



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE METEOROLOGIA**

**UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS E DESENVOLVIMENTO
DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE BAIXO CUSTO PARA
SONDAGEM ATMOSFÉRICA**

THEO HACKBART

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Pelotas,
sob a orientação Dr. José Francisco
Dias da Fonseca, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Meteorologia, para
obtenção do título de Mestre em
Ciências (M.S.).

PELOTAS
Rio Grande do Sul - Brasil
Novembro de 2008

THEO HACKBART

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS E DESENVOLVIMENTO
DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE BAIXO CUSTO PARA
SONDAGEM ATMOSFÉRICA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Pelotas,
sob a orientação Dr. José Francisco
Dias da Fonseca, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Meteorologia, para
obtenção do título de Mestre em
Ciências (M.S.).

Prof.Dr. JOSÉ FRANCISCO DIAS DA FONSECA
(Orientador)

Prof.Dr. JONAS DA COSTA CARVALHO

Prof.Dr. GILBERTO BARBOSA DINIZ

Prof.Dr. GERVÁSIO ANNES DEGRAZIA
(Convidado externo)

Dedico este trabalho à minha família que me incentivou e com paciência e compreensão soube suportar a minha ausência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, aos meus protetores e aos espíritos de luz, por me darem forças, saúde e sabedoria para conduzir a minha vida.

Ao Professor-Orientador Dr. Francisco Dias da Fonseca, pela paciência e estímulo, o qual, com carinho e amizade, soube orientar e incentivar a realização deste projeto.

Ao professor Dr. Marcelo Sandin Dourado, pela oportunidade de realizar este trabalho.

Aos integrantes da banca, pela sua valorosa contribuição.

Aos colegas, professores e servidores do Mestrado de Meteorologia pelo apoio e incentivo.

À Direção, professores e servidores do Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas, que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao amigo, Ádamo Souza Araújo, pelo companheirismo e dedicação, por ter acreditado no projeto e ter-me ajudado a concluir, trabalhando incansavelmente, por muitos meses, na construção do *hardware* e do *software*.

Ao amigo, Júlio Renato Hering, pelo auxílio profissional recebido no desenvolvimento e na pilotagem dos VANTs e pelas palavras de apoio proferidas quando eu estava desmotivado, em decorrência de alguns entraves ocorridos durante o Mestrado.

À Gilsane Pinheiro, por me ajudar na interpretação das imagens de satélite e campos meteorológicos.

Ao Carlos Henrique Bunde, por me dar um “norte” quando precisei.

Aos meus amigos, que sempre estavam prontos - nas horas mais impróprias - para trabalhar e para colaborar, acreditando no sonho de realizar este projeto.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

HACKBART, THEO, M.S., Universidade Federal de Pelotas, Novembro de 2008, **Utilização de Veículos Aéreos não Tripulados e Desenvolvimento de um Sistema de Aquisição de Dados de Baixo Custo para Sondagem Atmosférica**, orientador: Prof. Dr. José Francisco Dias da Fonseca.

Este trabalho descreve a construção de um veículo aéreo não tripulado (VANT) com propulsão elétrica, instrumentalizado, para obter perfis verticais e horizontais de medidas de temperatura, pressão e localização por GPS, na camada superficial da atmosfera entre duas superfícies heterogêneas próximas ao solo. Utilizando eletrônica embarcada, desenvolveu-se e implementou-se uma pequena plataforma com aproximadamente 50 gramas para coleta e aquisição de dados meteorológicos. O circuito eletrônico é baseado no microcontrolador PIC com sensores de temperatura, pressão e GPS. Após a captação de dados na aerossondagem, foi realizada uma primeira análise. Usando esses dados, identificaram-se as estruturas da camada-limite superficial compatíveis com os conceitos gerais descritos na literatura, assim como detalhes da estrutura próximos às fronteiras de separação de regiões heterogêneas de coberturas de solo. Tendo em vista as inúmeras pesquisas que visam a alternativas diferenciadas para obtenção de tais dados, mostrou-se, através deste experimento, que pequenas aeronaves não-tripuladas podem ser de grande valia para pesquisas em agrometeorologia e meteorologia, pois se destacam por possibilitar a realização de sondagens atmosféricas em lugares de difícil acesso, tendo um baixo custo.

Palavras-Chave: instrumentos, veículos aéreos não tripulados, medidas na camada-limite.

ABSTRACT

HACKBART, THEO, M.S., Federal University of Pelotas November, 2008 **On the use of unmanned aerial vehicle and the development of a data acquisition system of low cost for atmospheric sounding**, Advisor: Prof. Dr. José Francisco Dias da Fonseca.

This work describes the construction of an unmanned aerial vehicle (UAV) with electrical propulsion and instrumentation in order to obtain the vertical and horizontal profiles by measuring temperature, pressure, and GPS location, in surface atmosphere layer between two heterogeneous surfaces near terrain. Using embedded electronic, one developed and built a small platform with approximately 50 grams in order to collect and acquire meteorological data. The electronic circuit is based on a PIC microcontroller with pressure and temperature sensors, and GPS. After capturing aerosondes data, the first analysis was done. By using these data, surface boundary layer structure compatible with general concepts in the literature were identified. It was also identified some details of closed structures to the frontier which separates the heterogeneous region of landcover. According to several researches aiming at studying different alternatives to obtaining the data, one demonstrated through this experimental that small UAVs can be very useful for agrometeorology and meteorology researches because they provide the atmospheric sounding to be performed in places where the access is difficult. Furthermore, they present a low cost.

Key-words: instruments, unmanned aerial vehicles, surface layer measurements.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A troposfera pode ser dividida em duas partes: uma Camada limite (sombreada) perto da superfície e a atmosfera livre acima da mesma.....	1
Figura 2 – Esquema de sensores diretos.....	3
Figura 3 – Esquema da cadeia de sensores remotos usados em meteorologia.....	4
Figura 4-Imagem computadorizada da Aerossonda Mark 2 – Holland, 2002.....	9
Figura 5: Evolução temporal da Camada Limite Planetária - Stull, 1988.	12
Figura 6 – Representação esquemática da CLC.....	13
Figura 7 – Perfil de velocidade do vento, direção do vento e temperatura potencial para a CLC - Stull, 1988.....	14
Figura 8 – Perfil de velocidade do vento, direção do vento e temperatura potencial para a CLE à noite.	15
Figura 9 - Representação esquemática da CLE.....	16
Figura 10 – Plataforma PIC.....	18
Figura 11 - Diagrama em blocos do <i>data logger</i> e seus periféricos.	19
Figura 12-Sensor de temperatura.	20
Figura 13-Sensor de Pressão.....	20
Figura 14- Conversor Analógico digital.	21
Figura 15-Sensor de Posicionamento Global (GPS)	22
Figura 16- Memória EEPROM AT24C512.....	23
Figura 17 - Interface Serial com o Computador Pessoal (PC).....	24
Figura 18 - Placa do <i>data logger</i> sem os periféricos.	26
Figura 19 - À esquerda - <i>Thermo Recorder</i> , fabricado pela <i>T&D Corporation</i> , modelo TR-73U.....	27
Figura 20 - À direita - <i>Humidity/Temp. Miter</i> , fabricado pela <i>Lutron</i> , modelo HT-3003	27

Figura 21 - Esquematização de um aeromodelo e seus eixos.....	29
Figura 22- Esquematização de um perfil Plano Convexo.....	30
Figura 23 - Localização dos ailerons em uma semi-asa.	31
Figura 24 – Motoplanador sobrevoando a soja na coleta experimental para validação dos instrumentos.....	32
Figura 25- Esquematização de uma asa com duplo diedro com dois painéis.	32
Figura 26 - <i>Bird of Time</i> em vôo durante a campanha.....	33
Figura 27 – Indicação da abertura para colocação da instrumentação.	33
Figura 28 - Mostra a área do campo com grama na forma trapezoidal na cor verde e a trajetória do VANT, desde a decolagem até o pouso na cor azul sendo o cruzamento do eixo horizontal e vertical o ponto de partida de todos os vôos.	35
Figura 29 – Imagem do campo via satélite (Google Earth).....	38
Figura 30 – mapa da cidade (Google Maps).....	38
Figura 31-Imagem de Satélite IMPE/ CPETEC / DAS NOA GOES 10 200804181100,8 horas local.	40
Figura 32 - Imagem de Satélite IMPE/ CPETEC /DAS NOA GOES 10 200804181400, 11 horas local.	40
Figura 33- Imagem de Satélite IMPE/ CPETEC/ DAS NOA GOES 10 200804182100,18 horas local.	41
Figura 34 - Linha de Corrente do dia 18/4/2008 no horário das 12 GMT.	41
Figura 35-Campo de Divergência do dia 18/4/2008 no horário das 12 GMT.....	42
Figura 36 - Campo de Pressão Reduzida ao Nível Médio do Mar do dia 18/4/2008 no horário das 00h GMT:	43
Figura 37-Campo de Advecção de Temperatura em 850 hPa do dia 18/4/2008 no horário das 12 GMT.	44
Figura 38-Representação gráfica da área de coleta de dados e a trajetória do VANT distinguidas por cores diferentes conforme a área sobre a qual se localiza o VANT durante o vôo das 8h do dia 18.04.2008.	46
Figura 39- Representação gráfica da área de coleta de dados e a trajetória do VANT distinguidas por cores diferentes conforme a área sobre a qual se localiza o VANT durante o vôo das 11h do dia 18.04.	47

Figura 40- Representação gráfica da área de coleta de dados e a trajetória do VANT distinguidas por cores diferentes conforme a área sobre a qual se localiza o VANT durante o vôo das 18h do dia 18.04.2008.	47
Figura 41-Radiossondagem das 12 UTT do aeroporto de Porto Alegre.	48
Figura 42-Representação gráfica da temperatura potencial pelo tempo distinguido por cores diferentes conforme a área sobre a qual em que se localiza o VANT durante a coleta das 8h do dia 18.04.	49
Figura 43 - Gráfico do perfil de temperatura potencial pela pressão distinguidas por cores diferentes conforme a área sobre a qual em que se localiza o VANT durante a coleta das 8h.	50
Figura 44-Gráfico da temperatura potencial pelo tempo de vôo do VANT sobrevoando as regiões de contraste às 11h.....	51
Figura 45-Gráfico do perfil de temperatura potencial pela pressão, separadas por regiões de proximidade do contraste as 11h.....	52
Figura 46-Gráfico da temperatura potencial pelo tempo de vôo do VANT sobrevoando as regiões de contraste às 18h.....	53
Figura 47-Gráfico do perfil vertical de temperatura potencial separados por regiões de proximidade de contraste das 18h.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificações dos aeromodelos	31
--	----

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	graus centigrados
gm ⁻¹	grama metro
kg	kilograma
mV	milivolts
hPa	hecto Pascal
g	grama
Pa	Pascal
kPa	kilo Pascal
V _{mpx}	tensão de saída do sensor de pressão
V	Volts
VDC	tensão contínua
Hz	Hertz
m	metro

LISTA DE ABREVIATURAS

AD- Analógico Digital

CLC – Camada Limite Convectiva

CLE – Camada Limite Estável

CLP – Camada Limite Planetária

CR- Camada Residual

EEPROM- Electrically-Eraseble Programmable Read-Only Memory, é um chip de armazenamento de dados não volátil.

GPS - Sensor de Posicionamento Global

I²C -Inter-Integrated Circuit

NMEA- Conjunto de especificações de dados elétricos para comunicação de dispositivos eletrônicos.

OTP- One Time Programmable, dispositivo dotado de serem somente uma única vez programado.

PC - Computador Pessoal

PIC- Controlador Integrado de Periféricos

RISC- Redeced Instruction Set Computer ou Computador com Conjunto Reduzido de Instruções.

RCom Serial- É um software para testar dispositivos que se comunicam através da porta serial.

TTL-Transistor-Transistor Logic

SPI – Serial Peripheral Interface, é um protocolo síncrono.

VANTS- Veículos Aéreos não Tripulados

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIII
SUMÁRIO.....	XIV
1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - <i>Estrutura da dissertação.....</i>	6
2 – REVISÃO DA LITERATURA.....	8
3 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1 – INTRODUÇÃO.....	17
3.2 – DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS (DATA LOGGER).....	17
3.2.1 – <i>Sensor de Temperatura.....</i>	20
3.2.2 – <i>Sensor de Pressão.....</i>	20
3.2.3 – <i>Conversor Analógico Digital.....</i>	21
3.2.4 – <i>Sensor de Posicionamento Global (GPS).....</i>	22
3.2.5 – <i>Memória.....</i>	23
3.2.6 – <i>Controlador.....</i>	23
3.2.7 – <i>Interface Serial com o Computador Pessoal (PC).....</i>	24
3.2.8 – <i>A construção do Data Logger.....</i>	24
3.3 – CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS VANTS.....	28
3.3.1 – <i>Alguns Conceitos Aerodinâmicos.....</i>	28
3.3.2 – <i>A Escolha do VANT.....</i>	30
3.4 – COLETA DE DADOS.....	34
4 – CAMPANHA DA COLETA DE DADOS.....	37
4.1 - <i>DESCRIÇÃO DA CAMPANHA.....</i>	37
4.2 – <i>ANÁLISE SINÓTICA DO DIA DA CAMPANHA.....</i>	39
5 – ANÁLISE DOS DADOS.....	45
6 - CONCLUSÕES.....	54
7 - SUGESTÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
APÊNDICE 1.....	60
APÊNDICE 2.....	66

APÊNDICE 3.....74

1 – INTRODUÇÃO

A troposfera se estende do solo até uma altitude média de 11 Km, mas somente os dois quilômetros mais baixos são afetados pela superfície da terra. Pode-se definir a camada limite planetária (CLP) como aquela parte da troposfera que é diretamente influenciada pela presença da superfície da terra, respondendo a forçantes superficiais, em uma escala de tempo de uma hora ou menos. Estas forçantes incluem atrito, evaporação, transpiração, transferência de calor, emissão de poluentes e modificação de fluxo induzido pelo terreno. O restante da troposfera, conforme mostra a (Fig.1), é chamado atmosfera livre. (Stull, 1988).

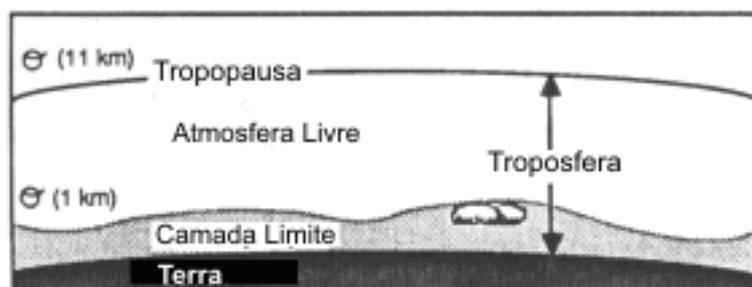


Figura 1 – A troposfera pode ser dividida em duas partes: uma Camada limite (sombreada) perto da superfície e a atmosfera livre acima da mesma.

A espessura da (CLP) é razoavelmente variável no tempo e no espaço, indo desde centenas de metros a alguns quilômetros. A superfície da terra é o limite inferior do domínio da atmosfera dentro da camada-limite. Os processos de transporte turbulento na superfície modificam os 100 metros mais baixos da atmosfera, criando o que é chamado de camada superficial (CS). A camada

superficial é a região inferior da camada limite na qual, em geral, os efeitos de rotação da terra ou força de Coriolis podem ser ignorados. As variações mais intensas das variáveis meteorológicas com a altura ocorrem dentro dessa camada, de forma que as trocas mais significativas de momento linear, calor e massa também ocorrem nessa camada.

A parte mais baixa da camada superficial na qual a influência de elementos de rugosidade pode ser sentida é chamada camada de rugosidade. Para superfícies continentais descobertas, ela é muito fina e freqüentemente ignorada. Para superfície coberta de relva e com outras coberturas de vegetação, a altura da camada de rugosidade é proporcional à altura média da vegetação. Nas áreas urbanas e suburbanas a camada de rugosidade pode depender da distribuição espacial e altura dos prédios da área particular. Sobre o centro de grandes cidades, a camada de rugosidade pode compreender uma porção significativa da camada limite urbana, principalmente à noite. (Arya . 2001).

A natureza da camada limite da atmosfera, conforme percebida pela maioria dos indivíduos é, portanto, baseada nas características peculiares encontradas em uma porção do ar, relativamente pequena, o que possibilita a percepção das variações do microclima - aquecimento, resfriamento, brisas locais, entre outras.

A compreensão fundamental da camada limite, todavia, provém de medições. A maioria das medições é realizada em campo, sendo que algumas são feitas em laboratórios.

As medidas na camada limite são verificadas com a utilização de sensores, registradores e conversores analógicos digitais, para tanto, são necessários equipamentos adicionais, como plataformas de instrumentos, meios de calibração e dispositivos de exibição.

Cada estação ou equipamento de coleta tem, normalmente, os mesmos instrumentos de medição, já aqueles que são automáticos dispõem de um sistema de aquisição de dados (*data logger*) – que é um equipamento que registra os dados

coletados em uma memória não volátil, tais como: umidade, temperatura, pressão, velocidade do vento, entre outros.

Os parâmetros meteorológicos em geral são medidos por instrumentos convencionais alocados na superfície, em torres meteorológicas ou em aviões instrumentalizados chamados de sensores diretos.

Sensores diretos são aqueles localizados em alguma plataforma de instrumentos para realizar medições do ar na posição da instalação dos sensores.

As vantagens dos sensores diretos são a sensibilidade, precisão e simplicidade. Para se fazer a coleta direta de dados na camada limite, utilizam-se equipamentos tais com os mostrados de forma esquematizada na (Fig.2): mastros (a), balão cativo (b), abrigo de instrumentos (c), estações de superfície (d), aeronaves (e), radiossonda com balão de volume constante (f), torres (g) e radiossondas convencionais (h).

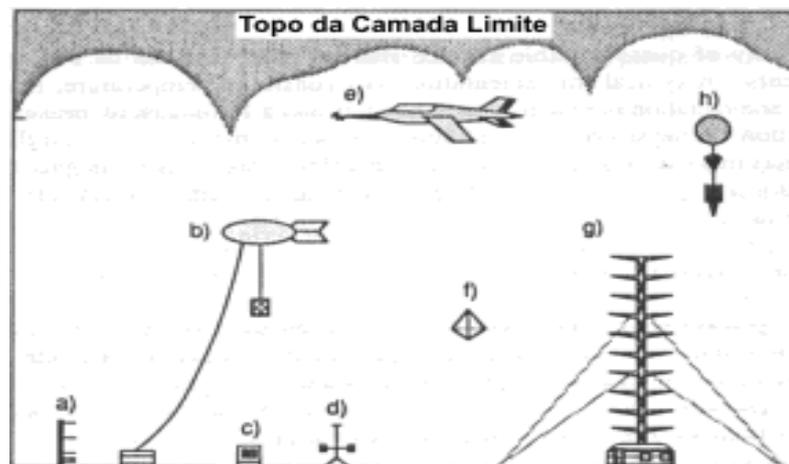


Figura 2 – Esquema de sensores diretos.

Porém, os sensores diretos apresentam desvantagens que incluem a modificação do fluxo pelo sensor ou sua plataforma, fato que gera um ponto potencialmente não representativo, bem como a exigência de localizar, fisicamente, o sensor na parte da camada limite onde a medição será feita.

Já os sensores remotos - radar *doppler*, *lidar*, *sodar*, satélites - têm a vantagem de cobrir um volume maior da atmosfera, por conseguinte, sua utilização, na caracterização da camada limite atmosférica, é crescente. O uso desses instrumentos já está bem estabelecido e seus dados podem ser empregados na determinação direta dos parâmetros atmosféricos, na comparação e calibração de outros instrumentos e na validação de modelos numéricos. Tais instrumentos podem ser vistos na (Fig. 3)

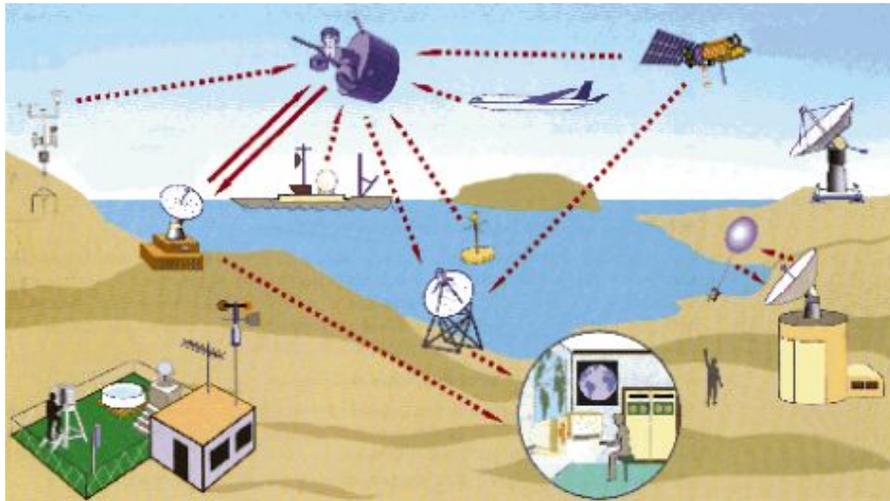


Figura 3 – Esquema da cadeia de sensores remotos usados em meteorologia.

As desvantagens dos sensores remotos incluem o seu tamanho - grandes antenas ou parábolas receptoras - custo, complexidade e incapacidade de medir certas características da camada limite.

Os sensores remotos medem ondas geradas ou modificadas pela atmosfera em localizações distantes do sensor. Os sensores remotos ativos geram suas próprias ondas - som, luz, microondas - e possuem somente componentes como transmissores e receptores. Os sensores remotos passivos possuem apenas componentes receptores e medem ondas geradas pela terra - infravermelho e microondas; pela atmosfera - infravermelho, ou pelo sol - visível.

