

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS

JAMES LENZI DE ARAÚJO

**ESTUDO DE EXPANSÃO DA GERAÇÃO E DA TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA PARA O ESTADO DO PARANÁ**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2015

JAMES LENZI DE ARAÚJO

**ESTUDO DE EXPANSÃO DA GERAÇÃO E DA TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA PARA O ESTADO DO PARANÁ**

Monografia apresentada ao Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Esp. Luiz Fernando Ortega

CURITIBA
2015

TERMO DE APROVAÇÃO

JAMES LENZI DE ARAÚJO

ESTUDO DE EXPANSÃO DA GERAÇÃO E DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA O ESTADO DO PARANÁ

Esta Monografia de Especialização foi apresentada no dia 28 de agosto de 2015, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energia Renováveis – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

Coordenador de Curso de Especialização em Energias Renováveis

Prof. Dr. Paulo Cícero Fritzen

Chefe do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Luiz Fernando Ortega
Orientador - UTFPR

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior
UTFPR

Eng. Esp. Bruna Barbosa Fantoni
Convidada

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

RESUMO

ARAÚJO, James L., Estudo de expansão da geração e da transmissão de energia elétrica para o estado do Paraná. 2015. Monografia (Especialização em Energias Renováveis) – Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O custo de energia elétrica no Brasil apresentou aumento significativo nos últimos tempos, devido principalmente aos baixos níveis dos reservatórios das usinas hidrelétricas em períodos de estiagem, o que levou ao acionamento de usinas termoelétricas para suprir a demanda energética do país. Por este motivo, a diversificação da matriz elétrica por meio de fontes renováveis pode reduzir a dependência do recurso hídrico, assim como oferecer segurança no fornecimento de energia ao país. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica, bem como o potencial hídrico e eólico presentes no estado do Paraná, fazendo com que o estado tenha redução na sua vulnerabilidade de oferta de energia por questões climáticas. Concluiu-se que o Paraná possui vasto campo a ser explorado no que tange energias renováveis. Além do mapeamento dos potenciais de geração hídrica e eólica no estado bem como a infraestrutura já existente, foi proposto atividades que podem ser tomadas para desenvolver o mercado de energias renováveis no Paraná e sua infraestrutura, capazes de oferecer condições para o desenvolvimento energético sustentável do estado do Paraná, com a inserção de fontes renováveis de energia.

Palavras-chave: Usinas hidrelétricas; Energia eólica; Transmissão de energia.

ABSTRACT

ARAÚJO, James L., Generation expansion study and transmission of electricity to the state of Paraná. 2015. Monograph (Renewable Energy Specialization) – Renewable Energy Postgraduate Programme in Renewable Energy, Federal University Technological of Parana.

The cost of electricity in Brazil increased significantly in recent times, mainly due to low levels of the reservoirs of hydroelectric plants in periods of drought, which led to the drive power plants to meet the energy demand of the country. For this reason, the diversification of the energy matrix through renewable sources can reduce dependence on water resources, as well as provide security of energy supply to the country. In this sense, the objective of this study was a survey of electric power generation and transmission systems, as well as the water potential and wind present in the state of Paraná, causing the state has reduced its energy supply vulnerability by questions climate. It was concluded that Paraná has vast field to be explored regarding renewable energy. In addition to mapping the potential of hydro and wind power generation in the state as well as the existing infrastructure were proposed activities that can be taken to develop the renewable energy market in Paraná and infrastructure, able to provide conditions for the sustainable energy development of the state Paraná, with the inclusion of renewable energy sources.

Keywords: Hhydroelectric plants; Wind power; Power Transmission.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Energia Armazenada Mensal.....	16
Figura 2 - Geração de energia.....	17
Figura 3 – Preço do petróleo.....	18
Figura 4 - 10 países que mais instalaram usinas eólicas.....	20
Figura 5 - 10 países com maior capacidade instalada	21
Figura 6 - 10 países que mais instalaram usinas fotovoltaicas	22
Figura 7 - 10 países com maior capacidade instalada	23
Figura 8 - Empreendimentos em Operação	25
Figura 9 - Geração de Energia – 2014.....	25
Figura 10 – Bacias hidrográficas do Paraná	29
Figura 11 - Comitês de Bacia	30
Figura 12 – Representação hídrica no Paraná	31
Figura 13 – Inventário hídrico do Paraná	33
Figura 14 – Potencial Eólico do Paraná.....	35
Figura 15 – SIN	42
Figura 16 - Subsistema Sul.....	43
Figura 17 - Mapa Geométrico do Paraná.....	46
Figura 18 - Mapa Geométrico da Região de Curitiba.....	47
Figura 19 - Mapa Geométrico da Região de Londrina	49
Figura 20 - Mapa Geométrico da Região de Maringá	50
Figura 21 - Mapa Geométrico da Região de Ponta Grossa.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - 10 países que mais instalaram usinas eólicas.....	20
Tabela 2 - 10 países com maior capacidade instalada	21
Tabela 3 - 10 países que mais instalaram usinas fotovoltaicas	22
Tabela 4 - 10 países com maior capacidade instalada	23
Tabela 5 - Empreendimentos em Operação	24
Tabela 6 - Resumo da Situação dos Empreendimentos	26
Tabela 7 - Evolução da Capacidade Instalada de Energia	27
Tabela 8 – Composição dos Comitês.....	30
Tabela 9 – Unidades Geradoras	32
Tabela 10 – Potencial de Geração Hídrico	32
Tabela 11 – Fator de Capacidade em Guarapuava.....	34
Tabela 12 – Fator de Capacidade em Guarapuava.....	35
Tabela 13 - Estimativa de Fator de Capacidade	36
Tabela 14 – Fator de Capacidade em Candói.....	36
Tabela 15 – Fator de Capacidade em Entre Rios.....	37
Tabela 16 – Fator de Capacidade em Pinhão	37
Tabela 17 – Fator de Capacidade em Francisco Frederico Teixeira Guimarães	37
Tabela 18 – Fator de Capacidade em Palmas.....	38
Tabela 19 – Fator de Capacidade em Cel. Domingos Soares	38
Tabela 20 – Fator de Capacidade em Catanduvas	38
Tabela 21 – Fator de Capacidade em Mata Rica	39
Tabela 22 – Fator de Capacidade em Faxinal	39
Tabela 23 – Fator de Capacidade em Tibagi e Castro	39
Tabela 24 – Fator de Capacidade em Pirapó.....	40

Tabela 25 – Fator de Capacidade em Pirapó.....	40
Tabela 26 - Linhas de Transmissão – COPEL	45
Tabela 27 - Subestações de Transmissão – COPEL	46
Tabela 28 - Subestações de Transmissão – COPEL	53
Tabela 29 - Subestações de Transmissão – COPEL	53

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CGU	Central Geradora Undi-elétrica
COPEL	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
EOL	Central Geradora Eólica
FC	Fator de Capacidade
FMI	Fundo Monetário Internacional
GWEC	Global Wind Energy Council
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA-PVPS	International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme
LT FI-CVO	Subestação de Foz do Iguaçu e Cascavel
MVA	Mega Volt-Ampère
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIB	Produto Interno Bruto
PR	Paraná
SIGEL	Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico
SIN	Sistema Interligado Nacional
SP	São Paulo
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica

UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
GW	Gigawatt
Hz	Hertz
Kg/m ³	Kilograma por metro cúbico
km	Quilometro
kV	Quilovolt
kVcc	Quilovolt em corrente alternada
kW	Quilowatt
L/s	Litros por segundo
m/s	Metros por segundo
MW	Megawatt
US\$	Dólar Americano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	TEMA E SUA DELIMITAÇÃO.....	13
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS.....	13
1.3	OBJETIVOS	13
1.3.1	Objetivo Geral	13
1.3.2	Objetivos Específicos	14
1.4	JUSTIFICATIVA.....	14
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	PANORAMA ENERGÉTICO BRASILEIRO E MUNDIAL.....	16
2.1	ENERGIAS RENOVÁVEIS NO MUNDO.....	18
2.2	ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL.....	24
3	EXPANSÃO DA GERAÇÃO E DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ	28
3.1	GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRÁULICA	28
3.1.1	Recursos Hídricos	28
3.1.2	Política De Uso De Recursos Hídricos.....	29
3.1.3	Potencial Hídrico	31
3.2	GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA	33
3.3	TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	40
3.3.1	Sistema de Transmissão do Brasil	40
3.3.2	Configuração Atual do Sistema de Transmissão do Paraná	43
3.3.3	Expansão do SIN no Estado do Paraná	52
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Enquanto no cenário mundial predomina a geração de energia elétrica por fontes não renováveis através de usinas termoelétricas, no Brasil existe predominância de usinas hidrelétricas tornando o país muito dependente desta fonte. Apesar do vasto potencial hídrico do Brasil, os custos de investimento para a implementação de usinas hidrelétricas são altos e o tempo médio de construção é um fator impactante ao setor de geração de energia elétrica.

De acordo com o Balanço Energético Nacional - BEN de 2015, a participação de renováveis na matriz elétrica brasileira caiu de 78,3% em 2013 para 74,6% em 2014 devido às condições hidrológicas desfavoráveis e a necessidade da complementação da demanda energética brasileira por outras fontes, como por exemplo, por meio das usinas termoelétricas que possuem um alto custo de operação encarecendo a energia elétrica disponibilizada aos consumidores.

Além dos altos custos envolvidos na sua geração, usinas termométricas são grandes emissoras de gases de efeito estufa e chuvas ácidas devido à queima de combustíveis fósseis, ocasionando diversos problemas ambientais prejudicando a saúde humana, o que torna a aplicação dessa fonte mais prejudicial se comparada aos impactos das usinas hidrelétricas. Adicionalmente, o setor de geração de energia elétrica apresenta uma demanda em constante crescimento, o que pode comprometer o fornecimento adequado ao setor elétrico.

Dentro desse contexto, se encontram a energia solar, a eólica, a biomassa, a energia dos oceanos, geotérmica dentre outras que são fontes renováveis. Neste sentido, a aplicação de fontes de energias renováveis é vista como estratégia de diversificação da matriz elétrica, pois garantem uma maior segurança no fornecimento de eletricidade já que os recursos não renováveis são limitados e poluentes.

O estado do Paraná está entre os estados brasileiros que mais geram energia elétrica, portanto conhecer o potencial de recursos energéticos, assim como a infraestrutura de transmissão de energia elétrica possibilita o planejamento adequado de investimentos neste setor, auxiliando na mitigação dos problemas referentes a ampliação da oferta de eletricidade.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Levantamento atual da infraestrutura relativa a usinas de geração de energia elétrica e sistemas de transmissão e potencial hídrico e eólico no estado do Paraná.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

O estado do Paraná, como mencionado anteriormente, apresenta favoráveis índices de recursos hídricos. Porém, a predominância da fonte hidráulica, apresenta em sua operação forte dependência com os níveis de água dos reservatórios, os quais sofrem interferências quando há estiagem em certas épocas do ano. Com isso, há elevação dos custos de energia pela entrada de operação das termoelétricas.

Neste sentido, a alternativa para o problema em questão é a ampliação da infraestrutura, tanto de geração quanto de transmissão de energia elétrica, principalmente através de diferentes fontes renováveis de energia fazendo com que o estado do Paraná tenha redução na sua vulnerabilidade de oferta de energia por questões climáticas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho visa realizar um levantamento dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica, bem como o potencial hídrico e eólico presentes no estado do Paraná.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar pesquisa bibliográfica relativo aos sistemas de geração de energia elétrica no estado do Paraná;
- Realizar pesquisa bibliográfica relativo aos sistemas de transmissão de energia elétrica no estado do Paraná;
- Apresentar o potencial hídrico no estado do Paraná;
- Apresentar o potencial eólico no estado do Paraná.

1.4 JUSTIFICATIVA

Para que o estado do Paraná possa continuar entre os estados que mais geram energia elétrica, há a necessidade de conhecer o que existe em operação em termos de usinas e infraestrutura de transmissão de energia elétrica. Além disso, conhecer o potencial dos recursos existentes, como hídrico e eólico é relevante para poder planejar investimentos no setor elétrico paranaense, contribuindo com a diversificação da matriz elétrica do estado.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Dentre os procedimentos metodológicos adotados foram a pesquisa bibliográfica, pois conforme Gil (2010), a coleta de dados será obtida por meio de material já publicado.

A pesquisa documental também foi utilizada para uma análise minuciosa através de dados histórico, material cartográfico e arquivos oficiais (LAKATOS; MARCONI, 2003).

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho apresenta a seguinte estrutura:

Capítulo 1: INTRODUÇÃO: Apresenta tema do trabalho, sua delimitação, estabelecendo os problemas e premissas, os objetivos a serem alcançados, justificativas e ainda os procedimentos metodológicos adotados.

Capítulo 2: PANORAMA ENERGÉTICO BRASILEIRO E MUNDIAL: Apresenta o cenário atual brasileiro e mundial relativo à oferta de energia elétrica através de fontes renováveis e não-renováveis.

Capítulo 3: EXPANSÃO DA GERAÇÃO E DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ: Apresenta o potencial hídrico, eólico e a infraestrutura existente do sistema de transmissão de energia no estado do Paraná;

Capítulo 4: CONSIDERAÇÕES FINAIS: Apresenta uma síntese do cenário atual do estado do Paraná referente às fontes de geração e infraestrutura de transmissão de energia elétrica.

2 PANORAMA ENERGÉTICO BRASILEIRO E MUNDIAL

No decorrer dos últimos 3 anos, o Brasil passou por aumentos sucessivos no valor da energia elétrica, dentre alguns fatores, o mais influente é dado ao baixo nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas e conseqüentemente ao elevado número de acionamentos de usinas termoeletricas para atender a demanda energética em constante evolução no país. Na Figura 1 as duas linhas mais espessas indicam a energia armazenado mensal no Brasil nos anos de 2014/2015, ficando evidente a baixa reserva de energia armazenada do sistema elétrico nacional nos últimos anos.

