

12. ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO

12.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Estudo de Análise de Risco – EAR do empreendimento foi elaborado pela empresa GEOCONSULT – PI Projetos e Serviços Ambientais Ltda., tendo como responsável técnico o Eng. Mecânico Francisco Olímpio Moura Carneiro, CREA-CE N°. 45.593-D.

O EAR teve por finalidade identificar, analisar e avaliar os eventuais riscos impostos a objetos vulneráveis (meio ambiente, comunidades circunvizinhas e instalações) advindas da operação do complexo eólico.

O EAR é apresentado na íntegra no Volume II – Anexos deste EIA e são aqui reportados os principais resultados do referido estudo. Também são apresentados no Volume II – Anexos o Programa de Gerenciamento de Risco e o Plano de Resposta a Emergência.

12.2. PRINCIPAIS RESULTADOS DO ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO

12.2.1. Análise Qualitativa de Risco

Foram identificados 60 cenários acidentais sendo 17 riscos moderados, 36 riscos baixos e 7 riscos desprezíveis, conforme o Quadro 12.1.

Quadro 12.1 – Matriz de Risco do Empreendimento

Severidade	Frequência				
	A	B	C	D	E
IV	1	1	14	2	1
III		4	14	2	1
II		6	31	2	1
I			1	1	1

1	DESPREZIVEL
2	MENOR
3	MODERADO
4	SÉRIO
5	CRITICO

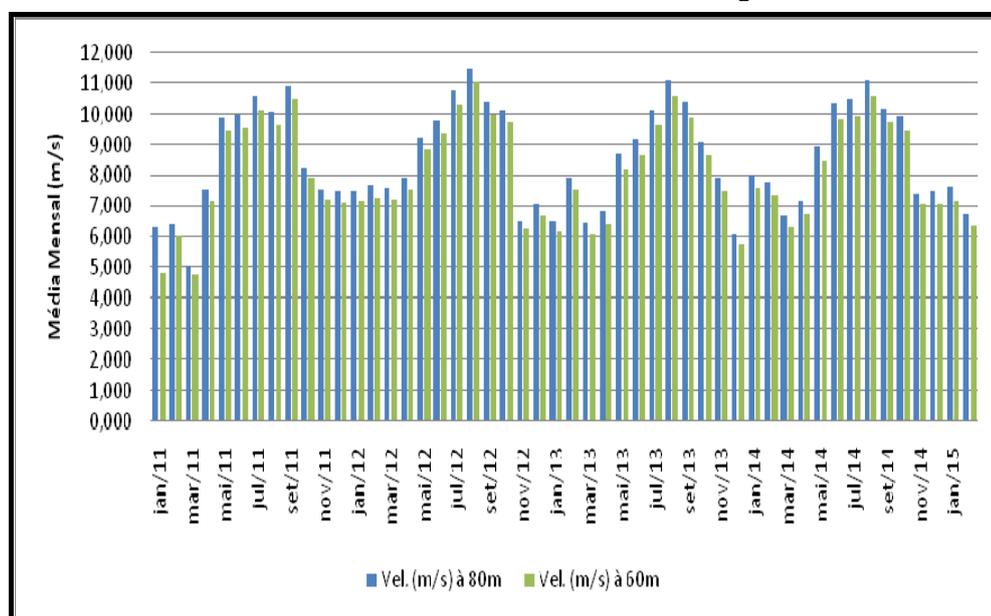
Fonte: EAR, Geoconsult, 2015.

12.2.2. Vulnerabilidade

Os dados levantados para análise de vento na região da implantação do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III**, no período entre Janeiro de 2011 à Fevereiro de 2015 pela torre VA8702 (S 7° 43' 26.700"; W 40° 40' 25.300") à 80m e 60m, com médias mensais ficaram entre 11,4m/s e 5,08m/s (41,04km/h e 18,28km/h). Os aerogeradores instalados neste empreendimento são classificados conforme IEC61400, classe IIIa, logo observa-se que as condições climáticas aos quais serão submetidos é sensivelmente inferiores aos limites do equipamento. Esta Classe de aerogeradores suporta rajadas com frequência de anual igual a 42,5m/s (153,0km/h), rajada com frequência de 50 anos igual a 59,5m/s (214,20km/h). No Gráfico 12.1 é mostrada a distribuição das médias de ventos ao longo do período de medição da torre supracitada.

