

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA**

**DESCOMISSIONAMENTO DE PARQUES EÓLICOS:
CUSTOS E VALORES RESIDUAIS NO BRASIL E NO MUNDO E A
RELAÇÃO COM SEUS INVESTIMENTOS**

FLÁVIA MASINI FREESZ

**SÃO PAULO
2017**

FLÁVIA MASINI FREESZ

**DESCOMISSIONAMENTO DE PARQUES EÓLICOS:
CUSTOS E VALORES RESIDUAIS NO BRASIL E NO MUNDO E A
RELAÇÃO COM SEUS INVESTIMENTOS**

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

SÃO PAULO

2017

FLÁVIA MASINI FREESZ

**DESCOMISSIONAMENTO DE PARQUES EÓLICOS:
CUSTOS E VALORES RESIDUAIS NO BRASIL E NO MUNDO E A
RELAÇÃO COM SEUS INVESTIMENTOS**

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Área de Concentração: Energia eólica.

Orientador: Profa. Virginia Parente (Área de atuação do orientador: Economia, Finanças e Regulação em Energia e Meio Ambiente).

SÃO PAULO

2017

Catálogo-na-publicação

Freesz, Flávia Masini

Descomissionamento de parques eólicos: custos e valores residuais no Brasil e no mundo e a relação com seus investimentos / F. M. Freesz -- São Paulo, 2017.

78 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Descomissionamento de parque eólico 2.Custo do descomissionamento 3.Valor residual do descomissionamento 4.Relção entre descomissionamento e comissionamento 5.Valor de desmonte I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

AGRADECIMENTOS

Agradeço minha orientadora, Profa. Virginia Parente, pelo apoio e orientação acadêmica. Sem ela este trabalho não teria a qualidade e conhecimentos necessários. Aos meus professores pela resiliência e paciência em nos transmitir conhecimentos tão preciosos e aos meus colegas pela rica troca de experiências. Ao professor e coordenador J.R Simões pelo excelente curso. Ao meu marido e filho, pela paciência e apoio diário.

RESUMO

O descomissionamento de parques eólicos no Brasil é certo, seja total ou parcialmente. Há pouco histórico de descomissionamentos em todo o mundo, uma vez que os parques eólicos são relativamente recentes, assim seus custos e valores residuais ainda são desconhecidos. Regras e normas estão sendo estabelecidas sobre este tema nos diversos países que adotam esta forma de geração de energia. No Brasil, a regulação referente ao descomissionamento de parques eólicos é praticamente inexistente. Entretanto, projeções de custos e valores residuais oriundos do descomissionamento são solicitados com o objetivo de que os investidores demonstrem que terão os recursos para lidar com a execução do desmonte dessas infraestruturas. Garantias financeiras começam a ser exigidas para este fim. Com o intuito de contribuir com o desenvolvimento do segmento eólico no país, este trabalho de conclusão de curso apresenta um estudo comparativo de valores associados ao descomissionamento, considerando sua abrangência técnica, econômica e socioambiental. Assim a análise realizada levou em conta os modelos de descomissionamento em outras partes do mundo, bem como as particularidades brasileiras. Metodologias para chegar aos custos e valores residuais foram analisadas e comparadas entre si. Os resultados indicam que existe uma relação consistente entre os valores do investimento inicial e a projeção econômica do desembolso a ser realizado na etapa do descomissionamento de parques eólicos.

Palavras-chaves: Descomissionamento. Energia eólica. Custo de descomissionamento. Valor residual salvo. Vida útil. Valor de desmonte.

ABSTRACT

The decommissioning of wind farms in Brazil is certain, either totally or partially. There is almost no records of decommissioning around the world, since wind farms are relatively recent, so their costs and salvaged value are still unknown. Rules and standards were established on this topic in the various countries that adopt this form of energy generation. In Brazil, the regulation regarding the decommissioning of wind farms is practically non-existent. However, cost projections and residual values for decommissioning are requested in order for investors to demonstrate that they will have the resources to handle the dismantling of these infrastructures. Financial guarantees are now required for this purpose. In order to contribute to the development of the wind segment in the country, this work presents a comparative study of values associated to decommissioning, considering its technical, economic and socio-environmental scope. Thus, the analysis took into account the models of decommissioning in other parts of the world, as well as the Brazilian peculiarities. Methodologies to estimate costs and residual values were analyzed and compared to each other. The results indicate that there is a consistent relationship between the values of the initial investment and the economic projection of the disbursement to be made in decommissioning phase of wind farms.

Keywords: Decommissioning. Wind energy. Decommissioning cost. Salvaged value. Useful live. Dismantling value.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 -	Gráfico de projeção de descomissionamento eólico no Brasil.....	23
Ilustração 2 –	Etapas, atividades e subatividades para o desmantelamento de aerogerador.....	30
Ilustração 3 -	Quadro resumo de componentes, materiais e destinação correta de resíduos de aerogerados.....	32
Ilustração 4 -	Quadro comparativo dos requerimentos federais de títulos para descomissionamento.....	34
Ilustração 5 -	Gráfico de participação nos custos de construção de parque eólico onshore.....	41
Ilustração 6 -	Gráfico de evolução dos valores de investimento desde 1989 até 2006 na Dinamarca.....	42
Ilustração 7 -	Quadro de abertura de escopo técnico e grau de obrigatoriedade de descomissionamento.....	48
Ilustração 8 -	Quadro contendo parâmetros técnicos e suas influências no comissionamento e descomissionamento.....	49
Ilustração 9 -	Gráfico de evolução dos custos de descomissionamento em função da quantidade de torres.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Percentagem de participação de materiais em torre eólica DFIG.....	33
Tabela 2 –	Pesos e Percentagem de participação de materiais em torre eólica.....	33
Tabela 3 –	Custos, valores salvos e valores líquidos de descomissionamento no EUA.....	35
Tabela 4 –	Abertura de custos de descomissionamento de parque eólico na Suécia.....	36
Tabela 5 –	Abertura de receitas ou valores salvos de descomissionamento de parque eólico na Suécia.....	37
Tabela 6 –	Cenários e limites mínimos e máximos estatísticos dos custos descomissionamento de parque eólico na Suécia.....	37
Tabela 7 –	Custos e valores residuais estimados de descomissionamento para os cenários.....	38
Tabela 8 –	Custos e valores residuais estimados de descomissionamento para os cenários com impacto da escala na saída do modelo do autor (Vestas V112-3MW)	39
Tabela 9 –	Abertura do Capex e do LCOE de investimento eólico da EUA...	40
Tabela 10 –	Estrutura de custo de uma turbine típica de 2 MW instalada na Europa (base monetária Euro 2006)	42
Tabela 11 –	Comparativo dos Capex de comissionamento nos EUA e na Europa.....	50
Tabela 12 –	Comparativo dos valores e informações técnicas de descomissionamento de parques localizados em Maine, EUA...	52

Tabela 13 –	Comparativo dos valores e informações técnicas de descomissionamento de parques estudados na Suécia.....	54
Tabela 14 –	Comparativo dos impactos dos custos de descomissionamento sobre o Capex.....	56
Tabela 15 –	Comparativo dos impactos dos valores salvos de descomissionamento sobre o Capex.....	57
Tabela 16 –	Dados técnicos de 23 parques eólicos no Brasil.....	59
Tabela 17 –	Dados de custos de comissionamento de 23 parques eólicos no Brasil.....	60
Tabela 18 –	Dados de custos de descomissionamento de 23 parques eólicos no Brasil.....	62
Tabela 19 –	Dados de valores residuais ou salvos projetados de descomissionamento de 23 parques eólicos no Brasil.....	63
Tabela 20 –	Comparativo dos impactos dos custos e valores salvos de descomissionamento sobre o Capex de 23 parques eólicos no Brasil.....	64
Tabela 21 –	Comparativo dos impactos dos custos de descomissionamento sobre o Capex de parques eólicos nos EUA, Suécia e Brasil.....	65
Tabela 22 –	Comparativo dos impactos dos valores salvos de descomissionamento sobre o Capex de parques eólicos nos EUA, Suécia e Brasil.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABBeólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFNOR	<i>Association Française de Normalisation</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo
BAPE	<i>Bureau d'audience publiques sur l'environnement du Quebec</i>
BSI	<i>British Standards Institution</i>
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CPC	Comitê de Pronunciamentos Contábeis
DFIG	<i>Doubly-Fed Induction Generators</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
EWEA	<i>European Wind Energy Associaton</i>
GW	Giga Watts
GWEC	<i>Global Wind Energy Council</i>
IAS	<i>International Accounting Standards</i>
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
IFRS	<i>International Financial Reporting Standards</i>
IHPC	Índice Histórico de Inflação Harmonizada na Eurozona
IPC	Índice de Preço do Consumidor

IPCE	<i>Installation Classée pour la Protection de l'Environnement</i>
ISO	Organização Internacional de Padronização
kW	Quilo Watts
LCOE	<i>Levelized Cost of Energy</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Mega Watts
NBR	Norma Brasileira
ROW	<i>Right-of-way authorization</i>
UHE	Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	
1.1	Motivação, Justificativa e Relevância do Tema.....	13
1.2	Objetivo, Questão Central e Hipótese.....	15
1.3	Metodologia.....	16
1.4	Estrutura Capítular.....	16
2	DESCOMISSIONAMENTO NO BRASIL	
2.1	Descomissionamento de plataformas de petróleo	19
2.2	Descomissionamento de usinas hidrelétrica	20
2.3	Descomissionamento de usinas nucleares	21
2.4	Descomissionamento de parques eólico	22
2.5	Projeção de fim de vida útil dos parques eólicos brasileiros.....	22
3	REVISÃO DA LITERATURA SOBRE DESCOMISSIONAMENTO DE PARQUES EÓLICOS NO MUNDO	
3.1	Normas de Descomissionamento.....	25
3.2	Aspectos técnicos para o descomissionamento de parques eólicos..	28
3.3	Valores do descomissionamento	34
3.4	Valores de investimentos no comissionamento.....	40
4	DESCOMISSIONAMENTO DE PARQUES EÓLICOS NO BRASIL	
4.1	Análise técnica e econômica entre descomissionamento e comissionamento da revisão da literatura	46
4.2	Correlação entre custos e valores residuais do descomissionamento e Capex da revisão da literatura.....	56

4.3.	Dados de alguns parques eólicos brasileiros quanto ao seu Capex...	58
4.4	Custos e valores residuais projetados de descomissionamento dos parques eólicos estudados.....	60
4.5	Resultados comparativos das correlações de descomissionamento e comissionamento.....	64
5	CONCLUSÃO.....	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
	ANEXO A – Definições.....	77

1. INTRODUÇÃO

A crescente participação de parques eólicos na matriz energética do Brasil faz refletir, cada vez mais, sobre os cenários futuros desses parques. Essa preocupação volta-se ao período imediatamente posterior aos 20 anos de produção de energia, correspondente ao prazo dos contratos de fornecimento. Em alguns documentos, como a exemplo dos relatórios anuais da Global Wind Energy Council (GWEC), já começam a aparecer contabilizados o descomissionamento de parques eólicos no mundo.

Apesar de o momento da efetivação do descomissionamento dos parques eólicos no Brasil ainda estar distante, desde o início de sua operação é exigida a contabilização dos custos das desmobilizações em conformidade às normas contábeis brasileiras e internacionais. Valores residuais ou salvos decorrentes da eventual *desimobilização*¹ estão potencialmente associados a um esperado descomissionamento e devem ser analisados em conjunto com os demais custos dessa infraestrutura de geração. Como consequência de tais exigências, análises se fazem necessárias no momento de realizar a avaliação prévia de todo o investimento.

O Brasil ainda não possui um arcabouço de regras, normas e históricos publicados sobre descomissionamento, desimobilização ou desmonte de parques eólicos. Desse modo, torna-se difícil a aplicação da norma de Avaliação da ABNT NBR 14.653 quanto à avaliação dos custos de desimobilização ou desmonte, bem como do valor de reedição dos aerogeradores pelo método comparativo direto de mercado.

1.1. Motivação, Justificativa e Relevância do Tema

A reflexão e análise do descomissionamento de parques eólicos no Brasil se fazem necessárias em decorrência dos seguintes fatores:

¹ O significado de desimobilização e desmobilização é o mesmo. Neste estudo utilizamos a palavra desimobilização pois é a utilizada na norma da ABNT NBR 14.653.

- (i) as terras onde são implantados os parques eólicos normalmente são arrendadas com contrato estabelecido pelo período mínimo de 20 anos² e com cláusula de retirada total ou parcial das instalações após este período;
- (ii) as normas contábeis brasileiras e internacionais exigem que sejam contabilizados através de provisões os custos futuros de desmobilização dos parques, garantindo assim recursos financeiros para seu descomissionamento;
- (iii) as vidas úteis técnicas dos principais equipamentos instalados são iguais ou superiores à 20 anos, possibilitando a continuidade de geração dos parques após esse período. Para esta continuidade, deverá haver investimento na troca de alguns equipamentos;
- (iv) considerando o cenário de descomissionamento e o fato de os principais equipamentos terem vida remanescente técnica considerável, importa estimar o valor destes equipamentos após sua desmontagem, tanto daqueles ainda com potencial de funcionamento, quanto daqueles a serem tratados como sucata.

Tais análises e discussões estão em pleno crescimento em países da Europa e América do Norte que apresentam uma elevada quantidade de parques eólicos *offshore* e *onshore* já instalados. Alguns desses parques encontram-se em produção há 20 anos ou mais. Assim, ao aproximarem-se do final de suas vidas úteis ou contratuais, várias questões referentes à responsabilidade, às normas de descomissionamento, aos seus custos e valores salvos, aos possíveis impactos ambientais começam a ser discutidas a partir de problemas judiciais reais e potenciais em alguns países.

A relevância desta monografia reflete-se na premência do tema e de uma regulação de descomissionamento dedicada à infraestrutura de geração eólica, a medida em que as instalações crescem em número e em anos de vida. Assim, a análise dos aspectos positivos e negativos para os diversos cenários futuros do descomissionamento de parques eólicos insere-se, também, no tema da geração distribuída do Brasil.

² Mesmo período dos contratos de fornecimento dos leilões.

A aplicação deste trabalho será também de interesse para estudos de contabilização dos custos e valores residuais de desmobilização no descomissionamento de parques eólicos. Desse modo, uma análise direcionada para este aspecto será apresentada para contribuir com os estudos voltados à norma de avaliação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 14.653 e ao Comitê de Pronunciamentos Contábeis (CPC) 27 e 25.

1.2. Objetivo, Questão Central e Hipótese

O objetivo principal deste trabalho é oferecer uma forma de se estimar com razoabilidade os custos de descomissionamento de parques eólicos no Brasil, buscando uma relação entre os custos e valores residuais projetados de descomissionamento e seus investimentos iniciais. Para isso, este estudo toma por base a comparação entre o descomissionamento de uma série de parques eólicos no mundo, além de analisar modelos econômicos existentes voltados a essa tarefa, sem deixar de levar em conta algumas peculiaridades brasileiras. Busca-se, assim, chegar a uma relação econômica entre o descomissionamento e o comissionamento de uma determinada infraestrutura de geração eólica.

Associado a esse objetivo principal, os objetivos secundários são:

- (i) analisar tecnicamente a abrangência no descomissionamento; e
- (ii) disponibilizar informações que contribuam para a reflexão de futuras normas, leis, procedimentos e regulação em geral sobre o descomissionamento de parques eólicos no Brasil.

Como questão central, frente a necessidade de um descomissionamento total ou parcial das infraestruturas de geração de energia eólica existentes, indaga-se qual o custo e valor residual do descomissionamento de um parque eólico. Para tanto, a hipótese a ser investigada ao longo do trabalho é de que é possível projetar o custo e valor residual do descomissionamento a partir de seu *Capital Expenditure* (Capex), pois existe uma relação técnica e econômica entre ambos. Naturalmente, exigências sócio-ambientais que variam de região para região devem ser, adicionalmente, levadas em conta.

1.3. Metodologia

Para o desenvolvimento deste estudo, a metodologia utilizada está dividida em cinco partes:

- (i) entendimento do descomissionamento no Brasil;
- (ii) organização e classificação da literatura;
- (iii) análise técnica e econômica apresentada nas literaturas para descomissionamento e comissionamento;
- (iv) análise técnica e econômica de dados de alguns parques eólicos brasileiros selecionados; e
- (v) comparações técnicas e econômicas entre as fases de descomissionamento e comissionamento.