O custo e a necessidade de trabalhar em lugares perigosos e com equipamentos, às vezes demasiadamente pesados, como cilindros de gás, dificultam a utilização da radiossondagem para coleta de dados em algumas regiões,

como oceanos e florestas. A necessidade de reduzir custos tem levado pesquisadores a buscar alternativas. Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) possibilitam a realização de sondagens atmosféricas a custo mais baixo, bem como em lugares de difícil acesso. Na atualidade, a pesquisa e o desenvolvimento de VANTs se enfoca no aspecto de execução autônoma de atividades que são atribuídas a esses sistemas. Para esse funcionamento autônomo, o sistema robótico deve perceber a sua própria situação e aquela do ambiente onde ele evolui, tomando decisões de maneira independente e movimentando-se para cumprir a tarefa que lhe foi atribuída, sem precisar da dependência constante de um operador humano, ou então agindo em cooperação com esse. Em termos de aeronaves, têm-se, principalmente, aviões, helicópteros e dirigíveis, existindo ainda propostas de aeronaves não convencionais.

Em meteorologia a utilização de VANTs para sondar a atmosfera tem um grande potencial, ainda inexplorado, por ser uma tecnologia relativamente nova. Este trabalho apresenta, como contribuição, uma alternativa diferente das usualmente utilizadas para coletar dados atmosféricos, tais como plataforma terrestre, torres, balões cativos, radiossondas, aviões tripulados, lidar, sodar e radar.

As coletas de dados relativos à temperatura, à umidade e à pressão são de suma importância para compreensão do estudo do tempo e do clima para os habitantes e, em especial, para a agricultura. Se um aeromodelo sofisticado VANT for capaz de decolar e pousar, transportando uma carga – plataforma eletro-eletrônica – com sensores de pressão barométrica, temperatura e localização por GPS, então poderá servir às atividades relacionadas à meteorologia e à agricultura de precisão. Pelo fato de o VANT possuir um menor custo de fabricação e manutenção do que as aeronaves convencionais, será possível, em alguns casos, dar suporte a essas atividades com uma qualidade compatível com a apresentada pelos satélites e aeronaves convencionais e, também, com uma relativa redução de gastos e de logística de pessoas envolvidas, proporcionando, com isso, a possibilidade de um aumento no número de coletas realizadas, tanto por pesquisadores como por empresas.

O objetivo principal do trabalho foi construir um instrumento capaz de medir, simultaneamente, pressão, temperatura e localização horizontal, embarcado em veículos aéreos não tripulados (VANTs) que tenha uma boa confiabilidade comparada aos instrumentos usados em equipamentos convencionais que medem as mesmas propriedades físicas na camada superficial da atmosfera.

1.1 - Estrutura da dissertação

O conteúdo desta dissertação encontra-se dividido em sete capítulos, conforme a descrição a seguir.

No **capítulo 1**, é apresentado o escopo do trabalho, objetivos, hipóteses, contribuições e a direção em que a pesquisa será realizada.

O **capítulo 2** apresenta a revisão da literatura dos assuntos necessários ao desenvolvimento do projeto, conceituando a utilização de VANTs como mais um equipamento instrumentalizado para sondagem da camada limite da atmosfera em meteorologia de baixo custo e fácil utilização.

No **capítulo 3**, há a descrição dos materiais e métodos utilizados para desenvolver e construir um sistema automático de aquisição de dados (data logger), com todos os seus componentes de sensoriamento e circuitos envolvidos, bem como, os testes e a construção de um VANT que se adaptasse ao transporte de tal equipamento, sem comprometer aerodinâmica e o controle do aeromodelo. Também foi abordada a coleta de dados.

No **capítulo 4**, descreve-se a área da coleta de dados e suas localizações geográficas, a forma de realização da campanha da coleta de dados e a análise sinótica do dia da campanha.

O **capítulo 5** é referente à análise dos dados coletados no dia 18.04.2008, relacionando- os com as imagens de satélite e gráficos da coleta.

O **Capítulo 6** descreve as conclusões deste trabalho.

O **Capítulo 7** descreve as sugestões deste trabalho.

No **apêndice** se encontram três das dez tabelas de dados coletados no dia da campanha. a das 8h, 11h e 18h do dia 18.04.2008.

2 – REVISÃO DA LITERATURA

Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)

Através da história, os VANTs - pequenas aeronaves de peso menor que 20kg, tendo a bordo equipamento de sondagem e de localização por GPS - têm sido utilizados, principalmente, em aplicações militares em locais de difícil acesso, cuja periculosidade oferece riscos à vida humana.

Trabalhos recentes têm possibilitado sua utilização em aplicações civis, particularmente, em ciência atmosférica para analisar locais perigosos e de risco, tais como, vulcões e ciclones, sondando temperatura, umidade, pressão e posição como as atuais radiossondas. As razões são a emergência de projetos, oferecendo melhor desempenho e autonomia para analisar sondagem com altura na ordem de 100hPa; a possibilidade de ser remotamente controlado, levando sensores meteorológicos a bordo para coletar dados com maior flexibilidade e menor custo, e, finalmente, a disponibilidade dos necessários meios de comunicação e navegação em qualquer lugar no planeta (Holland *et al.*, 1992) (fig.4).



Figura 4-Imagem computadorizada da Aerossonda Mark 2 – Holland, 2002

Como resultado destes desenvolvimentos várias aeronaves autônomas têm sido propostas para aplicações de sondagem atmosféricas. Entre elas, pode-se citar a PERSEUS, utilizada no projeto *Aurora Flight Sciences*, com possibilidade de operações até 25 km de altura (Langford, 1990).

A utilização de aeromodelos VANTs para monitorar frentes frias e suas características associadas foi demonstrada por Ryan *et al.*, (1988) através da análise de várias campanhas.

Uma discussão bem completa do projeto de um VANT e da instrumentação meteorológica nele instalada, bem como de problemas operacionais e de potencialidades de sua aplicação foi apresentada por Holland *et al.*, (1992). Nesse trabalho, os autores destacam também sua importância em fazer observações rotineiras em regiões remotas, no monitoramento de ciclones tropicais, na detecção de frentes frias ou de incêndios.

Com o objetivo de planificar e mostrar o potencial e o papel dos VANTs em aplicações sobre oceanos, McGeer e Holland, 1993, discutiram performance, economia e exemplificaram algumas das aplicações dos VANTs.

Kukharets e Tsvang (1998), concluíram que VANTs radiocontrolados, podem ser utilizados para fazer medidas de turbulência atmosférica, sobre construções,

relevos complexos como montanhas com sondagem de 5 a 500 m, ao compararem as flutuações de temperatura e componentes da velocidade horizontal do vento na camada superficial, controlados por uma torre de transmissão até uma distância de 2 km. Todos os dados foram comparados com os da torre fixa de 10 m de altura.

Holland *et al.* (2001), apresentam melhorias no desenvolvimento, incluindo instrumentação meteorológica e operacionalidade dos VANTs propostas por Holland *et al.* (1992). Os autores discutem várias campanhas de medidas, como a realizada entre 22 e 25 de fevereiro de 1999, que dava suporte para uma operação naval. Apresentam um cenário futuro de um sistema global, interligando e operando os diversos VANTs.

Durante o experimento ReSeDa foi utilizado um pequeno VANT para investigar os perfis de temperatura, umidade e posição dentro da camada superficial com alturas inferiores a 100 metros, para estudar a estrutura da atmosfera sobre superfícies heterogêneas como terra nua e grama Hobbs *et al.* (2002), concluíram que os resultados obtidos foram coerentes e mostraram que VANTs são capazes de observar a estrutura da camada superficial atmosférica - próxima a fronteiras das parcelas - quando há um forte contraste de propriedades de superfície.

Devido às baixas temperaturas, que ocasionaram a perda dos modelos por congelamento no sistema de alimentação, Curry *et al.*, (2004), discutiram as dificuldades de aplicação dos VANTs no Ártico. Os autores analisaram perfis verticais de temperatura, umidade relativa, precipitação e radiação, obtidos por vários VANTs na costa de Barrow, em maio de 2002. Os dados de perfis obtidos com os VANTs foram ótimos quando comparados com os obtidos durante o programa *Atmospheric Radiation Measurement* (ARM) com equipamento convencional.

Quando foram comparados os resultados preliminares obtidos por um VANT equipado com sensores Vaisala e uma radiossonda convencional após dezoito testes, Soddell *et al.* (2004), constataram que eram bons, mas erros devido à calibração e de atraso de tempo são similares àqueles observados entre as

radiossondas e as dropsondas. A média das diferenças de temperatura entre os VANTs e as radiossondas variou entre 0,01°C e 1,2°C.

Durante um experimento meteorológico em LAUNCH, Linderberg próximo a Berlin, Spieß e Bange (2006), apresentaram os conjuntos de dados meteorológicos obtidos por um VANT em outubro de 2005. Os dados dos VANTs são comparados aos medidos através do sodar e lidar. Medidas de umidade absoluta são $0,3 \text{ gm}^{-1}$ menores quando comparados aos dados do lidar. Isso resulta num erro de 2% para a umidade relativa.

No Brasil, as atividades relacionadas aos VANTs estão se desenvolvendo desde a década de 80, procuradas por diversos setores, tanto governamentais como privados. Segundo Neris (2001) os primeiros esforços na área de VANTs se deram quando o Centro Técnico Aeroespacial (CTA) desenvolveu o projeto Acauã. Nos últimos anos, em competições internacionais da SAE AeroDesign, foram premiados VANTs radiocontrolados construídos pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade de São Paulo em São Carlos (USP/SC), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet-MG). Atualmente, e num patamar tecnológico mais elevado, projetos visando ao desenvolvimento de VANTs autônomos são conduzidos pelos institutos de pesquisa CTA e Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA), pelas universidades USP/SC, Universidade de Brasília (UNB), UFMG, UFRN e pelas empresas Aeromot, Fitec e Prince Air Models.

Medeiros (2007), apresenta resultados satisfatórios da utilização dos VANTs como uma ferramenta para captura e tratamento das imagens aéreas, monitoramento e sensoriamento das atividades agrícolas.

Rosi (2008), apresenta o desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado – VANT e suas configurações como plataforma para pulverização agrícola, capacitado para transportar 100 kg de produto, efetuando manobras superiores à da

aviação agrícola convencional, e proporcionando uma pulverização de precisão em pequenas e médias propriedades agrícolas.

Camada Limite Planetária (CLP)

A evolução da CLP é controlada pelos transportes induzidos e pela diferença de temperatura entre a atmosfera e a superfície terrestre (produção térmica) e pelos ventos em baixos níveis (produção mecânica). Este fenômeno acontece devido ao aquecimento e resfriamento do solo ao longo do dia em 24 horas. O solo absorve cerca de 90% da radiação solar e, desta forma, a variação diurna da temperatura é bastante acentuada próxima ao solo e o mesmo não ocorre a grandes altitudes. As massas de ar quente que se elevam a partir da superfície são chamadas de termas, turbilhões ou vórtices.

Segundo Stull (1988), sobre a superfície terrestre, sob condições de alta pressão, a CLP tem uma estrutura temporal bem definida durante o dia. Normalmente, em um período de 24 horas, a CLP pode ser classificada como: Camada Limite Convectiva (CLC) ou Camada de Mistura (CM), Camada Residual (CR) e Camada Limite Estável (CLE). (Fig. 5)

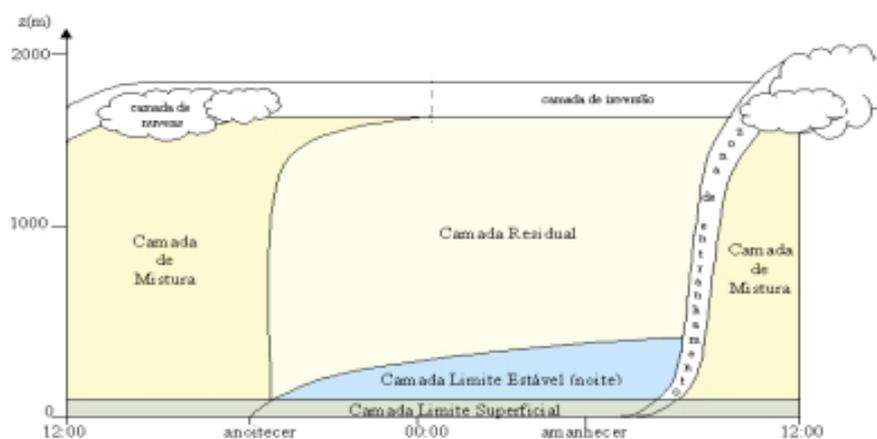


Figura 5: Evolução temporal da Camada Limite Planetária - Stull, 1988.

Camada Limite Convectiva (CLC)

Ao amanhecer, o fluxo de calor vertical que ocorre no sistema Terra-atmosfera é positivo. Isso aconteceu porque a radiação advinda do sol acaba por atingir a superfície da Terra, aquecendo-a, antes que o ar tenha sido aquecido. Assim a Terra, mais quente que a atmosfera, cede calor sensível por condução para o ar em contato com ela, gerando um fluxo vertical de calor sensível positivo. O ar aquecido torna-se mais leve que o ar logo acima e, por isso, tende a subir, enquanto o ar mais frio tende a descer e também se aquece devido ao contato com a superfície. Este movimento convectivo ocorre sucessivamente dando origem à Camada Limite Convectiva. A (Fig: 6) mostra uma representação esquemática da CLC, onde a estrutura da turbulência é composta de grandes vórtices turbulentos. Sendo assim, a turbulência existente nesta camada é, em maior parte, produzida por efeito térmico, podendo também ser gerada por células convectivas e pelo cisalhamento do vento.

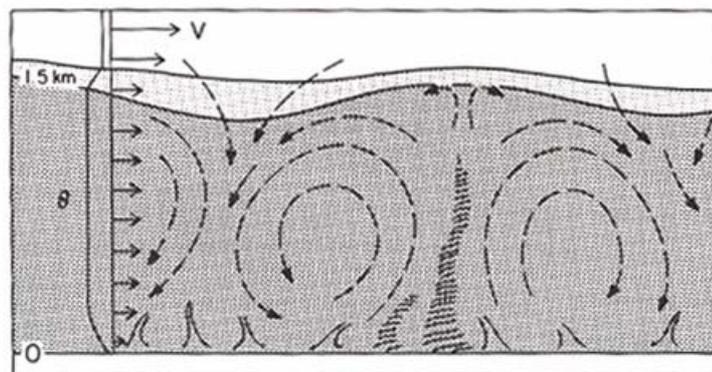


Figura 6 – Representação esquemática da CLC

Lovato 2007, No que diz respeito à turbulência existente na CLP ela é na sua maioria de origem térmica, embora o cisalhamento do vento, de origem mecânica, também contribua para sua geração. Somente em 10% ou menos da CLC há ocorrência de gradientes de velocidade do vento médio, direção do vento e temperatura. Nos 90% restantes, a intensa mistura convectiva tende a suavizar quase todas as variações verticais nesse perfil. (Fig. 7)

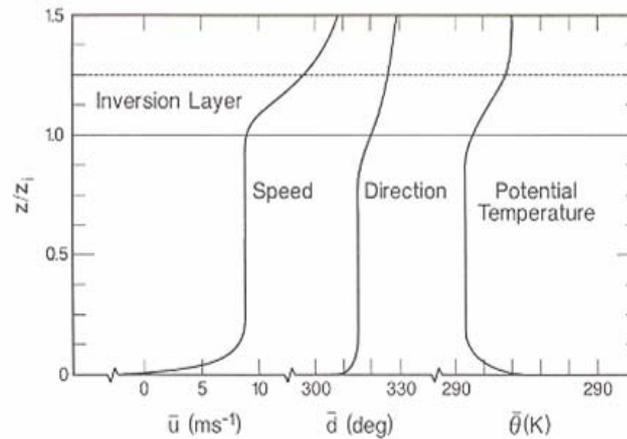


Figura 7 – Perfil de velocidade do vento, direção do vento e temperatura potencial para a CLC - Stull, 1988.

Camada Residual (CR)

Meneses 2005, Pouco antes do pôr-do-sol, a quantidade de radiação que atinge a superfície terrestre já não é mais suficiente para manter aquele processo convectivo intenso que gera turbulência. Então, ocorre decaimento desta turbulência convectiva que gera a Camada Limite Convectiva, resultando em uma camada de ar chamada de Camada Residual. Esta camada é assim denominada porque a turbulência nela existente é um resíduo daquela gerada convectivamente durante o dia. Na CR a turbulência é igualmente distribuída em todas as direções uma vez que ela se apresenta como camada neutramente estratificada. Sua base é modificada pelo avanço da Camada Limite Estável durante a noite, fazendo com que a Camada Residual não fique em contato direto com o solo. Isso prova que o restante da CR não é afetado pelo transporte turbulento das propriedades da superfície. Por esta razão, a Camada Residual é considerada, muitas vezes, uma exceção às regras no estudo da CLP.

Camada Limite Estável (CLE)

Durante a noite, surge a Camada Limite Estável, a qual é fortemente influenciada pela taxa de resfriamento radiativo e pela taxa de advecção da turbulência mecânica.

Mesmo antes do pôr-do-sol, o fluxo vertical de calor sensível torna-se negativo. Com isso, a turbulência começa a decair e passa a ser dominada por pequenos turbilhões, resultando em uma estrutura turbulenta estavelmente estratificada. O fluxo de calor sensível negativo indica que a atmosfera é que está cedendo calor para a Terra, o que demonstra que a superfície terrestre está mais fria do que o ar em contato com ela. Esse resfriamento da superfície terrestre ocorre porque a quantidade de radiação proveniente do Sol que atinge a superfície é inferior à quantidade de radiação que ela está emitindo. (Fig. 8)

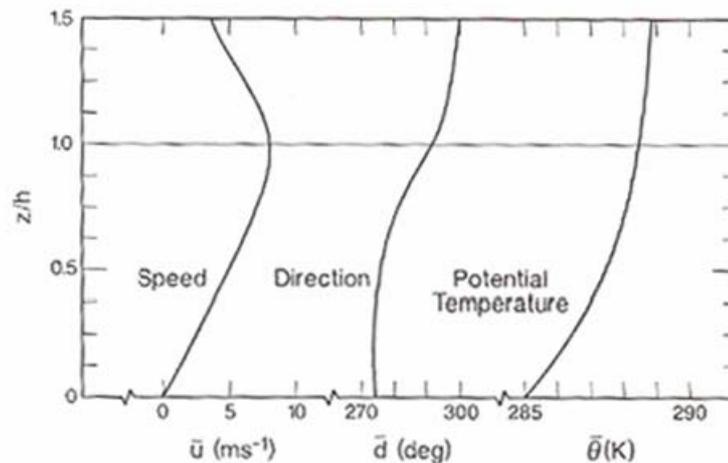


Figura 8 – Perfil de velocidade do vento, direção do vento e temperatura potencial para a CLE à noite.

O ar em contato com a superfície passa então a ceder calor por condução para ela, esfriando-se e, conseqüentemente, estabiliza-se. Assim a CLE passa a apresentar uma turbulência mais fraca e intermitente, dominada por pequenos turbilhões, e confere à mesma uma estrutura turbulenta estavelmente estratificada. (Fig.9)

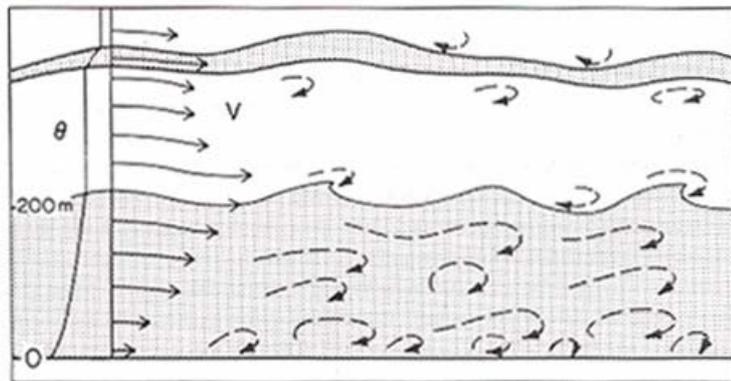


Figura 9 - Representação esquemática da CLE

De uma maneira bastante simplificada, pode-se caracterizar uma Camada Limite Estável como pouco ou muito estável, dependendo do comportamento do vento e do resfriamento radiativo. A existência de uma CLE muito mais estável é favorecida em noites de céu claro (quando o resfriamento radiativo é bastante intenso), em localidades baixas (para onde o ar se desloca) e localidades protegidas por obstáculos (o que favorece a diminuição do vento próximo à superfície). Ao contrário, a existência de uma CLE pouco estável ocorre em noites de céu nublado e em localidades altas e desprotegidas de obstáculos.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Introdução

Neste capítulo, descreve-se como foi desenvolvido e construído um sistema automático de aquisição de dados (data logger), bem como os testes e a construção de um aeromodelo que mais se adapte ao transporte de tal equipamento, sem comprometer sua aerodinâmica e seu controle.

3.2 – Desenvolvimento e Construção do Sistema de Aquisição de dados (*Data Logger*).

As atividades relacionadas com o desenvolvimento e com a construção do instrumental de medidas foram desenvolvidas no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento do Curso de Eletrônica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas (CEFET-RS).

O *data logger* é um circuito eletrônico constituído de *hardware* e *software*, cuja função consiste em um sistema de coleta e armazenamento cronológico de dados sem a interferência humana. Esse circuito permite salvar os dados junto aos sensores sem a necessidade de transmissão sem fio dos dados coletados. A partir da compreensão de sua importância, iniciou-se o planejamento do esboço do

protótipo desse circuito, juntamente com a pesquisa e o estudo dos componentes que seriam utilizados nesse *hardware*.

Inicialmente, foram relacionadas todas as funções que o circuito deveria realizar, assim como a ordem e a linguagem em que seria programado o *software*. Para se conseguir coletar os dados teriam que ser construídos circuitos que possibilitassem a interpretação de dados analógicos, convertendo-os em sinais digitais e, posteriormente, teriam que ser calibrados e salvos.