A avaliação da vulnerabilidade de um aerogerador em relação ao fluxo de ar deve ser realizada levando-se em consideração os valores médios das velocidades do vento e a variação dessas médias ao longo do tempo. Analisando os valores supracitados observa-se pouquíssima variação da media anual, as quais são muito abaixo dos limites operacionais do equipamento. Logo a excelente estabilidade atmosférica característica da região nordeste do Brasil tornam remota a possibilidade de acidente causado por condições climáticas severas.

Gráfico 12.1 – Médias mensais de ventos medidos pela Torre VA8702



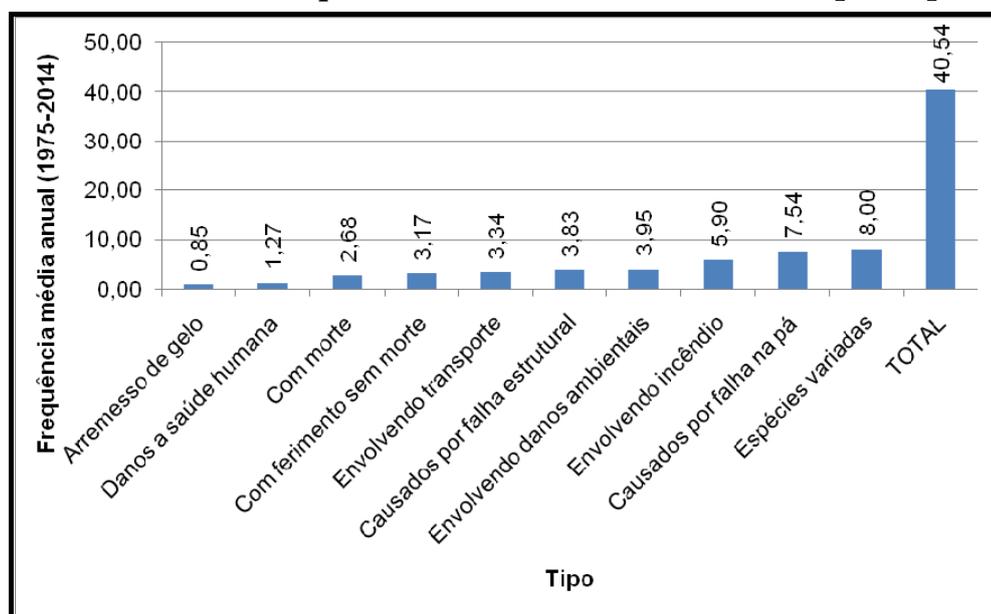
Fonte: EAR, Geoconsult, 2015.

Analisando os tipos de acidentes ocorridos no mundo entre 1975 e 31/12/2014 na indústria da Energia Eólica, observa-se que os mais frequentes estão relacionados à falha nas pás e incêndio, como mostra o Gráfico 12.2, sendo a pá o único elemento do conjunto mecânico capaz de arremessar fragmentos com massa e energia cinética suficiente para causar danos materiais e a vida humana, logo, este deve ser analisado em detalhes. A

condição de incêndio também tem como consequência o arremesso de fragmentos uma vez que os efeitos de radiação e a sobrepressão (caso houvesse explosão) não serão sentidos por pessoas mesmo na base da torre. Vale salientar que a casa de máquinas encontra-se a 100m de altura e que neste local não existe materiais capazes de alimentar as chamas por tempo prolongado, além do acesso de pessoas a nacele ser restrito.