Para este trabalho foram utilizados dados obtidos junto à empresa Vertu Avaliações referentes a parques eólicos brasileiros. Entretanto, como uma parte dessa informação possuía caráter confidencial, foram resguardadas informações tais como nome, local e detalhes técnicos, de sorte se manter a confidencialidade dos investidores. Como alguns destes dados são baseados em informações extraídas de balanços das empresas, foram realizadas pequenas alterações que não impactaram diretamente no resultado da pesquisa realizada.

Como princípio básico de valor presente, os valores em diferentes períodos não podem ser nem comparados nem agregados e necessitam ser trazidos ao mesmo ponto no tempo antes de compara-los (SIMÕES MOREIRA, pg.341, 2017). Desta forma, os valores tratados neste estudo foram corrigidos monetariamente até janeiro de 2017 pela inflação do período e país de origem, conforme detalhado posteriormente. Todas as bibliografias de língua estrangeira tiveram tradução própria.

1.4. Estrutura Capítular

Este trabalho é composto de quatro capítulos além do introdutório. No capítulo 2 são apresentadas as normas de descomissionamento de diversas fontes de energia existentes no Brasil para que possamos refletir sobre o grau de necessidade e profundidade de tê-las para o setor eólico. Ainda neste capítulo, apresentamos o

cenário projetado de final de vida útil técnica e econômica dos parques eólicos no Brasil a partir das instalações existentes e futuras até 2020.

Já no capítulo 3 é feita uma pesquisa e abordagem das normas de descomissionamento de parques eólicos de alguns países. Nele também é realizada uma discussão sobre o grau de interferência das instituições públicas no tema bem como sobre questões técnicas e referências econômicas.

No capítulo 4 foi desenvolvida a pesquisa, aprofundando-se a compreensão técnica e econômica das referências históricas consultadas e dos modelos econômicos apresentados. Analisou-se a relação entre valores do comissionamento e descomissionamento, comparando essa relação com uma série de parques eólicos brasileiros.

No quinto capítulo, além de concluirmos vários pontos abordados nos capítulos anteriores, apresentamos a conclusão sobre a hipótese levantada, as limitações, a principal contribuição do trabalho e a sugestão de futuros tópicos de pesquisa.

2. DESCOMISSIONAMENTO NO BRASIL

O Brasil possui uma matriz energética ampla, sendo que algumas delas tratam de forma normativa o descomissionamento de suas infraestruturas. Dentre essas, destacam-se o descomissionamento de plataformas de petróleo e de usinas nucleares, entre outras. Uma análise das normas existentes brasileiras dá uma diretriz das problemáticas e necessidades associadas à essa regulação. É sobre isso que versa este capítulo.

2.1. Descomissionamento de plataformas de petróleo

Segundo a Energy Way (2017), com a redução do preço do barril de petróleo, novos regulamentos operacionais, a aproximação do término de contratos de concessão e da vida operacional de plataformas de petróleo indicam um cenário de crescimento da demanda de descomissionamento de sistemas de produção de petróleo no Brasil nos próximos anos. A Petrobras vem se preparando para enfrentar esse desafio com a criação de uma estrutura específica e buscando atuar em conjunto com a indústria, universidades e órgãos reguladores de forma a reduzir as incertezas em torno do tema. O descomissionamento da infraestrutura de exploração e produção de hidrocarbonetos (petróleo e gás) envolve atividades em três grandes disciplinas: poços, sistemas submarinos e plataformas.

Podemos citar as resoluções normativas da Agência Nacional de Petróleo (ANP) 27/2006 que trata de regulamento técnico de desativação de instalações na fase de produção, a ANP 17/2015 item 19 que trata de desativação de instalações e a ANP 41/2015 item 26 que trata de descomissionamento e desativação.

Se observarmos a evolução histórica das resoluções normativas da ANP, em 2002 a resolução ANP 25/2002 foi criada para regular o abandono de poços de petróleo, posteriormente em 2006 a tratativa passou a ser uma desativação e no momento se discute não somente a desativação, mas também seu descomissionamento.

A complexidade da instalação e desmantelamento de uma plataforma de petróleo aumenta de acordo com a profundidade da mesma e consequentemente seus custos associados.

Como exposto por Parente et al. (2006) as discussões associadas ao descomissionamento ocorrem intensamente no setor de plataformas de petróleo. Questões como regulamentações, controles, punições, responsabilidades e garantias de recursos financeiros para o descomissionamento das plataformas de petróleo são abordadas publicamente e globalmente visto a quantidade e idade avançada das instalações. No Brasil, a complexidade é maior visto que: aproximadamente 50% das plataformas estão instaladas em profundidades maiores que 400 metros e suas concessões foram dadas à várias empresas de diversos portes econômicos.

Segundo artigo, empresas exploradoras de petróleo necessitam considerar em suas demonstrações financeiras os custos dos passivos associados ao cumprimento das obrigações do descomissionamento. Cuidados quanto as estimativas destes custos devem ser tomados: custos estimados devem atender o ex post lembrando que eles impactam no resultado presente da empresa. Quanto maior a estimativa de custos de descomissionamento, menores os resultados e impostos associados. Em alguns países a dedução presente da reserva de gasto futuro não é permitida para não incentivar as empresas a superestimar as despesas futura para obtenção de benefícios iniciais. A indústria do petróleo tem um perfil de fluxo de caixa peculiar, o que torna mais difícil a questão quanto a dedutibilidade ex ante das despesas ex poste. Em alguns países os custos de descomissionamento é dividido com o governo e a empresa e as taxas de dedução variam significativamente.

Temos duas questões maiores neste setor: o tratamento fiscal das despesas de descomissionamento e o rastreamento de responsabilidades devido a demarcação de passivos potenciais se um projeto *offshore* mudar de responsáveis durante sua vida útil.

2.2. Descomissionamento de usinas hidrelétricas

Foram pesquisadas em agosto de 2017 normas técnicas, notas técnicas ou resoluções normativas junto a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a

Empresa de Pesquisa Energética (EPE) quanto a desativação, desmobilização, desmonte ou descomissionamento de usinas hidrelétricas. A única citação quanto a desativação de usinas hidrelétricas encontrada foi na Nota Técnica da EPE DEN 03/08 Considerações sobre Repotenciação e Modernização de Usinas Hidrelétricas.

Esta nota técnica aborda o interesse em se repotenciar as usinas hidrelétricas existentes como alternativa de expansão de oferta de energia hidrelétrica no Brasil. Ela coloca como opção: a desativação, o reparo e prosseguimento operacional, a reconstrução ou a restauração. No caso da restauração, ela pode ser repontializada ou não, ou ainda pode ser considerada uma modernização se houver novas tecnologias para automação.

2.3. Descomissionamento de usinas nucleares

Analisando o setor de geração nuclear brasileiro, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) possui duas normas técnicas associadas ao descomissionamento das usinas nucleares: norma CNEN NN 9.01 (novembro/2012) e a norma CNEN NN9.02 (outubro/2016).

A CNEN NN 9.01 Descomissionamento de usinas nucleoeletricas, trata de regras de responsabilidades, autorizações, estratégias, planejamento, recursos financeiros e execução de descomissionamento total ou parcial.

A CNEN NN 9.02 Gestão dos Recursos Financeiros Destinados ao Descomissionamento de Usinas Nucleoeletricas complementa a norma CNEN NN 9.01 quanto a gestão adequada dos fundos necessários para garantir o descomissionamento seguro e a gerência dos rejeitos radioativos.

Observamos que estas normas foram criadas devido aos riscos operacionais e aos passivos ambientais deste tipo de fonte de energia.

Segundo a Eletrobrás Eletronuclear (2017) a Usina Nuclear de Angra 1 entrou em operação comercial em 1985. Em 2009 teve seus geradores de vapor trocados, ou seja, 24 anos após o início de sua operação. Esta troca aumentou em mais 20 anos a vida útil da usina com final de sua vida útil prevista atualmente para 2029.

Mesmo a usina estando com 32 anos de vida comercial e tendo passado por descomissionamento parcial³, a norma referente a descomissionamento no Brasil foi criada somente em 2012.

2.4. Descomissionamento de parques eólicos

Em consulta ao site da ANEEL, nenhuma norma técnica ou manual de procedimentos específicos referente a descomissionamento, desmobilização, desativação, desmonte ou sucateamento de parques eólicos foi localizado.

A resolução normativa da ANEEL 390/2009⁴ aborda no artigo 12 o procedimento documental para mudança na potência instalada do parque eólico. Este procedimento não difere do procedimento de entrada em operação.

Não foi localizado no site da ABNT nenhuma norma ABNT, ISO, IEC, BSI ou AFNOR quanto a descomissionamento, desmobilização, desativação, desmonte ou sucateamento de parques eólicos.

2.5. Projeção de fim de vida útil dos parques eólicos brasileiros

Segundo relatório de ABEEólica (DADOS, 2017), no início do mês de julho de 2017, a Matriz Elétrica Brasileira possuía uma capacidade eólica instalada de 11,38 GW (parques aptos a operar, em operação e em teste) constituindo uma participação dessa fonte na matriz brasileira de 7,4%. Em maio de 2017 a geração de energia eólica medida no centro de gravidade foi de 3,62 GW médios⁵.

Até 2020 está previsto um total de 744 parques eólicos instalados com uma capacidade total acumulada de 17,97 GW⁶.

Ainda segundo a ABEEólica (2017) as capacidades instaladas estão assim divididas por estados: RN com 109 parques (3,01 GW instalado), BA com 73 parques (1,90 GW

³ Troca de geradores

⁴ Esta resolução substituiu a resolução 112/99.

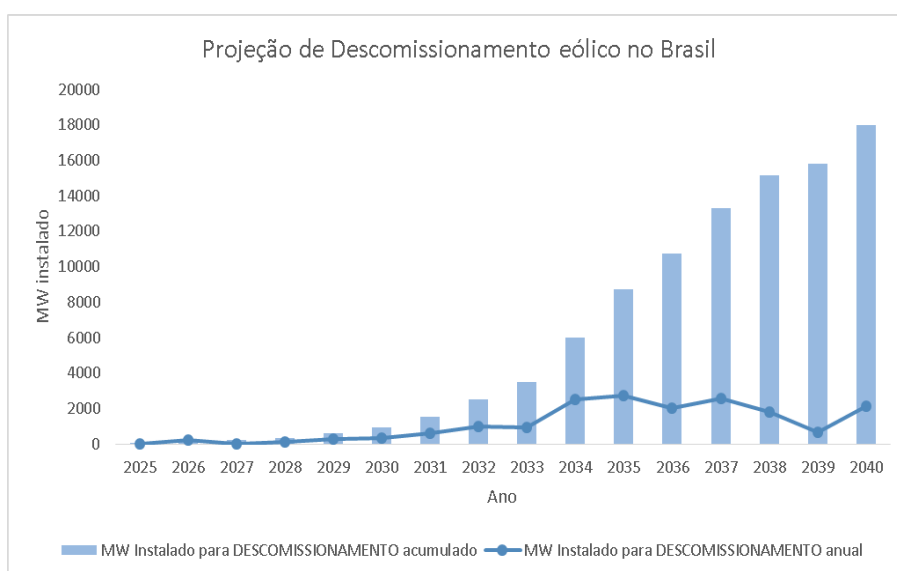
⁵ 3,75 GW no ponto de conexão.

⁶ Inclui 1,8 GW de empreendimentos parados por problemas diversos.

instalados), RS com 66 parques (1,57 GW instalados), CE com 59 parques (1,56 GW instalados), PI com 28 parques (0,80 GW instalados), PE com 27 parques (0,59 GW instalados), SC com 14 parques (0,24 GW instalados), PB com 13 parques (0,07 GW instalados) e SE/ RJ/ PR com 3 parques no total (0,065 GW instalados).

Baseado em dados coletados de parques eólicos instalados e projeção de instalação até 2020 e considerando a vida útil técnica e econômica dos parques eólicos de 20 anos, temos a seguinte projeção de descomissionamento no Brasil, sendo 80% aproximadamente no Nordeste:

Ilustração 1- Gráfico de projeção de descomissionamento eólico no Brasil



Fonte: Elaboração própria do autor com dados da ABEEólica (2017)

Observando os históricos em outros países e as argumentações de Paul Gipe (Wind,2012), se houver no país empresas estruturadas para desmontarem os parques eólicos e gerar resíduos recicláveis (sucata), não somente os custos finais de descomissionamento seriam baixos, como poderiam até ter um saldo positivo. Sendo este um negócio potencialmente lucrativo para a “demolidora.”

3. REVISÃO DA LITERATURA SOBRE DESCOMISSIONAMENTO DE PARQUES EÓLICOS NO MUNDO

Acompanhando o histórico de instalações de parque eólicos no mundo, o descomissionamento segue a mesma trajetória. Os primeiros países que voltaram suas políticas públicas para o incentivo de instalações de parques eólicos são também os países que já vivem a realidade e necessidade de desmonta-los.

Num amplo, mas não exaustivo estudo, mostramos o cenário de alguns países quanto a este tema. Abordando a seguir alguns aspectos das normas existentes de descomissionamento de parques eólicos *onshore* e suas problemáticas associadas. Abordaremos também questões técnicas e econômicas.

3.1. Normas de Descomissionamento

Uma análise comparativa entre o descomissionamento do setor de exploração petrolífera convencional (*onshore*) e parques eólicos nos EUA foi realizada por Changala et al. (2012). É mostrada a importância de criação de fundos, privados e/ou públicos, para garantir o descomissionamento e a necessidade de regulamentação das responsabilidades e obrigações envolvidas. O cuidado em não haver desproporcionalidade entre os setores de energia sobre este tema é exposto.

Nos EUA os estados com alto potencial eólico são quase os mesmos explorados pelo setor petrolífero convencional: Arizona, California, Colorado, Idaho, Montana, Nevada, Novo México, Oregon, Utah, Washington e Wyoming⁷.

Em 2010⁸ os estados americanos que possuíam regulamentação de descomissionamento de parques eólicos, com ou sem exigência de calções, eram: Hawaii, Indiana, Maine, Minnesota, Nova York, Dakota do Norte, Ohio, Oregon, Dakota do Sul e Vermont.

⁷ Para o setor petrolífero convencional, adicionar o estado do Alaska.

⁸ Em 2015 o estado de Oklahoma aprovou sua norma.

Os estados que não possuem normas sobre este tema, aplicam judicialmente as condições entre arrendadores e arrendatários, e os que possuem normas sem caução utilizam ordem local de descomissionamento. Segue alguns exemplos: Chautauqua (NY), Clay (MN), Fillmore (MN), Hyde Country (NC), Huron (MI), Pike Country (IL), Riley Country (KS), Redwood (MN), Shawano (WI), Salano (CA), Vermilion (IL) entre outros.

Entre as normas de descomissionamento norte americanas, existem diferentes graus de precisão e detalhamento quanto a sua definição. Em algumas é precisa a profundidade de retirada de fundações e recuperação da superfície do solo, outras inclui a responsabilidade sobre a recuperação vegetal e animal.

Ainda segundo o artigo, regulamentos de descomissionamento da Dakota do Norte diz que o procedimento de descomissionamento de parques eólicos inclui: desmontar e remover todas as torres, turbinas geradoras, cabos de transmissão, cabos enterrados, fundações, edificações, equipamentos auxiliares, material superficial das estradas e restaurar as áreas ocupadas de forma substancialmente similar à condição anterior da construção do parque. Já a norma da Dakota do Sul precisa que o procedimento de descomissionamento inclui a restauração da topografia do local, assim como a restauração da superfície e recuperação dos recursos naturais.

Segundo Stripling (2016) para se criar regulamentação de descomissionamento algumas etapas, primeiramente óbvias, devem ser discutidas e construídas como:

- (i) determinar quais eventos devem causar o descomissionamento: abandono, final da vida útil técnica ou econômica, final do contrato de concessão;
- (ii) definir requisitos mínimos específicos a serem cumpridos para dizer que o descomissionamento ocorreu;
- (iii) determinar prazos de cumprimento destes requisitos;
- (iv) discutir a permissão de adoção entre arrendatários e arrendadores de acordarem requisitos e prazos mais rigorosos;
- (v) analisar se as especificidades de um determinado terreno ou as atividades do proprietário das terras podem exigir medidas adicionais de descomissionamento;
- (vi) especificar quem é o responsável pelo descomissionamento;

- (vii) discutir a exigibilidade ou não de caução financeira para o descomissionamento e a abrangência dela quanto a custos e valores residuais dos bens.

