

11. ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO

11.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Estudo de Análise de Risco – EAR do empreendimento foi elaborado pela empresa GEOCONSULT Consultoria, Geologia & Meio Ambiente 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.

11.2. PRINCIPAIS RESULTADOS DO ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO

11.2.1. Análise Qualitativa de Risco

Foram identificados 60 cenários acidentais sendo 17 riscos moderados, 36 riscos baixos e 7 riscos desprezíveis através do método das APP's – Análise Preliminar de Perigo e uma matriz de caracterizações dos riscos foram geradas, de acordo com o Quadro 11.1.

Quadro 11.1 – Matriz de Risco do Empreendimento

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

1	DESPREZIVEL
2	MENOR
3	MODERADO
4	SÉRIO
5	CRÍTICO

Fonte: EAR, Geoconsult, 2014.

11.2.2. Vulnerabilidade

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.

Os dados levantados para análise de vento na região da implantação do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ**, no período entre 08 de fevereiro de 2012 até 07 de fevereiro de 2014 pela torre AC8901 à 100m, 80m e 60m, com 98,4% dos dados válidos, mostrou que as velocidades médias mensais ficaram entre 8,1m/s e 8,8m/s (29,16km/h e 31,68km/h). Quando extrapolados os dados para longo prazo estes valores reduzem-se ficando entre 7,8m/s e 8,5m/s (28,08km/h e 30,60km/h). Os aerogeradores instalados neste empreendimento são classificados conforme IEC61400, classe IIb/IIIa, logo se observa que as condições climáticas aos quais serão submetidos são sensivelmente inferiores aos limites do equipamento. Esta Classe de aerogeradores suporta rajadas com frequência de anual igual a 44,6m/s (160,56km/h), rajada com frequência de 50 anos igual a 59,5m/s (214,20km/h). Também conforme informado pela fabricante ACCIONA a série AW3000 (AW-100/3000, AW-109/3000 e AW-116/3000) foram projetada para velocidades de operação entre 11,7m/s e 10,6m/s, também superiores as que serão submetidos. O Quadro 11.2 apresenta as características dos aerogeradores que serão utilizados no Complexo Eólico Piauí.

Quadro 11.2 – Características dos Aerogeradores que Serão Utilizados no Complexo Eólico Piauí

Rotor	Número de Pas	3
	Orientação	Frontal
	Diâmetro	125 m
	Área varrida pelo rotor	12305 m ²
	Direção de Rotação	Horária
	Velocidade de Rotação	Variável - 9.2 ... 15.6rpm
	Hub height	120 m
	Controle de Potencia	Ativo
	Controle de sobre velocidade	Pitch
Pás	Material	Vibra de vidro
	comprimento	61.2 m
	Peso	15450 kg ± 3% / pá
	Spoiler	Ativo
Torre	Tipo	Tubular
	Altura	118 m
	Material	Aço ou concreto
	Peso	1.176.000kg

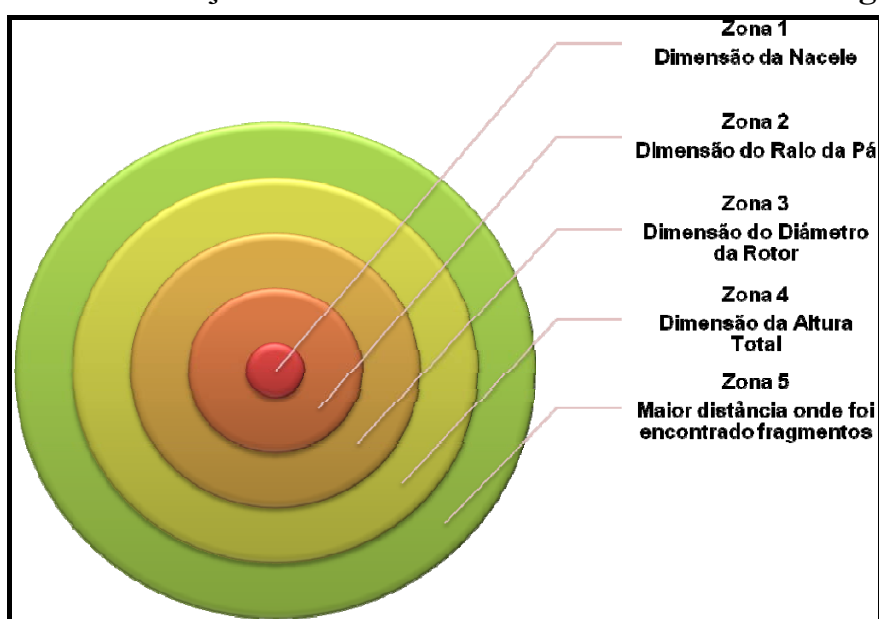
Continuação do Quadro 11.2

Operação	Velocidade de Partida	3 m/s
	Velocidade de Parada	25 m/s
	Potência Nominal	3000 kW
	Temperatura de Operação	- 10°C to +40°C

Fonte: Memorial técnico descritivo do Parque Eólico .