As variáveis envolvidas em um cenário de acidente envolvendo a pá são muitas e repercutem na carga estrutural sofrida pela pá e, no caso de desprendimento de partes, na trajetória do fragmento. Podemos citar algumas dessas variáveis, tais como: rotação da pá, ângulo da pá, velocidade do vento, direção do plano de rotação (possível direção do arremesso), tempo de operação do conjunto, condição de chuva, acúmulo de gelo (em locais propensos), dentre tantas outras. O levantamento histórico desses acidentes mostrou que a forma com tais eventos acontecem são essencialmente aleatórios.

Gráfico 12.2 – Frequência Anual Global de Acidentes por Tipo

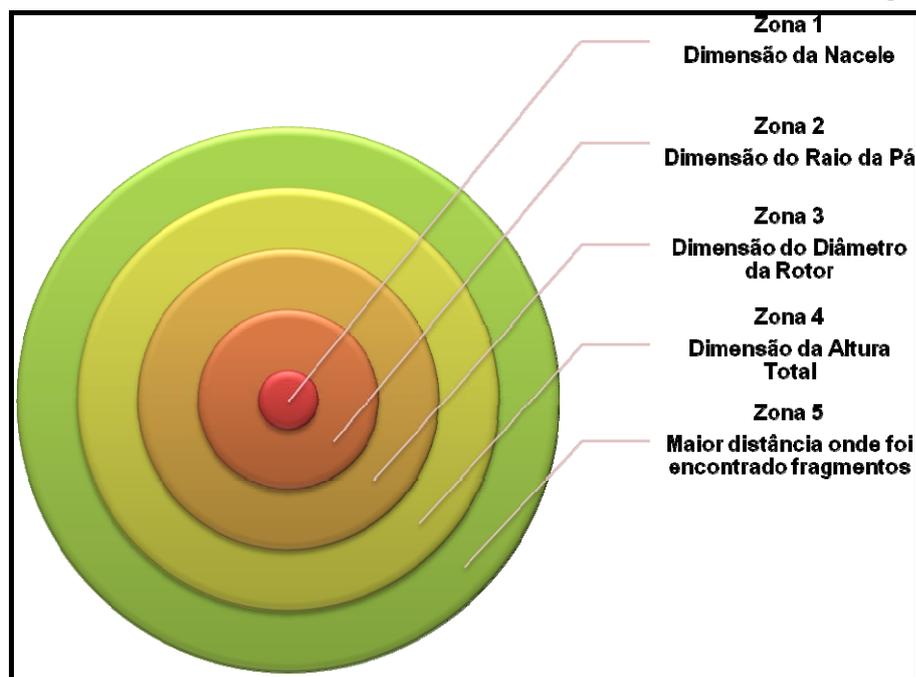


FONTE: Caithness Windfarm Information Forum – CWIF apud EAR, Geoconsult, 2015.

Frente à impossibilidade de simular todas as situações nas quais possam arremessar fragmentos e precisar seus possíveis alcances, ver-se obrigado a assumir o único e pior acidente já ocorrido com relação a isto. Este fato ocorreu em 20/01/2006 na Noruega, na qual partes de uma pá foram encontradas a 1.300 m da torre, o acidente não causou prejuízos à vida humana nem tão pouco danos ao patrimônio de terceiros. O acidente foi causado pela falha da pá.

As zonas de vulnerabilidade levantadas através dos acidentes ocorridos desde 1975 estão mostradas na Figura 12.1.

Figura 12.1 – Ilustração das Zonas Vulneráveis ao Redor de Aerogerador



Adaptado de CARNEIRO *et al*, 2012 apud EAR, Geoconsult, 2014.

