



**SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA
OS RECURSOS DO MAR**

**RELATÓRIO SUCINTO DE CAMPO
2ª campanha observacional**

PERÍODO: 6 a 27 de fevereiro de 2012

INSTITUIÇÃO: IAG/USP

RESPONSÁVEL: Dr. Amauri Pereira de Oliveira

PROJETO: ETA - Estudo da Turbulência na Antártica

INCT-APA MODULO 1 ATMOSFERA

Coordenador: Dra. Jacyra Soares

2 DE MAIO 2012

Índice

		Pág
1	Introdução.....	2
2	Equipe.....	4
3	Equipamentos utilizados.....	5
4	Aferição dos sensores.....	6
5	Instalação e verificação de funcionamento dos equipamentos do projeto ETA.....	12
	5.1 <i>Verificação das condições dos equipamentos instalados na 1ª campanha em 2011.....</i>	12
	5.2 <i>Instalação de sensores temperatura, umidade e vento na torre Sul.....</i>	12
	5.3 <i>Instalação de sensores temperatura do solo, fluxo de calor no solo e precipitação.....</i>	16
	5.4 <i>Determinação do Norte Geográfico.....</i>	17
	5.5 <i>Instalação das câmeras de vídeo.....</i>	17
	5.6 <i>Instalação do sistema de monitoramento de imagens.....</i>	18
6	Coleta e armazenamento de dados.....	19
7	Observações realizadas durante a 2ª campanha	25
8	Conclusão.....	31
9	Próximas etapas do projeto.....	32
10	Necessidades do projeto motivadas pelo incêndio do EACF.....	34
11	Agradecimentos.....	36
12	Referências.....	36

1. Introdução

O objetivo principal do projeto ETA (Estudo da Turbulência na Antártica) é investigar a interação entre atmosfera e a superfície na região Antártica através da determinação observacional das principais componentes do balanço de energia na superfície na região da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), na Ilha Rei George (62°05'S, 058°23'W).

Para atingir este objetivo será instalada uma base de observações composta de uma torre micrometeorológica onde serão efetuadas medidas de parâmetros meteorológicos convencionais (temperatura do ar, umidade do ar e velocidade do vento) com baixa e alta frequência de amostragem utilizando sensores de resposta lenta (anemômetro de hélice, termistores e transdutores capacitivos de umidade e pressão atmosférica), sensores de resposta rápida (anemômetro sônico, analisadores de gases), sensores de radiação (piranômetros, pirgeômetros e saldo-radiômetros), sensores de precipitação, de temperatura e fluxo de calor no solo.

O projeto previa a realização de 4 campanhas para instalação e remoção de equipamentos. As atividades programadas e desenvolvidas até o momento estão indicadas na Tabela 1.

- 1ª Campanha foi realizada durante a 3ª fase da Operação Antártica XXIX (OPERANTAR XXIX), entre 10 de fevereiro a 10 de março de 2011;
- 2ª Campanha foi realizada durante a 3ª fase do OPERANTAR XXX em 2012;
- 3ª e 4ª Campanhas observacionais planejadas para o OPERANTAR XXXI, em período a ser definido entre novembro de 2012 (1ª fase) e fevereiro de 2013 (3ª fase).

Neste relatório serão descritas as atividades realizadas durante a 2ª Campanha de medidas do projeto ETA, programada para ocorrer entre 6 de fevereiro e 10 de março de 2012, mas devido ao incêndio da EACF, a sua conclusão foi antecipada para o dia 27 de fevereiro de 2012.

Como será visto neste relatório, todas as atividades programadas para a 2ª campanha foram realizadas com sucesso. Todos os sensores e equipamentos de monitoramento foram instalados com êxito. Durante essa campanha, no dia 22 de fevereiro de 2012 celebramos a conclusão de 1 ano com medidas de altíssima qualidade das componentes de balanço de radiação, com médias de 5 minutos. Infelizmente tivemos que interromper a aquisição dos dados no dia 25 de fevereiro as 02h40 hora local, em função do corte de energia e interrupção do serviço de internet.

Tabela 1: Descrição das campanhas observacionais do projeto ETA.		
Campanha	Objetivo	OPERANTAR
1ª (concluída)	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação dos sensores de radiação e pressão atmosférica. • Instalação do sistema de aquisição e de transmissão de dados. 	XXIX 3ª fase Fevereiro de 2011
2ª (concluída)	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção dos equipamentos instalados na 1ª Campanha. • Instalação dos sensores de vento, temperatura do ar e umidade relativa do ar em três níveis. • Instalação dos sensores de precipitação, de fluxo de calor e de temperatura do solo. • Câmeras de vídeo para monitoramento das condições de funcionamento dos sensores. 	XXX 3ª fase Fevereiro de 2012
3ª (programada)	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção dos equipamentos instalados nas 1ª e 2ª Campanhas. • Instalação dos sensores de turbulência (anemômetro sônico e analisador de gases). 	XXXI 1ª fase Novembro de 2012
4ª (programada)	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção dos equipamentos instalados nas 1ª, 2ª e 3ª Campanhas. • Retirada dos sensores de turbulência (anemômetro sônico e analisador de gases). 	XXXI 3ª fase Fevereiro de 2013

2. Equipe

Participaram da segunda campanha de observação do projeto ETA os seguintes pesquisadores (Fig. 1):

- Amauri Pereira De Oliveira (IAG USP)
- Georgia Codato (IAG USP)
- Caio Runam (IAG USP)



Figura 1. Equipe participante da 2ª Campanha observacional do Projeto ETA, durante o OPERANTAR XXX.

3. Equipamentos utilizados

Tabela 2: Informações sobre sensores e equipamentos instalados durante a 2ª campanha de observação do projeto ETA (PROANTAR XXX).

	Sensor (Fabricante)	Modelo	N. Série	Altura (metro)	Variável no programa	Variável no relatório	Constante calibração	Tempo resposta
1	Termistor e transdutor capacitivo (Vaisala)	CS215	E5692	3,4	<i>Temperatura1</i>	T1	-	20s
					<i>UR1</i>	UR1	-	10s
					<i>Tempertura2</i>	T2	-	20s
2		CS215	E5685	8,0	<i>UR2</i>	UR2	-	10s
					<i>Temperatura3</i>	T3	-	20s
3		CS215	E5684	10,2	<i>UR3</i>	UR3	-	10s
					<i>WS_ms_A</i>	VEL1	0,98	2 a 5 min
4	Anemômetro (direção e velocidade do vento) (RM Young)	05103	105237	3,8	<i>WindDir_A</i>	DIR1, DPD1	355	1s
					<i>WindDir_SD1_A</i>			
5		05103	105232	6,9	<i>WS_ms_B</i>	VEL2	0,98	2 a 5 min
					<i>WindDir_B</i>	DIR2, DPD2	355	1s
6		05103	105233	10,3	<i>WindDir_SD1_B</i>			
					<i>WS_ms_C</i>	VEL3,	0,98	2 a 5 min
					<i>WindDir_C</i>	DIR3, DPD3	355	1s
					<i>WindDir_SD1_C</i>			
7	Pluviômetro (Met One)	385	K14211	0,5	<i>Pluv_385c</i>	PREC	0,01	30s
8	Termistor (Campbell)	107	99744	-0,05	<i>TempSolo</i>	T _s	800	20s
9	Fluxímetro (Hukseflux)	HFP01	004485	-0,05	<i>HFP01</i>	G _s	60,1 $\mu\text{V/W}^2$	4min
10	Webcam (Dell)	-	-	-	-	-	-	-
11	Laptop (SempToshiba)	XS1473	101282587	-	-	-	-	-
12	Módulo de conversão (Campbell)	LCC4	-	-	-	-	-	-

4. Aferição dos sensores

Durante a fase de preparação da 2ª campanha de medidas do projeto ETA, entre os dias 2 e 6 de setembro de 2011, foi realizada uma campanha de medidas para a aferição dos sensores. Essa aferição foi realizada comparando os sensores de temperatura (T1, T2, T3) e umidade relativa (UR1, UR2, UR3) descritos na Tabela 2 e os sensores de temperatura (T-LBM) e umidade relativa (UR-LBM) instalados na Plataforma Micrometeorológica do IAG da USP (PM).

A título de referência foi incluída nessa comparação os valores de temperatura do *datalogger* modelo CR5000 (Tdat) e a evolução temporal da temperatura da superfície observada com o sensor de temperatura do solo (Ts) instalado (não convencional na PM). A evolução temporal dos valores médios de 5 minutos é apresentada na Fig. 2.

Estes sensores estavam instalados em um datalogger CR3000, gentilmente cedido pelo Prof. João Francisco Escobedo, da UNESP de Botucatu, tendo em vista que o sistema de aquisição de dados do projeto ETA (CR5000) já se encontrava instalado na EACF e não havia outro sistema disponível para o desenvolvimento e teste dos programas de aquisição de dados do projeto ETA.

De modo similar os anemômetros do projeto ETA foram instalados grade de proteção lateral localizada na face sul da PM. Durante o mesmo período de tempo as observações desses anemômetros foram comparadas com as obtidas com sensores de velocidade e direção do vento instalados na torre micrometeorológica de 10 m da PM, nos níveis de 2,8 m (velocidade) e 9,4 m (direção) acima da superfície da PM, identificados na Fig. 3 por VEL-LBM e DIR-LBM.

De um modo geral as variações observadas nos sensores da PM foram acompanhadas pelos sensores do projeto ETA (Fig. 2 e 3). Com exceção da velocidade do vento que apresentou uma discrepância sistemática (Fig. 3b). Esta discrepância pode estar sendo causado por um problema no código do programa do sistema de aquisição de dados da PM do IAG e está sendo investigado. Este problema não compromete a comparação entre os anemômetros uma vez que as variações presentes na velocidade e direção do vento durante o período de

aferição foram adequadamente captadas por todos os sensores de vento envolvidos no teste.