Iniciaram-se os primeiros experimentos em cima de uma placa microcontrolada, utilizando Controlador Integrado de Periféricos (PIC) , de uma família de microcontroladores fabricados pela *Microchip Technology*, que processa dados de 8 bits e de 16 bits, e mais recentemente de 32 bits, com extensa variedade de modelos e periféricos internos, e conjunto de instruções RISC (conjunto de 35 instruções ou de 76 instruções), com recursos de programação por memória flash, EEPROM e OTP. Os PICs podem ser programados em linguagem mnemônica (Assembly) ou através do uso de compiladores de alto nível (Pascal, C, Basic) que geram um código em formato hexadecimal, gravado na memória de programa desses microcontroladores (Fig.10).



Figura 10 – Plataforma PIC

Tendo em vista a facilidade de identificar as variações de aumento ou diminuição da temperatura no que se refere à zona de contraste entre duas regiões, optou-se pelo uso de dois dígitos decimais nas medições dessa grandeza. Assim,

houve a necessidade de encontrar um conversor AD de 12 bits, pois esse apresenta uma unidade de conversão a cada 1 mV, possibilitando tal transformação. O protótipo começou a funcionar registrando dados de pressão em hPa e temperatura com centésimos de graus Celsius. Após vários testes, essa plataforma foi abandonada por consumir muita energia e pesar quase 500g.

Após novas pesquisas, estudos e aquisição de outros componentes, partiu-se para o projeto do diagrama eletrônico do *data logger*. Circuito esse que teria de ser de baixo consumo elétrico, pouco peso e, ainda, deveria atender às exigências de armazenamento de dados dos periféricos nele instalados. Depois de alguns ensaios e análises, chegou-se ao circuito que apresentou o melhor desempenho e cujo diagrama em blocos pode ser visto na (Fig.11).

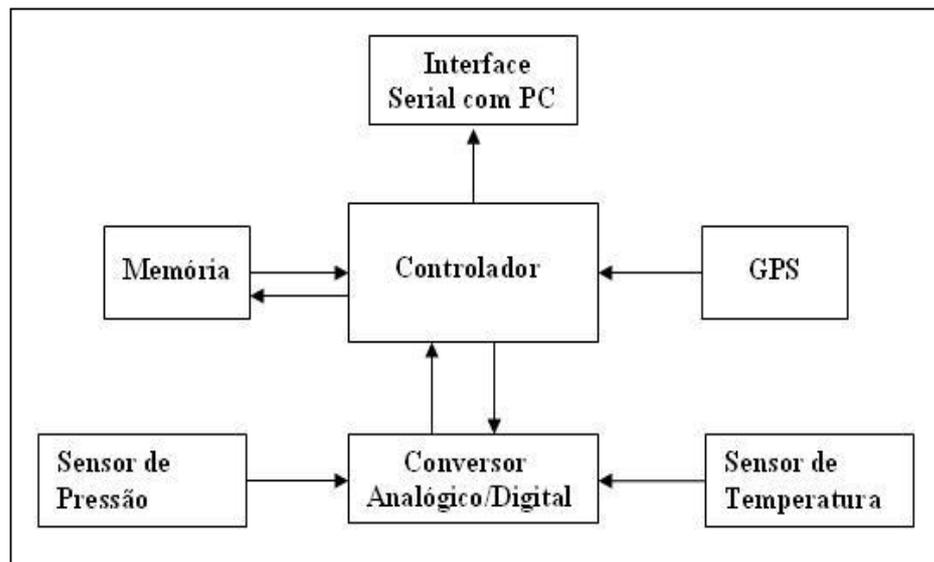


Figura 11 - Diagrama em blocos do *data logger* e seus periféricos.

3.2.1 – Sensor de Temperatura



Figura 12-Sensor de temperatura.

O sensor de temperatura é uma interface entre o ambiente e o circuito que converte as variações de temperatura em um sinal elétrico para que este possa ser quantificado pelo circuito (Fig.12).

O sensor de temperatura utilizado foi o LM35, por ter curva com boa linearidade entre temperatura e tensão. O sensor tem uma faixa de temperatura que vai de -40°C a 100°C , não tendo necessidade de calibração, pois a uma temperatura de 0°C ele libera uma tensão de zero mv e a 100°C libera 1000mv. Sendo assim, fornece uma tensão de 10mv a cada grau Celsius.

3.2.2 – Sensor de Pressão



Figura 13-Sensor de Pressão.

O sensor de pressão barométrica, assim como o sensor de temperatura, realiza essa interface entre o meio e o circuito e transforma as variações de pressão barométrica onde o sensor está inserido (Fig. 13).

O sensor utilizado foi MXP4115AP, fabricado pela Motorola, que apresenta uma boa linearidade, uma faixa que vai de 15Pa a 115kPa.

3.2.3 – Conversor Analógico Digital



Figura 14- Conversor Analógico digital.

O conversor analógico digital realiza a conversão dos sinais de tensão analógicos, oriundos dos sensores de temperatura e pressão barométrica, para sinais digitais, possibilitando a interpretação que é feita pelo controlador (Fig.14).

Foi utilizado o conversor analógico digital MCP3208, fabricado pela *Microchip*. Esse possui uma resolução de 12bits, assim sua contagem vai de 0 a 4096 unidades de conversão e, por isso, foi utilizada uma tensão de referência de 4,096 v. Tem-se assim uma unidade de conversão para cada 1mv, aplicado ao pino de entrada. Quando há a necessidade de realizar uma conversão, o controlador, através do protocolo de comunicação serial SPI, indica a entrada deste e os dados são enviados pelo conversor até o controlador.

3.2.4 – Sensor de Posicionamento Global (GPS)

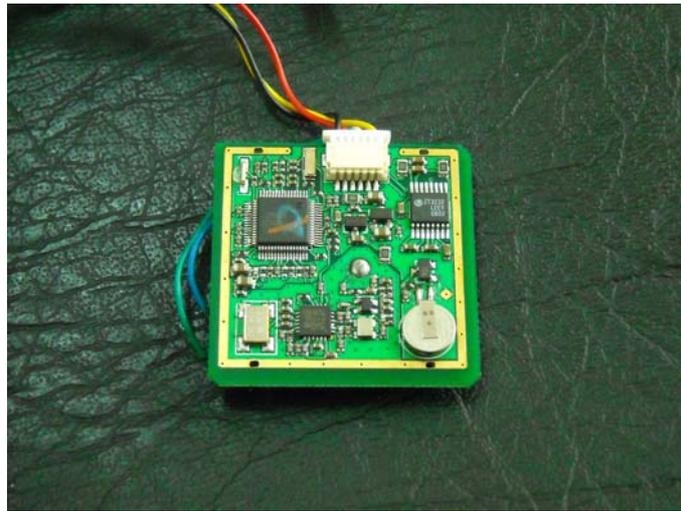


Figura 15-Sensor de Posicionamento Global (GPS)

O GPS é um aparelho de posicionamento global por satélite (Fig.15). Ele dá a localização de um ponto da superfície da terra através de coordenadas geodésicas de latitude, longitude e altura. O GPS utilizado foi o GT-320RW, pois ele apresenta um peso total de 14g, não necessitando de uma antena externa ativa. Esses dados estão no protocolo NMEA 0183 e são enviados pelo GPS através do protocolo serial EIA-232 para o controlador, atualizados a cada segundo.

3.2.5 – Memória

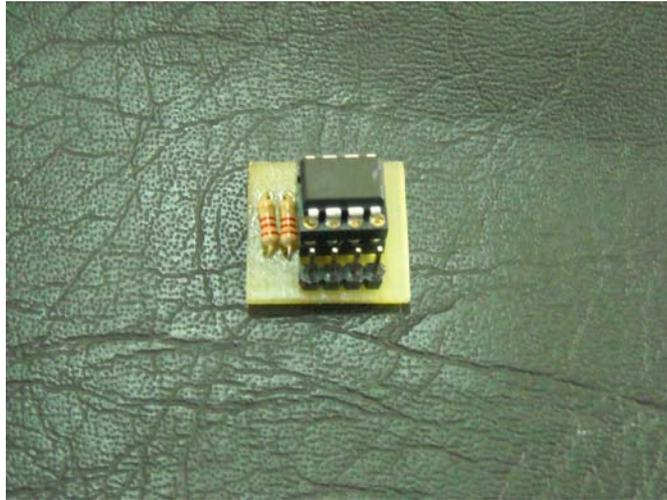


Figura 16- Memória EEPROM AT24C512.

A memória armazena as informações dos valores de temperatura, pressão e das coordenadas geodésicas. Foi utilizada a memória EEPROM AT24C512, pois tem uma capacidade de 512 kbytes para armazenar os dados durante os vôos. Esses dados são escritos e lidos na memória através do controlador, utilizando o protocolo de comunicação serial desenvolvido pela Philips que é usado para conectar periféricos de baixa velocidade a uma placa mãe ou a um sistema embarcado *Inter-Integrated Circuit (I²C)*. Essa memória é não volátil, assim não necessita de alimentação para manter os dados (Fig.16).

3.2.6 – Controlador

O controlador é encarregado de gerenciar todas as informações vindas de todos os periféricos do circuito. Foi utilizado o Controlador Integrado de Periféricos PIC 16F876A, microcontrolador fabricado pela *Microchip*, por apresentar uma capacidade de processamento compatível com todos os protocolos utilizados dos outros periféricos.

Ademais, foi feito um programa em linguagem *assembly*, que determina a ordem de gerenciamento dos periféricos, e todos os outros comandos necessários, a fim de que os dados fossem processados e armazenados em memória para posterior acesso.

3.2.7 – Interface Serial com o Computador Pessoal (PC)

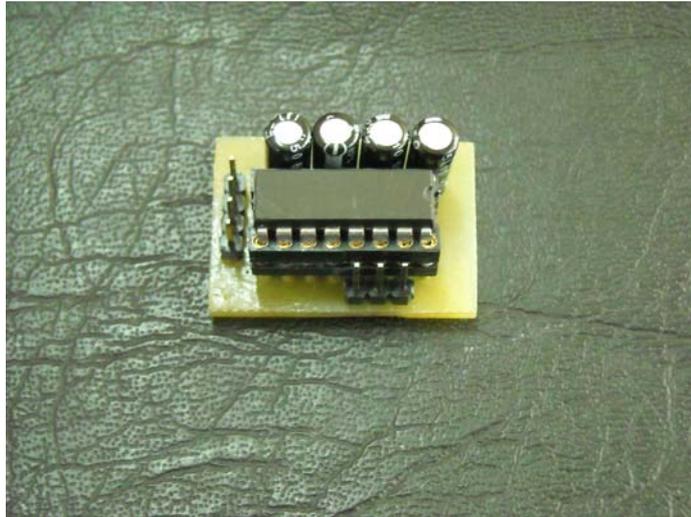


Figura 17 - Interface Serial com o Computador Pessoal (PC)

A interface serial é parte do circuito responsável por converter os sinais TTL – (*Transistor-Transistor Logic*), classe de circuitos digitais construídos de transistores bipolares e resistores vindos do controlador ou do PC já no protocolo serial EIA-232 em níveis compatíveis (Fig.17). Foi utilizado o circuito integrado MAX232, pois converte os sinais TTL 0 V e 5 V em sinais +15 V e -15 V, o 0 V é convertido em 15 V e o 5 V em -15 V e vice-versa, esses são os níveis-padrão de protocolo EIA-232.

3.2.8 – A construção do *Data Logger*.

Partiu-se para a montagem de um circuito próprio em cima de uma matriz de contatos. O Controlador Integrado de Periféricos escolhido foi o PIC16F876A, porque contém o protocolo de comunicação, EIA-232, SPI, I²C. O sensor de pressão

barométrico utilizado foi o MPX4115AP da Motorola, que é linear de 0°C até 80°C e fora desta faixa apresenta um erro de 1,5%, podendo ser utilizado de -40°C a +125°C, prestando-se muito para trabalhar em regime de 5 VDC de alimentação.

Quanto ao sensor de temperatura, optou-se pelo LM 35 que apresentou maior precisão e baixo nível de ruído. Este é um circuito integrado de fácil calibração, sendo a tensão de escoamento diretamente proporcional à temperatura, operando de -40°C até +100°C, e de baixo consumo. Todos estes sensores são analógicos e entregam um nível de tensão em sua saída. Para se conseguir converter esta tensão em um valor correspondente numa determinada unidade, é necessário ligar os sensores em um conversor analógico/digital que possa entregar dados de grandezas inteiras e fracionadas como no caso da temperatura, em que são utilizadas duas casas após a vírgula. Isso ocasionou certa dificuldade, uma vez que não estavam disponíveis no Brasil conversores AD de 12 bits, tendo sido encontrados a partir de um importador o MCP3208. Outra dificuldade, ainda, foi conseguir um circuito integrado analógico MCP1541 de tensão de referência de 4,093 volts, necessária para o correto funcionamento do conversor AD.

Inicialmente, o *hardware* funcionou, mas com muita instabilidade nas medições e ruídos involuntários, na pressão e na temperatura, o que levou a abandonar a matriz de contato e partir para a construção da primeira placa em circuito impresso, o que resultou em uma melhora significativa.

Novos problemas surgiram, pois por mais que se tentasse alterar o *hardware* não se conseguia ter casas centesimais na temperatura. O problema foi resolvido ao perceber-se que a solução se encontrava no *software* e não no *hardware*.

Durante a montagem do *data logger*, pretendia-se utilizar um GPS da Garmin, modelo *Etrex Legend*, o que não foi possível, por não se poder retirar dados do mesmo, já que o protocolo indicado pelo fabricante não funcionou. Seguiu-se para outro tipo, modelo ET 102, que funcionou por um determinado tempo e novamente deixou de entregar dados, ocasionando a aquisição de um terceiro GPS modelo GT-320RW, cujo funcionamento foi adequado.

Fazia-se necessário salvar os dados em uma memória não volátil para, posteriormente, retirá-los através de um cabo USB e inseri-los em um *notebook*, a fim de que fossem convertidos e aplicados em gráficos, possibilitando, dessa forma, a realização de várias coletas no mesmo local durante o trabalho de campo. No entanto, quando se transportavam os dados, convertendo para o Excel, este alterava os caracteres, devido à utilização de um programa chamado Hiper-terminal. O problema apresentado foi solucionado, quando se utilizou o Software livre *RComSerial*, capacitado para enviar e receber dados através do protocolo EIA 232.

Atualmente, dispõe-se de um *data logger*, desenvolvido durante o presente trabalho, pequeno e compacto, pesando em torno de 50 gramas, de baixo consumo, que grava em memória não-volátil, com 512 kbites, os parâmetros simultâneos de pressão, em hPa, temperatura, na ordem de centésimos de graus e coordenadas de longitude e latitude, na razão de 1 Hz e que permite salvar os dados em campo, usando um cabo USB, ou retirando sua memória fisicamente para salvá-los posteriormente.

O *data logger* construído poderá ser utilizado para diversas aplicações, bastando para isso mudar os sensores e o software (Fig.18).

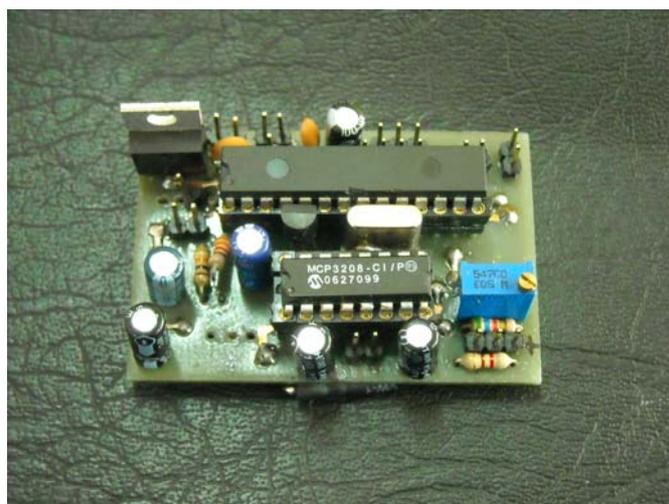


Figura 18 - Placa do *data logger* sem os periféricos.

Quanto à calibração, foi possível fazê-la por comparação de dois instrumentos de medição eletrônicos que é o *Thermo Recorder*, fabricado pela *T&D Corporation*, modelo TR-73U - equipamento de uso industrial de aferição de temperatura, umidade e pressão barométrica para uso em laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, com excelente resolução - e o *Humidity/Temp. Miter*, fabricado pela *Lutron*, modelo HT-3003. O TR-73U - termo higrômetro portátil (Fig. 19 e 20).



Figura 19 - À esquerda - *Thermo Recorder*, fabricado pela *T&D Corporation*, modelo TR-73U



Figura 20 - À direita - *Humidity/Temp. Miter*, fabricado pela *Lutron*, modelo HT-3003

A metodologia utilizada para aferição foi por comparação, ligavam-se os instrumentos dentro de uma sala fechada e, após os mesmos se estabilizarem, calibrava-se o termômetro em desenvolvimento. Assim foi obtida a temperatura ambiente. Este procedimento foi efetuado inúmeras vezes. Para se aferir o zero, foi utilizando gelo fundente, com os sensores dentro de um recipiente e, novamente por repetição, eram colocados e retirados até ser obtida a calibração total.

3.3 – Construção e Utilização dos VANTs.

Nesta seção, discutem-se os testes e a construção do VANT mais de acordo com o transporte do equipamento descrito nas seções anteriores.

3.3.1 – Alguns Conceitos Aerodinâmicos

Alguns conceitos aerodinâmicos são necessários para a compreensão deste estudo, dentre eles, que um aeromodelo realiza seus movimentos em torno de três eixos, voando livremente, subindo, descendo, girando de um lado para outro e mudando de direção para a esquerda ou para a direita, combinando e variando a intensidade destes três movimentos para realizar um número infinito de manobras.

O primeiro é o eixo vertical, em torno do qual o modelo gira para mudar a direção do vôo (Fig.21), eixo C. Para estabilizar o aparelho, em torno de seu eixo direcional, é empregada uma superfície na cauda também vertical, conhecida como deriva. Instalando-se um leme móvel nessa deriva, será possível comandar a guinada do modelo, ou seja, pode-se mudar de direção de vôo no plano horizontal para a direita ou para a esquerda.

O segundo eixo é o lateral que atravessa o modelo na direção de uma ponta da asa à outra, passando através do centro de gravidade, (Fig.21), eixo A. O avião sobe ou desce em torno deste eixo chamado de eixo lateral. A superfície responsável pela sua estabilização é o estabilizador, horizontalmente instalado na cauda.

O terceiro eixo atravessa o modelo do nariz à cauda, também passando pelo centro de gravidade e é conhecido como eixo longitudinal, (Fig.21), eixo B.

Os movimentos básicos de uma aeronave são três: guinada, arfada e rolagem que são efetuados respectivamente em torno dos eixos descritos anteriormente: vertical, lateral e longitudinal.

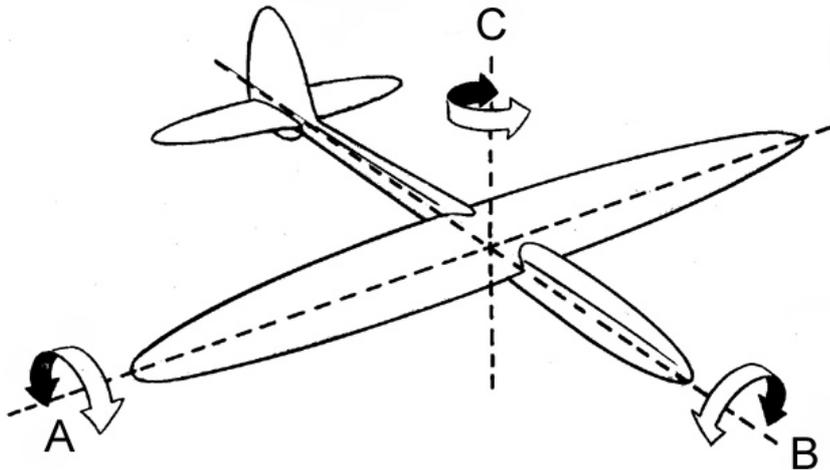


Figura 21 - Esquemática de um aeromodelo e seus eixos

O diedro – ângulo formado entre os painéis da asa esquerda e direita do avião, quando visto de frente – tem como função estabilizar o aeromodelo, de forma que o piloto tenha que se preocupar menos para mantê-lo em vôo nivelado. Quando a trajetória do aeromodelo for perturbada - por uma rajada de vento lateral, por exemplo – o diedro faz com que a superfície alar - área da asa - projetada da semi-asa que abaixa fique maior do que a semi-asa que se eleva. Em consequência, a semi-asa mais baixa passa a gerar mais sustentação que a outra, provocando uma rolagem no sentido inverso da inclinação. Quando a semi-asa estiver, novamente, nivelada, suas sustentações voltam a ser iguais e o modelo volta à sua atitude nivelada. O diedro também auxilia a guinada, inclinando as asas para que o avião não “derrape” ao realizar uma curva. O centro de gravidade também produz um profundo efeito sobre a estabilidade do vôo.

3.3.2 – A Escolha do VANT

Vários tipos de modelos, com características distintas em relação à envergadura, perfil de asa, diedro, capacidade de carga e motorização, foram construídos ou adquiridos num total de doze. Após vários testes, constatou-se que os aeromodelos, de propulsão à explosão disponível, apresentavam instabilidade na carburação, em decorrência das variações meteorológicas do tempo, como temperatura e umidade, ocasionando muitos acidentes - quebra dos VANTS - tanto nas decolagens como nos pousos, devido à inadequação de peso e velocidade diante de tais variações.

Assim, o objetivo, a partir de um determinado momento, passou a ser de realizar pesquisas e estudos sobre o modelo que se adaptaria melhor para a sondagem em qualquer altitude, isto é, ter-se-ia que montar modelos suscetíveis a uma recuperação fácil na aceleração, sem causar perda de controle, não pondo, assim, em risco, o VANT e o *data logger*. Para tanto, deveria ser de grande envergadura; de propulsão elétrica; de menor peso do que com motor a explosão, e sem trem de pouso, possibilitando o seu lançamento da mão, o que contribuiria para diminuição do arrasto, assim como permitiria pousos em qualquer terreno. Tais características somadas proporcionariam a realização de vôos planados – em baixa velocidade – permitindo uma coleta mais uniforme.

