demanda um total excedente de 1000 GWh de energia com acréscimo de 10% a.a. a ser produzido devido ao perfil produtor de energia da região e potencial ociosidade de linhas de transmissão.

Assim sendo, o primeiro recurso a ser considerado na primeira iteração considerada do processo seria o recurso substituição de motores no setor industrial, listado como R5 na matriz de recursos e que tem como potencial de mercado total 147,7 GWh ano com a premissa de entrada de 5% ao ano por limitação de penetração de mercado do auto Vigilante, apresentando um potencial momentâneo de 7,38 GWh no ano considerado e já inserindo 140,3GWh como potencial de Rb1 – o ranking de recurso barrado.

Na verificação do procedimento de vigilantes, apresentado na Tabela 9 há apenas a ressalva sobre a recomendação do aumento do IDH, contudo não há limitação do potencial de mercado pois a capacidade é baixa o suficiente, contudo não há alteração dos DPEs

Já para os vigilantes mútuos, a coluna do recurso R5 apresenta interações apenas com R6. De forma direta, ou seja, o potencial de um é diminuído do mesmo volume de energia implementada do outro, ou seja, R6 apresentava um potencial de mercado de 54,2 GWh, passa a apresentar como potencial 46,8 GWh.

A demanda ainda apresenta uma lacuna de 1030 GWh a ser preenchida nesta iteração, passando então para o segundo recurso melhor ranqueado que é substituição de lâmpadas em estabelecimento comercial (R8), com um potencial total de 35 GWh e limitação de 10% a.a. levando assim ao recurso Rb2 um potencial de 31,5 GWh.

O recurso também não se apresenta restrito pelos vigilantes próprios e não faz interação com os outros recursos selecionados quando se considera os Vigilantes mútuos, também sem alterar significativamente os DPEs.

Ainda se apresenta uma lacuna de 1026,5 GWh, para a qual será considerado o próximo recurso da lista – R7 – com potencial de 181 GWh e restrição própria de 5% levando a considerar 9,05 GWh para preenchimento e Rb3 com 171,95 GWh. E como a maioria dos recursos de demanda, os Vigilantes próprios não alteram o seu potencial efetivo. Mas nos vigilantes mútuos R7 interage de forma direta com R1, competindo por espaço de insolação e por energia a ser consumida. Portanto. O potencial de R1 passa a ser de 1226,95 GWh e a lacuna de demanda ainda é de 1017,6.

O próximo recurso listado é o recurso R6, com 2,34 GWh disponíveis e 46,77 barrados como Rb4 que não interage com os DPEs, mas interage com R5 de forma direta, diminuindo o potencial de Rb1 para 145,36e a lacuna de demanda passa a 1015,27 GWh.

No próximo passo dessa iteração se considera o recurso R1 no ranqueamento, com 1226,95 GWh e 30% de penetração insere 368 ,1 GWh de potencial que alteram o DPE de desenvolvimento humano de forma positiva, alcançando os objetivos da iteração para este índice. Ainda inserindo 858,8 GWh como RB5 e interagindo de forma direta em R7, fazendo zerar o potencial deste (e consequentemente de Rb3. Faltando ainda serem preenchidos 647,2 GWh de demanda.

O próximo recurso é R4 – PCH – que é barrado integralmente pelo DPE disponibilidade hídrica, levando a Rb6 de 264,6 GWh.

O próximo recurso desta primeira iteração é solar flat que tem como potencial de mercado 1576 GWh e altera negativamente as DPEs de emissões de GEE, NO_x, e SO_x, contudo sem proporcionar um excesso que lhe custe o potencial disponível. Resultando em um excedente de potencial de 929,6 GWh e fechando a necessidade de energia prevista.

