

# Coleta de Dados de Vento Estrategicamente Distribuídos pelo Território Nacional

## 3º Relatório – Seleção das Estações

Elaborado por:



**Miguel H. Hirata**  
**Regina Araújo**  
**Cecília Araújo**  
**Renata Machado**

Para:  
**Agência de Cooperação  
Técnica Alemã – GTZ**  
Deutsche Gesellschaft für  
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Dezembro 2010



Programa Energia  
Brasileiro-Alemão



## **Coleta de Dados de Vento Estrategicamente Distribuídos pelo Território Nacional**

### **3º Relatório – Seleção das Estações**

**Elaborado por:** Horizonte Energias Renováveis

**Autores:** **Miguel H. Hirata**  
**Regina Araújo**  
**Cecília Araújo**  
**Renata Machado**

**Para:** Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

**Programa:** Programa Energia Brasileiro-Alemão

**No do Programa:** 2007.2189.4-001.00

**Coordenação:** Torsten Schwab (GTZ),  
Juarez Lopes (EPE)

Dezembro 2010

#### Informações Legais

1. Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Conseqüentemente, nem a GTZ ou o(s) autor(es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.
2. A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a GTZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito da GTZ.

## Conteúdo

<b>Conteúdo</b>	<b>I</b>
<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1. Processo de Seleção</b>	<b>2</b>
<b>2. Estações Seleccionadas</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Região Sul</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Região Sudeste</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Região Centro-Oeste</b>	<b>7</b>
<b>2.4. Região Nordeste</b>	<b>8</b>
<b>2.5. Região Norte</b>	<b>9</b>
<b>3. Conclusões e Recomendações</b>	<b>10</b>



## Introdução

Este é o 3º Relatório da série de três relatórios “Coleta de Dados de Vento Estrategicamente Distribuídos pelo Território Nacional”, cujo objetivo central é apresentar a seleção de estações meteorológicas cujos dados serão utilizados para a análise do comportamento histórico dos ventos.

O 1º Relatório, “Proposta de Modelo para Seleção de Estações Meteorológicas”, apresenta a metodologia na qual se baseia a seleção das estações.

O 2º Relatório, “Contatos com Possíveis Fontes”, descreve as principais fontes de dados de vento no país, como são suas estações meteorológicas, informações para contato e como adquirir os dados.

O 3º Relatório, “Seleção das Estações”, é o relatório final, onde se apresenta a aplicação da metodologia às estações e se explica a seleção das que tiveram melhor desempenho.

Este 3º relatório está organizado da seguinte forma: o capítulo 1 expõe o processo de seleção, seus critérios e etapas; o capítulo 2 apresenta o resultado final, isto é, as estações selecionadas organizadas por região: Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste.

Conclusão e recomendações fazem um apanhado das condições de dados de vento históricos no Brasil e de que medidas seriam interessantes para melhorá-las.

## 1. Processo de Seleção

Este capítulo descreve as etapas e critérios da escolha das estações meteorológicas cujos dados serão utilizados para analisar o comportamento histórico dos ventos.

A proposta é fazer uma primeira seleção apenas com as informações disponíveis atualmente, em seguida adquirir os dados das cerca de 40 estações, para então aplicar o modelo completo e escolher as 12 estações finais que fornecerão dados para a análise de regime de longo prazo dos ventos.

Apesar do Inmet ter em torno de 600 estações, uma pré-seleção foi feita baseada no relatório Bodstein et al, 2002 e foram escolhidas 147 estações para aplicação da metodologia. Ao final, foram selecionadas 34 estações para estudo sobre a qualidade dos dados de vento e definição das preferidas. Para a Marinha, foram pré-selecionadas somente as estações fixas que contam 25 ao longo do litoral. Apenas duas foram escolhidas para estudo comparativo da qualidade. Para a Aeronáutica, de uma base de 127 estações em aeroportos e pistas de pouso, foi feita uma pré-seleção das 25 mais antigas. Por fim, 11 foram escolhidas para aquisição de dados e análise.