As zonas de vulnerabilidade levantadas através dos acidentes ocorridos desde 1975 estão mostradas na Figura 11.1.

Figura 11.1 – 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 = 10m.*

ZONA 02: Considerando a situação extrema de toda a pá se desprender do cubo. *RAIO DA ZONA 02 = 49m.*

ZONA 03: Considerando a situação extrema de o rotor cair com as pás montadas. *RAIO DA ZONA 03 = 100m.*

ZONA 04: Considerando a situação extrema do tombamento de todo o conjunto (nacele, torre e pá) considerando a altura máxima. *RAIO DA ZONA 03 = 129m.*

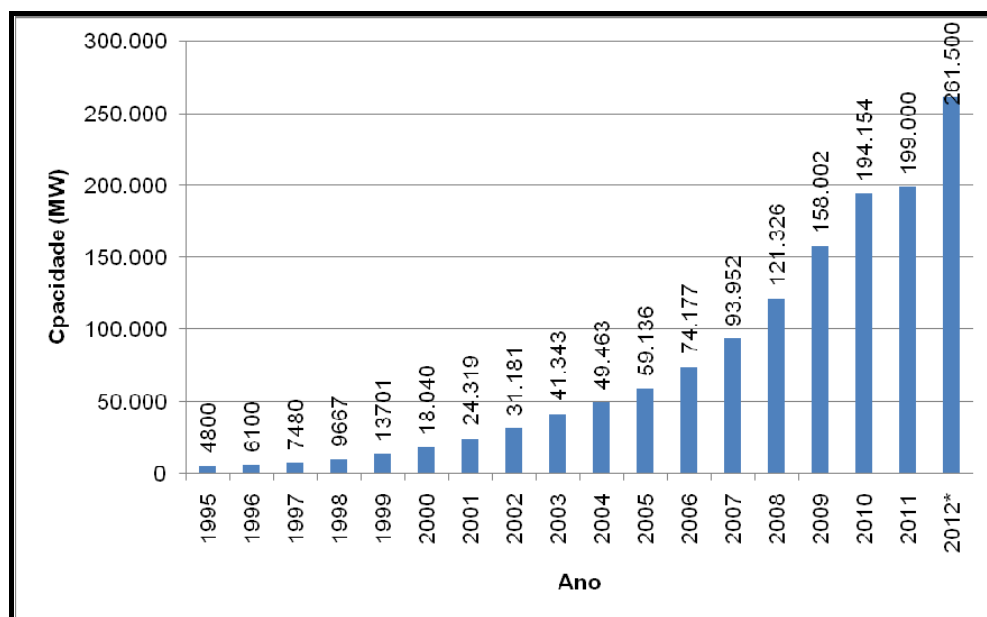
ZONA 05: Região na qual existe a probabilidade mesmo remota de arremesso de fragmentos com alta energia cinética, baseado no pior acidente já ocorrido na história. *RAIO DA ZONA 05 = 1.300m.*

11.2.3. Risco Social

Os riscos sociais são medidas numéricas simples, tabelas numéricas, ou resumos gráficos que estimam o risco a um grupo de pessoas localizadas na zona de efeito de um acidente ou local do acidente.

Até 31/12/2014 havia operando 15.283 parques eólicos em terra firme em todo o mundo, fornecendo 327GW de energia. A maior parte desse crescimento aconteceu nos últimos 20 anos e atualmente encontra-se em ritmo acelerado, como mostrado no Gráfico 11.1. Portanto as análises foram feitas através da similaridade dos empreendimentos tomando como base duas abordagens, uma por número de Usinas e outra pela capacidade instalada.

