



A ENERGIA EÓLICA, UM ESTUDO DE CASO COMPARATIVO: BRASIL-SUÉCIA

João Francisco Keselik Ferreira

Thamires Romero Santos Fernandes

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Regis da Rocha Motta, Ph.D.

Rio de Janeiro

Agosto de 2015

A ENERGIA EÓLICA, UM ESTUDO DE CASO COMPARATIVO: BRASIL-SUÉCIA

João Francisco Keselik Ferreira

Thamires Romero Santos Fernandes

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO.

Examinado por:

Prof. Regis da Rocha Motta, Ph.D.

Prof.^a Maria Alice Ferruccio, D.Sc.

Prof. Marcelo Marinho Simas, M.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

Agosto de 2015

Fernandes, Thamires Romero Santos

Ferreira, João Francisco Keselik

A energia eólica, um estudo de caso comparativo: Brasil-Suécia / João Francisco Keselik Ferreira, Thamires Romero Santos Fernandes. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2015.

XIII, 65 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Prof. Regis da Rocha Motta (Ph.D)

Projeto de Graduação – UFRJ / Escola Politécnica /
Curso de Engenharia de Produção, 2015.

Referências Bibliográficas: p. 59-63.

1. Energia Eólica. 2. Setor Elétrico Brasileiro. 3. Suécia.
4. Análise Econômica

I. Motta, Regis da Rocha. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia de Produção. III. A Energia Eólica, um Estudo de Caso Comparativo: Brasil-Suécia.

Agradecimentos

Eu, Thamires Romero Santos Fernandes, agradeço imensamente à minha família. Devo a ela tudo que sou e tudo que alcancei na vida, por estar sempre ao meu lado, me apoiar em todos os momentos difíceis e comemorar as minhas conquistas. Sempre pude contar com eles para bons conselhos e palavras carinhosas.

Em conjunto, nós agradecemos ao professor Regis da Rocha Motta pela orientação no presente trabalho e pelo aprendizado nas disciplinas por ele ministradas.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

A Energia Eólica, um Estudo de Caso Comparativo: Brasil-Suécia

João Francisco Keselik Ferreira

Thamires Romero Santos Fernandes

Agosto/2015

Orientador: Regis da Rocha Motta (Ph.D)

Curso: Engenharia de Produção

O presente trabalho pretende estudar a geração de energia eólica no Brasil e na Suécia, comparando a utilização e o planejamento desta fonte renovável de energia em ambos os países. Tanto o Brasil como a Suécia possuem matrizes elétricas limpas, com baixas emissões de gases de efeito estufa. Entretanto, a matriz quase exclusivamente hídrica no Brasil é motivo de preocupação devido a possíveis instabilidades no regime de chuvas, e a Suécia procura substituir o percentual de energia nuclear em sua matriz através de outras fontes energéticas. Neste sentido, em busca de diversificação, a energia eólica foi recentemente favorecida, graças ao progresso tecnológico e aos incentivos de ambos os governos. No Brasil, é predominante o incentivo através de tarifas *feed-in* e de um sistema de quotas, através do Programa de PROINFA, e na Suécia utiliza-se um sistema de cotas, os certificados verdes. Foi realizada uma análise econômica de um parque eólico fictício, verificando a atual influência de um subsídio. A energia eólica, portanto, por ser uma fonte de energia renovável, sem emissões, e economicamente viável mediante incentivos financeiros ainda possui grande potencial a ser explorado em ambos os países, principalmente no Brasil, devido à grandeza do litoral, e através da possível introdução de parques eólicos *offshore*. Entretanto, no presente momento, ainda não é possível que esta venha a substituir outras fontes de energia já sedimentadas, como a hidrelétrica ou a nuclear.

Palavras-chave: Energia eólica, setor elétrico brasileiro, Suécia, análise econômica.

Abstract of the Graduation Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Industrial Engineer.

Wind Power, a Comparative Case Study: Brazil-Sweden

João Francisco Keselik Ferreira

Thamires Romero Santos Fernandes

August/2015

Advisor: Regis da Rocha Motta (Ph.D)

Course: Industrial Engineering

This project aims at studying the wind power generation in Brazil and Sweden, comparing its usage and planning in both countries. Both of them have clean energy systems with low greenhouse gas emissions. However, in Brazil the energy system based heavily on hydropower is a cause of concern, considering the recent rainfall shortage, and Sweden seeks to replace its nuclear power plants with another sustainable energy source. In this sense, looking to diversify their energy systems, the wind power has been recently favored due to technological progress and economic incentives from the two countries. To foster wind power projects Brazil predominantly employs feed-in tariffs and renewable energy quotas through PROINFA, a program whose purpose is to develop renewable energy sources. Sweden, in turn, uses only renewable energy quotas, the green certificates, in order to support wind power. An economic analysis of a wind farm project was held, verifying the impact of a subsidy. Wind power, therefore, a clean and renewable energy source, also economically feasible through incentives, has still great potential to be explored in both countries, especially in Brazil, due to the magnitude of the coast and through the introduction of offshore wind farms. Nevertheless, it is not possible yet to replace by wind power foregrounded energy sources, such as hydro or nuclear power.

Keywords: Wind power, Brazilian electricity sector, Sweden, economic analysis.

LISTA DE SIGLAS

ACL – Ambiente de Contratação Livre

ACR – Ambiente de Contratação Regulado

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

LER – Leilão de Energia de Reserva

LFA – Leilão de Fonte Alternativa

LI – Licença Ambiental de Instalação

LP – Licença Prévia Ambiental

MME – Ministério de Minas e Energia

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PIA – Produtor Independente Autônomo

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SIN – Sistema Integrado Nacional

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TIR – Taxa Interna de Retorno

VPL – Valor Presente Líquido

LISTA DE UNIDADES

dB – Decibel

GW – Gigawatt

GWh – Gigawatt-hora

Mt – Megatonelada

MW – Megawatts

MWh – Megawatt-hora

TWh – Terawatt-hora

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Resumo dos Capítulos	2
1.2 Objetivo	3
1.2.1 Objetivo Geral.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Justificativa do Tema	3
1.4 Metodologia	4
1.5 Limitações do Estudo	4
2 ENERGIA E DESENVOLVIMENTO.....	5
2.1 Brasil	5
2.2 Suécia	11
2.3 Comparação entre Brasil e Suécia	16
3 PANORAMA DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA.....	17
3.1 Histórico	17
3.2 Vantagens e Desvantagens da Energia Eólica	20
3.3 Brasil	22
3.4 Suécia	26
3.5 Comparação entre Brasil e Suécia	29
4 INCENTIVOS E PLANEJAMENTO PARA A ENERGIA EÓLICA.....	31
4.1 Planejamento no Brasil.....	32
4.2 Planejamento na Suécia.....	40
4.3 Comparação entre Brasil e Suécia	44
5 ANÁLISE ECONOMICA DE PROJETO DE PARQUE EÓLICO.....	47
5.1 Tempo de recuperação ou <i>Payback</i>	47
5.2 Valor Presente Líquido	47
5.3 Taxa Interna de Retorno (TIR).....	48

5.4	O Projeto	48
5.5	Aspectos Econômicos	52
6	DISCUSSÃO	54
7	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
	APÊNDICE A – FLUXOS DE CAIXA	64
	APÊNDICE B – TABELA COMPARATIVA BRASIL-SUÉCIA	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Oferta interna de energia elétrica por fonte	5
Figura 2: Capacidade instalada de geração elétrica.....	6
Figura 3: Evolução da capacidade instalada hidrotérmica do Sistem Integrado Nacional (SIN)	8
Figura 4: Acréscimo anual de capacidade instalada por fonte.....	10
Figura 5: Histórico de emissões de dióxido de carbono na Suécia e no mundo	12
Figura 6: Emissões de gases de efeito estufa por setor na Suécia	13
Figura 7: Uso de eletricidade na Suécia por setor de 1970 a 2012	13
Figura 8: Produção de eletricidade por tipo e o uso total de eletricidade na Suécia de 1970 a 2012.....	15
Figura 9: Capacidade instalada da produção de eletricidade na Suécia de 1996 a 2012 em MW	16
Figura 10: Evolução do preço médio de energia elétrica de geração eólica de 1980 a 2002 e projeção até 2020	18
Figura 11: Geração de energia eólica agregada no mundo (GWh)	19
Figura 12: Evolução da Capacidade eólica instalada	24
Figura 13: Emissões de CO2 evitadas em toneladas	25
Figura 14: Potencial eólico brasileiro.....	26
Figura 15: Distribuição geográfica dos parques eólicos construídos (cinza), em construção (verde), previstos (amarelo).....	28
Figura 16: Histórico e prognóstico da produção anual em GWh (azul), capacidade instalada em MW (verde), e número de turbinas (vermelho).....	29
Figura 17: Comparação entre produção hidráulica e eólica.....	38
Figura 18: Efeito dos certificados verdes utilizados a partir de 2003 sobre o uso de energia eólica na Suécia com o número de turbinas (azul), a capacidade instalada (vermelho), e a produção total (verde)	42
Figura 19: Instrumentos regulatórios e institucionais.....	45
Figura 20: Custos iniciais de projeto eólico	49

Figura 21: Custo nivelado da produção de energia eólica	52
Figura 22: Evolução do preço da energia eólica de 2004 a 2013	53

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Dependência externa de energia.....	7
Tabela 2: Expansão hidrotérmica contratada e em construção de 2014 a 2018.....	9
Tabela 3: Expansão de biomassa, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e energia eólica contratada de 2014 a 2018.....	9
Tabela 4: Indicadores da avaliação socioambiental de usinas hidrelétricas (UHE's).....	11
Tabela 5: Resumo de vantagens e desvantagens.....	22
Tabela 6: Geração energia eólica de 2004 a 2013.....	23
Tabela 7: Valores econômicos do PROINFA primeira fase com base em Setembro de 2005	36
Tabela 8: Potência contratada por fonte no primeiro momento do PROINFA.....	37
Tabela 9: Potência contratada por região no primeiro momento do PROINFA.....	37
Tabela 10: Participação da fonte eólica nos leilões de energia elétrica 2009-2012	40
Tabela 11: Contratação de capacidade de energia eólica	40
Tabela 12: Custos iniciais de projeto em energia eólica.....	49
Tabela 13: Custos de construção.....	50
Tabela 14: Custos de operação	51
Tabela 15: Valores de TIR e VPL do empreendimento sem subsídio.....	51
Tabela 16: Valores de TIR e VPL do empreendimento com subsídio.....	51
Tabela 17: Fluxo de caixa do projeto de parque eólico sem auxílio de subsídio (reembolso)	64
Tabela 18: Fluxo de caixa do projeto de parque eólico com auxílio de subsídio (reembolso)	64
Tabela 19: Comparação Brasil-Suécia.....	65

INTRODUÇÃO

Uma perspectiva favorável para o desenvolvimento de fontes renováveis de energia resulta de um processo extensivo de conformação do setor elétrico. Fatores tecnológicos, econômicos, institucionais, políticos, sociais e ambientais são elementos intrínsecos que determinam as oportunidades e os obstáculos para a expansão da utilização de energias renováveis como a eólica. Doravante, dada a natureza da energia eólica, esta é um fonte inexaurível de recursos e possui uma base tecnológica madura, aliando-se atualmente a uma tendência decrescente para seus custos de implantação (SILVA et al., 2012).

A produção de energia eólica no Brasil tem aumentado graças ao Programa de Incentivo às Fontes de Energia Elétrica Alternativas (PROINFA), um programa governamental destinado a encorajar o uso de energias alternativas. De 22 MW em 2003, a produção elevou-se para 602 MW em 2009 (PEREIRA et al. 2013). Não somente, a expansão da energia eólica no Brasil é promissora em termos de atratividade. O Brasil, por exemplo, tem um potencial estimado de 143.47 GW, sugerindo uma produção anual de 272,220 TWh/ano. O uso deste potencial, entretanto, requer a avaliação do ajuste das características da tecnologia eólica à estrutura do sistema elétrico brasileiro (SILVA et al., 2012).

O Parlamento Sueco, em 2002, por sua vez, estabeleceu a meta de criar as condições necessárias para uma produção total de energia eólica de 10 TWh em 2015 (EK, 2005). Por consequência, aumentou-se o produção de energia proveniente de geração eólica na matriz elétrica sueca de 0,6 TWh em 2002 para 11,5 TWh em 2014 (WANG 2006; NAWFAL 2013; ADOMAITIS 2015). Apesar do progresso tecnológico e dos efeitos da aprendizagem, existem na Suécia diferentes políticas de incentivo, como subsídios e redução dos impostos, que visam promover a geração de energia eólica (EK, 2005).

1.1 Resumo dos Capítulos

No capítulo 1, é introduzido o assunto a ser tratado no trabalho, assim como os objetivos de estudos delimitados para conduzir o mesmo a seus resultados. A realização do estudo é justificada e também explicita-se a metodologia utilizada, assim como os aspectos que não foram levados em consideração na concepção das premissas adotadas.

No capítulo 2, apresentam-se as principais características dos países estudados no âmbito de geração de energia elétrica. Abordam-se a evolução da capacidade instalada assim como a composição atual da matriz de energia elétrica, além disso, serão apresentadas as tendências de consumo e previsões de novos empreendimentos. Por fim será apresentada uma comparação dos dois países em relação aos aspectos apresentados no capítulo.

No capítulo 3, inicialmente, é realizada uma descrição do histórico do desenvolvimento da energia eólica, com os pontos principais de seu desenvolvimento, serão apresentadas as principais vantagens e desvantagens do uso desta fonte e por fim serão apresentados os dados de potencial e desenvolvimento desta nos países estudados no trabalho. Por fim será apresentada uma comparação dos dois países em relação aos aspectos apresentados no capítulo.

No capítulo 4, apresentam-se as principais ferramentas utilizadas para o apoio dos governos ao desenvolvimento de energias sustentáveis e as aplicações delas nos países estudados no trabalho. Terão destaque o PROINFA e os novos leilões no caso brasileiro e os certificados verdes no modelo sueco.

No capítulo 5, é proposto um projeto fictício para a instalação de um parque eólico com custos e receitas aproximadas dos valores reais. A partir destes dados serão utilizadas ferramentas de análise de investimento para a definição da viabilidade econômica de projetos deste gênero.

No capítulo 6, realiza-se uma discussão sobre os aspectos tratados no decorrer do trabalho, constituindo um ensaio sobre o desenvolvimento de fontes alternativas com foco na energia eólica.

Por fim, o capítulo 7 apresenta uma conclusão sobre desenvolvimento da energia eólica, englobando aspectos econômicos, sociais e ambientais baseados nos fatos expostos no decorrer dos demais capítulos.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem por objetivo geral comparar a atual utilização de energia eólica por Brasil e Suécia, contrapondo-os, de modo a aferir possíveis mudanças que favoreçam o desenvolvimento da energia eólica no Brasil.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, tem-se por objetivos específicos:

- Descrever as atuais matrizes elétricas de Brasil e Suécia e suas consequências socioambientais e econômicas;
- Caracterizar o panorama atual da utilização da energia eólica nos dois países;
- Analisar a estratégia de ambos os países no que concerne o uso de turbinas eólicas para geração de energia;
- Realizar uma análise econômica do uso de incentivos em um projeto fictício de energia eólica;
- Recomendar ações a serem implantadas no Brasil e na Suécia relativas à ampliação do uso desta fonte energética.

1.3 Justificativa do Tema

Recentes pesquisas contêm evidências científicas de mudanças climáticas no planeta e ressaltam a urgência na adoção de medidas de combate ao aquecimento global (BORBA et al., 2012). Deste modo, a busca por maneiras de mitigar as mudanças climáticas e os esforços para reduzir a emissão de gases de efeito estufa tem, conseqüentemente, avançado a pesquisa de tecnologias alternativas que satisfaçam tanto requisitos econômicos quanto a diminuição dos impactos ambientais (SIMAS & PACCA, 2014). Dentre as formas alternativas de geração de energia que produzem impactos reduzidos no ambiente está a energia eólica (GOLDEMBERG et al., 2002).

A Suécia foi escolhida como objeto de comparação com o Brasil devido a dois motivos. Primeiro por ser um país que apresenta uma preocupação de longa data com o meio ambiente, tomando iniciativas para preservá-lo. Segundo, por interesse pessoal, visto

que um dos autores, João Keselik, realizou intercâmbio acadêmico no país e teve a oportunidade de familiarizar-se com a sua cultura.

1.4 Metodologia

O trabalho foi elaborado com base em uma pesquisa bibliográfica utilizando-se artigos científicos, relatórios de organizações públicas e privadas, além de monografias publicadas. Com isso foi possível o levantamento de informações e a elaboração de uma análise dos países abordados em relação ao tema. Trata-se de uma pesquisa exploratória de estudo de caso.

1.5 Limitações do Estudo

Este estudo está limitado àquilo que é relevante para a comparação da utilização de energia eólica no Brasil e na Suécia. As matrizes energéticas de ambos os países foram indiretamente mencionadas, mas apenas as matrizes elétricas foram diretamente abordadas. Os limites estabelecidos foram, portanto, geográficos. Entretanto, diferenças tecnológicas nas turbinas eólicas empregadas não foram abordadas, não havendo sido realizada uma análise tecnológica, assim como os sistemas eólicos de outros países foram apenas brevemente mencionados, apenas para exemplificar. Os dados coletados para a Suécia limitam-se ao ano de 2014 e para o Brasil, ao ano de 2013. Para a análise econômica do parque eólico foram utilizados dados fictícios.

2 ENERGIA E DESENVOLVIMENTO

Este capítulo pretende abordar e comparar a matriz elétrica de Brasil e Suécia, abordando histórico, fontes energéticas, crises estruturais, consequências socioambientais, questões econômicas e possíveis tendências para o futuro.

2.1 Brasil

O Brasil apresenta uma matriz elétrica considerada limpa quando comparada aos padrões mundiais, isso porque conta com muitos recursos naturais e pôde assim desenvolver a sua produção baseada em hidrelétricas. Segundo o Balanço Energético de 2014 divulgado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) 70,6% da energia elétrica interna ofertada provém dessa fonte. No gráfico a seguir podemos ver a representação das diversas fontes na oferta de interna de energia elétrica (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014a).

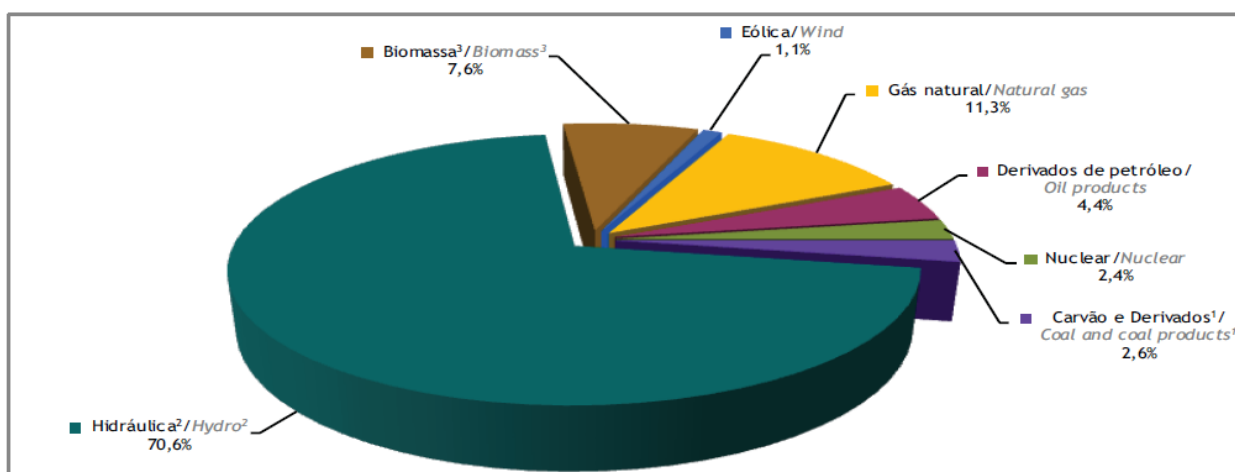


Figura 1: Oferta interna de energia elétrica por fonte

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014a)

Apesar do grande potencial para geração de energia, em algumas ocasiões o sistema de produção brasileiro se mostrou deficiente, o que forçou a mudança de hábitos dos brasileiros e apontou a necessidade de expansão das instalações. A situação crítica mais recente ocorreu em 2001, quando foi necessário o racionamento de energia. Para complementar a geração, foi iniciado na época um programa visando aumentar a participação das termelétricas. O incentivo às termelétricas alcançou seus objetivos, e a capacidade instalada relacionada a essa fonte aumentou a partir desse ano, como pode ser

visto no gráfico a seguir (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014a).

