

SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE DADOS DE VENTO E ONDA, VIA RÁDIO TELEMETRIA, EM LAGOS DE BARRAGENS

*Evandro Fernandes da Cunha¹; Vinicius Souza Morais² & Geraldo de Freitas Maciel³
& Flávio de Carvalho Magina⁴*

RESUMO --- Este trabalho trata da automação e monitoramento de sensores de ventos e ondas dispostos em reservatório de barragem. A rede telemétrica é composta de anemômetros mecânicos, sônicos 2D e 3D, ondógrafo direcional, instalação meteorológica e sistema de transmissão em rádio frequência com datalogger. A arquitetura da rede de medição, transmissão e tratamento dos dados é descrita, se mostrou operacional nesta 1ª fase do projeto e já há um ano tem recebido dados de vento que, após tratamento, permitiu determinar os ventos característicos, bem como fazer previsão de ondas no lago da barragem. Tais previsões serão comparadas às ondas medidas pelo ondógrafo direcional (em implantação). Este estudo, em escala de um reservatório da barragem, poderá ser estendido para trechos de hidrovias em lagos de barragens que, em grande escala, vai definir um sistema de alerta de apoio ao sistema hidroviário.

ABSTRACT --- *This work deals with the automation and monitoring of sensors of winds and waves arranged in reservoir dam. The telemetry network is composed of mechanical anemometer, sonic 2D and 3D, directional wave rider, weather installation and transmission system in radio frequency with datalogger. The architecture of the network measurement, transmission and processing of data is described, was operational in 1st phase of the project and has received one year of wind data that after treatment, allowed to determine the characteristics wind, and forecasting of waves do the lake's dam. These forecasts are compared to the waves measured by directional wave rider (in development). This study, in scale of a reservoir dam, could be extended to portions of waterways in lakes of dams that, in large scale, will establish a warning system to support the waterways system.*

Palavras-chave: Vento-onda, lagos de barragens, telemetria.

1) Mestrando em Engenharia Elétrica pela FEIS-UNESP, Av. Brasil, 56, 15385-000, Ilha Solteira. E-mail evandroferandesc@yahoo.com.br

2) Mestrando em Engenharia Mecânica pela FEIS/UNESP, Av. Brasil, 56, 15385-000, Ilha Solteira. E-mail vinicius.souza.morais@gmail.com

3) Professor Adjunto da FEIS-UNESP, PPGEM, Alameda Bahia, 550, 15385-000, Ilha Solteira. E-mail maciel@dec.feis.unesp.br

4) Mestrado em Engenharia Elétrica, INPE: Rodovia Presidente Dutra, Km 40, 12630-000 - Cachoeira Paulista. E-mail flaviomagina@uol.com.br

1. INTRODUÇÃO

Motivado pelo histórico de eventos envolvendo acidentes com embarcações na Hidrovia Tietê-Paraná, a equipe de trabalho da UNESP-Ilha Solteira, vem desenvolvendo desde 1997, um projeto na tentativa de definir um sistema de alerta de apoio à navegação.

Com o passar do tempo, desenvolveram-se diversos estudos, aumentou-se o aporte tecnológico através de equipamentos de ponta que vêm sendo paulatinamente implementados no entorno do lago. A implantação do sistema, iniciado com o Ondisa 1 (1997-1999), financiado pela FAPESP, consiste hoje na aquisição, transmissão e tratamento de dados de vento e onda no lago da barragem através de sensores, rádio transmissor, datalogger, microcomputador (provedor dedicado), e tem se mostrado operacional.

Alguns projetos vêm subsidiando e intercambiando resultados dentro dessa proposta. O Ondisa I, alavancador do sistema de medição, a Rede de Cooperação Procad (UFRJ/UNESP, UFRGS), através da experiência pioneira de medição de ondas no lago da barragem de Ilha Solteira e formação de recursos humanos e, mais recentemente, projetos FINEP/FAPESP/CNPq.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Torre de Telemetria

A arquitetura descrita contém 6 torres localizadas no entorno do lago da barragem, como ilustra a Figura 1. A torre localizada na UNESP é tida como base de recepção dos dados enviados pela torre do Farol de São Martinho, sendo esta a torre principal. Todas as informações são centralizadas nela, antes da recepção na base. Tida também como uma das torres principais, o Farol do Limoeiro centraliza duas ramificações da rede, enviando para a torre do Farol de São Martinho como dito anteriormente. Estas torres são as maiores, com 30 metros de altura e uma plataforma de 4 m² em seu ápice, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 1 – Disposição dos pontos de medição e Base de recepção (UNESP)



Figura 2 – Torre de Telemetria – Farol de São Martinho

2.2. Sensor de Medição de Ventos

Os sensores presentes na rede de comunicação têm a capacidade de transformar a mínima variação da energia, produzida pelo vento, em energia representada na relação de tensão senoidal com o tempo. No caso dos sensores sônicos, estes transformam a característica senoidal analógica no tempo, em digital. No entanto, o datalogger reconhece todas estas características em forma de dados e gerencia da forma desejada, como citado no item 2.4 Datalogger. A Figura 3 mostra o sensor anemômetro sônico 3D e 2D dispostos no alto da torre do Farol de São Martinho.