Gráfico 11.1 – Desenvolvimento da Capacidade de Geração de Energia Eólica, Entre 1995 e 30/09/2013



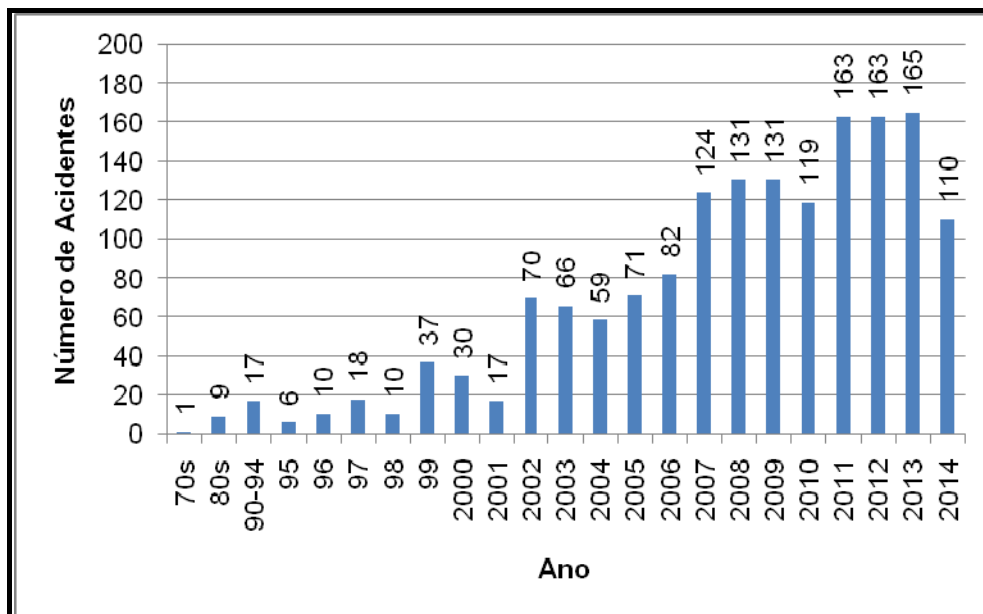
Fonte: The Wind Power apud EAR, Geoconsult, 2014.

A distribuição, ao longo dos 41 anos analisados, dos 1662 acidentes mencionados no Quadros acima é mostrada no Gráfico 11.2.

Os Gráficos 11.2 e 11.3 mostram um aumento absoluto da quantidade de acidentes, sejam eles fatais ou não, na indústria eólica no ano até 31/12/2014. No entanto isto não demonstra que o nível de segurança diminuiu. De acordo com o site “*The Wind Power – Wind turbines and wind farms Database*” o crescimento da energia gerada por esta indústria apenas por parques eólicos em terra firme, entre 2008 e 2014, foi superior a 270%. Logo a quantidade de Homens Horas Trabalhadas e Horas Máquinas Trabalhadas aumentaram significativamente. Consequentemente aumenta a exposição aos riscos das atividades necessárias a fabricação, montagem, operação e manutenção deste ramo.

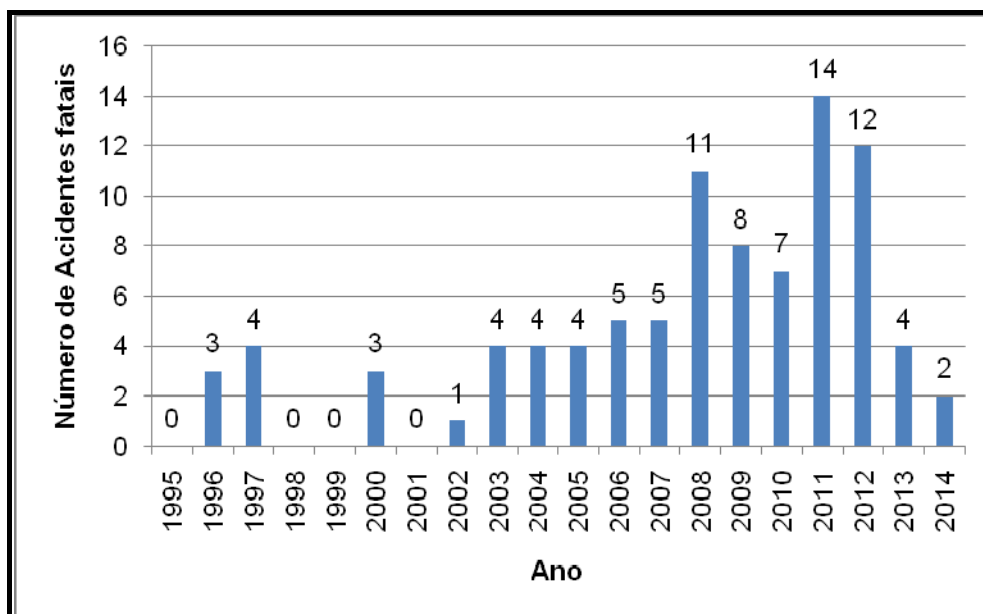
Desta forma o fator decisivo a ser analisado será a taxa de crescimento da indústria em relação à taxa de crescimento do número de acidentes.