Dentre os modelos analisados, buscaram-se dois aeromodelos que tivessem uma grande envergadura, com perfil de asa plano convexo, (Fig.22), para maior estabilidade horizontal, permitindo vôos a baixas velocidades.

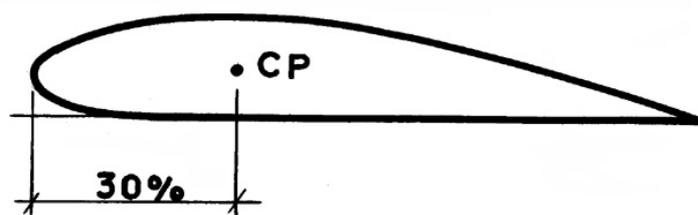


Figura 22- Esquemática de um perfil Plano Convexo.

Além disso, possuíam excelente controle e boa visibilidade e podiam ser motorizado com motores elétricos e de pouco peso, conforme especificações técnicas da motorização: Vistos na Tabela 1.

Modelo	Moto planador	Bird of Time
Envergadura	2,0 m	3,0 m
Asa	Perfil plano convexo	Perfil plano convexo
Corda	20 cm	30 cm
Motor Elétrico Brushless	AXI	MT-W35-C2
Bateria LI-PO	11,1 V, 2200 mA	11,1 V, 2100 mA
Hélice	11 x 7 Folding	10 x 6
Peso com equipamento	2,5 Kg	1.950 Kg

Tabela 1: Especificações técnicas da motorização dos aeromodelos

O motoplanador elétrico era de 2.00 m de envergadura, com asa de pouco diedro, portando *aileron*s (Fig. 23), para melhor controle de curvas a baixa altura.



Figura 23 - Localização dos ailerons em uma semi-asa.

Durante o teste, o aeromodelo mostrou-se extremamente crítico em vôo, pois, naquele momento, foi colocado o motor no “nariz” do modelo e a cada pouso quebrava a hélice; inclusive nos últimos vôos empenou o eixo do motor danificando-o. (Fig. 24).



Figura 24 – Motoplanador sobrevoando a soja na coleta experimental para validação dos instrumentos

O outro, *Bird of Time*, é um planador motorizado, construído em madeira balsa e forrado com película sintética, com duplo diedro (Fig.25) – um tipo específico de diedro que possui mais de um ângulo central na asa, proporcionando algumas vantagens aerodinâmicas, se usado como planador, ao voar em curvas suaves em bolha termais com 3,0 m de envergadura, aproximadamente 1,600 kg - sem equipamento - apropriado para vôos de maior duração e altura de até 400m.

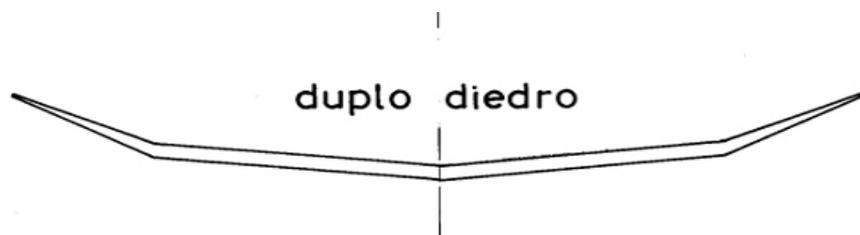


Figura 25- Esquematização de uma asa com duplo diedro com dois painéis.

Para se poder voar dessa forma, com mais segurança, mudou-se o lugar da colocação do motor, criou-se um suporte diferente que ficou preso na fuselagem, acima das asas, liberando totalmente a “barriga” e o “nariz” do modelo para pousos, sem comprometer o motor. Durante o primeiro teste, mostrou-se extremamente

controlável, apresentando as características necessárias para o que se propunha (Fig.26).



Figura 26 - *Bird of Time* em vôo durante a campanha

Vale registrar como foi decidida a localização dos instrumentos adaptados neste VANT. Fez-se uma análise dos últimos vinte anos de experiência em aeromodelismo, no que se refere aos aeromodelos acidentados, no intuito de identificar qual a parte do modelo que ficava menos comprometida com a queda. Em função dessa observação, ficou claro que o lugar menos danificado, após um acidente, era o trecho da fuselagem que se localiza logo após a fixação das asas.



Figura 27 – Indicação da abertura para colocação da instrumentação.

Com essa informação, criou-se um espaço na fuselagem para colocar o *data logger*, indicado pela seta (Fig.27) a fim de que os dados não fossem perdidos, tampouco os equipamentos, quando houvesse queda do modelo por uma falha involuntária qualquer.

Em função da colocação do *data logger* e da mudança do suporte do motor no VANT, houve a necessidade de acertar o centro de gravidade, para que o vôo não fosse prejudicado. A solução, para tanto, foi deslocar as baterias do motor e do *data logger* para a parte frontal do modelo, ou seja, no “nariz”, compensando, assim, a colocação do circuito após a asa.

3.4 – Coleta de dados

Durante o transcurso deste trabalho, buscou-se coletar, diretamente, dados de temperatura, pressão e localização com um VANT; determinar, através do VANT, a posição geográfica e altimétrica da área pesquisada; gravar, cronologicamente, em tempo real, dados meteorológicos para posteriores estudos; aplicar essa ferramenta alternativa como uma proposta na meteorologia e, finalmente, desenvolver um VANT para investigar a variabilidade térmica da camada superficial sobre diferentes tipos de superfície, tais como, grama contrastada com lavoura de soja madura antes do corte.

Para êxito no projeto, foi fundamental o controle total do aeromodelo, como estabilidade horizontal e vertical, tanto no intuito de evitar possíveis interferências por perda de controle em função das condições do tempo como ventos de través e ascendentes.

A metodologia escolhida foi a coleta direta de variáveis meteorológicas com sensores instalados dentro de um VANT rádiocontrolado (RC) por um piloto no solo. O equipamento de controle (RC) utilizado tem um alcance de mais de 1500 m de comunicação, sem interferência entre piloto e o VANTs.

Os vôos escolhidos para realizar tal coleta foram os curvos fechados, sobre dois tipos de vegetação: grama cortada e soja madura.

As trajetórias dos vôos e a área de cobertura são apresentadas na (Fig.28). Os vôos foram feitos em forma de curvas fechadas, tentando sempre atravessar a fronteira entre as duas superfícies durante cada volta, fazendo-se a ascensão até atingir a maior altura possível, retornando da mesma maneira, lentamente, até atingir o solo. Os dados foram coletados com GPS em coordenadas geodésicas e transformados, através de cálculos, em coordenadas topográficas, permitindo a visualização gráfica do deslocamento, conforme segue:

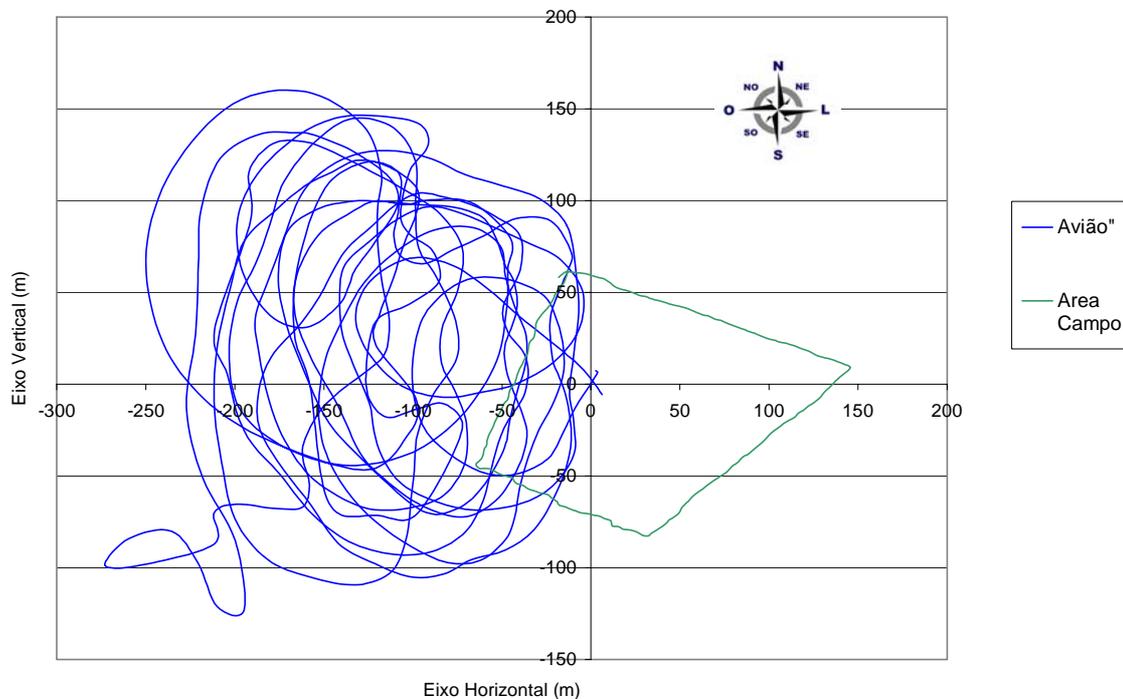


Figura 28 - Mostra a área do campo com grama na forma trapezoidal na cor verde e a trajetória do VANT, desde a decolagem até o pouso na cor azul sendo o cruzamento do eixo horizontal e vertical o ponto de partida de todos os vôos.

Dois coletas de dados foram realizadas, uma como teste para comprovar o comportamento do modelo e as características de uso do *data logger* em campo e a outra, a coleta propriamente dita.

Durante a primeira coleta, foram testados os dois aeromodelos, o primeiro a ser usado foi o moto planador elétrico, descartado, posteriormente, devido aos problemas relatados na seção 3.4.2 e, também, porque o enfoque do trabalho foi direcionado para as coletas com maiores altitudes, porém, no que se refere aos dados, o teste foi bem sucedido, já que, quando pousou, dados foram retirados, com sucesso, da memória do *data logger* e transferidos para o *notebook*, através de porta serial do circuito, com a utilização do cabo USB e o software RComSerial. O primeiro voo de coleta foi a baixa altura – até 50 m – com trajetória retangular, sobre uma lavoura de soja que havia em volta do campo, ora sobrevoando a soja, ora sobrevoando a grama e, assim, sucessivamente, em diversos níveis de altura.

Logo após, desinstalou-se o *data logger* do primeiro modelo, colocando-o no segundo, no chamado *Bird of Time*, para se tentar outro tipo de coleta, voando em círculos e subindo lentamente até a maior altura possível, retornando da mesma forma até o pouso.

Necessitou-se transformar tensão contínua (DC) da bateria do carro em alternada (AC) para alimentar o *notebook* através de um inversor, pois acabou a energia da bateria, o que impossibilitou a realização de mais alguns testes nesse dia. Todavia, a primeira tentativa foi de grande valia para a constatação de alguns ajustes necessários a serem realizados em relação à medida de temperatura, porque o sensor dessa grandeza apresentou uma alteração para mais, quando a temperatura ultrapassou 30°C, devido à calibração ter sido feita somente dentro do laboratório. Não foi constatado qualquer outro tipo de interferência, nem de radiofrequência e nem de ruído provocado pelo controle do motor.

4 – CAMPANHA DA COLETA DE DADOS

Neste capítulo descreve-se a área da coleta de dados e suas localizações geográficas, a forma de realização da campanha as condições do dia em que esta ocorreu.

4.1 - Descrição da campanha

Optou-se por fazer uma campanha de medidas, isto é, coletar dados através do VANT na área mostrada na fig. 28, sobrevoando, em forma de curvas fechadas, conforme descrito na seção 3.4, a fronteira entre a área cultivada de soja e a de grama, até a maior altura possível, sem comprometer o controle sobre o VANT, de hora em hora, do amanhecer até ao entardecer do mesmo dia. Tal campanha foi realizada no dia 18-04-2008, utilizando o Bird of Time, com o *data logger* instalado no aeromodelo, de forma que facilitasse a retirada dos dados sem ter de soltá-lo do VANT. Alocaram-se o sensor de pressão e o GPS junto ao circuito de captura de dados e o de temperatura no “nariz” do modelo para que registrasse todas as variações.

O local da campanha de dados pode ser visto na (Fig. 29), que é a fotografia de satélite (Google Earth) da mesma. Na região central desta imagem pode-se observar uma área de aproximadamente 1 ha na forma de um trapézio, que na data da coleta se encontrava coberta de grama e cercada por lavoura de soja. Foi dessa área trapezoidal que partiram os vôos e se realizaram os pousos.



Figura 29 – Imagem do campo via satélite (Google Earth)

A Figura 30 mostra o mapa do extremo norte da cidade de Pelotas e a localização da área de coleta de dados, indicada na figura por uma seta; a área dista aproximadamente 10 km do centro da cidade, próxima à confluência da Avenida Fernando Osório com a BR 116.

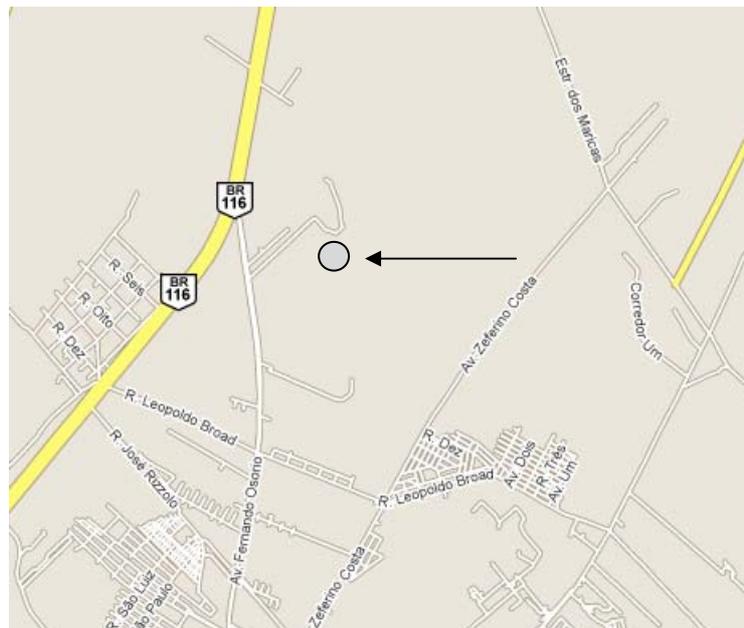


Figura 30 – mapa da cidade (Google Maps)

Para a realização dessa tarefa, foi necessário preparar uma estrutura de equipamentos, baterias, carregadores, pois onde se fez a campanha não havia

energia elétrica. Além disso, foram levados equipamentos de aferição: *Thermo Recorder* e *Humidity/Temp. Mite* - os mesmos utilizados para a calibração - que serviram de parâmetro para as coletas. Antes de cada vôo, foram registradas as variáveis temperatura, pressão e umidade no solo, para, posteriormente, confrontar com os dados coletados pelo *data logger*. Além disso, antes de cada coleta, era feito um *check list*, ou seja, uma verificação dos comandos do VANT, assim como uma avaliação das condições de vento, para tanto, foi instalada uma biruta que indicava a direção do mesmo, facilitando o lançamento do modelo. Nesse dia, o vento era fraco e o céu limpo, conforme a análise sinótica descrita na seção a seguir.

4.2 – Análise sinótica do dia da campanha.

Foram analisadas todas as imagens de satélite e os campos meteorológicos disponíveis no dia 18.4.2008 do satélite GOES 10 vistos nas (Figuras 31,32 e 33) e se verificou que nesse dia havia um centro de alta pressão (anticiclone) localizado sobre o Rio Grande do Sul predominando, portanto, movimentos descendentes na atmosfera, com tempo bom e céu claro. No período da noite observou-se a entrada de sistemas convectivos de mesoescala, vindos do Paraguai, que podem ter provocado pancadas de chuva de curta duração na região norte do Estado, principalmente durante a madrugada do dia 19.4.



Figura 31-Imagem de Satélite IMPE/ CPETEC / DAS NOA GOES 10
200804181100,8 horas local.



Figura 32 - Imagem de Satélite IMPE/ CPETEC /DAS NOA GOES 10
200804181400, 11 horas local.

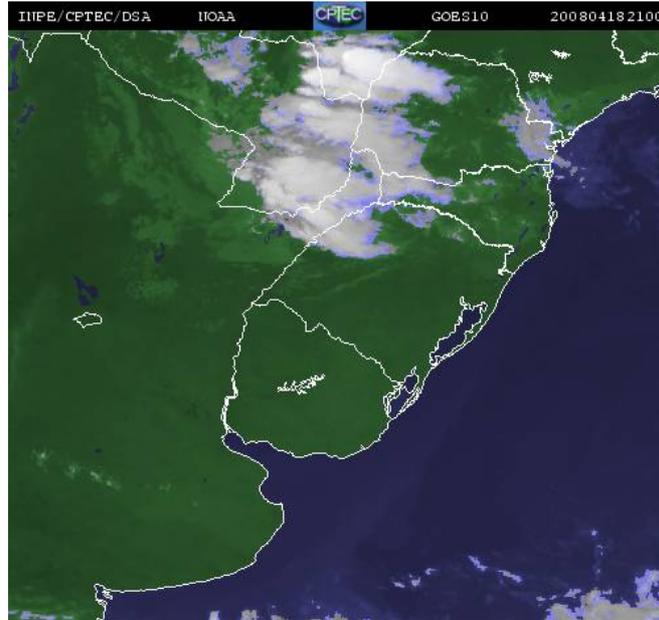


Figura 33- Imagem de Satélite IMPE/ CPTEC/ DAS NOAA GOES 10
200804182100,18 horas local.

As linhas de corrente mostram na (Fig.34) a ocorrência de circulação anticiclônica desde o nível de 1000 hPa até aproximadamente 850 hPa, fato que já havia sido confirmado pela análise das imagens de satélite desse dia.

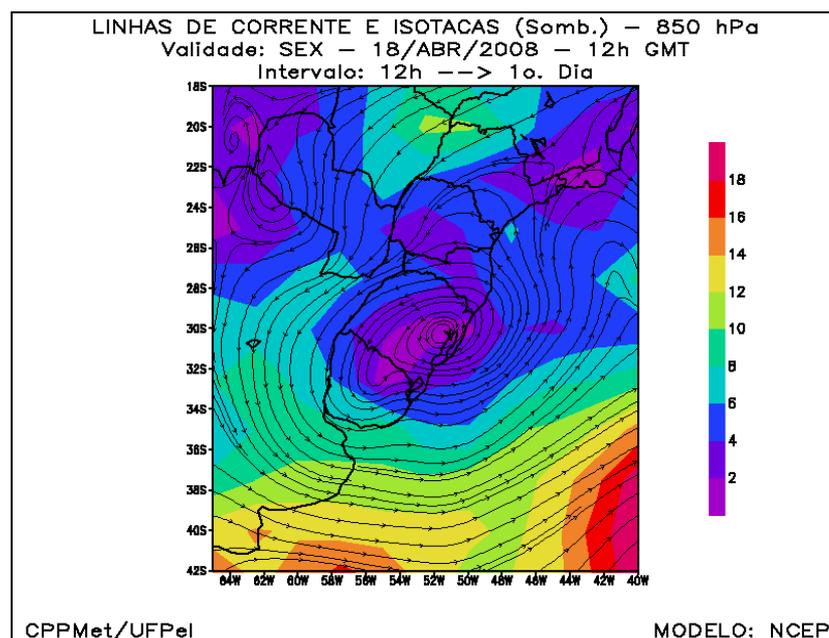


Figura 34 - Linha de Corrente do dia 18/4/2008 no horário das 12 GMT.

A Divergência apresenta-se positiva desde o nível de 1000 hPa até aproximadamente 850 hPa e fraca nos níveis superiores, conforme visto na (Fig.35), mais uma vez mostrando a existência de movimentos descendentes do ar, o que dificulta ou impede a formação de nuvens.

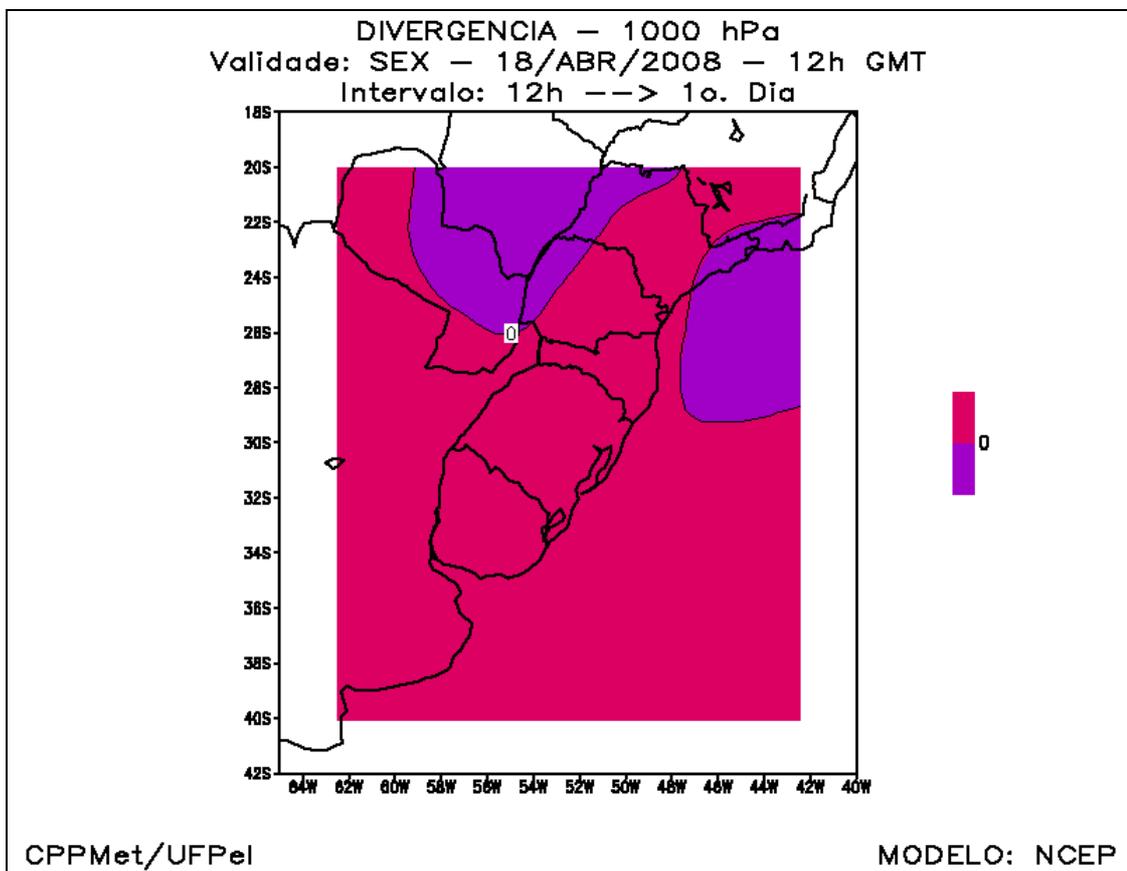


Figura 35-Campo de Divergência do dia 18/4/2008 no horário das 12 GMT

O Campo de Pressão mostra na (Fig. 36) a presença de um centro de alta pressão na cor vermelha sobre o RS, confirmando todas as análises feitas anteriormente, ou seja, nesse dia o Estado estava sob a influência de um anticiclone, possibilitando a existência de movimentos descendentes com pouca ou nenhuma nebulosidade.