Figura 3 – Sensor Sônico 3D e 2D

2.3. Sensor de Medição de Ondas

Já para a medição das ondas, o sensor utilizado foi um ondógrafo direcional da Axis – Figura 4. No projeto, este deverá ser locado numa pista de ventos favorável, de modo a inferir sobre as ondas geradas no lago da barragem. Com capacidade de aferir, gerar média e desvio padrão de velocidade, direção, amplitude, frequência e energia da onda, o ondógrafo vai ser de extrema importância no projeto (está ainda em fase de implantação e testes).



Figura 4 – Ondógrafo Direcional

2.4. DataLogger

Assim, para gerenciar em loco os dados em que o sensores captam, fez-se necessário o uso do sistema de controlador lógico. Ou seja, um dispositivo programado via software para executar as tarefas desejadas, tarefas estas como captar e gravar dados, calculando média e desvio padrão, entre outras diversas tarefas que podem ser implementadas pelo programador. Sendo assim, a arquitetura citada neste artigo utilizou 6 Datalogger CR 1000 da Campbell – Figura 5 . Vale lembrar que o Datalogger não é um dispositivo, nesta configuração, utilizado em conjunto com o ondógrafo, pois este tem controlador e rádio dedicados.



Figura 5 – DatalLogger – CR 1000

2.5. Rádio Frequência

Assim posto, fez-se necessário a utilização de uma transmissão para que todos os dados provenientes dos sensores fossem interpretados novamente em um provedor dedicado. Nesta subestrutura de transmissão dos dados foram utilizados 6 Rádios Free Wave, Spread Spectrum, 2 Radio RF 450 Spread Spectrum – Figura 6, 4 Antenas Yagi e 2 Antenas Omin.



Figura 6 – Rádio Frequência

2.6. Banco de dados

De maneira a armazenar para poder na sequência tratar os dados medidos em campo e retransmitidos pela rede de comunicação à base na UNESP, foi então arquitetado e montado um banco de dados (em evolução) no provedor dedicado. Os dados brutos podem ser acessados e a partir daí tratados e canalizados para aplicações de interesse do projeto.

3. ARQUITETURA DA REDE DE SENSORES AUTOMATIZADA

A arquitetura da rede varre grande parte do entorno do lago da barragem, desde a junção entre o rio São José dos Dourados com o rio Paraná até a junção do rio Grande e Paranaíba, como já demonstrado na Figura 1. Assim foram dispostas, levando em conta o curso do rio, 4 torres no lado esquerdo e 2 no lado direito. Com exceção da base onde está o provedor dedicado, todas as outras torres dispõem de anemômetros sônicos 2D e sensores mecânicos; o anemômetro sônico 3D tem sua localização aleatória alternando entre torres. Como citado no início deste artigo, uma estação meteorológica, constituída de sensores de chuva, temperatura, umidade e radiação solar entre outros sensores, foi instalada junto à torre do CPP. A Tabela 1 traz a localização dos pontos de medição.

Tabela 1 – Localidades de Instalação dos Equipamentos (em consonância com a Figura 1)

#	Localidade	Latitude	Longitude
1	Limoeiro	20:18:10.2S	051:06:34.8W
2	CPP	20:10:32.6S	051:01:11.4W
3	Quitéria	20:14:08.9S	051:06:15.2W
4	São Martinho	20:20:58.8S	051:18:04.8W
5	Araúna	20:17:29.0S	051:15:23.3W
6	UNESP	20:25:42.1S	051:20:29.1W

4. EXPLORAÇÃO E LEITURA DO BANCO DE DADOS PARA VENTOS

Após transmissão e recepção, o provedor dedicado na estação base gera uma imagem de interface em um programa fornecido pela própria CAMPBELL, mostrando os dados em uma tela de computador como visto na Figura 7.