Gráfico 11.2 – Acidentes na Indústria Eólica Mundial por Ano



FONTE: Caithness Windfarm Information Forum – CWIF, em 16/02/2015.

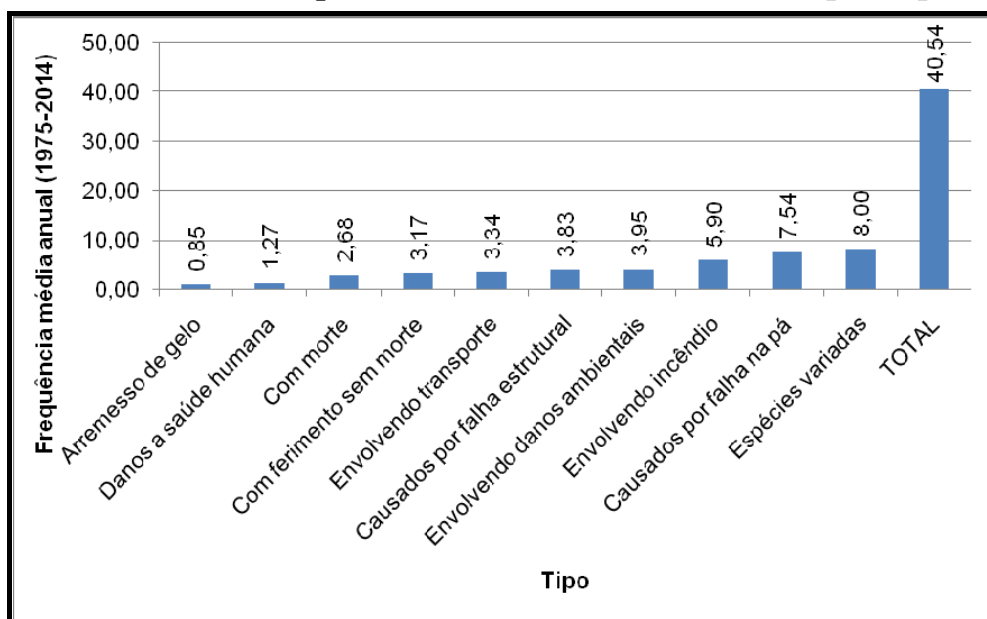
Gráfico 11.3 – Número de Acidentes Fatais por Ano



FONTE: Caithness Windfarm Information Forum – CWIF, em 16/02/2015.

O Gráfico 11.4 mostra a frequência com que cada tipo de acidente ocorreu nos últimos 41 anos de dados coletados, o qual é possível observar que as falhas nas pás se destacam dos demais tipos.

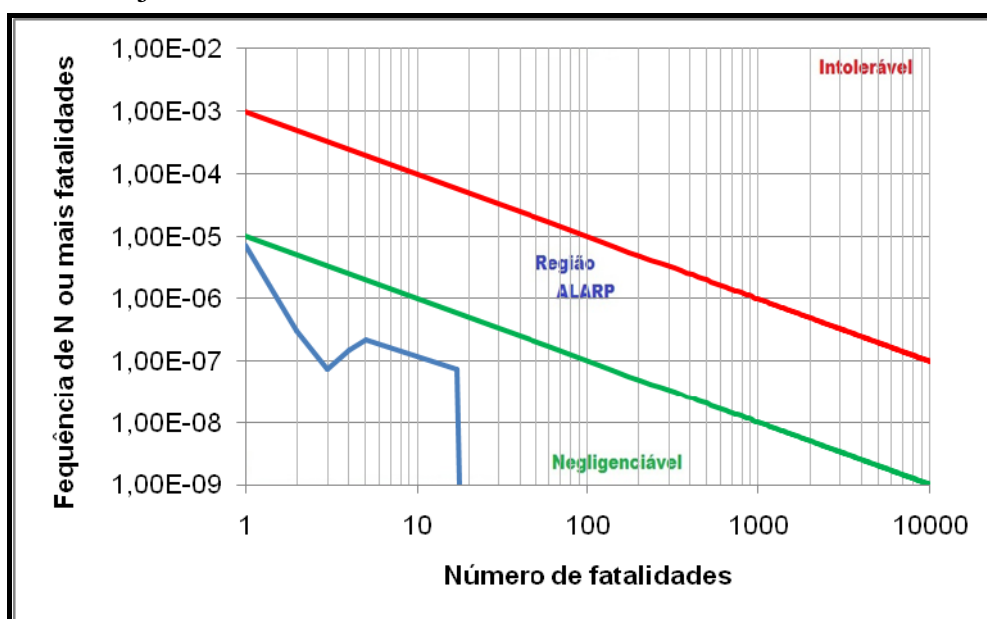
Gráfico 11.4 – Frequência Anual Média de Acidentes por Tipo