ZONA 01: Fragmentos de qualquer natureza que possam cair da nacele. *RAIO DA ZONA 01 = 15m.*

ZONA 02: Considerando a situação extrema de toda a pá se desprender do cubo. *RAIO DA ZONA 02 = 57m.*

ZONA 03: Considerando a situação extrema do rotor cair com as pás montadas. *RAIO DA ZONA 03 = 116m.*

ZONA 04: Considerando a situação extrema do tombamento de todo o conjunto (nacele, torre e pá) considerando a altura máxima. *RAIO DA ZONA 03 = 137m.*

ZONA 05: Região na qual existe a probabilidade mesmo remota de arremesso de fragmentos com alta energia cinética, baseado no pior acidente já ocorrido na história. *RAIO DA ZONA 05 = 1300m.*

12.2.3. Risco Social

O Risco Social é representado pelo gráfico F-N o qual mostra a frequência por número de fatalidades, ou seja, com que frequência aconteceu 1 fatalidade, ou 2, ou 3 e assim por diante. Nos relatos detalhados fornecidos pela “*Caithness Windfarm Information Forum*” (CWIF) é discriminada a quantidade de vítimas em cada acidente ocorrido, logo, é possível extrair a frequência por número de fatalidades.

Nos 41 anos de levantamento realizado 151 pessoas morreram, em 110 acidentes, devido a atividades ligadas a indústria da geração de energia eólica. Nos quais envolveram atividades ligadas ao parque (montagem, desmontagem, manutenção, transporte e etc.) e o público não relacionado a estas atividades, mas que sem a existência dos aerogeradores esses últimos não teriam ocorrido.

Durante o período registrado, os casos se distribuíram em 98 acidentes envolvendo uma (1) morte; 4 acidentes envolvendo duas (2) mortes; 1 acidente envolvendo três (3) mortes, 2 acidente envolvendo quatro (4) mortes, 3 acidentes envolvendo cinco (5) mortes e 1 acidente envolvendo mais de cinco (5) mortes, conforme Quadro 12.2.

Quadro 12.2 – Frequência de Acidentes Fatais Parametrizada pelo Número e Parques em Operação e pela Capacidade Mundial de Geração de Energia Eólica

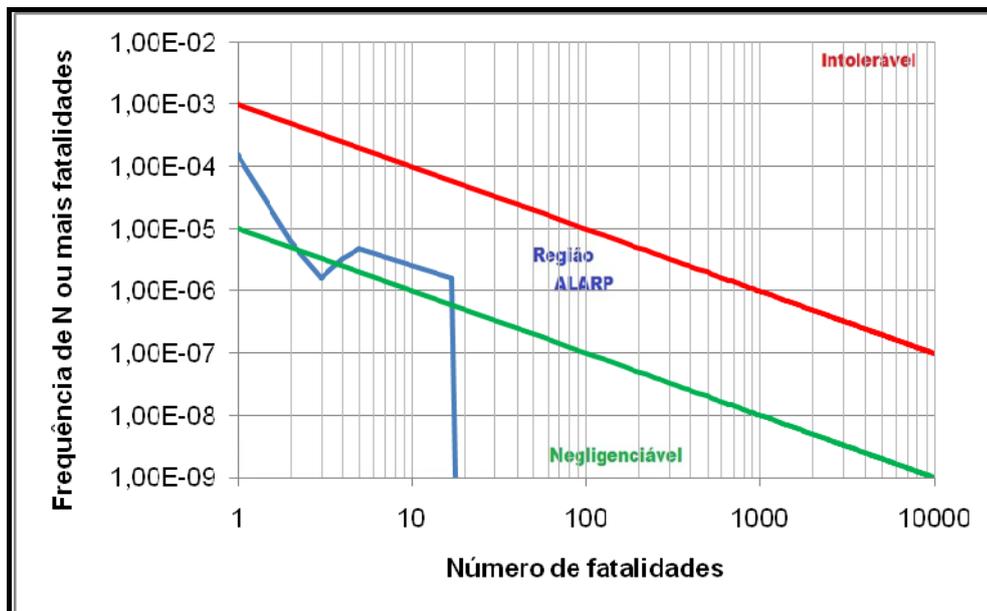
Número de Fatalidades	Quantidade de Acidentes	Frequência Parametrizada Pelo Número de Parques Eólicos	Frequência Parametrizada Pela Capacidade de Geração (MW)
1	98	1,564E-04/ano/parque	7,301E-06/ano/MW
2	4	6,384E-06/ano/parque	2,980E-07/ano/MW
3	1	1,596E-06/ano/parque	7,450E-08/ano/MW
4	2	3,192E-06/ano/parque	1,490E-07/ano/MW
5	4	4,788E-06/ano/parque	2,235E-07/ano/MW
Mais de 5	1	1,596E-06/ano/parque	7,450E-08/ano/MW