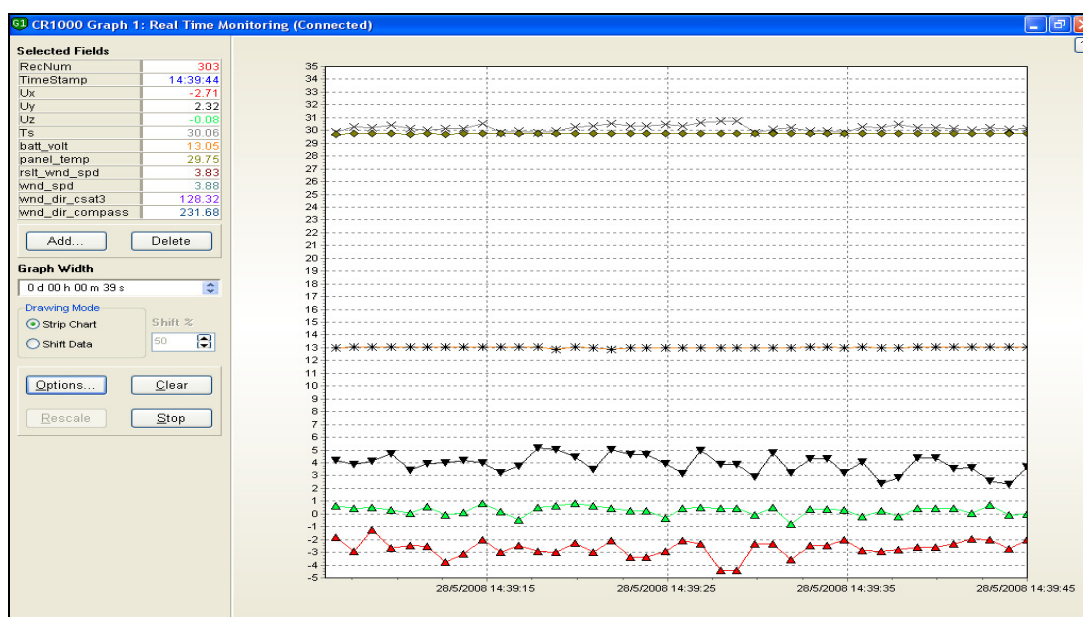


Figura 7 - Interface com o usuário, aquisição de dados – Anemômetro Sônico 3D

Enquanto são mostrados os dados coletados em tempo real, um arquivo de extensão **.dat** está sendo constantemente atualizado com todos os dados coletados, ficando assim, armazenados para um posterior tratamento e manuseio.

Com relação aos dados armazenados pelo programa, a Figura 8 ilustra um pequeno trecho desse arquivo e a Figura 9 o detalhamento de alguns dados do mesmo.

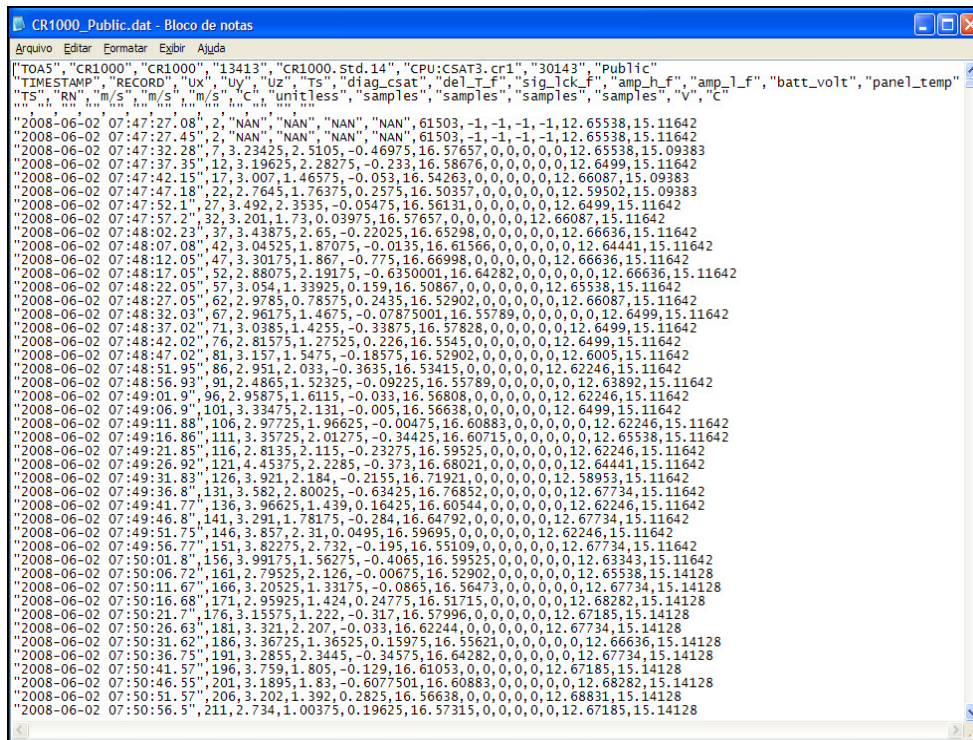


Figura 8 – Imagem de alguns dados salvos pelo programa em .txt

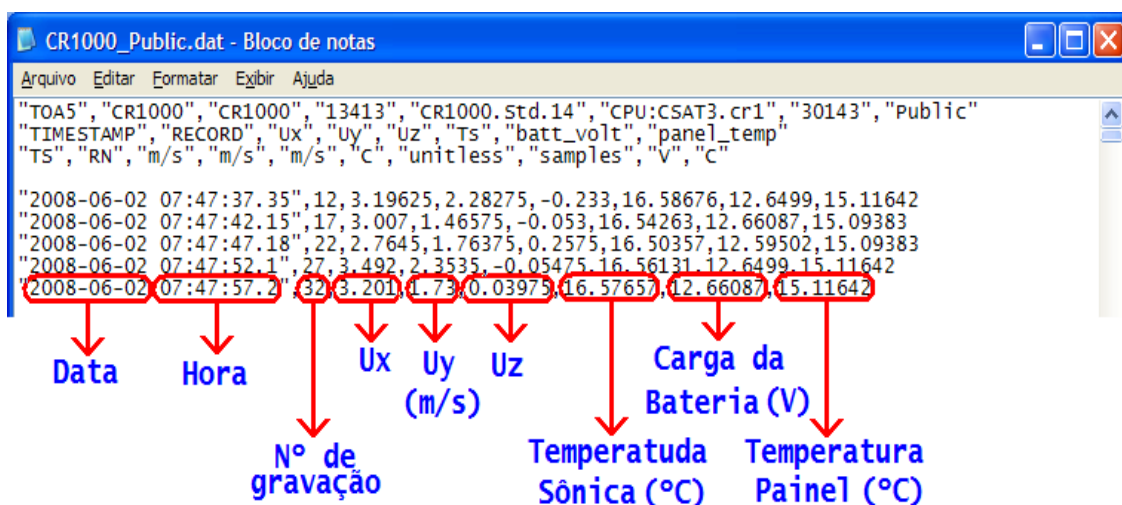


Figura 9 – Detalhamento dos dados mais importantes salvo pelo programa.