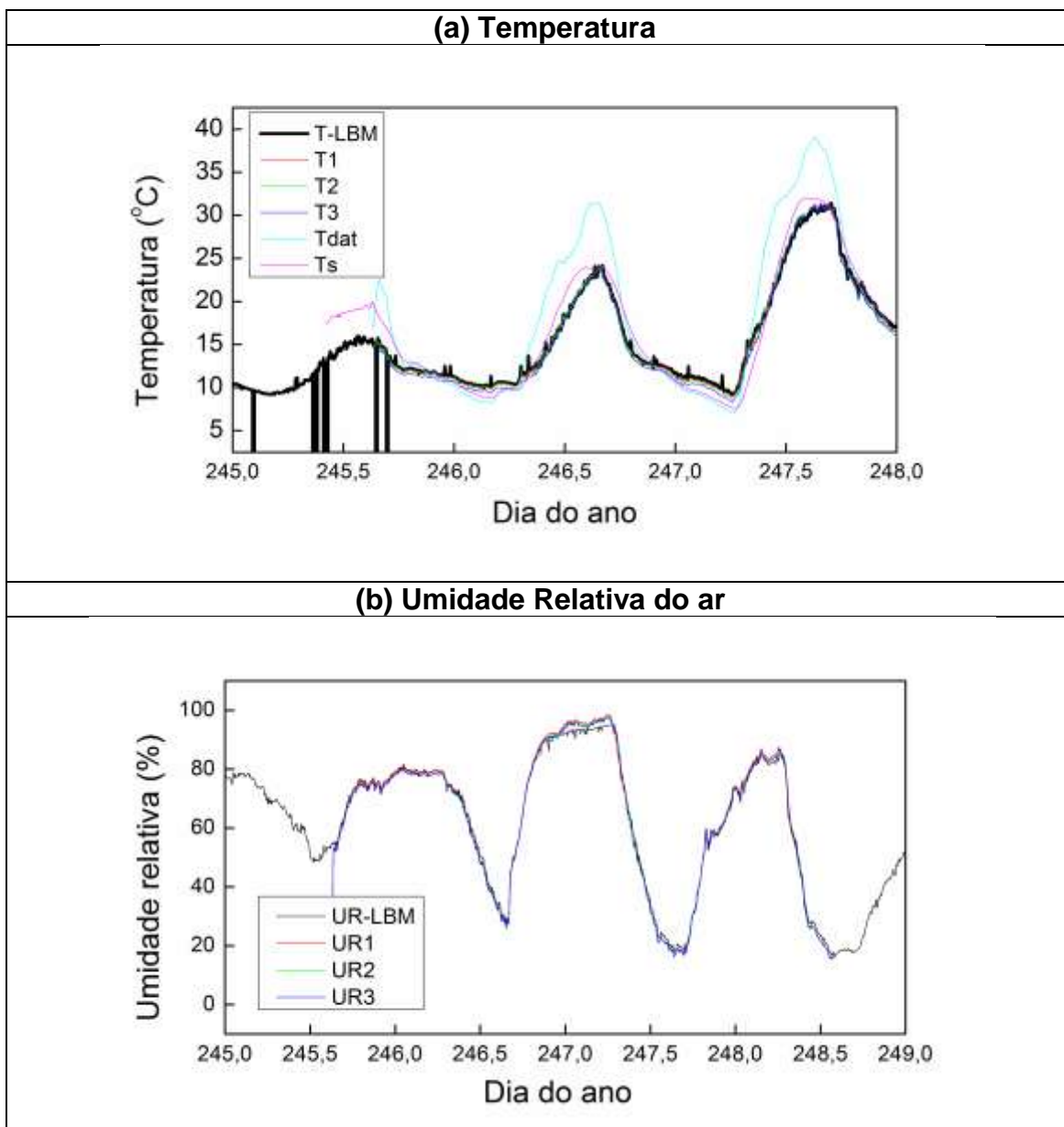
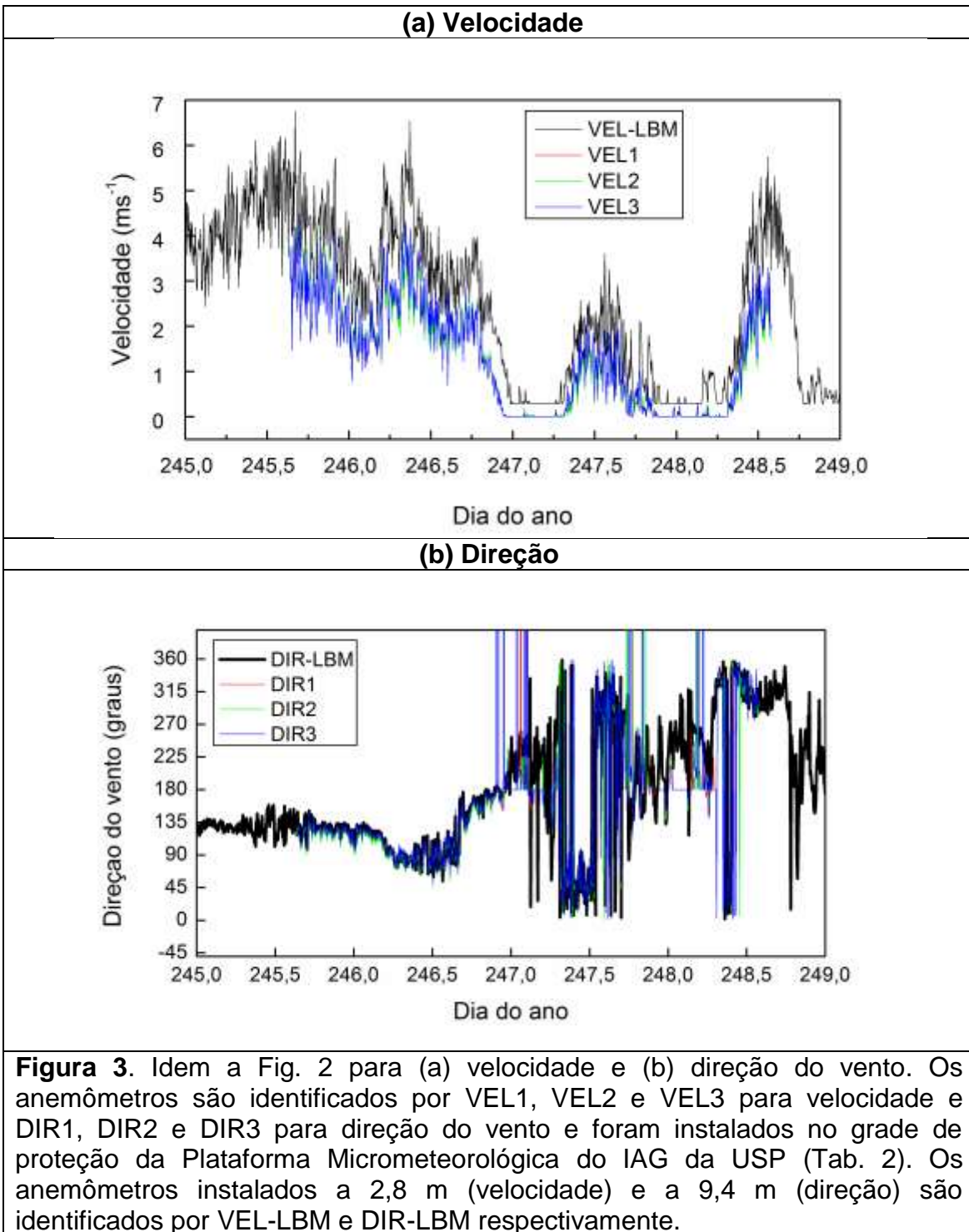


Figura 2. Evolução temporal da (a) temperatura e (b) umidade relativa do ar durante o período de calibração, 2 a 6 de setembro de 2011, dia do ano 245 a 249. T1, T2, T3, UR1, UR2 e UR3 correspondem aos sensores de temperatura e umidade do projeto ETA (Tab. 2). Os valores de T-LBM e UR-LBM correspondem aos sensores de temperatura e umidade relativa da Plataforma Micrometeorológica do IAG da USP, instalados a 2 metros acima da superfície. Tdat é a temperatura do datalogger CR3000 e Ts corresponde a temperatura no solo (instalado próximo ao chão) descrito na Tabela 2.



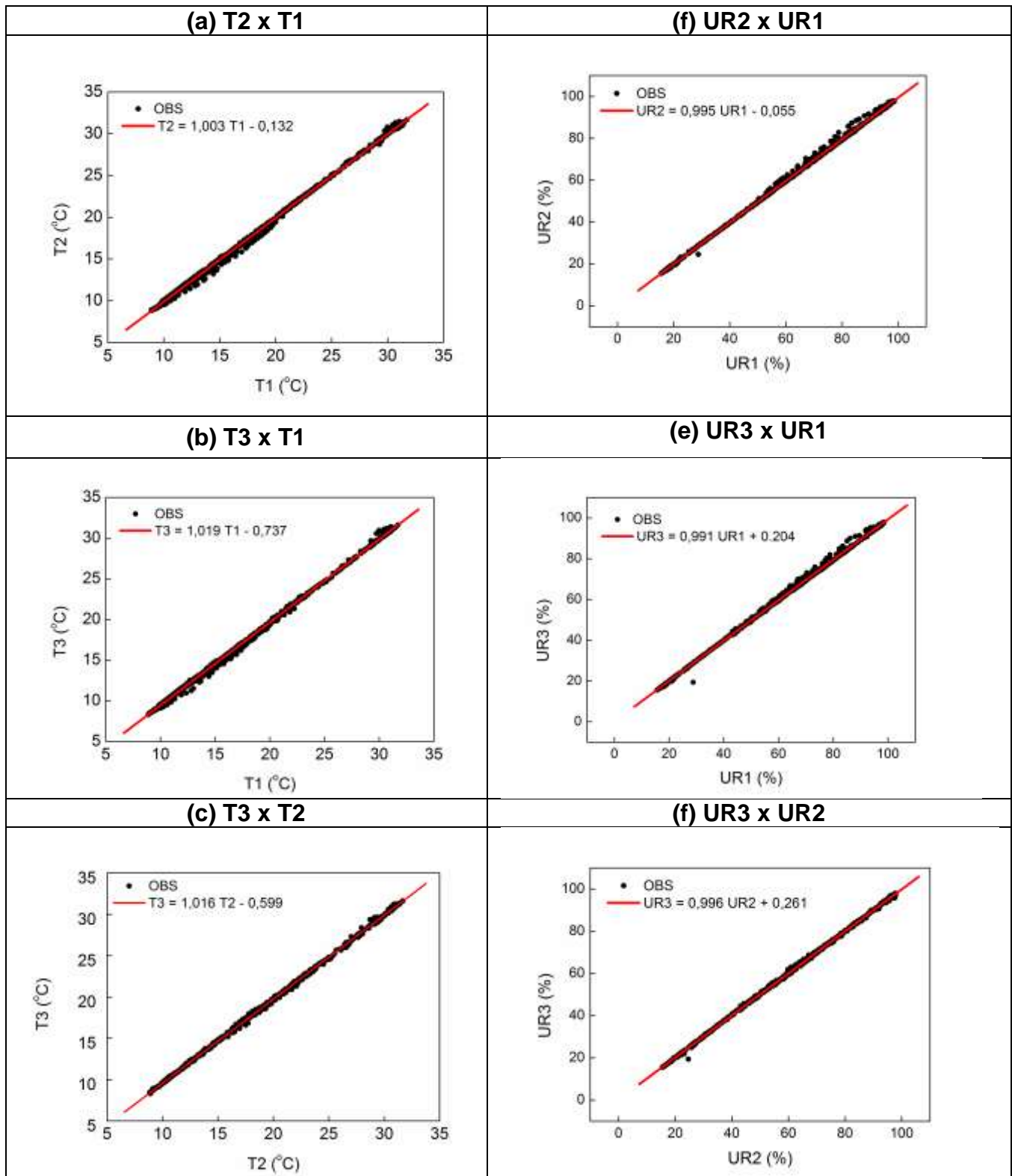


Figura 4. Diagrama de dispersão dos valores médios de 5 minutos de temperatura e umidade relativa do ar. Observações realizadas na Plataforma Micrometeorológica do IAG da USP entre 2 e 6 de setembro de 2011. A curva ajustada está indicada por uma linha vermelha. A equação da curva ajustada ($Y=aX+b$) está indicada no topo de cada diagrama.