Fonte: EAR, Geoconsult, 2015.

Tomando como base o Quadro 12.2 foram construídos os Gráficos 12.3 e 12.4. As unidades geradoras são consideradas unidades autônomas e o levantamento do gráfico F-N de um parque como um todo nos fornece apenas um indicativo da aplicação da tecnologia que, como visto no Gráfico 12.3, não se encontra na região intolerável. Além disso, a variação da quantidade de aerogeradores por parque ao redor do mundo é muito dispersa. Logo, serão considerados conclusivos para avaliação dos riscos individuais dos dados parametrizados frente à capacidade de geração por uma unidade (turbina).

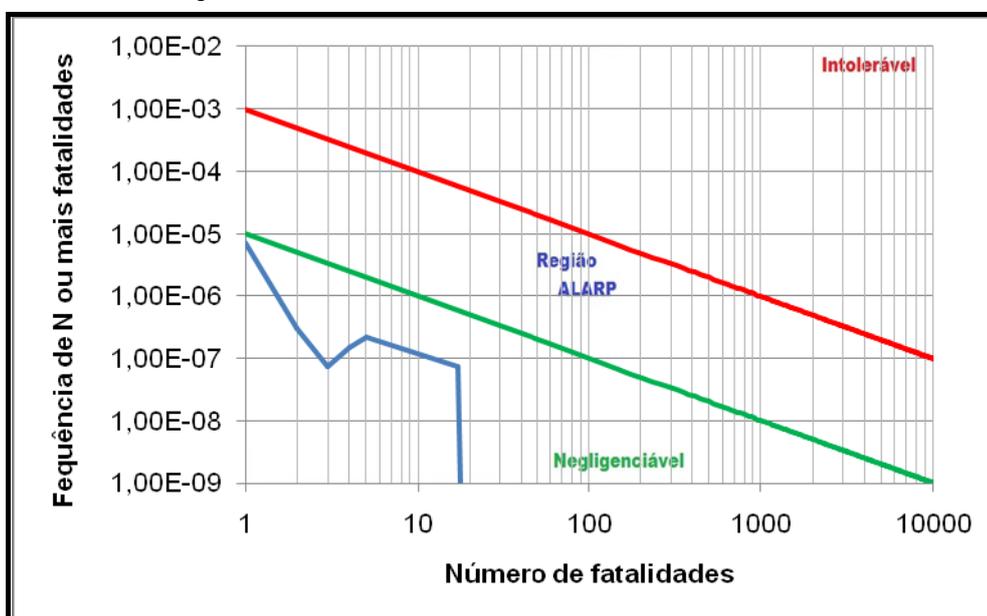
No **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** serão utilizadas Turbinas Eólicas de potência nominal de 2,3MW da fabricante GE. Logo o Gráfico F-N do risco social para uma unidade geradora é mostrados no Gráfico 12.5.