Daí se faz uma revisão da previsão da demanda pela entrada de RELDs totalizando 9,72 GWh no setor industrial, 3,5 GWh no setor comercial e 9,05 no setor residencial, alterando assim a previsão da demanda segundo a Tabela 10:

Tabela 10 Demanda revisada da primeira iteração

	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16
Residencial	724	728	741	754	768
Industrial	511	516	532	548	564
Comercial	292	299	309	320	331
Total	1527	1543	1582	1622	1663
Incremento	38	16	39	40	41

E ainda há uma lista de recursos barrados, que ficam em standby para a próxima iteração, sendo eles considerados na listagem dos recursos ranqueados inicialmente, apresentados na Tabela 11

Tabela 11 Ranking de recursos barrados na iteração 1

RB	GWh
1	145,4
2	31,5
3	0,0
4	46,8
5	858,9
6	264,6

e ainda há como saída intermediária uma lista de recursos, apresentada na Tabela 12, que comporão o Plano Preferencial, preenchendo o Ano 12 do plano.

Tabela 12 : tabela intermediária do Plano preferencial

Plano Preferencial	
Ano12	GWh
R5	7,38
R8	3,5
R7	9,05
R6	2,34
R1	368,1
R2	647,2

7.1.2 Segunda Iteração

Para a segunda iteração, deve se considerar o incremento de 16 GWh previsto para demanda de energia somado aos 10% do excedente de exportação, totalizando 116 GWh de necessidade para esta iteração.

A revisão da demanda gera também uma revisão dos potenciais de mercado dos RELDs, renovando-os com os valores apresentados na Tabela 13 :

Tabela 13: Potenciais revisados dos recursos considerados

RB	GWh
1	105,3
2	36,3
3	0,0
4	38,6
5	858,9
6	264,6

Iniciando iteração de fato, Rb1 continua não alterando os DPEs, mas ainda possui a restrição de 5% a.a. com 5,3 GWh deixa ainda 110,7 GWh para demanda e Rb1 com valor de potencial a ser revisto ao fim da iteração. Ainda para os vigilantes mútuos, Rb1 interage com Rb4, reduzindo para 33,3 GWh seu potencial.

O segundo recurso barrado é o recurso 8, que não interage com os DPEs nem com os outros recursos em seu potencial, apenas consigo mesmo no limite de 10% do potencial, apresentando como potencial efetivo 3,6 GWh e reduzindo a demanda por energia a 107 GWh.

O terceiro recurso barrado teve seu potencial anulado por sua interação com outro recurso, portanto ele pode se excluído da consideração à seguir. Podendo se afirmar que determinadas fontes de energia podem apresentar diferentes tecnologias de aproveitamento e assim se propõe como uma possível solução alternativa àquele recurso esgotado.

O próximo recurso é Rb4, com 33,3 GWh e 5% de penetração, disponibilizando 1,7 GWh e reduzindo a demanda à 105,4 GWh e ainda reduzindo o potencial de Rb1 diretamente a 98,3 GWh que será revisado junto com a demanda ao fim da iteração.

O próximo recurso considerado é Rb5, com 30% de penetração, tornando disponível 257 GWh, suficiente para completar o atendimento à demanda nesta iteração.

A utilização dos recursos da forma descrita faz necessária a revisão da demanda pela utilização de RELDs no processo apresentada na tabela abaixo.

Tabela 14 Demanda revisada na segunda iteração

	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16
Residencial	724	728	741	754	768
Industrial	511	516	525	540	557
Comercial	292	299	306	316	327
Total	1527	1543	1571	1611	1652
Incremento	38	16	28	40	41

7.2 Análise dos resultados

O procedimento aplicado apresenta a consideração dos DPEs na integração dos recursos de forma satisfatória na verificação da hipótese a ser verificada, sendo que alguns dos DPEs arbitrariamente aplicados para demonstração, como a limitação no uso de águas para PCH comprovam a robustez do modelo. Sendo sensível tanto a limitações ambientais, sociais e ainda a intervenções políticas.

A aplicação até a segunda iteração possibilitou demonstrar a aplicação da metodologia para os recursos considerados, sendo desnecessária uma extensão repetitiva ao longo dos anos para verificação de todos os atributos.