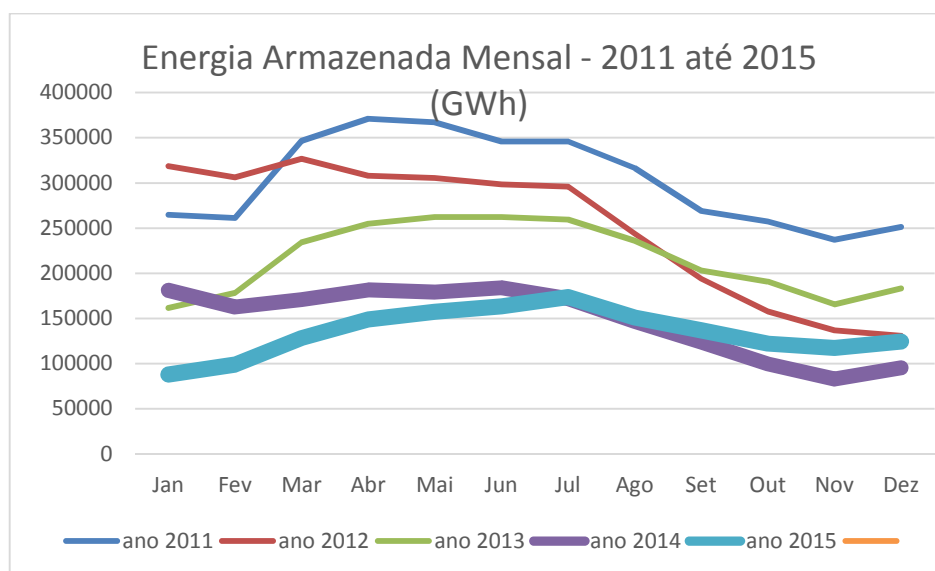


Figura 1 - Energia Armazenada Mensal
Fonte: ANEEL, 2015. (modificada)

Após décadas de uma matriz energética baseada em grandes usinas hidrelétricas, nota-se que é necessária a diversificação nas fontes de geração de energia para evitar o uso desenfreado de usinas térmicas que elevam demasiadamente o custo da energia para a indústria, comércio e residências por todo o país e também garantir maior segurança energética nacional.

O Estado do Paraná hoje é o terceiro estado no Brasil em geração de energia elétrica, com aproximadamente 18.355.421,86 kW de capacidade instalada,

ficando atrás apenas dos estados de São Paulo e Minas Gerais. O grande potencial energético do estado do Paraná é oriundo, em sua grande maioria, de grandes usinas hidrelétricas. A Figura 2 apresenta os 10 estados que mais geram energia no Brasil:

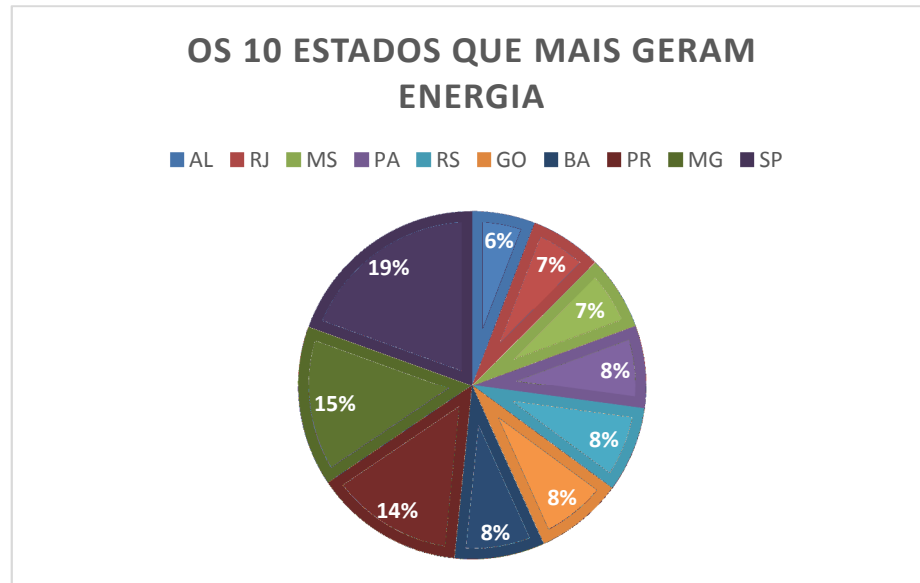


Figura 2 - Geração de energia
Fonte: ANEEL, 2015. (modificada)

Para continuar na dianteira da geração de energia nacional, o estado do Paraná, além de continuar os seus investimentos em grandes usinas hidrelétricas, deve também diversificar sua matriz de geração de energia através de pequenas centrais hidrelétricas, complexos eólicos, usinas solares, usinas de biomassa e micro geração distribuída.

2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS NO MUNDO

Nos últimos anos, principalmente nos anos de 2014 e 2015, foi verificada uma queda no preço do petróleo em todo o mundo e em menor escala o preço do gás natural e carvão. Depois de um longo período de preços elevados e relativamente estáveis, o petróleo caiu de US\$ 100 por barril em meados de 2014 para US\$ 35 em 2016. A Figura 3 abaixo apresenta a variação do preço do petróleo desde 2011 até 2015:

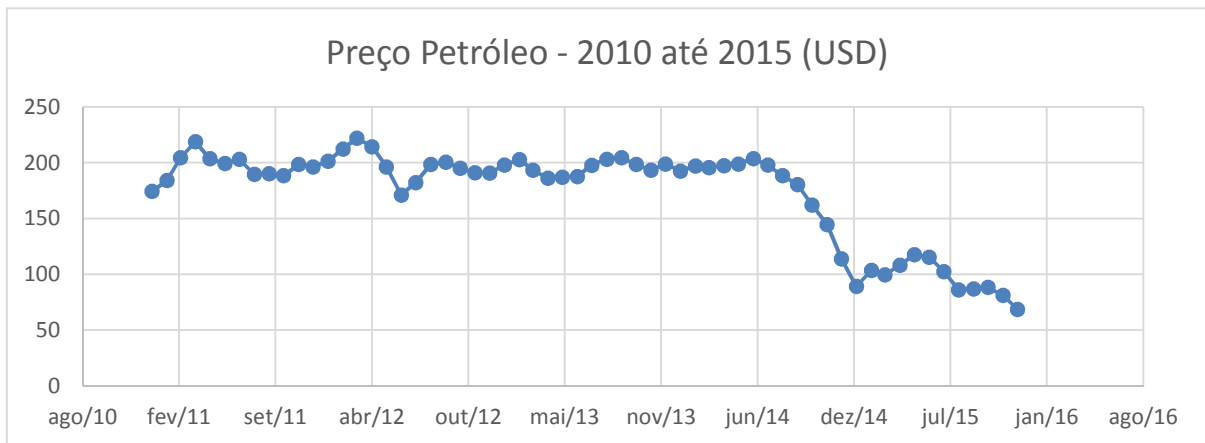


Figura 3 – Preço do petróleo

Fonte:

Em escala global, os preços dos combustíveis fósseis com valores inferiores estão propensos a agir como uma forma de estímulo econômico, que o Fundo Monetário Internacional (FMI) quantifica a entre 0,3% e 0,7% do crescimento adicional do Produto Interno Bruto (PIB) global no 2015. No entanto, impactos regionais têm atingindo com maior intensidade os países importadores e exportadores. Exportadores de óleo e gás tem visto suas expectativas de crescimento econômico freado e muitos países revisaram os seus orçamentos governamentais em função dessa queda nos preços. Para as empresas de óleo e gás, a queda dos preços levou a redução significativa nos investimentos, estima-se em 20% inferior no ano de 2015. Alguns países, como a Índia, Indonésia, Malásia e Tailândia aproveitaram a queda dos preços para implementar reforma dos subsídios.

Os preços mais baixos do gás natural têm melhorado a competitividade comparado ao carvão.

Apesar dos preços mais baixos dos combustíveis fósseis, não diminuiu o apetite para o desenvolvimento de empreendimentos de energias renováveis em 2014, nos quais foram investidos US\$ 270 bilhões e movimentos políticos continuam a apoiar esse tipo de energia. Só a Índia declarou o objetivo de ter uma capacidade instalada de energia renovável (não hídrica) de 175 GW até 2022 (dos quais 100 GW de energia solar fotovoltaica).

As tecnologias renováveis estão cada vez mais competitivas em todo o mundo, mas ainda necessitam de apoio público através de incentivos fiscais e econômicos. Apenas no ano de 2014, foi estimado um incremento de 128 GW de potência instalada a partir de fontes renováveis, dos quais 37% é proveniente da energia eólica, um terço em energia solar e um quarto em energia hidrelétrica. Esse valor correspondeu a mais de 45% das adições de toda capacidade de geração de energia no mundo em 2014.

O crescimento da capacidade eólica continuou a ser liderada por projetos *on shore* (instalações em terra firme). A China continua sendo o maior gerador de energia a partir do vento com a ampliação de 20 GW. A Alemanha instalou 5 GW no ano de 2014, aproximadamente os mesmos valores que os EUA. Os custos continuam relativamente elevados (mas em declínio) para energia eólica *off shore* (instalações no mar) e atrasos em infraestrutura para conexão resultam em atrasos de novos projetos. Países como Japão, Coreia do Sul e China estão respondendo aos altos custos na implementação dando apoio a indústria do setor. De acordo com a publicação da *Global Wind Energy Council* (GWEC), os 10 países que mais instalaram usinas eólicas em 2014 são:

Tabela 1 - 10 países que mais instalaram usinas eólicas

País	Potência (GW)
China	23.196
Alemanha	5.279
EUA	4.854
Brasil	2.472
Índia	2.315
Canadá	1.871
Inglaterra	1.736
Suécia	1.050
França	1.042
Turquia	804
Resto do mundo	6.852
Total	51.471

Fonte: GWEC, 2015. (modificada)

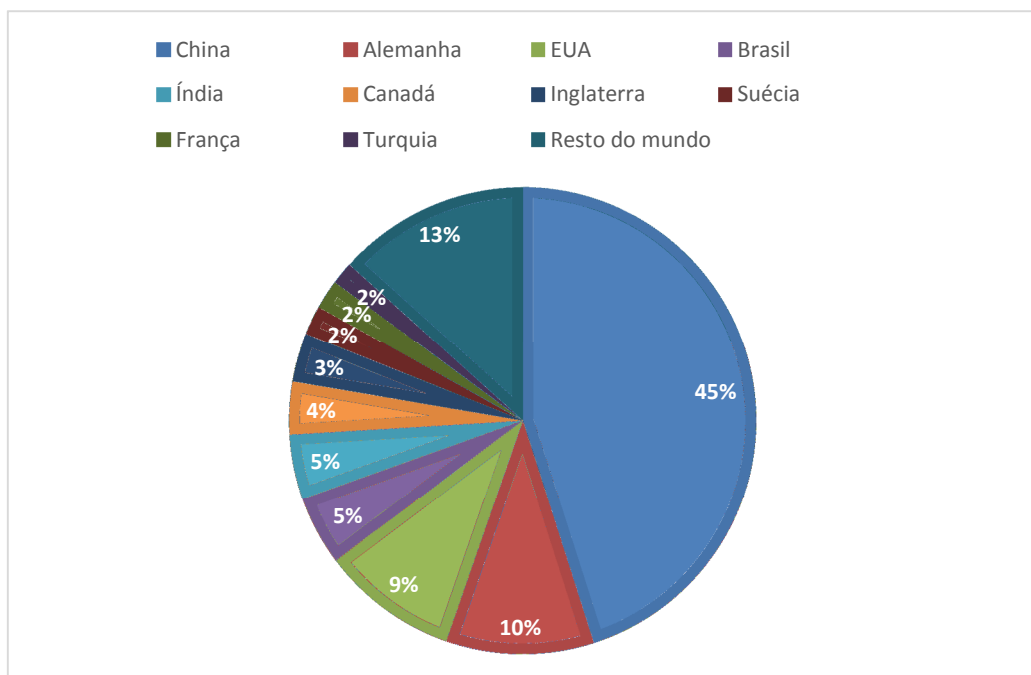


Figura 4 - 10 países que mais instalaram usinas eólicas
Fonte: GWEC, 2015. (modificada)

Já os países com maiores capacidades instaladas em 2014 são:

Tabela 2 - 10 países com maior capacidade instalada

País	Potência (GW)
China	114.609
EUA	65.879
Alemanha	39.165
Espanha	22.987
Índia	22.465
Inglaterra	12.440
Canadá	9.694
França	9.285
Itália	8.663
Brasil	5.939
Resto do mundo	58.473
Total	369.599

Fonte: GWEC, 2015. (modificada)

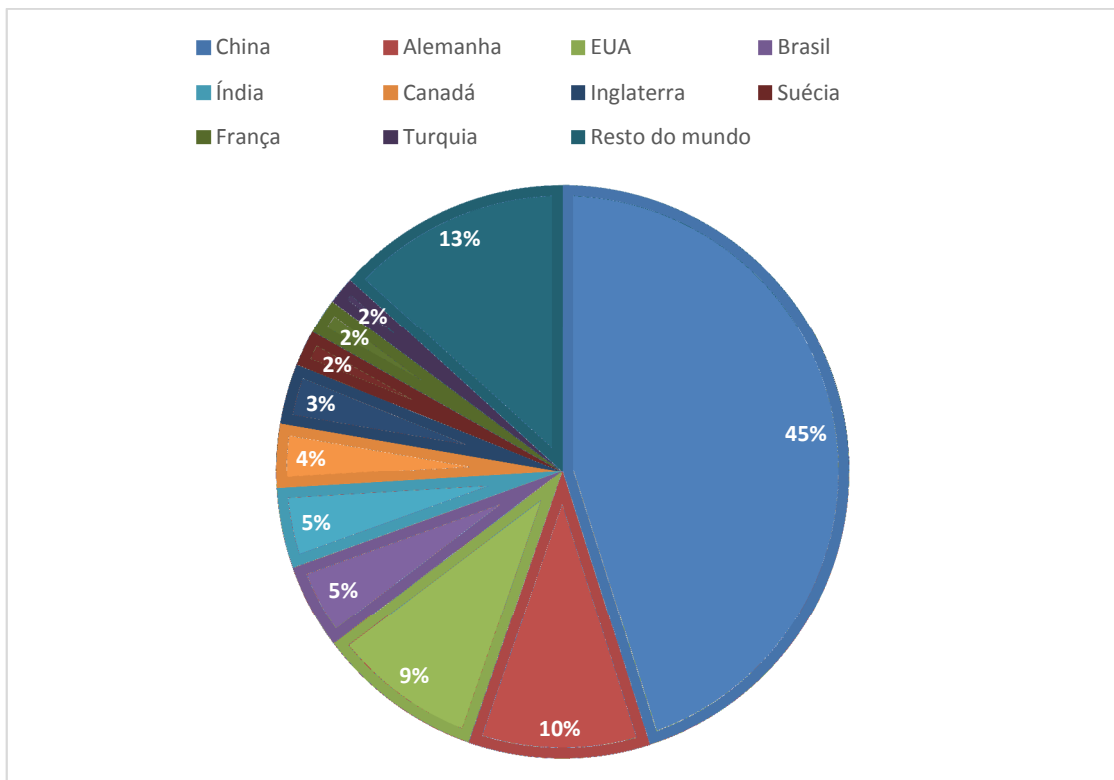


Figura 5 - 10 países com maior capacidade instalada

Fonte: GWEC, 2015. (modificada)

A energia fotovoltaica teve uma forte expansão na Ásia, particularmente na China e no Japão, sendo a expansão japonesa suportada por generosas tarifas *feed-in* (uma

tarifa *Feed-in* é uma estrutura para incentivar a adoção de energias renováveis através de legislações. Neste sistema, as concessionárias regionais e nacionais são obrigadas a comprar eletricidade renovável em valores acima do mercado estabelecidos pelo governo). De acordo com a publicação da *International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme* (IEA-PVPS), os 10 países que mais instalaram usinas fotovoltaicas em 2013 são:

Tabela 3 - 10 países que mais instalaram usinas fotovoltaicas

País	Potência (GW)
China	11,3
Japão	6,9
EUA	4,8
Alemanha	3,3
Itália	1,5
Índia	1,1
Romênia	1,1
Grécia	1
Inglaterra	1
Austrália	0,9

Fonte: IEA-PVPS, 2015 (modificada)

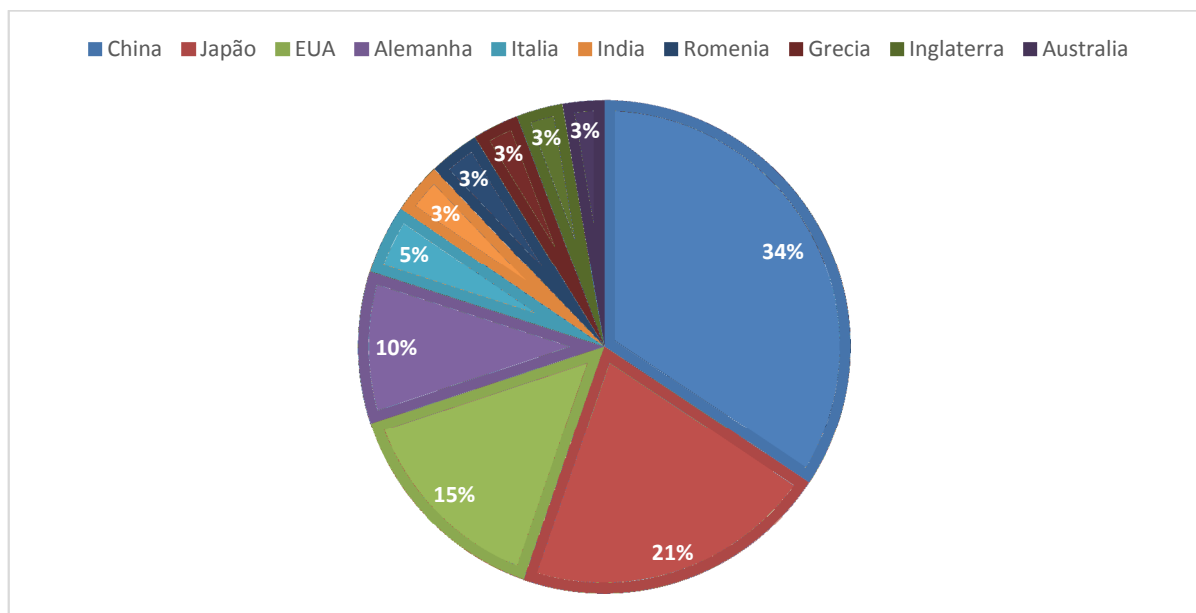


Figura 6 - 10 países que mais instalaram usinas fotovoltaicas

Fonte: IEA-PVPS, 2015 (modificada)

Já os países com maiores capacidades instaladas são:

Tabela 4 - 10 países com maior capacidade instalada

País	Potência (GW)
Alemanha	35,5
China	18,3
Itália	17,6
Japão	13,6
EUA	12
Espanha	5,6
França	4,6
Austrália	3,3
Bélgica	3
Inglaterra	2,9

Fonte: IEA-PVPS, 2015 (modificada)

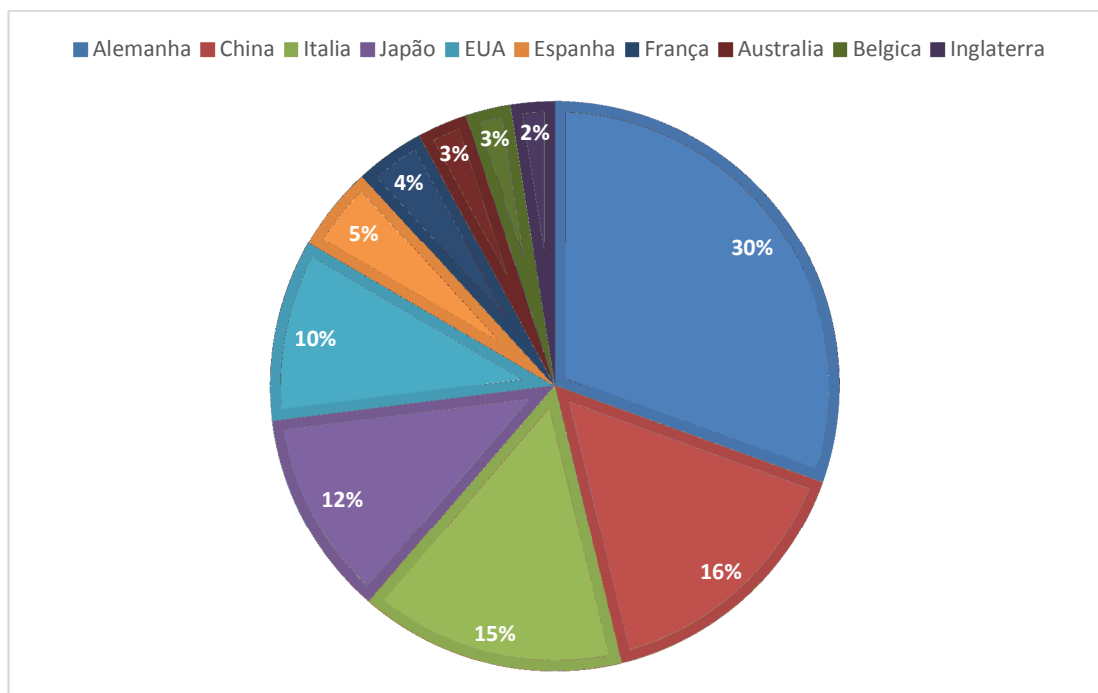


Figura 7 - 10 países com maior capacidade instalada

Fonte: IEA-PVPS, 2015 (modificada)

A baixa nos preços do petróleo provou ser um novo desafio para outras formas de energias renováveis, incluindo biocombustíveis nos transportes e geração de calor para usinas térmicas, a última que concorre diretamente com o gás natural (que o preço em muitos casos está atrelado ao preço do petróleo). Embora os biocombustíveis enfrentem desafios decorrentes dos preços mais baixos do

petróleo, no Brasil, por exemplo, o governo aumentou a taxa de mistura de etanol de 25% para 27% e no biodiesel de 5% para 7%.

A energia nuclear é a segunda maior fonte de geração de eletricidade de baixo carbono em todo mundo, sendo superada apenas pelas hidrelétricas. A China continua a liderar as novas adições de capacidade instalada, com 28 GW em construção no final de 2014, enquanto Rússia, Índia Coréia, Estados Unidos e outros países adicionaram 46 GW.

2.2 ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

A escassez de carvão de boa qualidade e a relativa demora na descoberta e exploração do petróleo em grandes quantidades fez com que o Brasil desenvolvesse uma matriz energética diferenciada quando comparada com o restante do mundo. A matriz para energia elétrica foi estruturada com a utilização de grandes usinas hidrelétricas, na Tabela 5 estão indicados os empreendimentos em operação no Brasil atualmente.

Tabela 5 - Empreendimentos em Operação

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	548	407.891	409.795	0,29
EOL	336	8.195.568	8.150.582	5,75
PCH	456	4.804.747	4.781.047	3,38
UFV	33	25.336	21.336	0,02
UHE	204	89.574.241	86.864.078	61,33
UTE	2.868	41.216.305	39.419.960	27,83
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,41
Tota	4.447	146.214.088	141.636.798	100

Legenda	
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CGU	Central Geradora Undi-elétrica
EOL	Central Geradora Eólica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear

Fonte: ANEEL, 2015 (modificada)

As usinas hidrelétricas representam 61,33% do parque gerador no Brasil, considerando outras fontes renováveis esse percentual salta para 85,55% diante de 14,45% para a geração a partir de combustíveis fósseis.

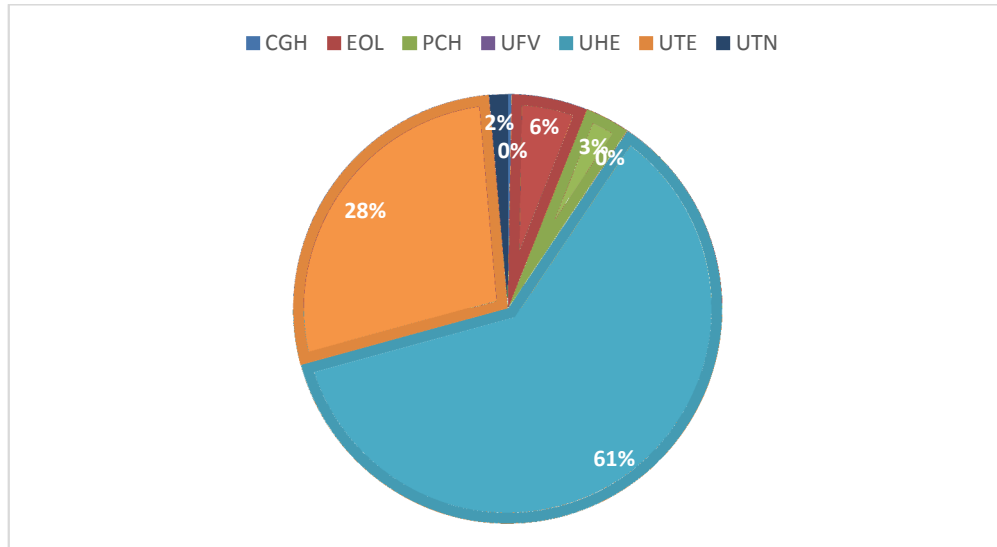


Figura 8 - Empreendimentos em Operação
Fonte: ANEEL, 2015 (modificada)

Comparando com a matriz energética mundial (Figura 9), a matriz brasileira geradora de energia é uma das mais limpas e renováveis do mundo.

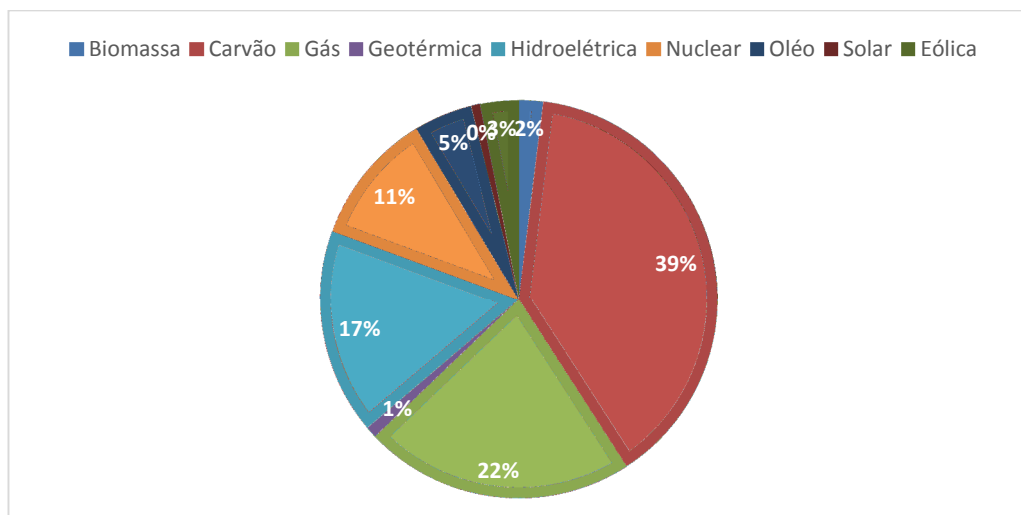


Figura 9 - Geração de Energia – 2014
Fonte: ANEEL, 2015 (modificada)

Analisando os empreendimentos em construção ou aptos para serem construídos, verificou-se que os investimentos em energias renováveis dominam o planejamento energético nacional associados à construção de usinas térmicas, com a energia eólica e solar representam aproximadamente 30% dos empreendimentos. A Tabela 6 indica o número de empreendimentos e a potência instalada associada a cada um deles:

Tabela 6 - Resumo da Situação dos Empreendimentos

Resumo da Situação Atual dos Empreendimentos		
Fonte de Energia	Situação	Potência Associada (kW)
254 empreendimento(s) de fonte Eólica	Construção não iniciada	5.982.650
146 empreendimento(s) de fonte Eólica	Construção	3.448.304
Total		9.430.954
40 empreendimento(s) de fonte Fotovoltaica	Construção não iniciada	1.142.975
Total		1.142.975
174 empreendimento(s) de fonte Hidrelétrica	Construção não iniciada	2.462.267
49 empreendimento(s) de fonte Hidrelétrica	Construção	13.961.471
Total		16.423.738
1 empreendimento(s) de fonte Maré	Construção não iniciada	50
Total		50
151 empreendimento(s) de fonte Termelétrica	Construção não iniciada	9.959.328
19 empreendimento(s) de fonte Termelétrica	Construção	2.778.839
Total		12.738.167

Fonte: ANEEL, 2015 (modificada)

Sabendo que aproximadamente 60% do potencial hidrelétrico nacional encontra-se na bacia Amazônica, novos empreendimentos nessa região irão gerar grandes impactos ambientais em parques nacionais, terras indígenas e reservas florestais. Levando em consideração essa variável que limita a ampliação do parque gerador a partir de grandes usinas, os problemas de regulação dos reservatórios e instabilidades climáticas, gera duas alternativas para os próximos anos – investimento em novas energias renováveis e térmicas. A Tabela 7 apresenta a evolução da capacidade instalada de energia, a tabela reflete exatamente o disposto anteriormente, o planejamento é diminuir gradativamente o percentual de grandes

usinas e geradores não renováveis e ampliação do percentual de PCH's, eólicas e biomassa.

Tabela 7 - Evolução da Capacidade Instalada de Energia

Fonte	2013	2018	2022
Renováveis	107397 MW	136377 MW	157150 MW
Não renováveis	19380 MW	24903 MW	25903 MW
Hidro	68,5%	66,3%	65,0%
PCH/Eólicas/Biomassa	14,4%	18,3%	20,8%
Não renováveis	17,1%	15,4%	14,2%

Fonte: PDE 2022, 2013 (modificada)

Sabendo desse planejamento, o Paraná deve criar mecanismos que auxiliem o desenvolvimento dessas fontes que já estão no planejamento energético estratégico do Brasil.

3 EXPANSÃO DA GERAÇÃO E DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ

3.1 GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRÁULICA

3.1.1 Recursos Hídricos

A energia hidráulica atualmente é a principal fonte de energia elétrica em diversos países, correspondendo com cerca de 17% de toda a geração mundial.

Por definição, bacia hidrográfica é o conjunto de terras que fazem a drenagem da água das precipitações para um curso de água e rios menores que deságuam em afluentes, onde sua formação é feita através dos desníveis do relevo que orientam o curso da água.