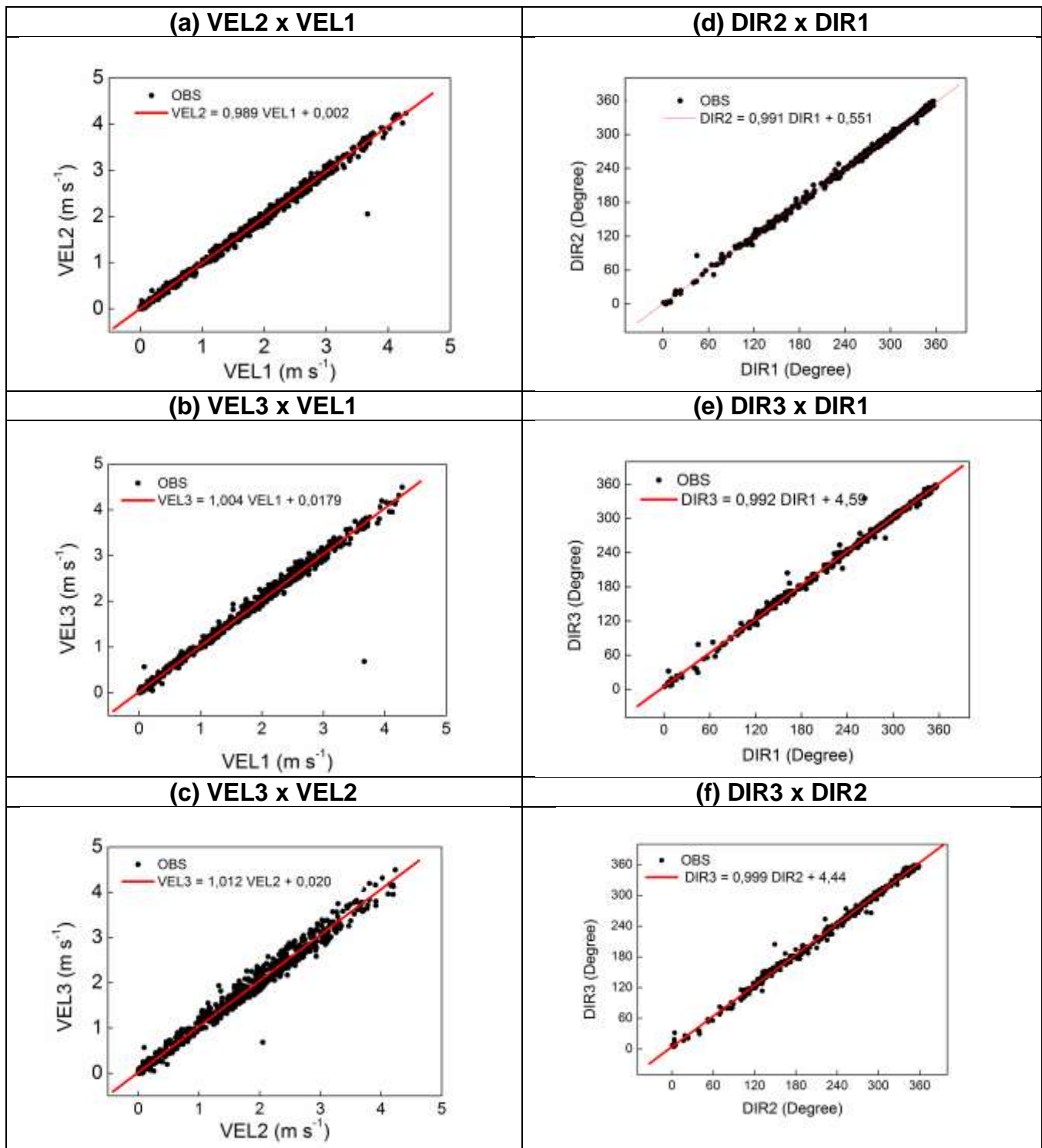


Figura 5. Diagrama de dispersão dos valores médios de 5 minutos de velocidade e direção do vento. Observações realizadas na Plataforma Micrometeorológica do IAG da USP entre 2 e 6 de setembro de 2011. A equação da curva ajustada ($Y=aX+b$) está indicada por uma linha vermelha. A equação da curva ajustada está indicada no topo de cada diagrama.

Tento em vista que os sensores temperatura, umidade e velocidade do vento de projeto ETA foram instalados na Torre Sul do EACF para estimar gradientes verticais (vide seção 5.2), esta aferição teve como objetivo principal determinar se existe alguma discrepância sistemática entre os sensores. Isto pode ser feito de forma objetiva através dos coeficientes lineares das retas ajustadas através dos pontos dos gráficos de dispersão entre os sensores.

Os coeficientes lineares das retas de regressão linear apresentadas nas Figs. 4 e 5 e relacionados na Tabela 3 comprovam uma concordância muito grande, com os pontos se concentrando em torno das retas de regressão (linha vermelha). Os coeficientes angulares dessas retas variam entre 0,998 e 1,019 e os coeficiente lineares entre -0,737 °C e -0,132 °C (temperatura), -0,055% e 0,262% (umidade relativa) e 0,002 m/s e 0,020 m/s (velocidade). A maior discrepância foi encontrada entre os valores de direção do vento com os coeficientes angulares variando entre 0,991 e 0,999 e os coeficientes lineares variando entre 0,551° e 4,59°.

Y versus X	Y = ax + b		FIGURA
	COEFICIENTE ANGULAR (a)	COEFICIENTE LINEAR (b)	
T2 x T1	1,003	-0,132 °C	4a
T3 x T1	1,019	-0,737 °C	4b
T3 x T2	1,016	-0,598 °C	4c
UR2 x UR1	0,995	-0,055 %	4d
UR3 x UR1	0,991	0,204 %	4e
UR3 x UR2	0,996	0,262 %	4f
VEL2 x VEL1	0,989	0,002 m/s	5a
VEL3 x VEL1	1,004	0,018 m/s	5b
VEL3 x VEL2	1,012	0,020 m/s	5c
DIR2 x DIR1	0,991	0,551°	5d
DIR3 x DIR1	0,992	4,59°	5e
DIR3 x DIR2	0,999	4,44°	5f

5. Instalação e verificação de funcionamento dos equipamentos do projeto ETA

Durante o período de 6 a 27 de fevereiro de 2012 foram desenvolvidas as seguintes atividades:

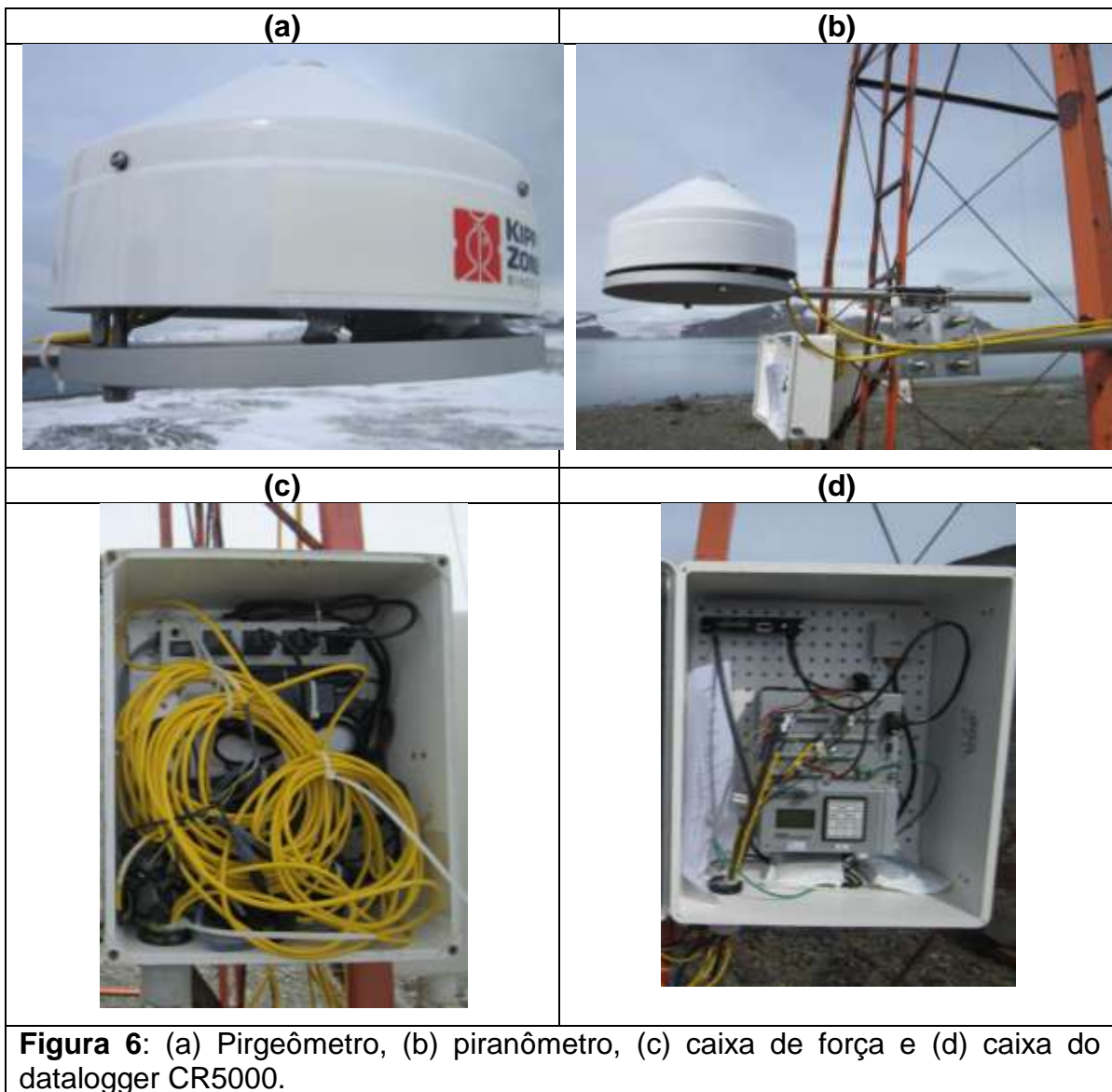
5.1. Verificação das condições dos equipamentos instalados na 1ª campanha (2011)