FONTE: Caithness Windfarm Information Forum – CWIF, em 16/02/2015.

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, não se encontra na região intolerável, ver Gráfico 11.5. 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).

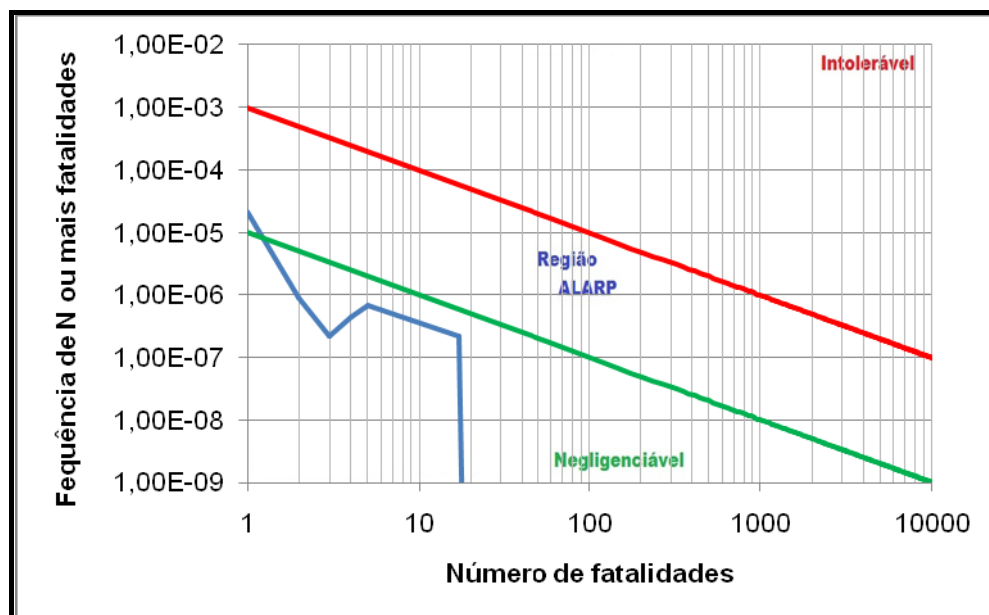
Gráfico 11.5 – Gráfico F-N Típico para a Geração de 1MW de Energia Eólica Frente à Situação de Ocorrência de Acidentes entre 1975 e 31/12/2014



Adaptado de CARNEIRO *et al*, 2012 apud EAR, Geoconsult, 2015.

No **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** serão utilizadas Turbinas Eólicas de potências nominais de 3,0MW da fabricante ACCIONA. Logo o Gráfico F-N do risco social para uma unidade geradora é mostrados no Gráfico 11.6.

Gráfico 11.6 – Gráfico F-N Típico para uma Turbina de Capacidade Nominal de 3,0MW Frente à Situação de Ocorrência de Acidentes entre 1975 e 31/12/2014



Adaptado de CARNEIRO *et al*, 2012 apud EAR, Geoconsult, 2015.

11.2.4. 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.

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 11.3 são apresentados os acidentes ocorridos até 31/12/2014 que possuem ligação direta com as dimensões do aerogerador. As três situações avaliadas no Quadro 11.3 apontam para três áreas de risco para indivíduos presentes na circunvizinhança do gerador. Intuitivamente, quanto maiores forem as dimensões do conjunto tão maior será o alcance em casos de tombamento e/ou de queda de fragmentos.