Gráfico 12.3 – Gráfico F-N Típico para um (1) Parque Eólico Frente à Situação de Ocorrência de Acidentes entre 1975 e 31/12/2014



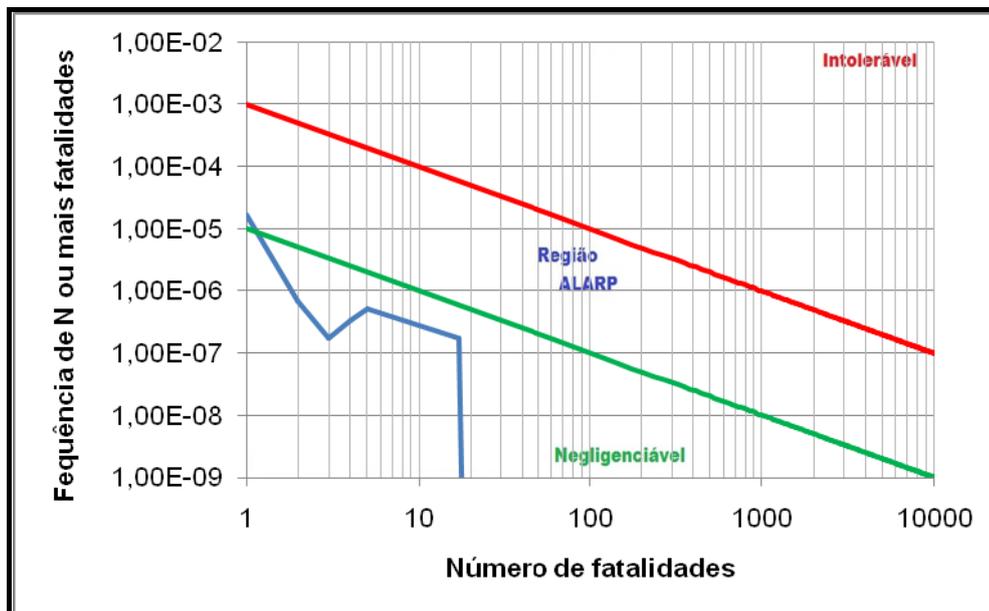
Fonte: EAR, Geoconsult, 2015.

Gráfico 12.4 – Gráfico F-N Típico para a Geração de 1MW de Energia Eólica Frente a Situação de Ocorrência de Acidentes entre 1975 e 31/12/2014



Fonte: EAR, Geoconsult, 2015.

Gráfico 12.5 – Gráfico F-N Típico para uma Turbina de Capacidade Nominal de 2,3MW Frente à Situação de Ocorrência de Acidentes entre 1975 e 31/12/2014



Fonte: EAR, Geoconsult, 2015.

12.2.4. Análise do Risco Social para Indivíduos Ligados Direta e Indiretamente a Indústria da Energia Eólica

O levantamento das descrições detalhadas dos acidentes ocorridos desde 1975 possibilitaram avaliar o Risco Social de acidentes para indivíduos ligados direta e indiretamente a indústria da energia eólica.

O Quadro 12.3 mostra o perfil dos acidentes ocorridos com indivíduos que possuem ligação direta com o transporte, a montagem, a manutenção, a operação e os demais processos envolvendo a indústria da energia eólica. Quanto que o Quadro 12.4 mostra o perfil para dos ocorridos com pessoas não ligadas ao ramo. Ou seja, envolveram-se em acidentes com colisão de aeronaves ou automóveis e as torre eólicas, protestos contra a tecnologia e demais acidentes com pessoas dentro de parques eólicos. Os acidentes envolvendo colisões automobilísticas aconteceram em sua totalidade nos países europeus os quais é comum existirem parques eólicos próximos a rodovias.

O Gráfico 12.6 mostra o comparativo das ocorrências totais de acidentes em relação a diferenciação dos indivíduos ligados ou não ao setor. Nele é possível observar que os acidentes relacionados a pessoas não inseridas nos processos do setor em questão são mais baixas.