8 Considerações finais

8.1 Acerca do Modelo de PIR

Instrumentos de planejamento energético para o desenvolvimento sustentável, sabem-se variados, sendo que ao longo deste trabalho entende-se como sendo o PIR – Planejamento Integrado de Recursos energéticos – (originalmente PIRnaUSP, como pode ser visto em Udaeta, 2012), consiste em essência no desenvolvimento de uma ferramenta metodológica com vista no planejamento energético e na tomada de decisão sustentáveis, de forma a conciliar o máximo de variáveis e parâmetros envolvidos em uma análise sistêmica, holística e racional dos recursos energéticos de uma dada região.

Na busca de uma completude de análise de sistemas complexos, a estratégia do PIR baseia-se em trabalhar esquematicamente as diversas linhas do conhecimento, para que os diferentes enfoques e entendimentos sobre o meio sejam contemplados na integração dos recursos pesquisados (oferta e demanda numa arquitetura orgânica para satisfazer as necessidades de energia sempre). A complexidade de se unificar diversas linguagens e pensamentos determinísticos apresenta-se como o maior desafio do planejamento, e a unicidade da análise pode configurar-se na busca de um bem comum como é o desenvolvimento sustentável.

No entanto, o jargão sustentabilidade, de crescente preocupação desde finais do século passado, apesar de possuir um lugar comum na mídia, nos estudos e nas pesquisas atuais, ocasiona uma supervalorização e certo desentendimento do seu significado. Isso pode ser observado com facilidade nas muitas vertentes do conhecimento, nas quais ainda se configuram linhas divergentes de pensamentos a respeito de propósitos comuns, no longo prazo, que de tão longos implicam mudança de estilo de vida.

Dessa forma, a sustentabilidade pode ser assimilada como um propósito de bem-estar geral, dentro dos cenários possíveis e das realidades do desenvolvimento social, ou ainda como o condicionamento do ciclo de produção ao mínimo de produtos secundários e à máxima eficiência dos processos e manutenção dos recursos racionalmente otimizados. Esses objetivos estão integrados na busca constante de qualidade de vida e, mais especificamente, pode-se considerá-los propósito do PIR,

como um ferramental aplicado sistemicamente para o suprimento das demandas futuras de energia, com a minimização dos impactos socioambientais gerados e o máximo atendimento às necessidades regionais.

A heterogeneidade abordada no escopo do PIR, neste trabalho, caracteriza a este como holístico, abrangendo especialistas das diversas áreas do conhecimento, expressas na metodologia pelas dimensões estudadas: ambiental, política, social e técnico-econômica. E, no desenvolvimento da metodologia, o emprego de análises técnicas, ferramentas matemáticas, softwares de decisão e gráficos configuram o caráter sistêmico do PIR, que busca nessas duas bases, a completude da análise integrada e do planejamento. Muito porém frisando que o caráter dessa “análise integrada” quando referida ao PIR (Udaeta, 2012) é concretamente a recursividade sustentável do lado da oferta e do lado da demanda biunivocamente intrínsecos.

Dessa mesma forma, a tese deste PIR pode ser observada segundo essas divisões em frentes sinérgicas de trabalho, como a classificação *a priori* dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda (RELDs) e dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta (RELOs), que são analisados separadamente, porém sistematicamente, não havendo posterior integração sem uma dessas análises.

Esse aspecto dicotômico do PIR segue sendo observado em todos os níveis dos trabalhos de pesquisa nos quais, em um primeiro momento, existem como produtos isolados. Por conseguinte, trabalha-se a integração com a extinção desse formato bilateral. Citando novamente o exemplo dos RELOs, alternativas de geração de energia, e dos RELDs, alternativas baseadas na economia e/ou uso racional do recurso energético, na outra extremidade do ciclo de produção, pode-se observar que, na fase de integração, a classificação perde esse aspecto bilateral e acaba por ser traduzida em um fechamento do ciclo. Assim, ambos são analisados sob mesma metodologia, e o aspecto linear da cadeia produtiva (com começo e fim) passa a ser analisado ciclicamente, expressando um dos conceitos mais difundidos de sustentabilidade

Outros casos podem ser citados, nos quais a dicotomia das análises do PIR tende a essa consolidação e completamento do ciclo na fase de integração, por exemplo: o mapeamento energo-ambiental e o CVPC, as ACCs determinística e holística, entre

outros exemplos, dentro das especificidades do processo do PIR a partir das suas ferramentas metodológicas.