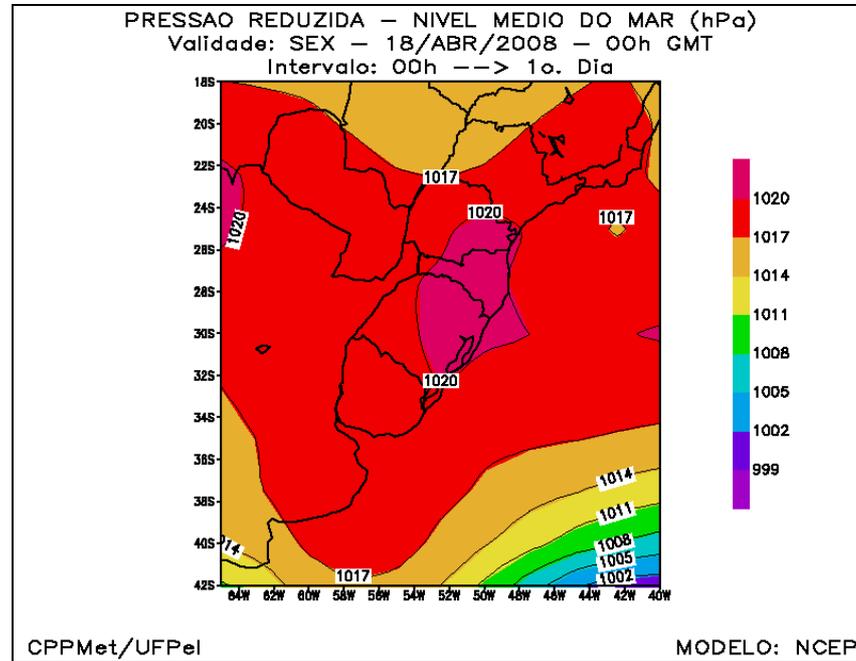


Figura 36 - Campo de Pressão Reduzida ao Nível Médio do Mar do dia 18/4/2008 no horário das 00h GMT:

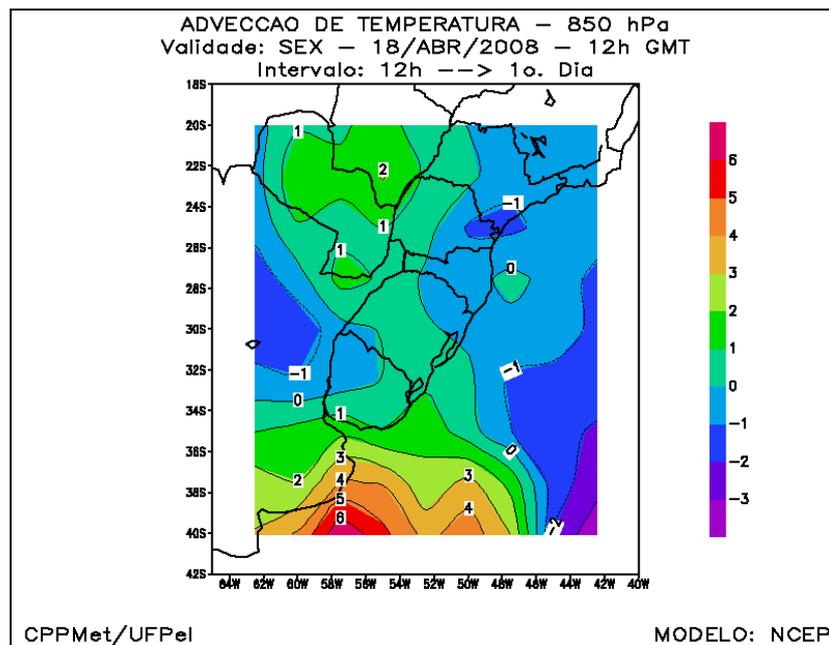


Figura 37-Campo de Advecção de Temperatura em 850 hPa do dia 18/4/2008 no horário das 12 GMT.

O campo de Advecção de Temperatura mostra a presença ou a atuação de uma massa de ar quente sobre o RS, possibilitando a ocorrência, nesse dia, de temperaturas mais elevadas. (Fig.37)

5 – ANÁLISE DOS DADOS

Durante os experimentos realizados no campo muitos dados foram coletados, mas se optou por analisar três horários, considerados os mais significativos: o das 08h, 11h e 18h que se encontram na íntegra no apêndice deste trabalho. As sondagens realizadas foram feitas dentro da camada superficial (CS) da atmosfera, com altura máxima, aproximadamente, a 400 m.

Nesta camada o fluxo de ar é dependente das características da superfície, conforme citado na introdução e na revisão da literatura.

Ao nascer do sol a superfície da Terra começa a se aquecer pela radiação solar incidente e a desestabilizar a camada da atmosfera mais próxima da Terra. Isso pode ser verificado no perfil vertical de temperatura para a sondagem das 08h (Fig. 43). Próximo ao meio dia, o solo se torna mais quente, num dia desprovido de nuvens, tornando a camada superficial completamente instável, o que pode ser observado, também, no perfil vertical de temperatura na sondagem das 11h (Fig.45). No final da tarde, a superfície da Terra não recebe mais radiação direta do Sol e começa se esfriar por irradiação, dando origem a uma camada estável, como pode ser visto na sondagem das 18h (Fig. 47).

Nas coletas realizadas, constatou-se que a temperatura, sobre a grama e próxima à fronteira que a separa da área cultivada com soja, sofria um acréscimo em relação à temperatura em pontos que se encontravam no mesmo nível e localizados sobre o campo cultivado, como se pode observar nas Figuras 38, 39 e 40, que representam graficamente a área com cobertura de grama limitada pelo traço verde

e, também, as trajetórias em linhas curvas fechadas do VANT nos respectivos horários de coleta de dados citados acima. Cada trajetória é representada com cores diferentes de forma a distinguir as regiões sobre a qual o VANT sobrevoava. A cor azul representa a porção da trajetória sobre a grama, a cor vermelha representa a parte da trajetória que se localiza sobre a cultura de soja, porém, próximo à fronteira com a área coberta com grama, e a cor amarela representa a porção da trajetória sobre a cultura de soja, porém, mais afastada desta fronteira.

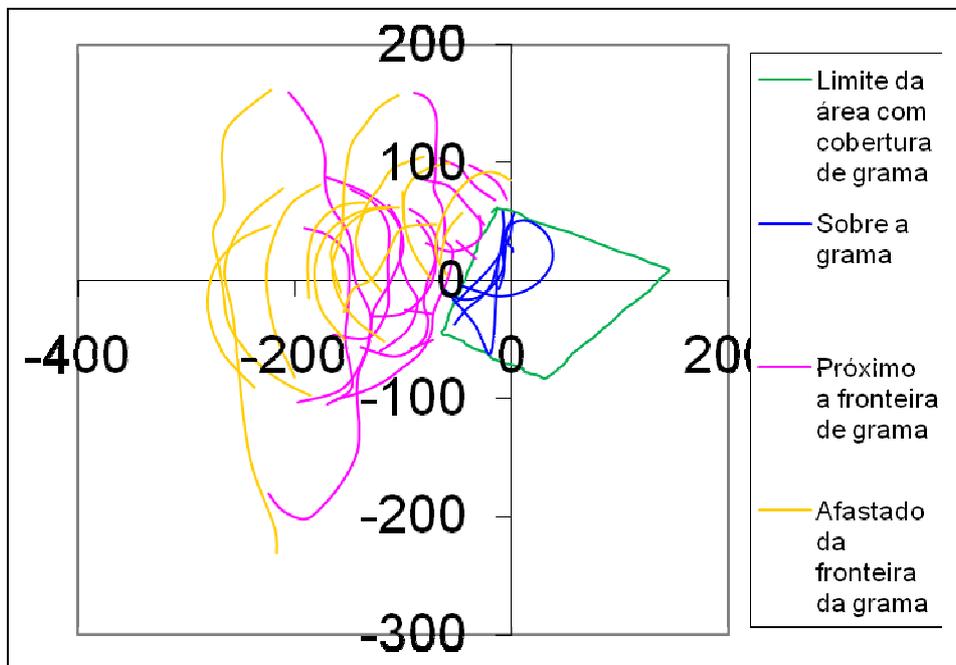


Figura 38-Representação gráfica da área de coleta de dados e a trajetória do VANT distinguidas por cores diferentes conforme a área sobre a qual se localiza o VANT durante o vôo das 8h do dia 18.04.2008.

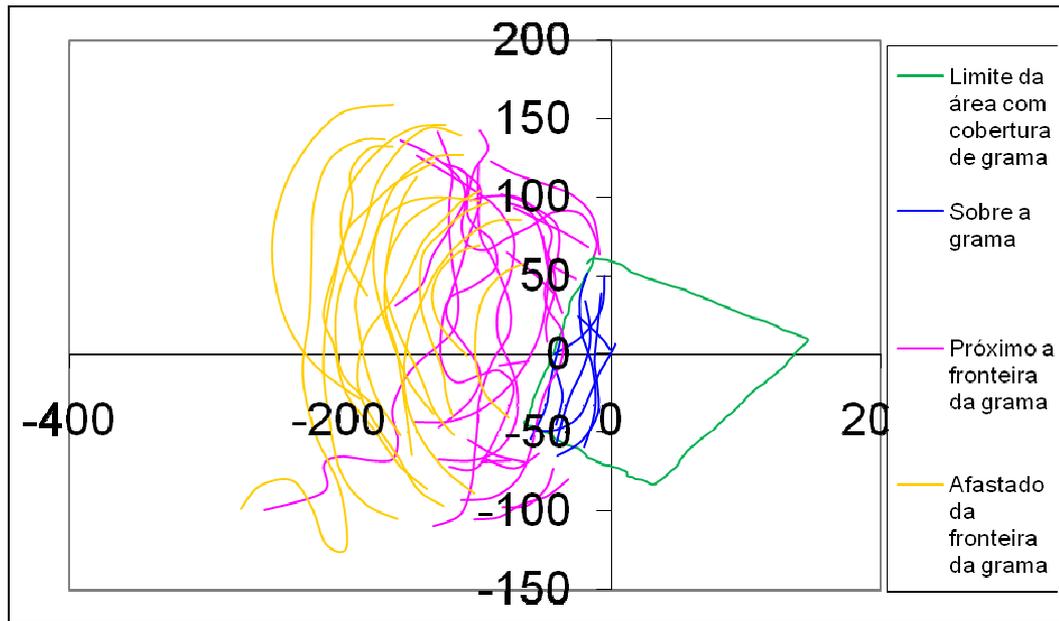


Figura 39- Representação gráfica da área de coleta de dados e a trajetória do VANT distinguidas por cores diferentes conforme a área sobre a qual se localiza o VANT durante o vôo das 11h do dia 18.04.

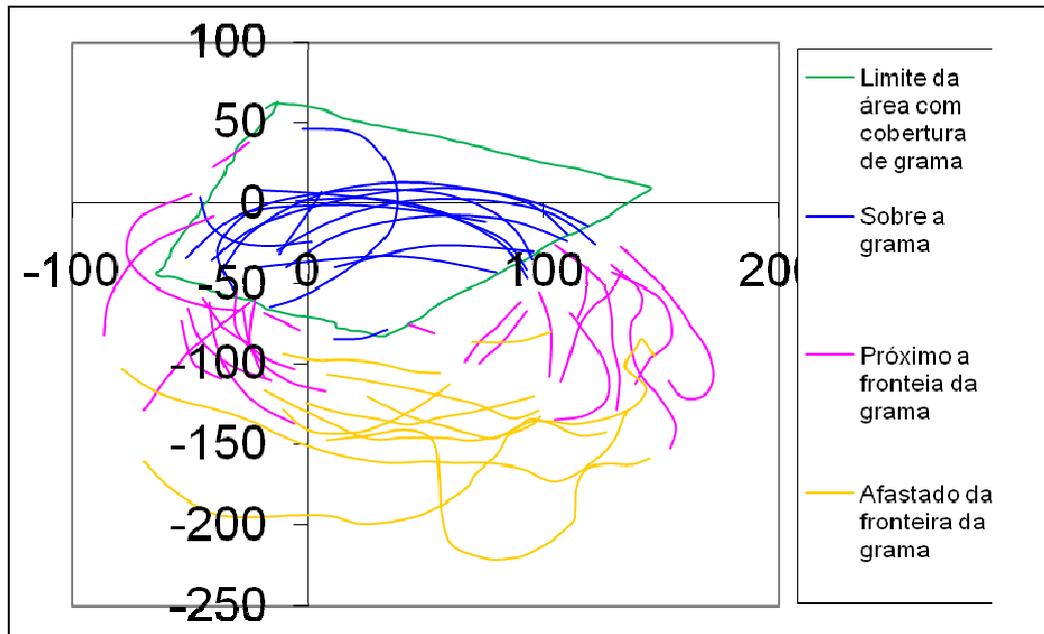


Figura 40- Representação gráfica da área de coleta de dados e a trajetória do VANT distinguidas por cores diferentes conforme a área sobre a qual se localiza o VANT durante o vôo das 18h do dia 18.04.2008.

A localização horizontal do VANT foi possível com o uso de um GPS o qual registra a posição real instantânea da sondagem, conforme pode ser examinado nos apêndices 1, 2 e 3, que se encontram no final deste trabalho. As mesmas cores também foram utilizadas nos gráficos do perfil vertical de temperatura potencial e nos gráficos da temperatura pelo tempo de vôo, indicando a localização do VANT sobre as respectivas áreas de coberturas heterogêneas.

A análise o do diagrama Skew-T de uma radiossondagem realizada no aeroporto de Porto Alegre às 12h UTT do dia 18 de abril de 2008, que corresponde ao horário local próximo da primeira coleta realizada neste dia, (Fig.41.), constata-se que, na superfície, a temperatura do ponto de orvalho, T_d , e a temperatura da atmosfera, T , estavam muito próximas, indicando que, neste horário, a umidade relativa do ar se apresentava em torno de 100% com formação de nevoeiro nas primeiras horas da manhã. Devido às condições sinóticas deste dia sobre o Estado do Rio Grande do Sul, tal fenômeno também se verificava em Pelotas, o mesmo sendo comprovado pela nebulosidade presente neste horário e pelos dados de superfície do aeroporto local. Ainda pela manhã, a nebulosidade se dissipou e durante todo o resto do dia o dia se manteve seco e sem nebulosidade.

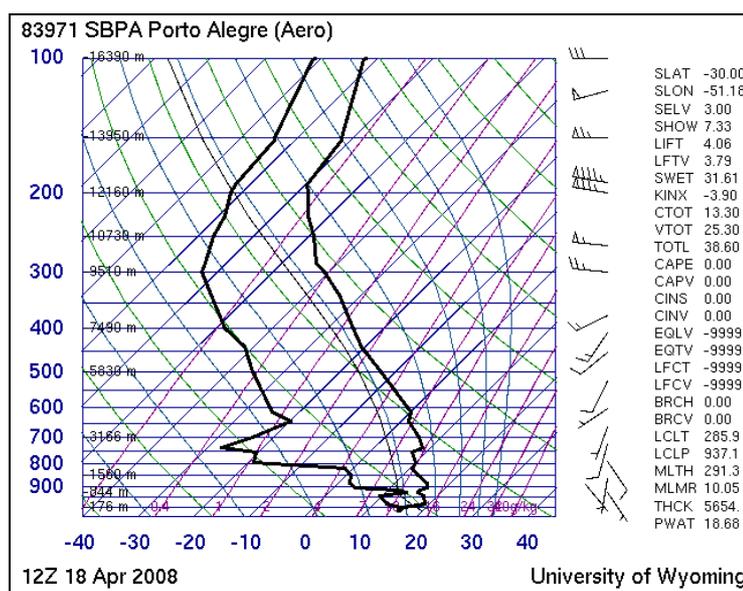


Figura 41-Radiossondagem das 12 UTT do aeroporto de Porto Alegre.

As imagens de satélite das Figuras 31, 32 e 33, no capítulo 4, comprovam a estabilidade desse dia, porque havia um centro de alta pressão (anticiclone) concentrado sobre o Rio Grande do Sul, predominando, portanto, movimentos descendentes na atmosfera, com tempo bom e céu claro, conforme a análise sinótica de acordo com as imagens do satélite GOES 10, nos horários das 8h, 11 h e 18 h respectivamente.

A interpretação dos dados de temperatura potencial pelo tempo da sondagem, nos horários citados acima e representados graficamente nas figuras 42, 44 e 46, mostra que a temperatura sofre um acréscimo em todos os momentos que o VANT, vindo da área cultivada com soja, aproxima-se da fronteira da área com cobertura de grama ou a atravessa, identificadas no gráfico pelas cores relacionadas com estas regiões, (cores vermelha e azul) conforme descrito acima. Constata-se, também, a diminuição da temperatura quando o VANT afasta-se desta área, indo em direção ao interior da área cultivada com soja identificada na cor amarela no gráfico.

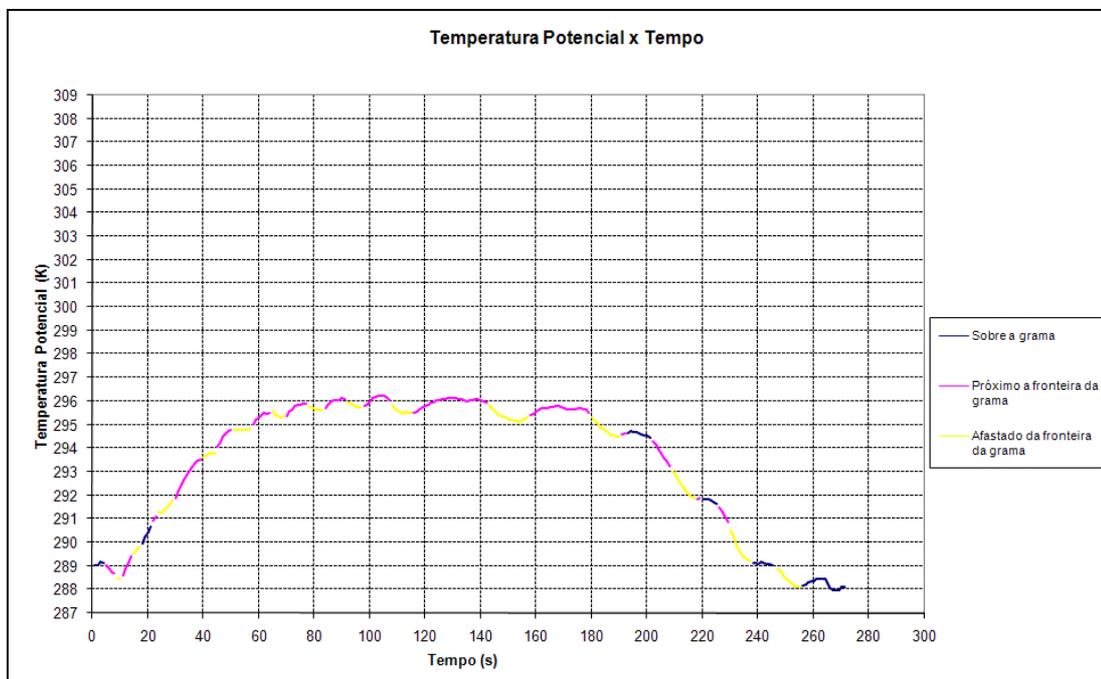


Figura 42-Representação gráfica da temperatura potencial pelo tempo distinguido por cores diferentes conforme a área sobre a qual em que se localiza o VANT durante a coleta das 8h do dia 18.04.

Quanto ao perfil vertical de temperatura potencial (Fig.43), verifica-se que a superfície da Terra já está com a temperatura um pouco mais alta que a camada de ar adjacente, devido à incidência da radiação solar desde o nascer do Sol. Observa-se que já se formou uma fina camada instável logo acima da superfície da Terra. Acima desta camada o ar ainda encontra-se mais quente e com um perfil no qual a temperatura cresce com a altura (diminuição da pressão) conforme descrito na revisão de literatura deste trabalho. Vê-se, também, neste perfil, o contraste de temperatura quando o VANT se aproxima, ou, ultrapassa, a fronteira vindo da área cultivada com soja para a área com cobertura de grama, identificada no gráfico, respectivamente, por pontos vermelhos ou azuis.