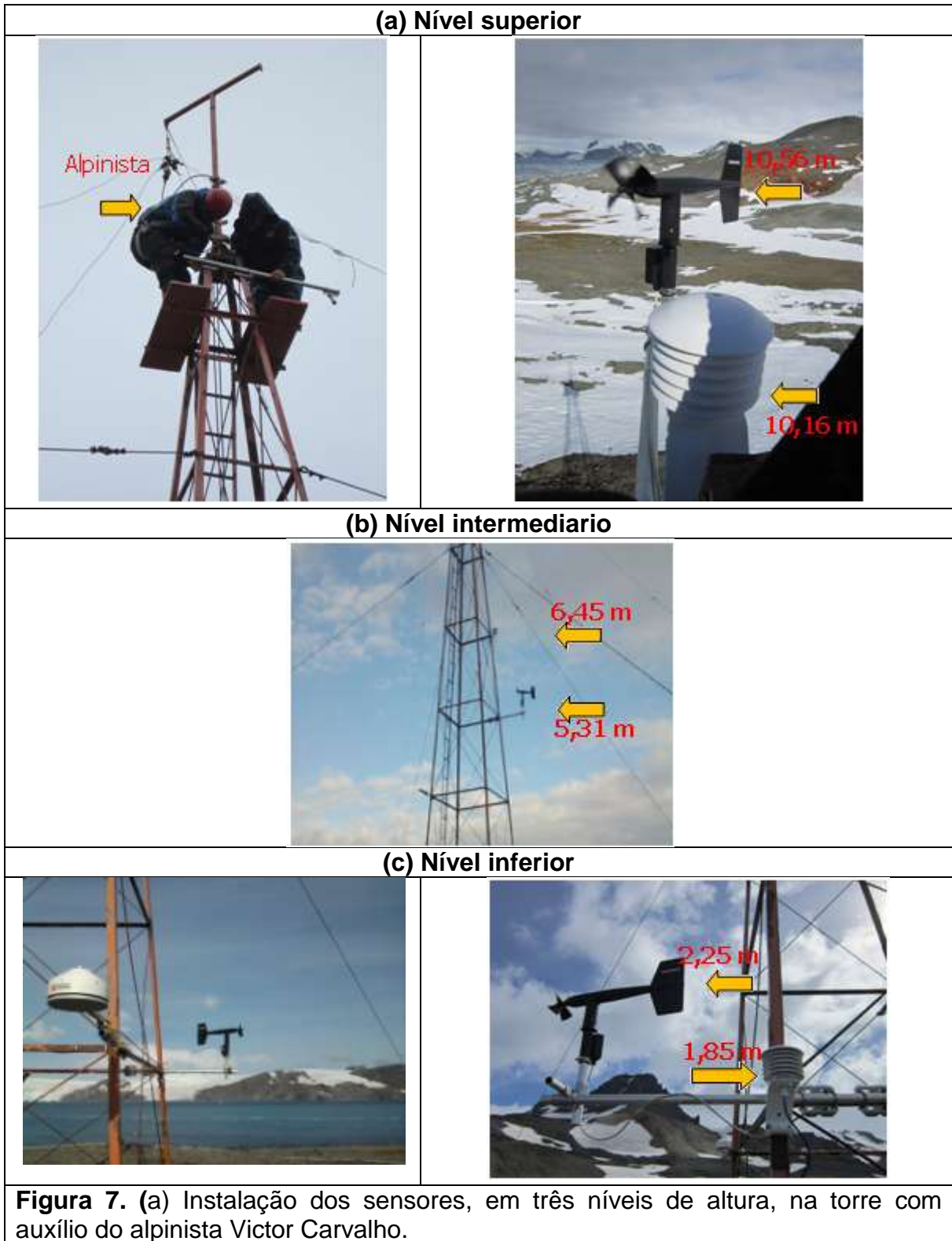
Todos os equipamentos estavam em boas condições de funcionamento, resistindo satisfatoriamente ao inverno. As cúpulas dos sensores de radiação (Fig. 6a-b) estavam limpas, provavelmente pela ação da chuva e dos fortes ventos. Tanto a caixa de força (Fig. 6c) quanto a do datalogger CR5000 (Fig. 6d) também estavam em excelente estado de conservação indicando que a vedação feita na instalação em fevereiro de 2011 foi adequada.

Todos os cabos de energia e comunicação também foram encontrados em perfeito estado de conservação, não havendo necessidade de substituição. Deixar os cabos expostos, sendo protegidos apenas por pedras funcionou, de forma que decidimos manter o mesmo tipo de condição. Deve ser ressaltado que durante o período de 1 ano não ocorreu nenhuma falha no fornecimento de energia e nem na transmissão de dados recebidos remotamente no IAG/USP.

5.2. Instalação de sensores temperatura, umidade e vento na torre Sul

Os equipamentos instalados foram conectados a um datalogger modelo CR5000. Os anemômetros e os sensores de temperatura do ar e umidade relativa (Figura 7) foram instalados em diferentes alturas (Tabela 2), com auxílio do Alpinista Victor Carvalho. Observações instantâneas dos dados coletados já indicavam uma diferença de cerca de 1°C entre o nível mais baixo e o nível mais alto entre os sensores de temperatura, indicando um importante gradiente vertical de temperatura.





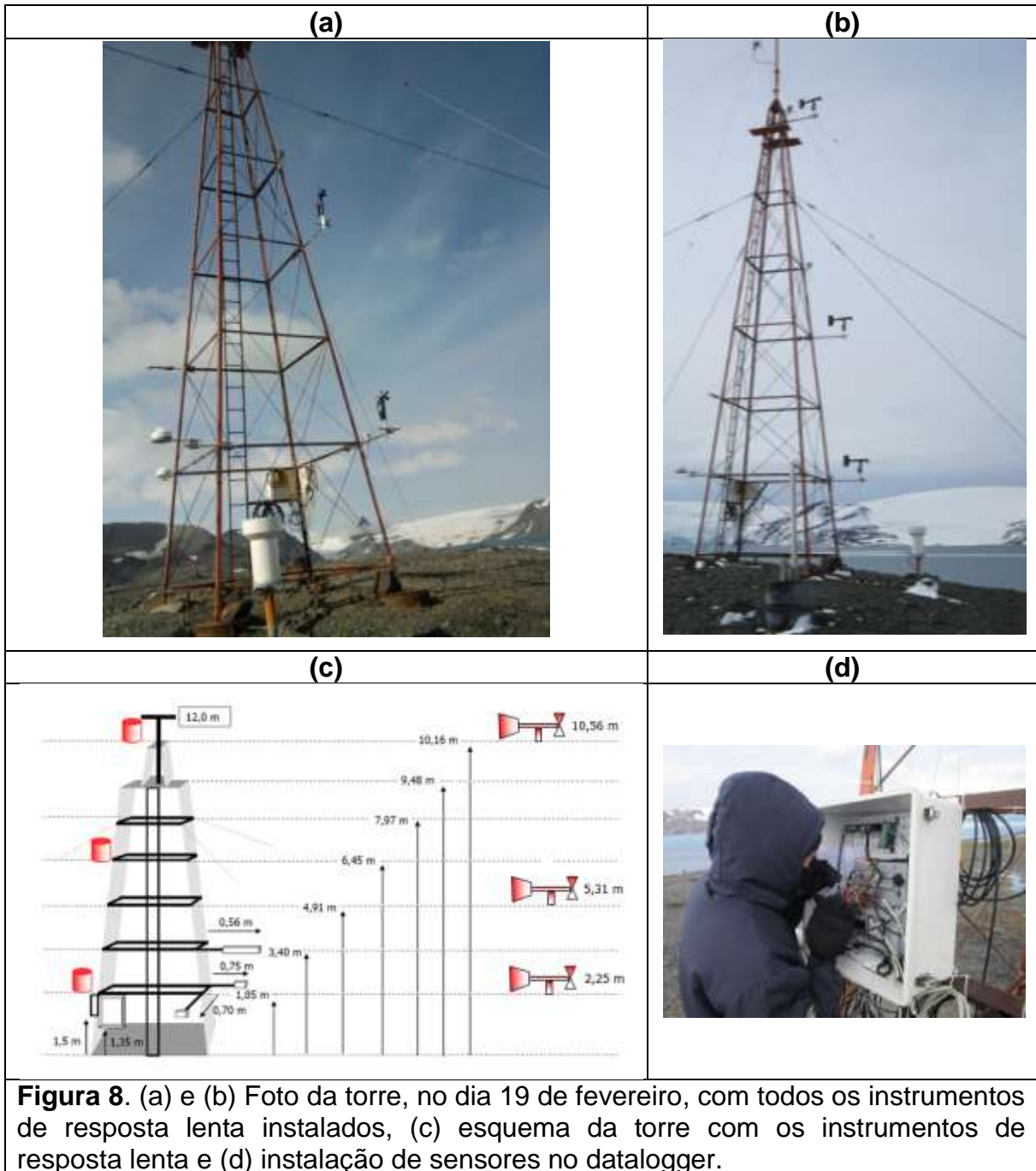


Figura 8. (a) e (b) Foto da torre, no dia 19 de fevereiro, com todos os instrumentos de resposta lenta instalados, (c) esquema da torre com os instrumentos de resposta lenta e (d) instalação de sensores no datalogger.

5.3. Instalação de sensores de temperatura do solo, fluxo de calor no solo e precipitação

O sensor de temperatura do solo e de fluxo de calor no solo foram instalados a uma profundidade de 5 cm abaixo da superfície no centro da torre (Fig. 9).



Figura 9. Local de instalação dos sensores de temperatura e fluxo de calor no solo.

O pluviômetro foi instalado a leste da torre em uma estrutura feita pelo ARSENAL da marinha (Fig. 10).

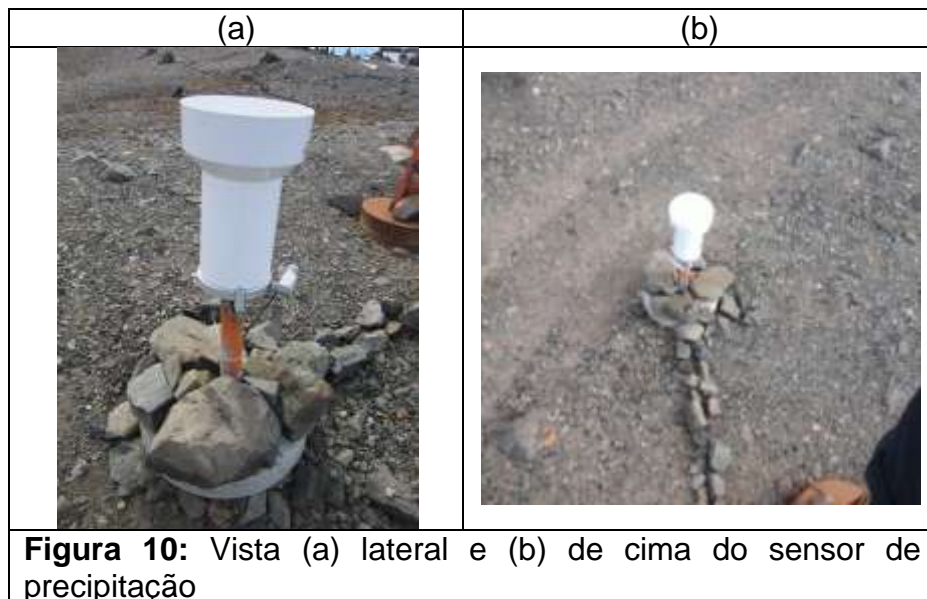


Figura 10: Vista (a) lateral e (b) de cima do sensor de precipitação

5.4. Determinação do norte geográfico

A direção norte foi determinada com auxílio de um GPS. Verificou-se que a determinação anterior não estava correta. O Norte verdadeiro (NORTE) está situado a 10 graus a oeste do Norte geográfico (NORTE FALSO) determinado com auxílio de uma bússola durante a OPERANTAR XXIX (Fig. 11).