4.1 Manipulação dos dados

Após armazenados e interpretados, foi desenvolvido um software para manipulação dos dados, que necessita apenas do arquivo de dados bruto (*.dat*) salvo pelo anemômetro como entrada, no formato apresentado na Figura 8 e 9. Através de uma interface amigável, conforme Figura 11, pode-se fixar o intervalo que se deseja ter as análises relativas aos dados.

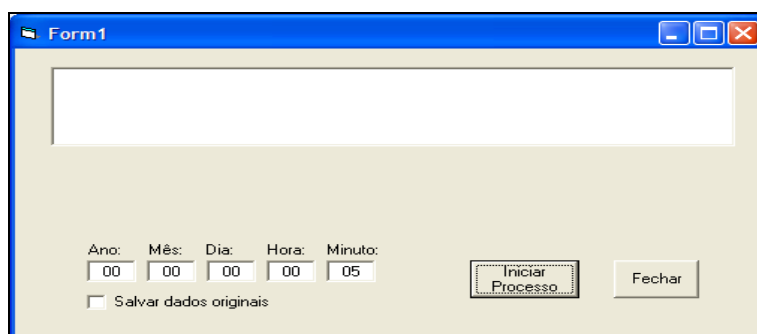


Figura 10 - Imagem do software de manipulação de dados

Assim, de posse desses dados, o software depois de tratá-los, expõe automaticamente os resultados no intervalo escolhido, da seguinte forma:

- Registra o número de amostras captadas;
- Registra a média da intensidade dos ventos;
- Registra a frequência de ocorrência dos ventos;
- Registra o ângulo da direção do vento;
- Classifica o ângulo em uma das direções na Rosa dos Ventos, Tabela 2;
- Registra os maiores ventos e;
- Com a opção de salvar os dados originais, pode-se analisar (já com a intensidade da velocidade e o ângulo de ocorrência) os dados brutos, para conferir e comparar resultados.

Tabela 2 – Classificação nas direções da Rosa dos Ventos

Ângulo exato da direção do vento (medido em campo)	Classificação dos ângulos na Rosa dos Ventos
De 0°00' a 11°25'	E
De 11°25' a 33°75'	ENE
De 33°75' a 56°25'	NE
De 56°25' a 78°75'	NNE
De 78°75' a 101°25'	N
De 101°25' a 123°75'	NNO
De 123°75' a 146°25'	NO
De 146°25' a 168°75'	ONO
De 168°75' a 191°25'	O
De 191°25' a 213°75'	OSO
De 213°75' a 236°25'	SO
De 236°25' a 258°75'	SSO
De 258°75' a 281°25'	S
De 281°25' a 303°75'	SSE
De 303°75' a 326°25'	SE
De 326°25' a 348°75'	ESE
De 348°75' a 360°00'	E

5. RESULTADOS

5.1 Tratamento dos dados

O *software* de tratamento de dados desenvolvido e batizado de *OndisaCSAT3* foi elaborado com capacidade de gerar resultados em formato *.txt*, como relatório de acontecimentos nas diversas direções e intervalos, média e maior vento do intervalo, média das direções no intervalo e frequência das direções no intervalo, como exemplos ilustrados nas Figuras 11 e 12.

nº dados	Data/Hora	Intensidade	Ângulo
0	"2008-07-30 09:20:04.25"	7,207	92,680634494143
1	"2008-07-30 09:20:09.23"	6,1296	92,6483318715822
2	"2008-07-30 09:20:14.2"	6,3794	98,8172477308274
3	"2008-07-30 09:20:19.19"	5,5849	89,9216736243049
4	"2008-07-30 09:20:24.14"	6,8617	91,0198959278937
5	"2008-07-30 09:20:29.07"	6,3108	94,5726514287444
6	"2008-07-30 09:20:34.07"	6,3999	89,8000900233634
7	"2008-07-30 09:20:39.02"	6,1313	92,1483444686248
8	"2008-07-30 09:20:44.03"	6,1718	91,8454402235817
9	"2008-07-30 09:20:49.12"	5,7246	93,3491565248047
10	"2008-07-30 09:20:54.04"	5,1801	88,3972347438038
11	"2008-07-30 09:20:59.02"	6,026	95,951554093738
12	"2008-07-30 09:21:04.09"	5,1558	101,620758524052
13	"2008-07-30 09:21:08.97"	5,4801	100,370405960863
14	"2008-07-30 09:21:13.98"	5,9101	95,03932287952

Figura 11 – Dados brutos tratados.

nº dados	Data/Hora	E	ENE	NE	NNE	N	NNO	NO	ONO
8646	30/7/2008 09:20:00	0	0	68	3108	1071	1030	2656	698
8645	30/7/2008 21:20:00	0	0	68	3589	5881	4205	2834	699
8632	31/7/2008 09:20:00	4	17	118	4760	7811	5861	4456	2110
8646	31/7/2008 21:20:00	581	215	648	6881	9421	6157	4832	2379
8632	1/8/2008 09:20:00	601	269	824	7360	10654	8288	6061	4292
8462	1/8/2008 21:20:00	601	270	824	7427	11911	10575	7410	5051
OBS: dados incompletos para este intervalo requisitado									

Figura 12 – Acontecimentos das direções no intervalo.