Quadro 12.3 – Frequência de Acidentes Fatais Parametrizadas Capacidade Mundial de Geração de Energia Eólica de Indivíduos “Diretamente” Ligados a Indústria da Energia Eólica

Número de Fatalidades	Quantidade de Acidentes	Frequência Parametrizada Pela Capacidade de Geração (MW)
1	77	5,736E-06/ano/MW
2	3	2,235E-07/ano/MW
3	1	7,450E-08/ano/MW
5	2	1,490E-07/ano/MW

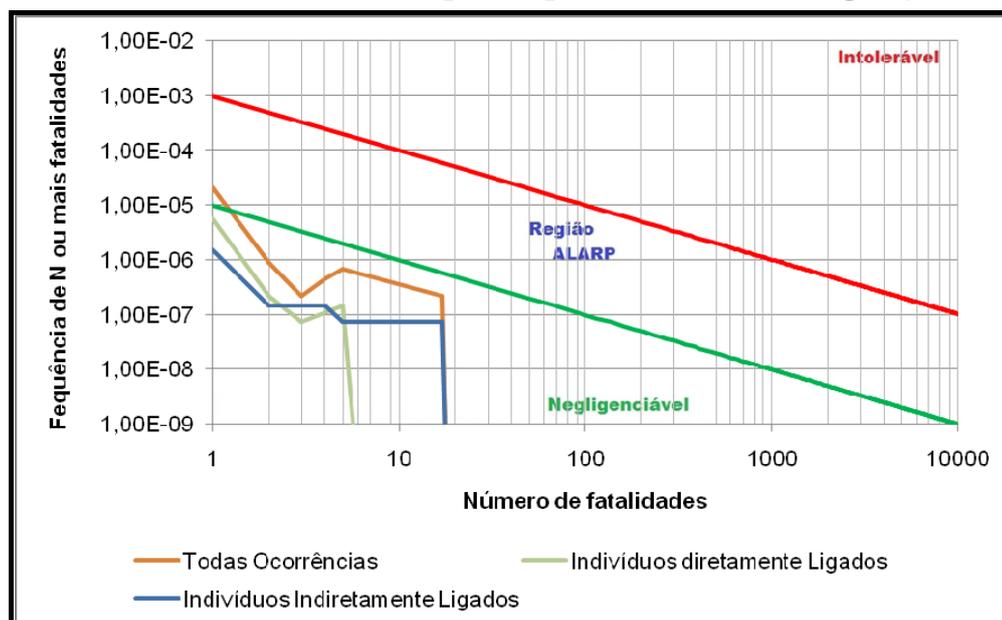
Fonte: EAR, Geoconsult, 2015.

Quadro 12.4 – Frequência de Acidentes Fatais Parametrizadas Capacidade Mundial de Geração de Energia Eólica de indivíduos “Indiretamente” Ligados a Indústria da Energia Eólica

Número de Fatalidades	Quantidade de Acidentes	Frequência Parametrizada Pela Capacidade de Geração (MW)
1	21	1,564E-06/ano/MW
2	2	1,490E-07/ano/MW
4	2	1,490E-07/ano/MW
5	1	7,450E-08/ano/MW
Mais de 5	1	7,450E-08/ano/MW

Fonte: EAR, Geoconsult, 2015.

Gráfico 12.6 – Comparativo de Risco Social entre Todas as Ocorrências e as Ocorrências com Indivíduos Ligados direta e Indiretamente a Indústria da Energia Eólica entre 1975 e 31/12/2014 Parametrizado pela Capacidade Mundial de geração



Fonte: EAR, Geoconsult, 2015.

12.2.5. Levantamento do Risco Individual

O Risco Individual está relacionado com a posição física dos indivíduos inseridos dentro da região de risco. No entanto o risco individual para este tipo de empreendimento esta relacionado às unidades geradoras, no caso, o conjunto torre, pás e nacele.

A aleatoriedade das condições ambientais e das condições de operação da turbina implicam num grau elevado de incerteza em quantificar a frequência e a probabilidade de mortes em relação a distância do aerogerador. Relatos precisos afirmam que a maior distância na qual partes de uma aerogerador foi arremessada é de 1.300 m. Como mencionado anteriormente nenhuma dessas partes causou mortes ou ferimentos. A parametrização dos dados relacionados com o risco individual advém de dois quesitos, o primeiro são as características geométricas do aerogerador enquanto que o segundo são os acidentes que sofreram influencia direta dessas dimensões. Desta forma se define a área de influência no entorno da turbina eólica.