### *1ª Etapa: Aplicação do Modelo*

O modelo utilizado é o tema do 1º Relatório e não será analisado aqui. O 2º Relatório trata de como contactamos as fontes e adquirimos informações sobre as estações. O trabalho nesta 3º fase foi, primeiro, aplicar a metodologia às informações a que tivemos acesso das diferentes fontes.

É importante ressaltar que o modelo não pôde ser inteiramente aplicado, pois não tivemos acesso a duas variáveis relativas a falhas nos registros: taxa de recuperação ( $\beta$ ) e lacunas(L). Como não há relatórios sobre falhas em nenhuma das fontes consultadas, apenas indicações gerais de épocas piores, só será possível calcular essas variáveis após adquirir os dados, analisando estação por estação. Para acomodar esta restrição, aplicamos o modelo assumindo  $\beta = 1$  e  $L = 0$  para todas, e recalculamos o coeficiente de normalização. A equação resumida encontra-se abaixo.

$$Q = \frac{10}{6} [P + F + (E + m) + A] \quad (1)$$

O resultado foi uma lista de todas as estações sobre as quais tínhamos informações, com uma nota de 0 a 10 atribuída a cada uma. Este foi o primeiro critério utilizado.

### *2ª Etapa: Estações por Estado*

Uma limitação do modelo é que ele não leva em conta a posição geográfica dos sensores. Portanto, após dar nota às estações, adotamos um critério geográfico e selecionamos dentro de cada estado em torno de quatro com maior nota.