Essa classificação ou análise simultânea dos recursos energéticos, de forma que possa haver uma comparação entre seus impactos ambientais, rendimentos e custos completos, permite a unificação das variáveis de influência em uma matriz multicritério de decisão, implementada com o apoio de software de decisão. Dentro do PIR, a essa classificação dá-se o nome de Cômputo e Valoração, enquanto a confecção da matriz multicritério é denominada Análise de Custos Completos (ACC), da qual se utiliza o assim denominado Ranqueamento.

A ACC tem como produto uma classificação ordenada dos recursos energéticos no contexto da realização do Ranqueamento, segundo a preferência na fase de implementação. Essa hierarquização considera o desempenho dos recursos analisados nas diversas áreas do conhecimento, em que foram atribuídos valores quantitativos e qualitativos aos seus atributos, de forma a permitir a comparação.

No entanto, a ACC, como os demais elementos do PIR, tem o caráter dicotômico, que pode ser exemplificada pela ACC Determinística, instruída dentro da metodologia de CVPC do PIR, e, por outro lado, pela a ACC Holística, que considera a opinião dos diversos atores regionais e envolvidos no planejamento. Estes últimos, envolvidos e interessados (“En-In” ou “Stakeholders”), têm grande influência no Ranqueamento dos recursos energéticos e podem representar os beneficiários do planejamento.

Para a hipótese de integração e confecção de plano preferencial, é necessária a determinação de uma região de estudo. Que em se tratando de um país em desenvolvimento, por ter demanda reprimida não identificada, estabelece-se um Inventário de informações prévias, com o intuito de caracterizar a região e possibilitar a implementação da metodologia dentro da conjuntura de seus aspectos socioeconômicos e ambientais. Muito porém, esse procedimento evolui do Inventário Prévio ao, no jargão do PIR, denominado Mapeamento Energo-ambiental. Sua caracterização pode gerar ambiguidades e discrepâncias diversas devido à homogeneização de variáveis em escala subregional e ainda às aproximações na escala temporal. No entanto, a sua composição genérica pode ser utilizada dentro da

matriz de decisão do PIR e é validada pelo caráter comparativo, quando inter-relacionada com as demais variáveis de Integração de recursos energéticos.

Ainda segundo essa orientação, a caracterização do aspecto regional visa à confecção de cenários futuros, pois sem essas projeções não faz sentido uma ferramenta metodológica de planejamento. Nesse âmbito, com o intuito de manter a abrangência e completude, o PIR tende a demonstrar várias possibilidades futuras para a demanda de energia, em seus diversos usos. Constituídos esses cenários, a empregabilidade da ferramenta metodológica torna-se possível e, dentro da análise completa e integrada, visa-se produzir um plano preferencial de acordo com as hipóteses mais realistas das projeções.

Assim, o modelo de PIR, quando do processo de integração, considera as tendências dos cenários futuros, que determinam a demanda a ser satisfeita, o Ranqueamento dos recursos energéticos e respeita as restrições impostas (vigilância permanente de vetores-chave dos meios), sejam elas ambientais, econômicas, sociais ou técnicas. O Plano Preferencial, produto final do Planejamento Integrado de Recursos energéticos, é confeccionado também com a construção de Carteiras de Recursos, que visam metas específicas e discretas que consistem em planos de implementação dos recursos energéticos, especificamente localizados no espaço e no tempo, constituindo horizontes de 50 anos. Nelas também estão contidas todas as ações sugeridas pela metodologia, que podem ser implementadas em esferas multidimensionais, seja na forma de grandes empreendimentos energéticos, ou mesmo, em oficinas e pequenas medidas de educação.