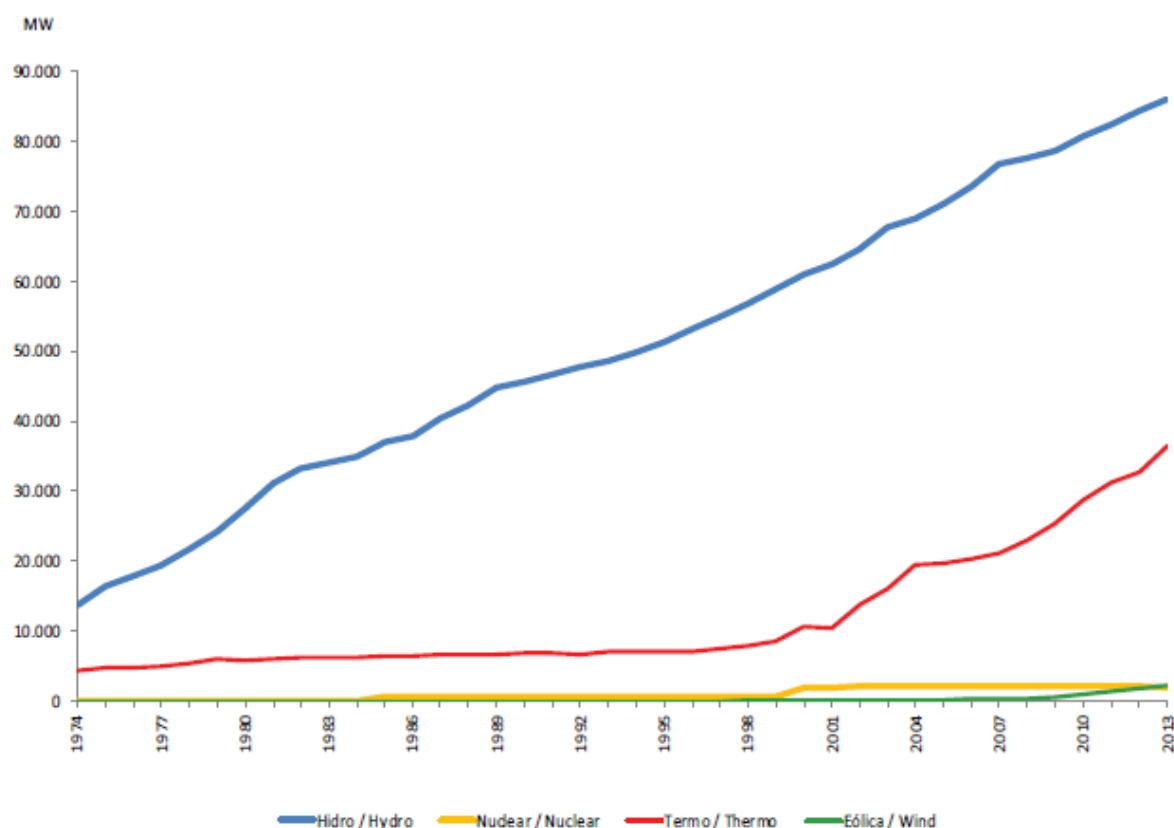


Figura 2: Capacidade instalada de geração elétrica

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014a)

Durante os anos seguintes do racionamento houve uma diminuição no consumo, porém, pouco tempo depois este retomou o seu crescimento e novamente ficou clara a necessidade de expandir a produção de energia elétrica no país. No corrente ano de 2015 foi possível perceber a grande dependência que o sistema de geração brasileiro tem das condições climáticas, mais especificamente das chuvas, para suprir a demanda. A falta delas gerou uma situação preocupante, principalmente no estado de São Paulo. Apesar da crescente produção de energia no Brasil, ainda há dependência da importação para suprir sua demanda. A evolução dessa dependência pode ser vista na tabela abaixo, retirada do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2014 publicado pela EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014a).

Tabela 1: Dependência externa de energia

IDENTIFICAÇÃO	UNIDADE/ UNIT	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	SPECIFICATION
TOTAL	10 ³ tep(toe)	27.858	22.644	18.512	19.571	21.788	9.668	20.694	22.132	30.889	43.151	TOTAL
	%	12,8	10,1	8,0	8,0	8,4	3,9	7,6	7,9	10,7	14,3	
PETRÓLEO	10 ³ bep(boe)/d	165	34	-18	19	41	-110	-55	28	187	339	PETROLEUM
	%	9,6	1,9	-1,0	1,0	2,1	-5,7	-2,6	1,3	7,9	13,8	
GÁS NATURAL	10 ⁶ m ³	8121	9016	9214	10314	11691	8328	12639	10806	13197	17095	NATURAL GAS
	%	41,1	42,5	41,0	44,8	43,5	38,3	43,9	37,6	38,8	42,8	
CARVÃO MINERAL	10 ³ t	16.127	15.440	14.898	16.439	17.210	12.896	17.710	20.078	18.077	19.937	COAL
	%	73,5	71,6	69,4	73,5	76,8	71,2	75,6	80,0	70,8	71,1	
ELETRICIDADE	GWh	37.385	39.042	41.164	38.832	42.211	39.666	34.648	35.886	40.254	39.867	ELECTRICITY
	%	8,8	8,8	8,9	8,0	8,4	7,8	6,3	6,3	6,8	6,5	

Nota: valores negativos correspondem a exportação líquida. / Note: Negative values corresponds to net exports.

¹ Diferença entre a demanda interna de energia (inclusive perdas de transformação, distribuição e armazenagem) e a produção interna. / ¹ Difference between Domestic Energy Demand (including losses in transformation, distribution and storage) and Domestic Production.

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014a)

No caso da energia elétrica, a que estamos considerando no trabalho, pode-se perceber que a dependência citada tem diminuído, passando de 8,8% em 2004 para 6,5% em 2013 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014a). Tal diminuição é crucial para uma situação mais estável e está entre as tendências do país para os próximos anos (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014b).

As tendências na geração de energia elétrica abordadas neste trabalho estão de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2023, desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia (MME). O plano tem como principal diretriz a priorização de fontes renováveis para atender ao crescimento do consumo de energia elétrica no horizonte de 10 anos. Podemos ver no gráfico a seguir que as fontes renováveis se tornam mais representativas durante a expansão da capacidade instalada que passa de 125GW em dezembro de 2013 para 196GW em dezembro de 2023 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014b).

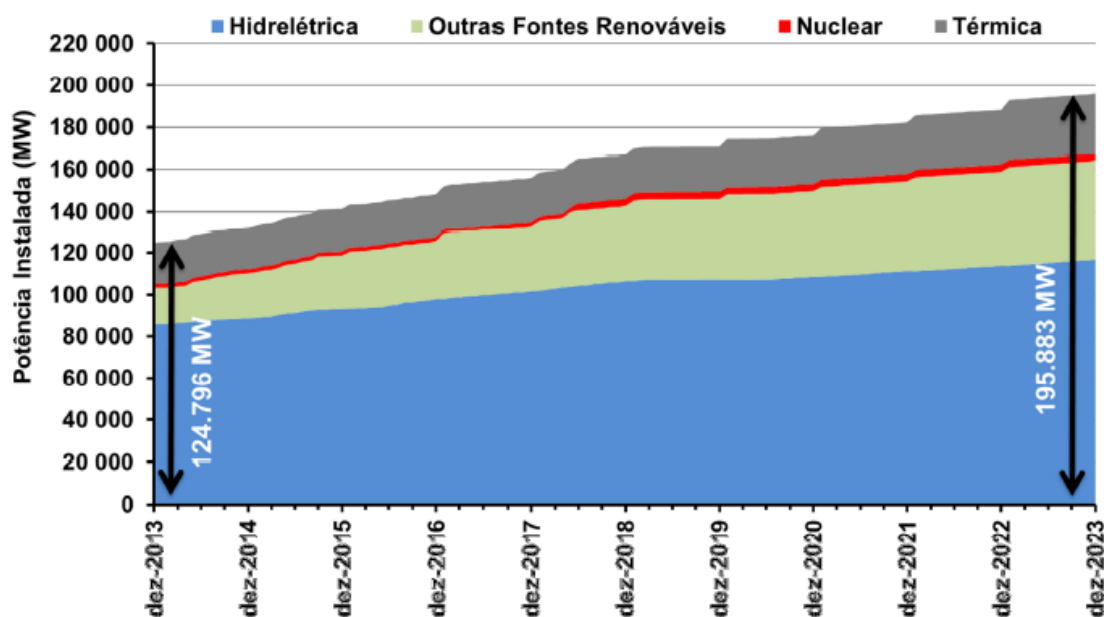


Figura 3: Evolução da capacidade instalada hidrotérmica do Sistem Integrado Nacional (SIN)

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014a)

O plano decenal é importante porque apesar de parte do plano ser apenas estimado, parte dos empreendimentos já está contratada, visto que há necessidade de negociação com grande antecedência, e devem ser construídos até 2018. Os projetos já contratados considerados no plano até 2023 são mostrados nas tabelas que seguem (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014b).

Tabela 2: Expansão hidrotérmica contratada e em construção de 2014 a 2018

Ano ^(b)	Sudeste/ Centro-Oeste		Sul		Nordeste		Norte	
	Projeto	Pot ^(a)	Projeto	Pot ^(a)	Projeto	Pot ^(a)	Projeto	Pot ^(a)
2014	UHE Batalha	53			UTE Pernambuco 3	201	UHE Sto. Ant. do Jarí ^(d)	370
	UTE Baixada Fluminense	530					UTE Parnaíba IV	51
2015							UTE Mauá 3	583
							UHE Colíder	300
							UHE Ferreira Gomes	252
							UHE Teles Pires	1.819
2016			UHE São Roque	135			UHE Maranhão III ^(e)	519
			UHE Baixo Iguaçu	350			UHE Belo Monte ^(f)	11.000
2017							UHE Cachoeira Caldeirão	219
2018	UNE Angra 3 ^(c)	1.405					UHE São Manoel	700
							UHE Salto Apicás	45
							UHE Sinop	400
Total	1.988		485		201		16.258	

Notas: (a) Potência total do empreendimento, em MW. No caso de usinas cuja motorização total não ocorre dentro do ano indicado, esta potência não corresponde à potência incorporada no ano.

(b) Ano esperado de início da operação do empreendimento segundo acompanhamento do DMSE – reunião de março de 2014.

(c) A Portaria MME nº 980/2010 autorizou a contratação da UNE Angra 3 na modalidade de energia de reserva.

(d) Usinas com casa de força complementar modelada como PCH.

(e) Usinas localizadas geograficamente no Maranhão, porém representadas eletricamente no subsistema Norte.

(f) Considerada a data de tendência de entrada em operação da Casa de Força Principal, de acordo com o DMSE.

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014b)

Tabela 3: Expansão de biomassa, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e energia eólica contratada de 2014 a 2018

Tipo	Região	2014	2015	2016	2017	2018
		Potência (MW)				
Biomassa	Sudeste/Centro-Oeste	503	161	50	0	398
	Sul	42	0	0	0	0
	Nordeste	17	0	0	0	300
	Norte	255	0	10	0	0
	TOTAL	817	161	60	0	698
PCH	Sudeste/Centro-Oeste	169	71	0	0	286
	Sul	40	30	18	0	113
	Nordeste	0	0	0	0	6
	Norte	21	32	12	3	0
	TOTAL	230	133	30	3	405
Eólica	Sudeste/Centro-Oeste	0	0	0	0	0
	Sul	362	543	432	28	152
	Nordeste	2.899	3.024	1.307	52	2.188
	Norte	0	0	58	203	0
	TOTAL	3.261	3.567	1.797	283	2.340
TOTAL	4.308	3.861	1.887	286	3.443	

Notas: (1) Os valores da tabela indicam o acréscimo de potência instalada entre os meses de janeiro e dezembro de cada ano.

(2) Inclui a capacidade contratada nos leilões de energia de reserva.

(3) Inclui os projetos sinalizados como sem impedimento para entrada em operação comercial pela fiscalização da ANEEL.

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014b)

No gráfico a seguir, além dessa capacidade já contratada pode-se ver o planejamento realizado até 2023, separado por fonte. O horizonte planejado ainda apresenta incertezas, porém consistem de projetos indicativos e estudos em fase de conclusão (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014b).

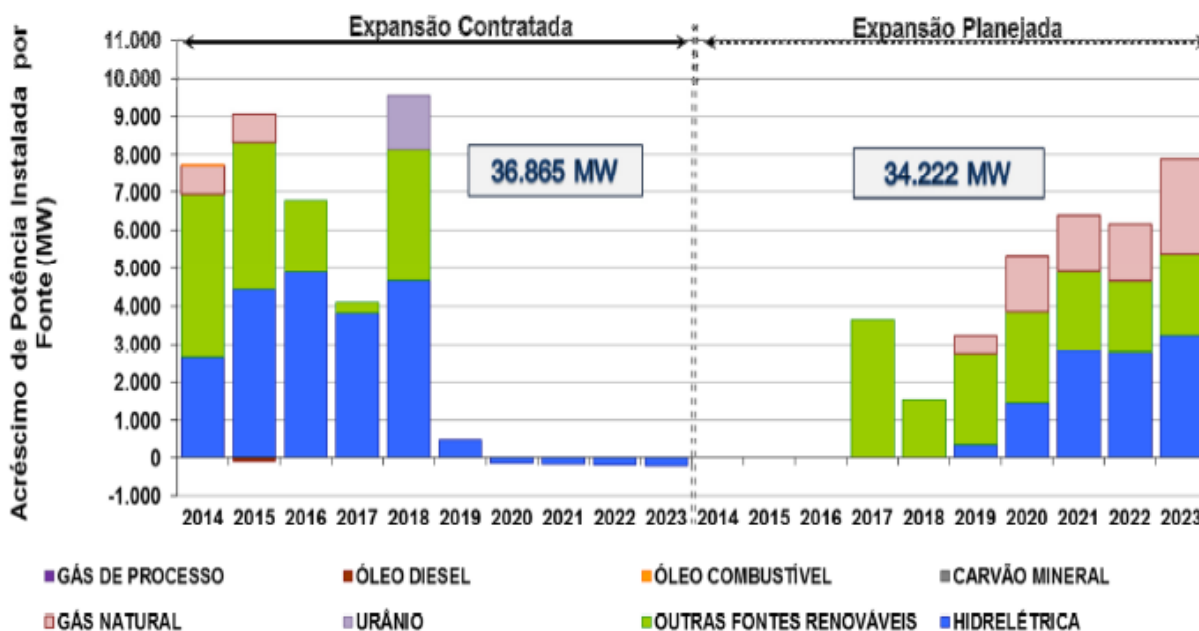


Figura 4: Acréscimo anual de capacidade instalada por fonte

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014b)

Dentre os projetos previstos, parte está relacionada a construção de novas usinas hidrelétricas, e nesse sentido é importante ressaltar os que o tempo estimado para a implementação dessas considera o tempo necessário para os trâmites burocráticos necessários. Hoje há um percurso consideravelmente maior a ser percorrido até ser obtido o direito de instalação, isso se deve ao grande número de fatores de segurança e socioambientais envolvidos, e o atendimento de eventuais demandas judiciais ou solicitações complementares podem adiar o prazo estimado (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014b).

Apesar das hidrelétricas de ainda ser grande responsável pelo crescimento na capacidade instalada nos próximos anos, existe hoje uma preocupação muito maior com os aspectos socioambientais associados a construção dessas represas. Dentre os problemas se destacam as relações com os indígenas, atuais habitantes das áreas, os impactos ambientais causados pelas modificações efetuadas nas direções dos rios, entre outros. As principais questões levadas em consideração na elaboração de um projeto de uma nova

hidrelétrica se encontram na tabela a seguir (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014b).

Tabela 4: Indicadores da avaliação socioambiental de usinas hidrelétricas (UHE's)

Classificação	Indicadores
Impactos ambientais	perda de vegetação nativa
	transformação de ambiente lótico em lêntico
	interferência em unidade de conservação
Impactos socioeconômicos	população afetada
	interferência em terra indígena
	interferência na infraestrutura
Benefícios socioeconômicos	geração de empregos
	incremento temporário na arrecadação municipal (ISS)
	incremento permanente na arrecadação municipal (compensação financeira)

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014b)

2.2 Suécia

A Suécia, ainda em 1970, era um dos países mais dependentes do petróleo, sendo este usado tanto para o aquecimento doméstico quanto para o setor industrial. A reestruturação da matriz elétrica deveu-se à modernização das indústrias, à utilização de combustível contendo baixos níveis de enxofre e à crescente importância da energia nuclear. Vale-se mencionar que o território sueco também é afetado por poluentes provenientes de outros países. De fato, tem-se observado que a acidificação dos lagos é dada por poluentes do ar originários da Europa continental. Não obstante, em 1998, 90% da poluição por enxofre foi recebida de outros países (ROUILLARD, 2012).

Neste sentido, a crise do petróleo durante a década de 1970, o desenvolvimento da energia nuclear, a expansão do uso de biocombustíveis, o aumento da eficiência energética e o aumento do preço da energia em geral contribuíram para o decréscimo das emissões de dióxido de carbono, apesar do aumento da atividade em diversos setores da sociedade. Em 1980, por exemplo, as emissões somavam 80 Mt, sendo atualmente estimadas em 47 Mt. Deste modo, enquanto a média mundial de emissões ainda aumentava as emissões na Suécia já decresciam. Não somente, as negociações internacionais a respeito das mudanças climáticas contribuíram substancialmente para o decréscimo de gases de efeito estufa em geral (ROUILLARD, 2012).

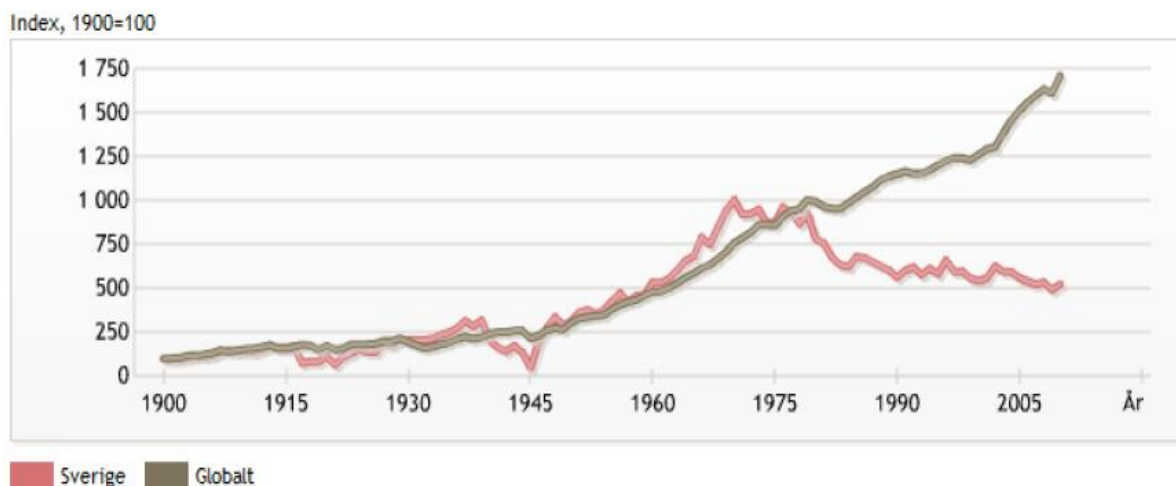


Figura 5: Histórico de emissões de dióxido de carbono na Suécia e no mundo

Fonte: (ROUILLARD, 2012)

Por consequência, a Suécia é um dos países com o menor nível de emissão de gases de efeito estufa da União Europeia, tanto per capita quanto em relação ao produto interno bruto. Um dos fatores que reduz as emissões é a grande quantidade de florestas e áreas protegidas como parques nacionais, sendo, em 2005, 10% do território considerado protegido para fins de preservação da natureza. Entretanto, a principal causa é a baixa quantidade de combustíveis fósseis usada para produção de eletricidade. De fato, aquecimento e produção de eletricidade totalizam somente 16% das emissões (ROUILLARD, 2012).

Isto deve ao fato de que a eletricidade é gerada em sua maior parte por usinas hidrelétricas e usinas nucleares, juntando-se ao crescente aumento de energia eólica e biocombustíveis. O aquecimento distrital é também, atualmente, gerado por biocombustíveis, lixo e bombas de calor. No entanto, a Suécia ainda utiliza uma pequena quantidade de carvão em siderúrgicas e o setor de transporte doméstico representa a maior parte das emissões, 31,3% (ROUILLARD, 2012).