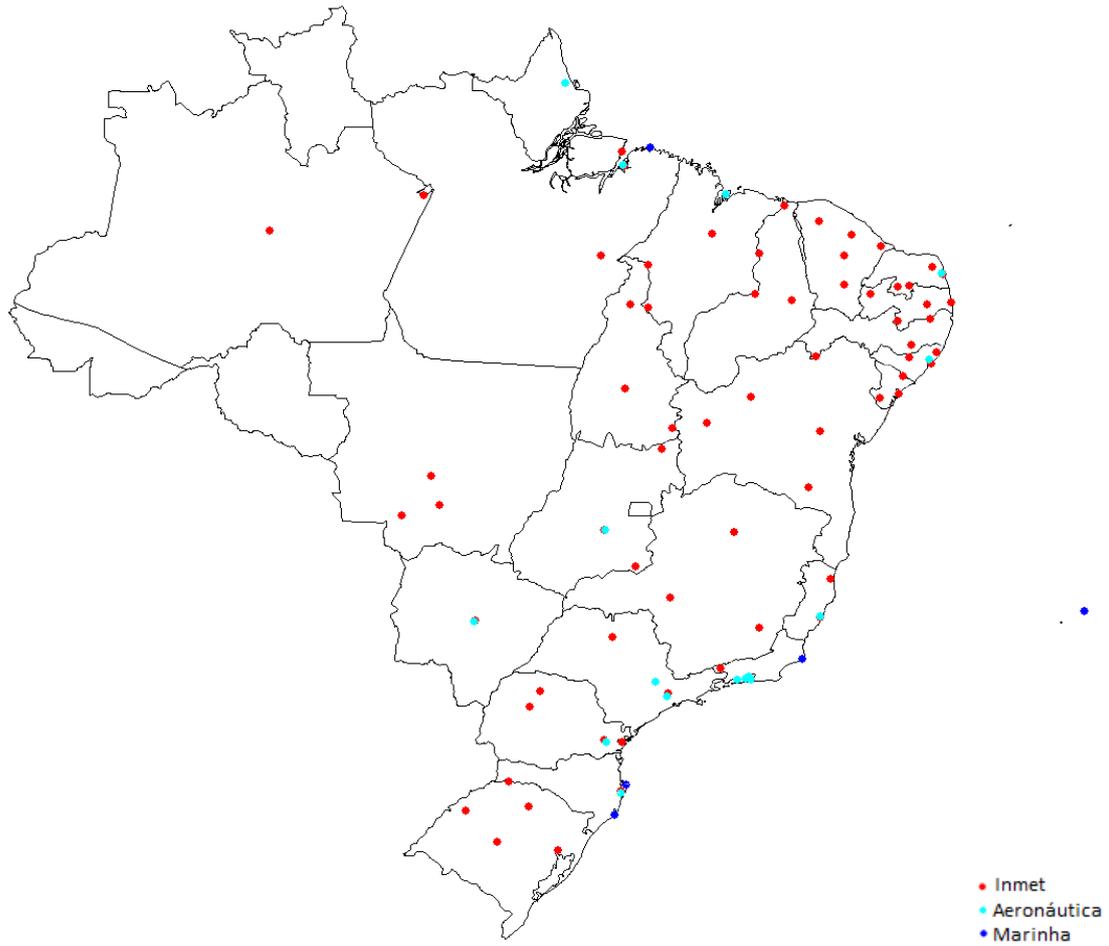


Figura 1: Seleção das melhores estações por estado após aplicação da metodologia proposta.

### 3ª Etapa: Eliminação das estações com notas abaixo de 7

O passo seguinte foi eliminar as estações com nota abaixo de sete, segundo a metodologia proposta.