Na Suécia existe exigência de caução financeira para o descomissionamento, que constantemente aumenta ao longo do tempo (McCARTHY, 2015). Apesar da existência, há falta de diretrizes e normas claras para os níveis de desmonte e restauração da área. Esta falta causa ambiguidade, tanto para os proprietários dos parques eólicos e terras como para as autoridades responsáveis.

A lei 2003-8 de 3 de janeiro de 2003, relativa aos setores de gás e de eletricidade e serviço público de energia da França, confirma através do artigo 59 que o explorador de uma instalação produtora de eletricidade a partir de energia mecânica do vento é responsável pelo seu desmantelamento e a recuperação do local ao final de sua exploração. Durante sua exploração, ele deve constituir garantias financeiras necessárias dentro das condições definidas por decreto do Conselho do Estado.

Desde 2011 parques eólicos na França dependem do regime de instalação classificada para a proteção ambiental⁹. O IPCE compromete o proprietário da terra a desmontar as instalações e a recuperar seu terreno em caso de falência do explorador ou eventual sucessor.

Segundo o escritório de audiências públicas ambientais do Quebec – Canada¹⁰ (BAPE) o projeto de um parque eólico é aprovado por decreto do governo que fixa as condições aplicáveis para o descomissionamento. O empreendedor é responsável pelo desmantelamento no prazo de 2 anos após a parada do parque; os custos são somente de sua responsabilidade, devem ser garantidos junto as entidades no momento oportuno e a prova do modo de financiamento destes custos deve ser apresentada ao obter a certificação e autorização para o início comercial do parque. Se considerarmos os princípios jurídicos do direito ambiental no Brasil, a Lei nº 6.938/1981, obriga o poluidor a pagar a poluição que pode ser causada ou que já foi causada (SIMÕES MOREIRA, pg. 359, 2017).

⁹ *Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE).*

¹⁰ *Bureau d'audience publiques sur l'environnement du Quebec (BAPE)*

3.2. Aspectos técnicos para o descomissionamento de parques eólicos

Questões técnicas são analisadas por diversos pesquisadores e especialistas na área. Vão desde a complexidade e amplitude que engloba o descomissionamento, passando por processos, técnicas, logística reversa até a destinação final dos resíduos oriundos do mesmo.

Stripling (2016) apresenta um cenário americano que possui um histórico negativo quanto a descomissionamento de torres eólicas originárias da primeira “ onda “ de parques eólicos (1980 à 1986). O parque eólico de Kamoia¹¹ foi comissionado em 1987 com 60 torres Mitsubishi. Dois grandes problemas levaram a empresa a ter suas instalações canibalizadas e abandonadas: Mitsubishi parou de fabricar turbinas antigas e o parque foi comprado. Em 2000 ele começou a desligar algumas torres em prol técnico de outras; em 2004 foi vendida; em 2006 o parque saiu de operação; em 2012 o parque eólico foi desmontado com um custo total estimado de 1 milhão de dólares americanos e uma receita de 300 mil dólares da venda de sucata do parque¹².

A segunda onde iniciou-se em 2000 até os dias atuais. A grande diferença técnica entre as duas ondas, é a escala do tamanho das torres eólicas: o diâmetro do rotor médio atualmente é de 100 metros contra 15 metros na década de 80, e a altura máxima atual de 190 metros. O tamanho atual das turbinas torna mais complexo o desmonte dos parques existentes, como apresentaremos no capítulo quatro deste estudo.

Segundo Stripling (2016) não há processo standardizado de desmonte de turbinas eólicas. O maior componente a ser removido é a turbina propriamente dita, que envolve essencialmente o processo inverso da instalação e requer muitos dos mesmos equipamentos, incluindo o guindaste. O desmonte da turbina consiste em remover: as pás, a nacelle e a torre; separação no local dos módulos e transporte para aproveitamento do material ou partes. O maior desafio é a remoção da fundação da torre eólica que pode possuir a profundidade de 8 a 16 metros.

¹¹ Localizado no Hawaii, EUA.

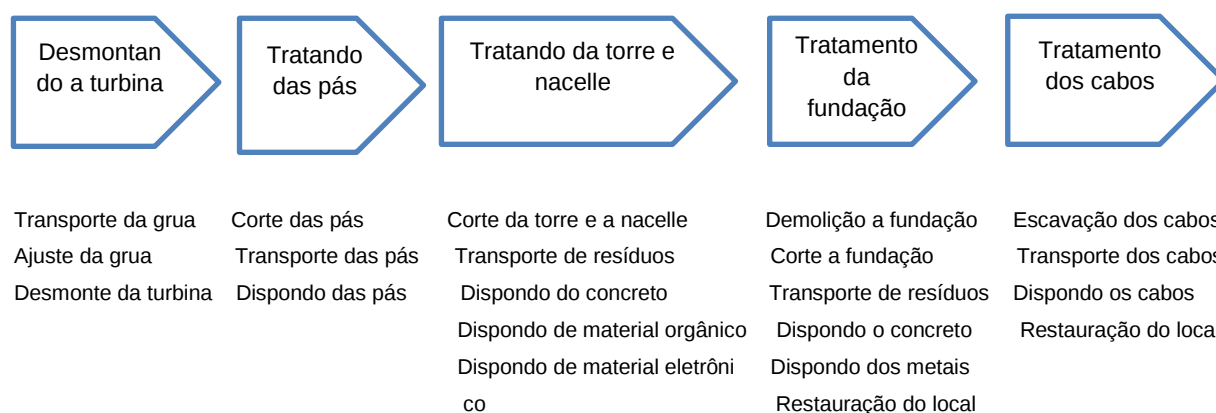
¹² Valores estimados na época.

Implementações de procedimento, como realizado na Escócia, são necessários. Welstead et al (2013) criou um relatório de pesquisa e diretriz quanto a restauração e descomissionamento de parques eólicos *onshore* em seu país. Ele aborda de forma direcionada e detalhada o planejamento, perspectiva, impactos, mitigação, monitoramento do descomissionamento, além das opções de destino dos resíduos e equipamentos no final da vida útil das instalações. A amplitude de descomissionamento engloba não somente as torres eólicas, mas todas as instalações associadas como subestação, edificações e linhas de transmissão. Esta amplitude será analisada no item 4.1 deste estudo.

Perez e Rickardsson (2008) desenvolveram um modelo econômico de descomissionamento na Suécia. O perímetro técnico ou escopo, foi definido entrevistando autoridades locais. As definições técnicas do processo de descomissionamento e coleta das características das torres foram obtidas junto a experts e dados coletados. Os dados coletados foram analisados para obtenção das variáveis de custos e valores salvos e como elas são afetadas pelas características dos aerogeradores. O modelo foi desenvolvido, testado e análise de sensibilidade foi estabelecida. Uma vez o modelo estabelecido, análises foram realizadas para identificar como a previsão futura de custos e valores salvos podem ser afetadas pelos futuros desenvolvimentos.

Colocam de forma detalha as etapas, atividades e sub-atividades para o desmantelamento, sendo elas:

Ilustração 2 - Etapas, atividades e subatividades para o desmantelamento de aerogerador.



Fonte: Pérez & Rickardsson (2008).

Como é abordado em seu estudo, é opcional algumas atividades como o tratamento da fundação e dos cabos. O descomissionamento da subestação elevadora não é abordado em seu modelo nem a retirada das torres de transmissão¹³.

O modelo considera treze parâmetros influentes: a localização, número de aerogeradores, peso da nacelle, se há ou não gearbox, peso do hub, tipo de torre, peso da torre, peso das pás, peso ou volume da fundação, tipo da fundação, distância entre o parque e a conexão com a rede, tipo dos cabos externos e peso dos cabos externos. São criados 4 cenários com escopos diferentes de descomissionamento: cenário 1 somente aerogeradores, cenário 2 aerogeradores e fundação, cenário 3 aerogerador, fundação e linha de transmissão de média tensão e cenário 4 aerogerador, fundação e linhas de transmissão de média e alta tensão. Ele considera não somente os custos das atividades, mas também as receitas oriundas dos materiais residuais, ou seja, valores salvos.

McCarthy (2015) utiliza como base as etapas de descomissionamento técnico de Pérez & Rickardsson (2008) e aplica o modelo da empresa Nordisk Vindkraft testado em 7 cenários de parques eólicos da Suécia. Ele considerado em seu trabalho a existência de mercado de compra de sucata.

¹³ Analisando o sistema elétrico na Suécia (CARACTERÍSTICAS, 2014) observamos que 60% da sua linha de transmissão é subterrânea, elucidando a não abordagem das torres.

A questão de reciclagem dos materiais das torres eólicas é abordada. Segundo estudos citados o modelo de reciclagem existente para este setor é de ciclo aberto, ou seja, são destinados para outros propósitos e não são retornados para a cadeia de produção da torre (ciclo fechado). Os metais que são reciclados e reutilizados são: aço, cobre, elementos magnéticos e fibra de vidro.

A realização de reciclagem fechada foi identificada como tendo a capacidade de reduzir o consumo total de recursos globais e ajudar a mitigar mudanças inesperadas do mercado, como a falta de oferta. Com um crescente custo de mercado desses materiais críticos, uma abordagem de remanufatura é vista como um meio de contribuir para a sustentabilidade a longo prazo da indústria eólica.

Foi apontada a necessidade de desenvolver a logística reversa para os componentes, tanto quanto ao transporte como para a qualidade e destino dos materiais.

Em seu trabalho sobre logística reversa do descomissionamento, Tadano (2016) resume os componentes, materiais e destinação ambiental correta destes resíduos:

Ilustração 3: Quadro resumo de componentes, materiais e destinação correta de resíduos de aerogerados.

Componente	Material	Destinação (disponível no Brasil)
Pás eólicas e <i>nouse</i> (cubo)	Fibra de Vidro	<u>Reutilização</u> - <i>retrofit</i> ; playground; móveis; arquitetura; recife artificial. <u>Reciclagem</u> - agregado de concreto reciclado (fase de estudo). <u>Recuperação energética</u> - URE; Coprocessoamento; <u>Disposição</u> - aterro sanitário industrial
<i>Nacelle</i> e <i>Hub</i>	Aço	<u>Reutilização</u> - <i>retrofit</i> . <u>Reciclagem</u> - empresas recicladoras de sucata . <u>Recuperação energética</u> - pouco provável por causa de seu alto valor agregado <u>Disposição</u> - pouco provável por causa de seu alto valor agregado
Equipamentos do aerogerador e subestação (gerador, transformador, eixo principal, caixa de engrenagem, painel, disjuntores, etc.)	Aço, Ferro, Alumínio, Cobre, Polímeros, Cerâmica, Vidro, Componentes elétricos, eletrônicos e magnéticos, óleo isolante, óleo lubrificante	<u>Reutilização</u> - <i>retrofit</i> ; SF₆ - Reutilização em novos equipamentos <u>Reciclagem</u> - empresas recicladoras de sucata, cerâmica e vidro; empresa especializada em refino de óleo . <u>Recuperação energética</u> - pouco provável por causa de seu alto valor agregado <u>Disposição</u> - pouco provável por causa de seu alto valor agregado
Torre, Fundação e Prédios (almoxarifado, portarias e <i>facilities</i>)	Concreto armado, peças pré-moldadas e entulho	<u>Reutilização da torre</u> - <i>retrofit</i> ; recife artificial; quebra-mar. <u>Reciclagem do entulho</u> - concreto reciclado <u>Recuperação energética</u> - não inflamável <u>Disposição</u> - proibida por lei (CONAMA 307/2002)

Fonte: Tadano, A. (2016).

O estudo de Andersen (2015) aborda de forma técnica e detalhada a questão da composição de materiais existentes nos parques eólicos da Suécia e o fluxo de análises que deveriam seguir e impacto presente e futuro da sucata. Apesar deste estudo ser focado na predominância de torres de marca Vestas e Enercon¹⁴, traz uma referência importante sobre este tema.

Utilizando metodologia e dados apresentados, ele calcula a fração média, mínima e máxima de material por turbina conforme abaixo:

¹⁴ Em 2016 a Enercon foi adquirida pela empresa Wobben

Tabela 1 - Percentagem de participação de materiais em torre eólica DFIG.

DFIG	HUB E MOTOR			TORRE			NACELLE		
	MIN.	MÉDIA	MAX.	MIN.	MÉDIA	MAX.	MIN.	MÉDIA	MAX.
AÇO	0%	7%	14%	96%	98%	100%	41,00%	49%	54%
FERRO	13%	27%	41%	0%	0%	0%	36,00%	40%	47%
ALUMINIO	0%	0%	0%	0%	1%	2%	0,00%	1%	3%
COBRE	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2,00%	4%	8%
MATERIAL DAS PÁS	58%	66%	87%	0%	1%	2%	5,00%	6%	8%
ELETRÔNICOS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,60%	0,6%	0,6%

Fonte: Andersen. (2015)

É importante observar que em seu trabalho ele aborda somente instalações de torres eólicas com a torre em aço e não em concreto ou mista. Ele não aborda a subestação elevadora nem tão pouco a transmissão das torres para a subestação elevadora (baixa tensão) e da subestação até o bay de conexão da distribuidora (média/alta tensão).

Já Ortegon, Nies e Sutherland (2013) apresentam em seu artigo um quadro resumo contendo informações de diversas fontes, entre elas dados de peso e participações dos materiais:

Tabela 2 - Pesos e Percentagem de participação de materiais em torre eólica.

Componentes de uma turbina típica de 2 MW	Participação no custo ex-works	Peso (kg)	Participação sobre o peso (%)	Participação dos materiais sobre o peso (%)						
				Aço	Aluminio	Fibra de vidro	Resina	Silica	Cobre	Concreto
Torre	26,30%	143.000	65%	98%						2%
Nacelle	1,40%	2.000	1%	99%			1%			
Hub	4,00%	13.310	6%	100%						
Pás	22,20%	19.500	9%	2%		78%	20%			
Nariz	1,20%	310	0%			40%	60%			
Transformador	8,60%	500	2%	67%				3%	30%	
Gerador	3,40%	6.500	3%	65%					35%	
Gearbox	12,90%	16.000	7%	96%	2%				2%	
Armação	4,50%	10.500	5%	85%	9%	3%				
Eixo principal	3,20%	5.100	2%	100%						
Outros	12,00%	-								

Fonte: Ortegon, K. et al.(2013).

3.3. Valores do descomissionamento

Paul Gipe (Wind,2012), autor de muitos livros sobre energia eólica, expõe que após o período de 20 a 30 anos não há razão de descomissionar um parque eólico. Há a possibilidade de substituição ou renovação das turbinas por outras de novas tecnologias e com custos mais baixos. O maior atributo da energia eólica é sua sustentabilidade. Ele ressalta a necessidade de haver garantias de que os custos de remoção das instalações estejam ao alcance financeiro das empresas responsáveis.

Nas terras federais norte americanas arrendadas para a exploração de petróleo ou para geração eólica, existem exigências de calções¹⁵ (CHANGALA,2012). Como podemos observar, elas são desproporcionais entre os 2 setores:

Ilustração 4 - Quadro comparativo dos requerimentos federais de títulos para descomissionamento.

Recurso	Momento do requerimento	Valor mínimo do título	Definido em: Formas de aceite do título
Oleo e Gás	Título exigido na permissão para perfurar	Título independente: \$ 10,000 Título estadual: \$ 25,000 Título nacional: \$ 150,000	1960 Título caução, garantia de terceiros de empresa 1951 privada seguradora, ou título pessoal acompanhado 1951 de cheque do caixa ou título do governo.
Vento	Autorização do ROW	\$ 10,000 / turbina	2010 Dinheiro, cheque ou certificado do caixa, título do governo ou título caução.

Fonte: Changala, D. et al (2012)

Já nas áreas arrendadas de proprietários privados, segundo o artigo, os custos de descomissionamento são: de US\$ 11.000 à US\$ 50.000 por torre eólica e de US\$ 13.000 à US\$ 100.000 por poço.

Os custos reais de descomissionamento variam em decorrência de diferentes técnicas e dos locais instalados (WIND ENERGY'S...,2016). Uma regra geral não pode ser adotada sem levar em conta estas diferenças. Infelizmente não há nenhum documento público que possua histórico destes custos, porém algumas estimativas de custos são publicadas como as apresentadas por Ferrell e DeVuyst (2013)

¹⁵ Bond requirements

Tabela 3 - Custos, valores salvos e valores líquidos de descomissionamento no EUA.