Sendo assim, Tabelas e Rosas de Ventos para facilitar a interpretação dos dados, também foram geradas a partir do *software*. A Tabela 3 mostra, nesse contexto, os dados médios mensais de intensidade dos ventos. A frequência de ocorrência, no mesmo período de tratamento dos dados, está disposta na Tabela 4.

Tabela 3 – Velocidade média mensais para o período de medição (2008/2009)

Velocidades Médias Mensais (m/s)																
Mês	E	ENE	NE	NNE	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO	S	SSE	SE	ESE
Junho	4,68	4,35	4,39	4,95	4,15	3,73	3,91	3,76	2,66	2,38	1,55	1,77	2,86	2,45	2,74	3,73
Julho	3,62	3,19	5,34	6,29	4,73	4,53	4,48	3,82	3,47	3,03	1,72	1,32	1,57	1,80	2,25	2,54
Agosto	5,65	4,92	5,86	6,12	5,10	4,59	4,54	4,50	3,84	3,81	3,28	2,90	3,10	1,57	5,42	5,97
Setembro	5,55	5,03	5,08	6,49	5,79	5,09	5,31	4,98	4,57	2,87	2,47	2,79	3,41	2,79	5,19	5,34
Outubro	4,52	3,91	4,42	5,75	4,69	4,59	4,94	4,81	3,91	2,91	2,71	3,77	4,74	4,38	4,42	4,96

Tabela 4 – Frequência mensais para o período de medição (2008/2009)

Frequências (%)																
Mês	E	ENE	NE	NNE	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO	S	SSE	SE	ESE
Junho	7,36	5,83	5,20	6,41	6,32	11,08	17,63	13,87	4,21	3,08	1,86	1,98	3,22	2,97	3,73	5,26
Julho	0,86	0,87	4,75	13,33	10,47	18,14	25,28	16,48	3,97	1,82	0,68	0,77	0,71	0,60	0,60	0,66
Agosto	0,86	1,38	4,48	9,08	8,15	16,39	26,78	19,30	5,24	3,52	1,64	0,90	0,51	0,28	0,59	0,88
Setembro	9,86	7,84	9,76	10,36	9,41	6,77	10,03	10,22	3,24	1,67	1,31	1,69	2,32	1,58	5,62	8,30
Outubro	4,26	5,42	6,57	10,23	6,40	11,11	19,35	13,91	4,11	3,03	1,99	2,50	2,59	1,49	2,43	4,61

A partir das Tabelas 3 e 4, têm-se a reinância ou predominância dos ventos. Para a dominância dos mesmos dados de vento, necessita-se de uma fusão entre tais Tabelas (3 e 4), medindo a frequência de ocorrência do dado fv^2 (*aspecto energético do vento*) onde f = frequência e v = velocidade. Assim a Tabela 5 a seguir foi construída.

Tabela 5 – Ventos dominantes mensais para o período de medição (2008/2009)

Ventos Dominantes																
Mês	E	ENE	NE	NNE	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO	S	SSE	SE	ESE
Junho	161,2	110,3	100,2	157,1	108,8	154,2	269,5	196,1	29,8	17,4	4,5	6,2	26,3	17,8	28,0	73,2
Julho	11,3	8,9	135,4	527,4	234,2	372,2	507,4	240,5	47,8	16,7	2,0	1,3	1,8	1,9	3,0	4,3
Agosto	27,5	33,4	153,8	340,1	212,0	345,3	552,0	390,8	77,3	51,1	17,6	7,6	4,9	0,7	17,3	31,4
Setembro	303,7	198,4	251,9	436,4	315,5	175,4	282,8	253,5	67,7	13,8	8,0	13,2	27,0	12,3	151,4	236,7
Outubro	87,0	82,9	128,4	338,2	140,8	234,1	472,2	321,8	62,8	25,7	14,6	35,5	58,2	28,6	47,5	113,4

A Tabela 6 resume os dados das Tabelas 3, 4 e 5 em uma análise das médias das velocidade dos ventos, das frequências e dos ventos dominantes de todo período.

Tabela 6 – Resumo das médias durante todo o período de medição.