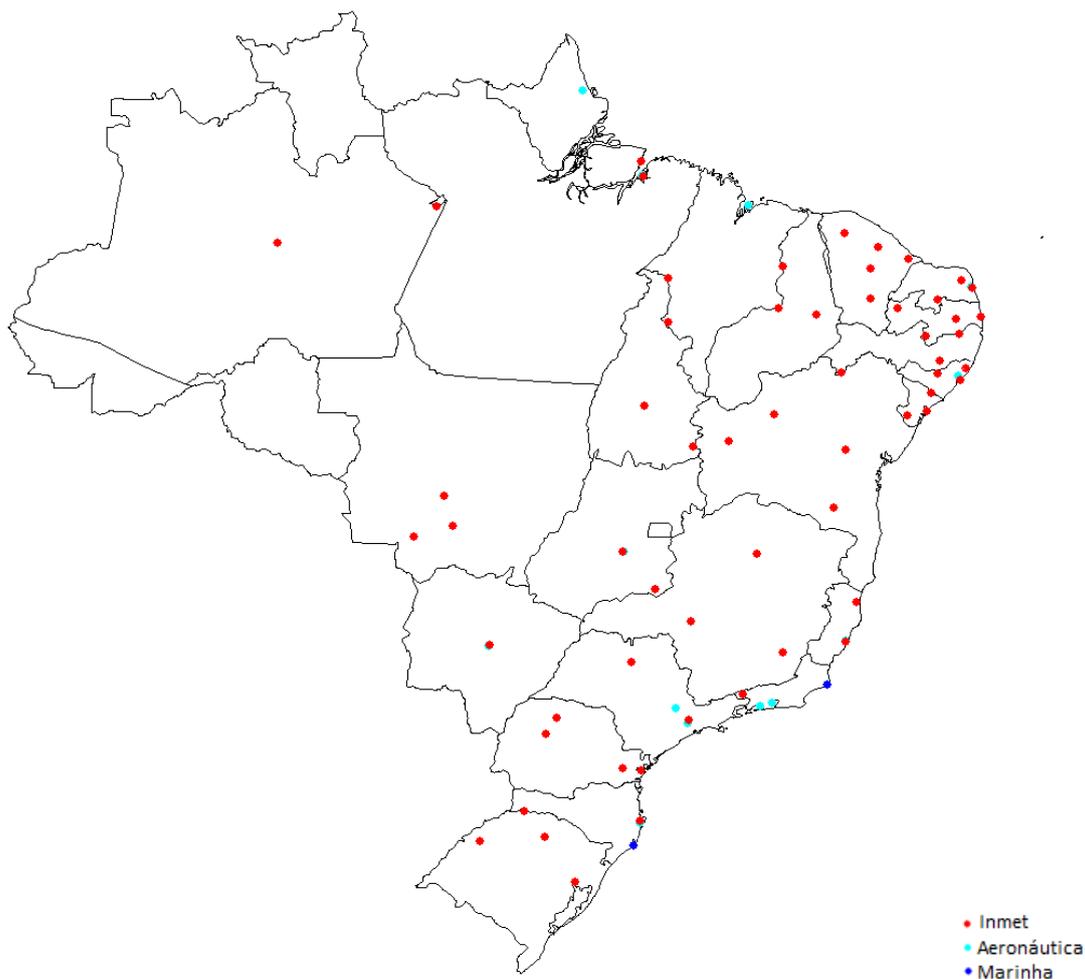


Figura 2: Seleção das estações com notas superior a sete, segundo critério proposto.

#### 4ª Etapa: Seleção final

Como o modelo é um critério extremamente objetivo, é fundamental contar também com a opinião de profissionais experientes em energia eólica e dados de vento para a última fase de seleção. Nesta fase, começamos com estações com notas muito parecidas de acordo com o modelo, portanto novos critérios tiveram que ser adotados para reduzir o número para até 47 estações.

O resultado final foi produto de uma discussão entre os autores que levou em consideração, além da experiência pessoal, os seguintes critérios:

- diversificação de fontes
- modernização das estações
- distribuição geográfica dentro dos estados e do país

O resultado é apresentado no capítulo seguinte, organizado por região e pode ser visualizado no mapa a seguir.



Figura 3: Seleção das estações para aplicação final da metodologia.

## 2. Estações Selecionadas

Este capítulo apresenta as estações escolhidas para fornecer dados para a análise do regime de ventos, o resultado final do trabalho. Ele está organizado por regiões na seguinte ordem: 2.1. Sul, 2.2 Sudeste, 2.3 Centro-Oeste e 2.4 Nordeste. Cada item apresenta duas planilhas: uma com dados de entrada e a outra com os parâmetros do modelo e nota final de acordo com modelo de comportamento descrito no 1º Relatório. A nota é resultado da equação abaixo:

$$Q = \frac{10}{6} [P + F + (E + m) + A]$$

## 2.1. Região Sul

Tabela 1: Dados de entrada das estações selecionadas na etapa quatro para Região Sul.

Fonte	Nome	UF	Anos de Modernização	P (anos)	$\beta$	F (/dia)	E	L	A (m)	N
Inmet	Maringá	PR	4	57		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Paranaguá	PR	-	99		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Curitiba	PR	9	99		3	Anemômetro		10	
Inmet	Passo Fundo	RS	4	98		0	Anemógrafo		10	
Inmet	São Luíz Gonzaga	RS	3	98		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Porto Alegre	RS	10	101		3	Anemômetro		10	
Inmet	Florianópolis (São José)	SC	7	89		3	Anemômetro		10	
Aeronautica	Hercílio Luz (Florianópolis)	SC	0	59		24	Anemômetro		6	
Marinha	Santa Marta	SC	2	47		4	-		18	

Tabela 2: Parâmetros do modelo de comportamento e nota final por estações da Região Sul.