Projeto	Custo estabelecido de descomissionamento / turbina	Valor salvo de descomissionamento / turbina	Excedente líquido (custo)/ turbina
Maine - Hancock Wind Project	\$ 139.335	\$ 84.047	\$ -55.288
Maine - Canton Mountain Wind Project	\$ 128.000	\$ 79.729	\$ -48.271
Maine - Record Hill Wind Project	\$ 148.600	\$ 133.658	\$ -14.942
Maine - Spruce Mountain Wind Project	\$ 117.000	\$ 90.268	\$ -26.732
Maine - Rollins Wind Project	\$ 651.725	\$ 631.875	\$ -19.850
New York - Stony Creek Wind Farm	\$ 27.285	\$ 9.791	\$ -17.494
New York - Bell mont Wind Park	\$ 56.600	\$ 43.000	\$ -13.600
South Dakota - Buffalo Ridge II	\$ 90.805	\$ 79.355	\$ -11.450
New York - Hounsfield Wind Farm	\$ 45.000	\$ 46.000	\$ 1.000
West Virginia - Pinnacle Wind Power Project	\$ 120.600	\$ 122.145	\$ 1.545

Fonte: Ferrell & DeVuyst (2013)¹⁶ e Stripling (2016)¹⁷

Ortegon et al. cita em seu artigo (2013) os mesmos custos e valores salvos para os projetos de Record Hill, Spruce Mountain e Buffalo Ridge II. Porém ele acrescenta que estão inclusos no descomissionamento a mobilização e desmobilização do guindaste, o desmonte e remoção das torres eólicas, o transporte de seus resíduos, a remoção dos equipamentos elétricos, a demolição de suas fundações e recuperação do solo. No item 4.1 aprofundamos no escopo técnico de algum destes parques eólicos.

O valor final líquido acima apresentado é a diferença entre o custo de descomissionamento e o valor residual dos bens (equipamentos e metais) que geram receita no descomissionamento.

A grande diferença que se tem na estimativa destes custos e receitas é em decorrência da abrangência de cada valor: se inclui ou não subestação elevadora, linha de transmissão, fundação e seu grau de retirada em profundidade. Além de como se avalia o valor residual: sucata de metal e/ou equipamento em funcionamento. O valor residual dos bens varia em decorrência do mercado local onde se encontra a instalação e da qualidade do material.

Dos treze parâmetros técnicos, Perez e Rickardsson (2008) considera em sua conclusão, os três mais importantes. São eles: *localização dos aerogeradores, material da torre e o escopo do descomissionamento*. Ressaltam ainda que a

¹⁶ : Os valores apresentados da Rollins Wind Project são para a totalidade do parque eólico e não por turbina. Ferrell e DeVuyst (2013) apontam não terem a informação da quantidade de aerogeradores.

¹⁷ Stripling adicionou dados de Hancock Project de 2014.

tendência da indústria de aerogeradores mostra que estes três parâmetros estão se desenvolvendo de uma maneira que aumentam os custos de descomissionamento. Acrescentam ainda que é arriscado afirmar que as receitas oriundas dos valores residuais possam cobrir os custos do descomissionamento, pois os preços dos metais flutuam.

Os custos estimados calculados pelo modelo são:

Tabela 4 - Abertura de custos de descomissionamento de parque eólico na Suécia.

Detalhamento custos de descomissionamento parque eólico com 10 torres V 82 1.65 MW		Despesa parque 10 torres		Despesa por torre	
Geração	<i>Desmonte da turbina</i>	-SEK	3.095.000	-SEK	309.500
	transporte do guindaste	SEK	117.000	SEK	11.700
	montagem do guindaste	SEK	1.750.000	SEK	175.000
	desmonte da turbina	SEK	500.000	SEK	50.000
	corte torre e nacelle	SEK	416.000	SEK	41.600
	corte das pás	SEK	42.000	SEK	4.200
	transporte das pás	SEK	81.000	SEK	8.100
	tratando dos resíduos das pás	SEK	189.000	SEK	18.900
	<i>Demolição da fundação</i>	-SEK	1.585.000	-SEK	158.500
	demolição da fundação	SEK	1.410.000	SEK	141.000
Transmissão até o ponto de conexão	restauração da área da fundação	SEK	175.000	SEK	17.500
	<i>Desmonte da linha de transmissão entre torres e subestação elevadora</i>	-SEK	832.500	-SEK	83.250
	escavação e retirada dos cabos	SEK	832.500	SEK	83.250
	<i>Desmonte da linha de transmissão até conexão</i>	-SEK	9.250.000	-SEK	925.000
	escavação e retirada dos cabos	SEK	9.250.000	SEK	925.000

Fonte: Perez e Rickardsson (2008)

Já as receitas estimadas calculadas pelo modelo são:

Tabela 5 - Abertura de receitas ou valores salvos de descomissionamento de parque eólico na Suécia.

Detalhamento receitas dos resíduos de descomissionamento de parque eólico com 10 torres V 82 1.65 MW		Receitas parque 10 torres		Receitas por torre	
Geração	<i>Desmonte da turbina</i>	SEK	3.325.140	SEK	332.514
	valor disponível de sucata do aço	SEK	2.590.740	SEK	259.074
	valor disponível do aço inox	SEK	561.000	SEK	56.100
	valor disponível do cobre	SEK	295.800	SEK	29.580
	valor disponível de outros resíduos	-SEK	122.400	-SEK	12.240
	<i>Desmonte da linha de transmissão entre torres e subestação elevadora</i>	SEK	57.780	SEK	5.778
	valor disponível de sucata dos cabos	SEK	57.780	SEK	5.778
Transmissão até o ponto de conexão	<i>Desmonte da linha de transmissão até conexão</i>	SEK	10.272.000	SEK	1.027.200
	valor disponível de sucata dos cabos	SEK	10.272.000	SEK	1.027.200

Fonte: Perez e Rickardsson (2008)

É ainda apresentado no estudo os limites máximos e mínimos calculados estatisticamente considerando os parâmetros que impactam os valores no descomissionamento:

Tabela 6 - Cenários e limites mínimos e máximos estatísticos dos custos descomissionamento de parque eólico na Suécia.

Custos de diferentes cenários de descomissionamento de parque eólico com 10 torres V82 1.65 MW	Valor mínimo / torre		Valor máximo / torre	
Cenário 1: somente turbinas são descomissionadas	SEK	304.000	SEK	322.000
Cenário 2: as turbinas e suas fundações são descomissionadas	SEK	454.000	SEK	480.000
Cenário 3: as turbinas, fundações e cabos internos são descomissionados	SEK	532.000	SEK	563.000
Cenário 4: as turbinas, fundações, cabos internos e cabos externos são descomissionados	SEK	1.403.000	SEK	1.488.000

Fonte: Perez e Rickardsson (2008)

Já no trabalho de McCarthy (2015) diferentes cenários foram analisados: com ou sem fatores como inflação, flutuações nos preços dos metais, efeito aprendizagem, etc. O

melhor cenário foi baseado na inclusão de efeitos de aprendizagem e excluindo flutuações. A falta de experiência na área, a dificuldade em prever o futuro e a falta de conformidade nos regulamentos foram as maiores áreas de preocupação de acordo com as consultadas nas entrevistas realizadas por ele. No entanto, houve uma suposição compartilhada por muitos: o valor da sucata cobriria todos os custos de desmantelamento. O efeito aprendido influencia na otimização dos custos de descomissionamento ao longo do tempo.

Ele calcula os custos de descomissionamento e ganho com a venda das sucatas, baseado no modelo criado pela Nordisk Vindkraft para a Inglaterra e ajustado para a Suécia levando em consideração o trabalho de Pérez e Rickardsson (2008). Os dados utilizados são compostos por quatro componentes: valor residual dos materiais, custos civil, custos elétricos e custos das turbinas. Este modelo foi testado por ele em sete cenários de parques eólicos da Suécia.

Foi realizado estudo histórico de valores de sucata por tipo de material. Todas as estradas novas ou melhoradas são deixadas no local; todos os cabos de transmissão são retirados; as fundações são retiradas a uma profundidade de 0,3 metros da superfície e a área coberta; a subestação é desmobilizada e retirada. Custos das turbinas foram realizados com valores de mão de obra e locação de equipamentos conforme dados da empresa.

Cenários foram criados considerando modelo de turbina, potência instalada, altura do hub e quantidade de torres:

Tabela 7 - Custos e valores residuais estimados de descomissionamento para os cenários.

Cenário	Turbina	Quantidade	Custo de descomissionamento por turbina (SEK)	Valor residual por turbina (SEK)
1	Vestas V112 - 3MW	13	SEK 478.950	SEK 228.360
2	Nordex N117 - 2.4 MW	35	SEK 405.400	SEK 213.120
3	Siemens SWT 107 - 3.6 MW	8	SEK 445.460	SEK 205.030
4	Vestas V82 - 1.65 MW	20	SEK 351.260	SEK 100.735

Fonte: Mc Carthy (2015)

Tabela 8: Custos e valores residuais estimados de descomissionamento para os cenários com impacto da escala na saída do modelo do autor (Vestas V112-3MW).

Cenário	Turbina	Quantidade	Custo de descomissionamento por turbina (SEK)	Valor residual por turbina (SEK)
5	Vestas V112 - 3MW	8	SEK 501.450	SEK 218.348
1	Vestas V112 - 3MW	13	SEK 478.950	SEK 228.360
6	Vestas V112 - 3MW	20	SEK 446.380	SEK 222.330
7	Vestas V112 - 3MW	35	SEK 428.950	SEK 222.480

Fonte: Mc Carthy (2015)

A consideração ou não de receitas originárias do descomissionamento é um ponto importante da contabilização do valor final de descomissionamento. Os economistas consultados durante a construção do Oklahoma Wind Energy Act reconhecem o ganho com a venda do valor residual dos bens dos parques eólicos. A tal ponto que mostram a importância da exigência regulamentar e financeira do descomissionamento completo e não parcial visto que os empreendedores podem se interessar em desmontar somente bens com baixo custo e alto valor residual, como: os cabos, torres e geradores; e deixar os bens de alto custo e baixo valor residual, como: fundações e recuperação de áreas (STRIPLING, 2016).

O ato prevê que para as instalações que começaram a gerar energia após 31 de dezembro de 2016, a segurança financeira de descomissionamento (caução) deve ser no valor de 125% da estimativa do custo total do desmonte menos o valor de residual de venda dos bens conforme estimado por um engenheiro habilitado.

E se a exemplo de Portugal, ao final da vida útil de um parque eólico ele fosse desmantelado parcialmente, renovando as torres geradoras e readequando o restante das instalações às novas potências, tecnologias e exigências técnicas?

No final de 2011 Ambigroup foi responsável pelo desmantelamento parcial do primeiro parque eólico obsoleto em Portugal, o Vila do Bispo da Iberwind. Ele foi construído em 1998 com 18 aerogeradores de potência instalada de 500kW cada. Houve um aumento de 20% em sua capacidade instalada com um investimento de 13 milhões de euros, já considerando os custos e a receita da venda do material desmontado. Outros parques em Portugal devem seguir este caminho.

3.4. Valores de investimentos no comissionamento

Apesar deste estudo ser voltado para o descomissionamento, a abordagem dos valores de investimento de um parque eólico é necessária para verificarmos se há coerência entre os valores de comissionamento e descomissionamento.

Os mercados pioneiros e que disponibilizam dados reais destes valores são EUA e Europa.

Mercado Norte Americano

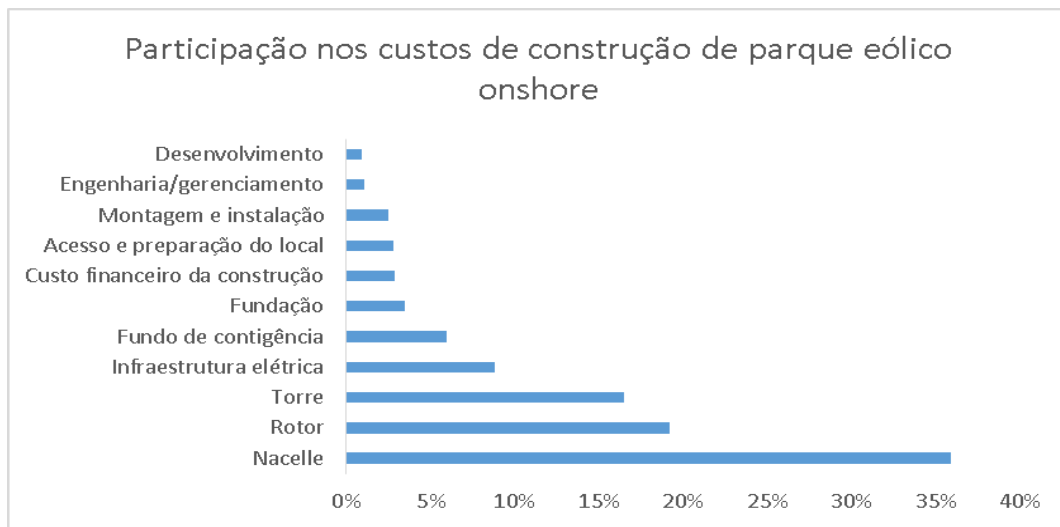
A revisão do custo de energia eólica de 2015 nos EUA (MONÉ, 2017) apresenta de forma real os custos de 2015 dos investimentos em parques eólicos em seu comissionamento:

Tabela 9 - Abertura do Capex e do LCOE de investimento eólico da EUA

	CapEx 2.0 MW Turbina onshore (\$/kW)	LCOE 2.0 MW Turbina onshore (\$/MWh)
Modulo do Rotor	324	8,9
Pás	205	5,6
Pitch montad	70	1,9
Hub montado	49	1,3
Modulo da Nacelle	605	16,6
Estrutura da nacelle montada	59	1,6
Drivetrain montado	234	6,4
Parte elétrica da nacelle montada	279	7,7
Sistema de orientação / guinada montado	33	0,9
Modulo Torre	279	7,7
Custo da Turbina	1209	33,2
Custo do desenvolvimento	16	0,4
Gerenciamento / Engenharia	18	0,5
Fundação	59	1,6
Acesso e preparação do local	47	1,3
Montagem e instalação	42	1,2
Estrutura elétrica	148	4,1
Custo da construção	330	9,1
Custo financeiro da construção	49	1,3
Fundo de contingência	102	2,8
Custo financeiro	151	4,1
CapEx e LCOE total	1690	46,4

Fonte: 2015 Cost of Wind Energy Review. Energy Analysis and Environmental Impacts Division
Lawrence Berkeley National Laboratory. (2017).

Ilustração 5 - Gráfico de participação nos custos de construção de parque eólico *onshore*



Fonte: Elaboração própria com dados da NREL apud 2015 Cost of Wind Energy Review. Energy analysis and Environmental Impacts Division Lawrence Berkeley National Laboratory. (2017).

Os autores observam que nas informações acima os custos logísticos estão inseridos nos valores das partes nacelle e pás.

Apesar de não ser o foco deste estudo, é importante observar que na abordagem dos estudos de investimentos de parques eólicos *offshore* ele atribui na composição de custos de investimento uma participação de 5,1% de descomissionamento para *offshore fixed-bottom* e de 1,2% para *offshore floating*. Sendo que seus custos de montagem e instalação representam 19,3% e 11,1% respectivamente.

Mercado Europeu

Segundo relatório europeu da EWEA (2009) a estrutura de custos no investimento de uma torre eólica padrão de 2 MW instalado na Europa no euro de 2006 é:

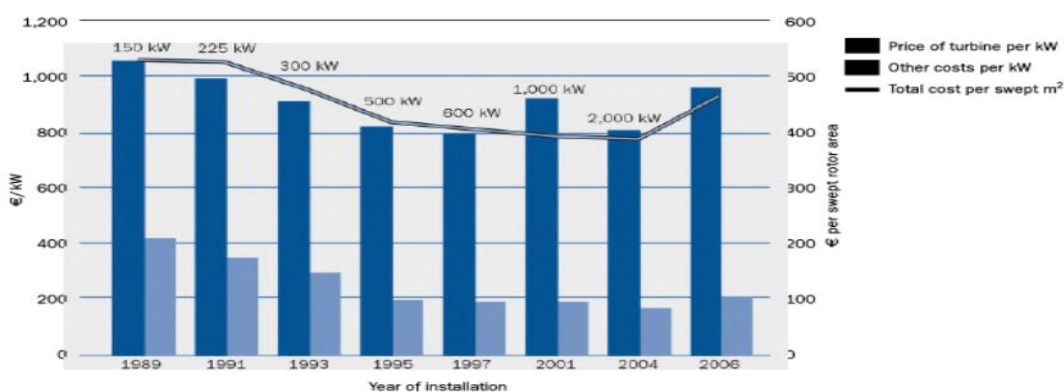
Tabela 10 - Estrutura de custo de uma turbina típica de 2 MW instalada na Europa (base monetária Euro 2006).