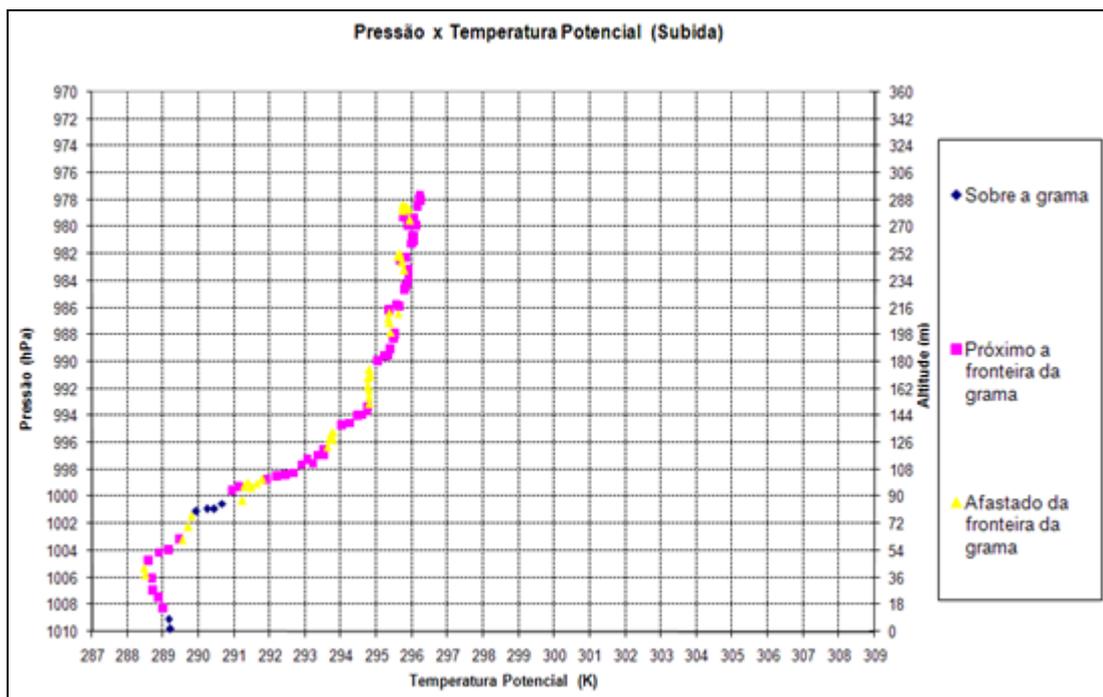


Figura 43 - Gráfico do perfil de temperatura potencial pela pressão distinguidas por cores diferentes conforme a área sobre a qual em que se localiza o VANT durante a coleta das 8h.

A análise do gráfico da temperatura potencial pelo tempo, na coleta das 11 horas (Fig.44), mostra que a temperatura em superfície já esta mais elevada devido à incidência da radiação solar, tendo em vista que se tinha um céu claro sem nuvens e com pouco vento em superfície.

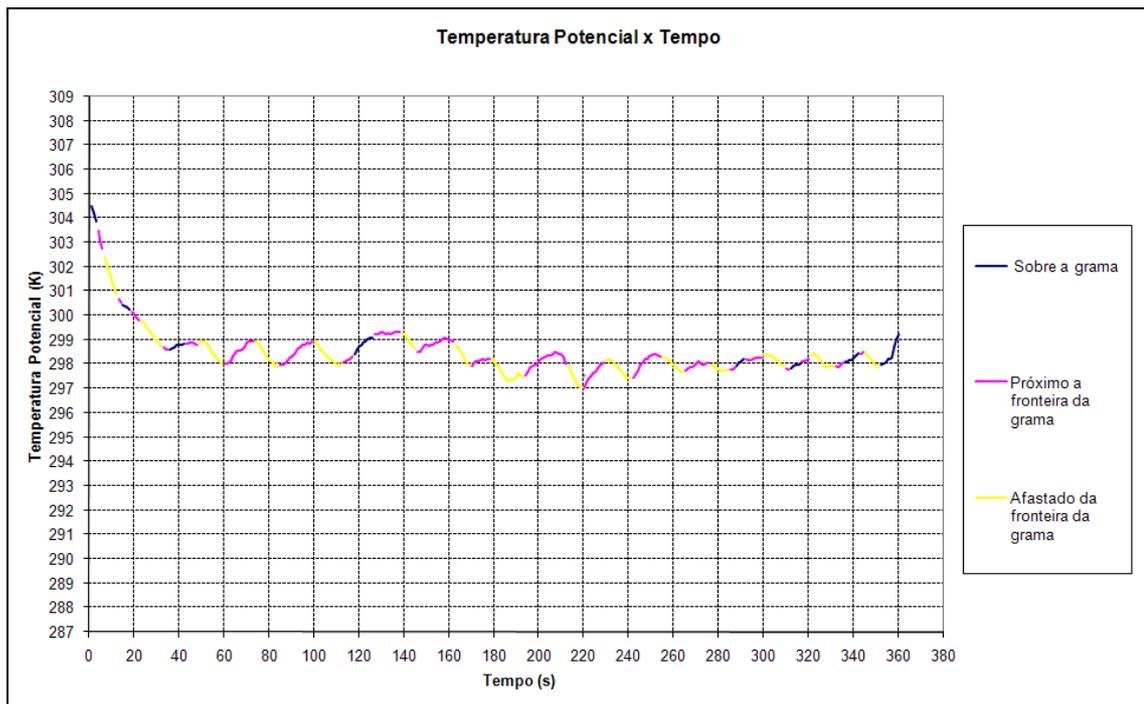


Figura 44-Gráfico da temperatura potencial pelo tempo de vôo do VANT sobrevoando as regiões de contraste às 11h.

O perfil vertical de temperatura (Fig.45) mostra que houve um deslocamento do perfil como um todo para a região de temperaturas mais altas, do que aquele obtido na sondagem das 8 h. O perfil é típico de uma atmosfera instável, o que era esperado para essa hora do dia e pelas condições do tempo analisados no cap.4.

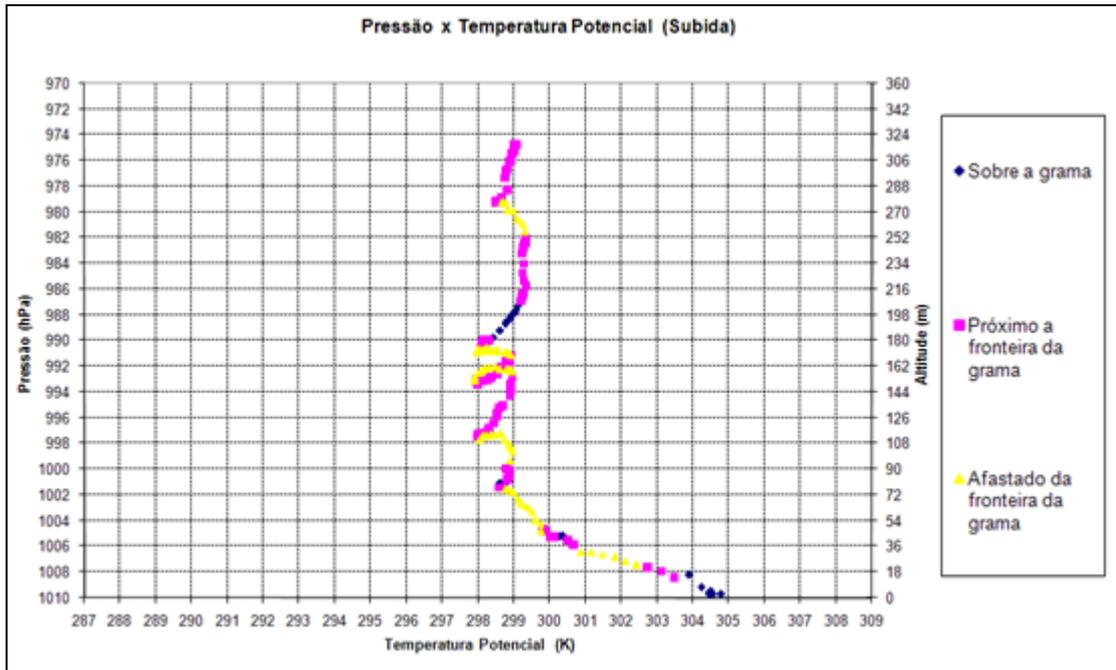


Figura 45-Gráfico do perfil de temperatura potencial pela pressão, separadas por regiões de proximidade do contraste às 11h.

A sondagem das 18 horas começou a ser feita com o Sol no horizonte, e encerraram-se quando o Sol já havia se posto. A análise do gráfico da temperatura potencial pelo tempo, da coleta das 18 horas (Fig. 46), indica a formação de uma atmosfera estável na camada de coleta, o que era de se esperar, devido ao resfriamento radiativo da superfície da Terra, por não sofrer mais a incidência da radiação solar direta. Observa-se que os contrastes de temperatura, durante esta coleta, já não são tão acentuados como nos casos anteriores, praticamente inexistindo.

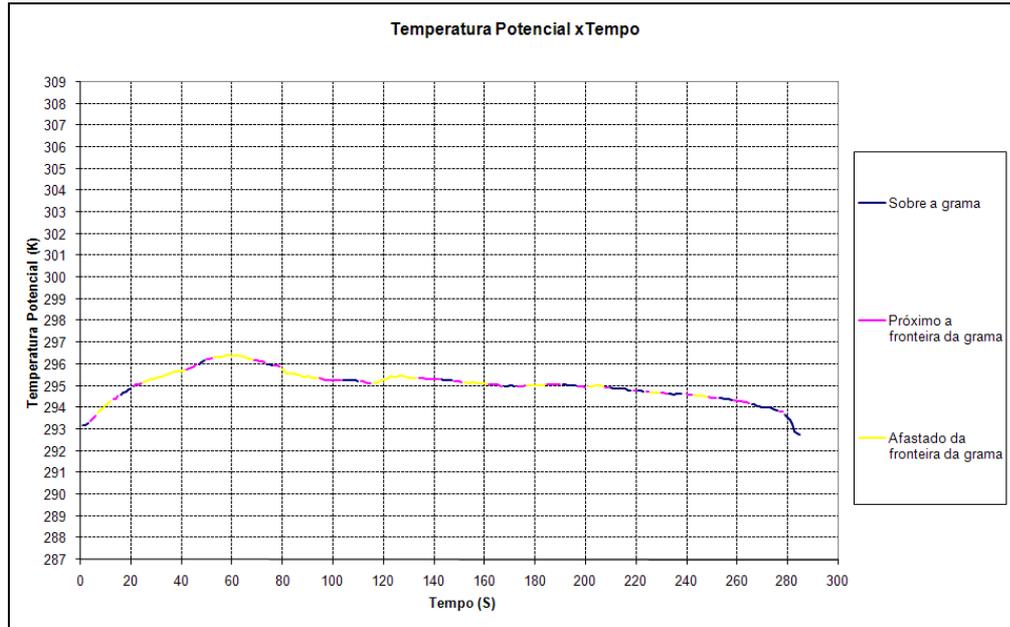


Figura 46-Gráfico da temperatura potencial pelo tempo de vôo do VANT sobrevoando as regiões de contraste às 18h.

Quanto ao perfil vertical de temperatura visto nas (Fig. 47), observa-se que ocorreu uma pequena variação da temperatura em relação à altura, tanto sobrevoando a área com cobertura de grama, como a área cultivada com soja.

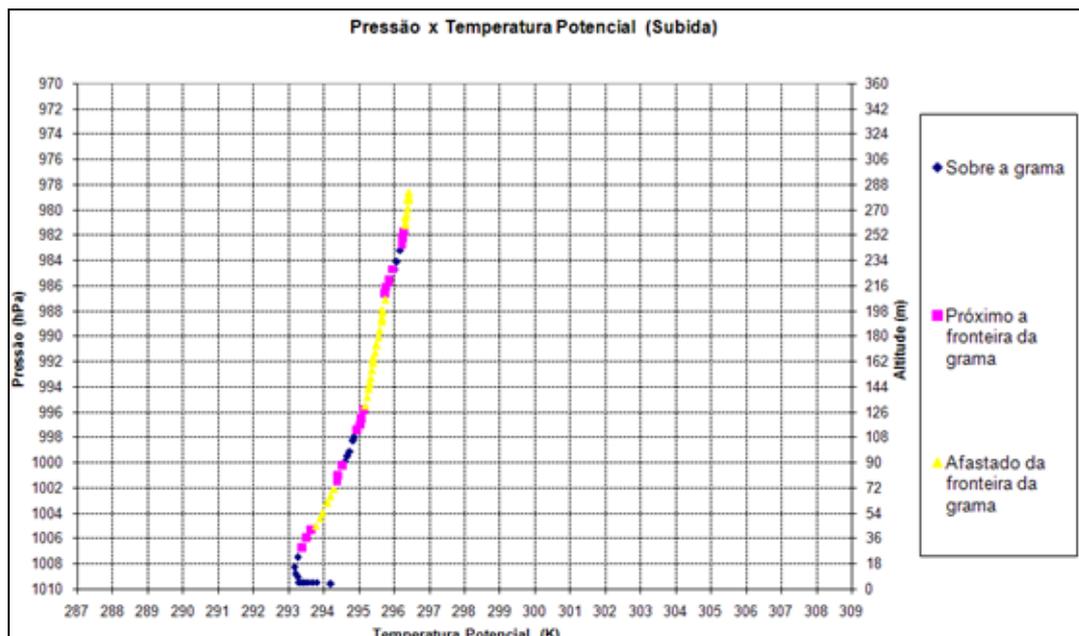


Figura 47-Gráfico do perfil vertical de temperatura potencial separados por regiões de proximidade de contraste das 18h.

6 - CONCLUSÕES

Tendo em vista os objetivos propostos neste trabalho de construção de um VANT, de um circuito de coleta automática de dados (datallogger), de uma campanha de medidas meteorológicas e das análises dos dados das sondagens realizadas, pode-se chegar às seguintes conclusões:

a) O VANT com propulsão elétrica utilizado durante a sondagem atingiu plenamente os objetivos, não apresentando nenhuma dificuldade de dirigibilidade e respondendo a todos os comandos a ele atribuídos, evitando assim a ocorrência de acidentes por falhas devido à estrutura e/ou de comando, suportando o equipamento de coleta de dados e sensores alocados em sua fuselagem.

Conseguiu-se efetuar com êxito todas as dez sondagens, durante o dia escolhido, para a coleta dos dados, a sua configuração se adaptou muito bem para decolagens lançadas da mão e pousos de “barriga” sem a utilização de trem de pouso que comprometeria a performance da aerodinâmica, assim, não sendo necessário um campo de pouso específico. Devido à grande envergadura e configurações das asas os vôos transcorreram com muita suavidade tanto sem vento como com a existência do mesmo;

b) O circuito de aquisição de dados (datallogger) superou plenamente as expectativas. A memória que foi utilizada suportou satisfatoriamente o número elevado de dados adquiridos e os dados foram salvos sem perda de características e informações durante a sua recuperação. Os sensores de temperatura e pressão registraram todas as variações durante a coleta, assim como o GPS registrou a localização instantânea da VANT durante cada sondagem.

c) As análises das coletas de dados – sem qualquer tratamento estatístico de dados, sendo realizada a coleta em uma única campanha, e com uma série de

melhorias a serem feitas, algumas sugeridas abaixo – mostram, surpreendentemente, resultados de acordo com a literatura citados no cap. 2, como os perfis de temperatura da camada superficial da atmosfera, classificando-se como estável, ou instável, conforme o período do dia em que foi feita a coleta. Bem como o deslocamento do perfil como um todo para as regiões de temperaturas mais altas ou mais baixas, dependendo do horário da sondagem, e, também, a detecção dos contrastes de temperatura na fronteira de superfícies heterogêneas, como a superfície analisada, uma com cobertura de grama e outra com soja, conforme descrito no cap.4 (Fig.29).

Esses resultados indicam que existe um potencial muito grande, a ser explorado, em termos de pesquisa sobre o uso de VANTs para a sondagem da camada superficial da atmosfera, principalmente em regiões de difícil acesso e com custo relativamente baixo.

7 - SUGESTÕES

Durante a campanha de coleta de dados surgiram problemas como a perda do conjunto de baterias de Lithium Polymer utilizadas neste dia, dispunha-se apenas de duas baterias, que eram usadas, alternadamente, durante as coletas, pois se tinha apenas um carregador, fazendo com isto que as mesmas nunca estivessem em repouso o que é recomendado pelo fabricante. Fato este que reduziu a vida útil destas até sua perda total após o evento. Uma bateria de LION tem vida útil de muitos anos desde que se obedeça ao regime de carga e descarga. Sugere-se que sejam utilizadas várias baterias com vários carregadores para se poder efetuar vôos seqüenciais de curto intervalo entre os mesmos.

A incorporação de um indicador de quantidade de carga da bateria também seria indispensável, pois a precisão dos registros de variáveis está condicionada à estabilização e constância da tensão da bateria.

Durante a campanha de medidas, seria fundamental ter-se um local arejado e sem radiação direta sobre a VANT, onde estão alocados os sensores e registradores de dados quando não estão sendo usados, para que os mesmos somente ficassem expostos ao tempo durante a coleta, não comprometendo as baterias de Lion e nem os dados.

A incorporação de um sensor de umidade, além dos usados neste trabalho, seria de fundamental importância para a análise da camada superficial realizada em

futuras sondagens por VANTs, assim como a habilitação do altímetro do GPS, para se ter mais esta informação disponível em futuras análises.

A coleta foi feita uma semana após a conclusão da construção do circuito de aquisição de dados, o que impediu a realização de mais ensaios e aferições. Seria de extrema importância realizar uma série de ensaios e aferições em dias com temperatura e umidade diferentes, bem como, com sensores submetidos à insolação.

Sugere-se, também, a realização de coletas de dados, sob diferentes condições de tempo, como por exemplo, com tempo bom e céu claro, com tempo bom e céu encoberto, permitindo com isso registrar dados de diferentes tipos de atmosferas. Com esses dados obtidos, seria possível tratá-los de forma estatística, analisando e comparando os que estão sob as mesmas condições da camada superficial, com o objetivo de obter resultados mais conclusivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arya S. Pal, 2001: Introduction to Micrometeorology San Diego .

Curry J.A., J. Maslanik, G. Holland, e J. Pinto, 2004: Applications of Aerosondes in the Artic. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **85**, 1855-1861.

Hobbs e coautores, 2002: Surface layer profiles of air temperature and humidity measured from unmanned aircraft. *Agronomie*, **22**, 635-640.

Holland G.J., T. McGeer, e H. Younggreen., 1992: Autonomous Aerosondes for economical atmospheric soundings anywhere on the globe. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **73**, 1987-1098.

Holland G.J., e coautores, 2001: The Aerosonde robotic aircraft: A new paradigm for environmental observations. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **82**, 889-901.

Kukharets , V.P. e L.R. Tsvang, 1998: A Radio-Controlled Aircraft to Investigate Atmospheric Turbulence. *J. of Atmosph. and Oceanic Tech.* **15**, 215-218.

Langford, J.S., 1990: New aircraft platforms for earth system science: An opportunity for the 1990s. Proc. 17th Congress, Intl. Council of the Aeronautical Sciences, Stockholm, ICAS90 5.8.1

Lovato, Rodrigo Golarte, 2007: Estimativa da Constante de Kolmogorow para a Camada Limite Estável usando Simulação das Grades Turbilhões. Dissertação de Mestrado em Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas.

McGeer, T., H.J. Holland, 1993: Small autonomous aircraft for economical oceanography observations on a wide scale. *Oceanography*, **6,3**, 129-135.

Medeiros, F.A. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão, 2007: Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria.

Meneses, Lisiane Ramires, 2005: Implementação de um novo método para cálculo do "Plume Rise" em um modelo Lagrangeano. Dissertação de Mestrado em Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas.

Oliveira, Flávio Araripe d', 2005: CTA e o Projeto VANT. 1º Seminário Internacional de VANT. São José dos Campos, SP.

Rosi, José Roberto, 2008: Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em pulverização agrícola. Monografia de Especialização – UFPEL Faculdade de Engenharia Eliseu Maciel, Departamento de Engenharia Agrícola.

Ryan, B.F., K.J. Wilson, J.R. Garratt, e R.K. Smith, 1985: Cold Fronts Research Programme: Progress, future plans, and research directions. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **66**, 1116-1122.

Soddell, J.R., K. McGuffie, e G.J. Holland, 2004: Intercomparison of atmospheric soundings from the Aerosonde and radiosonde. *J. Appl. Meteor.*, **43**, 1260-1269.

Stull, Roland B., 1988: An Introduction to Boundary Layer Meteorology.

Spieß, T., and Bange J., 2006: Comparison of 'M²AV' unmanned airborne meteorological measurements with remote sensing and the Helipod. In: 17th Symposium on Boundary Layers and Turbulence, American Meteorological Society, San Diego, CA, USA, 7.4, 6pp.