Resumidamente, o PIR resulta em um plano preferencial que pressupõe ações realizáveis e possíveis aos olhos dos En-In, tal que se define como o somatório dos esforços de todos os atores envolvidos no PIR, com o intuito de acolher a todos os diferentes reclames socioambientais e políticos, atuais e futuros, assumindo intrinsecamente o quesito difuso de assegurar a qualidade de vida às gerações dentro do terceiro milênio quando matutado o PIR que para o entender na complexidade intrínseca de todas suas etapas conclui-se que elas podem ser bem observadas a partir de um modelo fundamental.

8.2 Acerca da Aplicação do Planejamento

O planejamento energético possui várias formas de abordagem, e no Brasil se definiu que o Estado possui a responsabilidade por essa atividade, que é essencial para o desenvolvimento econômico e social sustentável. Para essa finalidade, foi criada uma empresa pública federal, a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (Lei 10.847/2004), a qual possui diversas atribuições para o desenvolvimento das diversas fases do planejamento.

Quanto aos recursos disponíveis no país, os elementos básicos a serem observados no planejamento se referem à integração física – linhas de transmissão e distribuição, bem como as potências das hidrelétricas ou pequenas centrais (integração hídrica), a fonte termelétrica, incluindo a nuclear, e as novas fontes renováveis, como a eólica, a solar, a biomassa.

No que se refere à demanda, os diversos cenários de projeção de crescimento do mercado devem ser considerados, o que observa aspectos como economia, desenvolvimentos regionais, atividades industriais, comerciais, consumo residencial e rural, entre outros.

Assim sendo, a análise do planejamento energético, em especial do planejamento relativo à energia elétrica deve observar quais são os interesses envolvidos e como eles se materializam na busca de um objetivo comum, de utilização otimizada dos recursos energéticos como instrumento para sustentar a infraestrutura e o desenvolvimento econômico e social dos respectivos países, o que é indispensável para o aprimoramento conjunto de todos.

A relação de desafios e preocupações aqui tratados se insere nesse contexto ampliado, em que a participação popular se materializa em diversos momentos, seja em audiências e consultas públicas sobre questões de planejamento, seja em ações judiciais, bem como em termos de compromisso ou termos de ajuste de conduta firmados junto ao Ministério Público. Ao mesmo tempo em que essa participação é bastante salutar, deve-se verificar qual o limite de atuação e de exigências e ônus atribuídos ao empreendedor, pois os custos certamente recairão sobre os consumidores, de modo geral – o chamado “Custo-Brasil”.

Por isso, o PIRnaUSP representa uma maneira mais otimizada de realizar o planejamento, em razão das diversas dimensões analisadas e da participação dos envolvidos-interessados de forma mais efetiva. De fato, pode haver maior agregação entre o planejamento tradicional e o PIRnaUSP, o que certamente gerará benefícios diversos para os resultados almejados.

9 Referências bibliográficas

ALASKA ENERGY AUTHORITY. 2010 Alaska Energy Pathway. Anchorage, AK, 2010. Disponível em: <
ftp://ftp.aidea.org/2010AlaskaEnergyPlan/2010AlaskaEnergyReport.html >. Acesso realizado em 09.ago.2015.

BAITELO, R. L. “Modelo de Cômputo e Valoração de Potenciais Completos de Recursos Energéticos para o Planejamento Integrado de Recursos”. Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BERNAL, J. L. O; “Modelagem para o Aproveitamento Sustentável dos Biocombustíveis, Energia Eólica e Solar Dentro do PIR Local: Estudo de Caso do PIR da Região de Araçatuba”. Dissertação de mestrado apresentada no IEE/USP, São Paulo, 2009.