Portanto, soluções potenciais têm sido cogitadas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa no setor de transportes, o qual ainda é baseado no uso do petróleo. Dentre elas, o governo sueco considera aumentar os impostos sobre petróleo e diesel, mantendo-os proporcionais ao incremento do produto interno bruto. Outra opção é intensificar os investimentos em transporte público, mesmo que este seja consideravelmente funcional. Uma solução em longo prazo, por fim, é o desenvolvimento de veículos construídos com novas tecnologias, que sejam mais eficientes do ponto de vista energético ou que usem fontes alternativas de geração de energia (ROUILLARD, 2012).

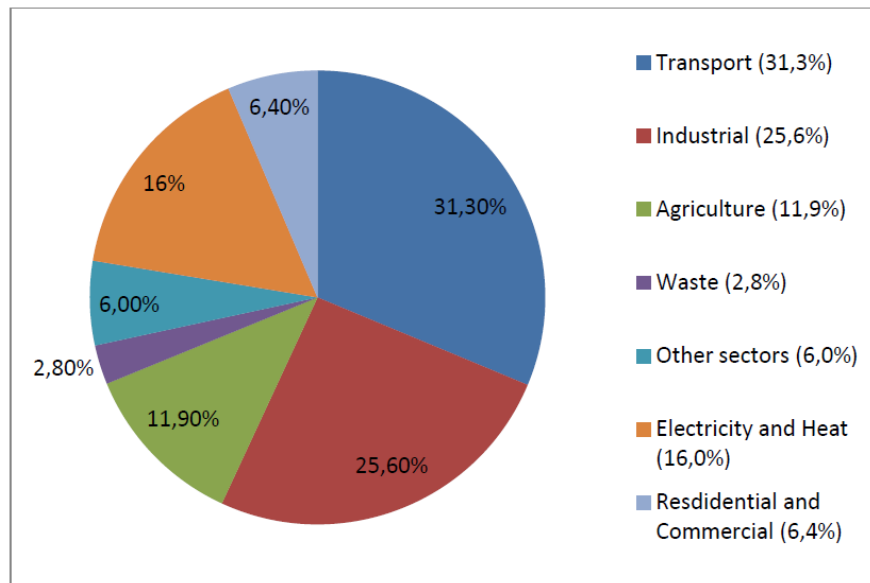


Figura 6: Emissões de gases de efeito estufa por setor na Suécia

Fonte: (ROUILLARD, 2012)

A utilização de eletricidade na Suécia incrementou em média 5% por ano entre 1970 e 1987, estabilizando-se em torno de 140 TWh após isto. Fatores como atividade econômica, desenvolvimento tecnológico, flutuações no preço da energia e a estrutura da indústria impactam, neste caso, o uso de eletricidade. Aliado a isto, mudanças na população e na temperatura também afetam a sua utilização (SWEDISH ENERGY AGENCY, 2013).

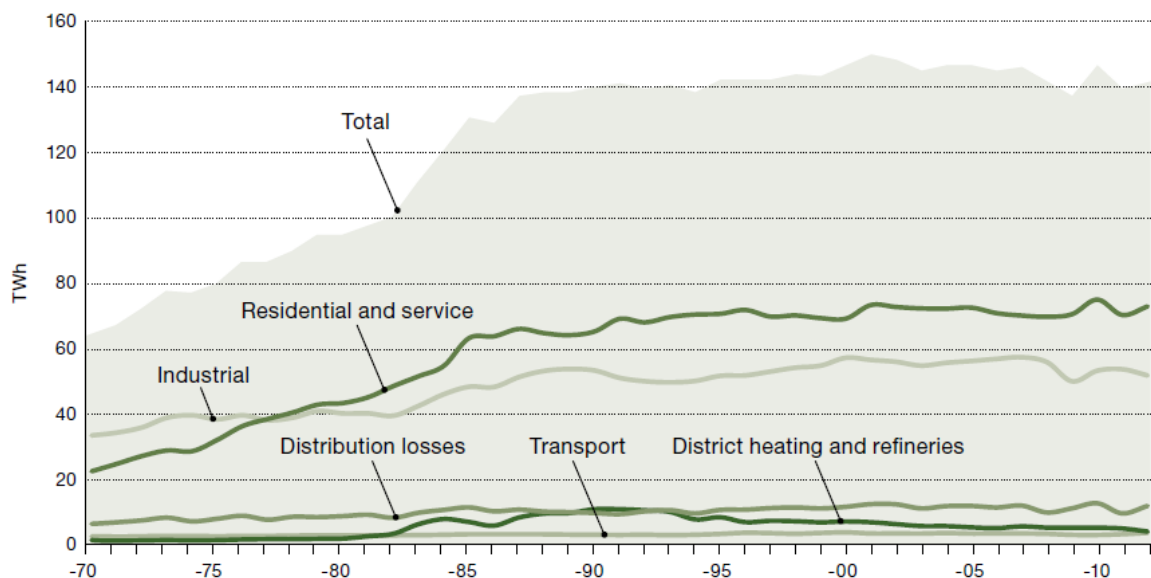


Figura 7: Uso de eletricidade na Suécia por setor de 1970 a 2012

Fonte: (SWEDISH ENERGY AGENCY, 2013)

Historicamente, a geração de energia na Suécia remete a 1909, quando foi fundada a companhia Vattenfall (queda d'água em sueco), devido à reestruturação do canal de

Trollhätan e a inauguração de uma usina hidrelétrica aí construída, sendo, portanto, um marco do envolvimento do governo sueco com este tipo de energia. A partir daí, até a década de 1970, tal companhia continuou a focar a construção de diversas usinas hidrelétricas. Harsprånget, por exemplo, construída em 1951, foi considerada a maior usina hidrelétrica até então (ROUILLARD, 2012).

Apenas em 1974, a Vattenfall construiu a sua primeira usina nuclear, Ringhals um e dois. Nos quinze anos seguintes, doze reatores nucleares foram construídos, sendo sete deles propriedade da Vattenfall. Em 1995, a empresa decide expandir as suas atividades para fora da Suécia, adquirindo *market share* na Polónia e na Alemanha. Em 2006, por exemplo, um projeto piloto de armazenagem e captura de carbono foi anunciado na Alemanha. No ano seguinte, em 2007, um grande parque *offshore* de energia eólica, Lillgrund, localizada no sul da Suécia, começou a gerar energia. Neste sentido, a companhia Vattenfall anunciou em 2008, em consonância com o governo sueco, a pretensão de ser neutro em emissões de carbono até 2050. Em setembro de 2010, foi inaugurada a maior instalação *offshore* de geração eólica, Thanet, situada no Reino Unido (ROUILLARD, 2012).

A razão pela qual a Suécia decidiu estabelecer usinas nucleares em 1970 foi principalmente a intenção de dissipar as incertezas quanto ao preço do petróleo e também devido à proliferação de armas nucleares neste período. Apesar do fato de que o desuso da fonte nuclear de energia previsto para 2010 foi votado pelo parlamento em 1980, esta ainda permanece como uma fonte importante de energia. Entretanto, a Suécia é o único país a possuir um imposto de discriminação fiscal sobre produção nuclear de energia, representando um terço do custo de produção da energia nuclear. Ao longo prazo, pretende-se abandonar progressivamente a energia nuclear em prol de outras fontes renováveis de energias (ROUILLARD, 2012).

Por consequência, a energia eólica está sendo produzida no país desde 1996, sendo esta considerada um dos melhores meios de combater emissões de gases do efeito estufa. Também pelo fato do território do país possuir grande potencial para a geração de energia eólica, o governo aumentou as metas desta fonte renovável. Em 2009, foi anunciado que a produção eólica deveria atingir 30 TWh em 2020 (ROUILLARD, 2012).

Em 2012, a produção de eletricidade foi composta por 48% de geração hidrelétrica, 38% de energia nuclear e 4% de energia eólica. Os 10% restantes foram provenientes de usinas baseadas em combustão, principalmente usinas de cogeração de energia. O total de energia elétrica produzida neste ano foi de 162 TWh. No início da década de 1970, 69% da

eletricidade era produzida por hidrelétricas e 20% por usinas termelétricas (SWEDISH ENERGY AGENCY, 2013).

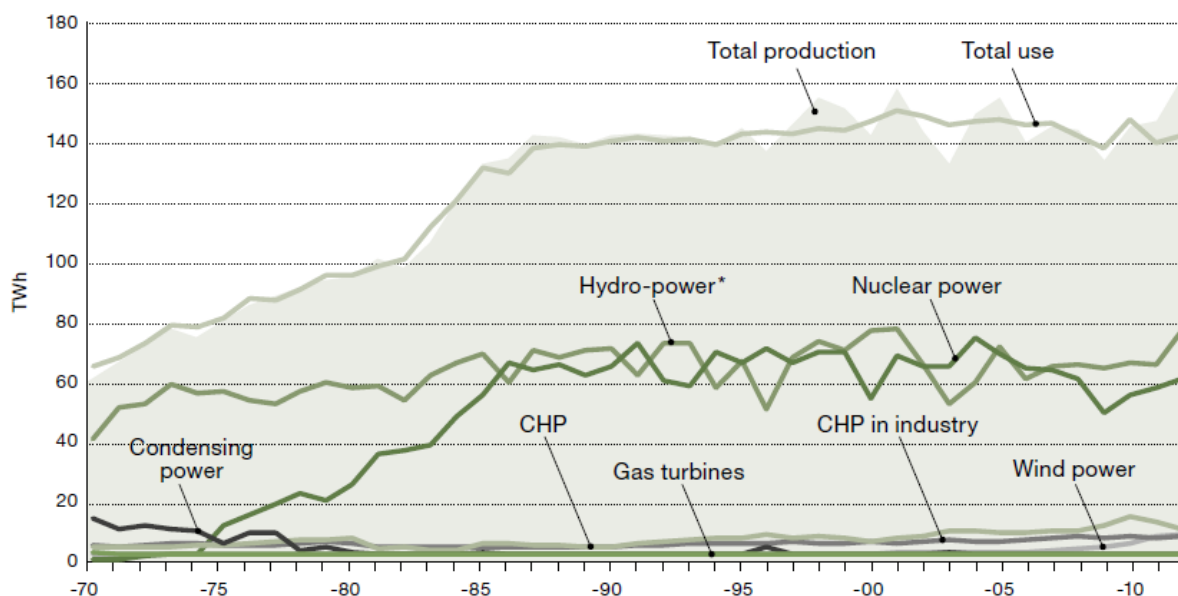


Figura 8: Produção de eletricidade por tipo e o uso total de eletricidade na Suécia de 1970 a 2012

Fonte: (SWEDISH ENERGY AGENCY, 2013)

Em 1996, o mercado de eletricidade foi desregulado, o que ocasionou uma redução da capacidade instalada de produção de eletricidade, pois algumas termelétricas deixaram de ser lucrativas. Posteriormente, em 2000, a capacidade instalada cresceu novamente, alcançando um novo patamar, devido principalmente à geração eólica. Entretanto, usinas de cogeração, a indústria, e o aumento da eficiência de usinas nucleares também contribuíram para este aumento. Em 2012, a capacidade instalada total era de 37353 MW, compondo-se de 43% de hidrelétricas, 25% usinas nucleares e 10% de energia eólica. Outras fontes de geração térmica somam 22% (SWEDISH ENERGY AGENCY, 2013).

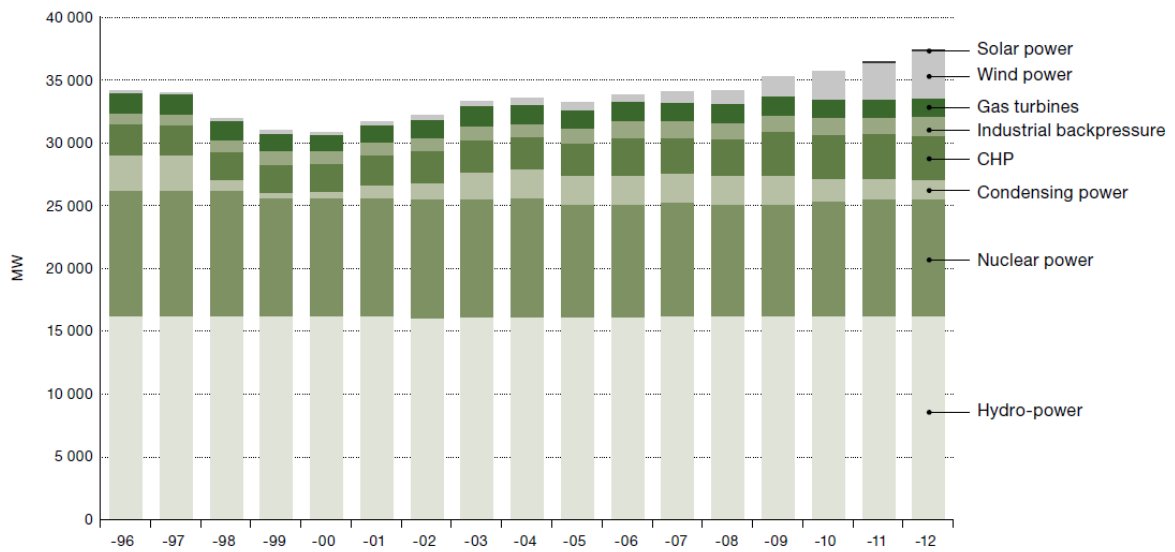


Figura 9: Capacidade instalada da produção de eletricidade na Suécia de 1996 a 2012 em MW

Fonte: (SWEDISH ENERGY AGENCY, 2013)

2.3 Comparação entre Brasil e Suécia

Conforme mencionado, ao compararem-se os dois países deve-se considerar que as características demográficas e geográficas são distintas, implicando em uma maior demanda de energia no caso do Brasil. Ainda assim, ambos possuem uma matriz de produção de energia elétrica baseada em fontes renováveis. Dito isto, é possível determinar que, embora Brasil e Suécia enfoquem o uso de energia hidrelétrica, esta possui uma maior importância no Brasil, sendo responsável por 70,6% da produção total em 2013. Em contrapartida, na Suécia, as hidrelétricas protagonizam a geração de energia conjuntamente com as usinas nucleares, totalizando 86% da produção total em 2012. No Brasil, a energia nuclear contabiliza apenas 2,4% da produção total.

Considerando-se a parte não renovável da matriz elétrica dos países destacam-se a cogeração, na Suécia, e as termelétricas, no Brasil. Apesar dessas duas fontes se basearem na queima de combustível, a cogeração é mais eficiente e gera uma emissão menor de gases. A cogeração está em fase de desenvolvimento no Brasil, mas sua participação ainda não é significativa (SZKLO et al., 2004). Enquanto o Brasil sempre teve sua geração de energia baseada em hidrelétricas, uma energia renovável, a Suécia teve a sua baseada no uso de óleo até a década de 70. No entanto, após as crises do petróleo houve uma mudança significativa na matriz sueca. A tendência de crescimento da participação de energia limpa está presente tanto no Brasil como na Suécia e pode ser observada pelo aumento da utilização de energia eólica nos dois países.

3 PANORAMA DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Apresenta-se, portanto, um panorama da geração de energia eólica em ambos os países, abordando-se primeiramente o histórico, as vantagens, e as desvantagens da energia eólica de modo geral. O histórico nacional, os dados de geração eólica, a capacidade instalada, a situação atual, o potencial e as perspectivas de expansão, a localização, as questões econômicas e socioambientais são então caracterizados para cada país. Por fim, compara-se Brasil e Suécia quanto ao assunto referido.

3.1 Histórico

A energia eólica em sua utilização contemporânea, para geração de eletricidade, é recente, entretanto, deve-se lembrar de que o vento como fonte de energia já é usado há tempos para mover barcos a vela, para bombear água ou moer grãos em moinhos de vento. Ao final do século XVIII, a revolução industrial na Inglaterra marcou o declínio do uso da força do vento, até para o transporte marítimo. Posteriormente, no fim do século XIX, a economia internacional é movimentada por carvão e petróleo (ROUILLARD, 2012).

No entanto, é durante esses anos que o primeiro moinho de vento a produzir eletricidade foi construído. Em 1887, James Blyth, um engenheiro escocês, desenvolveu um moinho de vento com velas feitas de pano para alimentar a iluminação de seu chalé. No mesmo ano, o estadunidense Charles Escova construiu um moinho de vento com maiores dimensões, no estado de Ohio, possuindo um diâmetro de 17 metros, capaz de produzir até 12 kW. Concomitantemente, durante a década 1890 na Dinamarca, Poul Lacour, um meteorologista, desenvolveu turbinas eólicas para fornecer energia a fazendas e vilas rurais (ROUILLARD, 2012).

Apesar disto, no decorrer do século XX, a energia eólica foi incapaz de competir com os combustíveis fósseis e a energia nuclear, que além de mais baratos, auxiliavam no desenvolvimento das redes elétricas. Presenciou-se um desenvolvimento significativo na utilização de tecnologia de geração eólica apenas em 1973, devido à crise do petróleo. Países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Suécia, Inglaterra e Dinamarca decidiram investir em turbinas eólicas. Mesmo assim, muitos dos programas de desenvolvimento colocados em prática não produziram resultados concretos, já que dificuldades técnicas e problemas de integração na rede elétrica tornavam as turbinas eólicas pouco rentáveis (ROUILLARD, 2012).

Consequentemente, alguns projetos foram progressivamente abandonados quando os preços do petróleo caíram novamente na década de 1980. Não obstante, nesta mesma década, a capacidade de geração das turbinas eólicas passou de 2,5 kW para 300 kW em poucos anos graças aos países que mantiveram as suas pesquisas na área. Tal evolução encadeou a redução do custo médio da energia eólica (ROUILLARD, 2012).



Figura 10: Evolução do preço médio de energia elétrica de geração eólica de 1980 a 2002 e projeção até 2020

Fonte: (ROUILLARD, 2012)

Atualmente, o país com o plano mais otimista é a Dinamarca, que pretende produzir 50% de sua eletricidade com energia eólica até 2030. Entretanto, a energia eólica é vista como demasiadamente instável para que se atinja esta meta, o que possivelmente tornaria o país dependente de importações de energia. O governo dinamarquês, conquanto, fornece diversos incentivos econômicos para apoiar este projeto, de modo a posicionar o país na vanguarda da energia eólica no mundo. Nos Estados Unidos, no estado da Califórnia, que possui forte papel em financiar fontes renováveis, empresas dinamarquesas dominaram o mercado de geração eólica, e as vendas decorrentes permitiram o aprimoramento da tecnologia (ROUILLARD, 2012).

Na década de 1990, o mercado de energia eólica continuou a crescer, principalmente porque as turbinas se tornaram mais confiáveis, eficientes e produtivas. Em 1991 e em 1995, a Alemanha e a Espanha respectivamente lançaram um programa similar ao dinamarquês. No século XXI, países optam pela energia eólica e outras fontes renováveis

também por preocupações ambientais e pelo receio de uma futura escassez de petróleo. Não somente, parques eólicos *offshore* se tornaram mais populares, pois, apesar dos custos de construção e manutenção mais elevados, estas turbinas produzem mais eletricidade devido a condições de vento mais favoráveis, pelo fato de se situarem ao mar (ROUILLARD, 2012).

A exemplo, em 2001, a Dinamarca inaugurou um parque eólico *offshore* de 20 turbinas com capacidade de 2 MW cada. Em termos de avanço tecnológico na eficiência, a Alemanha desenvolveu, em 2005, uma turbina capaz de produzir 5 MW de energia elétrica. Por consequência, o mercado de energia eólica atingiu uma capacidade instalada total de 239 GW em 2011, e continua crescendo (ROUILLARD, 2012).