As condições ambientais, principalmente ligadas às condições de vento, serão fator preponderante na influência da região física atingida pelos danos no caso de queda ou arremesso de fragmentos. Todavia, os relatos mostraram que numa distância maior do que a altura máxima do conjunto (altura da torre mais raio da pá) não houve mortes.

No Quadro 12.5 são apresentados os acidentes ocorridos até 31/12/2014 que possuem ligação direta com as dimensões do aerogerador.

Quadro 12.5 – Acidentes nos Quais as Dimensões do Aerogerador são Relevantes

Cenário ocorrido	Ano	Local	Quantidade	Fatalidades	Região
Fragmentos de qualquer natureza que posso cair da nacele	1994	EUA	1	1	Equivalente as dimensões da nacele
Considerando a situação extrema de uma pá se desprender do cubo	2009	Espanha	2	2	Equivalente a dimensão do raio da pá
	2012	Alemanha			
Considerando a situação extrema do rotor se desprender do conjunto	2011	Brasil	1	1	Equivalente a dimensão do diâmetro do rotor
Considerando a situação extrema do tombamento de todo o conjunto (turbina e torre)	2007	EUA	2	1	Equivalente a dimensão da altura torre mais pá.
	2011	China		5	

FONTE: Caithness Windfarm Information Forum – CWIFapud EAR, Geoconsult, 2015.

12.2.6. Considerações Finais

O Gráfico 12.3 demonstra claramente que os níveis de segurança, por MW de energia eólica gerada, não superam o limite mínimo pelos critérios estabelecidos pela CETESB

para Risco Social, sejam eles os acidentes fatais totais que envolveram indivíduos inseridos nos processos inerentes ao setor ou indivíduos sem ligação alguma com a produção de energia eólica em qualquer fase. O mesmo ocorre para o Risco Individual mostrado pelo Gráfico 12.6, que considera todos os acidentes envolvidos por conservadorismo. Logo se conclui pelas análises realizadas, que o setor da Energia Eólica tem seus níveis de segurança evoluindo juntamente com a aplicação, ou seja, a frequência de acidentes decai com o número de turbinas instaladas.

Foi constatado que o potencial poluidor de um parque eólico é considerado desprezível durante sua operação. Os cenários mais severos estão relacionados a acidentes envolvendo indivíduos diretamente ligados a indústria, ou seja, acidentes de trabalho. Os eventos que possuem o potencial de extrapolar a área do empreendimento estão relacionados a incêndios e desprendimento de partes das pás. No entanto, não foi constatado em relatos históricos que ambos excederam esta área, além de que a frequência de suas ocorrências decaem com a evolução da instalação e novos parques, conforme mostrado na análise de frequência parametrizada.

12.2.7. Medidas Mitigadoras Recomendadas

- Manter operadores e terceirizados treinados e atualizados;
- Verificar sistematicamente os procedimentos para movimentação de pessoal e equipamentos pesados durante a etapa de transporte e montagem;
- Realizar inspeção e manutenção preventiva dos equipamentos e sistemas de segurança;
- Fornecer equipamentos de segurança e EPI adequados para a realização de manobras de manutenção e reparo; a velocidade dos ventos da região e a capacidade suportável de projeto;
- Em caso de fogo nos sistemas elétricos, para extinção usar pó químico e dióxido de carbono (CO₂). Remover os recipientes da área de fogo, se isto puder ser feito sem risco;
- Assegurar que há sempre um caminho para escape do fogo, rota de fuga no interior da subestação;
- Checagem física dos componentes de serviço e manutenção;
- Implantação de sistemas de monitoramento remoto para a detecção de riscos de incêndios;
- Manutenção de atmosfera inerte e atender aos procedimentos listados nas Fichas de informação de segurança de produtos químicos (FISPQ) dos produtos utilizados.