A regionalização das bacias hidrográficas no Paraná tem como propósito facilitar a gestão dos recursos hídricos, considerando pressupostos legais e os aspectos intervenientes na disponibilidade e na qualidade da água. O estado é dividido em 16 bacias hidrográficas, instituídas pela resolução nº 024/2006/SEMA, conforme apresentado na Figura 10 a seguir (SEMA, 2010).



Figura 10 – Bacias hidrográficas do Paraná
Fonte: SEMA, 2010

3.1.2 Política De Uso De Recursos Hídricos

No Paraná, a Política Estadual de Recursos Hídricos foi instituída pela Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999 (Fonte: SEMA, 2010), e tem como fundamentos-chaves a água ser um bem de domínio público, assim como um patrimônio natural limitado e dotado de valor econômico, social e ambiental; em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; proporcionar o uso múltiplo da água; a bacia hídrica é a unidade territorial para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; a gestão dos recursos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, usuários e das comunidades.

Atualmente existem 6 Comitês de Bacias instalados no Estado do Paraná, cuja identificação e composição estão dispostas na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 – Composição dos Comitês

Comitês de Bacia Hidrográfica	Composição – Números de Membros			Total
	Poder Público	Usuários dos Recursos Hídricos	Sociedade Civil	
Alto Iguaçu / Alto Ribeira	12	14	12	38
Tibagi	13	16	11	40
Jordão	9	9	5	23
Paraná 3	13	13	7	33
Piraponema	16	16	8	40
Norte Pioneiro	14	13	8	35

Fonte: SEMA, 2010

A Figura 11 demonstra os Comitês de Bacia atualmente instalados no Paraná:

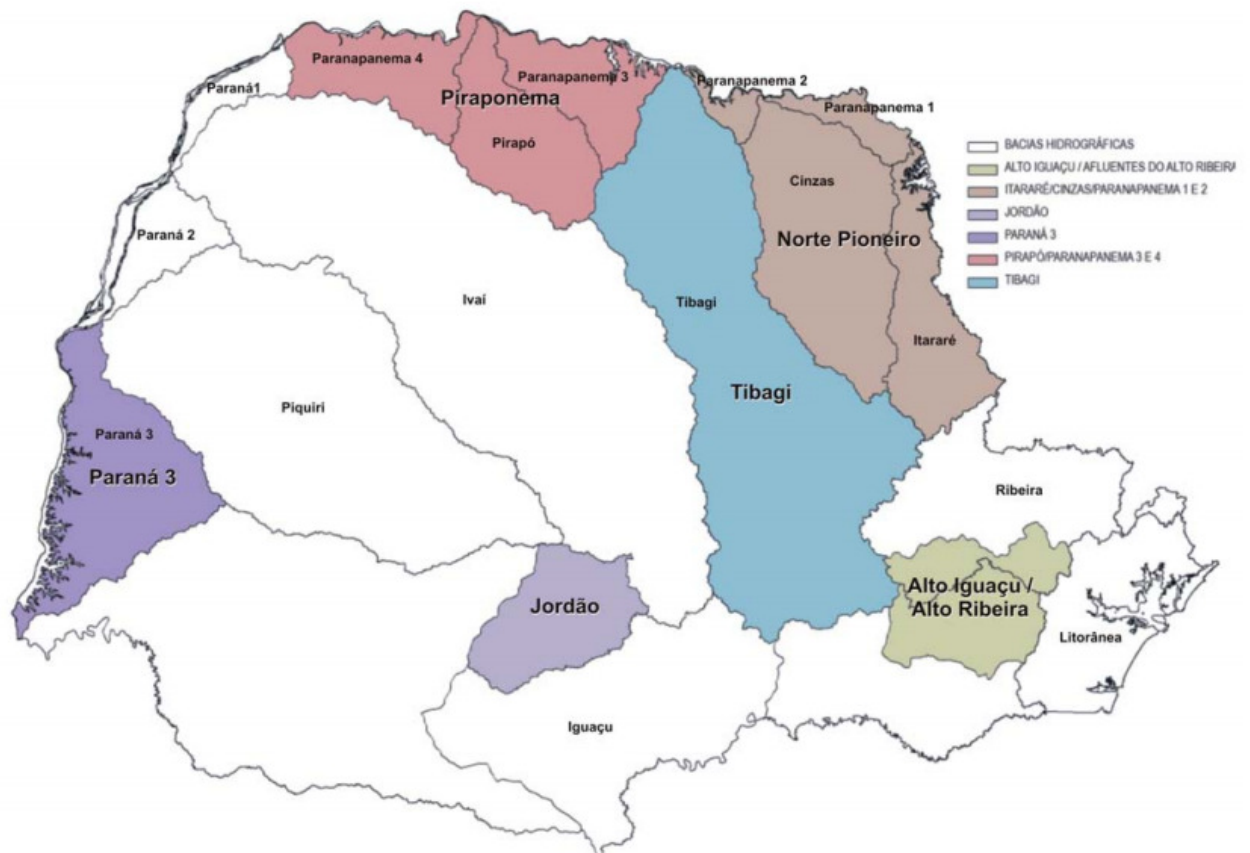


Figura 11 - Comitês de Bacia
Fonte: SEMA, 2010

3.1.3 Potencial Hídrico

Segundo dados de inventariado das bacias hídricas do estado do Paraná, obtidos na base de dados do Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (SIGEL), o Paraná possui aproximadamente 20,27 GW de potencial de projetos de transformação de energia elétrica a partir de fonte hídrica, totalizando 416 projetos.

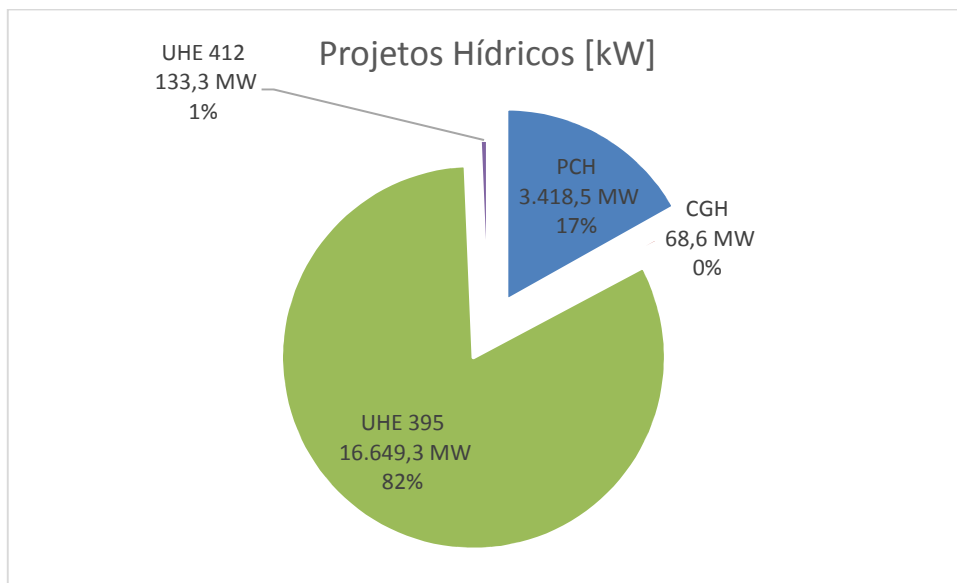


Figura 12 – Representação hídrica no Paraná
Fonte: ANEEL, 2015 (modificada)

Existem duas bacias, Iguçu e Paraná 3, que se destacam por possuir mais de 75% do potencial gerador de todo o estado, já as bacias de Pirapó e Cinzas apresentam os menores potenciais de geração de energia elétrica, com 0,29% e 0,30%, respectivamente. As bacias de Paraná 1, Paraná 2 e Paranapanema 2 não apresentaram nenhum projeto de unidades de geração hídrica oficialmente. A Tabela 9 indica as unidades geradoras cadastradas na ANEEL.

Tabela 9 – Unidades Geradoras

BACIA	Projetos Hídricos [Unidades]				Total
	PCH	CGH	UHE 395	UHE 412	
CINZAS	11	0	0	0	11
IGUACU	113	31	13	3	160
ITARARE	10	0	0	0	10
IVAI	55	14	9	0	78
LITORANEA	10	1	1	0	12
PARANA 3	14	10	1	0	25
PARANAPANEMA 1	0	0	3	0	3
PARANAPANEMA 3	0	0	1	0	1
PARANAPANEMA 4	0	0	1	0	1
PIQUIRI	36	10	6	0	52
PIRAPO	15	0	0	0	15
RIBEIRA	20	7	1	0	28
TIBAGI	12	1	5	1	20

Fonte: ANEEL, 2015 (modificada)

Já o potencial de geração cadastrados na ANEEL, estão dispostas na Tabela 10.

Tabela 10 – Potencial de Geração Hídrico

BACIA	Projetos Hídricos [kW]				Total
	PCH	CGH	UHE 395	UHE 412	
CINZAS	61620	0	0	0	61620
IGUACU	2100907.9	24070.4	6268436	101342	8494756
ITARARE	81381	0	0	0	81381
IVAI	374642	9910	463910	0	848462
LITORANEA	81600	1000	36000	0	118600
PARANA 3	44970	11741	7000000	0	7056711
PARANAPANEMA 1	0	0	189800	0	189800
PARANAPANEMA 3	0	0	619000	0	619000
PARANAPANEMA 4	0	0	354000	0	354000
PIQUIRI	377540	14085	461200	0	852825
PIRAPO	58031.4	0	0	0	58031.4
RIBEIRA	174250	6880	260000	0	441130
TIBAGI	63580	870	997000	32000	1093450

Fonte: ANEEL, 2015 (modificada)

A bacia do Iguaçu além de possuir o maior potencial registrado na ANEEL é a que apresenta a maior disponibilidade hídrica superficial, com 291 mil L/s, correspondente a aproximadamente 25% da disponibilidade total do estado. Em seguida aparece a bacia do Ivaí, mesmo aparecendo na quinta colocação em termo

de geração de energia, correspondente a 4,19% de todo o estado, apresenta uma disponibilidade superficial de 233 mil L/s, ou correspondente a 20% do estado. As bacias de Paranapanema 1 e Paranapanema 2, 3 mil L/s e 2 mil L/s respectivamente, onde somando as disponibilidades de ambas representa menos de 1% da disponibilidade superficial do estado. A Figura 13 indica todas as centrais geradoras cadastradas na ANEEL em fase de projeto, em construção ou já construídas.

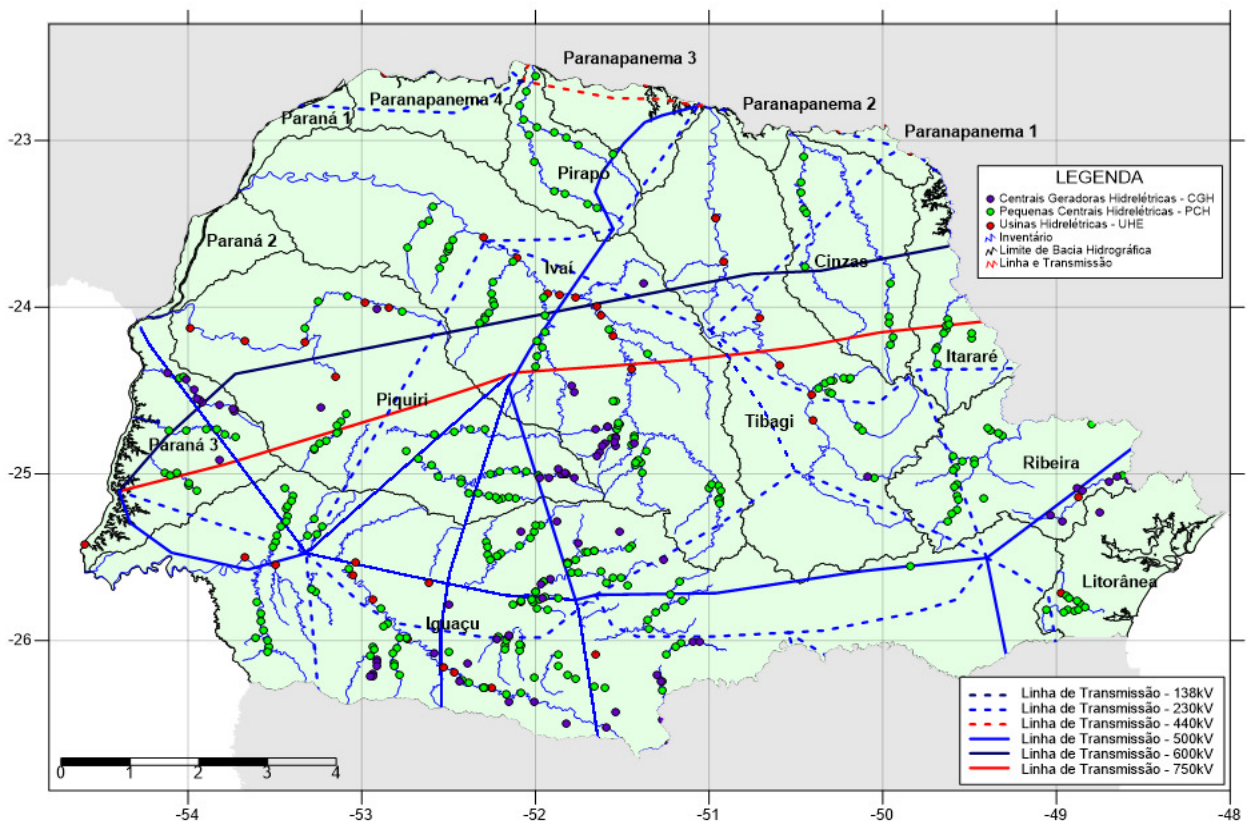


Figura 13 – Inventário hídrico do Paraná
Fonte: ANEEL, 2015 (modificada)

3.2 GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

As usinas de energia eólica são complexos de larga escala e faz-se necessidade de extensões territoriais adequadas, além da parcela de regime de vento favoráveis, embora a parcela de uso do solo seja pequena. Levando em consideração que a produção de energia tem como fator exclusivo o regime de

vento na região, é fundamental a realização de estudos detalhados e de pelo menos três anos de medições e com equipamentos apropriados (COPEL, 2007). A Tabela 11 indica o fator de capacidade em Guarapuava.