BIAGUE, M. F.; “Modelagem da Carteira dos Recursos Energéticos no PIR. Validação do Modelo no PIR de Araçatuba”, EPUSP, São Paulo, 2010.

CICONE, D.J., “Modelagem e Aplicação da Avaliação de Custos Completos Através do Processo Analítico Hierárquico Dentro do Planejamento Integrado de Recursos” Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008

COLORADO STATE. Colorado Climate Action Plan: A Strategy to Address Global Warming. Fort Collins, CO, 2007. Disponível em:
<<http://cnee.colostate.edu/graphics/uploads/ColoradoClimateActionPlan.pdf> >. Acesso realizado em 08.ago.2015.

DE JAGER, D., et al. Financing Renewable Energy in the European Energy Market. By order of the European Commission, DG Energy, TREN/D1/518- 2008. Ecofys, Utrecht, 2011.

DEETMAN, S., et al. Deep greenhouse gas emission reductions in Europe: Exploring different options. *Energy Policy* 55 (2013), Amsterdam, 152-164, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro, 2007.

EMPRESA de Pesquisa Energética (EPE), Demanda de Energia 2050, Nota Técnica DEA 13-14, Série Estudos da Demanda de Energia, Rio de Janeiro, RJ, Janeiro de 2014.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – EIA. Electricity Power Monthly – February 2015. Washington, D.C., 2015.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. The Clean Power Plan. Washington, D.C., 2015a. Disponível em: < <http://www2.epa.gov/cleanpowerplan>> Acesso em 09.ago.2015.

EPA. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks, 1990-2013. Washington, D.C., 2015b. Disponível em: < <http://www.epa.gov/climatechange/pdfs/usinventoryreport/US-GHG-Inventory-2015-Main-Text.pdf>> Acesso em 09.ago.2015.

EPE, Demanda de Energia 2050, Nota Técnica DEA 13-14, Série Estudos da Demanda de Energia, Rio de Janeiro, RJ, Janeiro de 2014.

EPE, Mercado de Energia Elétrica 2006-2015, publicação EPE, RJ, RJ, 2005.

ERS INTERNATIONAL MACROECONOMIC DATA SET. 2014. *Historical Gross Domestic Product Per Capita for Baseline Countries/regions (in 2005 dollars) 1969-2014*. Economic Research Service, Department of Agriculture. s.l. : US Department of Agriculture, 2014.nt Printing Office, 2012.

EUROPEAN COMMISSION. Energy. Brussels, 2015. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan>>. Acesso realizado em 03.ago.2015.

GIMENES, A.L.V.; “Modelo de Integração de Recursos como Instrumento para um Planejamento Energético Sustentável”, Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, (2004)

GOLDEMBERG, José, Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento, Edusp, SP, 1998.

GREINER, Peter, Bases para um modelo auto-regulador para o setor elétrico brasileiro. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – São Paulo. Fundação Getulio Vargas, 1995.

HERERY, Daniel, DEBEIR, Jean-Claude, DELEAGUE, Jean-Paul, Uma História da Energia, 2ª Ed., Editora Universidade de Brasília.

IEA, “Energy Efficiency Indicators: Essential for Policy Making”, 2014 [Online]. Available: www.iea.org/publications/freepublications/publication/energy-efficiency-indicators-essentials-for-policy-making.html.

INTERNATIONAL Energy Agency (IEA), “Energy Efficiency Indicators: Essential for Policy Making”, 2014 [Online]. Available: www.iea.org/publications/freepublications/publication/energy-efficiency-indicators-essentials-for-policy-making.html.

KANAYAMA, P.H., “Mecanismos de Desenvolvimento Limpo no Planejamento Integrado de Recursos Energéticos”, Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

KENTUCKY STATE. Intelligent Energy Choices for Kentucky’s Future: Kentucky’s 7-Pont Strategy for Energy Independence. Frankfort, KY, 2008. Disponível em: <<http://eec.ky.gov/Documents/Kentucky%20Energy%20Strategy.pdf>> Acesso em 09.ago.2015.