	Investimento (1.000 euros/MW)	Participação no custo total %
Turbina (ex works)	928	75,6%
Conecção no grid	109	8,9%
Fundação	80	6,5%
Arrendamento das terras	48	3,9%
Instalação elétrica	18	1,5%
Consultorias	15	1,2%
Custo financeiro	15	1,2%
Construção dos acessos	11	0,9%
Sistemas de controle	4	0,3%
TOTAL	1227	100%

Fonte: The Economics of Wind energy. A report by the European Wind Energy Association- EWEA. (2009).

Outra informação interessante do relatório é a evolução dos valores de investimento de torres eólicas na Dinamarca ao longo dos anos e associado ao diâmetro da área varrida do rotor (m²):

Ilustração 6 - Gráfico de evolução dos valores de investimento desde 1989 até 2006 na Dinamarca.



Eixo direito: Custo do investimento / área varrida do rotor (Euro/m²)
Eixo esquerdo: Custo do aerogerador (ex works) e outros custos por kW instalado (Euro/kW)

Fonte: The Economics of Wind energy. A report by the European Wind Energy Association- EWEA. (2009).

Observar-se que conforme aumenta a potência instalada das torres, o custo /kW cai. O custo/área varrida é um indicador de aumento de eficiência na tecnologia. No ano de 2006 estes custos aumentaram drasticamente na contramão dos anteriores, o que foi explicado no relatório como sendo reflexo de aumento de demanda local associado a um aumento de preços de commodity e componentes. Esta tendência de aumento local foi confirmada pelo autor até a emissão do relatório em 2009.

No Brasil os investimentos por MW instalado no comissionamento estão em torno de R\$ 6 milhões (CENÁRIOS,2016, pg. 22), tendo uma média de MW instalado por aerogerador de 2,2 MW (CENÁRIOS,2016, pg. 62)

A participação percentual de instalações e infraestrutura nos investimentos de parques eólicos no Brasil é entre 17% e 26% (SIMÕES MOREIRA, pg.182, 2017)

4. DESCOMISSIONAMENTO DE PARQUES EÓLICOS NO BRASIL

Apesar da obrigatoriedade do descomissionamento estar acordada nos contratos de arrendamento das terras particulares no Brasil, a necessidade de regulação normativa, a exemplo das ANP 27/2006 e 17/2015 do setor de petróleo ou da CNEN NN 9.01 e 9.02 do setor nuclear, deve ser discutida junto ao setor eólico e ANEEL.

Questões como exposto por Parente et al. (2006), como tratamento fiscal das despesas de descomissionamento e o rastreamento de responsabilidades, devem ser consideradas mesmo que os impactos ambientais e econômicos possam vir a ser menores no setor eólico. A logística reversa deve ser estudada e implementada como abordado no trabalho de Tadano (2016). A necessidade de se instituir um procedimento de descomissionamento, a exemplo de Welstead et al (2013), é justificada principalmente pelas motivações abaixo:

- (i) Com base nos dados de comissionamento da ABEEólica (2017), a partir de 2025 teremos necessidades reais de descomissionamento total ou parcial dos parques eólicos com um aumento anual progressivo e médio de 38,39% das instalações.
- (ii) Considerando o peso médio de 216,72 ton um aerogerador de 2MW (Ortega et al, 2013) e 18 GW descomissionados até 2040, teremos disponível as seguintes quantidades aproximadas de resíduos oriundos de descomissionamento total dos aerogeradores para serem recuperados e tratados: 1.706 mil toneladas de aço; 11 mil toneladas de alumínio; 25 mil toneladas de cobre; 141 mil toneladas de fibra de vidro; 37 mil toneladas de resina; 26 mil toneladas de concreto e 135 toneladas de sílica. 80% destes resíduos estarão disponíveis na região nordeste.
- (iii) Em atendimento as normas internacionais financeiras e contábeis, as geradoras eólicas necessitam contabilizar em seus balanços os custos de descomissionamento. A depreciação de seus ativos deve contemplar os valores residuais ao final de suas vidas úteis.

4.1. Análise técnica e econômica entre descomissionamento e comissionamento da revisão da literatura

As etapas do descomissionamento, bem como a logística reversa e destinação dos resíduos contemplados no modelo de Perez e Rickardsson (2008) e no procedimento de Welstead (2013) são necessárias de serem abordadas e aplicadas aos parques eólicos como demonstrou Tadano (2016). Apesar desta importância fundamental e indiscutível, concentramos o estudo nas questões técnicas e econômicas associadas ao desmonte dos parques eólicos, englobando seus custos e valores residuais dos materiais e equipamentos, e associa-los aos investimentos de comissionamento.

A data base econômica utilizada nas análises é janeiro de 2017. Todos os valores aqui abordados e calculados foram corrigidos nesta data base conforme detalhamentos posteriores.

4.1.1. Delimitação técnica no comissionamento e no descomissionamento

Para podermos falar de custos e valores residuais, seja de comissionamento ou descomissionamento, é necessária a delimitação da parte técnica envolvida. Como exposto por Changala (2012), McCarthy (2015) e Stripling (2016) as regulamentações existentes em sua maioria carece de definições, detalhamento, processo e diretriz no descomissionamento de parques eólicos.

O trabalho de Perez e Rickardsson (2008) dá uma delimitação importante mostrando os pontos flexíveis dentro do perímetro técnico. É de comum acordo entre os autores que o aerogerador constituído de nacelle, pás, hub, torre, subestação unitária e equipamentos internos do aerogerador faz parte obrigatoriamente de um cenário de descomissionamento total de um parque eólico.

Já o desmonte da fundação do aerogerador, da linha de transmissão de média tensão que sai dos aerogeradores e dos acessos é colocado muitas vezes como facultativo como observados nos trabalhos de Tadano (2016), Perez e Rickardsson (2008) e Welstead (2013). A subestação elevadora de tensão com suas edificações e a linha de transmissão até a conexão com a rede, seja subterrânea ou aérea, não são

abordadas sistematicamente em literaturas de descomissionamento. A justificativa pode ser por serem compartilhadas com outros parques eólicos além de possuírem vida útil técnica de seus principais equipamentos acima dos 20 anos.

Algumas características reais dos parques eólicos brasileiros que impactam no estudo, foram coletadas com a Vertu e são necessárias de serem explicitadas aqui:

- (i) As terras onde são instalados os parques são normalmente arrendadas com existência de contrato de arrendamento com duração mínima de 20 anos. O pagamento do arrendamento normalmente é sobre a receita de geração de energia;
- (ii) O grau de obrigatoriedade de retirada das instalações varia entre os contratos;
- (iii) As linhas de transmissão de média tensão entre a geração e elevação para alta tensão são normalmente subterrâneas e passam pelas terras arrendadas;
- (iv) As subestações elevadoras e linhas de transmissão de alta tensão até a conexão com a rede são, em sua maioria, compartilhadas com outros parques. Podendo ser: do mesmo grupo de investidores; de uma cooperativa de vários investidores concorrentes; ou de outra geradora de energia diferente que recebe pelos serviços e uso da instalação;
- (v) As linhas de transmissão de alta tensão passam por terras no modelo de servidão. Normalmente não há arrendamento ou desapropriação.
- (vi) O bay de conexão na entrada da conexão com a rede faz parte do investimento do parque eólico podendo ou não ser doado para a empresa de transmissão.

Considerando os investimentos de comissionamento de parques eólicos e os pontos abordados acima, tomamos como base do trabalho a seguinte abrangência técnica e a obrigatoriedade ou não de descomissionamento:

Ilustração 7 - Quadro de abertura de escopo técnico e grau de obrigatoriedade de descomissionamento.

Setor	Escopo técnico	Grau de obrigatoriedade
Geração Eólica	Torre	Obrigatório
	Nacelle	Obrigatório
	Hub	Obrigatório
	Pás	Obrigatório
	Nariz	Obrigatório
	Transformador unitário	Obrigatório
	Equipamentos do aerogerador	Obrigatório
	Fundação do aerogerador	Facultativo
	Transmissão média tensão até subestação elevadora	Facultativo
	Torres anemométricas	Facultativo
	Acessos entre os aerogeradores	Facultativo
Elevação de tensão de média para alta	Edificações	Facultativo
	Fundações	Facultativo
	Equipamentos sub estação elevadora	Facultativo
Transmissão de alta tensão até o grid	Torres	Facultativo
	Cabos e componentes	Facultativo
	Equipamentos bay de conexão	Facultativo

Fonte: Realização própria a partir de informações estudadas nas literaturas de Perez e Rickardsson (2008), Ferrel e DeVoust (2013), Ortegon et al. (2013), Stripling (2016) e Tadano (2016).

Como exposto por Perez e Rickardsson (2008) e McCarthy (2015), existem treze parâmetros de influência econômica no descomissionamento: localização; quantidade de aerogeradores; pesos da nacelle, hub, torre, pás, fundação; tipo de torre e se há ou não gearbox. Podemos afirmar que os pesos das partes do aerogerador e a existência ou não do gearbox está diretamente associado ao tipo / marca / modelo / altura dos aerogeradores. O tipo da torre (aço, concreto ou mista) é fortemente influenciado pela altura, custo logístico associado às distâncias e acessos e disponibilidade e preço de água na região.

Com base na realidade dos parques eólicos brasileiros, acrescentamos um parâmetro de impacto econômico: a existência ou não de compartilhamento no investimento da infraestrutura do parque eólico. As partes da infraestrutura que podem ser compartilhadas são compostas: pelas construções civis da casa de força, estrutura física de operação e manutenção do parque, guarita, cozinha, banheiros; subestação

elevadora; linha de transmissão da subestação até a conexão na rede; bay de conexão.

Observamos abaixo o impacto econômico dos parâmetros abordados acima. Não somente no descomissionamento, mas também no comissionamento. Como afirmado por Perez e Rickadsson (2008) e Stripling (2016), o processo de desmonte é similar ao da instalação.

Ilustração 8 - Quadro contendo parâmetros técnicos e suas influências no comissionamento e descomissionamento.

	Fator de Influência	Impacto no comissionamento	Impacto no descomissionamento
Local onde estão instaladas os aerogeradores	Distância dos fornecedores	Custos de transporte dos equipamentos e material	Custos de transporte dos resíduos
	Disponibilidade de água	Tipo da torre do aerogerador	Custos do desmonte da torre
	Características do solo	Custos da construção da fundação	Custos da retirada da fundação
Local onde esta instalada a subestação elevadora	Distância dos aerogeradores	Custos de instalação da linha de transmissão	Custos de desmonte da linha de transmissão de alta tensão
		Custos dos materiais e componentes da linha de transmissão	Peso e composição dos resíduos
	Distância do grid de conexão	Custos de instalação da linha de transmissão de alta tensão	Custos de desmonte da linha de transmissão de alta tensão
Tipo, marca, modelo e potência de turbina		Tipos e custos dos materiais e componentes da linha de transmissão	Peso e composição dos resíduos
	Tecnologia	Peso e composição dos aerogeradores	Peso e composição dos resíduos
	Altura do hub	Custos de instalação	Custo do desmonte
	Diâmetro das pás	Tipo e peso das torres	Peso e composição dos resíduos
	Dimensões da fundação	Custos de instalação	Custo do desmonte
Potência instalada eólica do parque		Peso e composição das pás	Peso e composição dos resíduos
		Custos de instalação	Custo do desmonte
		Volume e composição da fundação	Peso e composição dos resíduos
		Custos de construção	Custo do desmonte
	Quantidade de aerogeradores no parque	Custo de instalação	Custo do desmonte
Potência instalada eólica do parque	Dimensão da subestação elevadora	Custo dos aerogeradores	-
		Custo da instalação da subestação elevadora	Custo do desmonte
		Tipo, dimensionamento e custos dos equipamentos	Peso e composição dos resíduos
	Capacidade da linha de transmissão de alta tensão	Custos de instalação da linha de transmissão de alta tensão	Custos de desmonte da linha de transmissão de alta tensão
Compartilhamento da infraestrutura: subestação elevadora e linha de transmissão até a conexão		Tipos e custos dos materiais e componentes da linha de transmissão	Peso e composição dos resíduos
	Dimensão da subestação elevadora	Custo proporcional da instalação da subestação	Custo proporcional do desmonte
		Tipo, dimensionamento e custos proporcionais dos equipamentos	Peso e composição dos resíduos (proporcional)
Compartilhamento da infraestrutura: subestação elevadora e linha de transmissão até a conexão		Custos proporcional de instalação da linha de transmissão de alta tensão	Custos proporcional de desmonte da linha de transmissão de alta tensão
	Capacidade da linha de transmissão de alta tensão	Tipos e custos proporcionais dos materiais e componentes da linha de transmissão	Peso e composição dos resíduos (proporcional)

Fonte: Realização própria a partir de informações estudadas nas literaturas de Perez e Rickardsson (2008), Ferrel e DeVoust (2013), Ortegon et al. (2013), Stripling (2016) e Tadano (2016).

4.1.2. Valores de comissionamento e descomissionamento da revisão da literatura

COMISSIONAMENTO

Comparamos os Capex de comissionamento baseado nos relatórios divulgados da EWEA (2009) e Moné (2017). Eles foram corrigidos monetariamente pelos índices de preços ao consumidor dos EUA e Eurozona de forma composta e até janeiro de 2017. Foram retirados das análises os custos financeiros e o fundo de contingência.

Tabela 11 - Comparativo dos Capex de comissionamento nos EUA e na Europa.

Capex comissionamento / kW instalado atualizado janeiro 2017		Fonte: Moné, C. (2017) - moeda dolar 2015 corrigida monetariamente pelo IPC EUA até jan/2017		Fonte: EWEA (2009) atualizado IHPC Eurozona até jan/2017	
Geração Eólica	Torre	\$	287		
	Nacelle	\$	622		
	Hub				
	Pás	\$	333	€	1.027
	Nariz				
	Transformador unitário		considerado na nacelle		
	Equipamentos do aerogerador		considerado na nacelle		
	Fundação do aerogerador	\$	61	€	88
	Transmissão média tensão até su	\$	152	€	120
	Torres anemométricas	-		-	
Elevação de tensão de média para alta	Acessos entre os aerogeradores	\$	48	€	12
	Edificações	-		-	
	Fundações	-		-	
Transmissão de alta tensão até o grid	Equipamentos sub estação elevac	-		-	
	Torres	-		-	
	Cabos e componentes	-		-	
	Equipamentos bay de conexão	-		-	
Total		\$	1.581	€	1.283

Fonte: Realização própria a partir de dados de Moné (2017) e EWEA (2009).

Algumas considerações devem ser destacadas:

- (i) No Capex de comissionamento dos EUA, consideramos que: os custos dos transformadores unitários e outros equipamentos dos aerogeradores fazem parte do custo da nacelle; o custo de estrutura elétrica se trata do custo de transmissão de média tensão.
- (ii) Já nos custos de investimentos europeus, consideramos que os custos de turbina correspondem a: torre, nacelle, hub, pás, nariz, transformador unitário e equipamentos do aerogerador. Não foram considerados os custos de arrendamento de terras, pois conforme exposto anteriormente o modelo de custo de arrendamento no Brasil é sobre a receita de geração de energia.

DESCOMISSIONAMENTO

Conforme apresentamos, existem alguns valores publicados de descomissionamento citados por Ferrell e DeVuyst (2013), Ortegon et al. (2013) e Stripling (2016). Os perímetros técnicos associados aos valores de descomissionamento não estão detalhados nas publicações. Como vimos anteriormente, o escopo técnico que constitui o descomissionamento é um ponto importante que deve ser sempre associado, pois impacta em seus custos e valores residuais.

Consultamos as fontes bibliográficas citadas nos artigos para entendermos melhor o escopo dos valores apresentados. Para alguns parques eólicos conseguimos completar as informações técnicas dos projetos, o escopo de descomissionamento e o Capex previsto. Baseado na data dos documentos consultados, corrigimos os valores apresentados pelo IPC EUA até janeiro de 2017.

Em todos os projetos eólicos de descomissionamento de Maine são contabilizados os custos e valores salvos de descomissionamento. O escopo do mesmo é igual para todos, como veremos na tabela 12. Incluímos na análise informações do projeto de parque eólico Number Nine de Maine apresentado para aprovação local em 2015.