Tabela 11 – Fator de Capacidade em Guarapuava

Classe do regime de vento conforme norma IEC	Velocidade Média na altura do aerogerador [m/s]	Ventos extremos 50 anos [m/s]
Ia Velocidade alta - Alta Turbulência 18%	10	70
Ib Velocidade alta - Baixa Turbulência 16%	10	70
IIa Média Velocidade - Alta Turbulência 18%	8.5	59.5
IIb Média Velocidade - Baixa Turbulência 16%	8.5	59.5
IIIa Baixa Velocidade - Alta Turbulência 18%	7.5	52.5
IIIb Baixa Velocidade - Baixa Turbulência 16%	7.5	52.5

Fonte: COPEL, 2007 (modificada)

Os modelos de aerogeradores comercializados atualmente no Brasil são Classe I e II, que operam na faixa de velocidade média do vento de 8,5 m/s a 10 m/s, ventos mais encontrados na região do nordeste ou em planaltos na região sul do Brasil. A Tabela 12 apresenta uma estimativa de fator de capacidade para a região de Guarapuava, considerando uma densidade local de 1,100 kg/m³, velocidade média do vento de 7,0 m/s e uma distribuição de frequência de vento (Weibull) de 2,2.

Tabela 12 – Fator de Capacidade em Guarapuava

Modelo de Aerogeradores	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	45.9%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	42.5%
AW125-3.0MW, hh:120 m	41.2%
V110-2.0MW, hh:110 m	45.9%
GE 2.3-116, hh:80 m	42.9%
E92-2.35MW, hh:108 m	33.0%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	45.7%

Fonte:

Na Figura 14 é possível verificar as regiões que apresentam as melhores condições para o aproveitamento do recurso eólico no estado do Paraná.

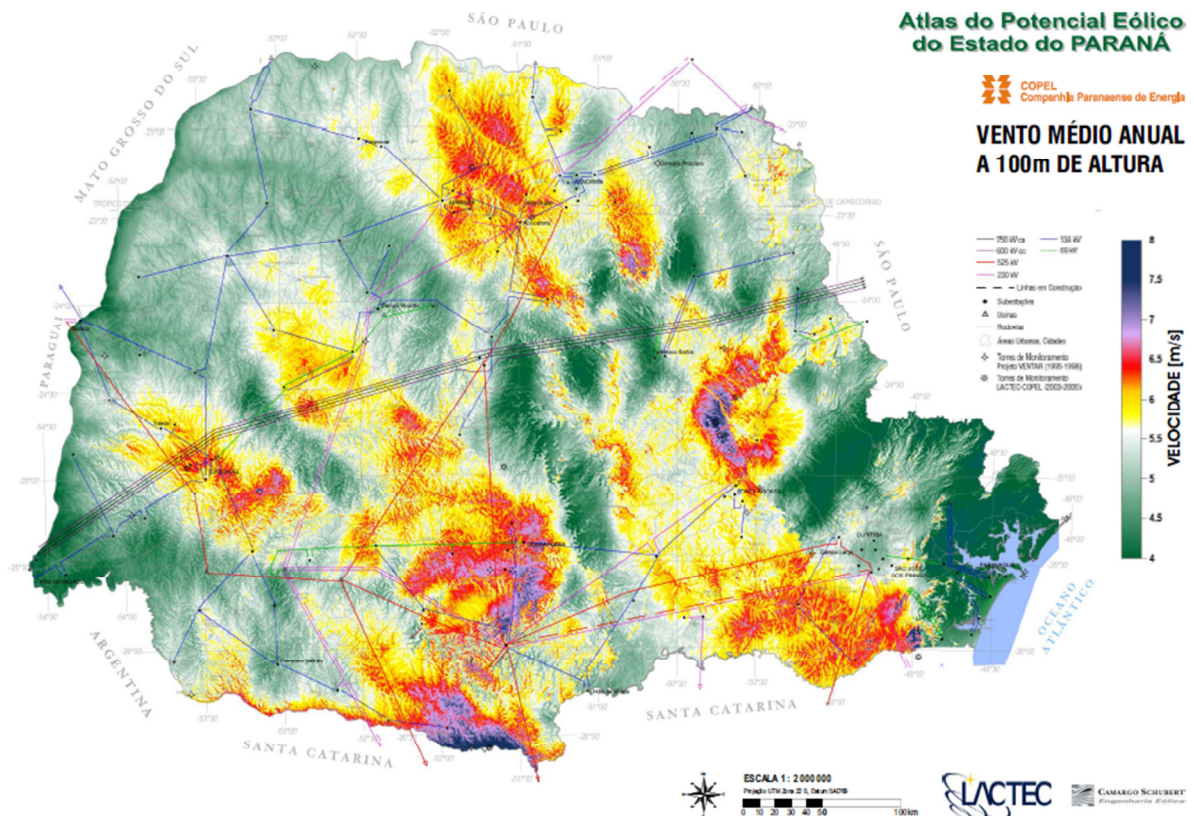


Figura 14 – Potencial Eólico do Paraná
Fonte: COPEL, 2007

A Tabela 13 indica o fator de capacidade médio do estado do Paraná considerando a variação da velocidade média de 7 até 7,8 m/s e com 3 tipos de máquinas diferentes.

Tabela 13 - Estimativa de Fator de Capacidade

Velocidade Média [m/s]	Estimativa de Fator de Capacidade [%]		
	AW125-3.0MW	G114-2.0MW	ECO122-2.7MW
7	36.3	38.2	36.9
7.4	40.2	41.7	40.4
7.6	42.1	43.3	42.1
7.8	43.9	44.9	43.8

Fonte: Autoria Própria

Valores considerando 4% de perdas aerodinâmicas, 1,043 kg/m³ de densidade do ar, perdas por indisponibilidade de usina 3%, perdas por indisponibilidade na rede 1%, degradação das pás 1% e perdas elétricas de 3%.

As Tabelas de 14 a 24 indicam estimativas do fator de capacidade de geração de energia elétrica em diferentes cidades do estado. É importante ressaltar que os dados são estimados a partir de dados obtidos no Atlas Eólico do Estado do Paraná, e o mais aconselhado é a medição do vento por um período mínimo de 6 meses.

Tabela 14 – Fator de Capacidade em Candói

Modelo de Aerogeradores (Vel.: 7.2m/s; Dens.: 1.09kg/m ³ ; k-Weib.: 2.2)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	47.7%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	44.2%
AW125-3.0MW, hh:120 m	43.0%
V110-2.0MW, hh:110 m	47.7%
GE 2.3-116, hh:80 m	44.6%
E92-2.35MW, hh:108 m	34.7%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	47.4%

Fonte: Autoria Própria

Tabela 15 – Fator de Capacidade em Entre Rios

Modelo de Aerogeradores (Vel.: 7.3m/s; Dens.: 1.08kg/m ³ ; k-Weib.: 2.4)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	49.0%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	45.4%
AW125-3.0MW, hh:120 m	44.1%
V110-2.0MW, hh:110 m	49.1%
GE 2.3-116, hh:80 m	45.8%
E92-2.35MW, hh:108 m	35.1%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	48.8%

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 16 – Fator de Capacidade em Pinhão

Modelo de Aerogeradores (Vel.: 7.5m/s; Dens.: 1.07kg/m ³ ; k-Weib.: 2.3)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	50.5%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	46.9%
AW125-3.0MW, hh:120 m	45.7%
V110-2.0MW, hh:110 m	50.5%
GE 2.3-116, hh:80 m	47.3%
E92-2.35MW, hh:108 m	36.9%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	50.3%

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 17 – Fator de Capacidade em Francisco Frederico Teixeira Guimarães

Modelo de Aerogeradores (Vel.: 8m/s; Dens.: 1.06kg/m ³ ; k-Weib.: 2.4)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	55.2%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	51.7%
AW125-3.0MW, hh:120 m	50.5%
V110-2.0MW, hh:110 m	55.4%
GE 2.3-116, hh:80 m	52.0%
E92-2.35MW, hh:108 m	41.2%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	55.1%

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 18 – Fator de Capacidade em Palmas

Modelo de Aero geradores (Vel.: 8m/s; Dens.: 1.106kg/m ³ ; k-Weib.: 2.3)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	55.7%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	52.3%
AW125-3.0MW, hh:120 m	51.1%
V110-2.0MW, hh:110 m	55.8%
GE 2.3-116, hh:80 m	52.6%
E92-2.35MW, hh:108 m	42.2%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	55.5%

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 19 – Fator de Capacidade em Cel. Domingos Soares

Modelo de Aero geradores (Vel.: 7.8m/s; Dens.: 1.07kg/m ³ ; k-Weib.: 2.3)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	53.2%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	49.7%
AW125-3.0MW, hh:120 m	48.5%
V110-2.0MW, hh:110 m	53.3%
GE 2.3-116, hh:80 m	50.1%
E92-2.35MW, hh:108 m	39.6%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	53.1%

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 20 – Fator de Capacidade em Catanduvas

Modelo de Aero geradores (Vel.: 7m/s; Dens.: 1.14kg/m ³ ; k-Weib.: 2.3)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	47.0%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	43.5%
AW125-3.0MW, hh:120 m	42.1%
V110-2.0MW, hh:110 m	46.9%
GE 2.3-116, hh:80 m	44.0%
E92-2.35MW, hh:108 m	33.7%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	46.7%

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 21 – Fator de Capacidade em Mata Rica

Modelo de Aero geradores (Vel.: 7m/s; Dens.: 1.13kg/m ³ ; k-Weib.: 2.2)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	46.5%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	43.1%
AW125-3.0MW, hh:120 m	41.8%
V110-2.0MW, hh:110 m	46.5%
GE 2.3-116, hh:80 m	43.6%
E92-2.35MW, hh:108 m	33.7%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	46.2%

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 22 – Fator de Capacidade em Faxinal

Modelo de Aero geradores (Vel.: 7m/s; Dens.: 1.13kg/m ³ ; k-Weib.: 2.3)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	46.8%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	43.3%
AW125-3.0MW, hh:120 m	41.9%
V110-2.0MW, hh:110 m	46.7%
GE 2.3-116, hh:80 m	43.7%
E92-2.35MW, hh:108 m	33.5%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	46.5%

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 23 – Fator de Capacidade em Tibagi e Castro

Modelo de Aero geradores (Vel.: 7.8m/s; Dens.: 1.12kg/m ³ ; k-Weib.: 2.3)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	54.2%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	50.8%
AW125-3.0MW, hh:120 m	49.6%
V110-2.0MW, hh:110 m	54.3%
GE 2.3-116, hh:80 m	51.2%
E92-2.35MW, hh:108 m	40.8%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	54.0%

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 24 – Fator de Capacidade em Pirapó

Modelo de Aero geradores (Vel.: 7.1m/s; Dens.: 1.09kg/m ³ ; k-Weib.: 2.2)	FC (P50) Bruto [%]
G114-2.1MW, hh:93 m	46.7%
AGW110-2.1MW, hh:120 m	43.3%
AW125-3.0MW, hh:120 m	42.0%
V110-2.0MW, hh:110 m	46.7%
GE 2.3-116, hh:80 m	43.7%
E92-2.35MW, hh:108 m	33.7%
SWT2.3-120, hh:92.4 m	46.5%

Fonte: A toria Própria

Apesar de um potencial eólico promissor, o estado do Paraná apresenta poucos projetos neste segmento, havendo apenas 126,7 MW registrado na ANEEL. Na tabela 25, está indicado os projetos que estão em operação ou que já tem Despacho de Requerimento de Outorga (DRO).

Tabela 25 – Fator de Capacidade em Pirapó

Parques Eólicos Cadastrados na ANEEL		
Estágio	Município	Potência [kW]
DRO	Palmas	29900
DRO	Palmas	29900
DRO	Palmas	13800
DRO	Palmas	29900
DRO	Palmas	20700
Operação	Palmas	2500

Fonte: ANEEL, 2015 (modificada)

3.3 TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

3.3.1 Sistema de Transmissão do Brasil

O Sistema Interligado Nacional (SIN) compreende o sistema de geração e transmissão de energia, conectando todas as regiões do Brasil, pelo seu tamanho e características, pode ser considerado como único no mundo (Figura 15). As instalações do sistema elétrico brasileiro são de propriedade de empresas privadas,

públicas e sociedades mistas, são reguladas e fiscalizadas pela ANEEL e a operação/controle/coordenação pela ONS.

Hoje existem instalados mais de 100.000 km de linhas de transmissão, compreendendo subestações e linhas de transmissão com tensões iguais ou superior a 230 kV. O acesso ao sistema de transmissão é livre para qualquer acessante que atendas as regras estabelecidas pelos procedimentos de rede e garantido por lei, havendo o dever legal de compartilhar a infraestrutura existente com os acessantes habilitados.

No presente capítulo, será apresentado a infraestrutura do sistema elétrico do estado do Paraná e suas principais sub-regiões.

Horizonte 2015

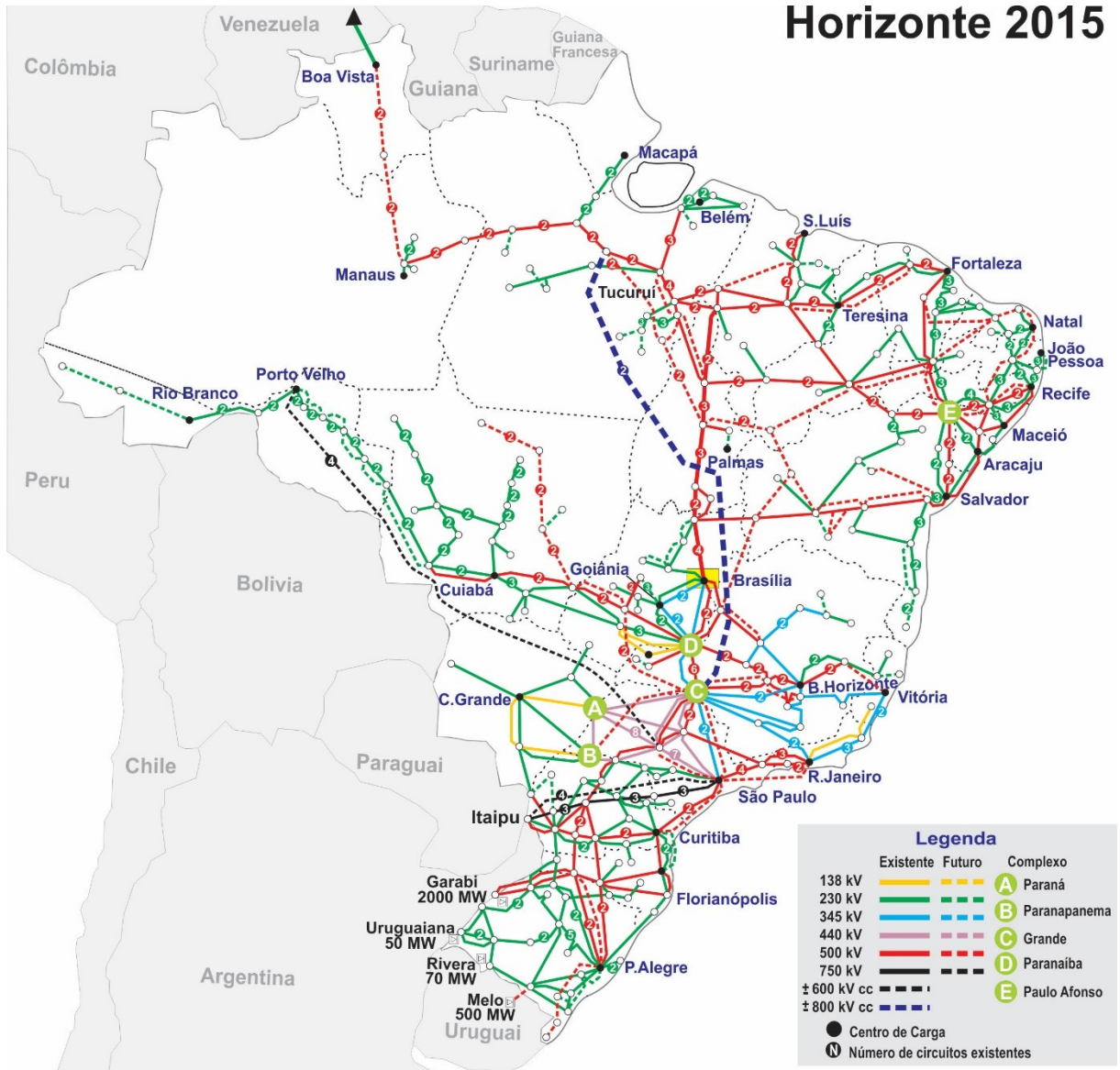


Figura 15 – SIN
 Fonte: ONS, 2015

3.3.2 Configuração Atual do Sistema de Transmissão do Paraná

O sistema de transmissão do estado do Paraná está integrado ao SIN no subsistema sul. A Figura 16 mostra o subsistema sul e sua integração ao restante do SIN.