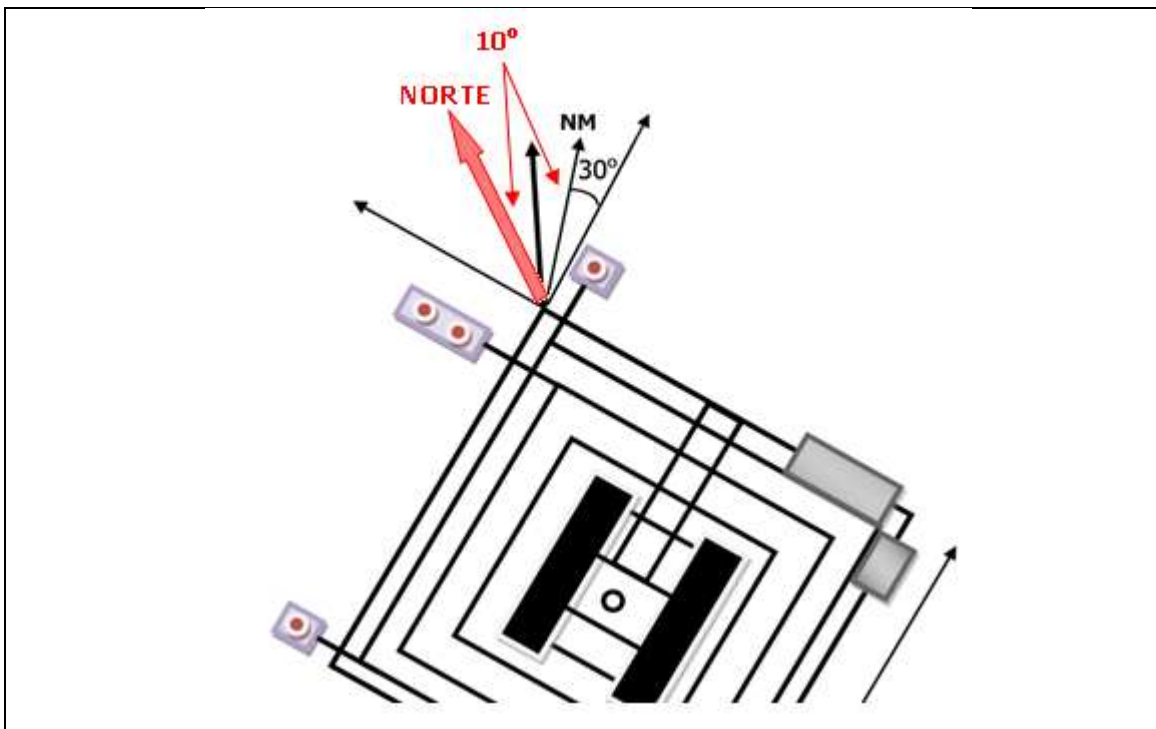


Figura 11: Norte geográfico verdadeiro (NORTE) a 10° a oeste do Norte Falso. Norte Falso está a 10° a oeste do NM (Norte Magnético) determinado na OPERANTAR XXIX em 2011.

5.5. Instalação das câmeras de vídeo

Foram instaladas duas câmeras sobre o módulo Meteoro, conectadas através de um cabo de expansão do tipo USB (10 metros) ao laptop localizado dentro do módulo. Uma delas foi direcionada para Torre Sul, onde foram instalados os equipamentos e outra direcionada para a estação (orientada ao norte). Os cabos foram protegidos com tubos plásticos para evitar que fossem danificados pelo gelo (Fig. 12).



5.6. Instalação do sistema de monitoramento de imagens

A ideia original era monitorar as condições locais visualmente através das imagens das câmeras.

Inicialmente foi utilizando o software “YamCam” configurado para fotografar a cada 30 min. As imagens feitas com o YamCam foram gravadas com os arquivos que iniciam-se com ETA.

Após algum tempo de uso este programa passou a travar o laptop. Decidiu-se utilizar o software “TinCam” no dia 22.02.12. As imagens geradas a partir do TinCam foram gravadas como arquivos do tipo JPEG com o nome composto pelo

dia e a hora da gravação, também coletadas a cada 30 min. Além de não apresentar nenhum problema o TinCam também permitiu envio automático de imagens a cada 30 min para uma máquina FTP do IAG-USP.

O TINCAM (<http://www.tincam.com/>) era uma versão de avaliação, a qual pretendia adquirir após o teste. Deve ser ressaltado que o TinCam permite a varredura de mais de uma câmera, sendo que no nosso caso além das duas webcams externas (Fig. 13) foi também amostrada as imagens geradas pela câmera do laptop que estava em operação dentro do modulo METEORO.



6. Coleta e armazenamento de dados

Durante o experimento foi feita a introdução de linhas de comando no programa de aquisição de dados para medir as novas variáveis, passando a coletar dados de temperatura e umidade relativa do ar em 3 níveis diferentes de altura, temperatura do solo e fluxo de calor no solo, a partir do dia 15 de fevereiro de 2012 (dia do ano 46).

Para a instalação do pluviômetro foi necessário o apoio do Arsenal de marinha para montar a base de sustentação do mesmo, que foi instalado e testado no dia 17 de fevereiro de 2012.

A taxa de amostragem foi alterada para 0,1 Hz.

Apesar das inúmeras tentativas o programa de aquisição de dados apresentava um problema que não permitia a observação de velocidade do vento simultaneamente nos 3 níveis. Por isso, inicialmente, apenas foi medida a direção do vento no nível 3.

Através do contato com a Campbell foi possível resolver o problema utilizando a placa LLAC4 e introduzindo no programa os comandos quadro 1.

Quadro 1. Comandos utilizados no programa de aquisição de dados.

PulseCount (WS_ms_C,1,2,1,1,0.098,0) 'P2

TimerIO (WS_ms,11000000,88000000,10,mSec)

*WS_ms_corr(2) = WS_ms(2)*0.098*

*WS_ms_corr(1) = WS_ms(1)*0.098*

BrHalf (WinDir_A,1,mV5000,23,Vx2,1,5000,True ,0,250,355,0)

BrHalf (WinDir_B,1,mV5000,24,Vx2,1,5000,True ,0,250,355,0)

BrHalf (WinDir_C,1,mV5000,25,Vx2,1,5000,True ,0,250,355,0)

Este problema foi solucionado no dia 19 de fevereiro de 2012 e as medidas dos três níveis de velocidade e direção do vento começaram a ser coletadas. Os sensores foram instalados com a orientação invertida, apontando para o Norte, causando uma defasagem de 180 graus na direção do vento. Inicialmente essa defasagem foi compensada através da programação do sistema de aquisição de dados. No dia 24 de fevereiro, entre 10h20 e 11h00, os anemômetros foram posicionados de forma correta e a defasagem foi eliminada.

O programa de aquisição de dados do datalogger continuou a gerar três arquivos: VarMeteoro_5min.dat, VarMeteoro_60min.dat e VarSEMcorr_5min.dat. Eles correspondem aos valores médios de 5 minutos e 1 hora das observações. Estes arquivos de saída estão organizados de acordo com a Tabela 4. O arquivo VarSEMcorr_5min.dat, corresponde aos valores de radiação de onda longa sem correção do efeito da temperatura.

Tabela 4. Descrição dos arquivos (três) gerados pelo datalogger a partir da 2ª campanha observacional do projeto ETA. *Incidente, emergente e refletida estão definidos em relação à superfície. σ = desvio padrão.

Col	VarMeteo_5min.dat	VarMeteo_60min.dat	VarSEMcorr_5min.dat
1	Data (<i>sistema</i>)	Data (<i>sistema</i>)	Data (<i>sistema</i>)
2	Número de gravação	Número de gravação	Número de gravação
3	Dia do ano (<i>dia_do_ano</i>)	Dia do ano (<i>dia_do_ano</i>)	Dia do ano (<i>dia_do_ano</i>)
4	Ano (<i>ano</i>)	Ano (<i>ano</i>)	Ano (<i>ano</i>)
5	Hora (<i>hora</i>)	Hora (<i>hora</i>)	Hora (<i>hora</i>)
6	Minuto (<i>minuto</i>)	Minuto (<i>minuto</i>)	Minuto (<i>minuto</i>)
7	Voltagem mínima da bateria (mV) Datalogger (<i>batt_volt</i>)	mínima da bateria (mV) Datalogger (<i>batt_volt</i>)	Onda curta incidente (mV) Piranômetro (<i>CMP11_mv</i>)
8	Temperatura interna (°C) Datalogger (<i>logger_temp</i>)	Temperatura interna (°C) Datalogger (<i>logger_temp</i>)	Onda curta incidente (Wm^{-2}) Piranômetro (<i>CMP11_Wm2</i>)
9	Onda curta incidente* (Wm^{-2}) Piranômetro (<i>CMP11_Wm2</i>)	Onda curta incidente (Wm^{-2}) Piranômetro (<i>CMP11_Wm2</i>)	Onda longa incidente (mV) Pirgeômetro (<i>CGR3_mv</i>)
10	Onda longa incidente (Wm^{-2}) Pirgeômetro (<i>CGR3_Wm2</i>)	Onda longa incidente (Wm^{-2}) Pirgeômetro (<i>CGR3_Wm2</i>)	Onda longa incidente (Wm^{-2}) Pirgeômetro (<i>CGR3_Wm2</i>)
11	Temperatura interna (°C) Pirgeômetro (<i>CGR3_TC</i>)	Temperatura interna (°C) Pirgeômetro (<i>CGR3_TC</i>)	Temperatura interna (°C) Pirgeômetro (<i>CGR3_TC</i>)
12	Onda longa incidente (Wm^{-2}) Pirgeômetro (<i>CGR3_corr</i>)	Onda longa incidente (Wm^{-2}) Pirgeômetro (<i>CGR3_corr</i>)	Onda curta incidente (mV) Saldo radiômetro (<i>OC_UP_mv</i>)
13	Onda curta incidente (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (<i>OC_UP</i>)	Onda curta incidente (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (<i>OC_UP</i>)	Onda curta refletida (mV) Saldo radiômetro (<i>OC_DN_mv</i>)

Tabela 4. Descrição dos arquivos (três) gerados pelo datalogger a partir da 2ª campanha observacional do projeto ETA. *Incidente, emergente e refletida estão definidos em relação à superfície. σ = desvio padrão (continuação).

Col	VarMeteo_5min.dat	VarMeteo_60min.dat	VarSEMcorr_5min.dat
14	Onda curta refletida (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OC_DN)	Onda curta refletida (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OC_DN)	Onda longa incidente (mV) Saldo radiômetro (OL_UP_mv)
15	Onda longa incidente (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OL_UP)	Onda longa incidente (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OL_UP)	Onda longa emergente (mV) Saldo radiômetro (OL_DN_mv)
16	Onda longa emergente (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OL_DN)	Onda longa emergente (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OL_DN)	Onda curta refletida (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OC_UP_Wm2)
17	Temperatura interna ($^{\circ}C$) Saldo radiômetro (CNR4_T_C)	Temperatura interna ($^{\circ}C$) Saldo radiômetro (CNR4_T_C)	Onda curta refletida (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OC_DN_Wm2)
18	Onda longa incidente corrigida (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OL_UP_corr)	Onda longa incidente corrigida (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OL_UP_corr)	Onda longa incidente (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OL_UP_Wm2)
19	Onda longa emergente corrigida (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OL_DN_corr)	Onda longa emergente corrigida (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OL_DN_corr)	Onda longa emergente (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (OL_DN_Wm2)
20	Balanço onda curta (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (NetROC)	Balanço onda curta (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (NetROC)	Temperatura interna ($^{\circ}C$) Saldo radiômetro (CNR4_T_C)
21	Balanço onda longa Saldo radiômetro (NetROL)	Balanço onda longa Saldo radiômetro (NetROL)	Pressão atmosférica (mb) barômetro (P_mb)
22	Albedo Saldo radiômetro (ALBEDO)	Albedo Saldo radiômetro (ALBEDO)	-
23	Radiação líquida (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (NetTOT)	Radiação líquida (Wm^{-2}) Saldo radiômetro (NetTOT)	-

Tabela 4. Descrição dos arquivos (três) gerados pelo datalogger a partir da 2ª campanha observacional do projeto ETA. *Incidente, emergente e refletida estão definidos em relação à superfície. σ = desvio padrão (continuação).