Tabela 12 - Comparativo dos valores e informações técnicas de descomissionamento de parques localizados em Maine, EUA.

Projeto	Ato do documento publicado (ato de autorização)	Custo estabelecido de descomissionamento / turbina - corrigido jan/2017	Valor salvo de descomissionamento / turbina - corrigido jan/2017	Excedente líquido (custo) / turbina - corrigido jan/2017	Quantidade de aerogeradores	Potencia instalada / aerogeradores	Alturas até hub / tota (metros)	Escopo do descomissionamento	Distancia linha de transmissão média tensão (subterraneo) - metros	Distância linha de transmissão de alta tensão (aérea) - metros	Capex - corrigido até jan/2017
Maine - Hancock Wind Project	2012 \$	149.066 \$	89.917 \$	\$ -59.149	18	3 MW	94 / 150				\$ 117.682.647
Maine - Canton Mountain Wind Project	2011 \$	140.996 \$	87.824 \$	\$ -53.172	8	3 MW	85 / 136,5	Desmontagem e retirada dos aerogeradores, fundação até 0,61 metros, linha de transmissão	1044	4330	\$ 51.771.956
Maine - Record Hill Wind Project	2009 \$	170.657 \$	153.497 \$	\$ -17.160	22	2,3 MW	80 / 126,5	subterranea. Recuperação da área	5944	-	\$ 137.811.711
Maine - Spruce Mountain Wind Project	2010 \$	130.807 \$	100.921 \$	\$ -29.887	10	2 MW	78 / 123	modificada.	2100	-	\$ 41.366.365
Maine - Number Nine Project	2015 \$	123.788 \$	64.012 \$	\$ -59.776	119	2,1 MW	93		-	83050	\$ 623.090.094

Fontes: Elaboração própria com dados de: Hancock Wind Project (2012); Canton Mountain Wind Project (2011); Record Hill Wind Project (2009); Spruce Mountain Wind Project (2010); Number Nine Project (2015)

Analisando os resultados testados no modelo proposto por Perez e Rickardsson (2008) e McCarthy (2015), e aplicando o valor de comissionamento publicado pela EWEA (2009), construímos o quadro comparativo abaixo. Todos os valores foram corrigidos monetariamente pelo IHPC Eurozona do ano publicado até janeiro de 2017 e aplicado o câmbio de 1 euro para 9,53 SEK.

Tabela 13 - Comparativo dos valores e informações técnicas de descomissionamento de parques estudados na Suécia.

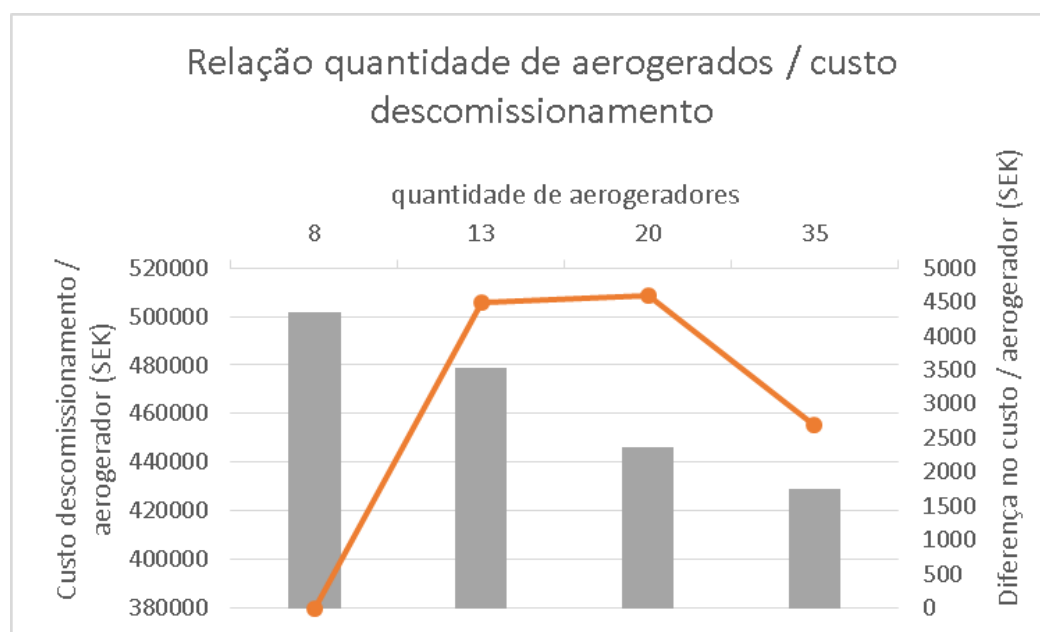
Fonte	Ano publicado	Custo estabelecido de descomissionamento por turbina sem receita dos valores residuais-corrigido jan/2017 e aplicado câmbio 1 Euro=9.534	Valor residual ou salvo de descomissionam ento / turbina - corrigido jan/2017 e aplicado câmbio 1 Euro=9.534	Quantidade de aerogeradores	Potência instalada / aerogerador	Alturas até hub	Escopo do descomissiona mento	Variação do modelo	Observações	Capex Eurozona corrigido até jan/2017no mesmo escopo por aerogerador na potência instalada correspondente (Euro / aerogerador)
Perez e Rickardsson (WHAT GOES..., 2008)	2008	€ 36.490	€ 39.203	10	1,65		Cenário 1: somente 78 turbinas são descomissiona das		Torre de aço	€ 1.694.102
McCarthy (WIND FARM ...,2015)	2015	€ 50.926	€ 24.281	13	3		Descomission 78 ado turbinas, fundações na profundidade de 0,30 metros, linha de transmissão até subestação elevadora e estação elevadora.	No teste do modelo a relação de evolução dos custos de descomissionmet o com a quantidade de torres instalada tem um impacto em média de 0,82% sobre o valor base do modelo	Torre de aço	€ 2.117.627
		€ 47.463	€ 23.640	20	3					€ 3.850.232

Fontes: Elaboração própria com dados de Perez e Rickardsson (2008), McCarthy (2015) e Capex de EWEA (2009)

Nos trabalhos analisados não constam as distâncias das linhas de transmissão. Em decorrência desta falta de informação, consideramos o cenário 1 de Perez e Rickardsson, pois esse cenário dá uma boa referência de valores com os parâmetros técnicos associados a ele. O trabalho de McCarthy mostra a evolução do valor de descomissionamento associada principalmente ao parâmetro quantidade de aerogeradores do parque eólico a ser descomissionado.

Como parte da análise realizada, o gráfico abaixo construído com base nos dados de McCarthy (2015), mostra a influência da quantidade de aerogeradores no custo de descomissionamento por aerogerador. Ela representa em média 0,82% por aerogerador. Os principais custos associados são: mobilização/desmobilização dos equipamentos para descomissionamento e curva de aprendizado.

Ilustração 9 - Gráfico de evolução dos custos de descomissionamento em função da quantidade de torres.



Fonte: McCarthy (2015).

4.2. Correlação entre custos e valores residuais do descomissionamento e Capex da revisão da literatura

Baseado nos dados analisados anteriormente, os impactos dos custos de descomissionamento das publicações e modelos econômicos sobre os Capex no mesmo escopo técnico de descomissionamento mostram a seguinte relação:

Tabela 14 - Comparativo dos impactos dos custos de descomissionamento sobre o Capex.

Fonte	Custo estabelecido de descomissionamento / turbina - corrigido jan/2017		CaPex proporcional ao escopo técnico de descomissionamento e por aerogerador - corrigido até jan/2017		Impacto entre descomissionamento / Capex	Mediana do impacto
Maine - Hancock Wind Project	\$	149.066	\$	6.537.925	2,28%	2,32%
Maine - Canton Mountain Wind Project	\$	140.996	\$	6.471.494	2,18%	
Maine - Record Hill Wind Project	\$	170.657	\$	6.264.169	2,72%	
Maine - Spruce Mountain Wind Project	\$	130.807	\$	4.136.637	3,16%	
Maine - Number Nine Project	\$	123.788	\$	5.236.051	2,36%	
Perez e Rickardsson (WHAT GOES..., 2008)	€	36.490	€	1.694.102	2,15%	1,32%
	€	37.349	€	2.117.627	1,76%	
McCarthy (WIND FARM ...,2015)	€	50.926	€	3.850.232	1,32%	
	€	47.463	€	3.850.232	1,23%	

Fonte: Elaboração própria com base em dados de Perez e Rickardsson (2008); McCarthy (2015); Hancock Wind Project (2012); Canton Mountain Wind Project (2011); Record Hill Wind Project (2009); Spruce Mountain Wind Project (2010); Number Nine Project (2015).

Separamos as análises em dois grupos: o grupo dos projetos eólicos observados em Maine EUA que apresenta uma mediana de 2,32% de impacto de custo de descomissionamento sobre o Capex proporcional. Já o grupo dos modelos econômicos realizados com base em parques eólicos na Suécia apresenta uma mediana de 1,32%.

Observamos nos levantamentos realizados que o impacto de custo de descomissionamento de parques eólicos *onshore* sobre o Capex proporcional fica entre 1,23% e 3,16%. Como vimos na publicação da EWEA (2009), o impacto do custo de descomissionamento eólico *offshore* sobre seu Capex varia entre 1,2% (*floating*) e 5,1% (*fixed-bottom*).

Os impactos dos valores residuais ou salvos de descomissionamento das publicações e modelos econômicos sobre os Capex no mesmo escopo técnico de descomissionamento mostram a seguinte relação:

Tabela 15 - Comparativo dos impactos dos valores salvos de descomissionamento sobre o Capex.

Fonte		Valor residual ou salvo de descomissionamento / turbina - corrigido jan/2017	CaPex proporcional ao escopo técnico de descomissionamento e por aerogerador- corrigido até jan/2017	Impacto entre valor residual ou salvo de descomissionamento / Capex	Mediana do impacto
Maine - Hancock Wind Project	\$	89.917	R\$ 6.537.925	1,38%	1,38%
Maine - Canton Mountain Wind Project	\$	87.824	R\$ 6.471.494	1,36%	
Maine - Record Hill Wind Project	\$	153.497	R\$ 6.264.169	2,45%	
Maine - Spruce Mountain Wind Project	\$	100.921	R\$ 4.136.637	2,44%	
Maine - Number Nine Project	\$	64.012	R\$ 5.236.051	1,22%	
Perez e Rickardsson (WHAT GOES..., 2008)	€	39.203	R\$ 1.694.102	2,31%	0,62%
	€	10.711	R\$ 2.117.627	0,51%	
McCarthy (WIND FARM ...,2015)	€	24.281	R\$ 3.850.232	0,63%	
	€	23.640	R\$ 3.850.232	0,61%	

Fonte: Elaboração própria com base em dados de Perez e Rickardsson (2008), McCarthy (2015), Hancock Wind Project (2012), Canton Mountain Wind Project (2011), Record Hill Wind Project (2009), Spruce Mountain Wind Project (2010), Number Nine Project (2015).

Como fizemos com os custos, também separamos as análises em dois grupos: o dos projetos eólicos apresentados em Maine EUA que apresenta uma mediana de 1,38% de impacto de valores salvos de descomissionamento sobre o Capex proporcional. Já os modelos econômicos realizados com base em parques eólicos na Suécia, apresenta uma mediana de 0,62%.

Observamos, seja nos projetos eólicos de Maine ou nos estudos da Suécia, que os custos de descomissionamento são maiores que os valores salvos. Os valores salvos ficaram em torno de 50% dos mesmos custos associados.

4.3. Dados de alguns parques eólicos brasileiros quanto ao seu Capex

Para podermos analisar de forma real a relação entre os custos projetados do descomissionamento e aqueles realizados em comissionamentos no Brasil, acessamos dados de vinte e três parques eólicos brasileiros.

Os dados foram cedidos pela empresa Vertu Avaliações. Como os mesmos são confidenciais, algumas informações foram omitidas neste estudo. São elas: nomes, locais e modelos dos aerogeradores. Os dados cedidos que serão apresentados aqui são suficientes para a análise sem termos a evidência de qual parque eólico se trata.

4.3.1. Informações dos parques eólicos estudados

Os parques eólicos estudados estão localizados na região nordeste do Brasil. Como vimos anteriormente, região onde se concentra aproximada 80 % das instalações eólicas brasileiras (ABEEólica, 2017). Alguns destes parques pertencem ao mesmo grupo de investidor, porém as análises foram realizadas de forma isolada pois são tratados como pessoa jurídica de forma independente.

Analizamos inicialmente dados de 30 parques eólicos. Desconsideramos os dados de 7 parques eólicos, pois os mesmos estavam em regiões diferentes do Nordeste. Procuramos manter a análise na mesma região do Brasil para termos menos dispersão nos dados coletados, principalmente quanto a custos logísticos e de mão de obra.

Os parques foram assim numerados e apresentam as seguintes características:

Tabela 16 - Dados técnicos de 23 parques eólicos no Brasil.

Parque eólico	Quantidade de aerogeradores	Potencia instalada MW
1	8	14
2	16	27
3	17	29
4	16	27
5	17	29
6	17	29
7	16	27
8	15	30
9	15	30
10	15	30
11	15	30
12	15	30
13	15	30
14	15	30
15	13	26
16	13	26
17	13	26
18	13	26
19	14	29
20	13	27
21	12	25
22	12	25
23	14	29

Fonte: Realização própria com dados da Vertu Avaliações (2017)

4.3.2. Capex dos parques eólicos estudados

Baseado em balanços dos parques eólicos, obtivemos os custos dos investimentos em seu comissionamento. Os valores foram corrigidos monetariamente da data de seu comissionamento até a data base deste trabalho, janeiro de 2017, com os seguintes índices: 25% da geração de energia atualizado pelo câmbio do dólar, 75% da geração atualizado pelo IPCA e restante atualizado 100% pelo IPCA.

Tabela 17 - Dados de custos de comissionamento de 23 parques eólicos no Brasil.

Parque eólico CaPex / aerogerador instalado (atualizado jan2017)

1	R\$	9.037.500
2	R\$	9.662.500
3	R\$	9.247.059
4	R\$	9.350.000
5	R\$	9.335.294
6	R\$	9.576.471
7	R\$	7.931.250
8	R\$	9.253.333
9	R\$	9.360.000
10	R\$	9.493.333
11	R\$	9.360.000
12	R\$	8.920.000
13	R\$	9.426.667
14	R\$	9.360.000
15	R\$	13.461.538
16	R\$	14.000.000
17	R\$	13.769.231
18	R\$	14.000.000
19	R\$	9.357.143
20	R\$	9.384.615
21	R\$	9.458.333
22	R\$	9.625.000
23	R\$	9.357.143

Fonte: Realização própria com dados da Vertu Avaliações (2017)

4.4. Custos e valores residuais projetados de descomissionamento dos parques eólicos estudados

A realização de avaliações econômicas deve seguir as normas técnicas de avaliação da ABNT, NBR 14.653 -1/2/3/4/5/6/7. Como colocado na introdução do trabalho, os métodos indicados nas normas de avaliação não são possíveis de serem aplicados atualmente para cálculos dos custos de descomissionamento eólico pois não existe ainda no Brasil custos de mercado de desmonte de parques eólicos. Como vimos anteriormente, não existe também procedimento de descomissionamento que permita fazer orçamentos de descomissionamento. Já a avaliação de valores residuais é possível de ser realizada em conformidade com a norma técnica NBR 14.653-1 e 5.

A Vertu Avaliações realizou a avaliação para projeção dos custos e valores residuais dos descomissionamentos destes parques, entre outros. O princípio da metodologia para determinar os custos de descomissionamento utilizado pela empresa é que o processo, consequentemente alguns dos serviços utilizados no comissionamento, é similar ao do descomissionamento. Segundo a empresa, ao partimos da base de

custos do comissionamento, os parâmetros técnicos e particulares de cada parque eólico são refletidos nos custos e valores salvos do descomissionamento.

As etapas utilizadas para projeção dos custos de descomissionamento foram:

- (i) análise dos contratos de arrendamento quanto as obrigações;
- (ii) definição do escopo do descomissionamento;
- (iii) análise e abertura dos custos de comissionamento;
- (iv) separação dos custos de comissionamento entre as áreas do parque eólico;
- (v) separação dos custos de serviços e equipamentos no comissionamento;
- (vi) análise dos tipos de serviço que compõe o comissionamento e que são aplicáveis ao descomissionamento;
- (vii) cálculo das proporções de serviços de descomissionamento a ser aplicada sobre os serviços de comissionamento;
- (viii) cálculo do impacto final do descomissionamento.