Quadro 11.3 – Acidentes nos Quais as Dimensões do Aerogerador são Relevantes

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

Fonte: Caithness Windfarm Information Forum – CWIF.

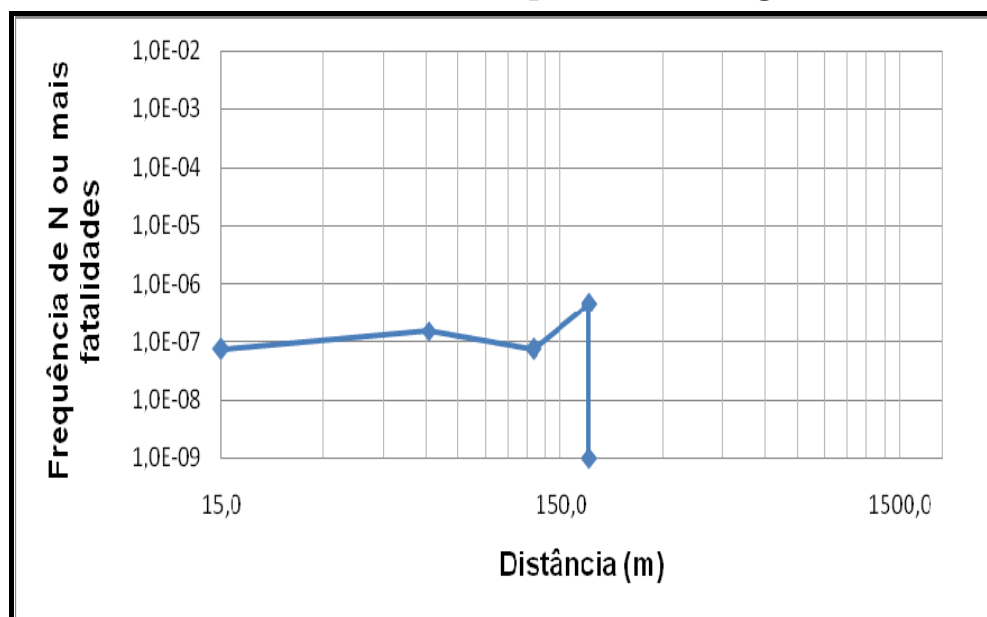
Além das regiões discutidas anteriormente outra deve ser considerada – a região na qual podem ser alvo de arremesso de partes com alta energia. Esta é maior do que a área suscetível ao tombamento do conjunto e pode abranger uma região com até 1300m de raio em relação ao aerogerador, visto na Figura 11.1. A CWIF recomenda considerar até 2000m. Quantificar de forma plausível a probabilidade de um arremesso desta proporção é impossível pela aleatoriedade e quantidade dos fatores envolvidos, como discutidos anteriormente.

Nas regiões contidas dentro das Zonas 01 e 03 aconteceu um acidente em cada envolvendo morte, como visto no Quadro 7.5. Logo a frequência de fatalidades destas zonas é igual $7,44968E-08/\text{ano}/\text{MW}$. Já para Zona 02 houve dois acidentes com uma fatalidade em cada, o que implica em uma frequência de $1,48994E-07/\text{ano}/\text{MW}$. Na Zona 04 houve dois acidentes e um total de 6 mortes, logo uma frequência de $4,46981E-07/\text{ano}/\text{MW}$. Quando aplicamos as dimensões características do maior aerogerador instalado no **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** obtém o Gráfico 11.7, F-X.

11.2.5. Considerações Finais

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 considerando os acidentes fatais totais, os que envolveram indivíduos inseridos nos processos inerentes ao setor ou indivíduos sem ligação algum com a produção de energia eólica em qualquer fase. O mesmo ocorre para o Risco Individual, 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.

Gráfico 11.7 – Gráfico F-X para Cada Aerogerador



Adaptado de CARNEIRO *et al*, 2012 apud EAR, Geoconsult, 2015.

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 devido às instabilidades climáticas severas. No entanto não foi constatado em relatos históricos que ambos excederam esta área, além da frequência de suas ocorrências decaírem com a evolução da instalação de novos parques, conforme mostrado na análise de frequência parametrizada supracitada.

11.2.6. 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, montagem e manutenção;
- ✓ 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 aerogeradores evacuar a área ao redor do equipamento e observar possíveis focos secundários no solo;

- ✓ Assegurar que haverá 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 FISPQ dos produtos utilizados, que no caso de aerogeradores impactam sobre o estoque e transporte.