Fonte	Nome	UF	m	P	F	E	A	Total	Normalizado
Inmet	Maringá	PR	0.08	0.98	1	0.8	1	5.82	9.70
Inmet	Paranaguá	PR	0	1	1	0.8	1	5.80	9.67
Inmet	Curitiba	PR	0.18	1	0.8	0.5	1	5.48	9.13
Inmet	Passo Fundo	RS	0.08	1	1	0.8	1	5.88	9.80
Inmet	São Luíz Gonzaga	RS	0.06	1	1	0.8	1	5.86	9.77
Inmet	Porto Alegre	RS	0.2	1	0.8	0.5	1	5.50	9.17
Inmet	Florianópolis (São José)	SC	0.14	1	0.8	0.5	1	5.44	9.07
Aeronautica	Hercílio Luz (Florianópolis)	SC	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8.18
Marinha	Santa Marta	SC	0.04	0.9	0.9		1	4.64	7.73

## 2.2. Região Sudeste

Tabela 3: Dados de entrada das estações selecionadas na etapa quatro para Região Sudeste.

Fonte	Nome	UF	Anos de Modernização	P (anos)	$\beta$	F (/dia)	E	L	A (m)	N
Aeronautica	Eurico de Aguiar Salles (Vitória)	ES	0	59		24	Anemômetro		6	
Inmet	Araxá	MG	8	94		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Montes Claros	MG	8	98		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Viçosa	MG	5	91		0	Anemógrafo		10	

Fonte	Nome	UF	Anos de Modernização	P (anos)	$\beta$	F (/dia)	E	L	A (m)	N
Inmet	Resende	RJ	4	66		0	Anemógrafo		10	
Aeronautica	Santa Cruz	RN	0			24	Digital		10	
Marinha	São Tomé	RJ	2	54		4			18	
Inmet	Catanduva	SP		74		0	Anemógrafo		10	
Aeronautica	Viracopos (Campinas)	SP	0	59		24	Anemômetro		6	

Tabela 4: Parâmetros do modelo de comportamento e nota final por estações da Região Sudeste.

Fonte	Nome	UF	m	P	F	E	A	Total	Normalizado
Aeronautica	Eurico de Aguiar Salles (Vitória)	ES	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8.18
Inmet	Araxá	MG	0.16	1	1	0.8	1	5.96	9.93
Inmet	Montes Claros	MG	0.16	1	1	0.8	1	5.96	9.93
Inmet	Viçosa	MG	0.1	1	1	0.8	1	5.90	9.83
Inmet	Resende	RJ	0.08	0.98	1	0.8	1	5.82	9.70
Aeronautica	Santa Cruz	RN	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8.18
Marinha	São Tomé	RJ	0.04	0.9	0.9		1	4.64	7.73
Inmet	Catanduva	SP	0	1	1	0.8	1	5.80	9.67
Aeronautica	Viracopos (Campinas)	SP	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8.18

### 2.3. Região Centro-Oeste

Tabela 5: Dados de entrada das estações selecionadas na etapa quatro para Região Centro-Oeste.

Fonte	Nome	UF	Anos de Modernização	P (anos)	$\beta$	F (/dia)	E	L	A (m)	N
Inmet	Catalão	GO	2	97		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Goiânia	GO	9	73		3	Anemômetro		10	
Aeronautica	Santa Genoveva (Goiania)	GO	0	59		24	Anemômetro		6	
Aeronautica	Campo Grande	MS	0	59		24	Anemômetro		6	
Inmet	Diamantino	MT		78		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Cuiabá	MT	8	99		3	Anemômetro		10	

Tabela 6: Parâmetros do modelo de comportamento e nota final por estações da Região Centro-Oeste.

Fonte	Nome	UF	m	P	F	E	A	Total	Normalizado
Inmet	Catalão	GO	0.04	1	1	0.8	1	5.84	9,73
Inmet	Goiânia	GO	0.18	1	0.8	0.5	1	5.48	9,13

Fonte	Nome	UF	m	P	F	E	A	Total	Normalizado
Aeronautica	Santa Genoveva (Goiania)	GO	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8,18
Aeronautica	Campo Grande	MS	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8,18
Inmet	Diamantino	MT	0	1	1	0.8	1	5.80	9,67
Inmet	Cuiabá	MT	0.16	1	0.8	0.5	1	5.46	9,10

## 2.4. Região Nordeste

Tabela 7: Dados de entrada das estações selecionadas na etapa quatro para Região Nordeste.