Médias de todo período															
E	ENE	NE	NNE	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO	S	SSE	SE	ESE
Média das Velocidades															
4,80	4,28	5,02	5,92	4,89	4,51	4,64	4,37	3,69	3,00	2,35	2,51	3,14	2,60	4,00	4,51
Média das Freqüências															
4,64	4,27	6,15	9,88	8,15	12,70	19,81	14,76	4,15	2,62	1,50	1,57	1,87	1,38	2,59	3,94
Média dos Ventos Dominantes															
107,1	78,2	154,9	346,3	195,0	257,8	425,9	282,3	56,6	23,6	8,2	9,9	18,4	9,3	41,6	80,1

As imagens da Figura 13 representam as Rosas de Ventos predominantes mensais com dados retirados a partir das Tabelas 3 e 4, para a região do entorno do lago de Ilha Solteira.

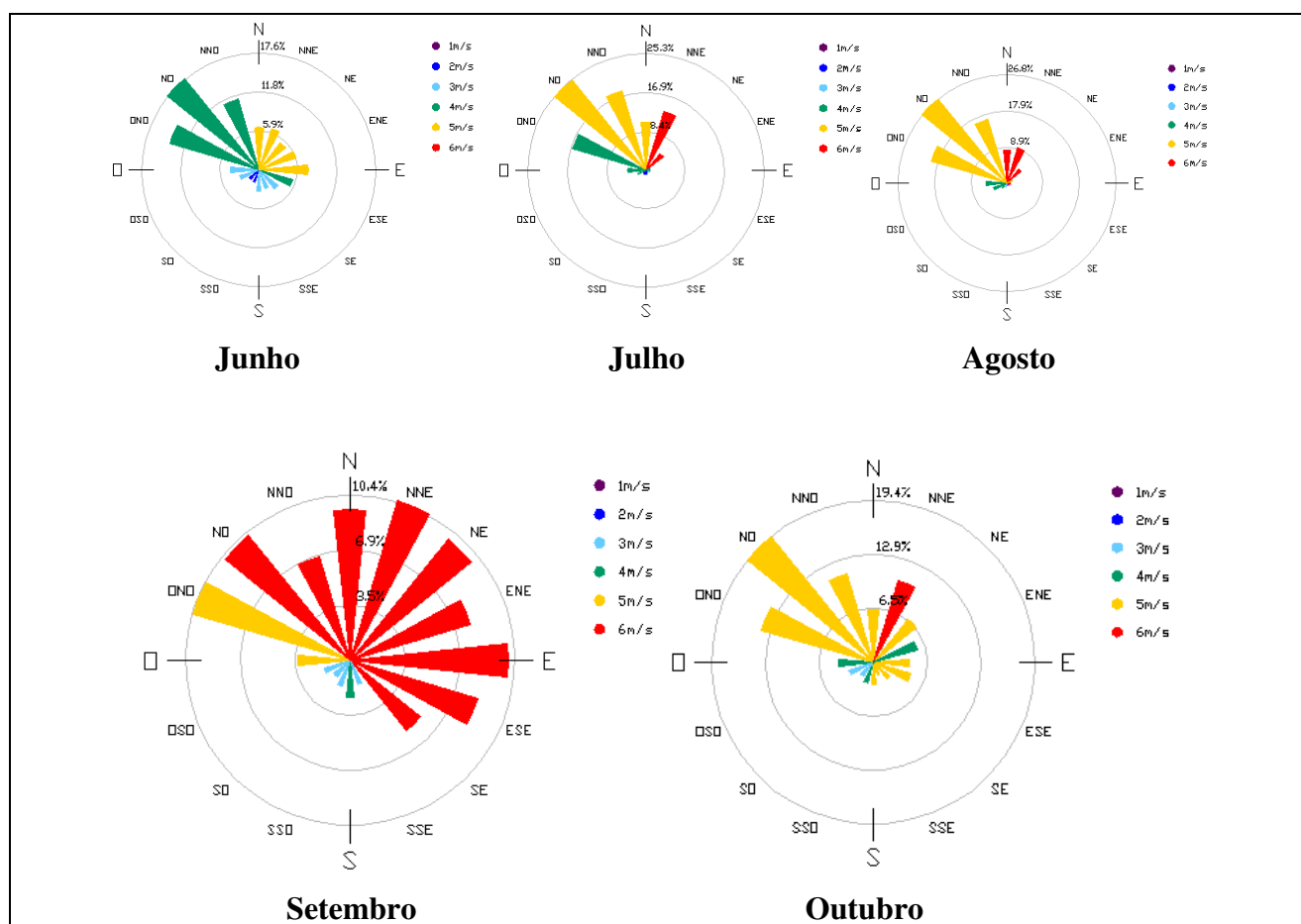


Figura 13 – Rosas de Ventos predominantes mensais.

5.1 Geração de mapas temáticos de ondas a partir de dados de vento e software de apoio

O *software OndisaCAD* foi desenvolvido junto ao corpo da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/UNESP (versão 0 em Marques, 2005). Trata-se de um sistema de modelos computacionais para o estudo de ondas geradas em corpos de água interiores, cujos resultados a partir da última versão deste *software* são ilustrados em publicação deste mesmo evento (Morais & Maciel (2009)).

O sistema é composto de diversas rotinas escritas nas linguagens AutoLisp e DCL, rotinas estas que trabalham em ambiente CAD (*softwares CADs*).