Na tabela 18 temos os custos projetados de descomissionamento por parque eólico:

Tabela 18 - Dados de custos de descomissionamento de 23 parques eólicos no Brasil.

Parque eólico	Custo descomissionamento/aerogerador instalado (atualizado jan2017)
1	R\$ 161.375
2	R\$ 167.938
3	R\$ 164.265
4	R\$ 167.938
5	R\$ 165.735
6	R\$ 165.735
7	R\$ 137.938
8	R\$ 164.267
9	R\$ 164.333
10	R\$ 171.000
11	R\$ 164.333
12	R\$ 157.600
13	R\$ 164.333
14	R\$ 164.333
15	R\$ 230.769
16	R\$ 254.231
17	R\$ 230.769
18	R\$ 254.231
19	R\$ 120.714
20	R\$ 121.923
21	R\$ 122.917
22	R\$ 123.083
23	R\$ 120.714

Fonte: Realização própria com dados da Vertu Avaliações (2017).

Já para projetar os valores residuais dos equipamentos, ou valores salvos, foi utilizado o método de custos preconizada na NBR 14.653-1 e 5. As etapas seguidas foram:

- (i) análise dos contratos de arrendamento quanto as obrigatoriedades;
- (ii) definição do escopo do descomissionamento;
- (iii) análise e abertura dos custos de comissionamento;
- (iv) separação dos custos de comissionamento entre as áreas do parque eólico;
- (v) separação dos custos de serviço e equipamentos no comissionamento;
- (vi) análise da vida útil dos equipamentos e consideração das curvas de suas curvas de depreciação;
- (vii) cálculos dos valores residuais nas condições de valor de sucata para quase todos os equipamentos do parque eólico e do valor de desmonte para os equipamentos da subestação elevadora.

Na tabela 19 temos os valores residuais projetados de descomissionamento por parque eólico:

Tabela 19 - Dados de valores residuais ou salvos projetados de descomissionamento de 23 parques eólicos no Brasil.

Parque eólico	Valor residual ou salvo/ aerogerador instalado (atualizado jan2017)
1	R\$ 90.000
2	R\$ 91.875
3	R\$ 92.353
4	R\$ 91.875
5	R\$ 93.529
6	R\$ 93.529
7	R\$ 86.250
8	R\$ 83.333
9	R\$ 83.333
10	R\$ 83.333
11	R\$ 83.333
12	R\$ 76.667
13	R\$ 83.333
14	R\$ 83.333
15	R\$ 173.077
16	R\$ 180.769
17	R\$ 173.077
18	R\$ 180.769
19	R\$ 135.000
20	R\$ 137.692
21	R\$ 148.333
22	R\$ 148.333
23	R\$ 135.000

Fonte: Realização própria com dados da Vertu Avaliações (2017)

Tomando como base os métodos expostos acima, os impactos do descomissionamento projetados sobre o comissionamento por área dos parques foram:

- (i) Custos de descomissionamento: variação de impacto entre 0,60% e 4,50% sobre o comissionamento. A variação é decorrente do grau de obrigatoriedade dos contratos de arrendamento, da área do parque eólico analisada e se o desmonte gerará sucata ou equipamento usado para venda.

- (ii) Valores residuais ou salvos de descomissionamento: variação de impacto entre 1% e 10% sobre o comissionamento. A variação é decorrente do grau de obrigatoriedade dos contratos de arrendamento, da área do parque eólico analisada e se o desmonte gerará sucata ou equipamento usado para venda.

Como o método utilizado para cálculos parte dos valores contabilizados de investimento dos parques eólicos, se houver algum erro de lançamento dos investimentos nos balanços, os valores calculados refletirão este erro.

4.5. Resultados comparativos das correlações de descomissionamento e comissionamento

Considerados os custos totais de comissionamento realizados e os custos e valores residuais ou salvos totais de descomissionamento projetado pela Vertu Avaliações, observamos os seguintes impactos entre eles:

Tabela 20 - Comparativo dos impactos dos custos e valores salvos de descomissionamento sobre o Capex de 23 parques eólicos no Brasil.

Parque eólico	Impacto entre custos de descomissionamento / Capex	Impacto entre valores salvos de descomissionamento / Capex
1	1,79%	1,00%
2	1,74%	0,95%
3	1,78%	1,00%
4	1,80%	0,98%
5	1,78%	1,00%
6	1,73%	0,98%
7	1,74%	1,09%
8	1,78%	0,90%
9	1,76%	0,89%
10	1,80%	0,88%
11	1,76%	0,89%
12	1,77%	0,86%
13	1,74%	0,88%
14	1,76%	0,89%
15	1,71%	1,29%
16	1,82%	1,29%
17	1,68%	1,26%
18	1,82%	1,29%
19	1,29%	1,44%
20	1,30%	1,47%
21	1,30%	1,57%
22	1,28%	1,54%
23	1,29%	1,44%

Fonte: Realização própria com dados da Vertu Avaliações (2017)

Assim, é possível observar que o impacto dos custos de descomissionamento varia de 1,28% a 1,82% sobre seus Capex. Já o impacto dos valores residuais ou salvos varia entre 0,86% a 1,57%. É importante observar que os parques eólicos de 19 a 23 não possuem obrigatoriedade de retirada de fundações e os parques eólicos de 1 a 18 possuem obrigatoriedade de retirada parcial das fundações.

Se compararmos os impactos calculados dos custos de descomissionamento no Brasil com os impactos dos custos dos projetos eólicos localizados em Maine EUA e com os modelos econômicos da Suécia temos:

Tabela 21 - Comparativo dos impactos dos custos de descomissionamento sobre o Capex de parques eólicos nos EUA, Suécia e Brasil.

Fonte	Custo estabelecido de descomissionamento / turbina - corrigido jan/2017	CaPex proporcional ao escopo técnico de descomissionamento e por aerogerador- corrigido até jan/2017	Impacto entre custo de descomissionamento / Capex	Mediana do impacto
Maine - Hancock Wind Project	\$ 149.066	\$ 6.537.925	2,28%	2,36%
Maine - Canton Mountain Wind Project	\$ 140.996	\$ 6.471.494	2,18%	
Maine - Record Hill Wind Project	\$ 170.657	\$ 6.264.169	2,72%	
Maine - Spruce Mountain Wind Project	\$ 130.807	\$ 4.136.637	3,16%	
Maine - Number Nine Project	\$ 123.788	\$ 5.236.051	2,36%	
Perez e Rickardsson (WHAT GOES..., 2008)	€ 36.490	€ 1.694.102	2,15%	1,54%
	€ 37.349	€ 2.117.627	1,76%	
McCarthy (WIND FARM ...,2015)	€ 50.926	€ 3.850.232	1,32%	
	€ 47.463	€ 3.850.232	1,23%	1,76%
Vertu Avaliações - parque eólico 1	R\$ 161.375	R\$ 9.037.500	1,79%	
Vertu Avaliações - parque eólico 2	R\$ 167.938	R\$ 9.662.500	1,74%	
Vertu Avaliações - parque eólico 3	R\$ 164.265	R\$ 9.247.059	1,78%	
Vertu Avaliações - parque eólico 4	R\$ 167.938	R\$ 9.350.000	1,80%	
Vertu Avaliações - parque eólico 5	R\$ 165.735	R\$ 9.335.294	1,78%	
Vertu Avaliações - parque eólico 6	R\$ 165.735	R\$ 9.576.471	1,73%	
Vertu Avaliações - parque eólico 7	R\$ 137.938	R\$ 7.931.250	1,74%	
Vertu Avaliações - parque eólico 8	R\$ 164.267	R\$ 9.253.333	1,78%	
Vertu Avaliações - parque eólico 9	R\$ 164.333	R\$ 9.360.000	1,76%	
Vertu Avaliações - parque eólico 10	R\$ 171.000	R\$ 9.493.333	1,80%	
Vertu Avaliações - parque eólico 11	R\$ 164.333	R\$ 9.360.000	1,76%	
Vertu Avaliações - parque eólico 12	R\$ 157.600	R\$ 8.920.000	1,77%	
Vertu Avaliações - parque eólico 13	R\$ 164.333	R\$ 9.426.667	1,74%	
Vertu Avaliações - parque eólico 14	R\$ 164.333	R\$ 9.360.000	1,76%	
Vertu Avaliações - parque eólico 15	R\$ 230.769	R\$ 13.461.538	1,71%	
Vertu Avaliações - parque eólico 16	R\$ 254.231	R\$ 14.000.000	1,82%	
Vertu Avaliações - parque eólico 17	R\$ 230.769	R\$ 13.769.231	1,68%	
Vertu Avaliações - parque eólico 18	R\$ 254.231	R\$ 14.000.000	1,82%	
Vertu Avaliações - parque eólico 19	R\$ 120.714	R\$ 8.889.286	1,36%	
Vertu Avaliações - parque eólico 20	R\$ 121.923	R\$ 8.915.385	1,37%	
Vertu Avaliações - parque eólico 21	R\$ 122.917	R\$ 8.985.417	1,37%	
Vertu Avaliações - parque eólico 22	R\$ 123.083	R\$ 9.143.750	1,35%	
Vertu Avaliações - parque eólico 23	R\$ 120.714	R\$ 8.889.286	1,36%	

Fonte: Realização própria com dados da Vertu Avaliações (2017)

Já comparando os valores residuais ou salvos temos:

Tabela 22 - Comparativo dos impactos dos valores salvos de descomissionamento sobre o Capex de parques eólicos nos EUA, Suécia e Brasil.

Fonte		Valor residual ou salvo de descomissionamento / turbina - corrigido jan/2017	CaPex proporcional ao escopo técnico de descomissionamento e por aerogerador- corrigido até jan/2017	Impacto entre valor residual ou salvo de descomissionamento / Capex	Mediana do impacto
Maine - Hancock Wind Project	\$	89.917	R\$ 6.537.925	1,38%	
Maine - Canton Mountain Wind Project	\$	87.824	R\$ 6.471.494	1,36%	
Maine - Record Hill Wind Project	\$	153.497	R\$ 6.264.169	2,45%	1,38%
Maine - Spruce Mountain Wind Project	\$	100.921	R\$ 4.136.637	2,44%	
Maine - Number Nine Project	\$	64.012	R\$ 5.236.051	1,22%	
Perez e Rickardsson (WHAT GOES..., 2008)	€	39.203	R\$ 1.694.102	2,31%	
	€	10.711	R\$ 2.117.627	0,51%	
McCarthy (WIND FARM ...,2015)	€	24.281	R\$ 3.850.232	0,63%	0,62%
	€	23.640	R\$ 3.850.232	0,61%	
Vertu Avaliações - parque eólico 1	R\$	90.000	R\$ 9.037.500	1,00%	
Vertu Avaliações - parque eólico 2	R\$	91.875	R\$ 9.662.500	0,95%	
Vertu Avaliações - parque eólico 3	R\$	92.353	R\$ 9.247.059	1,00%	
Vertu Avaliações - parque eólico 4	R\$	91.875	R\$ 9.350.000	0,98%	
Vertu Avaliações - parque eólico 5	R\$	93.529	R\$ 9.335.294	1,00%	
Vertu Avaliações - parque eólico 6	R\$	93.529	R\$ 9.576.471	0,98%	
Vertu Avaliações - parque eólico 7	R\$	86.250	R\$ 7.931.250	1,09%	
Vertu Avaliações - parque eólico 8	R\$	83.333	R\$ 9.253.333	0,90%	
Vertu Avaliações - parque eólico 9	R\$	83.333	R\$ 9.360.000	0,89%	
Vertu Avaliações - parque eólico 10	R\$	83.333	R\$ 9.493.333	0,88%	
Vertu Avaliações - parque eólico 11	R\$	83.333	R\$ 9.360.000	0,89%	
Vertu Avaliações - parque eólico 12	R\$	76.667	R\$ 8.920.000	0,86%	1,52%
Vertu Avaliações - parque eólico 13	R\$	83.333	R\$ 9.426.667	0,88%	
Vertu Avaliações - parque eólico 14	R\$	83.333	R\$ 9.360.000	0,89%	
Vertu Avaliações - parque eólico 15	R\$	173.077	R\$ 13.461.538	1,29%	
Vertu Avaliações - parque eólico 16	R\$	180.769	R\$ 14.000.000	1,29%	
Vertu Avaliações - parque eólico 17	R\$	173.077	R\$ 13.769.231	1,26%	
Vertu Avaliações - parque eólico 18	R\$	180.769	R\$ 14.000.000	1,29%	
Vertu Avaliações - parque eólico 19	R\$	135.000	R\$ 8.889.286	1,52%	
Vertu Avaliações - parque eólico 20	R\$	137.692	R\$ 8.915.385	1,54%	
Vertu Avaliações - parque eólico 21	R\$	148.333	R\$ 8.985.417	1,65%	
Vertu Avaliações - parque eólico 22	R\$	148.333	R\$ 9.143.750	1,62%	
Vertu Avaliações - parque eólico 23	R\$	135.000	R\$ 8.889.286	1,52%	

Fonte: Realização própria com dados da Vertu Avaliações (2017).

Para os parques eólicos de 19 a 23, retiramos 5% dos valores do Capex. Eles são referentes aos custos de investimento nas fundações visto que não fazem parte do escopo do descomissionamento projetado. O impacto de 5% da fundação foi baseado na publicação de revisão de custos de energia eólica 2015 dos EUA (MONÉ, 2017).

Nos estudos comparativos mantivemos as moedas de cada região sem trazer para a moeda brasileira. A transposição em real não implicaria somente na aplicação da taxa de câmbio, mas numa série de fatores econômicos associados e fiscais.

A relação entre os impactos dos custos de descomissionamento e seus valores residuais ou salvos varia entre as fontes analisadas:

- (i) Projetos eólicos de Maine EUA: os valores residuais representam aproximadamente 58% dos custos de descomissionamento;
- (ii) Modelos econômicos da Suécia: os valores residuais representam aproximadamente 40% dos custos de descomissionamento;
- (iii) Parques eólicos brasileiros: os valores residuais representam aproximadamente 86% dos custos de descomissionamento. A diferença de coerência deu-se, pois, os valores residuais da subestação elevadora são valores de desmonte de equipamento e não de sucata.

Analizamos e expusemos o escopo técnico para podermos entender as diferenças entre os valores encontrados das diversas procedências. Podemos colocar algumas observações que fundamentam as diferenças encontradas:

- (i) Os projetos de descomissionamento de Maine possuem o maior impacto de custos de descomissionamento sobre seus investimentos. Eles contemplam desmonte de todo o parque eólico, incluído subestação elevadora e linhas de transmissão. O desmonte das fundações é parcial a uma profundidade de 0,61 metros. Nestes projetos estão explicitados a inclusão no descomissionamento da linha de transmissão até a conexão da rede, com detalhes de distâncias, o que traz uma segurança quanto a consideração destes valores.
- (ii) Os trabalhos na Suécia apresentam o menor impacto de valores de descomissionamento sobre seus investimentos. Apesar dos cenários estarem explicitando a inclusão ou não de descomissionamento das diferentes áreas, no trabalho não é apresentado detalhes de distâncias de linhas de transmissão nem porte das subestações elevadoras.
- (iii) Os parques eólicos brasileiros apresentam impacto de custos intermediário, situando-se entre os dois anteriores, estando mais próximo dos projetos de Maine. Já o impacto de valores salvos é o que apresenta maior valor, explicado pelo fato de ter sido avaliada as subestações ao valor de desmonte e não de sucata. O escopo de descomissionamento dos parques eólicos brasileiros é similar aos dos

projetos de Maine, com a particularidade que o desmonte das fundações segue obrigatoriedade e profundidade acordados em contrato de arrendamento.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo fornecer uma indicação de custos e valores residuais esperados para o descomissionamento de parques eólicos no Brasil. Para isso, a análise foi subdividida em cinco capítulos.

Após o primeiro capítulo que se debruçou sobre a relevância, os objetivos, e a metodologia aplicada, o segundo capítulo dedicou-se a entender a realidade de descomissionamento dos diversos setores de energia no Brasil. Apesar de existirem normas de descomissionamento, como é o caso do setor nuclear e de plataformas de petróleo, no setor eólico essa regulação é inexistente. A necessidade de discussões públicas brasileiras sobre o descomissionamento eólico é crescente visto o cenário de descomissionamento total ou parcial até 2040 de cerca 18 GW instalados no país.