Fonte	Nome	UF	Anos de Modernização	P (anos)	$\beta$	F (/dia)	E	L	A (m)	N
Inmet	Aracajú	SE	7	100		3	Anemômetro		10	
Aeronautica	Augusto Severo (Natal)	RN	0	59		24	Anemômetro		6	
Inmet	Barreiras	BA	9	86		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Campina Grande	PB	4	99		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Cruzeta	RN		80		3	Anemógrafo		10	
Inmet	Imperatriz	MA	2	97		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Itaberaba	BA	7	79		0	Anemógrafo		10	
Aeronautica	Marechal Cunha Machado (São Luís)	MA	0	59		24	Anemômetro		6	
Inmet	Monteiro	PB	3	70		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Palmeira dos Índios	AL	3	82		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Petrolina	PE	7	69		3	Anemômetro		10	
Inmet	Picos	PI	2	87		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Quixeramobim	CE	3	114		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Sobral	CE	7	91		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Vitória da Conquista	BA	3	74		24	Anemógrafo		10	
Aeronautica	Zumbi dos Palmares (Maceió)	AL	0	59		24	Anemômetro		6	

Tabela 8: Parâmetros do modelo de comportamento e nota final por estações da Região Nordeste.

Fonte	Nome	UF	m	P	F	E	A	Total	Normalizado
Inmet	Aracajú	SE	0.14	1	0.8	0.5	1	5.44	9.07
Aeronautica	Augusto Severo (Natal)	RN	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8.18
Inmet	Barreiras	BA	0.18	1	1	0.8	1	5.98	9.97
Inmet	Campina Grande	PB	0.08	1	1	0.8	1	5.88	9.80

Fonte	Nome	UF	m	P	F	E	A	Total	Normalizado
Inmet	Cruzeta	RN	0	1	0.8	0.8	1	5.60	9.33
Inmet	Imperatriz	MA	0.04	1	1	0.8	1	5.84	9.73
Inmet	Itaberaba	BA	0.14	1	1	0.8	1	5.94	9.90
Aeronautica	Marechal Cunha Machado (São Luís)	MA	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8.18
Inmet	Monteiro	PB	0.06	1	1	0.8	1	5.86	9.77
Inmet	Palmeira dos Índios	AL	0.06	1	1	0.8	1	5.86	9.77
Inmet	Petrolina	PE	0.14	1	0.8	0.5	1	5.44	9.07
Inmet	Picos	PI	0.04	1	1	0.8	1	5.84	9.73
Inmet	Quixeramobim	CE	0.06	1	1	0.8	1	5.86	9.77
Inmet	Sobral	CE	0.14	1	1	0.8	1	5.94	9.90
Inmet	Vitória da Conquista	BA	0.06	1	1	0.8	1	5.86	9.77
Aeronautica	Zumbi dos Palmares (Maceió)	AL	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8.18

## 2.5. Região Norte

Tabela 9: Dados de entrada das estações selecionadas na etapa quatro para Região Norte.

Fonte	Nome	UF	Anos de Modernização	P (anos)	$\beta$	F (/dia)	E	L	A (m)	N
Inmet	Parintins	AM	2	98		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Coari	AM	2	84		0	Anemógrafo		10	
Aeronautica	Amapá	AM	0	59		24	Anemômetro		6	
Inmet	Soure	PA	2	82		0	Anemógrafo		10	
Inmet	Belém	PA	7	87		3	Anemômetro		10	
Aeronautica	Val de Cans (Belém)	PA	0	59		24	Anemômetro		6	
Inmet	Porto Nacional	TO		95		3	Anemômetro		10	

Tabela 10: Parâmetros do modelo de comportamento e nota final por estações da Região Norte.