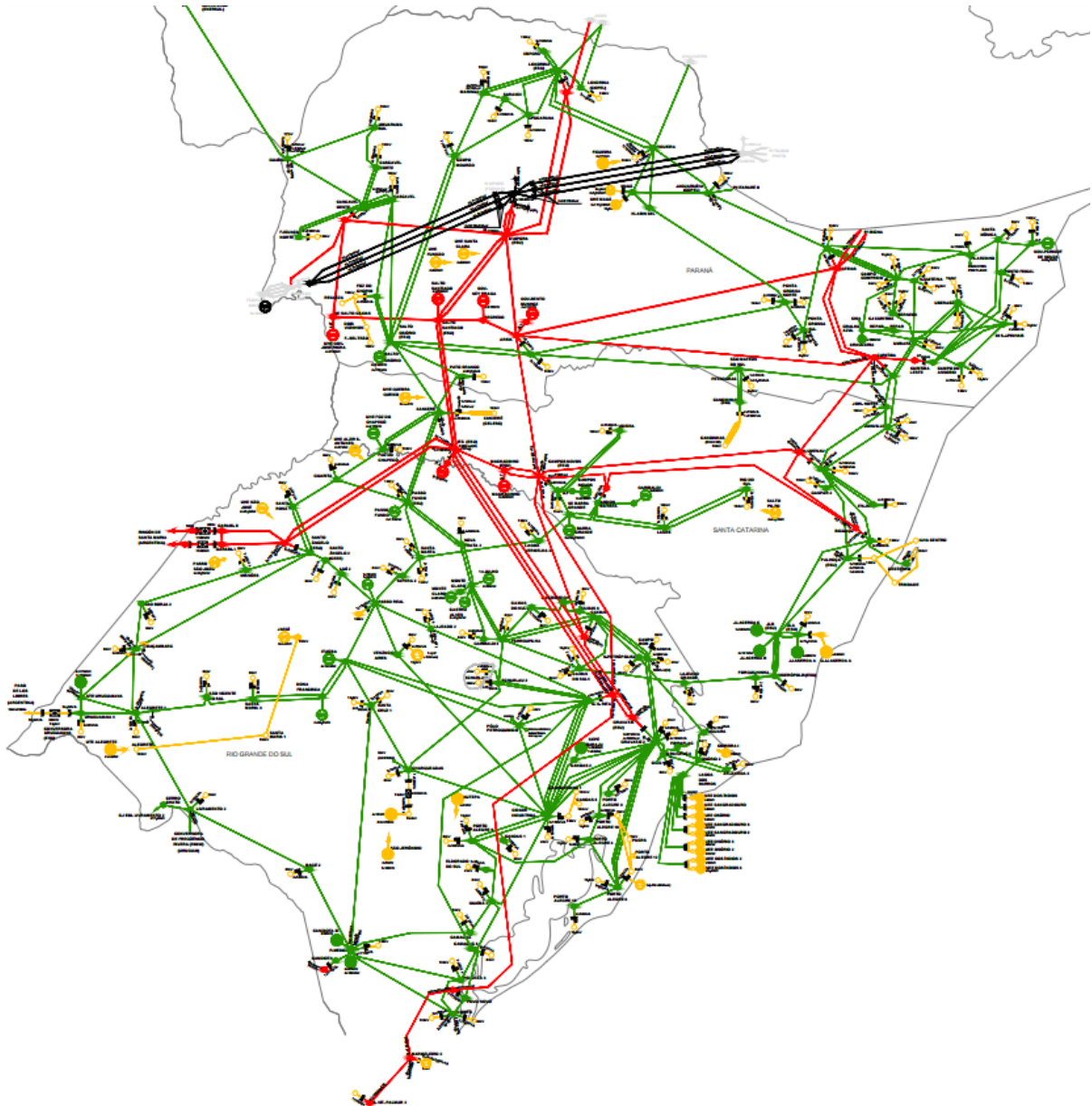


Figura 16 - Subsistema Sul
Fonte: ONS, 2015

O sistema básico de transmissão de energia do estado do Paraná é composto pelas seguintes tensões: 230 kV; 525 kV; 600 kVcc e 750 kV.

As tensões de 750 kV e 600 kVcc são exclusivas dos linhões que saem de Itaipu. De acordo com material disponibilizado por Itaipu, o sistema de transmissão da energia gerada pela usina de Itaipu é subdividido no sistema de corrente contínua/alternada de Furnas e o sistema de corrente alternada da COPEL, com as seguintes características:

Sistema de Corrente Contínua – Furnas

O elo de corrente contínua tornou-se necessário porque a energia produzida no setor de 50 Hz de Itaipu não pode se integrar diretamente ao sistema brasileiro, onde a frequência é 60 Hz. A energia produzida em 50 Hz em corrente alternada é convertida para corrente contínua e escoada até Ibiúna (SP), onde é convertida novamente para corrente alternada, mas agora em 60 Hz.

O sistema de transmissão é formado por duas linhas de ± 600 kV, com extensão de aproximadamente 810 km, entre as subestações de Foz do Iguaçu (PR) e Ibiúna (SP). A conversão CA/CC é feita através de oito conversores em cada subestação, cada dois formando um pólo, que compõem os dois bipólos em ± 600 kV, sendo transmissão realizada através de quatro linhas, uma em cada pólo. Esse sistema começou a operar em 1984.

Sistema de Corrente Alternada – Furnas

Esse sistema leva a energia produzida pelo setor de 60 Hz de Itaipu (frequência brasileira) para a proximidade do centro de consumo da região sudeste do Brasil e, embora apelidado de 750 kV, sua tensão de transmissão é de 765 kV. O sistema é composto de três linhas de transmissão entre as subestações de Foz do Iguaçu e Tijuco Preto (SP), na região metropolitana de São Paulo, cada uma com extensão de aproximadamente 900 km.

Em Tijuco Preto existem sete transformadores, para 500 kV e 345 kV, de forma a diversificar a sua distribuição. Ao longo do sistema existem ainda duas

outras subestações, a de Ivaiporã (PR) e a de Itaberá (SP). Em Ivaiporã há conexão com a região sul do Brasil através de transformadores para 500 kV, o que permite a otimização da geração de energia no sistema em função da disponibilidade energética. Ora o fluxo de energia nesses transformadores vai em direção ao Sul ora em direção ao Sudeste. Iniciou sua operação em 1986 e, até hoje, é o sistema de transmissão de tensão mais elevada existente no Brasil.

Cada linha é constituída por cerca de 2 mil torres de transmissão. As linhas de correntes contínuas têm uma perda de energia menor do que as de corrente alternada em linhas muito longas.

Sistema de Corrente Alternada – COPEL

Nos anos de 2011 e 2012, vários reforços foram incorporados no sistema de transmissão da interligação Sul-Sudeste, o que afeta a operação da UHE Itaipu 60 Hz e a transmissão pelo 765 kV. Mas o principal deles foi a entrada em operação da linha de transmissão de 525 kV entre as subestações de Foz do Iguaçu e Cascavel Oeste (LT FI-CVO). A LT FI-CVO aumentou o acoplamento entre a UHE Itaipu 60 Hz e o sistema Sul, o que permitiu o aumento do recebimento de energia pela região Sul e a exploração total da geração na UHE Itaipu 60 Hz.

A comercialização da energia gerada pela Itaipu é feita pela Eletrobrás.

Já as tensões de 525 e 230 kV estão presentes em várias subestações do sistema elétrico do Paraná. A principal transmissora no estado do Paraná é a COPEL, que tem os seguintes ativos no seu sistema de transmissão as seguintes linhas de transmissão e subestações:

Tabela 26 - Linhas de Transmissão – COPEL

LINHAS DE TRANSMISSÃO	
NÍVEL DE TENSÃO (kV)	EXTENSÃO (km)
69	5,4
138	7,2
230	1882,4
525	278,4
TOTAL	2173,5

Fonte: COPEL, 2015 (modificada)

Tabela 27 - Subestações de Transmissão – COPEL

SUBESTAÇÕES DE TRANSMISSÃO		
NÍVEL DE TENSÃO (kV)	QUANTIDADE	POTÊNCIA (MVA)
230	28	8102
525	4	2800
TOTAL	32	10902

Fonte: COPEL, 2015 (modificada)

O sistema de transmissão de energia do estado do Paraná está representado na Figura 17:

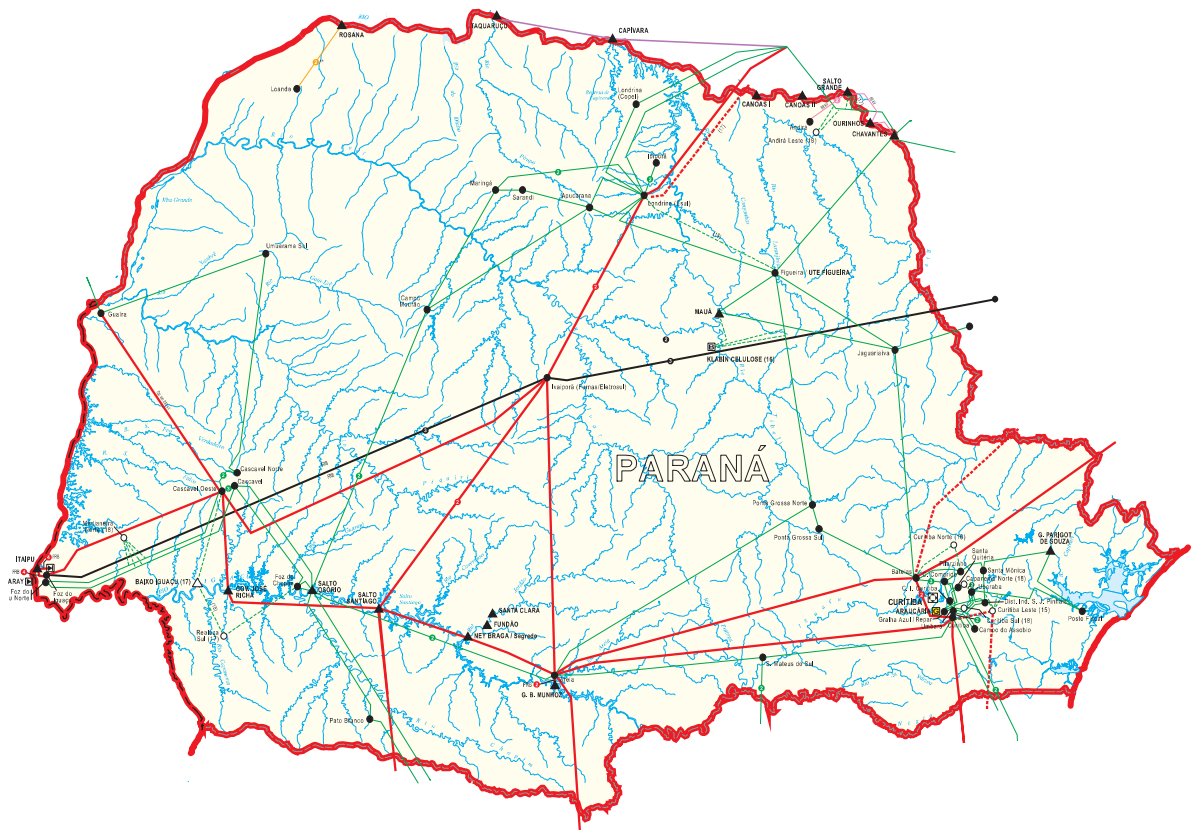
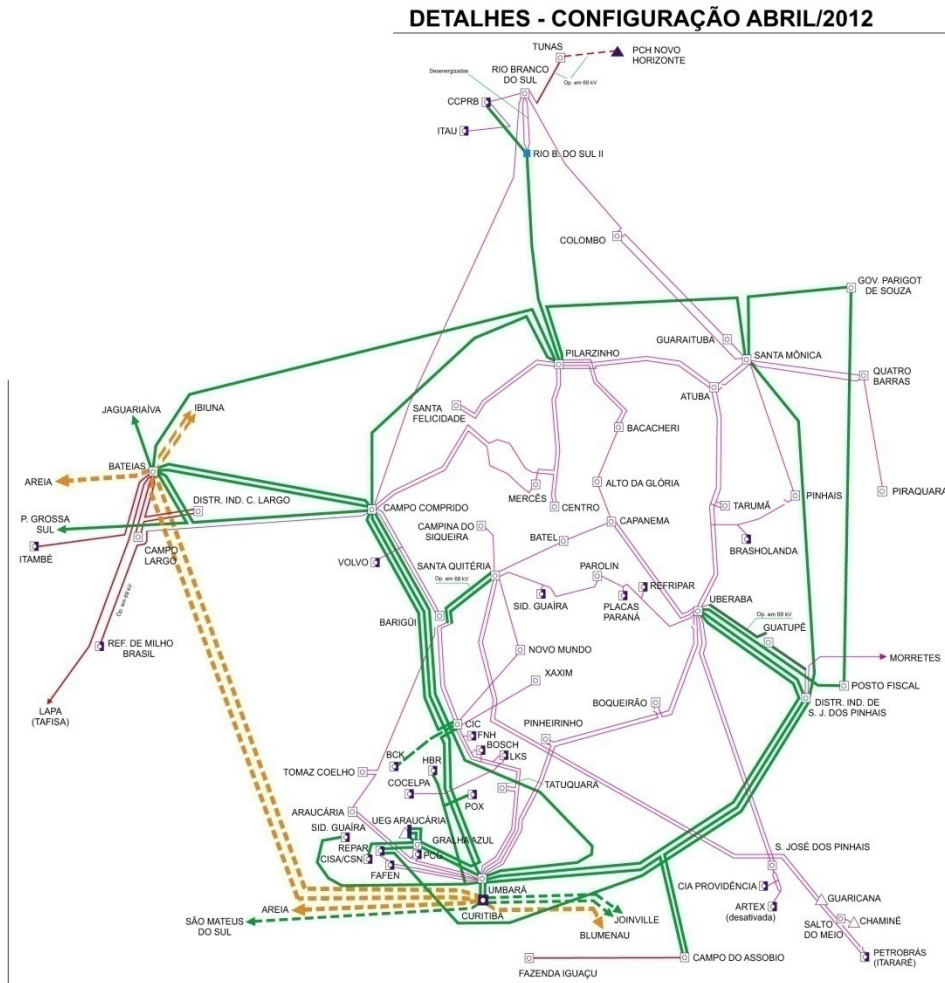


Figura 17 - Mapa Geométrico do Paraná

Fonte: ONS, 2015

Os principais subsistemas de transmissão no estado do Paraná são Curitiba, Londrina, Maringá e Ponta Grossa e serão detalhados nos diagramas na sequência.