5.1.1. – MAPAS DE PISTAS DE VENTO

Para a geração das pistas de vento, as variáveis são a direção e o contorno do lago. A partir da direção da pista de vento a ser calculada são traçadas dezenove linhas auxiliares espaçadas a cada 5 graus, que vão do ponto em que se quer calcular a pista até a margem do lago.

Decidiu-se então gerar mapas para a direção NNE, abrangendo a situação de maior vento médio. A Figura 14 mostra o mapa de pistas de vento para a direção NNE. Já a Figura 15 mostrará o mapa de altura de ondas para este mesmo vento incidente.

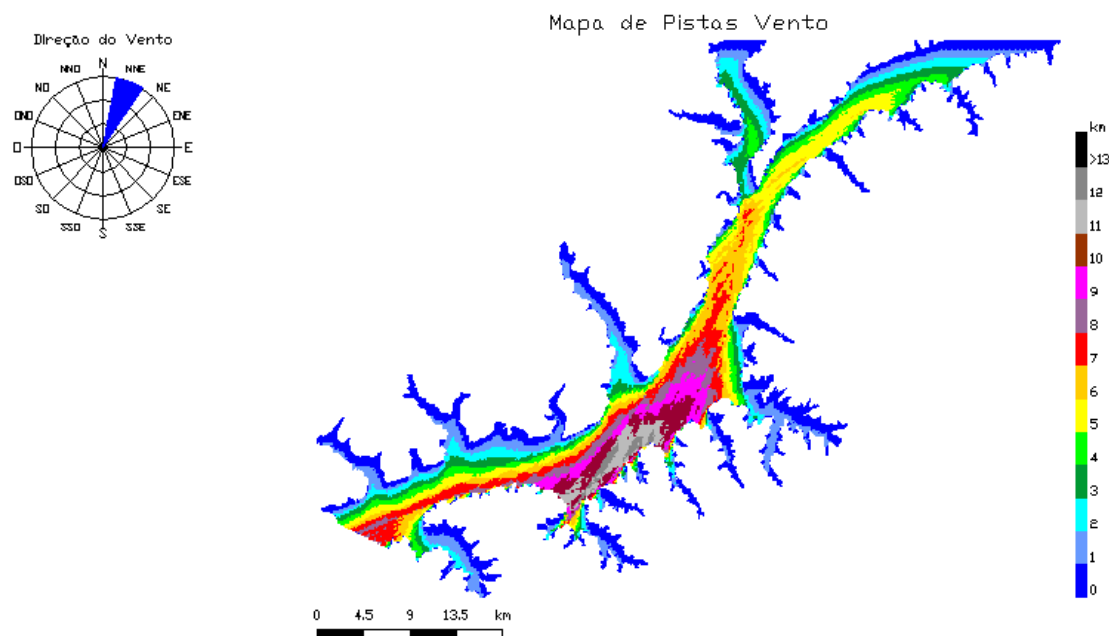


Figura 14 – Mapa de pistas de vento no lago de Ilha Solteira para a direção NNE

5.1.2 – MAPAS DE ALTURAS DE ONDA

O aplicativo que calcula a altura das ondas trabalha com interface similar ao cálculo das pistas. Inicialmente o usuário fornece a direção do vento, a intensidade desejada e seleciona o método a ser utilizado no cálculo. Seguindo o mesmo raciocínio do mapa de pistas de vento, gerou-se o mapa de ondas para o mesmo vento (Figura 15).

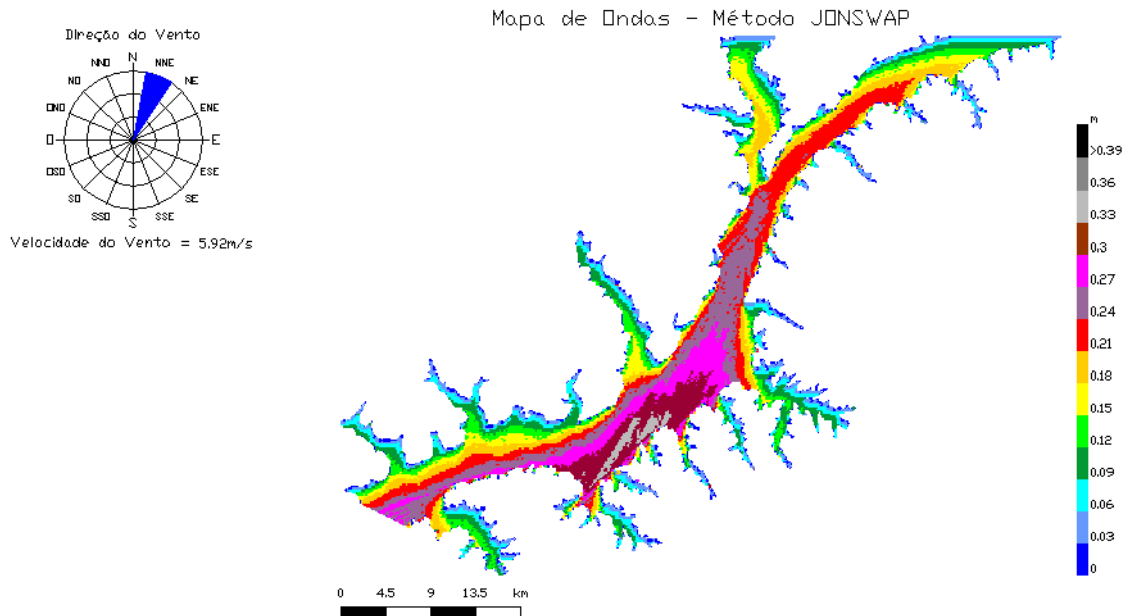


Figura 15 – Mapa de altura de ondas para o lago de Ilha Solteira, ventos médios de 5,92m/s, direção NNE