Fonte	Nome	UF	m	P	F	E	A	Total	Normalizado
Inmet	Parintins	AM	0.04	1	1.0	0.8	1	5.84	9.73
Inmet	Coari	AM	0.04	1	1	0.8	1	5.84	9.73
Aeronautica	Amapá	AM	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8.18
Inmet	Soure	PA	0.04	1	1	0.8	1	5.84	9.73
Inmet	Belém	PA	0.14	1	0.8	0.5	1	5.44	9.07
Aeronautica	Val de Cans (Belém)	PA	0	0.97	1	0.5	0.5	4.91	8.18
Inmet	Porto Nacional	TO	0	1	0.8	0.5	1	5.30	8.83

### 3. Conclusões e Recomendações

#### Conclusão

O objetivo deste trabalho é a identificação de estações anemométricas que possam fornecer dados de vento confiáveis e de longo prazo, para serem utilizados numa análise integrada das possíveis fontes de geração de eletricidade a nível nacional.

A análise das características das estações através da metodologia desenvolvida trouxe resultados acima das expectativas nos seguintes aspectos:

Foi identificado um grande número de estações que podem ser utilizadas para a análise proposta, com grande período, bom equipamento, em todas as regiões do país.

Existe um número considerável de estações com mais de 60 anos que atende ao necessário para se fazer a análise da complementaridade, considerando o período crítico do setor elétrico de 1949 a 1956.

Em algumas localidades foram identificadas estações com notas altas de mais de um órgão, possibilitando uma comparação entre as mesmas.

Portanto este objetivo foi atingido, como mostra este 3º Relatório na lista final das estações.

#### Recomendações

Ao longo da pesquisa, pôde-se observar de perto como funciona o acesso a dados anemométricos no Brasil. Este item traz algumas das propostas que acreditamos contribuirão para a melhoria do sistema.

1 Elaboração de relatórios de metadados, principalmente relativos a falhas. Atualmente observamos uma restrição de pessoal para processar os pedidos de dados em todas as fontes. A existência de relatórios de metadados faria o processo mais eficiente e menos intensivo em mão de obra, já que os funcionários não teriam que analisar os dados estação por estação para fornecer um orçamento.

2 Digitalização dos registros em anemogramas e cadernetas de campo. Esses registros contêm informações de alto valor, que não só não são divulgadas como também se perdem na medida em que o papel dos livros e rolos se deteriora.

3 Esforço nacional coordenado: Discussão da unificação de procedimentos relativos à coleta de dados meteorológicos. Ainda que as principais fontes sejam ligadas ao governo federal, em geral elas têm procedimentos diferentes, cada um feito de acordo com a aplicação direta dos dados, sem atenção a fatores que não são importantes para o uso principal. Por exemplo, Marinha não tem um padrão para altura do sensor. Uma unificação poderia manter características necessárias de cada aplicação, mas tornar os dados mais aplicáveis a outros usos e mais homogêneos entre fontes. Um acesso mais direto e eficiente a essas bases traria benefícios à sociedade, com maior eficiência e competitividade às empresas e centros de pesquisa que as utilizam, e também às fontes de dados, que poderiam aumentar suas fontes de renda.

4 Análise dos critérios que guiarão a implantação de uma rede de sensores pelo país. O Inmet informou que pretende fazer uma rede com estações a cada grau de latitude e longitude. Uma proposta é, em vez de ter todas a 10m de altura, implantar uma estação a cada 2 graus, e cada uma com 2 sensores, sendo um a 10m e outro a 50m, por exemplo. Assim, além da aplicação direta para a agricultura, e de seguir o padrão internacional de 10 metros, obteriam-se dados

mais úteis para o aproveitamento de energia eólica com o sensor a 50m. Além disto, em regiões planas podem-se instalar menos sensores por área, enquanto regiões mais acidentadas deveriam ter uma rede mais densa, para um mapeamento mais eficiente.