APÊNDICE 1

18/4/2008 – 8h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
16,9	1010,4	31.410.203	52.196.130	1	16,9	289,9	289,043442			
16,9	1010,3	31.410.187	52.196.133	2	16,9	289,9	289,051624			
17	1009,8	31.410.182	52.196.140	3	17	290	289,192272			
16,9	1009,1	31.410.138	52.196.191	4	16,9	289,9	289,149891			
16,7	1008,3	31.410.078	52.196.297	5				16,7	289,7	289,015957
16,5	1007,5	31.409.990	52.196.398	6				16,5	289,5	288,882
16,3	1007	31.409.902	52.196.502	7				16,3	289,3	288,723414
16,18	1006,1	31.409.874	52.196.640	8				16,18	289,18	288,677466
15,99	1005,8	31.409.930	52.196.778	9				15,99	288,99	288,512403
15,9	1005,3	31.410.056	52.196.769	10				15,9	288,9	288,463572
16	1004,8	31.410.162	52.196.637	11				16	289	288,604481
16,21	1004,1	31.410.201	52.196.483	12				16,21	289,21	288,871764
16,5	1004	31.410.144	52.196.327	13				16,5	289,5	289,169661
16,7	1003,2	31.410.036	52.196.326	14				16,7	289,7	289,435411
16,8	1003,2	31.410.026	52.196.431	15				16,8	289,8	289,535319
16,88	1002,2	31.410.114	52.196.520	16				16,88	289,88	289,697865
16,9	1001,4	31.410.245	52.196.559	17				16,9	289,9	289,784028
17,02	1001,1	31.410.416	52.196.484	18	17,02	290,02	289,928824			
17,3	1000,9	31.410.538	52.196.352	19	17,3	290,3	290,22532			
17,5	1000,9	31.410.662	52.196.256	20	17,5	290,5	290,425269			
17,7	1000,5	31.410.263	52.196.220	21	17,7	290,7	290,658443			
17,89	999,6	31.410.232	52.196.347	22				17,89	290,89	290,923286
18,06	999,3	31.410.152	52.196.458	23				18,06	291,06	291,118296
18,23	999,2	31.410.078	52.196.583	24				18,23	291,23	291,296668
18,26	1000,3	31.410.097	52.196.782	25				18,26	291,26	291,235015
18,3	998,9	31.410.207	52.196.862	26				18,3	291,3	291,391708
18,43	999,3	31.410.327	52.196.956	27				18,43	291,43	291,488371
18,56	999	31.410.378	52.197.070	28				18,56	291,56	291,64344
18,69	998,7	31.410.481	52.197.120	29				18,69	291,69	291,798541
18,8	998,8	31.410.639	52.197.020	30				18,8	291,8	291,900223
19,07	998,5	31.410.681	52.196.812	31				19,07	292,07	292,195419
19,32	998,4	31.410.612	52.196.660	32				19,32	292,32	292,453903
19,52	998,2	31.410.518	52.196.626	33				19,52	292,52	292,670764
19,68	997,6	31.410.440	52.196.651	34				19,68	292,68	292,881206
19,82	997,3	31.410.341	52.196.630	35				19,82	292,82	293,046509

18/4/2008 – 08h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
19,99	997,5	31.410.229	52.196.578	36				19,99	292,99	293,199825
20,11	996,9	31.410.133	52.196.581	37				20,11	293,11	293,370391
20,2	996,6	31.410.056	52.196.641	38				20,2	293,2	293,485733
20,28	996,9	31.410.006	52.196.733	39				20,28	293,28	293,540542
20,3	996,3	31.410.004	52.196.862	40				20,3	293,3	293,611111
20,33	995,7	31.410.015	52.196.972	41				20,33	293,33	293,691738
20,35	995,2	31.410.086	52.197.105	42				20,35	293,35	293,753958
20,39	995,2	31.410.205	52.197.198	43				20,39	293,39	293,794013
20,42	995,8	31.410.391	52.197.139	44				20,42	293,42	293,773411
20,59	994,7	31.410.499	52.196.956	45				20,59	293,59	294,036546
20,79	994,5	31.410.483	52.196.768	46				20,79	293,79	294,253773
20,98	994	31.410.381	52.196.631	47				20,98	293,98	294,486425
21,1	993,9	31.410.262	52.196.582	48				21,1	294,1	294,615109
21,19	993,7	31.410.150	52.196.611	49				21,19	294,19	294,722229
21,21	993,4	31.410.058	52.196.688	50				21,21	294,21	294,76772
21,21	993,1	31.410.001	52.196.803	51				21,21	294,21	294,793184
21,16	992,6	31.410.002	52.196.941	52				21,16	294,16	294,785539
21,11	992,1	31.410.039	52.197.082	53				21,11	294,11	294,777908
21,07	991,8	31.410.115	52.197.211	54				21,07	294,07	294,763312
21,02	991,2	31.410.263	52.197.289	55				21,02	294,02	294,764205
21	990,6	31.410.459	52.197.260	56				21	294	294,795201
21,07	991	31.410.606	52.197.118	57				21,07	294,07	294,831347
21,2	990	31.410.659	52.196.908	58				21,2	294,2	295,046864
21,36	989,6	31.410.559	52.196.744	59				21,36	294,36	295,241446
21,44	989,5	31.410.431	52.196.687	60				21,44	294,44	295,330221
21,47	989,1	31.410.343	52.196.744	61				21,47	294,47	295,394469
21,48	987,8	31.410.237	52.196.791	62				21,48	294,48	295,515636
21,49	988,3	31.410.097	52.196.785	63				21,49	294,49	295,482903
21,51	988	31.409.989	52.196.856	64				21,51	294,51	295,528629
21,45	986,4	31.409.977	52.196.998	65				21,45	294,45	295,605413
21,36	987,8	31.409.997	52.197.156	66				21,36	294,36	295,395214
21,28	987,1	31.410.092	52.197.286	67				21,28	294,28	295,374812
21,2	986,8	31.410.232	52.197.330	68				21,2	294,2	295,320187
21,19	986,3	31.410.418	52.197.325	69				21,19	294,19	295,352957
21,19	986,2	31.410.582	52.197.181	70				21,19	294,19	295,361522
21,32	985,7	31.410.595	52.196.974	71				21,32	294,32	295,5349
21,45	985,9	31.410.472	52.196.867	72				21,45	294,45	295,648281
21,5	984,7	31.410.344	52.196.860	73				21,5	294,5	295,801501
21,5	984,1	31.410.246	52.196.861	74				21,5	294,5	295,853069
21,51	984,4	31.410.089	52.196.858	75				21,51	294,51	295,837325
21,52	983,9	31.409.975	52.196.947	76				21,52	294,52	295,890361
21,47	983,2	31.409.914	52.197.080	77				21,47	294,47	295,900352
21,35	983,2	31.409.897	52.197.262	78				21,35	294,35	295,779769
21,24	982,6	31.409.984	52.197.432	79				21,24	294,24	295,720859
21,17	982,2	31.410.136	52.197.531	80				21,17	294,17	295,684937
21,09	982,1	31.410.311	52.197.575	81				21,09	294,09	295,613133
21,1	981,9	31.410.552	52.197.532	82				21,1	294,1	295,640405
21,1	982,1	31.410.779	52.197.410	83				21,1	294,1	295,623185

18/4/2008 – 8h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
21,2	982,5	31.410.901	52.197.217	84				21,2	294,2	295,689264
21,34	982,3	31.410.832	52.197.077	85				21,34	294,34	295,847198
21,4	981,2	31.410.713	52.197.086	86				21,4	294,4	296,002343
21,38	980,6	31.410.597	52.197.111	87				21,38	294,38	296,034019
21,39	980,6	31.410.414	52.197.091	88				21,39	294,39	296,044075
21,43	981,1	31.410.221	52.197.099	89				21,43	294,43	296,041136
21,4	979,9	31.410.127	52.197.211	90				21,4	294,4	296,114601
21,31	979,4	31.410.093	52.197.351	91				21,31	294,31	296,067291
21,19	979,5	31.410.084	52.197.555	92				21,19	294,19	295,937933
21,09	978,7	31.410.154	52.197.739	93				21,09	294,09	295,906648
21	978,5	31.410.285	52.197.880	94				21	294	295,833215
20,91	978,5	31.410.470	52.197.916	95				20,91	293,91	295,742654
20,9	978,3	31.410.665	52.197.831	96				20,9	293,9	295,749881
20,93	978,8	31.410.828	52.197.643	97				20,93	293,93	295,736849
21,02	979,3	31.410.892	52.197.388	98				21,02	294,02	295,784197
21,14	979,9	31.410.834	52.197.135	99				21,14	294,14	295,853087
21,25	979,7	31.410.692	52.197.004	100				21,25	294,25	295,981006
21,3	978,5	31.410.567	52.196.965	101				21,3	294,3	296,135085
21,34	978,1	31.410.466	52.196.942	102				21,34	294,34	296,209971
21,34	978	31.410.338	52.196.846	103				21,34	294,34	296,218633
21,38	978,1	31.410.176	52.196.772	104				21,38	294,38	296,250225
21,38	978	31.410.036	52.196.830	105				21,38	294,38	296,258888
21,29	977,6	31.409.930	52.196.995	106				21,29	294,29	296,202967
21,18	978,4	31.409.859	52.197.223	107				21,18	294,18	296,02299
21,05	978,7	31.409.912	52.197.476	108				21,05	294,05	295,866232
20,96	980,1	31.410.064	52.197.703	109				20,96	293,96	295,654782
20,9	980	31.410.276	52.197.818	110				20,9	293,9	295,603062
20,89	980,6	31.410.514	52.197.767	111				20,89	293,89	295,541266
20,9	981,5	31.410.971	52.197.707	112				20,9	293,9	295,473787
20,98	981,7	31.411.203	52.197.653	113				20,98	293,98	295,536994
20,99	981,9	31.411.472	52.197.526	114				20,99	293,99	295,529829
20,99	982,2	31.411.589	52.197.514	115				20,99	293,99	295,50401
21	982,3	31.411.311	52.197.560	116				21	294	295,505457
21,1	982,6	31.411.391	52.197.474	117				21,1	294,1	295,580154
21,2	982,9	31.411.428	52.197.342	118				21,2	294,2	295,654844
21,3	983,1	31.411.357	52.197.229	119				21,3	294,3	295,738129
21,4	983,4	31.411.242	52.197.115	120				21,4	294,4	295,812803
21,5	984	31.411.120	52.197.040	121				21,5	294,5	295,861668
21,59	983,9	31.411.006	52.197.028	122				21,59	294,59	295,960686
21,6	984,1	31.410.930	52.197.036	123				21,6	294,6	295,953529
21,69	984,3	31.410.850	52.197.042	124				21,69	294,69	296,026737
21,7	984,4	31.410.756	52.197.032	125				21,7	294,7	296,028181
21,79	984,6	31.410.675	52.196.992	126				21,79	294,79	296,101383
21,82	984,9	31.410.582	52.196.962	127				21,82	294,82	296,105716
21,89	985,1	31.410.486	52.196.965	128				21,89	294,89	296,158822
21,89	985,3	31.410.412	52.197.004	129				21,89	294,89	296,141628
21,89	985,3	31.410.343	52.197.047	130				21,89	294,89	296,141628
21,89	985,5	31.410.261	52.197.069	131				21,89	294,89	296,124438

18/4/2008 - 08h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
21,9	985,8	31.410.168	52.197.075	132				21,9	294,9	296,108703
21,9	986,2	31.410.091	52.197.109	133				21,9	294,9	296,074349
21,87	986,1	31.410.021	52.197.173	134				21,87	294,87	296,052815
21,83	986,4	31.409.953	52.197.212	135				21,83	294,83	295,986904
21,89	986,5	31.409.862	52.197.230	136				21,89	294,89	296,038556
21,9	986,7	31.409.786	52.197.227	137				21,9	294,9	296,031432
21,98	986,8	31.409.709	52.197.244	138				21,98	294,98	296,103156
21,97	987	31.409.645	52.197.281	139				21,97	294,97	296,075958
21,93	987,1	31.409.594	52.197.321	140				21,93	294,93	296,02723
21,9	987,3	31.409.528	52.197.380	141				21,9	294,9	295,979968
21,9	987,7	31.409.471	52.197.442	142				21,9	294,9	295,945682
21,79	987,8	31.409.461	52.197.548	143				21,79	294,79	295,826726
21,69	987,9	31.409.517	52.197.641	144				21,69	294,69	295,717812
21,6	988,1	31.409.574	52.197.732	145				21,6	294,6	295,610384
21,5	988,5	31.409.648	52.197.811	146				21,5	294,5	295,475836
21,42	988,7	31.409.756	52.197.835	147				21,42	294,42	295,37848
21,39	988,7	31.409.870	52.197.826	148				21,39	294,39	295,348383
21,36	988,9	31.409.996	52.197.825	149				21,36	294,36	295,301202
21,3	989,2	31.410.112	52.197.886	150				21,3	294,3	295,215399
21,3	989,3	31.410.266	52.197.852	151				21,3	294,3	295,206864
21,29	989,5	31.410.381	52.197.827	152				21,29	294,29	295,179768
21,29	989,8	31.410.524	52.197.800	153				21,29	294,29	295,154177
21,3	990	31.410.638	52.197.715	154				21,3	294,3	295,147152
21,39	990,2	31.410.729	52.197.606	155				21,39	294,39	295,220355
21,47	990,4	31.410.807	52.197.467	156				21,47	294,47	295,283524
21,59	990,6	31.410.863	52.197.317	157				21,59	294,59	295,386797
21,63	990,8	31.410.878	52.197.160	158				21,63	294,63	295,409849
21,7	991	31.410.844	52.197.013	159				21,7	294,7	295,462978
21,8	991,1	31.410.797	52.196.884	160				21,8	294,8	295,554707
21,9	991,3	31.410.734	52.196.777	161				21,9	294,9	295,637902
21,98	991,7	31.410.667	52.196.672	162				21,98	294,98	295,683984
22	991,8	31.410.576	52.196.609	163				22	295	295,695505
22,03	991,9	31.410.492	52.196.597	164				22,03	295,03	295,717048
22,09	992,1	31.410.427	52.196.569	165				22,09	295,09	295,760134
22,1	992,3	31.410.345	52.196.521	166				22,1	295,1	295,753106
22,17	992,6	31.410.263	52.196.490	167				22,17	295,17	295,797687
22,19	992,8	31.410.190	52.196.484	168				22,19	295,19	295,800685
22,14	992,9	31.410.149	52.196.529	169				22,14	295,14	295,742062
22,1	993	31.410.084	52.196.527	170				22,1	295,1	295,693464
22,1	993,6	31.410.000	52.196.544	171				22,1	295,1	295,642385
22,1	993,6	31.409.920	52.196.590	172				22,1	295,1	295,642385
22,11	993,8	31.409.863	52.196.585	173				22,11	295,11	295,635385
22,13	994	31.409.788	52.196.581	174				22,13	295,13	295,638406
22,19	994,2	31.409.710	52.196.579	175				22,19	295,19	295,681495
22,2	994,3	31.409.644	52.196.575	176				22,2	295,2	295,683007
22,2	994,7	31.409.565	52.196.583	177				22,2	295,2	295,648995
22,2	994,8	31.409.496	52.196.633	178				22,2	295,2	295,640495
22,08	995	31.409.472	52.196.708	179				22,08	295,08	295,503326

18/4/2008 - 08h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
21,91	995,3	31.409.486	52.196.805	180				21,91	294,91	295,30762
21,8	995,5	31.409.540	52.196.915	181				21,8	294,8	295,180509
21,7	995,5	31.409.624	52.197.000	182				21,7	294,7	295,08038
21,6	996,4	31.409.720	52.197.082	183				21,6	294,6	294,904024
21,5	996,2	31.409.879	52.197.116	184				21,5	294,5	294,820847
21,43	996,4	31.410.005	52.197.125	185				21,43	294,43	294,733849
21,4	996,6	31.410.132	52.197.138	186				21,4	294,4	294,686902
21,3	997,2	31.410.267	52.197.188	187				21,3	294,3	294,536101
21,29	997,2	31.410.405	52.197.153	188				21,29	294,29	294,526093
21,29	997,5	31.410.520	52.197.046	189				21,29	294,29	294,500756
21,3	997,8	31.410.615	52.196.886	190				21,3	294,3	294,485436
21,4	998	31.410.645	52.196.727	191				21,4	294,4	294,568614
21,49	998,1	31.410.606	52.196.596	192				21,49	294,49	294,650222
21,51	998,3	31.410.536	52.196.473	193	21,51	294,51	294,653347			
21,59	998,4	31.410.465	52.196.400	194	21,59	294,59	294,724943			
21,59	998,6	31.410.412	52.196.316	195	21,59	294,59	294,70806			
21,59	998,9	31.410.352	52.196.256	196	21,59	294,59	294,682744			
21,56	999	31.410.289	52.196.231	197	21,56	294,56	294,644298			
21,5	999,2	31.410.228	52.196.211	198	21,5	294,5	294,567416			
21,5	999,4	31.410.162	52.196.195	199	21,5	294,5	294,550556			
21,49	999,6	31.410.088	52.196.182	200	21,49	294,49	294,523698			
21,44	999,8	31.410.018	52.196.189	201				21,44	294,44	294,456844
21,33	1000,2	31.409.964	52.196.235	202				21,33	294,33	294,313166
21,19	1000,4	31.409.938	52.196.284	203				21,19	294,19	294,156353
21,03	1000,6	31.409.913	52.196.332	204				21,03	294,03	293,979564
20,9	1000,8	31.409.869	52.196.388	205				20,9	293,9	293,83279
20,7	1001,4	31.409.817	52.196.438	206				20,7	293,7	293,582508
20,58	1001,3	31.409.793	52.196.498	207				20,58	293,58	293,470938
20,4	1001,8	31.409.772	52.196.557	208				20,4	293,4	293,249132
20,21	1001,9	31.409.768	52.196.654	209				20,21	293,21	293,050864
20,09	1002,1	31.409.789	52.196.744	210				20,09	293,09	292,914207
19,9	1002,3	31.409.827	52.196.844	211				19,9	292,9	292,707615
19,71	1002,5	31.409.909	52.196.913	212				19,71	292,71	292,501048
19,59	1002,6	31.409.977	52.196.978	213				19,59	292,59	292,372793
19,41	1002,9	31.410.068	52.197.026	214				19,41	292,41	292,167926
19,3	1003,2	31.410.169	52.197.050	215				19,3	292,3	292,033036
19,2	1003,3	31.410.280	52.197.002	216				19,2	292,2	291,924805
19,19	1003,5	31.410.386	52.196.903	217				19,19	292,19	291,898174
19,15	1003,8	31.410.469	52.196.762	218				19,15	292,15	291,833265
19,2	1004	31.410.486	52.196.605	219	19,2	292,2	291,86658			
19,2	1004,3	31.410.441	52.196.467	220	19,2	292,2	291,841643			
19,21	1004,4	31.410.365	52.196.374	221	19,21	292,21	291,84332			
19,2	1004,5	31.410.299	52.196.289	222	19,2	292,2	291,825023			
19,19	1004,8	31.410.219	52.196.208	223	19,19	292,19	291,790115			
19,1	1005,1	31.410.134	52.196.147	224	19,1	292,1	291,675335			
19,08	1005,2	31.410.046	52.196.134	225				19,08	292,08	291,647065
18,96	1005,4	31.409.961	52.196.164	226				18,96	291,96	291,510656
18,8	1005,7	31.409.889	52.196.217	227				18,8	291,8	291,326044

18/4/2008 - 08h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
18,6	1006	31.409.839	52.196.301	228				18,6	291,6	291,101536
18,39	1006,4	31.409.803	52.196.386	229				18,39	291,39	290,858824
18,09	1006,5	31.409.795	52.196.504	230				18,09	291,09	290,551114
17,79	1006,9	31.409.820	52.196.624	231				17,79	290,79	290,218688
17,5	1007	31.409.868	52.196.717	232				17,5	290,5	289,921023
17,3	1007,3	31.409.950	52.196.769	233				17,3	290,3	289,696741
17,1	1007,4	31.410.053	52.196.771	234				17,1	290,1	289,488937
17	1007,6	31.410.152	52.196.743	235				17	290	289,372719
16,91	1007,7	31.410.242	52.196.688	236				16,91	289,91	289,274703
16,89	1007,9	31.410.323	52.196.616	237				16,89	289,89	289,23833
16,8	1007,9	31.410.377	52.196.535	238				16,8	289,8	289,148532
16,8	1008,3	31.410.419	52.196.442	239	16,8	289,8	289,115721			
16,8	1008,5	31.410.414	52.196.341	240	16,8	289,8	289,099322			
16,85	1008,4	31.410.367	52.196.258	241	16,85	289,85	289,157401			
16,86	1008,7	31.410.290	52.196.192	242	16,86	289,86	289,142778			
16,8	1008,9	31.410.202	52.196.173	243	16,8	289,8	289,066536			
16,8	1009	31.410.113	52.196.164	244	16,8	289,8	289,058342			
16,77	1009,2	31.410.026	52.196.122	245				16,77	289,77	289,012036
16,78	1009,7	31.409.942	52.196.091	246				16,78	289,78	288,98107
16,7	1009,6	31.409.876	52.196.145	247				16,7	289,7	288,909474
16,6	1009,8	31.409.840	52.196.237	248				16,6	289,6	288,793386
16,41	1010	31.409.849	52.196.337	249				16,41	289,41	288,587569
16,29	1010,1	31.409.897	52.196.423	250				16,29	289,29	288,459742
16,17	1010,1	31.409.969	52.196.492	251				16,17	289,17	288,340087
16,09	1010	31.410.057	52.196.551	252				16,09	289,09	288,268479
15,99	1010	31.410.150	52.196.582	253				15,99	288,99	288,168763
15,92	1010,1	31.410.238	52.196.573	254				15,92	288,92	288,090804
15,94	1010	31.410.315	52.196.517	255	15,94	288,94	288,118905			
16	1010,1	31.410.360	52.196.428	256	16	289	288,170575			
16,05	1010	31.410.387	52.196.325	257	16,05	289,05	288,228592			
16,11	1010	31.410.407	52.196.225	258	16,11	289,11	288,288422			
16,19	1010,1	31.410.397	52.196.111	259	16,19	289,19	288,360029			
16,21	1010,2	31.410.364	52.196.014	260	16,21	289,21	288,371807			
16,29	1010,2	31.410.310	52.195.940	261	16,29	289,29	288,451575			
16,3	1010,4	31.410.240	52.195.897	262	16,3	289,3	288,445215			
16,31	1010,5	31.410.156	52.195.909	263	16,31	289,31	288,447021			
16,3	1010,5	31.410.091	52.195.974	264	16,3	289,3	288,437051			
16,13	1010,9	31.410.059	52.196.068	265	16,13	289,13	288,234931			
16	1011,2	31.410.095	52.196.165	266	16	289	288,080886			
15,9	1011,2	31.410.196	52.196.188	267	15,9	288,9	287,981204			
15,89	1011,4	31.410.285	52.196.181	268	15,89	288,89	287,954948			
15,94	1011,8	31.410.361	52.196.206	269	15,94	288,94	287,972218			
16,07	1011,9	31.410.373	52.196.214	270	16,07	289,07	288,093639			
16,1	1011,9	31.410.372	52.196.217	271	16,1	289,1	288,123538			