Como observado no terceiro capítulo, em vários países tais discussões já constroem regras, definem responsabilidades e garantem, em alguns casos, cauções financeiras para o descomissionamento. Estas discussões passam por definições de escopos técnicos e obrigatoriedades no descomissionamento, chegando à definição de prazos, ao planejamento de descomissionamento e às exigências financeiras.

O estado de Maine, EUA, possui um dos modelos de descomissionamento eólico bastante citado na literatura, como foi apresentado em nossa pesquisa. Já a produção acadêmica sueca conduz estudos voltados para o descomissionamento eólico com abrangência técnica, econômica e socioambiental, se preocupando com impactos e logística reversa dos materiais residuais. Estes estudos são fontes preciosas de dados e referências para condução de pesquisa no Brasil, principalmente quanto ao escopo técnico e seus impactos econômicos, e a questões ambientais, incluindo à política nacional de resíduos sólidos.

No quarto capítulo foi detalhada a análise, ao compararmos as questões técnicas e econômicas associadas ao descomissionamento e seu *Capex*. Como vimos, no Brasil apoiamo-nos nas obrigatoriedades dos contratos de arrendamento quanto ao estado de devolução das terras. Os parâmetros que influenciam o descomissionamento dos

parques eólicos brasileiros influenciam também o comissionamento, pois a maioria dos procedimentos são similares. Os cálculos dos custos e valores residuais salvos de descomissionamento, partindo do seu *Capex* é coerente e considera todas as particularidades de cada parque eólico visto que impactaram inicialmente seus investimentos, confirmando assim a hipótese inicial apresentada. O risco de se calcular o custo do descomissionamento dessa forma está em se incorrer em erros involuntários decorrentes de lançamentos contábeis errados do *Capex*. Para mitigar esse erro em potencial, é imperativa uma compreensão técnica profunda e analítica dos números dos investimentos iniciais.

No estudo comparativo pudemos concluir que existe uma coerência entre os custos e valores residuais salvos de descomissionamento dos projetos eólicos de Maine, dos estudos da Suécia e dos parques eólicos estudados no Brasil. O custo de descomissionamento variou entre 1,23% a 3,16% de seu *Capex*, tendo como mediana 1,8%. Já os valores salvos tiveram uma variação de 0,51% à 2,45%, com mediana de 1,1%. Os custos e valores residuais de descomissionamento e as relações com seus *Capex* são exclusivos de cada parque eólico. Os impactos apresentados e suas medianas são referências orientativas dos grupos amostrais estudados. Eles não devem ser considerados diretamente sobre o *Capex* de um parque eólico, pois há a necessidade de estudo individual do escopo técnico e econômico.

Modelos econômicos, como os estudados, são importantes e devem ser testados nos parques eólicos brasileiros. Para que possamos fazê-lo, é necessária a coleta das informações técnicas específicas de cada parque. Também, o conhecimento histórico e regional de mercado de sucata é imperativo.

Não podemos afirmar que os valores residuais salvos do descomissionamento cobrem seus custos. Podemos, sim, dizer que tal situação é possível em decorrência do escopo técnico do descomissionamento. Podemos também afirmar que a tendência é de valorização dos valores residuais de sucata, pois há uma falta cada vez maior de recursos naturais no mundo.

Observa-se, ademais que empresas estruturadas para atender o descomissionamento futuro dos parques serão necessárias. Esse poderá ser um mercado lucrativo em decorrência da curva de aprendizado nesse tipo de desmonte e da carência de metais nobres no planeta. O impacto ambiental não poderá ser uma

externalidade ignorada. Deverá fazer parte dos custos do processo e, assim, garantir ao empreendimento a obtenção de um título de energia renovável e limpa, sem o qual a comercialização da energia se tornará cada vez menos possível.

Enfrentamos uma forte limitação quanto a obtenção de escopos técnicos detalhados e seus custos e valores residuais de descomissionamento realizado ou projetado. São raras as disponibilizações dessas informações em âmbito público. Outra dificuldade encontrada foi quanto à obtenção de detalhes técnicos dos projetos de instalação dos parques eólicos brasileiros que influenciam o descomissionamento, principalmente quanto ao projeto das fundações, das torres eólicas, e das distâncias das linhas de transmissão. A abertura de informações corretas com descrição dos serviços e equipamentos no Capex dos parques eólicos foi também um fator limitante.

Assim, sugerimos como trabalhos futuros: (i) a realização do teste em parques eólicos brasileiros do modelo econômico de Perez e Rickarsson (2008) com as considerações de McCarthy (2015) e as particularidades do setor eólico brasileiro apontadas neste estudo; e (ii) a realização de pesquisa sobre logística reversa e aplicação da política nacional de resíduos sólidos no setor eólico brasileiro.

A principal contribuição deste trabalho foi fornecer uma indicação de custos e valores residuais esperados para o descomissionamento de parques eólicos no Brasil a partir dos custos iniciais de seu investimento. Estas indicações são orientativas. Para se determinar os custos e valores residuais de descomissionamento, permanece necessária a realização de uma avaliação técnica e econômica de forma individual para cada parque eólico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBeólica. Associação Brasileira de energia Eólica. Disponível em www.abbeeolica.org.br. Acesso agosto 2017.

Agência Nacional de Petróleo (ANP)

_____. **ANP nº 27/2006** – Desativação de Instalações:

_____. **ANP nº 41/2015** – SGSS

_____. **ANP nº 17/2015** – Plano de desenvolvimento

AMBIGROUP. Disponível em <www.ambigroup.com>. Acesso em setembro de 2017.

ANDERSEN, N. **Wind turbine end-of-life: Characterisation of waste material**. Faculty of engineering and sustainable development. Department of Building, Energy and Environmental Engineering. 2015. Disponível em: www.diva-portal.org/smash/get/diva2:873368/FULLTEXT01.pdf. Acesso em agosto de 2017.

Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

_____. **Resolução Normativa 390/2009**

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

_____. **NBR 14.653 Avaliação de bens**. Parte 1 - Procedimentos gerais. 2005. Parte 2 - Imóveis urbanos. 2002. Parte 3 - Imóveis rurais. 2004. Parte 4 - Empreendimentos. 2004. Parte 5 - Avaliação de bens. Máquinas, equipamentos, instalações e bens industriais em geral. 2006. Parte 6 - Recursos naturais e ambientais. 2009. Parte 7 - Bens de patrimônios históricos e artísticos. 2009.

BAPE, Bureau d'audience publiques sur l'environnement du Quebec. Disponível em: <http://www.bape.gouv.qc.ca>. Acesso em setembro de 2017.

CAMBRIDGE. Dicionário da Língua Inglesa Eletrônico. Disponível em www.dictionary.cambridge.org. Acesso em agosto de 2017.

CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS ELÉTRICOS E DO SETOR ELÉTRICO DE PAÍSES E/OU ESTADOS SELECIONADOS. Parte de projeto P&D: Mercados de Energia Consultoria, Grupo de Estudos do Setor Elétrico UFRJ, Universidade de São Paulo, GEPEA Poli USO e CPFL Energia. 2014. Disponível em : < <https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/inovacao/projetos/Documents/PB3002/caracteristicas-de-sistemas-eletricos-de-paises-selecionados.pdf> >. Acesso em setembro de 2017.

CENÁRIOS ENERGIA EÓLICA 2016/2017. São Paulo. 2016.Ed. Brasil Energia.

CANTON MOUNTAIN WIND LLC - Site Location of Development Act and Natural Resources Protection Act Applications, Canton and Dixfield, DEP #L-25558-24-A-N/L-25558-TB-B-N. 2014. Disponível em: www.maine.gov. Acesso em setembro de 2017.

CHANGALA, D. et al. **Comparative Analysis of Conventional Oil & Gas and Wind Project Decommissioning Regulations on Federal, state, and Country Lands:** The Electricity Journal Vol. 25, Issue 1 1040-6190, 2012. Disponível em: <http://www.citeulike.org/article/10309516>. Acesso em agosto de 2017.

Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

_____. **Norma CNEN NN 9.01** Descomissionamento de usinas nucleoeletricas. 2012.

_____. **Norma CNEN NN 9.02** Gestão dos Recursos Financeiros Destinados ao Descomissionamento de Usinas Nucleoeletricas. 2016.

DADOS MENSAIS JULHO DE 2017. ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica; Disponível em: www.abeeolica.org.br. Acesso em agosto de 2017.

ELETROBRÁS ELETRONUCLEAR. Disponível em: www.eletronuclear.gov.br. Acesso em agosto de 2017.

ENERGY WAY. Disponível em: www.energyway.com.br. Acesso em agosto de 2017.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

_____. **Nota Técnica EPE DEN 03/08**.

FERRELL, S. L.; DEVUYST, E. A. **Decommissioning Wind energy projects: An economic and political analysis**. Energy Policy 53 (2013) 105-113. 2013. Disponível em: www.elsevier.com/locate/enpol. Acesso em setembro de 2017.

GIPE, P .2012. **Wind/News & Articles on Large Wind Turbines** Disponível em: www.wind-works.org . Acesso em agosto de 2017.

HANCOCK WIND, LLC – Site location of development act T16 MD/T22 MD/Aurora. Natural Resources protection act freshwater wetland alteration. Disponível em: www.maine.gov. Acesso em setembro de 2017.

Loi 2003-8 du janvier 2003 relative aux marchés du gaz et l'électricité et au service public de l'énergie. Disponível em: www.legifrance.gouv.fr. Acesso em setembro de 2017.

MANUAL DE CONTROLE PATRIMONIAL DO SETOR ELÉTRICO 2015. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/livros/-/asset_publisher/eZ674TKh9oF0/content/manual-de-controle-patrimonial-do-setor-eletrico-mcpse. Acesso em agosto de 2017.

McCARTHY, J. **Wind farm decommissioning: a detailed approach to estimate future costs in Sweden**. Dissertation of Master of Science with a major in inergy technology with focus on wind power, UPPSALA UNIVERSITET, Gotland / Sweden, 2015. Disponível em: <http://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A826246&dswid=-8875>. Acesso em agosto de 2017.

MICHAELIS. Dicionário da Língua Portuguesa Eletrônico. Disponível em: www.michaelis.uol.com.br. Acesso em agosto de 2017.

Norma ND67- **Ocupação de faixa de passage de linhas de transmissão de energia elétrica**. Elektro. 2013. Disponível em: www.elektro.com.br/fornecedores/normas-tecnicas. Acesso em setembro de 2017.

MONÉ, C. et al. **2015 Cost of Wind Energy Review**. Energy analysis and Environmental Impacts Division Lawrence Berkeley National Laboratory. 2017. Disponível em: www.nrel.gov/docs/fy17osti/66861.pdf. Acesso em setembro de 2017.

NUMBER NINE WIND FARM - MDEP NRPA Site location of development combined application. Section 1 project description. Section 299 decommissioning plan. Disponível em: www.maine.gov. Acesso em setembro de 2017.

OKLAHOMA WIND ENERGY DEVELOPMENT ACT. Requirements for wind development, U.S. Department of Energy. 2015. Disponível em: www.energy.gov. Acesso em agosto de 2017.

ORTEGON, K.; NIES, L. F.; SUTHERLAND, J. W. **Preparing for end of service life of Wind turbines**. Journal of Cleaner Production 39 (2013) 191-199. Disponibilizado em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612004441>. Acesso em setembro de 2017.

PARENTE, V. et al. **Offshore decommissioning issues: Deductibility and transferability**. Energy Policy 34 (15), 1992-2001, 2006. Disponível em: <https://documents.tips/download/link/offshore-decommissioning-issues-deductibility-and-transferability>. Acesso em julho de 2017.

PÉREZ, O.; RICKARDSSON, E. **What goes up must come down – Modelling economic consequences of Wind turbine decommissioning**. 2008. Disponível em <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/1351439>. Acesso em agosto de 2017.

RECORD HILL WIND LLC - Site Location of Development Act/Natural Resources Protection Act Application, Roxbury, #L-24441-24-A-N/L-24441-TF-B-N. Disponível em: www.maine.gov. Acesso em agosto de 2017.

KROHN, S.; MORTHORST, P.; AWERBUCH, S. **The Economics of Wind Energy. A report by the European Wind Energy Association- EWEA**. 2009. Disponível em: www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Economics_of_Wind_Energy.pdf. Acesso em agosto de 2017.

SIMÕES MOREIRA, J. R et al. **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**. Capítulo 8 Energia Eólica. Capítulo 16 Análise de Investimentos aplicada a projetos de Energia. Capítulo 17 Questões Ambientais e Licenciamento Ambiental Editora LTC. 2017.

SPRUCE MOUNTAIN WIND LLC - Site Location of Development Act and Natural Resources Protection Act Applications Woodstock, #L24838-24-A-N & L-24838-2G-B-N. Disponível em: www.maine.gov. Acesso em setembro de 2017.

STRIPLING, W. **Wind Energy's Dirty Word: Decommissioning**. Blog Post, 2016. Texas Law Review. Disponível em: www.texasrev.com/wp-content/uploads/2016/12/Stripling95.pdf Acesso em agosto de 2017.

TADANO, A. C. M. **Descomissionamento e logística reversa de aerogeradores**. Estudo de caso – Parque Eólico em Trairí – Ceará. 2016. Disponível em: www.usp.br/sisea/wp-content/uploads/2016/06/Turma-8-APRESENTAÇÕES.pdf. Acesso em agosto de 2017.

Vertu Assessoria e Avaliações Ltda. Disponível em: www.vertuavaliacoes.com.br. Acesso em agosto de 2017.

WELSTEAD, J. et al. **Research and guidance on restoration and decommissioning of onshore Wind farms**. Commissioned Report No. 591. Scottish Natural Heritage. 2013. Disponível em <http://www.snh.gov.uk/publications-data-and-research/publications/search-the-catalogue/publication-detail/?id=2007> . Acesso em agosto de 2017.

ANEXO A - Definições

Capital Expenditure (Capex): investimento em bens de capital; e que designa o montante de dinheiro despendido na aquisição (ou introdução de melhorias) de bens de capital de uma determinada empresa. O Capex é, portanto, o montante de investimentos realizados em equipamentos e instalações de forma a manter a produção de um produto ou serviço ou para manter em funcionamento um negócio ou um determinado sistema. (Enciclopédia temática – knoow.net).

Desativar: tornar algo inoperante (dicionário eletrônico Michaelis).

Desativação: ato ou efeito de desativar; suspensão das atividades ou do funcionamento de algo (dicionário eletrônico Michaelis).

Decommission: to take equipment or weapons out of use (dicionário eletrônico Cambridge).

Descomissionamento: Conjunto de medidas, providências e procedimentos a serem adotados para a desativação de instalações de componentes de usinas termonucleares, após o fim do seu ciclo de vida útil-econômica (Manual de Controle Patrimonial, 2015, pg. 458)

Desimobilização: por em movimento (dicionário eletrônico Michaelis).

Desmonte: Estágio ou hipótese do empreendimento correspondente à sua desimobilização total ou parcial, pela venda do remanescente, tais como estoques, equipamentos, instalações, terrenos e benfeitorias, considerado o passivo ambiental eventualmente decorrente (NBR 14.653 – Parte 4, 2004, pg. 3).

Valor de desmonte: Valor presente da renda líquida auferível pela venda dos bens que compõem o empreendimento, na condição de sua desativação (NBR 14.653- Parte 5, 2006, pg.3).

Valor de sucata: Valor de mercado dos materiais reaproveitáveis de um bem, na condição de desativação, sem que estes sejam utilizados para fins produtivos (NBR 14.653 – Parte 5, pg.3).

Desativação de Instalações de Produção: é a retirada definitiva de operação e a remoção de Instalações de Produção, dando-lhes destinação final adequada, e a recuperação ambiental das áreas em que estas instalações se situam (ANP n° 27/2006, item “e” das Definições).

Desativação Permanente: retirada de operação do duto ou sistema submarino em caráter definitivo (ANP n° 41/2015, item 2.9).

Descomissionamento: conjunto de ações legais, técnicas e procedimentos de engenharia aplicados de forma integrada a um duto ou sistema submarino, visando assegurar que sua desativação ou retirada de operação atenda às condições de segurança, preservação do meio ambiente, confiabilidade e rastreabilidade de informações e de documentos (ANP n° 41/2015, item 2.10).

Faixa de servidão: é a faixa de passagem da Linha de Transmissão legalmente instituída em favor da Empresa (conforme Decreto Lei n° 35.851 de 16.07.1954, art. 2º), para a qual se impõem restrições ao uso e ocupação do solo. A área que compõem a faixa de servidão continua sob o domínio do proprietário. (Norma ND67 Elektro, pg.16, 2013).