A Figura 18 mostra o subsistema na região de Curitiba.



DETALHE DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

LEGENDA:

USINAS		SUBESTAÇÕES		LINHAS		
HIDRELÉTRICA	COPEL	COPEL	OUTRA	TENSÃO(KV)	COPEL	OUTRAS
	OUTRAS	COPEL	OUTRA	69		
	INDUSTR.			138		
TERMELETRICA	COPEL			230		
	OUTRAS			525		
EÓLICA	OUTRAS			600 cc		
				750		

Figura 18 - Mapa Geométrico da Região de Curitiba
 Fonte: COPEL, 2015

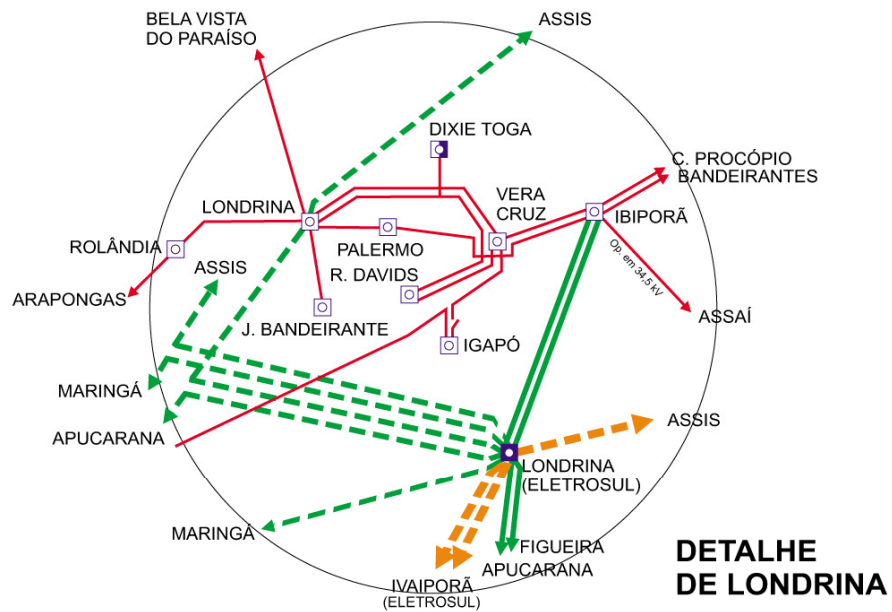
Esse sistema contempla as seguintes subestações do sistema básico:

- Bateias – 500 kV
- Curitiba – 500 kV
- Curitiba Leste – 500 kV

Campo do Assobio – 230 kV
Umbará – 230kV
Repar – 230 kV
Curitiba Sul – 230kV
Campo Comprido – 230kV
Pilarzinho – 230kV
Curitiba Norte – 230kV
Santa Quitéria – 230kV
Santa Monica – 230kV
Capanema Norte – 230kV
Uberaba – 230kV
Dist. Ind S. J. Pinhais – 230kV

O sistema de Curitiba é o principal centro de carga do estado do Paraná e conseqüentemente o mais robusto, além do sistema básico estão presentes nesse sistema subestações e linhas de transmissão de tensões inferiores a 230 kV no sistema de distribuição de energia. No entorno da cidade existe um anel de 230 kV que garante maior confiabilidade ao sistema no caso de falhas/defeitos em subestações/linhas ao longo do anel, garantindo o suprimento de eletricidade para os consumidores finais.

A Figura 19 mostra o subsistema na região de Londrina.



LEGENDA:

USINAS		SUBESTAÇÕES		LINHAS		
HIDRELÉTRICA	COPEL		(CHAVES) (FUTURA)	TENSÃO(kV)	COPEL	OUTRAS
	OUTRAS			69		
	INDUSTR.			138		
TERMELÉTRICA	COPEL			230		
	OUTRAS			525		
EÓLICA	OUTRAS			600 cc		
				750		

Figura 19 - Mapa Geométrico da Região de Londrina
 Fonte: COPEL, 2015

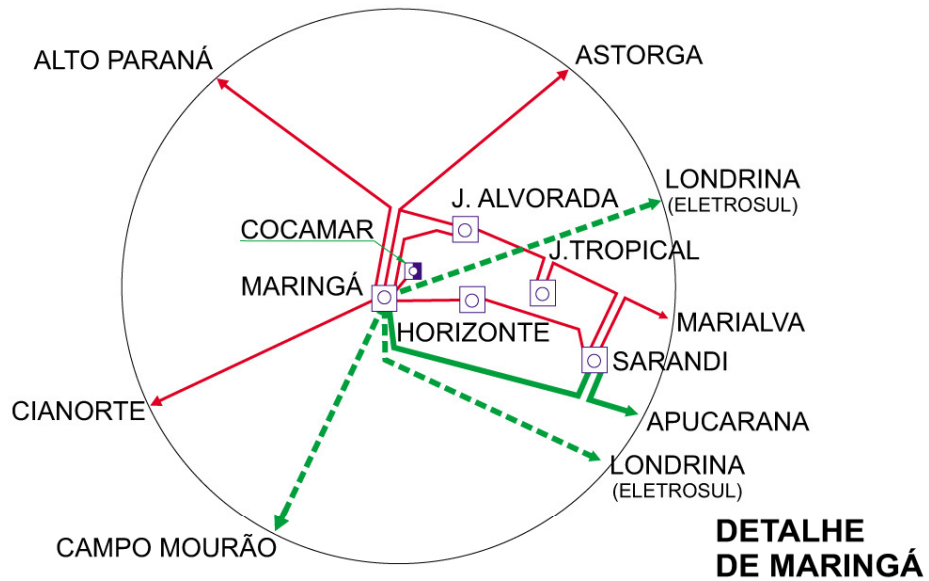
Esse sistema contempla as seguintes subestações:

Londrina (propriedade Eletrosul) – 500 kV

Ibiporã – 230 kV

Londrina Copel – 230 kV

A Figura 20 mostra o subsistema na região de Maringá.



LEGENDA:

USINAS			SUBESTAÇÕES		LINHAS		
HIDRELÉTRICA	COPEL	△	□ (CHAVES)	■ (FUTURA)	TENSÃO(kV)	COPEL	OUTRAS
	OUTRAS	▲	□		69	—	---
	INDUSTR.	▲	□		138	—	---
TERMELÉTRICA	COPEL	▲			230	—	---
	OUTRAS	▲			525	—	---
EÓLICA	OUTRAS	▲			600 cc	—	---
		▲			750	—	---

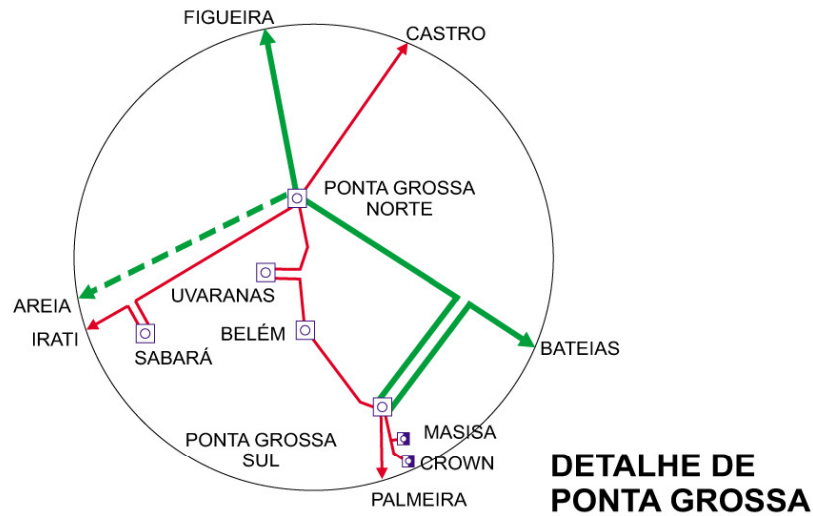
Figura 20 - Mapa Geométrico da Região de Maringá
Fonte: COPEL, 2015

Esse sistema contempla as seguintes subestações:

Maringá – 230 kV

Sarandi – 230 kV

A Figura 21 mostra o subsistema na região de Ponta Grossa.



LEGENDA:

USINAS			SUBESTAÇÕES		LINHAS		
HIDRELÉTRICA	COPEL	△	□ (CHAVES)	■ (FUTURA)	TENSÃO(kV)	COPEL	OUTRAS
	OUTRAS	▲	□	■	69	—	- - - -
	INDUSTR.	▲	□	■	138	—	- - - -
TERMELÉTRICA	COPEL	▲	□	■	230	—	- - - -
	OUTRAS	▲	□	■	525	—	- - - -
EÓLICA	OUTRAS	▲	□	■	600 cc	—	- - - -
	OUTRAS	▲	□	■	750	—	- - - -

Figura 21 - Mapa Geométrico da Região de Ponta Grossa
Fonte: COPEL, 2015

Esse sistema contempla as seguintes subestações:

Ponta Grossa Norte – 230 kV

Ponta Grossa Sul – 230 kV

Nos diagramas apresentados, estão os principais ativos de transmissão do Paraná. Para os demais ativos é possível verificar a partir do site <http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html> que indica de maneira georeferenciada todos as subestações e linhas de transmissão do SIN.

Para empreendedores que estão desenvolvendo projetos de usinas geradoras de energia elétrica é possível fazer uma consulta de acesso ao SIN através da ONS. Nessa consulta, a ONS vai indicar os possíveis pontos para conexão da usina ao sistema.

O procedimento completo para acessar o SIN está disposto no seguinte link http://www.ons.org.br/integracao_sin/acesso_conexao/passo-01.html, e pode ser resumido no passo a passo a seguir:

Passo 1 - estabelecer cronograma de entrada em operação do empreendimento;

Passo 2 - selecionar o ponto de conexão;

Passo 3 - obter ato autorizativo para o seu acesso ou alterar ato autorizativo vigente

Passo 4 - elaborar a solicitação de acesso;

Passo 5 - realizar os estudos de integração do seu empreendimento ao sistema de transmissão;

Passo 6 - preparar dados e informações sobre o acesso;

Passo 7 - elaborar a carta de solicitação de acesso;

Passo 8 - protocolar a solicitação de acesso;

Passo 9 - início do processo de acesso;

Passo 10 - emissão do parecer de acesso.

As informações de maneira detalhada estão disponibilizadas no “Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Transmissão” dos procedimentos de rede da NOS, que podem ser encontradas no seguinte link http://apps05.ons.org.br/procedimentorede/procedimento_rede/procedimento_rede.aspx.

3.3.3 Expansão do SIN no Estado do Paraná

De acordo com o documento Estudos Para a Expansão da Transmissão (EPE, 2015), que contempla todas as obras de expansão do SIN no horizonte dos

anos 2015-2020 o sistema de transmissão, novas instalações de transmissão de energia demandará investimentos da ordem de R\$ 31 bilhões. Esses investimentos estão subdivididos da seguinte maneira:

Tabela 28 - Subestações de Transmissão – COPEL

Região	Extensão (km)	Investimentos (R\$×1000)
Sudoeste/Centro-Oeste	6.603	7.633.682,79
Norte	3.291	7.925.884,27
Nordeste	6.436	7.166.616,95
Sul	3.687	3.515.497,81
Total	20.017	26.241.681,82

Fonte: EPE, 2015 (modificada)

Tabela 29 - Subestações de Transmissão – COPEL

Região	Novas Subestações/novos pátios	Investimentos (R\$×1000)
Sudoeste/Centro-Oeste	27	3.548.783,05
Norte	15	956.543,68
Nordeste	11	807.394,90
Sul	7	862.866,73
Total	60	6.175.588,36

Fonte: EPE, 2015 (modificada)

Na região sul os investimentos previstos para o sistema de transmissão são:

- LT 525 kV Abdon Batista – Campos Novos, C2 – R\$78.466.330,00
- LT 525 kV Abdon Batista – Siderópolis 2, C1 e C2 – R\$ 588.532.280,00
- **LT 525 kV Curitiba Leste – Blumenau, C1 – R\$ 194.187.960,00**
- LT 230 kV Paraíso 2 – Chapadão, C2 – R\$ 39.440.400,00
- LT 230 kV Porto Alegre 9 – Nova Santan Rita, C1 – R\$ 26.346.210,00
- LT 230 kV Siderópolis 2 – Forquilha, C1 – R\$ 19.007.670,00
- LT 230 KV Siderópolis 2 – Siderópolis, C1 e C2 – R\$ 19.856,10
- **LT 525 kV Londrina Esu – Sarandi, C1 e C2 – R\$ 170.526.820,00**
- LT 230 kV Biguaçu – Ratoles, C1 – R\$ 95.767.250,00
- LT 230 kV Biguaçu – Ratoles, C2 – R\$ 95.767.250,00
- **LT 230 kV Sarandi – Paravaí Norte, C1 e C2 – R\$ 64.360.900,00**
- LT 525 kV Biguaçu – Siderópolis 2, C1 – R\$ 222.298.360,00
- **LT 525 kV Guaíra – Foz do Iguaçu, C1 e C2 – R\$ 343.205.760,00**