6. CONCLUSÕES

A partir da descrição técnica apresentada, conclui-se que os sensores sônicos – anemômetros – conferem maior precisão nos dados medidos em comparação a anemômetros mecânicos (campanha anterior). Os anemômetros sônicos têm uma gama de infinitas aferições para os parâmetros naturais – ondas e ventos - que podem ser estudados em diferentes configurações. Referindo-se aos dados coletados pelo datalogger, este bem configurado, torna-se um dos melhores dispositivos de instrumentação, tendo diversas portas analógicas e digitais, que acoplado a um bom processado, traduz-se em ótimo dispositivo de controle dos sensores. Em suma, com todas essas partes acopladas, isto é; sistema de aquisição - sistemas de transmissão - sistemas de armazenamento, passa-se a dispor de rede de comunicação que permite efetuar medidas de ventos e ondas, mesmo em locais mais remotos.

A tecnologia apresentada é, sem dúvidas, uma das mais atuais referentes à aquisição de parâmetros de ventos, dado determinante neste projeto. Como comentado no artigo ainda existem diversas configurações a serem exploradas. Mediante uma boa manutenção, todos estes equipamentos ainda podem contribuir muito no que diz respeito a medir ondas em lagos de barragens em função de características do vento.

Como avaliação técnica final, em função do extenso trabalho desenvolvido, a equipe deve investir numa rede de medidores de ondas. Para o lago de Ilha Solteira (com cerca de 40 km), preconizam-se ao menos 3 ondógrafos direcionais, que permitiriam, por triangularização, “desenhar o padrão de ondas da bacia fechada do reservatório”, e, em particular, definir as ondas tipo no trajeto da hidrovia.

7. AGRADECIMENTOS

À Fapesp e a FINEP pelos financiamentos de projeto e bolsas de apoio técnico e de mestrado.

8. REFERÊNCIAS

CAMPBELL SCIENTIFIC, Instruction Manual, *CR1000 Measurement and Control System*, Canada, Logan, Utah, 2006.

CAMPBELL SCIENTIFIC, Instruction Manual, *CSAT 3 Three Dimensional Sonic Anemometer*, Canada, Logan, Utah, 2007.

CAMPBELL SCIENTIFIC, Instruction Manual, *Solar Panels*, Canada, Logan, Utah, 2006.

CAMPBELL SCIENTIFIC, Instruction Manual, *Two Dimensional Sonic Anemometer*, Canada, Logan, Utah, 2005.

CARTER, D. J. T., (1982), “Prediction of wave height and period for a constant wind velocity using the JONSWAP results”, *Institute of Oceanographic Sciences*, Wormley, Surrey, U.K.

FREE WAVE, Instruction Manual, *Spread Spectrum Rádios*, Boulder, Colorado USA, Version 6.3R

FERREIRA, A. NUNES, (2000), “Estudo de Acidentes na Hidrovia Tietê-Paraná: Aspectos Preventivos”, *Dissertação de mestrado*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

GILL INSTRUMENTS, *WindSonic*, UK, Lyminster, , 2006.

LIMA, S. F. ; NASCIMENTO, M. F. ; UAISSONE, A. J. R. ; NEVES, C. F., (2003), “Estimativa das maiores ondas geradas pelo vento no reservatório de Ilha Solteira”, *In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Curitiba: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

MARQUES, M., (2005), “Um Sistema Automatizado para Estimativa de Ondas Geradas por Vento em Reservatórios de Barragens”, *Dissertação de mestrado*. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

MORAIS, V. S. ; VASCO, J. R. G. ; MACIEL, G. F., (2008), “Criação de um sistema automatizado de previsão de ondas geradas por ventos em águas interiores e sua alteração devido a influência de vegetação aquática”, *In: V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*. Salvador - Bahia - Brasil: Anais do V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica.

MORAIS, V. S. ; CUNHA, E. F. & MACIEL, G. F., (2009), “Medição, Previsão e Análise Numérica dos Mecanismos de Geração de Ondas a Partir da Cinética de Ventos e Dissipação de Ondas na Presença de Fundos com Vegetação, em Lagos de Barragens”, *In XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Campo Grande - Mato Grosso do Sul - Brasil: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

PIERSON, W. J. e MOSKOWITZ, L., (1964), “A Proposed spectral form for fully developed wind seas”, *J. Geophys Research*, 5181-5190.

SAVILLE, T. et al., (1954), “The effect of fetch width on wave generation”, *Journal Technical Memorandum*, n. 70.

U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, (1973), *Shore Protection Manual*, Third Edition, Volumes 1. Washington, D.C.: Department of the Army Corps of Engineers.