Col	VarMeteo_5min.dat	VarMeteo_60min.dat	VarSEMcrr_5min.dat
24	Pressão atmosférica (mb) Barômetro (<i>P_mb</i>)	Pressão atmosférica (mb) Barômetro (<i>P_mb</i>)	-
25	Precipitação (mm) Pluviômetro (<i>Pluv_385c</i>)	-	-
26	Velocidade do vento nível 1 (ms^{-1}) Anemômetro (<i>WS_ms_A</i>)	-	-
27	Direção do vento Nível 1 (grau) Anemômetro (<i>WinDir_A</i>)	-	-
28	σ direção do vento nível 1 (grau) Anemômetro (<i>WindDir_SD1_A</i>)	-	-
29	Velocidade do vento nível 2 (ms^{-1}) Anemômetro (<i>WS_ms_B</i>)	-	-
30	Direção do vento nível 2 (grau) Anemômetro (<i>WinDir_B</i>)	-	-
31	σ direção do vento nível 2 (grau) Anemômetro (<i>WindDir_SD1_B</i>)	-	-
32	Velocidade do vento nível 3 (ms^{-1}) Anemômetro (<i>WS_ms_C</i>)	-	-
33	Direção do vento nível 3 (grau) Anemômetro (<i>WinDir_C</i>)	-	-

Tabela 4. Descrição dos arquivos (três) gerados pelo datalogger a partir da 2ª campanha observacional do projeto ETA. *Incidente, emergente e refletida estão definidos em relação à superfície. σ = desvio padrão (continuação).

Col	VarMeteo_5min.dat	VarMeteo_60min.dat	VarSEMcorr_5min.dat
34	σ da direção do vento nível 3 (grau) Anemômetro (WindDir_SD1_C)	-	-
35	Temperatura do ar nível 1 (°C) Termistor (Temperatura1)	-	-
36	Umidade relativa nível 1 (%) Transdutor capacitivo (UR1)	-	-
37	Temperatura do ar nível 2 (°C) Termistor (Temperatura1)	-	-
38	Umidade relativa nível 2 (%) Transdutor capacitivo (UR2)	-	-
39	Temperatura do ar nível 3 (°C) Termistor (Temperatura3)	-	-
40	Umidade relativa nível 3 (%) Transdutor capacitivo (UR3)	-	-
41	Fluxo de calor no solo (Wm ⁻²) Fluxímetro (HFP01)	-	-
42	Temperatura do solo (°C) Termistor (TempSolo1)	-	-

7. Observações realizadas durante a 2ª campanha

Uma descrição detalhada das observações realizadas durante a 2ª campanha do projeto ETA é indicada na Tabela 5. Considerando que o início da instalação dos equipamentos ocorreu em 15 de fevereiro e que na madrugada do dia 25 de fevereiro a energia elétrica e internet foram interrompidas com o incêndio da EACF, verifica-se que foi possível obter cerca de 10 dias de observações da maior parte dos instrumentos instalados durante a 2ª campanha de medidas.

Tabela 5. Descrição das observações dos sensores novos.

DD/MM/AA	DIA DO ANO	VARIÁVEIS/nível														
		TEMP			UR			VEL			DIR			Ts	Gs	PREC
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
15/02/2012	046	I	I	I	I	I	I	N	N	N	N	N	I	I	I	N
16/02/2012	047	I	I	I	I	I	I	N	N	N	N	N	I	I	I	N
17/02/2012	048	I	I	I	I	I	I	N	N	N	N	N	I	I	I	I
18/02/2012	049	C	C	C	C	C	C	N	N	N	N	N	C	C	C	C
19/02/2012	050	C	C	C	C	C	C	I	I	I	I	I	C	C	C	C
20/02/2012	051	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
21/02/2012	052	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
22/02/2012	053	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
23/02/2012	054	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
24/02/2012	055	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
25/02/2012	056	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C=COMPLETO, I=INCOMPLETO, N=SEM DADOS = Início de operação, DD=dia, MM=Mês, AA= ano.

Nas figuras 14 a 16 são apresentadas a evolução temporal durante 10 dias (dia do ano 46 a 56) de todos os parâmetros meteorológicos medidos na torre Sul do EACF pelo projeto ETA.

No dia 18 de fevereiro (sábado de carnaval, dia do ano 49) ocorreu uma nevasca na região do EACF. No dia da nevasca o vento atingiu quase 20 m s^{-1} , preponderantemente do setor leste (Fig. 14a e 14b). A temperatura do ar atingiu um valor mínimo de aproximadamente -6°C no início da madrugada de domingo (Fig. 14d) e a umidade relativa do ar chegou próximo a 100 % (Fig. 14e). A temperatura do solo chegou a -2°C no meio do dia de domingo (Fig. 15a).

Durante os dias 49 e 50 o fluxo de calor no solo permaneceu positivo, atingindo 30 Wm^{-2} e indicando um transporte de calor do solo para a atmosfera (Fig. 15b).

O pluviômetro registrou pouquíssima precipitação (Fig. 15c). Durante o período da nevasca foi registrada apenas traços de precipitação. Este resultado não é tão surpreendente porque a queda de neve neste evento foi acompanhada de muito vento. Curiosamente, durante o período da 2ª campanha de medidas não foi registrada precipitação de água líquida, portanto não foi possível verificar o funcionamento do pluviômetro para este tipo de precipitação. De qualquer forma, torna-se necessário investigar a possibilidade de se utilizar outra forma de estimar a precipitação de neve na EACF.

Durante a nevasca a pressão interrompeu a trajetória de crescimento (Fig. 15e). A pressão atmosférica retornou a trajetória de crescimento, atingindo o patamar de 1015 mb no noite do dia 56 (Fig. 15e).

Entre os dias 46 e 48, o sistema de alimentação da bateria do datalogger foi involuntariamente desligado e, sem alimentação, a bateria ficou completamente descarregada no dia 47, tal que entre os dias 47 e 48 não houve coleta de dados (Fig. 15d). O desligamento do transformador que alimenta a bateria do datalogger ocorreu devido a problema de contacto na régua da caixa de força. Recomenda-se a troca dessa régua que pode estar apresentando problemas de oxidação.

Considerando como referência os parâmetros meteorológicos que já estavam sendo observados desde a 1ª campanha de 2011 (Fig. 16), verifica-se que os novos parâmetros (Fig. 14 e 15) apresentam uma evolução temporal consistente. Por exemplo, a evolução temporal do fluxo de calor do solo responde de forma consistente com a evolução da radiação líquida (Fig. 16a). Estas duas componentes do balanço de energia na superfície por sua vez determinam, em grande parte, a evolução temporal da temperatura do solo (Fig. 16b).

É interessante observar que, durante o período de baixa nebulosidade entre os dias 52 e 56, quase todas as componentes do balanço de radiação apresentam um ciclo diurno bem definido, com um máximo diurno e mínimo noturno (Fig. 16c-16e). A exceção é a emissão atmosférica de onda longa da atmosfera (Fig. 16e).

Em particular, no dia 52, quando não foi observada a presença de nuvens na região do EACF, a emissão atmosférica de onda longa atingiu valores da ordem de 220 Wm^{-2} (Fig. 16e), extremamente pequenos em comparação aos observados no restante do período em questão, quando a evolução temporal da emissão atmosférica de onda longa apresenta oscilações devido à presença das nuvens.

As evoluções temporais da temperatura interna do datalogger e dos sensores de radiação estão relacionadas com as da temperatura do ar (Fig. 14f). Esta correspondência pode ser explorada para utilizar a serie temporal das temperaturas internas desses sensores, disponível desde fevereiro de 2011, para estimar a evolução temporal da temperatura do ar na EACF durante este período, usando, por exemplo, a técnica de redes neurais (Soares *et al*, 2004, Oliveira *et al*, 2006; Bárbaro *et al*. 2011).

Do ponto de vista do fornecimento de energia elétrica, tivemos durante esta campanha o evento do desligamento acidental da fonte de alimentação de energia e outro evento durante a nevasca (dia do ano 49) onde a voltagem da bateria oscilou consideravelmente (Fig. 15d). Este evento não afetou a coleta de dados do datalogger, contudo demonstra a necessidade de se ter uma fonte de alimentação com energia filtrada através de um no-break sequencial como foi solicitado no último relatório.