- **LT 525 kV Guaíra – Sarandi, C1 e C2 – R\$ 580.132.030,00**
- **LT 230 kV Baixo Iguaçu – Realeza, C1 – R\$ 25.549.90,00**
- LT 230 kV Campo Grande 2 – Paraíso 2, C2 – R\$ 139.954.00,00
- LT 230 kV Dourados 2 – Dourados, C2 – R\$ 31.038,38
- LT 230 kV Guaíba 3 – Nova Santa Rita, C1 – R\$ 29.398.740,00
- **LT 230 kV Guaíra – Umuarama Sul, C2 – R\$ 67.811.250,00**
- LT 230 kV Imbirussu – Campo Grande 2, C2 – R\$ 35.927.710,00
- LT 230 kV Ivinhema 2 – Nova Porto Primavera, C2 – R\$ 42.990.640,00
- LT 230 kV Jataí – Rio Verde Norte, C1 e C2 – R\$ 128.125.100,00
- LT 230 kV Lajeado Grande 2 – Forquilha, C2 – R\$ 52.014.710,00
- LT 230 kV Porto Alegre 12 – Porto Alegre 1, C1 – R\$ 12.718.730,00
- LT 230 kV Porto Alegre 8 – Porto Alegre 1, C1 – R\$ 14.235.980,00
- LT 230 kV Rio Brilhante – Campo Grande 2, C1 – R\$ 98.494.910,00
- LT 230 kV Rio Brilhante – Dourados 2, C1 – R\$ 67.611.910,00
- LT 230 kV Rio Brilhante – Nova Porto Primavera, C2 – R\$ 86.008.180,00
- LT 230 kV Torres 2 – Atlântida 2, C1 – R\$ 33.756.680,00
- LT 230 kV Torres 2 – Forquilha, C1 – R\$ 37.700.420,00
- **LT 230 kV Uberaba – Capanema, C1 e C2 – R\$ 74.265.210,00**
- SECC LT 230 kV Campo Grande 2 – Chapadão, C1 – R\$ 9.482.310,00
- SECC LT 230 kV Jorge Lacerda – Siderópolis, C3 – R\$ 16.842.170,00
- **SECC LT 230 kV Salto Grande - Assis C1 – R\$ 30.406.200,00**
- **SECC LT 230 kV Londrina Esu – Apucarana, C1 – R\$ 12.718.760,00**
- **SECC LT 230 kV Londrina Esu – Maringá, C1 – R\$ 10.819.060,00**
- **SECC LT 230 kV Cascavel – Foz do Iguaçu Norte, C1 – R\$ 10.263.480,00**
- **SECC LT 230 kV Cascavel Oeste – Foz do Iguaçu – R\$ 10.263.480,00**
- SECC LT 230 kV Gravataí 2 – Cidade Industrial, C4 – R\$ 9.658.930,00
- SECC LT 230 kV Lajeado Grande – Forquilha, C1 – R\$ 12.504.680,00
- SECC LT 230 kV Passo Fundo – Nova Prata, C1 e C2 – R\$18.189.430,00
- SECC LT 230 kV Uberaba – Umbará, C1 – R\$ 14.804.040,00
- SE 525/230 kV Siderópolis 2 – R\$ 167.536.750,00
- **SE 230/138 kV Andirá Leste – R\$32.023.650,00**
- SE 230/138 kV Tubarão Sul – R\$53.377.620,00
- **SE 525/230/138 kV Sarandi – R\$123.146.500,00**
- SE 230/138 kV Londrina Sul – R\$36.899.680,00
- **SE 230/138 kV Paranavaí Norte – R\$ 46.328.610,00**
- SE 230/138 kV Ratoles – R\$56.120.610,00
- **SE 525 kV Guaíra – R\$174.483.580,00**
- SE 230 kV Lajeado Grande 2 – R\$10.293.820,00
- SE 230/138 kV Cachoeirinha 3 – R\$40.334.610,00

- **SE 230/138 kV Capanema – R\$96.330.940,00**
- **SE 230/138 kV Curitiba Sul – R\$ 26.387.330,00**
- SE 230/138 kV Dourados 2 – R\$36.761.630,00
- **SE 230/138 kV Medianeira – R\$22.507.630,00**
- SE 230/69 kV Torres 2 – R\$34.010.710,00
- LT 230 kV Blumenau Joinville Norte, C1 – R\$27.644.850,00
- LT 230 kV Blumenau Joinville, C1 – R\$ 25.303.340,00
- **LT 525 kV Guáira Cascavel Oeste, C1 – R\$28.015.900,00**
- LT 230 kV Gravataí 3 Gravataí 2, C1 – R\$4.472.200,00
- LT 230 kV Gravataí 3 Gravataí 2, C2 – R\$4.472.200,00
- SECC LT 230 kV Dourados Ivinhema 2, C1, na SE Dourados 2 – R\$25.555.960,00
- SE 525 kV Marmeleiro 2 – R\$42.996.210,00
- SE 525/230/138 kV Biguaçu – R\$34.845.450,00
- SE 525/230/138 kV Blumenau – R\$34.845.450,00
- SE 230/69 kV Guarita – R\$9.045.760,00
- SE 525/230 kV Nova Santa Rita – R\$7.849.380,00
- SE 230/138 kV Presidente Médici – R\$15.675.040,00
- SE 230/138/69 kV Santa Marta – R\$10.782.640,00
- SE 230/69 kV Alegrete 2 – R\$10.782.640,00
- SE 230/69 kV Venâncio Aires – R\$10.435.300,00
- **SE 230/138 kV Apucarana – R\$ 4.936.990,00**
- SE 230/138 kV Desterro – R\$14.843.130,00
- **SE 230/138 kV Sarandi – R\$ 32.535.530,00**
- **SE 230/138 kV Umuarama Sul – R\$18.141.230,00**
- SE 230/69 kV Porto Alegre 12 – R\$14.766.400,00
- SE 525 kV Marmeleiro 2 – R\$47.449.020,00
- SE 525/230 kV Gravataí – R\$15.933.800,00
- **SE 525/230/138 kV Sarandi – R\$65.112.230,00**
- SE 230/138 kV Campo Grande 2 – R\$13.048.020,00
- SE 230/138 kV Corumbá – R\$6.599,850,00
- SE 230/138 kV Dourados – R\$13.515.500,00
- **SE 230/138 kV Guáira – R\$42.421.020,00**
- **SE 230/138 kV Guáira – R\$6.871.080,00**
- SE 230/138/69 kV Quinta – R\$18.242.830,00
- SE 230/69 kV Bagé 2 – R\$4.666.360,00
- SE 230/69 kV Guaíba 2 – R\$9.045.760,00
- SE 230/69 kV Ijuí 2 – R\$7.106.680,00
- SE 230/69 kV Uruguaiana 5 – R\$6.150.090,00
- SE 230/69 kV Viamão 3 – R\$1.219.030,00

- **SE 765/500 kV Foz do Iguaçu – R\$96.724.800,00**
- SE 230/138 kV Lagoa Vermelha 2 – R\$6.871.070,00
- SE 230/69 kV Tapera 2 – R\$ 6.871.070,00
- **SE 230/138 kV Paranavaí Norte– R\$ 4.936,990,00**
- **SE 230/138 kV Realeza – R\$ 13.204.230,00**

Desses empreendimentos planejados para a região sul, existem diversas implantações e ampliações do sistema de transmissão no estado do Paraná. Esses empreendimentos foram destacados em negrito.

Em sua grande maioria a justificativa para essas novas subestações e linhas de transmissão são para o atendimento elétrico ao mercado. Caso exista estudos básicos apresentados para ANEEL de novas usinas geradoras de eletricidade no estado do Paraná o planejamento para novas subestações e linhas de transmissão terão como justificativa a integração ao SIN de potenciais já estudados/contratados.

A conexão ao sistema é um porcentual grande dos investimentos necessários para a implantação de novos empreendimentos de geração de energia. A rede de transmissão no estado do Paraná deverá ser planejada considerando a inserção de usinas eólicas, usinas solares, PCHs e usinas térmicas de biomassa. Para que ocorra esse planejamento, o desenvolvimento de projetos básicos apresentados para a ANEEL deverá ser incentivado para provocar a ampliação do sistema de transmissão.

O planejamento da expansão da transmissão de energia é desenvolvido pelo EPE, os estudos estão disponibilizados no link <http://www.epe.gov.br/Transmissao/Paginas/default.aspx>.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou os potenciais de energias renováveis do estado do Paraná, sua infraestrutura elétrica para implantação de usinas geradoras de energia. O estado apresenta vasto campo a ser explorado no que tange energias renováveis. Foram mapeados os potenciais de geração hídrica e eólica no estado bem como a infraestrutura já existente.

Para que empreendimentos se tornem viáveis, é necessário que o governo estadual utilize de políticas indutoras que fomentem investimentos públicos e privados no desenvolvimento energético do estado do Paraná. Indica-se como prioridade a criação de uma agência de energia para coordenar as atividades do setor energético paranaense, e o desenvolvimento de um portal na internet para a comunicação entre empreendedores e agência.

A seguir são apresentados uma lista de atividades que podem ser tomadas para desenvolver o mercado de energias renováveis no Paraná e sua infraestrutura;

1. Instalar torres anemométricas nos locais com maior potencial eólico do estado no padrão ANEEL, após o tempo mínimo exigido pela ANEEL de medição anemométrica (3 anos), desenvolver projeto básico dos possíveis parques eólicos e comercializar esses projetos com empreendedores;
2. Desenvolver junto com a COPEL, um estudo detalhado da infraestrutura necessária para a conexão dos principais pontos de geração de energia renovável no seu sistema elétrico;
3. Fomentar nas universidades do estado do Paraná o estudo das melhores tecnologias em eólica desenvolvidas no mundo que melhor se adaptem ao estado do Paraná.
4. Com projetos desenvolvidos e aprovados na ANEEL, desenvolver políticas públicas, incentivos fiscais e econômicos para que os projetos desenvolvidos no estado sejam tão competitivos quanto os de outros estados com maiores potenciais energéticos. Alguns exemplos:

- a. Oferecer aval e outros instrumentos financeiros para viabilização de acesso a linhas de financiamento de outras instituições financeiras para projetos de eficiência hídrica e energética.
 - b. Desenvolver leilão estadual de energia eólica, desenvolvendo assim o mercado comprador de energia elétrica renovável com concessão de crédito presumido de ICMS e/ou outros impostos aos compradores de energia;
5. Com empreendimentos em andamento no Paraná, desenvolver mecanismo para atrair os principais elos das cadeias de valor do setor eólico e hidráulica.
 6. Realização de *workshops* para estímulo à demanda, à oferta e ao financiamento de energia de fonte hidráulica e eólica;
 7. Realização de missões nacionais e internacionais para atração de empresas da cadeia de valor da indústria solar e eólica;
 8. Desenvolver junto às universidades cursos específicos para o desenvolvimento de mão-de-obra especialista para o mercado de energias renováveis;
 9. Capacitar as empresas do estado para a prestação de serviços no setor de energias renováveis;
 10. Desenvolver processos simplificados de análise ambiental para diminuir o tempo de instalação de usinas solares/eólicas de grande porte no estado;

As proposições anteriores visam criar condições para o desenvolvimento energético sustentável do estado do Paraná, com a inserção de fontes renováveis de energia diversificando a matriz elétrica e suprimindo a demanda por eletricidade que se apresentará nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

AGX ENGENHARIA, OESTE EM DESENVOLVIMENTO, SEBRAE, SEBRAETEC. **Mapeamento e análise das energias renováveis do oeste do Paraná.** 2015.

COPEL, Atlas do Potencial Eólico do Estado do Paraná, 2007, Disponível em:

[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas do Potencial Eolico do Estado do Parana.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas_do_Potencial_Eolico_do_Estado_do_Parana.pdf)

COPEL, Mapa Geoelétrico do Paraná, 2007, Disponível em:

<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Ftransmissao%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FAA05A48B08082B3A03257410006EE836>

CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. “Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos”, 2014, Disponível em http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf, Acessado em Fevereiro 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano nacional de energia 2030.** Rio de Janeiro: EPE, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2015 - Ano base 2014: Relatório Síntese.** Rio de Janeiro: EPE, 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudos para a Expansão da Transmissão.** Rio de Janeiro: EPE, 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos De Pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GLENN, J.C.; GORDON, T.J.; FLORESCU, E. “Futures studies around the World”, In: 2011 State of the future, Washington, EUA, The millennium project, Global futures studies & research, cap. 7, 2011, Disponível em <http://www.millennium-project.org/millennium/2011SOF.html>, Acessado em Junho 2014.

HEIDEMANN, F. G.; SALM, J. F. “Políticas Públicas e Desenvolvimento. Bases epistemológicas e modelos de análise”, Editora UnB, 2ª edição, 2010.

Instrução Normativa Nº001, de 25 de março de 2015 – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN. Disponível em: <http://migre.me/sCNnN>. Acesso em: 06/01/2016

LAKATOS, Eva Maria. MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo : Atlas 2003.

MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2012: ano base 2011”, 2012, disponível em https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf, Acessado em Junho 2013.

MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2013: Base ano 2012”, 2013, disponível em https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf, Acessado em Fevereiro 2014.

MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013 - Relatório Síntese”, 2014, Disponível em https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf, Acessado em Junho 2014.

MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014”, 2015, Disponível em https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf, Acessado em Fevereiro 2015.

NREL. “Glossary of Solar Radiation Resource Terms: National Renewable Energy Laboratory”, 2014, Disponível em: http://rredc.nrel.gov/solar/glossary/gloss_s.html, Acessado em Julho 2014.

Portaria Interministerial nº60/2015. Disponível em: <http://migre.me/sCNr9>. Acesso em: 06/01/2016

REN21, “Renewable 2010 – Global Status Report”, 2010, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Junho 2013.

REN21, “Renewable 2011 – Global Status Report”, 2011, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Julho 2013.

REN21, “Renewable 2012 – Global Status Report”, 2012, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Junho 2013.

REN21, “Renewable 2013 – Global Status Report”, 2013, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Abril 2014.

REN21, “Renewable 2014 – Global Status Report”, 2014, Disponível em <http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx>, Acessado em Junho 2014.

REN21, “Renewable 2015 – Global Status Report”, 2015, Disponível em http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf, Acessado em Fevereiro 2015.

SEMA, **Bacias Hidrográficas do Paraná**, 2010.

SEMA, Resolução 024/2006, Disponível em:

http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=1355

SENAI, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. “Cenários Energéticos Globais 2020”, 2ª Edição ampliada, Departamento Regional do Paraná, Instituto Euvaldo Lodi, Núcleo Regional do Paraná, Curitiba, ISBN 978-85-88980-22-8, 2007.

TIEPOLO, G.; CANGIOLIERI, O. “Fontes renováveis de energia - tendências e perspectivas para o planejamento energético emergente no Brasil”, Revista SODEBRAS, Volume 7, nº 77, Edição Maio, ISSN 1809-3957, 2012a;

TIEPOLO, G.; CASTAGNA, A. G.; CANGIOLIERI, O.; BETINI, R. C., “Fontes Renováveis de Energia e a Influência no Planejamento Energético Emergente no Brasil”, VIII CBPE – Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2012b.

VAN BELLEN, H. M. “Indicadores de Sustentabilidade. Uma análise comparativa”, Rio de Janeiro, Editora FGV, 2ª edição, 2006.

www.copel.com.br - acesso em 28/02/2016.

www.ons.gov.br - acesso em 28/02/2016.