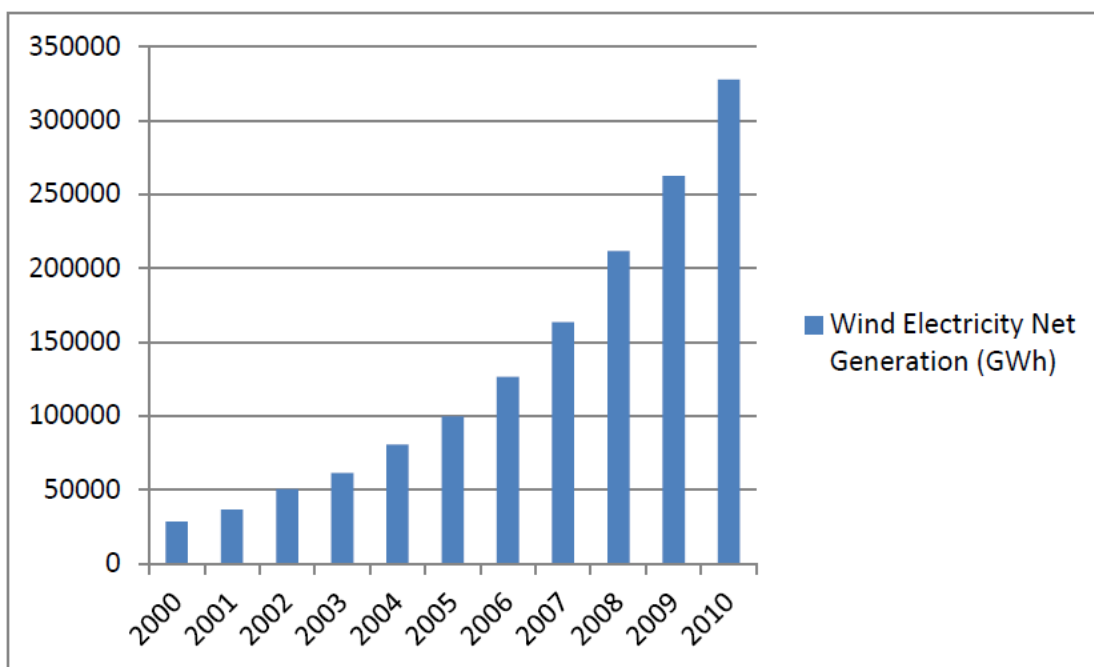


Figura 11: Geração de energia eólica agregada no mundo (GWh)

Fonte: (ROUILLARD, 2012)

Esta capacidade representa apenas 3% da demanda mundial de energia elétrica, o que oferece mais oportunidades de crescimento. É notável, em especial, que o desenvolvimento da energia eólica esteve atrelado principalmente ao preço do petróleo. O baixo preço do petróleo nos Estados Unidos poderia, por exemplo, explicar a sua defasagem em relação à Europa no que concerne o uso de energia eólica (ROUILLARD, 2012).

3.2 Vantagens e Desvantagens da Energia Eólica

Acredita-se que a energia eólica seja a energia do futuro, porém, como todas as outras formas de energia ela possui vantagens e desvantagens. Este tópico será destinado a apontar os principais pontos que são considerados vantagens e desvantagens atualmente. A primeira grande vantagem é que a energia eólica é renovável, e não gera emissão de gases após sua instalação. Além disto, o vento é um recurso inesgotável e independe da instalação ou não das usinas eólicas (ROUILLARD, 2012).

Em 2012 um estudo chinês concluiu que a energia eólica é a melhor energia renovável no quesito de minimizar as emissões de CO₂ por KWh de energia produzida, a qual nessas plantas é de 5.0 a 8.2 gCO₂/KWh durante o ciclo da planta, sendo a fase de implantação a mais intensa em emissões. No entanto, devido às divergências encontradas em estudos do gênero tais conclusões devem ser vistas com ressalvas (ROUILLARD, 2012).

Como segunda vantagem tem-se que a instalação de plantas eólicas não degrada o terreno, podendo este também ser utilizado para outros propósitos, como a agricultura, diferentemente do caso de hidrelétricas, que causam mudanças irreversíveis na natureza. No caso de plantas eólicas *offshore*, um estudo recente realizado na Holanda mostrou que estas não degradam a vida marinha da área em que são instaladas, e que podem, em alguns casos, auxiliar no desenvolvimento de biodiversidade (ROUILLARD, 2012).

Apesar das vantagens serem consideráveis, há algumas desvantagens na utilização desse tipo de energia. A principal desvantagem está relacionada a falta de constância dos ventos, o que faz com que a geração de energia seja intermitente. O fator de capacidade de usinas eólicas é geralmente de 20 a 30% da capacidade instalada. Além do baixo fator de conversão, a energia eólica não pode ser inicializada em períodos de pico de demanda. Por esses motivos é muito arriscado depender majoritariamente desta fonte energética, sendo recomendável possuir uma fonte de energia complementar. Por exemplo, simulações realizadas na Espanha obtiveram sucesso ao testar que plantas hidrelétricas poderiam suprir a inconstância na produção de energia eólica. Contudo, nem todos os países são privilegiados com as condições naturais necessárias para a obtenção de energia hidráulica (ROUILLARD, 2012).

Ressalta-se também que as usinas eólicas não produzem energia suficiente quando comparadas com hidrelétricas, plantas nucleares e termelétricas e que seria necessária uma quantidade de turbinas ilimitada para sustentar as necessidades de produção de energia. De fato, com a tecnologia atual, não se pode contar com a energia eólica para suprir a demanda

presente, e projetos de usinas como a de Markbygden na Suécia, com 500 Km², não são possíveis em todos os países, visto que poucos contam com toda essa área disponível. Contudo, o desenvolvimento da tecnologia promete tornar essa fonte mais eficiente, requerendo menos espaço e sendo possível a instalação de usinas em mais países (ROUILLARD, 2012).

Uma terceira desvantagem se refere ao alto custo da produção de energia eólica, que, quando comparada com termelétricas de carvão e gás natural é entre 33% e 34% mais cara. Por este motivo esse tipo de energia depende de um incentivo econômico significativo para o seu desenvolvimento. No entanto, os crescentes aumentos no preço de combustíveis fósseis tem diminuído a diferença de custo para a energia eólica. Também é importante mencionar que os projetos de energia eólica afetam negativamente o preço das propriedades ao redor. Em alguns casos, isto é sanado mediante uma compensação financeira que empresas pagam aos moradores para a instalação das usinas (ROUILLARD, 2012).

A quarta desvantagem percebida é o impacto visual nas paisagens. Em estudo recente foi constatado que esta última desvantagem pode prejudicar a meta dos projetos alemães, os quais pretendem que a energia eólica alcance 30% da produção total de energia até 2020 (ROUILLARD, 2012).

A quinta desvantagem é referente ao barulho produzido pela turbina. Estudos avaliaram que a uma distância de 300m a pressão do som gerado em usinas eólicas é de 45 dB, o que é considerado baixo em relação a outros tipos de usinas de energia ou indústrias. Apesar desse bom resultado deve-se ressaltar que parques eólicos tem localização diferenciada, sendo instalados em lugares de natureza e afastados das cidades, e desta forma é inevitável que haja distúrbio nestas localidades. Outro problema com as turbinas e consequentemente com as usinas é que elas podem ser armadilhas para pássaros. De fato, estudos realizados na Espanha mostraram que plantas eólicas são perigosas para pássaros. Contudo, quando comparadas a outras fontes de energia, a eólica é tão perigosa quanto ou até menos perigosa para pássaros. Além disto, padrões migratórios de pássaros são conhecidos e devem ser levados em consideração na decisão da região onde parques eólicos serão instalados (ROUILLARD, 2012).

Tabela 5: Resumo de vantagens e desvantagens

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Fonte Renovavel • Fonte inesgotável • Não gera emissão de gases estufa • Não degrada o terreno 	<ul style="list-style-type: none"> • Ventos não são constantes • Baixa efetividade na conversão de energia • Não são capazes de gerar altos níveis de energia • Necessitam de grandes áreas para serem implantadas • Alto custo • Desvalorização das propriedades nos arredores • Desconfiguração da paisagem • Perigo para os pássaros

Fonte: Elaboração própria

3.3 Brasil

A Agência Nacional de Energia Elétrica considera que o Brasil possui um grande potencial no campo da energia eólica. Isto porque é favorecido em termos de ventos, obtendo uma incidência de ventos duas vezes maior que a média mundial e uma volatilidade de apenas 5%, garantindo previsibilidade ao volume de energia a ser produzido (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2008).

Apesar deste potencial, por muito tempo o aproveitamento dos ventos não foi aproveitado, parte pelo país também dispor de potencial hidráulico e parte pela tecnologia associada ainda não ser suficientemente desenvolvida, acarretando grandes gastos e pouca eficiência. Contudo, recentemente tem-se presenciado um crescimento considerável no aproveitamento desta fonte, como pode-se notar na evolução da produção anual de energia eólica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2008).

Tabela 6: Geração energia eólica de 2004 a 2013

	GWh										
FLUXO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	FLOW
GERAÇÃO TOTAL ¹	61	93	237	663	1.183	1.238	2.177	2.705	5.050	6.576	TOTAL GENERATION ¹
CONSUMO TOTAL	61	93	237	663	1.183	1.238	2.177	2.705	5.050	6.576	TOTAL CONSUMPTION

¹ Para estimar dados não informados, foi considerado o fator de capacidade médio do parque eólico nacional de 32,0% / ¹ In order to estimate the data not reported, it was considered 32.0% as the average capacity factor of the national windfarms.

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2014a)

A utilização deste tipo de energia tem gerado grande interesse, pois possui entre suas vantagens a diminuição do investimento inicial para a implantação dos parques eólicos, devido principalmente à progressiva redução do preço dos equipamentos e a complementaridade energética, fruto da possibilidade de gerar energia em períodos de seca. Além disto, é uma fonte desassociada à emissão de gases de efeito estufa, o que contribui para a meta brasileira de redução de emissão destes gases (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2008).

Como pode ser visto na figura abaixo, houve uma evolução virtuosa da capacidade instalada no Brasil desde 2009, devendo-se parte desta evolução à crise ocorrida em 2008 que fez com que países europeus e os EUA reduzissem seus subsídios e investimentos nesta fonte, propiciando ao Brasil um maior acesso e com melhores preços a tecnologia utilizada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2015).

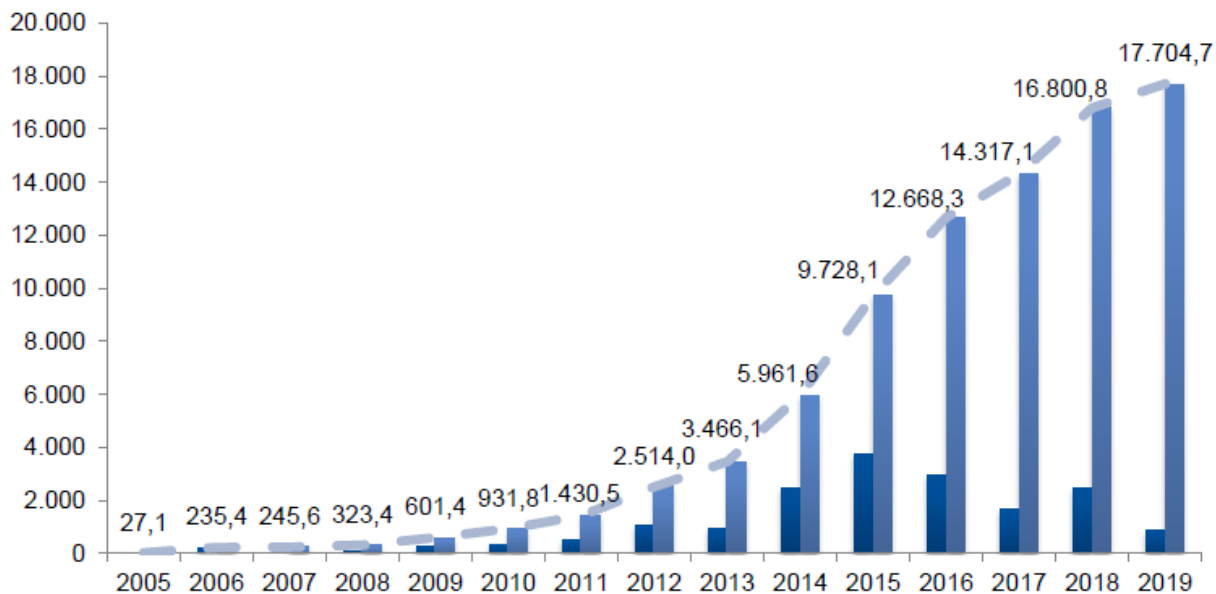


Figura 12: Evolução da Capacidade eólica instalada

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2015)

A composição de dados para a geração do gráfico apresentado é feita com base nas capacidades contratadas nos ambientes de contratação livre e regulado, ACL e ACR, respectivamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2015).

A redução com emissão de dióxido de carbono pela utilização de energia eólica aumenta a cada ano acompanhando a expansão na capacidade instalada da fonte. Os valores do último ano são mostrados na Figura 13, e se contabilizada, a redução dos meses de maio de 2014 a abril de 2015 correspondem à emissão anual equivalente de mais de 3,8 milhões de automóveis (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2015).

Emissões de CO2 Evitadas (Toneladas)

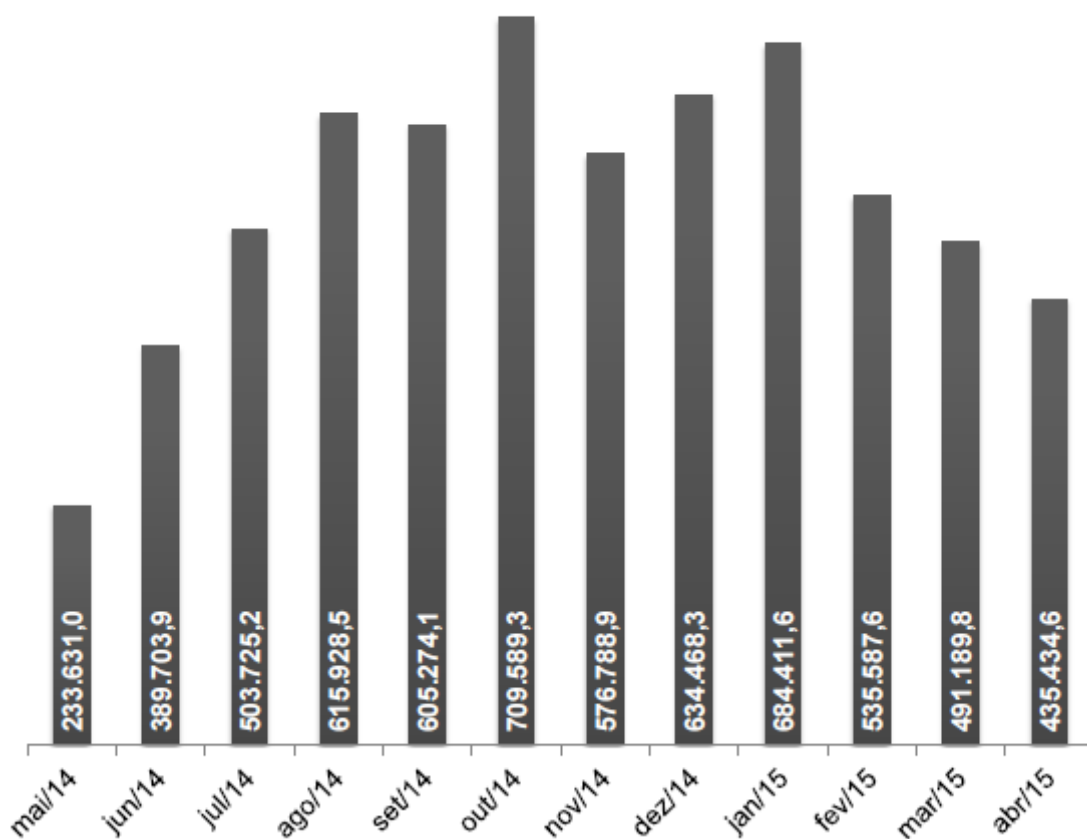


Figura 13: Emissões de CO2 evitadas em toneladas

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2015)

Contudo, também existem fatores socioambientais que se opõem à instalação dessas usinas, o maior deles é o impacto na paisagem. Considerando-se a localização em que tais usinas seriam implantadas pode-se compreender melhor o motivo de tais ressalvas (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2008).

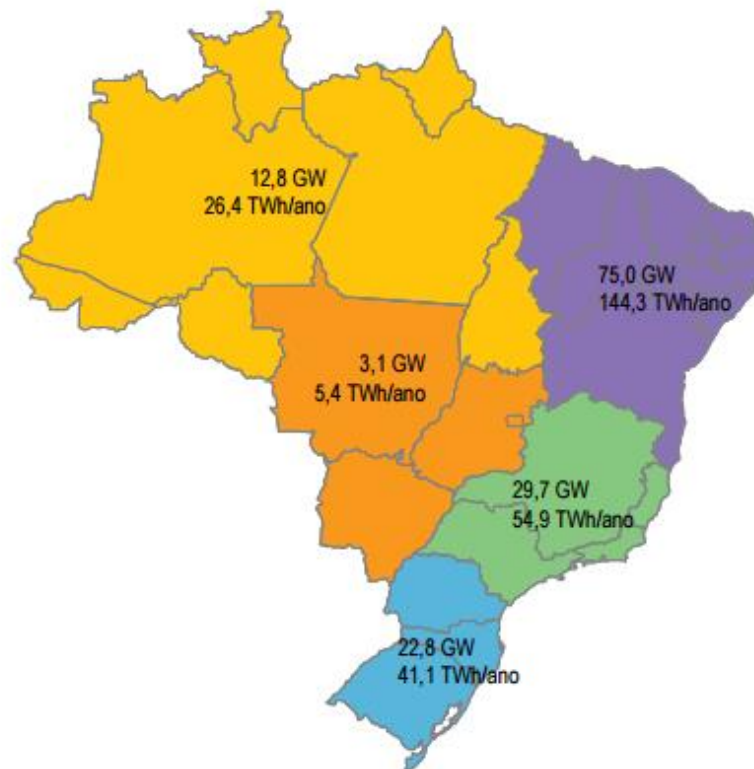


Figura 14: Potencial eólico brasileiro

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2008)

Como é possível notar, o nordeste é a região com o maior potencial para a construção de parques eólicos. A área de maior atratividade para possíveis projetos de energia eólica é o litoral, área também de grande interesse turístico, ou seja, na qual a instalação de turbinas prejudicaria o desenvolvimento econômico do turismo ao modificar a paisagem natural. Com isso, a deve-se refletir em como conciliar a preservação destes sítios especiais de paisagem natural com a implantação de projetos de energia (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2008). A capacidade instalada de energia eólica no Brasil ao final de 2014 foi de 6182 MW (THE WIND POWER, 2015).

3.4 Suécia

Em 1970, devido à crise do petróleo, a Suécia passou a considerar o uso de novas fontes de energia. Por consequência, em 1977, após pesquisas iniciais e prospecção de ventos, a empresa Saab-Scania situou um projeto piloto de 60 kW na costa de Uppland. Entretanto, as condições do vento no local eram menos favoráveis à geração de energia do que o esperado. Apesar disto, na década de 1980, as tragédias nucleares de Harrisburg e

Chernobyl assim como a crescente preocupação ambiental fortaleceu a ideia que deveria haver mais investimento no desenvolvimento da energia eólica (ROUILLARD, 2012).

Em 1982, portanto, a Vattenfall investiu em um projeto de energia eólica em Gotland, uma ilha sueca no mar Báltico, e a Sydkraft, outra empresa de energia, fez o mesmo em Skåne, a província mais ao sul da Suécia. Estas regiões foram escolhidas por estar ao longo da costa e possuírem ventos mais fortes e constantes. Entretanto, novamente, estes experimentos não provaram que a energia eólica poderia produzir eletricidade de modo eficiente. A real expansão da energia eólica na Suécia iniciou-se na década de 1990 e mais intensamente na década de 2000 (ROUILLARD, 2012).

Parcialmente pela falta de interesse político, a Suécia estava aquém de outros países europeus em termos de desenvolvimento da energia eólica no início da década de 2000. Entretanto, ela possui grande potencial de geração eólica, por causa do tamanho de seu território, comparativamente grande na Europa, da sua baixa densidade populacional e da natureza de seus recursos eólicos, principalmente no litoral (ROUILLARD, 2012).

Em 2003, o governo sueco criou um programa de certificados de energia verde transacionáveis. Este sistema fornece incentivos econômicos a produtores de fontes de energia renováveis, os quais recebem o financiamento por megawatt-horas produzidos. Não somente, a elevação do preço da eletricidade, o desenvolvimento tecnológico e as discussões em torno das mudanças climáticas tornaram a energia eólica ainda mais atrativa na Suécia (ROUILLARD, 2012).

Estes incentivos, portanto, levaram ao aumento estável da capacidade instalada entre 2003 e 2008, de 304 MW a 1021 MW (ROUILLARD, 2012). Após isto, múltiplos projetos mais que triplicaram a produção de eletricidade proveniente de geração eólica e alcançou-se uma capacidade instalada de 5425 MW em 2014 (SVENSK VINDENERGIS, 2015). Deve-se ressaltar que embora a Suécia ainda esteja atrás de países como Alemanha, Espanha e Dinamarca, o país é líder na área de parques eólicos *offshore* (ROUILLARD, 2012).

Em 2007, o projeto Lillgrund, encomendado pela Vattenfall, era o terceiro maior parque eólico do mundo, consistindo de 48 turbinas com uma capacidade total de 110 MW localizadas a 10 km do litoral da região de Skåne. A Suécia pretende cumprir o seu engajamento com a União Europeia ao suprir 49% de seu consumo de energia com fontes renováveis em 2020. Para atingir esta meta, há a intenção de se considerar a Espanha como exemplo e produzir, em 2020, 30 TWh. Isto significa, portanto, que a geração eólica então alcançaria 7% do total de eletricidade produzida (ROUILLARD, 2012).