KITZING, L., et al. Renewable energy policies in Europe: Converging or diverging? Energy Policy 51 (2012), Amsterdam, 192-201, 2012.

NATIONAL ASSOCIATION OF STATE ENERGY OFFICIALS – NASEO. State Energy Planning Guidelines: A Guide to Develop a Comprehensive State Energy Plan Plus Supplemental Policy and Program Options. Arlington, Virginia, 2014.

OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. Strategic Energy Planning. Washington, D.C., 2015. Disponível em: <<http://energy.gov/eere/slsc/strategic-energy-planning>> Acesso realizado em 03.ago.2015.

ONU - SUSTAINABLE Energy for All, “Progress Toward Sustainable Energy. Global Tracking Framework 2015”, 2015 [Online]. Available: www.trackingenergy4all.worldbank.org/~media/GIAWB/GTF/Documents/GTF-2015-Full-Report.pdf.

PAIXÃO, L. E., Memórias do Projeto RE-SEB: A história da concepção da nova ordem institucional do setor elétrico brasileiro, Massao Ohno Editor, SP, 2000.

REIS, Lineu Belico, Geração de Energia Elétrica, EDUSP, São Paulo, SP, 2006.

Revista Observador Econômico e Financeiro, Ano XX, Nº 230, abril de 1955.

RIGOLIN, P.H.C. “Desenvolvimento de um Sistema para Classificar Recursos Energéticos de Oferta e Demanda com Base no Cômputo e na Valoração do Potencial Completo dos Recursos Energéticos dentro do Planejamento Integrado de Recursos”. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil, 2013.

SUSTAINABLE Energy for All, “Progress Toward Sustainable Energy. Global Tracking Framework 2015”, 2015 [Online]. Available:

www.trackingenergy4all.worldbank.org/~media/GIAWB/GTF/Documents/GTF-2015-Full-Report.pdf.

Taylor, Nigel (1998). *Urban Planning Theory since 1945*. London: Sage Publications. pp. 67–68.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno, *Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro*, Synergia Editora, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE. 2015. Bureau of Economic Analysis. *National Economic Accounts*. [Online] 14 de 06 de 2015. [Citado em: 14 de 06 de 2015.] <http://www.bea.gov/national/>.

U.S. EIA. 2012. *Energy Information Administration - Annual Energy Review 2011*. Pittsburgh : U.S. Governme

UDAETA, M.E.M. “NOVOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS ENERGÉTICOS NA USP - Pesquisa Científica Realizada e Ferramentas Metodológicas Consolidadas do PIR na USP Aplicadas a RAA” . Tese de Livre Docência, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil, 2012.

UDAETA, M.E.M. “Planejamento Integrado de Recursos Energéticos para o Setor Elétrico – PIR – Pensando o Desenvolvimento Sustentado”. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Brasil, 1997

UN-Energy, “Energy Poverty – How to make modern energy access universal?”, 2010. [Online]. Available: www.un-energy.org/sites/default/files/share/une/energy_poverty_excerpt_weo2010.pdf.

UN-Energy, “Energy Poverty – How to make modern energy access universal?”, 2010. [Online]. Available: www.un-energy.org/sites/default/files/share/une/energy_poverty_excerpt_weo2010.pdf.

UN-Energy, "Energy : A Brief Discussion on Goals, Targets and Indicators", May 2014. [Online]. Available:

<https://docs.google.com/gview?url=http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1262Background%20Note%20on%20Energy%20Goals,%20Targets%20and%20Indicators%20%28Update%2028%20May%202014%29.pdf&embedded=true>.

UN-Energy, "Energy : A Brief Discussion on Goals, Targets and Indicators", May 2014. [Online]. Available:

<https://docs.google.com/gview?url=http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1262Background%20Note%20on%20Energy%20Goals,%20Targets%20and%20Indicators%20%28Update%2028%20May%202014%29.pdf&embedded=true>.