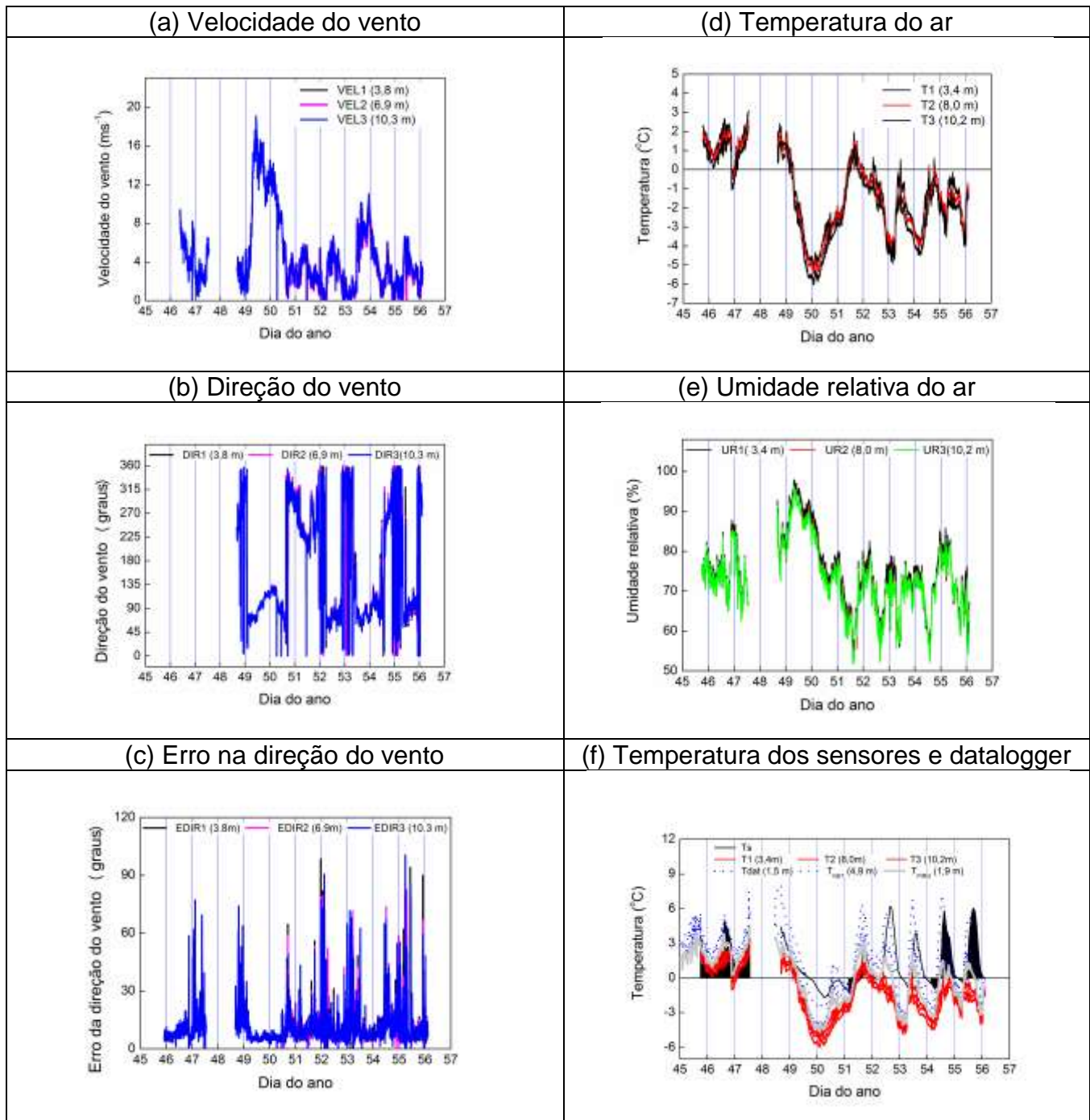


Figura 14. Evolução temporal (a) Velocidade (b) direção e (c) flutuação direção do vento; (d) Temperatura do ar; (e) Umidade relativa do ar; (f) temperatura interna dos sensores (T_{NET} = Temperatura do saldo radiometro, T_{PIRG} = temperatura do pirgeometro) e T_{dat} = temperatura do datalogger. Observação realizada durante a 2ª campanha de observacional do projeto ETA.

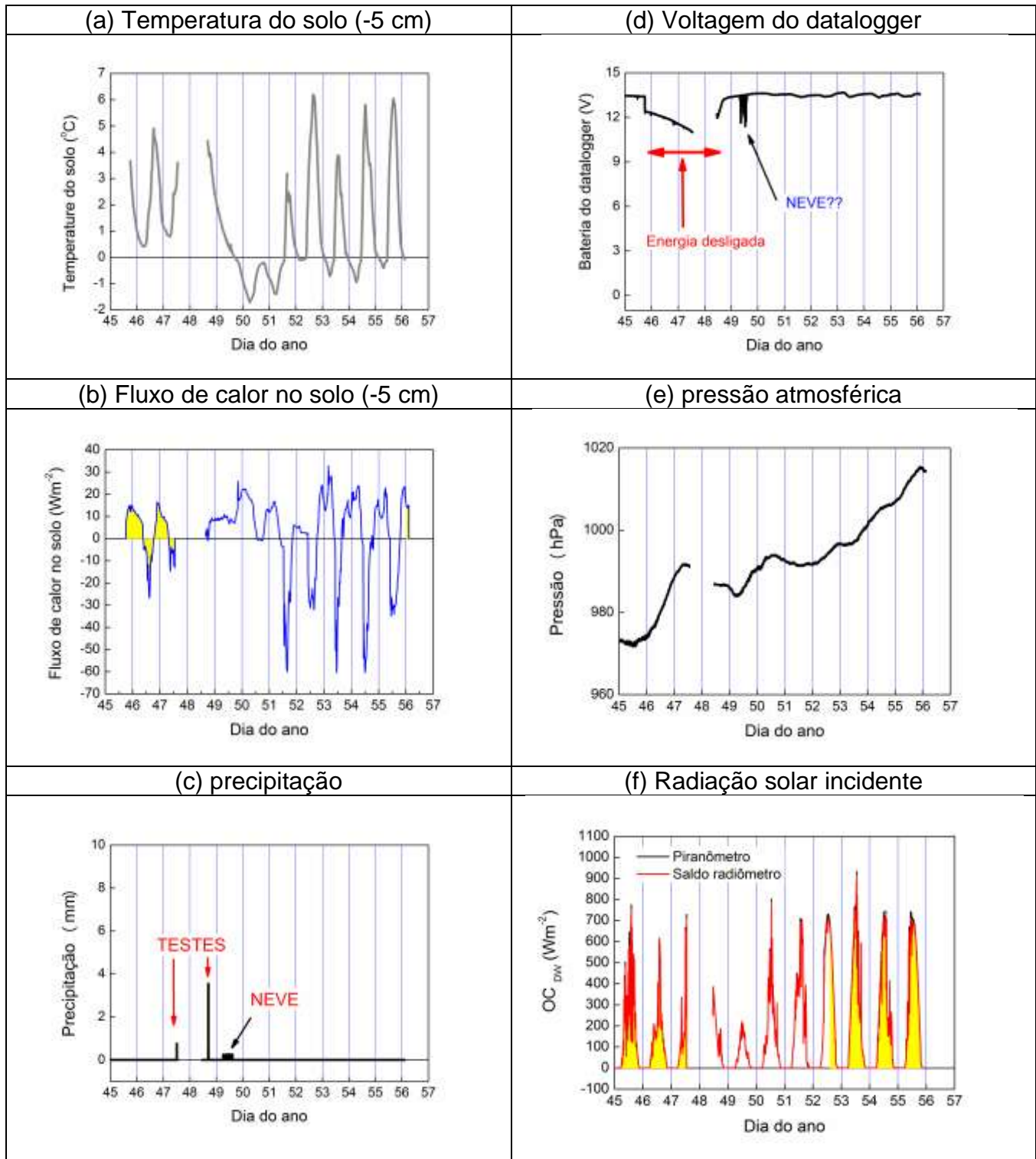


Figura 15. Evolução temporal (a) temperatura do solo (b) fluxo de calor no solo (c) precipitação; (d) voltagem do datalogger; (e) pressão atmosférica; (f) radiação solar incidente. Observação realizada durante a 2ª campanha de observacional do projeto ETA.

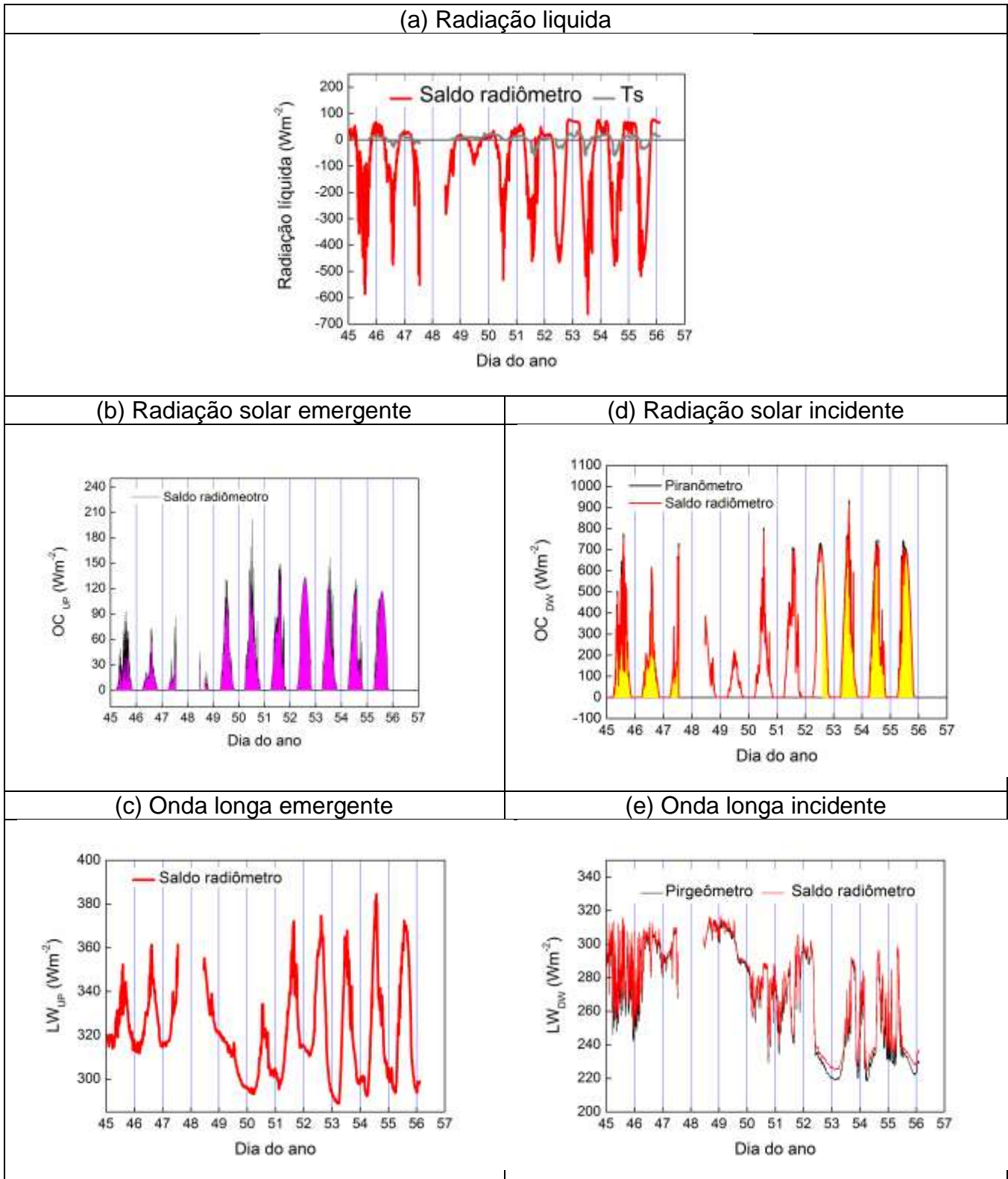


Figura 16. Evolução temporal das componentes do balanço de radiação na superfície durante a 2ª campanha de observacional do projeto ETA.

8. Conclusão

O objetivo principal da 2ª campanha de observação do projeto ETA foi alcançado com a instalação dos três anemômetros, três sensores de temperatura e umidade relativa do ar, pluviômetro e sensores de temperatura e fluxo de calor no solo.

Estes sensores passaram a coletar dados na Torre Sul de forma contínua até a data do incêndio (25.02.12) em um dos geradores de energia ocorrido na Estação Antártica Comandante Ferraz aproximadamente a 01h00min da manhã.

O sistema de captação de imagens também foi instalado com sucesso, passando a gerar imagens da torre Sul e EACF com frequência de horária.

Todos os equipamentos instalados na 1ª campanha observacional, em fevereiro de 2011, foram encontrados em excelente estado de conservação. Este fato confere uma qualidade excepcional ao conjunto de dados coletados neste primeiro ano de implantação do projeto ETA. Deve ser ressaltado que neste período foram coletados uma série temporal completa de altíssima qualidade com *um ano* de dados contínuos de valores médios de 5 minutos das componentes do balanço de radiação.