Um dos projetos que tem em vista cumprir este objetivo é o parque eólico de Markbygden, que, construído em uma área de 459 km² no norte da Suécia, totalizaria 1101 turbinas e uma capacidade instalada de 4 GW. Tal projeto seria então o maior parque eólico da Europa. É importante observar, entretanto, que a maioria dos grandes projetos eólicos na Suécia é construída no norte do país, muito embora haja um problema de gargalo na rede de transmissão elétrica e uma escassez de capacidade geradora no sul. Ademais, seria excessivamente dispendioso modificar a rede elétrica do norte ao sul do país, onde a energia é necessária. Já que o norte possui baixa densidade demográfica, se torna mais fácil e aceitável a construção de parques eólicos nesta região. Logo, pode-se verificar uma rejeição pública quanto às mudanças na paisagem provocadas pela instalação de turbinas eólicas (ROUILLARD, 2012).

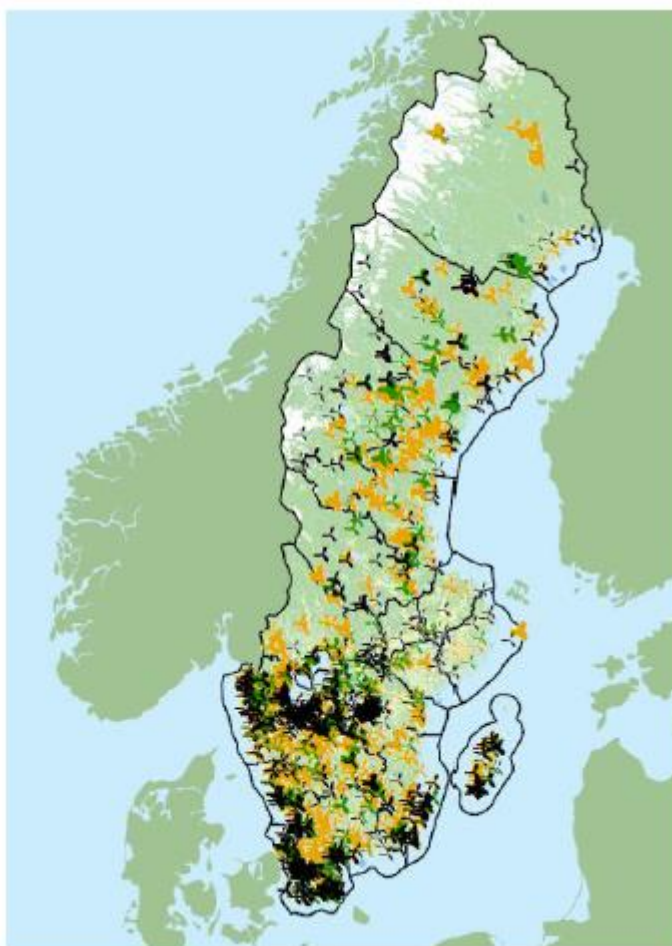


Figura 15: Distribuição geográfica dos parques eólicos construídos (cinza), em construção (verde), previstos (amarelo)

Fonte: (SVENSK VINDENERGIS, 2015)

Ao final de 2014, portanto, a Suécia possuía 3048 turbinas com capacidade instalada de 5425 MW, produzindo anualmente 11,5 TWh. A previsão para o final de 2015 é um total de 3270 turbinas eólicas com capacidade instalada de 6049 MW, produzindo 15,1 TWh.

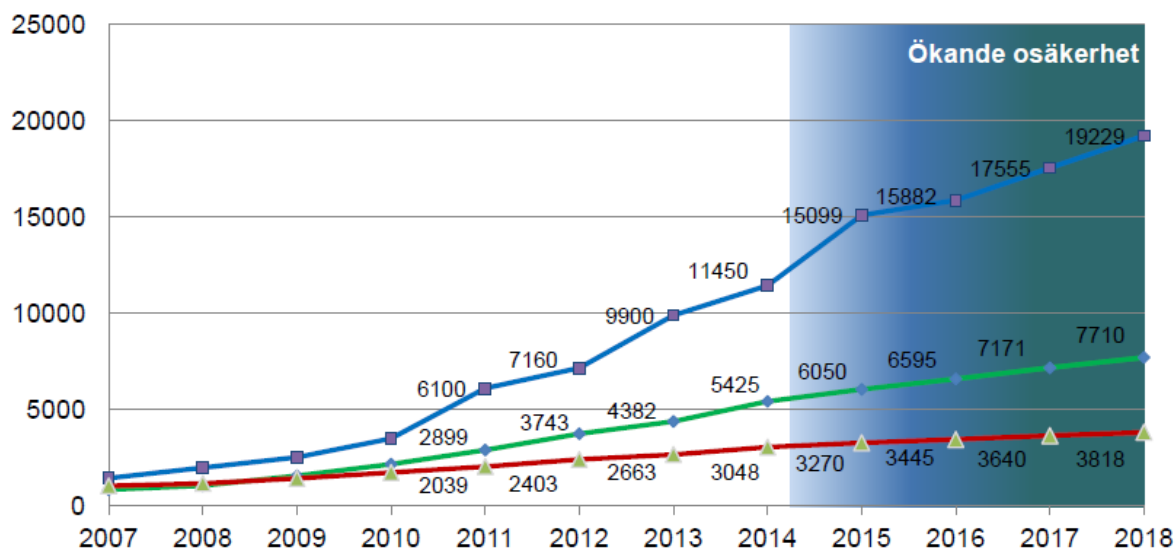


Figura 16: Histórico e prognóstico da produção anual em GWh (azul), capacidade instalada em MW (verde), e número de turbinas (vermelho)

Fonte: (SVENSK VINDENERGIS, 2015)

3.5 Comparação entre Brasil e Suécia

A Suécia demonstra, desde a década de 70, preocupação com a preservação do ambiente, levando à implantação de políticas de desenvolvimento sustentável. O estabelecimento de parques de preservação e a diminuição na utilização de combustíveis fósseis são algumas delas. Tendo em vista a preocupação ambiental do país e a tentativa de diversificar a matriz elétrica, testes com turbinas eólicas e a consequente implantação desta fonte de energia começaram na Suécia antes que no Brasil. Apesar de, atualmente, a capacidade instalada nos dois países ser similar, sendo de 6182 MW no Brasil e 5425 MW na Suécia, ao considerar-se o tamanho e a respectiva demanda de eletricidade dos países em questão pode-se perceber que a energia eólica é uma fonte de energia de uso mais significativo na Suécia.

Como já mencionado, os dois países em si possuem características geográficas muito diferentes, sendo que, deste modo, as estruturas geradas para o aproveitamento das capacidades eólicas também se diferem. Enquanto no Brasil foram aproveitadas grandes faixas de terra, na Suécia foi aproveitado, além de áreas continentais e litorais, o espaço

marítimo, por meio de construção de parques eólicos *offshore*, os quais possuem maior capacidade de produção devido a sua localização marítima.

4 INCENTIVOS E PLANEJAMENTO PARA A ENERGIA EÓLICA

Este capítulo tem por objetivo descrever as estratégias de Brasil e Suécia visando o desenvolvimento da energia eólica, e assim comparar o planejamento de ambos. Devido às discussões sobre a sustentabilidade da matriz energética mundial, são utilizadas, em todo o mundo, políticas de incentivos para fomentar o desenvolvimento de fontes alternativas de energia, diferenciando-se de país para país. De modo geral, essas políticas podem se basear no preço da energia ou na quantidade de energia gerada.

O sistema *feed-in*, baseado no preço, é utilizado em particular por Alemanha, Dinamarca e Espanha, e constitui o principal sistema de incentivo para fontes alternativas de energia de geração renovável até 2005. Em sua maioria, este conceito refere-se à questão regulatória do mínimo preço da energia elétrica garantida que as concessionárias de energia são obrigadas a pagar ao produtor independente, ao conectar seus projetos na rede elétrica. Ocasionalmente, o conceito também é usado como o valor total do montante recebido por um produtor independente de geração renovável incluindo subsídios de produção e/ou taxas de reembolso. Em casos excepcionais, refere-se somente ao prêmio pago adicionalmente ao preço da energia elétrica de mercado (DUTRA, 2007).

O sistema de leilão, baseado na quantidade, é utilizado por Reino Unido, Irlanda e França até 2000. Este sistema consiste na fixação de um montante de fontes alternativas de energia a serem instaladas no sistema em longo prazo e, após várias rodadas, são escolhidos os projetos com os menores custos. No caso de um processo mais competitivo, a exemplo do sistema de leilão, o regulador define as reservas de mercado para um montante de fontes alternativas de energia e organiza o processo de competição entre os produtores para fornecimento do montante previamente reservado. As concessionárias de energia elétrica ficam então obrigadas a pagar aos produtores participantes do leilão o montante de energia gerada pela tarifa definida no leilão (DUTRA, 2007).

O sistema de cotas com certificados verdes, por sua vez, consiste na determinação de que uma cota de geração de energia elétrica vendida deve ser gerada a partir de fontes alternativas. Essa obrigação pode ser imposta sobre o consumo, i.e., as distribuidoras, ou sobre a produção, os geradores (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos 2012). Os certificados verdes adquiridos com esse tipo de geração podem ser comercializados no mercado, promovendo receita adicional às vendas de energia. Esse sistema é utilizado em países da Europa como Áustria, Dinamarca, Suécia, Bélgica e também em estados dos Estados-Unidos (DUTRA, 2007).

Além dos mecanismos já apresentados, existem diferentes mecanismos que também possibilitam o desenvolvimento de fontes alternativas de energia. Os incentivos apresentados a seguir baseiam-se em duas diretrizes básicas, aquelas que são aplicadas diretamente ao investimento inicial do projeto através de linhas de créditos especiais e aquelas que se estendem ao longo da vida útil do projeto através de incentivos fiscais. Estes incentivos são frequentemente utilizados pelos principais mercados de fontes alternativas de energia que, de acordo com suas metas e disponibilidade de recursos, configuram seus subsídios em diferentes níveis de atuação. Dentre desses modelos de incentivo estão o subsídio ao investidor, as medidas fiscais, a internalização de custos socioambientais, e o mecanismo de incentivo à inovação (DUTRA, 2007).

4.1 Planejamento no Brasil

O grande interesse do Brasil em desenvolver fontes alternativas de energia se deu nos anos 90, principalmente devido a ECO 92. A partir de então, projetos começaram a ser desenvolvidos. Após várias tentativas governamentais, o Programa de Incentivos a Fontes Alternativas de Energia (PROINFA) foi criado pela Lei 10.438 de 15 de abril de 2002, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e gerenciado pela Eletrobrás. O programa, que foi desenvolvido para ser implantado em duas fases, garantia uma contratação de 3300 MW em projetos de biomassa, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e energia eólica em sua primeira fase. A energia eólica, que possuía então uma potência instalada de 28 MW, ganhou um grande impulso com a previsão de contratação de 1422 MW inicialmente prevista para até o final de 2006, estendida até final de 2008 e posteriormente estendida para o final de 2010 (DUTRA, 2007).

Em sua segunda fase, o PROINFA estipula regras para que a participação destas fontes renováveis de energia forneça 10% de toda a demanda de energia elétrica no Brasil em um prazo de até vinte anos da data que entrou em vigor. Os projetos participantes do PROINFA possuem um contrato que garante o pagamento da energia gerada em um prazo de 20 anos. Esta tarifa é definida por um valor econômico específico para cada fonte, tendo como piso 90% da Tarifa Média Nacional de Fornecimento ao consumidor final nos últimos doze meses e o respectivo consumo. O valor econômico correspondente à tecnologia específica da fonte, sendo referente ao valor da venda da energia elétrica para a Eletrobrás. Este valor viabiliza econômica e financeiramente um projeto-padrão que utiliza essa fonte em um período de vinte anos com determinados níveis de eficiência e atratividade, conforme

as premissas indicadas no art. 3º do decreto n 5.025, de 30 de março de 2014 (DUTRA, 2007).

Além do incentivo a fontes renováveis de energia, a regulamentação do PROINFA incorpora um mecanismo para o uso de equipamentos nacionalizados, gerando também empregos e diversificando a matriz energética brasileira. Com a implantação do novo modelo do setor elétrico, toda a expectativa de continuidade da segunda fase do programa passa por uma revisão. Sendo a modicidade tarifária um dos seus pilares, o novo modelo restringe a participação das novas fontes renováveis de energia, de modo a postergar o cumprimento das metas estipuladas. A continuidade do PROINFA em sua segunda fase deverá ser feita através de leilões entre as três fontes participantes do programa (DUTRA, 2007).

O PROINFA, em sua primeira fase, consolida a opção institucional brasileira de suporte ao desenvolvimento das energias renováveis através de um sistema híbrido que engloba o sistema de tarifa *feed-in* de remuneração, uma vez que define um preço para a energia elétrica produzida através de fontes renováveis, e o sistema de cotas, que estabelece inicialmente uma potência inicial a ser contratada (DUTRA, 2007).

Dos agentes participantes do PROINFA, a ELETROBRÁS ficou responsável pela contratação dos projetos selecionados pelo programa no prazo de 20 anos e também pela administração da conta PROINFA, regulamentada e fiscalizada pela ANEEL, a qual inclui os custos da energia gerada, os custos administrativos e financeiros, e os encargos tributários incorridos. Todos estes custos são rateados entre todas as classes de consumidores finais atendidos pelo Sistema Elétrico Interligado Nacional, proporcionalmente ao consumo verificado (DUTRA, 2007).

A segunda fase do programa estabelece uma meta onde as fontes de energia alternativa participante do PROINFA deverão fornecer 10% do consumo de eletricidade do Brasil em 20 anos. Considerando o prazo de início de funcionamento desses empreendimentos como 30 de dezembro de 2010, de acordo com a Lei n 11.943, de 28 de maio de 2009, esta meta seria alcançada até 2030. Mais uma vez os contratos de longo prazo seriam assegurados por 15 anos entre a ELETROBRÁS e os produtores independentes de energia. Entretanto, durante a segunda fase, o preço pago pela energia oriunda das fontes participantes do programa teria como base o custo médio ponderado de geração de novos aproveitamentos hidráulicos com potência superior a 30.000 kW e centrais térmicas a gás natural além de um crédito complementar proveniente do fundo denominado Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). Este crédito será calculado pela

diferença entre o valor econômico de cada fonte e o valor pago pela ELETROBRÁS. O valor econômico será calculado para cada fonte, tendo como piso 80% da tarifa média nacional de fornecimento ao consumidor final (DUTRA, 2007).

O programa também inclui um novo agente no setor, o Produtor Independente Autônomo (PIA). Segunda sua definição, este novo agente deve ser aquele cuja sociedade não é controlada ou coligada de concessionária de geração, transmissão ou distribuição de energia elétrica, nem de seus controladores ou de outra sociedade controlada ou coligada com o controlador comum. Todos os demais agentes que não se enquadram na classificação PIA apresentam uma fatia reduzida de participação no programa, restringindo, por exemplo, a participação de concessionárias de energia elétrica (DUTRA, 2007).

Sobre o critério de contratação das instalações dos projetos participantes, o programa, em sua primeira fase, estabeleceu como critério a disponibilidade da Licença Ambiental de Instalação (LI) e posteriormente a Licença Prévia Ambiental (LP). Na possibilidade de existência de projetos com LI e LP em um número superior a disponibilidade de contratação, o critério utilizado para desempate apontou para a contratação dos projetos que apresentassem as licenças com os menores prazos de validades remanescentes, ou seja, as mais antigas (DUTRA, 2007).

Os critérios de regionalização, previstos na Lei nº 10.762 de 2003, estabeleceram um limite de contratação por estado de 20% da potência total destinada às fontes eólica e de biomassa e 15% para PCH's, o que possibilitava a todos os estados possuidores de projetos aprovados e licenciados a oportunidade de participarem do programa. A limitação, no entanto, era preliminar, já que, caso não viesse a ser contratada a totalidade dos 1.100 MW destinados a cada tecnologia, o potencial não contratado seria, distribuído entre os estados que possuíam as licenças ambientais mais antigas, o que de fato veio a ocorrer (DUTRA, 2007).

Com o objetivo de desenvolver o parque industrial no Brasil, o programa fixou índices de nacionalização dos equipamentos a serem utilizados nos projetos. Na primeira fase do programa, o índice de nacionalização foi estipulado em no mínimo 60% em valor. Com a previsão de um volume muito maior de projetos ao longo prazo para a segunda fase do programa, o índice de nacionalização dos equipamentos utilizados cresce para 90% nas três tecnologias participantes (DUTRA, 2007).

As perspectivas de participação do PROINFA na matriz energética apontava para a geração de 72,6 TWh até 2014, o que significaria um crescimento da oferta de energia em fontes renováveis em aproximadamente 300%. A diversificação do parque gerador de

energia elétrica no Brasil por fontes renováveis promove a redução dos ricos hidrológicos associados com a geração de energia. O PROINFA, em toda a sua trajetória, desde sua criação até a publicação dos valores econômicos de compra de energia para cada fonte, atraiu não só investidores nacionais, mas também investidores estrangeiros, que mostram um grande interesse na abertura de um importante mercado de fontes renováveis (DUTRA, 2007).

De uma forma geral, a grande expectativa estava na publicação dos valores a serem pagos pela energia gerada e também pelos critérios de seleção dos projetos. Em sua primeira fase, o PROINFA apresentou características de dois mecanismos de incentivos: estipulou uma tarifa *feed-in* de compra de energia para projetos com contratos em vinte anos e também estabeleceu uma cota inicial de projetos, a exemplo do sistema de cotas. Além do mecanismo de *feed-in*, o PROINFA também apresenta um mecanismo de subsídios para investimentos ao disponibilizar linhas especiais do financiamento para projetos selecionados. O BNDES criou um programa de apoio a investimento em fontes renováveis de energia elétrica. A linha de crédito prevê financiamento de até 70% do investimento, excluindo apenas bens e serviços importados e a aquisição de terrenos. A tabela 7 mostra os valores das tarifas de energia para empreendimentos eólicos publicados através da Portaria MME nº 45 de 2004. Os valores publicados geraram várias críticas principalmente sobre a viabilidade econômica dos empreendimentos eólicos. A grande expectativa pela implantação da primeira fase do PROINFA gerou grandes debates e críticas através da mídia e também em fóruns nacionais sobre fontes alternativas de energia. Contudo, desde a publicação da chamada pública para apresentação de projetos, as previsões de falta de projetos não se realizaram (DUTRA, 2007).

A apresentação de, aproximadamente, o triplo da oferta, 1100 MW, mostrou o forte interesse do mercado, confirmando assim, a viabilidade econômica dos valores apresentados. Contudo, deve-se ressaltar que o sistema de incentivos *feed-in* é passível de críticas quanto aos valores de tarifa nele determinados. Neste sentido, mais importante do que o valor apresentado é a transparência do processo de determinação desse valor (DUTRA, 2007).

Tabela 7: Valores econômicos do PROINFA primeira fase com base em Setembro de 2005

Central Eólica de Geração de Energia Elétrica	Valor Econômico da Tecnologia Específica da Fonte (em R\$/MWh)
Fator de Capacidade de Referência menor ou igual ao Fator de Capacidade de Referência mínimo (FCR _{min} = 0.324041)	227,84
Fator de Capacidade de Referência maior ou igual ao Fator de Capacidade de Referência máximo (FCR _{max} = 0.419347)	200,89
Fator de Capacidade de Referência maior que o Fator de Capacidade de Referência mínimo e menor que o máximo	$VE = 227,84 - [(26,95 / (FCR_{max} - FCR_{min})) \times (FCR - FCR_{min})]$

Cotação Setembro/2005: US\$ = 0.45*R\$ - VE – Valor Econômico
 FCR – Fator de Capacidade de Referência
 FCR_{min} – Fator de Capacidade de Referência mínimo
 FCR_{max} – Fator de Capacidade de Referência máximo

Fonte: (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2004)

Mesmo sendo uma ferramenta muito utilizada para o crescimento rápido de projetos em fontes renováveis, o sistema *feed-in*, é criticado por ser caro, ineficiente e incapaz de gerar, por si próprio, um mercado mais competitivo entre as fontes renováveis. De fato, o mecanismo de tarifa *feed-in* deve ser discutido nas suas diversas configurações, frente à necessidade de adoção de estratégias mais competitivas no mercado de eletricidade. De certo modo, os valores econômicos apresentados juntamente com a restrição do índice de nacionalidade dos equipamentos eólicos procurou reduzir os impactos gerais da tarifa, ao trazer benefícios diretos e indiretos para a sociedade, tanto no fortalecimento da indústria nacional para fornecimento de equipamentos e serviços quanto na geração de empregos (DUTRA, 2007).

O mecanismo de tarifa *feed-in* não é o único capaz de promover fontes alternativas no mercado de energia elétrica. Apesar dos benefícios previstos no Programa, como o índice de nacionalização dos equipamentos, fortalecer a indústria nacional e a gerar empregos diretos e indiretos, a continuidade do sistema *feed-in* não pode ser justificada no longo prazo. Na primeira chamada pública, realizada em 2004, foram contratados projetos que totalizavam as potências mostradas nas tabelas a seguir, divididas por fonte e por região respectivamente (DUTRA, 2007).

Tabela 8: Potência contratada por fonte no primeiro momento do PROINFA

Fonte	Expectativa	Contratação Final
Biomassa	1100 MW	685 MW
PCH	1100 MW	1191 MW
Eólica	1100 MW	1422 MW
Total	3300 MW	3299 MW

Fonte: (DUTRA, 2007)

Tabela 9: Potência contratada por região no primeiro momento do PROINFA

	Fontes Renováveis Participantes do PROINFA					
	Biomassa		PCH		Eólica	
Região Brasileira	Potência (MW)	Energia (GWh/a)	Potência (MW)	Energia (GWh/a)	Potência (MW)	Energia (GWh/a)
Norte	-	-	102	571	-	-
Nordeste	119	383	41	203	805	2.190
Sudeste/Centro Oeste	460	1.448	784	4.390	163	332
Sul	105	442	263	1.376	454	1.196
Total	684	2.273	1.190	2.589	1.422	1.747

Fonte: (DUTRA, 2007)

Hoje, os 119 empreendimentos do PROINFA têm capacidade instalada de 2.649,87 MW, compreendendo 963,99 MW em usinas eólicas, 1.152,54 MW em PCH's e 533,34 MW em plantas de biomassa. A energia elétrica gerada anualmente por essas usinas é suficiente para abastecer o equivalente a cerca de 4,5 milhões de brasileiros ou três cidades do porte de Recife (DUTRA, 2007).

A participação significativa de projetos eólicos na Região Nordeste fortifica a possibilidade de redução dos riscos hidrológicos da Bacia do Rio São Francisco através da complementaridade entre fontes hídricas e eólicas. Estudos mostram a complementaridade sazonal entre o regime de ventos ao longo da costa nordestina e a vazão do Rio São Francisco, pertencente a principal bacia hidrográfica da Região Nordeste. A figura XX demonstra os resultados dos estudos na simulação de geração mensal de um parque eólico de 3 GW instalado ao longo da costa do Nordeste, em especial a costa do estado do Ceará, e a série histórica da vazão do mais importante reservatório para geração de energia elétrica no nordeste, o reservatório de Sobradinho (DUTRA, 2007).

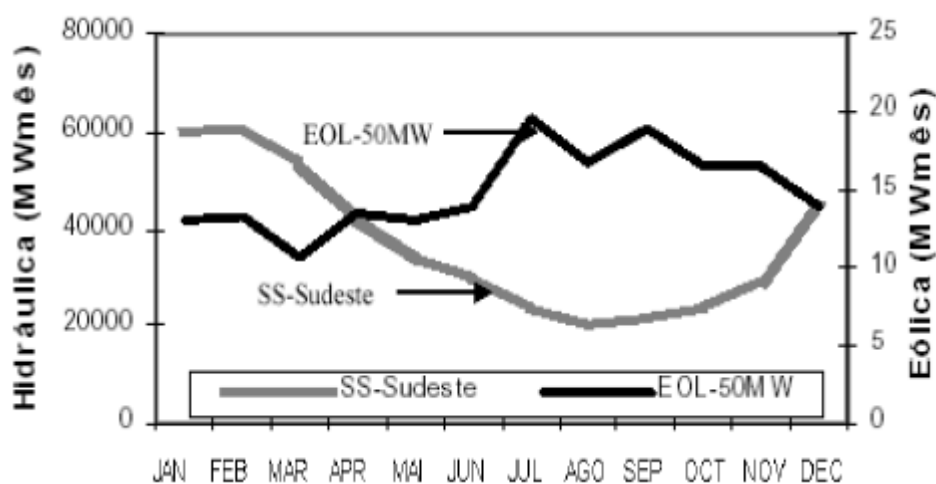


Figura 17: Comparação entre produção hidrúlica e eólica

Fonte: (DUTRA, 2007)

A implantação do PROINFA contribuiu para a diversificação da matriz energética nacional, além de ter fomentado a geração de cerca de 150 mil empregos diretos e indiretos em todo o país, proporcionando grande avanço industrial e internalização de tecnologia de ponta. Além disso, estima-se que o programa possibilita a redução de emissões de gases de efeito estufa equivalentes a aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de CO₂eq/ano (DUTRA, 2007).

É importante perceber que as políticas brasileiras para o desenvolvimento do mercado eólico devem ser vistas em duas etapas. A fase do PROINFA, como foi descrito anteriormente, e a dos leilões de energia. Como a segunda fase do PROINFA não chegou a ser regulamentada, os leilões de compra e venda de energia se tornaram o agente principal no desenvolvimento de energias alternativas no Brasil (CAMILLO, 2013).

Dessa forma, no Brasil, a contratação de energia elétrica para cobertura do consumo no ambiente regulado e para a formação de lastro de reserva passa a ser feita por meio de leilões públicos específicos, conforme a Lei n 10.848/2004. Tal lei também define que a contratação pode ser efetuada de acordo por duas modalidades, quantidade ou disponibilidade. No caso de contratos por quantidade os agentes vendedores se comprometem a fornecer uma determinada quantidade de energia elétrica e assumem o risco de fatores que poderão ser afetados ao diminuir o fornecimento. Podendo haver, em caso de falta de fornecimento, a necessidade de comprar energia no mercado para cumprir seus compromissos. Por outro lado, em contratos por disponibilidade, a unidade geradora se compromete a disponibilizar uma capacidade determinada. Neste caso, a receita da geradora é garantida e os riscos são assumidos pelas distribuidoras (SALINO, 2011).

A fonte eólica começou sua participação nos leilões em 2007. Porém como ainda não era competitiva, não obteve êxito no critério utilizado que era o de menos tarifa. Apenas em 2009, por meio do 2º Leilão de Energia de Reserva (LER), o qual comercializou exclusivamente energia eólica, que esta fonte de energia firmou seus primeiros contratos em leilão (LAGE & PROCESSI, 2013). Leilões realizados em 2009 e 2010 contrataram um total de 141 empreendimentos de fonte eólica com preço médio de MW/h variando entre R\$122,69 e R\$148,34. Considerando-se tais projetos, e aqueles contratados pelo PROINFA, é possível perceber diferenças em questões financeiras e de capacidade. Os projetos contratados por leilões apresentam custos significativamente menores, chegando até 56,01% de diferença, comparado àqueles dos PROINFA, assim como possuem um fator de capacidade elevado, entre 10 e 20% a mais, quando comparados àqueles. Os avanços nas tecnologias reduziram os custos e aumentaram a eficiência dos empreendimentos, contudo a grande discrepância também demonstra que a estrutura dos leilões, por ser mais competitiva, estimula uma eficiência maior dos empreendimentos (SALINO, 2011).

Entre 2009 e 2011 foram realizados novos leilões, Leilões de Fonte Alternativa (LFA) e LER, exclusivos para fontes alternativas (eólica, biomassa e PCH). No entanto, desde 2011, a competitividade da fonte eólica aumentou e ela passou a participar também dos Leilões de Energia Nova, concorrendo com energias tradicionalmente mais baratas, como a térmica e hídrica (CAMILLO, 2013). A evolução dos preços de leilão pode ser vista na Tabela 10.

Tabela 10: Participação da fonte eólica nos leilões de energia elétrica 2009-2012

	Fonte	Projetos contratados	Potência instalada (MW)	Preço médio final (R\$/MWh)
2º. LER (2009)	Eólica	71	1.805,7	148,39
3º. LER + 2º. LFA (2010)	Eólica	70	2.047,8	130,86
	Biomassa	12	712,9	144,20
	PCH	7	131,5	141,93
4º. LER (2011)	Eólica	34	861,1	99,54
	Biomassa	7	357	100,40
A-3 (2011)	Eólica	44	1.067,7	99,58
	Biomassa	4	197,8	102,41
	Hídrica	1	450	102
	Gás Natural	2	1.029,1	103,26
A-5 (2011)	Eólica	39	976,5	105,12
	Biomassa	2	100	103,06
	Hídrica	São Roque	135	91,20
A-5 (2012)	Eólica	10	574,3	87,94
	Hídrica	2	292,4	91,25

Fonte: (CAMILLO, 2013)

Pode se ter uma visão geral dos contratos firmados tanto pelo PROINFA quanto pelos leilões, nos últimos anos, na Tabela 11.

Tabela 11: Contratação de capacidade de energia eólica

Leilão	PROINFA	LER 2009	LER 2010	LFA 2010	LER 2011	A-3 2011	A-5 2011	A-5 2012	LER 2013	A-3 2013
Potência (MW)	1.303,7	1.904,8	545,2	1.522,1	861,5	1.055,1	997,9	249,6	1.494,5	853,1
Nº de Parques	53	71	20	50	34	44	40	9	66	39

Leilão	A-5 Dez/2013	A-3 2014	LER 2014	A-5 Nov/2014	LFA 2015	ACL	P&D
Potência (MW)	2.337,8	551,0	763,1	926,0	90,0	2.247,3	2,1
Nº de Parques	97	21	31	36	3	107	1

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2015)

4.2 Planejamento na Suécia

As políticas de longo prazo em favor da produção e da utilização de fontes de energia renovável são conhecidas e descritas como pioneiras. Este termo é proveniente do fato de que muitas destas políticas eram novidades na época em que foram introduzidas. Entre elas encontram-se a intensa utilização de subsídios para projetos de desenvolvimento na área de

bioenergia no final da década de 1970, o primeiro imposto sobre emissões de dióxido de carbono em 1990, e a desregulação do mercado de energia em 1994 (UBA, 2010).

A Suécia é parte da União Europeia e está, portanto, submetida as suas diretivas que podem ser usadas como diretrizes para políticas nacionais. Sendo assim, um dos objetivos da União Europeia é que todos os países membro possuam uma proporção de 20% de energias renováveis em 2020. Outros objetivos são 10% de energia renovável no setor de transportes, uso de energia 20% mais eficiente, e 40% em reduções de gases do efeito estufa. Ademais, a Suécia pretende se tornar um país neutro em emissões de carbono em 2050. Logo, estas metas encorajam indiretamente a crescente produção de energia eólica no país (ROUILLARD, 2012).

Além disto, desde 2003, existe na Suécia um sistema de certificados de energia verde, que representam o valor ambiental da energia renovável gerada, com a intenção de aumentar o uso de energia eólica e tornar o custo de produção mais eficiente (ROUILLARD 2012; SAVEYN et al. 2008). Este sistema de quotas de certificados verdes é aplicado em oposição a tarifas *feed-in* usadas na maioria dos países da União Europeia (ROUILLARD, 2012). Os certificados verdes são uma maneira mais próxima da economia de mercado para financiar a geração de energia renovável ao invés de mecanismos mais burocráticos como tarifas *feed-in*, que oferecem contratos de longo prazo baseados no custo de produção de energia de determinada tecnologia de geração (SAVEYN et al., 2008). Não obstante, o sistema de certificados verdes na Suécia prova ser eficiente em termos de minimizar os custos sociais e propagar o uso de energia eólica, como pode ser observado na figura 15 com o incentivo assinalado no ano de 2003. Entretanto, tal sistema pode ser ineficaz em manter um preço baixo para os consumidores e estimular o desenvolvimento tecnológico (ROUILLARD, 2012).

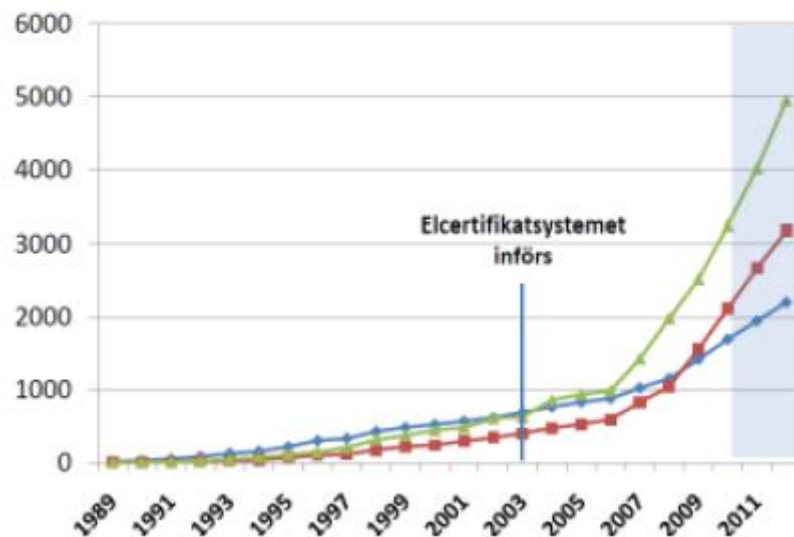


Figura 18: Efeito dos certificados verdes utilizados a partir de 2003 sobre o uso de energia eólica na Suécia com o número de turbinas (azul), a capacidade instalada (vermelho), e a produção total (verde)

Fonte: (ROUILLARD, 2012)

Nas décadas de 1970 e 1980, o governo sueco financiou pesquisas em turbinas eólicas de larga escala e turbinas com tecnologia não convencional através de um programa de pesquisa e desenvolvimento. Entretanto, estes investimentos provaram não ser uma boa decisão naquele momento. Na década de 90, subsídios foram utilizados pelo governo para desenvolver a energia eólica, permitindo a pequenas cooperativas e empresas a candidatar-se a tais financiamentos, o que ocasionou um aumento significativo da capacidade instalada (ROUILLARD, 2012).

No entanto, mesmo na Suécia, desenvolvedores dinamarqueses obtiveram certificados para suas turbinas mais facilmente se comparados aos desenvolvedores suecos. Neste sentido, o conjunto de regras e as permissões de uso de instalações de energia eólica inibiram o desenvolvimento do mercado durante certo período. Além disto, antes do ano 2000, o governo sueco investiu somente 216 milhões de euros no desenvolvimento de energia eólica, comparados aos 906 milhões e 427 milhões investidos pelos governos dinamarquês e alemão respectivamente. Em 1999, a Suécia abriu o mercado local de energia à competição estrangeira, ocasionando um decréscimo nos preços da eletricidade de 45%. Até 2009, estes preços foram aumentados com um “bônus ambiental” temporário, proveniente de um imposto do governo indexado à inflação sobre o consumo de energia elétrica (ROUILLARD, 2012).

A Agência de Energia da Suécia é responsável pelo planejamento de projetos de energia eólica. As decisões da agência em relação às áreas onde instalar turbinas eólicas é baseada em relatórios de diferentes conselhos regionais. Conseqüentemente, estes

conselhos regionais são responsáveis por identificar os melhores locais para turbinas, muito embora o financiamento para o processo de escolha e instalação tenha sido concedido pelo governo central entre 2007 e 2011. Áreas extensas, por exemplo, podem ser excluídas dos planos de desenvolvimento deste tipo de energia, pois as turbinas impactam na paisagem do local. Também por isso, quando uma estrutura de desenvolvimento é formulada pela Agência de Energia, esta é fracionada em estruturas regionais de planejamento. Há em torno de 200 autoridades locais envolvidas ativamente no planejamento de áreas para a energia eólica (ROUILLARD, 2012).

O governo nomeou, em 2006, coordenadores de energia eólica para quatro diferentes áreas na Suécia. O papel destes é auxiliar o desenvolvimento, encorajando e apoiando a interação entre desenvolvedores de tecnologia, planejadores, autoridades locais e o governo. Em 2011, uma autoridade específica foi nomeada para lidar com parques eólicos *offshore*. Na Suécia, não há um padrão oficial para a distância mínima entre parques eólicos e residências, sendo cada projeto analisado individualmente. Logo, 500 metros é em geral a distância normativa, embora uma distância de 350 metros já tenha sido aceita em projetos passados. Outrossim, há um limite de 40 decibéis para o nível de ruído mesurado na construção residencial mais próxima e um máximo de 8 horas anuais para a sombra projetada de uma turbina sobre uma habitação. É importante observar que 10% da capacidade instalada de energia eólica é propriedade da comunidade. De fato, quando um parque eólico é propriedade de cooperativas, os preços de eletricidade são baixos devido a subsídios do governo e redução de imposto sobre vendas (ROUILLARD, 2012).

Para estudar os impactos ambientais da energia eólica, o governo requisitou à Agência de Energia e à Agência de Proteção Ambiental a condução de um programa conjunto. O programa, chamado Vindval, administra em torno de 30 projetos de pesquisa sobre as consequências sociais e ambientais de turbinas e parques eólicos. Como parte do processo de aprovação ambiental, uma Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é requerida para qualquer projeto de energia eólica. Neste caso, a AIA não pretende apenas descrever o projeto de maneira técnica e clara, mas também determinar as medidas tomadas para reduzir ao máximo o impacto ambiental. Uma parte importante deste instrumento de análise são as informações passadas e as consultas realizadas ao público ou comunidade (ROUILLARD, 2012).

Anteriormente a 2009, desenvolvedores de parques eólicos necessitavam de duas permissões diferentes para receber a aprovação final dos projetos, uma aprovação de construção e uma aprovação ambiental. Isto, no entanto, revelava consumir tempo e

recursos em excesso. Portanto, desde 2009, requer-se somente uma única aprovação, abrangendo a construção e a questão ambiental. No mesmo ano, um programa de pesquisa foi lançado pela Agência de Energia para estudar os aspectos técnicos da energia eólica, enfocando as características desta energia no clima nórdico (ROUILLARD, 2012).

As críticas ao rumo do desenvolvimento da energia eólica na Suécia enfocam o fato do processo de planejamento ser complexo e demorado. De fato, numerosos profissionais de diferentes níveis do governo são envolvidos no processo, tornando-o confuso para os leigos, por exemplo. Além disto, existem também muitos regulamentos para o planejamento de projetos, criando incertezas e concedendo demasiado poder decisório às autoridades locais. Por consequência, os objetivos de expansão do uso da energia eólica são difíceis de serem atingidos, dado que estes são definidos pelo governo, enquanto as decisões em si são tomadas por autoridades locais. Ademais, argumenta-se também que a utilização da AIA concede direitos para que os membros da comunidade atrasem consideravelmente o processo de desenvolvimento dos projetos (ROUILLARD, 2012). Apesar das críticas, a política energética na Suécia é caracterizada como bem sucedida, comparativamente a outros países, em promover a produção e o uso de fontes renováveis de energia (UBA, 2010). Isto deve-se em parte, justamente, pelo fato desta possuir um grande número de projetos de energia eólica financiados através de um modelo de propriedade comunitária, a exemplo de Alemanha e Dinamarca, no qual as comunidades locais não só financiam como também tem direito a uma parcela do retorno financeiro do projeto (GIPE, 2014).

4.3 Comparação entre Brasil e Suécia

No Brasil, o principal programa de incentivo de fontes alternativas de energia, o PROINFA, apresenta como características os sistemas *feed-in* e o sistema de cotas, contando também com o financiamento do investidor. Já na Suécia é utilizado apenas um sistema de quotas, os certificados verdes. Em ambos os casos, os custos relacionados à produção das energias alternativas são repassados ao consumidor final. Na Suécia, alega-se que o uso de certificados verdes, exclusivamente, possa desestimular o desenvolvimento tecnológico. Os certificados verdes, logo, são um bom sistema para reduzir os custos sociais no curto prazo, entretanto, eles não garantem um preço baixo para o consumidor final e também não estimulam o progresso tecnológico. Deste modo, tendo em vista a perspectiva da inovação, as tarifas *feed-in* e os certificados, devem ser vistos como instrumentos reguladores complementares, enfocando etapas subsequentes no ciclo de inovação de um produto. A tarifa *feed-in* apenas expõe a tecnologia para um modelo de custo de referência

(*benchmark*) da tecnologia relevante, enquanto os mercados com certificados verdes estimulam uma competição cruzada de tecnologia, aumentando a eficiência. No Brasil, a necessidade de nacionalização para se enquadrar nos requisitos do PROINFA agiu como aceleradora para o desenvolvimento industrial no país dos equipamentos utilizados, contudo, impede que tecnologia mais avançada, de empresas dinamarquesas, por exemplo, seja empregada. Na Figura 17, pode-se perceber onde se situam tarifas *feed-in* e sistemas de quotas no contexto dos instrumentos de política regulatória.