Próximos passos:

- Estimar fluxos turbulentos de calor sensível, latente e de momento através do método do perfil utilizando os perfis verticais médios de temperatura, umidade e vento coletados no período de 19 e 20 de fevereiro de 2012;
- Estimar o balanço de energia considerando, as componentes do balanço de radiação, fluxo de calor no solo e os fluxos turbulentos de calor sensível e latente estimados pelo método do perfil vertical;
- Avaliar a evolução sazonal da radiação líquida utilizando como referência observações coletadas durante o período de 1 ano de observação e analisar o impacto que a nebulosidade tem sobre a radiação líquida.

- Estimar, através da técnica de rede neural a evolução da temperatura do ar a partir da temperatura dos sensores coletadas durante 1 ano. Neste caso pretende-se utilizar a temperatura dos sensores como proxy para a temperatura do ar, usando o período em que a temperatura do ar foi coletada de forma simultânea as dos sensores.

9. Próximas etapas do projeto

A instalação dos equipamentos não foi devidamente finalizada, podendo ocorrer danos aos equipamentos devido ao clima rigoroso no período do inverno ou até a reconstrução da base. Um grande problema é que o sistema de aquisição de dados permanecerá desligado por um período grande de tempo. Uma tentativa de energizar o datalogger através de painéis solares fracassou porque a equipe que esteve na EACF em março de 2012 não teve tempo hábil para fazê-lo.

Deve ser ressaltado que o grupo que visitou a EACF depois do incêndio verificou que o pluviômetro foi danificado com a remoção da cúpula (Fig. 17). O pluviômetro, juntamente com as câmeras de monitoramento (subseção 5.6), foi removido e aguarda agora reparo (limpeza dos terminais oxidados) e compra de uma nova cúpula.



Figura 17. Foto do pluviômetro danificado após o incêndio de 2(sem a cúpula).

Conforme indicado na Tabela 1, está previsto nas próximas fases observacionais a instalação dos sensores de resposta rápida (anemômetro sônico e analisador de gases) para estimativa dos fluxos turbulentos de calor sensível, latente e de momento. Durante a 2ª campanha ficou definido que o anemômetro sônico e analisador de gases serão instalados no mastro localizado no topo da Torre Sul (Fig. 18).

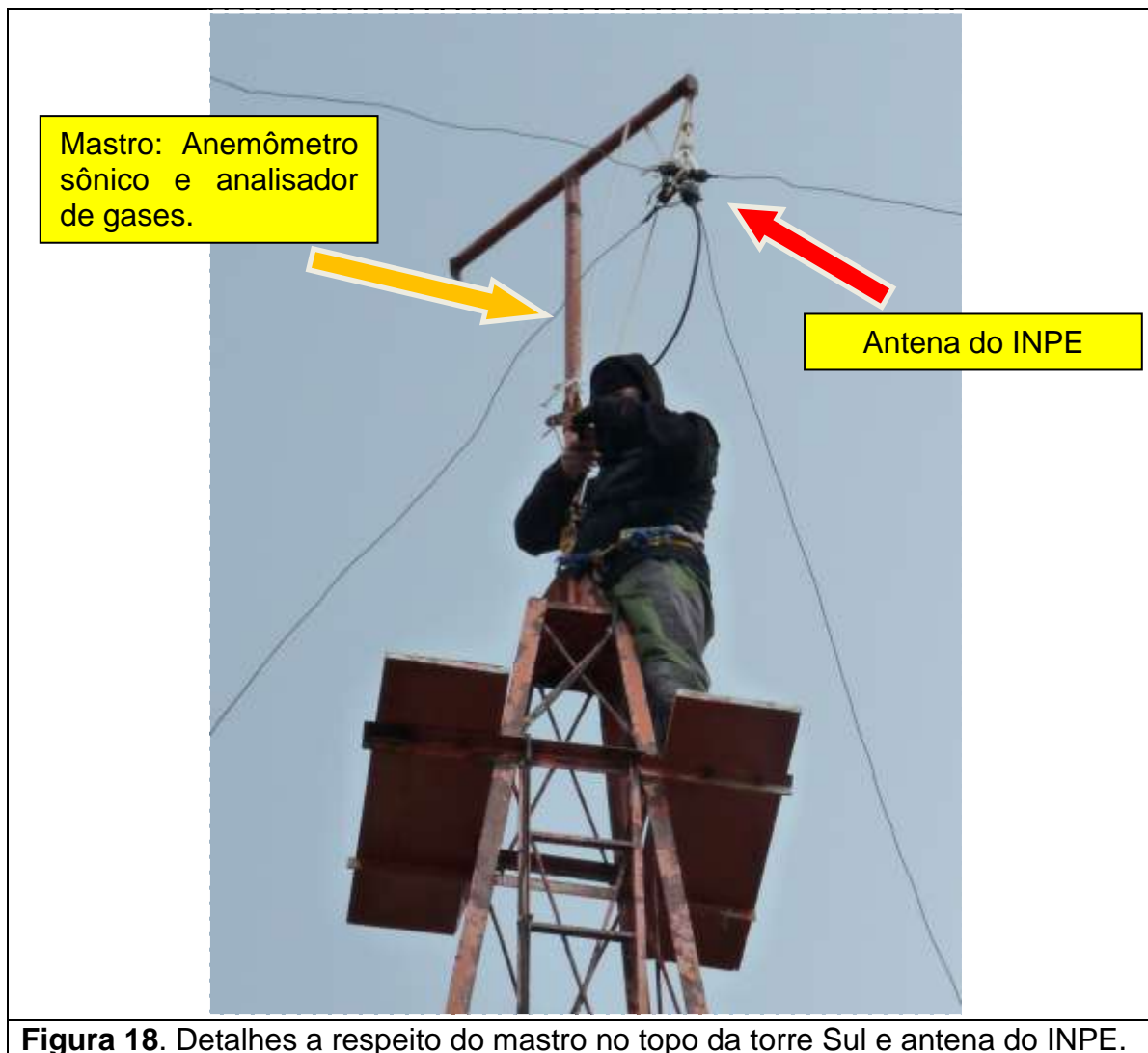


Figura 18. Detalhes a respeito do mastro no topo da torre Sul e antena do INPE.

Além da instalação dos sensores de resposta rápida deve ser feita também a remoção da antena do INPE na Torre Sul (Fig. 18). Esta antena não está sendo mais utilizada e a sua remoção irá facilitar a instalação dos sensores de resposta rápida e evitará efeito de bloqueio nas medidas de turbulência.

Conforme foi apontada no relatório anterior a Torre Sul apresenta vários pontos de ferrugem e algumas hastes de sustentação estão soltas. É importante fazer uma manutenção preventiva para que o processo de oxidação não comprometa a sua integridade.

10. Necessidades do projeto motivadas pelo incêndio do EACF

A seguir serão descritas as necessidades mínimas necessárias para dar continuidade ao Projeto ETA na EACF. O projeto previa a realização de, no mínimo, quatro campanhas observacionais. As atividades programadas e desenvolvidas até o momento estão indicadas na Tabela 1.

Tendo em vista que o projeto ETA também se propõe a subsidiar as questões pertinentes as mudanças climáticas, torna-se necessário a obtenção de séries temporais longas dos parâmetros meteorológicos e das componentes do balanço de energia na superfície.

Todos os instrumentos instalados atualmente na torre são sensores de *resposta lenta*. No planejamento original, os sensores de *resposta rápida* seriam instalados de novembro de 2012 a março de 2013. Essa fase vital do projeto, entretanto, ficou, por hora, inviabilizada.

Dando continuidade ao projeto, pretende-se realizar campanhas, de curta duração, utilizando sensores de resposta rápida. Optou-se por manter os equipamentos (sensores) instalados na torre na expectativa da recuperação da energia elétrica e da internet para darmos prosseguimento ao projeto original. Material MÍNIMO necessário para isso:

- a) Ferramentas em geral,
- b) Cabos de energia,
- c) Cabos de internet,
- d) 2 câmeras,
- e) 2 notebooks resistentes às condições da Antártica,

- f) Nobreak senoidal,
- g) 6 transformadores de voltagem de 110/220V para 12V,
- h) 2 Transformadores de voltagem de 110/220V para 19V,
- i) 2 modems (MD485) alimentados por energia elétrica (110/220V),
- j) 1 placa conversora de canal control para canal pulso (LLAC4 da Campbell),
- k) 1 Datalogger (CR5000 da Campbell) e a caixa de proteção às condições da Antártica,
- l) Kits para montagem,
- m) Documentação e taxa de importação,
- n) 06 painéis solares SolarWorld de 24V/175W, cada um
- o) 06 turbinas/geradores Eólicos Southwest Windpower
- p) 04 PowerPak Solarstik, 24V/100A cada um
- q) 12 ExpanderPak Solarstik, 24V/100A cada um
- r) 04 Pro Inverter 1500W
- s) Suportes de fixação e cabos + rack
- t) Sistema fixo Inmarsat – FBB com 200 MB por mês.

Os materiais acima estão orçados em um custo total de **U\$ 223 000,00**.

Considerando o contexto da nova estação o projeto ETA necessitará basicamente de uma infraestrutura composta de:

- **1 torre micrometeorológica**, com no mínimo 10 metros de altura, distante de qualquer obstrução. Devido às condições específicas da região, a Torre deve ter uma escada de acesso fixa. A Torre deve ser construída de modo a minimizar o bloqueio e a distorção do escoamento atmosférico. A torre usada atualmente (Torre Sul) atende as necessidades do projeto, mas requer manutenção urgente.
- **1 abrigo** (com sanitário), próximo a Torre, para condicionar o sistema de aquisição de dados, notebooks, etc com bancadas, armários e prateleiras. O atual módulo Meteoro atende as necessidades mas requer a instalação de um sanitário.

- **1 sistema independente de energia elétrica** dedicado exclusivamente ao projeto ETA. Caso isso não seja possível, o projeto pode ter continuidade utilizando energia elétrica da Estação desde que seja instalado 1 nobreak senoidal dedicado exclusivamente ao projeto ETA.
- **Internet rápida sem restrições de acesso.** É necessário para o projeto acessar o sistema de aquisição de dados de forma remota. Isso poderá ser feito de forma mais simples sem as restrições atuais existentes a internet da Estação as quais são incompatíveis ao ambiente científico.

Além dos itens acima, seria necessário a ampliação dos espaços de trabalho (que não laboratório molhado).

11. Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao Grupo Base 2012 pelo apoio dado durante a 2ª campanha. Ao alpinista Victor Carvalho pelo ajuda na instalação dos sensores na Torre Sul. Ao Arsenal da Marinha pela confecção da base do pluviômetro.

12. Referências

Bárbaro E., Oliveira A.P., Soares J., Codato G., Ferreira M.J., Mlakar P., Božnar M.Z., Escobedo F.J., 2010: Observational characterization of the downward atmospheric longwave radiation at the surface in the city of São Paulo. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **49**-12, 2574-2590.

Oliveira A.P., Soares J., Božnar M.Z., Mlakar P. and Escobedo J.F., 2006: An application of neural network technique to correct the dome temperature effects on pyrgeometer measurements. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **23**, 80-89.

Soares J., Oliveira A.P., Božnar M.Z., Mlakar P., Escobedo J.F. and Machado, A.J., 2004: Modeling Hourly Diffuse Solar-Radiation in the City of São Paulo using a Neural-Network Technique. *Applied Energy*, **79**, 201-214.