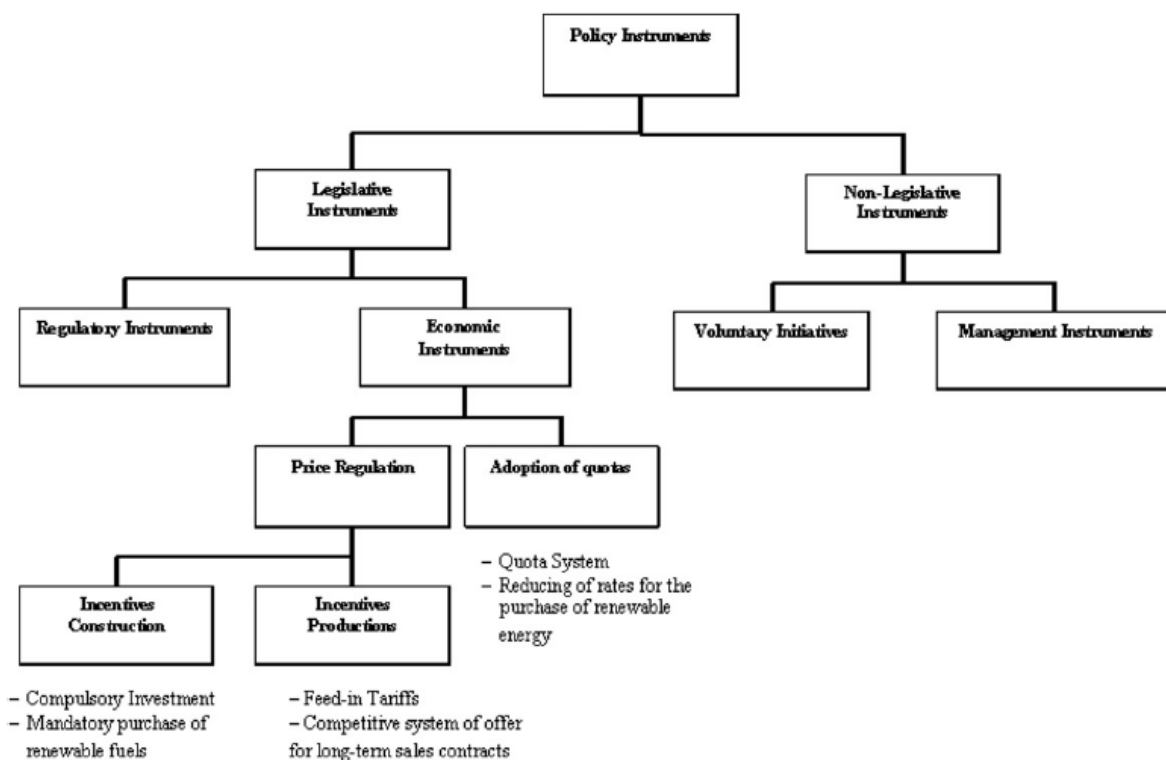


Figura 19: Instrumentos regulatórios e institucionais

Fonte: (SILVA et al., 2013)

Neste sentido, ao tentar estimular a energia eólica em seu território, Brasil e Suécia possuem barreiras diferentes para o seu desenvolvimento. Pode-se dizer que ambos introduziram de maneiras distintas, restrições e políticas que impedem o livre desenvolvimento da energia eólica. Enquanto no Brasil a população não possui poder decisório na implantação de parques eólicos, na Suécia critica-se o excesso de poder dado com a AIA aos oponentes dos projetos de energia eólica. Não somente, no Brasil, a perspectiva do uso futuro de leilões poderá limitar o poder decisório das autoridades locais. A política de leilões, também, depende majoritariamente da competição de mercado para atingir a menor oferta, reduzindo assim os custos, mas por outro lado pode impedir o desenvolvimento da energia eólica, dando preferência a outras tecnologias. Na Suécia, é

deixada às autoridades locais grande parcela do poder decisório, o que faz com que muitas vezes estas não apoiem os projetos do governo, pois o procedimento é descentralizado.

5 ANÁLISE ECONÓMICA DE PROJETO DE PARQUE EÓLICO

Pretende-se aqui realizar uma análise econômica de um parque eólico fictício, verificando-se o efeito de um incentivo sobre o projeto. Para isto serão utilizados os conceitos de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR), sendo o método de *Payback* descartado da análise.

5.1 Tempo de recuperação ou *Payback*

O tempo de recuperação, ou *payback*, de um projeto é uma medida do tempo que o investimento inicial demora a ser coberto pelo fluxo de caixa gerado. Neste método, projetos com períodos menores de *payback* são mais atrativos, tanto por serem menos ariscados, quanto por começarem a gerar lucro mais cedo. O *payback*, no entanto, deve ser encarado como um indicador, não sendo indicado para a seleção entre alternativas. No caso de projetos eólicos não é aconselhável a aplicação deste critério, dado o alto valor do investimento. Este método é frequentemente utilizado por empresas grandes e sofisticadas quando considerados projetos que envolvem montantes relativamente pequenos (SOUSA & NASCIMENTO, 2012).

5.2 Valor Presente Líquido

O valor presente líquido é um critério que busca converter os fluxos de caixa futuros em valores atuais. Como é conhecido, o dinheiro apresenta valores diferentes no tempo, e o critério apresentado busca descontar o valor futuro dos fluxos de caixa para o valor presente, para que, este sim, seja avaliado em relação ao valor do investimento. Na fórmula utilizada para a determinação do Valor Presente, $FC(t)$ é o fluxo de caixa no período t , r é a taxa de desconto e N é a vida do projeto (SOUSA & NASCIMENTO, 2012).

$$VPL \text{ do projeto} = \sum_{t=1}^{t=N} \frac{FC_t}{(1+r)^t} - \text{Investimento Inicial}$$

Por este critério definiu-se a viabilidade do projeto pelo valor obtido. Se este for positivo o projeto gerará valor, e caso o valor seja negativo, o projeto não é considerado viável. O critério parte do princípio de que o dinheiro a ser investido no projeto poderia ser investido em alguma aplicação financeira obtendo um determinado retorno. Este retorno é

então a taxa de desconto utilizada, e também pode ser entendido como a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para considerar a aplicação no projeto (SOUSA & NASCIMENTO, 2012).

5.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é uma medida que depende unicamente do fluxo de caixa do projeto analisado. Ela é o valor da taxa de desconto que anula o VPL, ou seja, é a taxa gerada pelo projeto. No caso da utilização desse método, a análise deve ser realizada por meio da comparação do valor da TIR com a TMA. Nos casos em que a TIR for maior do que a taxa mínima de atratividade, o projeto gerará lucro. Caso a TIR seja menor que a TMA deve-se optar pela aplicação financeira (SOUSA & NASCIMENTO, 2012).

$$TIR = r, \text{ tal que } \sum_{t=1}^{t=N} \frac{FC_t}{(1+r)^t} - \text{Investimento Inicial} = 0$$

5.4 O Projeto

Ao analisar-se a questão econômica em projetos de energia eólica existem dados necessários a serem levantados. Pode-se verificar, na Figura 21, um esquema com os custos iniciais relacionados a estes projetos. No entanto, no presente projeto, não serão definidos os custos específicos de cada um desses fatores, e sim um custo aproximado e geral.

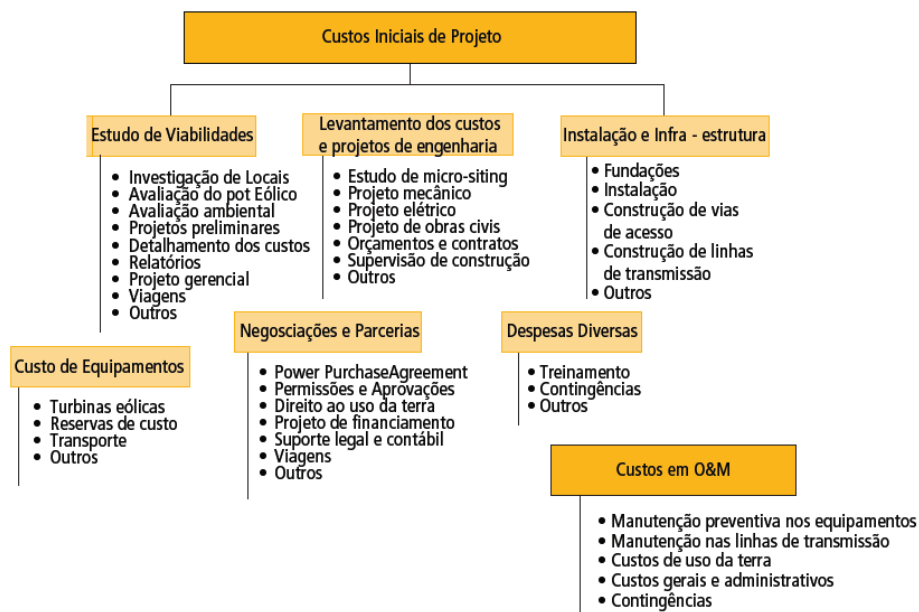


Figura 20: Custos iniciais de projeto eólico

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2007)

Em relação a estes custos de projetos é interessante entender o peso de cada um deles na definição do custo total. A Tabela 12 possui uma relação de custos indicando a participação de cada um no valor final de projetos de energia eólica.

Tabela 12: Custos iniciais de projeto em energia eólica

Categoria de custos iniciais do projeto	Fazenda eólica de médio/grande porte (%)	Fazenda eólica de pequeno porte (%)
Estudo de viabilidade	Menos de 2	1 – 7
Negociações de desenvolvimento	1 – 8	4 – 10
Projeto de engenharia	1 – 8	1 – 5
Custo de equipamentos	67 – 80	47 – 71
Instalações e infra-estrutura	17 – 26	13 – 22
Diversos	1 – 4	2 – 15

Fonte: RETSCREEN, 2000 apud Dutra, 2004.

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE & MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2007)

Para a construção do projeto aqui proposto foram considerados relevantes a capacidade instalada, o custo de investimento, a vida útil, operação e manutenção, e a taxa de desconto. A capacidade instalada do projeto de parque eólico será de 30 MW. Os custos de operação e manutenção foram considerados de 1,5% ao ano do custo de investimento. Foi estabelecido que o projeto possui uma vida útil de 20 anos com uma taxa de desconto de 5% ao ano. O custo de investimento foi considerado de R\$ 3,5 milhões por MW instalado, sendo este um valor referente ao Brasil em 2011 (MELO, 2014).

Considerou-se também para o projeto apresentado um fator de capacidade operacional, ou seja, a produção efetiva de uma turbina eólica ao longo de um ano, de 34%, baseando-se em turbinas eólicas modernas com 50 metros de altura e uma velocidade do

vento de 6,5 m/s (International Energy Agency 2013). O preço da energia é de R\$ 130/MW (MELO, 2014). A taxa de reembolso, advinda de subsídios, considerada foi 30% do preço da eletricidade durante os 20 anos da vida útil. Os custos e receitas situam-se na Tabela 13 e na Tabela 14.

Custo Total do Projeto = Custo de Investimento x Capacidade Instalada = R\$ 105.000.000

Operação e Manutenção = 0,015 x 3.500.000 x 30 = R\$ 1.575.000/ano

Despesa Total = Custo Total do Projeto + Operação e Manutenção x Vida Útil

= 105.000.000 + 1.575.000 x 20

= R\$ 136.500.000

Tabela 13: Custos de construção

Capacidade Instalada	30	[MW]
Custo de Investimento	3500000	[R\$/MW]
Vida Útil	20	[anos]
Operação e Manutenção	1,5	[% do custo de investimento/ano]
Taxa de Desconto	5	[%/ano]
Custo Total do Projeto	105000000	[R\$]
Operação e Manutenção	1575000	[R\$/ano]
Despesa Total	136500000	[R\$]

Fonte: Elaboração Própria

Energia Produzida = Capacidade Instalada x 8760 x Fator de Capacidade ÷ 100

= 30 x 8.760 x 0,34

= 89.352 MWh/ano

Renda Anual do Reembolso = Taxa de Reembolso x Energia Produzida ÷ 100

= 0,39 x 89.352

= R\$ 34.847,28/ano

Renda Anual Bruta = Energia Produzida x Preço da Energia

= 89.352 x 130

= R\$ 11.615.760/ano

Renda Anual Líquida = Renda Anual Bruta – Operação e Manutenção

$$= 11.615.760 - 1.575.000$$

$$= \text{R\$ } 10.040.760/\text{ano}$$

Tabela 14: Custos de operação

Fator de Capacidade	34	[%]
Preço da Energia	130	[R\$/MWh]
Taxa de Reembolso	39	[R\$/MWh]
Renda Anual do Reembolso	34847,28	[R\$/ano]
Energia Produzida	89352	[MWh/ano]
Renda Anual Bruta	11615760	[R\$/ano]
Renda Anual Líquida	10040760	[R\$/ano]

Fonte: Elaboração Própria

A partir destes valores foram gerados fluxos de caixa para duas opções de projetos, projeto com subsídio (reembolso) e projeto sem subsídio. Os fluxos de caixa de cada uma das opções avaliadas podem ser encontrados no Apêndice A. Deste modo, foram calculados o VPL e a TIR para cada um dos casos. Os valores encontrados são apresentados na Tabela 15 e Tabela 16.

Tabela 15: Valores de TIR e VPL do empreendimento sem subsídio

Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 20.130.063,12
Taxa Interna de Retorno	7,17%

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 16: Valores de TIR e VPL do empreendimento com subsídio

Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 20.564.337,25
Taxa Interna de Retorno	7,21%

Fonte: Elaboração Própria.

De acordo com o VPL encontrado, ambos os projetos são interessantes quando considerada a TMA com um valor de 5%, e a TIR igual a 7% já representa um projeto interessante. Muita embora nem a taxa de desconto nem a TIR encontrada possuam valores altos, outras questões não levadas em consideração no desenvolvimento do projeto poderiam conceber resultados mais bem definidos. Entre elas estão os financiamentos deste tipo de projeto que são oferecidos no Brasil e os lucros com a venda de créditos de carbono.

5.5 Aspectos Econômicos

Além dos resultados apresentados, que já representam a atratividade do projeto de energia eólica, quando contabilizados os ganhos sociais e ambientais ele se torna ainda mais atrativo. Quando comparado com projetos de energia térmica, por exemplo, percebe-se também que o custo instalado da implantação da usina eólica é muito mais alto do que o custo de implantação das térmicas. Entretanto, além da Operação e Manutenção na tecnologia eólica ser considerada menor do que das tecnologias térmicas, ela não possui custo de combustível e custo de emissão de poluentes, fazendo com que, nestas condições, o custo total da energia térmica seja equivalente ao custo da geração eólica. Outro fator é a curva de aprendizado da energia eólica que relaciona a diminuição dos custos com o ganho de escala e aprendizado (LAZARD, 2014).

Outro aspecto relevante é que os custos de energia eólica tem apresentado grande redução nos últimos anos. Pode-se constatar isto a partir da Figura 21 que apresenta o custo nivelado da produção de energia eólica baseado no mercado estadunidense. O custo nivelado da produção de energia leva em consideração o custo de capital, o custo de combustível (sendo zero no caso da eólica), os custos fixos e variáveis de manutenção e operação, custos de financiamentos e fator de capacidade (LAZARD, 2014).

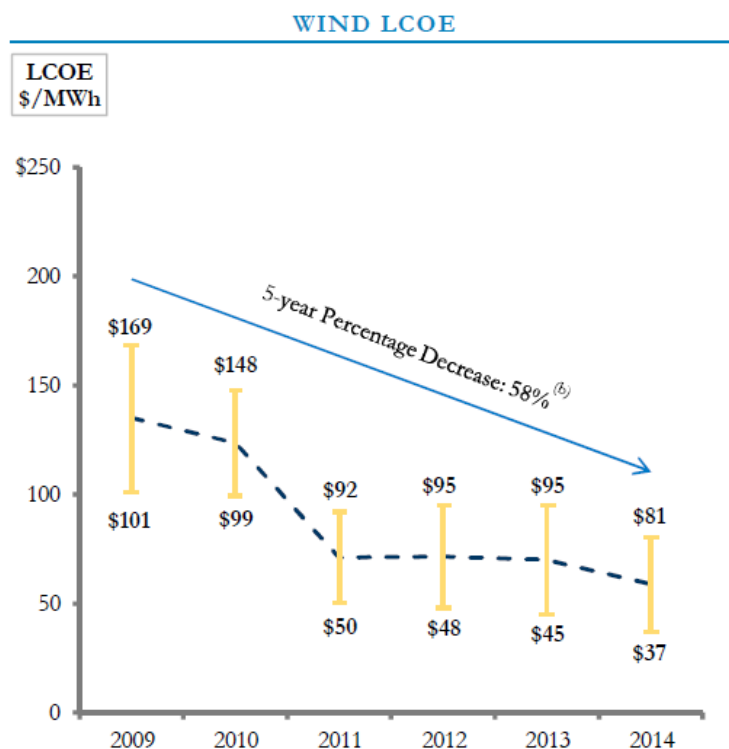


Figura 21: Custo nivelado da produção de energia eólica

Fonte: (LAZARD, 2014)

No Brasil, também é perceptível a redução dos custos por meio do custo da energia nos projetos contratados. Na Figura 22, pode-se notar que os valores contratados nos últimos anos já são mais atraentes do que na primeira década dos anos 2000. A crescente competitividade desta indústria pode ser visualizada pela queda do valor médio de investimento, CAPEX total, o qual foi reduzido em quase 50% nos últimos 8 anos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2015).

Para exemplificar, o valor inicial de R\$ 6 milhões por MW instalado (PROINFA) foi reduzido para R\$ 3,5 milhões por MW instalado nos leilões de 2011. Tal redução se justifica, em grande parte, pela revolução tecnológica que a indústria sofreu recentemente e, principalmente, pela massiva entrada de fabricantes de aerogeradores no Brasil, intensificada a partir de 2009, quando o número de fabricantes mudou de 2 para 9, em 2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2015).

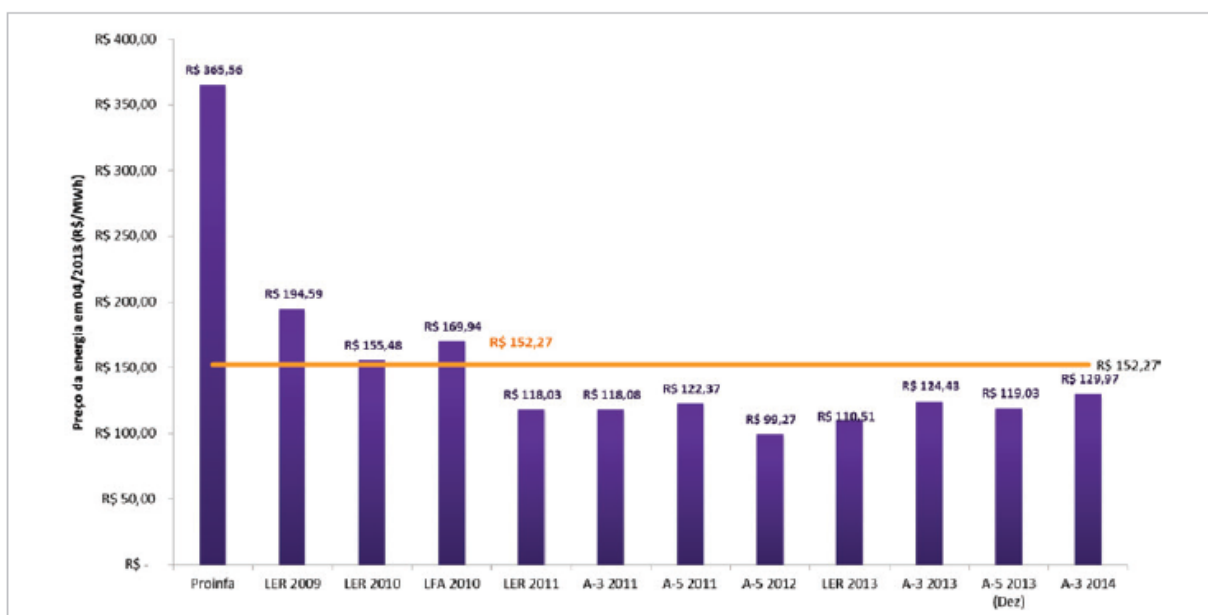


Figura 22: Evolução do preço da energia eólica de 2004 a 2013

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2015).

6 DISCUSSÃO

Muito embora as matrizes elétricas de Brasil e Suécia sejam consideradas limpas, do ponto de vista das emissões de gases poluentes, a energia eólica deve também o seu crescimento recente em ambos os países às preocupações ambientais. Não somente, a tentativa de diversificar o sistema energético utilizando-se uma fonte renovável através de incentivos econômicos, aliada ao progresso tecnológico, tem permitido o desenvolvimento desta fonte de energia em ambos os países.

No Brasil, a concentração de população no litoral, onde se localiza maior potencial eólico, é um fator favorável devido à boa infraestrutura da rede elétrica. Entretanto, parques eólicos *offshore* são uma alternativa promissora, ainda não explorada. O sistema de incentivos para energias renováveis no Brasil emprega diferentes mecanismos, e não exclusivamente quotas, como a Suécia com os certificados verdes. O uso de tarifas *feed-in* provou-se eficiente em países como Alemanha e Dinamarca, e é incomum, portanto, sua ausência na Suécia. Ter um sistema uniforme de incentivos para todos os tipos de energia renovável não implica no desenvolvimento da energia eólica. Neste sentido, o Brasil utiliza como incentivo as tarifas *feed-in* e o sistema de quotas, podendo-se considerar os dois sistemas como complementares, tanto estimulando o uso da fonte eólica como promovendo o seu desenvolvimento tecnológico. A utilização de leilões no Brasil aparece em uma segunda etapa do desenvolvimento da energia eólica como uma forma mais competitiva, incentivando a diminuição dos preços e uma maior eficiência de custos. Apesar da estrutura de leilões promover competitividade entre as fontes de energia, é importante ressaltar que existem leilões exclusivos para cada fonte alternativa de energia, incentivando dessa forma o desenvolvimento das mesmas. Mesmo assim, é notável que a capacidade instalada de energia eólica na Suécia praticamente equivalha-se a do Brasil, dados o tamanho do território e a magnitude da demanda de eletricidade. Nestes termos, pode-se determinar que, no que concerne a expansão desta fonte de energia, a Suécia encontra-se, relativamente, à frente do Brasil.

Ademais, subsídios para energias renováveis podem ajudá-las a superar a incapacidade de assimilação do mercado relacionada à introdução de tecnologias ainda imaturas. Novas fontes renováveis de energia teriam dificuldade em se desenvolver se dependessem apenas das forças de mercado, por causa, por exemplo, da distância que existe entre o impulso da pesquisa financiada com dinheiro público e a atratividade do desenvolvimento comercial. Do ponto de vista ambiental, incentivos para energias renováveis complementam as políticas que procuram internalizar os custos ambientais das

emissões de carbono. Incentivos para fontes renováveis, entretanto, devem ser gradualmente reduzidos e removidos à medida que as tecnologias amadureçam. É importante que a eliminação gradual de incentivos seja feita de forma previsível, com critérios e cronogramas de decisão claros e transparentes, pois mudanças súbitas criam riscos que podem desestimular investidores e aumentar os custos da energia.

O Brasil poderia espelhar-se na Suécia concedendo maior poder de decisão às autoridades locais. Envolvimento regional e esclarecimento sobre energia eólica podem ajudar a aumentar a consciência pública e a aceitação de parques eólicos. Isto também habilitaria as comunidades locais a serem mais participativas em procedimentos ambientais. De fato, a aceitação de projetos eólicos por parte das comunidades locais está também conectada a sua possibilidade de participação nas decisões. Para tanto, a introdução da AIA no processo decisório relativo à energia eólica no Brasil pode vir a ser benéfica, descentralizando os procedimentos e ponderando com maior cautela a tomada de decisões. A instalação de turbinas eólicas em destinos turísticos e reservas ambientais pode não ser aconselhável, por exemplo, do ponto de vista ambiental e social, ainda que vantajosa economicamente.

Aliado a isto, está o fato de que na Suécia certos projetos de energia eólica são caracterizados por um modelo de propriedade comunitária, no qual as comunidades locais juntam recursos para financiar a compra, a instalação e a manutenção dos projetos, tendo os indivíduos direito a uma parcela da receita anual, proporcional aos seus investimentos. No Brasil, diferentemente, os projetos são majoritariamente desenvolvidos por empresas, o que diferencia o perfil do desenvolvimento eólico dos dois países. Países como Alemanha e Dinamarca, que situam-se em primeiro plano no desenvolvimento eólico, também caracterizam-se por um modelo de propriedade comunitária, o que demonstra que o envolvimento das comunidades locais pode, de fato, ser um fator determinante para a expansão do uso desta fonte de energia.

Através das experiências de Brasil e Suécia com a energia eólica, pode-se perceber que certos requisitos devem ser cumpridos para combinar o rápido desenvolvimento eólico e as preocupações com a conservação da natureza. Pelo modelo Sueco, verifica-se que estes requisitos incluem o envolvimento das partes interessadas, clareza sobre as preocupações ambientais e uma Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) de alta qualidade. Recomenda-se que tais elementos passem a ser considerados no caso brasileiro.

Por contrapartida, para que se atraiam investimentos ao setor eólico, é necessária a regulação por políticas coerentes. Neste caso, deve se considerar a precificação das

emissões de carbono, um planejamento que reduza o custo para desenvolvedores, assegurar uma compensação em áreas onde os impactos ambientais locais sejam aceitáveis, e medidas de suporte, como melhorar a interconectividade da rede elétrica.

De modo geral, ainda existe grande potencial eólico a ser explorado nos dois países e esta fonte de energia renovável tende a continuar se desenvolvendo, muito embora ainda não seja possível que esta substitua outras tecnologias já amadurecidas, a exemplo da hidrelétrica e da nuclear. Uma matriz elétrica nacional deve possuir uma base estável sendo, no entanto, também diversificada, de maneira que o sistema elétrico possa lidar com recursos intermitentes e garantir o fornecimento contínuo de eletricidade.

7 CONCLUSÃO

Pôde-se perceber que tanto Brasil como Suécia possuem matrizes elétricas baseadas em fontes renováveis de energia, ainda que com características distintas. A eletricidade no Brasil é gerada principalmente por hidrelétricas, e a sua geração é impactada em períodos de escassez de chuva. Na Suécia, as hidrelétricas são predominantes juntamente com as usinas nucleares. No Brasil, o sistema hidrelétrico é complementado principalmente pelo uso de termelétricas. Comparativamente, na Suécia, são utilizadas usinas de cogeração, as quais possuem um ganho de eficiência e são conseqüentemente menos poluidoras do que as termelétricas.

Neste contexto, a energia eólica mostra-se uma fonte de geração alternativa, desenvolvendo-se recentemente em ambos os países. A utilização de turbinas eólicas iniciou-se antes na Suécia, devido à preocupação ambiental do país e à busca de novas fontes de energia. A capacidade instalada, atualmente, nos dois países é similar. Entretanto, considerando-se o tamanho da demanda de energia dos dois, o uso de energia eólica é mais significativo na Suécia. Geograficamente, o Brasil utiliza áreas continentais e litorais para a instalação de parques eólicos. A Suécia, no entanto, além de parques eólicos em terra, também constrói parques eólicos *offshore*, pois estes possuem maior eficiência, aproveitando-se do melhor regime de ventos sobre o mar.

Para estimular o desenvolvimento da energia eólica, ambos os países utilizam políticas de incentivo econômico. A Suécia emprega um sistema de cotas, chamado certificados verdes, e o Brasil utilizou tarifas *feed-in* aliadas a um sistema de cotas na primeira fase do PROINFA. Políticas de incentivo devem ser usadas de modo a promover tanto a expansão do uso quanto o desenvolvimento tecnológico, sendo a combinação de diferentes sistemas mais adequada do que o uso exclusivo de um único sistema. Os dois países, entretanto, possuem políticas bem sucedidas ao estimular o desenvolvimento da energia eólica em seus respectivos territórios, sendo o crescimento desta diretamente relacionado ao início dos programas de incentivo a fontes alternativas de energia.

Através da análise econômica de um projeto de parque eólico, pode-se notar que o uso de subsídios aumenta a atratividade do projeto. Entretanto, no Brasil, pode-se notar a redução dos custos por meio do custo da energia nos projetos já contratados. Os valores contratados tornam-se progressivamente mais atraentes, devido ao aumento da competitividade na indústria eólica. O desenvolvimento tecnológico e a entrada de novos fabricantes de aerogeradores no país reduziu consideravelmente o valor por MW instalado.

De modo geral, no desenvolvimento do trabalho, foi possível constatar a necessidade de expansão das fontes alternativas para alcançar um modelo de produção de eletricidade sustentável e diversificado para atender a atual demanda de eletricidade. Neste contexto, a energia eólica mostra grande potencial de evolução, e vem apresentando grande crescimento não só nos dois países estudados como em diversos outros. O avanço recente desta fonte de energia foi propiciado por diferentes políticas de incentivo. Conseqüentemente, indica-se que os custos relacionados à tecnologia eólica têm reduzido significativamente, dependendo cada vez menos destes incentivos para assegurar competitividade. Na atualidade, no entanto, considerando-se a perspectiva econômica, ainda há a necessidade de apoio governamental e da utilização de incentivos para o desenvolvimento tecnológico e a expansão do uso. A retirada dos incentivos, doravante, uma vez que a tecnologia esteja estabelecida, deve ser feita de forma planejada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adomaitis, N., 2015. Sweden dwarfs Norway in new wind power, but not for long | Reuters. Disponível em: <http://www.reuters.com/article/2015/02/18/norway-windpower-idUSL5N0VR2Q520150218> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2008. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*, Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Associação Brasileira de Energia Eólica, 2015. *Boletim de Dados julho/2015*, Disponível em: <http://abeeolica.org.br/pdf/Boletim-de-Dados-ABEEolica-Julho-2015-Publico.pdf> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Borba, B.S.M.C. et al., 2012. Energy-related climate change mitigation in Brazil: Potential, abatement costs and associated policies. *Energy Policy*, 49, pp.430–441. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512005502> [Acessado 18 de abril, 2015].
- Camillo, E.V., 2013. *As políticas de inovação da indústria de energia eólica: uma análise do caso brasileiro com base no estudo de experiências internacionais*. Unicamp. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/zeus/auth.php?back=http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000917168&go=x&code=x&unit=x> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Central Intelligence Agency - CIA, 2015. The World Factbook. Disponível em: <https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/> [Acessado 11 de agosto, 2015].
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012. *Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil Organização*, Disponível em: www.cgee.org.br/atividades/redirect/7860 [Acessado 25 de junho, 2015].

- Dutra, R.M., 2007. *Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA*. Disponível em:
<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/ddutrarm.pdf> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Ek, K., 2005. Public and private attitudes towards “green” electricity: the case of Swedish wind power. *Energy Policy*, 33(13), pp.1677–1689. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421504000394> [Acessado 14 de maio, 2015].
- Empresa de Pesquisa Energética - EPE & Ministério de Minas e Energia - MME, 2014a. *Balço Energético Nacional 2014: ano base 2013*, Disponível em:
https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf [Acessado 25 de junho, 2015].
- Empresa de Pesquisa Energética - EPE & Ministério de Minas e Energia - MME, 2014b. *Plano decenal de expansão de energia 2023*, Disponível em:
http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2023_ConsultaPublica.pdf [Acessado 25 de junho, 2015].
- Empresa de Pesquisa Energética - EPE & Ministério de Minas e Energia - MME, 2007a. *Plano Nacional de Energia 2030*, Disponível em:
http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_9.pdf [Acessado 2 de julho, 2015].
- Gipe, P., 2014. Wind-Works: Windpower Ownership in Sweden--a Review. Disponível em:
http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=43&tx_ttnews%5Btt_news%5D=3113&cHash=1e4880c735ff10abd22b1e7454073973 [Acessado 2 de julho, 2015].
- Goldemberg, J., Coelho, S.T. & Rei, F., 2002. Brazilian energy matrix and sustainable development. *Energy for Sustainable Development*, 6(4), pp.55–59. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082608604470> [Acessado 29 de maio, 2015].
- International Energy Agency, 2013. *Technology roadmap - Wind energy*, Disponível em:
https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Wind_2013_Roadmap.pdf [Acessado 25 de junho, 2015].

- Lage, E.S. & Processi, L.D., 2013. Panorama o setor de energia eólica. *Revista do Bndes*, 39, pp.183–206. Disponível em:
http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/co nhecimento/bnset/borrach2.pdf [Acessado 25 de junho, 2015].
- Lazard, 2014. *Lazard's levelized cost of energy analysis—version 8.0*, Disponível em:
<https://www.seia.org/sites/default/files/resources/Levelized Cost of Energy - Version 8.0.pdf#overlay-context=research-resources/lazards-levelized-cost-energy-analysis-v80> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Melo, E., 2014. Investimentos em energia. *Revista Concreto*, pp.136–139. Disponível em:
<http://www.abeeolica.org.br/pdf/artigos/Artigo-Revista-Concreto-IBRACON-75-Mercado-nacional.pdf> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Ministério de Minas e Energia - MME, 2004. *Diário Oficial da União - Seção 1, Nº 63, quinta-feira, 1 de abril de 2004*, Disponível em:
<http://www.eletrobras.com/elb/ProinfA/services/eletrobras/ContentManagementPlus/FileDownload.ThrSvc.asp?DocumentID={C30EC388-2908-45B0-9087-05E9789E7614}&ServiceInstUID={9C2100BF-1555-4A9D-B454-2265750C76E1}&InterfaceInstUID={18F15ED9-1E73-4990-8CC6-F385C> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Nawfal, S.F., 2013. *An open source approach to Sweden's energy system : A review of future energy pathways*. Disponível em: http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:729864&dswid=_new [Acessado 26 de maio, 2015].
- Pereira, E.B. et al., 2013. The impacts of global climate changes on the wind power density in Brazil. *Renewable Energy*, 49, pp.107–110. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811200064X> [Acessado 5 de junho, 2015].
- Rouillard, J., 2012. *Wind Power Energy in Québec and in Sweden Wind Power Energy in Québec and in Sweden*. Disponível em: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:567379/FULLTEXT01.pdf> [Acessado 25 de junho, 2015].

- Salino, P.J., 2011. *Energia eólica no Brasil: uma comparação do PROINFA e dos novos leilões*. Disponível em:
<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001705.pdf> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Saveyn, B., Ramírez, A.S. & Wiesenthal, T., 2008. Renewable electricity policy: feed-in tariffs versus tradable green certificates 118. *Ekonomiaz*, 67(1), pp.118–137. Disponível em:
<http://www.ogasun.ejgv.euskadi.net/r51-k86aekon/es/k86aEkonomiazWar/ekonomiaz/downloadPDF?R01HNoPortal=true&idpubl=62®istro=897> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Silva, N.F. Da et al., 2012. Expansion of Wind Energy in Brazil: Perceptions of Communities. In *DEWEK Bremen International Technical Wind Energy Conference*. Disponível em:
http://www.researchgate.net/publication/266731539_Expansion_of_Wind_Energy_in_Brazil_Perceptions_of_Communities [Acessado 5 de junho, 2015].
- Silva, N.F. da et al., 2013. Wind energy in Brazil: From the power sector's expansion crisis model to the favorable environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, pp.686–697. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113000105> [Acessado 23 de março, 2015].
- Simas, M. & Pacca, S., 2014. Assessing employment in renewable energy technologies: A case study for wind power in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, pp.83–90. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113007958> [Acessado 8 de abril, 2015].
- Sousa, E.A.C.P. de & Nascimento, R.S. do, 2012. *Avaliação econômica e financeira Estudo de caso: projeto Serosa de aproveitamento de energia eólica para geração de energia elétrica*. Disponível em:
<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10004925.pdf> [Acessado 25 de junho, 2015].
- Svensk Vindenergis, 2015. *Vindkraftstatistik och prognos*, Disponível em:
<http://www.vindkraftsbranschen.se/wp-content/uploads/2015/05/Statistik-och-prognos-vindkraft-20150504.pdf> [Acessado 2 de julho, 2015].

Swedish Energy Agency, 2013. *Energy in Sweden 2013*, Disponível em:

<https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=2918>
[Acessado 25 de junho, 2015].

Szklo, A.S., Soares, J.B. & Tolmasquim, M.T., 2004. Economic potential of natural gas-fired cogeneration—analysis of Brazil's chemical industry. *Energy Policy*, 32(12), pp.1415–1428. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421503001095> [Acessado 25 de junho, 2015].

The Wind Power, 2015. Wind energy data for Brazil - General data. Disponível em:

http://www.thewindpower.net/country_en_26_brazil.php [Acessado 9 de julho, 2015].

Uba, K., 2010. Who formulates renewable-energy policy? A Swedish example. *Energy Policy*, 38(11), pp.6674–6683. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510005008> [Acessado 8 de abril, 2015].

Wang, Y., 2006. Renewable electricity in Sweden: an analysis of policy and regulations. *Energy Policy*, 34(10), pp.1209–1220. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421504003258> [Acessado 8 de abril, 2015].

APÊNDICE A – FLUXOS DE CAIXA

Tabela 17: Fluxo de caixa do projeto de parque eólico sem auxílio de subsídio (reembolso)

Ano [n]	Despesas [R\$]	Renda Bruta [R\$]	Reembolso [R\$]	Renda Líquida [R\$]	Fator de Valor Presente (r=5%) [1]	Valor Presente Líquido da Renda [R\$]
0	-105000000	-	-	-	-	-
1	-1575000	11615760	0	10040760	0.952380952	9562628.571
2	-1575000	11615760	0	10040760	0.907029478	9107265.306
3	-1575000	11615760	0	10040760	0.863837599	8673586.006
4	-1575000	11615760	0	10040760	0.822702475	8260558.101
5	-1575000	11615760	0	10040760	0.783526166	7867198.191
6	-1575000	11615760	0	10040760	0.746215397	7492569.706
7	-1575000	11615760	0	10040760	0.71068133	7135780.672
8	-1575000	11615760	0	10040760	0.676839362	6795981.593
9	-1575000	11615760	0	10040760	0.644608916	6472363.422
10	-1575000	11615760	0	10040760	0.613913254	6164155.64
11	-1575000	11615760	0	10040760	0.584679289	5870624.419
12	-1575000	11615760	0	10040760	0.556837418	5591070.875
13	-1575000	11615760	0	10040760	0.530321351	5324829.405
14	-1575000	11615760	0	10040760	0.505067953	5071266.1
15	-1575000	11615760	0	10040760	0.481017098	4829777.238
16	-1575000	11615760	0	10040760	0.458111522	4599787.846
17	-1575000	11615760	0	10040760	0.436296688	4380750.329
18	-1575000	11615760	0	10040760	0.415520655	4172143.171
19	-1575000	11615760	0	10040760	0.395733957	3973469.686
20	-1575000	11615760	0	10040760	0.376889483	3784256.844
Total	-136500000	232315200	0	200815200	-	125130063.1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 18: Fluxo de caixa do projeto de parque eólico com auxílio de subsídio (reembolso)

Ano [n]	Despesas [R\$]	Renda Bruta [R\$]	Reembolso [R\$]	Renda Líquida [R\$]	Fator de Valor Presente (r=5%) [1]	Valor Presente Líquido da Renda [R\$]
0	-105000000	-	-	-	-	-
1	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.952380952	9595816.457
2	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.907029478	9138872.816
3	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.863837599	8703688.397
4	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.822702475	8289227.044
5	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.783526166	7894501.947
6	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.746215397	7518573.283
7	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.71068133	7160545.984
8	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.676839362	6819567.603
9	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.644608916	6494826.289
10	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.613913254	6185548.847
11	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.584679289	5890998.902
12	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.556837418	5610475.144
13	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.530321351	5343309.661
14	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.505067953	5088866.344
15	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.481017098	4846539.375
16	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.458111522	4615751.786
17	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.436296688	4395954.082
18	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.415520655	4186622.935
19	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.395733957	3987259.938
20	-1575000	11615760	34847.28	10075607.28	0.376889483	3797390.417
Total	-136500000	232315200	696945.6	201512145.6	-	125564337.3

Fonte: Elaboração própria

APÊNDICE B – TABELA COMPARATIVA BRASIL-SUÉCIA

Tabela 19: Comparação Brasil-Suécia

	BRASIL	SUÉCIA
População	204.259.812	9.801.616
PIB	3.264 trilhões de dólares	448.2 bilhões de dólares
Área Total	8.515.770 km	450.295 km
Produção Total de Energia	530,4 bilhões kWh	162,9 bilhões kWh
Capacidade Instalada Total	119,1 milhões kW	37,94 milhões kW
Capacidade Instalada Fontes Alternativas	10,4% do total	22,7% do total
Emissões de CO2 pelo Consumo de Energia	500,2 milhões Mt	51,08 milhões Mt

Fonte: (CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY - CIA, 2015)