APÊNDICE 2

18/4/2008 - 11h											
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA			
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	
32,3	1009,4	31.410.320	52.196.142	1	32,64	305,64	304,82325				
32,03	1009,2	31.410.276	52.196.188	2	32,39	305,39	304,59118				
31,6	1008,2	31.410.204	52.196.294	3	32,3	305,3	304,58776				
31,2	1008,5	31.410.132	52.196.401	4	32,29	305,29	304,55187				
30,8	1007,9	31.410.054	52.196.509	5	32,29	305,29	304,60371				
30,41	1007,7	31.409.987	52.196.629	6	32,3	305,3	304,63098				
30,07	1007,4	31.409.962	52.196.756	7	32,29	305,29	304,64694				
29,72	1007,1	31.409.989	52.196.860	8	32,3	305,3	304,68287				
29,4	1006,8	31.410.055	52.196.947	9	32,3	305,3	304,70884				
29,03	1006,6	31.410.145	52.196.977	10	32,03	305,03	304,45666				
28,71	1006,4	31.410.244	52.196.932	11	31,6	304,6	304,04474				
28,41	1006,4	31.410.341	52.196.814	12				31,2	304,2	303,64547	
28,18	1005,9	31.410.375	52.196.667	13				30,8	303,8	303,2893	
28,01	1005,6	31.410.360	52.196.528	14				30,41	303,41	302,9258	
27,92	1005,4	31.410.335	52.196.405	15				30,07	303,07	302,60356	
27,83	1005,3	31.410.270	52.196.273	16				29,72	302,72	302,26269	
27,78	1005,1	31.410.176	52.196.184	17				29,4	302,4	301,96036	
27,71	1005,2	31.410.063	52.196.170	18				29,03	302,03	301,58232	
27,6	1005,3	31.409.969	52.196.249	19				28,71	301,71	301,25422	
27,5	1005,3	31.409.922	52.196.355	20				28,41	301,41	300,95467	
27,34	1004,9	31.409.876	52.196.479	21				28,18	301,18	300,75925	
27,22	1004,7	31.409.833	52.196.597	22				28,01	301,01	300,6066	
27,17	1004,8	31.409.813	52.196.714	23	27,92	300,92	300,50817				
27,1	1004,2	31.409.848	52.196.824	24	27,83	300,83	300,46962				
26,93	1003,9	31.409.914	52.196.927	25	27,78	300,78	300,44535				
26,77	1003,3	31.409.985	52.197.016	26	27,71	300,71	300,42679				
26,62	1002,9	31.410.073	52.197.034	27				27,6	300,6	300,35115	
26,44	1002,7	31.410.182	52.197.026	28				27,5	300,5	300,26836	
26,3	1002,3	31.410.273	52.196.989	29				27,34	300,34	300,14273	
26,14	1001,8	31.410.391	52.196.929	30				27,22	300,22	300,06563	
26	1001,6	31.410.475	52.196.912	31				27,17	300,17	300,03278	
25,9	1001,5	31.410.553	52.196.882	32				27,1	300,1	299,97138	
25,81	1001,4	31.410.631	52.196.812	33				26,93	299,93	299,81002	
25,73	1001,4	31.410.683	52.196.689	34				26,77	299,77	299,65008	
25,71	1001,4	31.410.707	52.196.550	35				26,62	299,62	299,50014	
25,71	1001,1	31.410.689	52.196.392	36				26,44	299,44	299,34586	
25,74	1001,2	31.410.637	52.196.278	37				26,3	299,3	299,19736	
25,81	1001,2	31.410.542	52.196.201	38				26,14	299,14	299,03741	

18/4/2008 - 11h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
25,89	1000,9	31.410.443	52.196.203	39				26	299	298,92308
25,87	1000,8	31.410.360	52.196.217	40				25,9	298,9	298,83165
25,87	1000,8	31.410.244	52.196.202	41				25,81	298,81	298,74167
25,9	1000,8	31.410.124	52.196.185	42				25,73	298,73	298,66169
25,91	1000,8	31.409.993	52.196.196	43				25,71	298,71	298,64169
25,92	1000,8	31.409.867	52.196.227	44	25,71	298,71	298,64169			
25,93	1000,5	31.409.789	52.196.324	45	25,74	298,74	298,69729			
25,9	1000,2	31.409.750	52.196.458	46	25,81	298,81	298,79291			
25,83	1000	31.409.717	52.196.589	47	25,89	298,89	298,89			
25,8	999,9	31.409.672	52.196.706	48	25,87	298,87	298,87855			
25,84	999,3	31.409.648	52.196.832	49	25,87	298,87	298,92986			
25,82	998,6	31.409.654	52.196.958	50	25,9	298,9	299,01979			
25,78	998,3	31.409.697	52.197.074	51				25,91	298,91	299,05549
25,69	998,1	31.409.776	52.197.169	52				25,92	298,92	299,08263
25,55	997,7	31.409.921	52.197.240	53				25,93	298,93	299,12693
25,41	997,2	31.410.027	52.197.286	54				25,9	298,9	299,13979
25,24	997,3	31.410.142	52.197.333	55				25,83	298,83	299,06116
25,13	997,3	31.410.250	52.197.320	56				25,8	298,8	299,03113
25,01	997,4	31.410.379	52.197.287	57				25,84	298,84	299,06259
24,91	997,4	31.410.501	52.197.230	58				25,82	298,82	299,04257
24,82	997,7	31.410.617	52.197.125	59				25,78	298,78	298,97683
24,8	997,5	31.410.699	52.196.950	60				25,69	298,69	298,90391
24,8	997,3	31.410.702	52.196.790	61				25,55	298,55	298,78094
24,84	997,4	31.410.663	52.196.664	62				25,41	298,41	298,63227
24,94	997,2	31.410.569	52.196.589	63				25,24	298,24	298,47926
25,06	996,9	31.410.451	52.196.583	64				25,13	298,13	298,39485
25,15	996,4	31.410.357	52.196.624	65				25,01	298,01	298,31754
25,19	995,9	31.410.274	52.196.672	66				24,91	297,91	298,26025
25,17	995,6	31.410.173	52.196.670	67				24,82	297,82	298,19584
25,2	995,3	31.410.057	52.196.613	68				24,8	297,8	298,20152
25,29	995,1	31.409.937	52.196.598	69				24,8	297,8	298,21866
25,39	994,3	31.409.836	52.196.675	70				24,84	297,84	298,32733
25,4	993,9	31.409.768	52.196.793	71				24,94	297,94	298,46183
25,35	993,3	31.409.709	52.196.922	72				25,06	298,06	298,63362
25,33	992,8	31.409.653	52.197.052	73				25,15	298,15	298,76681
25,3	992,4	31.409.620	52.197.162	74				25,19	298,19	298,84133
25,24	992,3	31.409.627	52.197.273	75				25,17	298,17	298,8299
25,13	992,2	31.409.711	52.197.356	76				25,2	298,2	298,86858
24,94	992,2	31.409.855	52.197.351	77				25,29	298,29	298,95878
24,79	992	31.410.179	52.197.479	78				25,39	298,39	299,07625
24,64	992,1	31.410.305	52.197.433	79				25,4	298,4	299,07765
24,5	992,1	31.410.429	52.197.397	80				25,35	298,35	299,02754
24,46	992,3	31.410.513	52.197.343	81				25,33	298,33	298,99025
24,4	992,5	31.410.598	52.197.250	82				25,3	298,3	298,94296
24,3	992,8	31.410.715	52.197.136	83				25,24	298,24	298,85699
24,31	993,1	31.410.800	52.197.001	84				25,13	298,13	298,72095
24,39	993,1	31.410.837	52.196.843	85				24,94	297,94	298,53058
24,39	993,2	31.410.828	52.196.700	86				24,79	297,79	298,37169

18/4/2008 - 11h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
24,45	993,4	31.410.771	52.196.587	87				24,64	297,64	298,20422
24,56	993,2	31.410.678	52.196.523	88				24,5	297,5	298,08112
24,69	993,1	31.410.557	52.196.486	89				24,46	297,46	298,04963
24,7	992,9	31.410.465	52.196.450	90				24,4	297,4	298,00667
24,79	992,9	31.410.361	52.196.376	91				24,3	297,3	297,90647
24,92	992,6	31.410.259	52.196.371	92				24,31	297,31	297,94224
25	992,1	31.410.181	52.196.437	93				24,39	297,39	298,06536
25	992	31.410.106	52.196.452	94				24,39	297,39	298,07395
25,08	991,7	31.410.000	52.196.392	95				24,45	297,45	298,15988
25,11	991,7	31.409.897	52.196.394	96	24,56	297,56	298,27014			
25,17	991,7	31.409.840	52.196.482	97	24,69	297,69	298,40045			
25,1	991,3	31.409.806	52.196.570	98	24,7	297,7	298,44491			
25,16	991,1	31.409.786	52.196.657	99	24,79	297,79	298,55236			
25,17	991,1	31.409.773	52.196.753	100	24,92	297,92	298,68269			
25,09	991	31.409.810	52.196.840	101				25	298	298,77152
24,98	990,9	31.409.866	52.196.915	102				25	298	298,78014
24,8	990,8	31.409.946	52.197.017	103				25,08	298,08	298,86898
24,7	990,7	31.410.067	52.197.099	104				25,11	298,11	298,90769
24,6	990,8	31.410.154	52.197.169	105				25,17	298,17	298,95922
24,49	990,6	31.410.255	52.197.276	106				25,1	298,1	298,90629
24,41	990,5	31.410.361	52.197.322	107				25,16	298,16	298,97509
24,37	990,8	31.410.472	52.197.316	108				25,17	298,17	298,95922
24,29	990,7	31.410.589	52.197.233	109				25,09	298,09	298,88763
24,2	990,7	31.410.694	52.197.134	110				24,98	297,98	298,77734
24,2	990,9	31.410.804	52.197.040	111				24,8	297,8	298,57962
24,21	990,6	31.410.859	52.196.924	112				24,7	297,7	298,50521
24,24	990,5	31.410.904	52.196.783	113				24,6	297,6	298,41355
24,29	990,2	31.410.896	52.196.666	114				24,49	297,49	298,3291
24,3	990	31.410.852	52.196.563	115				24,41	297,41	298,2661
24,39	990,1	31.410.824	52.196.444	116				24,37	297,37	298,21737
24,46	990	31.410.765	52.196.343	117				24,29	297,29	298,14576
24,54	989,7	31.410.658	52.196.266	118				24,2	297,2	298,08134
24,69	989,2	31.410.561	52.196.223	119				24,2	297,2	298,12442
24,78	988,7	31.410.479	52.196.212	120				24,21	297,21	298,17756
24,82	988,5	31.410.380	52.196.227	121				24,24	297,24	298,22492
24,9	988,3	31.410.315	52.196.254	122				24,29	297,29	298,29234
24,9	988,1	31.410.265	52.196.277	123				24,3	297,3	298,31964
24,97	987,8	31.410.194	52.196.286	124				24,39	297,39	298,43587
25	987,6	31.410.127	52.196.283	125	24,46	297,46	298,5234			
25,01	987,3	31.410.055	52.196.252	126	24,54	297,54	298,62964			
25,09	986,9	31.409.997	52.196.222	127	24,69	297,69	298,81481			
25,09	986,6	31.409.947	52.196.212	128	24,78	297,78	298,93115			
25,1	986,4	31.409.856	52.196.281	129	24,82	297,82	298,98864			
25,1	985,8	31.409.848	52.196.407	130	24,9	297,9	299,121			
25	985,3	31.409.899	52.196.523	131	24,9	297,9	299,1644			
24,91	984,7	31.409.939	52.196.631	132	24,97	297,97	299,28684			
24,89	984	31.409.980	52.196.730	133	25	298	299,37785			
24,81	983,2	31.409.960	52.196.815	134	25,01	298,01	299,45755			

18/4/2008 - 11h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
24,8	982,8	31.409.899	52.196.842	135				25,09	298,09	299,5728
24,8	982,4	31.409.820	52.196.825	136				25,09	298,09	299,60768
24,81	982,4	31.409.716	52.196.821	137				25,1	298,1	299,61773
24,8	982,1	31.409.680	52.196.926	138				25,1	298,1	299,6439
24,7	981,5	31.409.724	52.197.049	139				25	298	299,59574
24,59	980,9	31.409.802	52.197.114	140				24,91	297,91	299,55764
24,39	980,5	31.409.926	52.197.166	141				24,89	297,89	299,57248
24,24	979,9	31.410.058	52.197.196	142				24,81	297,81	299,54446
24,1	979,8	31.410.204	52.197.193	143				24,8	297,8	299,54315
23,99	979,3	31.410.340	52.197.139	144				24,8	297,8	299,58688
23,88	979,2	31.410.686	52.197.072	145				24,81	297,81	299,60569
23,74	979,3	31.410.722	52.196.899	146				24,8	297,8	299,58688
23,72	979,2	31.410.715	52.196.756	147				24,7	297,7	299,49503
23,84	978,8	31.410.472	52.196.599	148				24,59	297,59	299,41935
23,95	978,3	31.410.395	52.196.660	149				24,39	297,39	299,26185
23,91	978,2	31.410.407	52.196.754	150				24,24	297,24	299,11965
23,81	977,3	31.410.433	52.196.867	151				24,1	297,1	299,05748
23,8	976,8	31.410.366	52.196.935	152				23,99	296,99	298,99051
23,8	976,6	31.410.243	52.196.935	153				23,88	296,88	298,89728
23,83	976	31.410.144	52.196.899	154				23,74	296,74	298,80884
23,8	975,5	31.410.100	52.196.788	155				23,72	296,72	298,83249
23,83	975,5	31.410.033	52.196.680	156				23,84	296,84	298,95335
23,9	975,3	31.409.944	52.196.704	157				23,95	296,95	299,08167
23,9	974,8	31.409.895	52.196.784	158				23,91	296,91	299,08524
23,88	975,1	31.409.836	52.196.817	159				23,81	296,81	298,9582
23,8	974,8	31.409.709	52.196.786	160				23,8	296,8	298,97444
23,82	975	31.409.630	52.196.719	161				23,8	296,8	298,9569
23,85	976	31.409.566	52.196.756	162				23,83	296,83	298,89947
23,76	976,1	31.409.544	52.196.914	163				23,8	296,8	298,8605
23,69	976,5	31.409.552	52.197.053	164				23,83	296,83	298,85569
23,59	977	31.409.608	52.197.190	165				23,9	296,9	298,88241
23,4	976,9	31.409.716	52.197.327	166				23,9	296,9	298,89116
23,25	977,4	31.409.848	52.197.397	167				23,88	296,88	298,82729
23,1	977,5	31.410.004	52.197.379	168				23,8	296,8	298,73802
23,01	977,5	31.410.133	52.197.281	169				23,82	296,82	298,75815
23	977,7	31.410.168	52.197.152	170				23,85	296,85	298,77087
23,1	977,6	31.410.104	52.197.038	171				23,76	296,76	298,68902
23,2	977,6	31.410.041	52.196.999	172				23,69	296,69	298,61857
23,24	978	31.409.998	52.196.978	173				23,59	296,59	298,48299
23,29	978,3	31.409.907	52.196.900	174				23,4	296,4	298,26562
23,38	978,6	31.409.806	52.196.828	175				23,25	296,25	298,08853
23,42	979,4	31.409.728	52.196.856	176				23,1	296,1	297,86798
23,47	979,6	31.409.649	52.196.988	177				23,01	296,01	297,76005
23,44	979,4	31.409.600	52.197.128	178				23	296	297,76738
23,49	979,5	31.409.595	52.197.198	179				23,1	296,1	297,85928
23,4	980,4	31.409.599	52.197.319	180				23,2	296,2	297,88162
23,33	980,1	31.409.669	52.197.457	181				23,24	296,24	297,94793
23,27	980,8	31.409.820	52.197.526	182				23,29	296,29	297,93737

18/4/2008 - 11h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
23,13	981,2	31.409.985	52.197.536	183				23,38	296,38	297,99312
23,02	981,8	31.410.190	52.197.546	184				23,42	296,42	297,98124
22,98	982,8	31.410.405	52.197.579	185				23,47	296,47	297,94474
22,9	983,6	31.410.612	52.197.520	186				23,44	296,44	297,84527
22,89	983,2	31.410.797	52.197.405	187				23,49	296,49	297,93016
22,84	982,5	31.411.001	52.197.373	188				23,4	296,4	297,9004
22,9	982,3	31.410.992	52.197.469	189				23,33	296,33	297,84739
22,99	982,2	31.410.863	52.197.537	190				23,27	296,27	297,79575
23,1	982,3	31.410.769	52.197.631	191				23,13	296,13	297,64636
23,09	982,9	31.410.790	52.197.782	192				23,02	296,02	297,48384
22,99	982,6	31.410.869	52.197.869	193				22,98	295,98	297,46962
23	982,2	31.410.872	52.197.759	194				22,9	295,9	297,42385
23,14	981,9	31.410.809	52.197.483	195				22,89	295,89	297,43978
23,27	981,3	31.410.715	52.197.481	196				22,84	295,84	297,44151
23,29	981	31.410.690	52.197.402	197				22,9	295,9	297,52785
23,3	980,7	31.410.703	52.197.259	198				22,99	295,99	297,64438
23,39	980,7	31.410.698	52.197.165	199				23,1	296,1	297,755
23,48	980,7	31.410.633	52.197.141	200				23,09	296,09	297,74494
23,52	980,2	31.410.559	52.197.164	201				22,99	295,99	297,6878
23,57	980,5	31.410.504	52.197.159	202				23	296	297,6718
23,59	980	31.410.417	52.197.105	203				23,14	296,14	297,85604
23,65	979,8	31.410.357	52.197.034	204				23,27	296,27	298,00419
23,65	980	31.410.306	52.196.951	205				23,29	296,29	298,00691
23,7	980,1	31.410.247	52.196.875	206				23,3	296,3	298,00827
23,79	980,3	31.410.151	52.196.857	207				23,39	296,39	298,0814
23,8	980,8	31.410.046	52.196.881	208				23,48	296,48	298,12843
23,79	980,9	31.409.920	52.196.899	209				23,52	296,52	298,15996
23,8	981,5	31.409.815	52.196.899	210				23,57	296,57	298,15808
23,8	982,6	31.409.707	52.196.888	211				23,59	296,59	298,08269
23,8	985,6	31.409.570	52.196.954	212				23,65	296,65	297,88316
23,8	986,5	31.409.473	52.197.160	213				23,65	296,65	297,80541
23,71	988,3	31.409.509	52.197.412	214				23,7	296,7	297,70035
23,68	989,7	31.409.702	52.197.629	215				23,79	296,79	297,67012
23,59	991,6	31.409.943	52.197.721	216				23,8	296,8	297,51691
23,5	992,6	31.410.185	52.197.676	217				23,79	296,79	297,42113
23,54	993,9	31.410.362	52.197.537	218				23,8	296,8	297,31984
23,59	994,7	31.410.491	52.197.315	219				23,8	296,8	297,25143
23,66	995,7	31.410.589	52.196.949	220				23,8	296,8	297,16602
23,8	995,4	31.410.491	52.196.796	221				23,8	296,8	297,19163
24	995,4	31.410.382	52.196.762	222				23,71	296,71	297,10151
24,1	995,2	31.410.217	52.196.907	223				23,68	296,68	297,08854
24,2	995,1	31.410.125	52.196.890	224				23,59	296,59	297,00696
24,3	995,2	31.410.023	52.196.843	225				23,5	296,5	296,9083
24,4	994,8	31.409.928	52.196.807	226				23,54	296,54	296,98249
24,5	994,7	31.409.828	52.196.761	227				23,59	296,59	297,04111
24,59	995,1	31.409.757	52.196.761	228				23,66	296,66	297,07705
24,65	994,8	31.409.697	52.196.856	229				23,8	296,8	297,24288
24,7	994,6	31.409.675	52.196.967	230				24	297	297,46029

18/4/2008 - 11h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
24,7	994,1	31.409.709	52.197.058	231				24,1	297,1	297,60324
24,68	994,4	31.409.751	52.197.158	232				24,2	297,2	297,67772
24,59	993,8	31.409.822	52.197.259	233				24,3	297,3	297,82928
24,5	994,2	31.409.914	52.197.374	234				24,4	297,4	297,89518
24,4	994,3	31.410.060	52.197.425	235				24,5	297,5	297,98677
24,3	994,3	31.410.224	52.197.469	236				24,59	297,59	298,07692
24,2	994,6	31.410.387	52.197.481	237				24,65	297,65	298,11129
24,1	994,6	31.410.545	52.197.458	238				24,7	297,7	298,16137
24,01	994,8	31.410.732	52.197.406	239				24,7	297,7	298,14423
24	994,9	31.410.851	52.197.292	240				24,68	297,68	298,11563
24	994,8	31.410.904	52.197.141	241				24,59	297,59	298,03406
24,03	995,1	31.410.927	52.196.973	242				24,5	297,5	297,91824
24,18	995	31.410.888	52.196.849	243				24,4	297,4	297,82665
24,3	994,8	31.410.790	52.196.798	244				24,3	297,3	297,74363
24,49	994,5	31.410.676	52.196.781	245				24,2	297,2	297,66916
24,59	994,3	31.410.592	52.196.769	246				24,1	297,1	297,58612
24,7	993,9	31.410.485	52.196.757	247				24,01	297,01	297,53021
24,71	993,8	31.410.365	52.196.701	248				24	297	297,52875
24,8	994	31.410.259	52.196.618	249				24	297	297,51163
24,89	994,2	31.410.149	52.196.622	250				24,03	297,03	297,52456
24,9	994,2	31.410.020	52.196.690	251				24,18	297,18	297,67481
24,9	994	31.409.934	52.196.753	252				24,3	297,3	297,81214
24,9	994,4	31.409.813	52.196.765	253				24,49	297,49	297,96818
24,9	995,2	31.409.682	52.196.763	254				24,59	297,59	297,9998
24,9	995,5	31.409.580	52.196.842	255				24,7	297,7	298,08425
24,9	995,7	31.409.553	52.196.987	256				24,71	297,71	298,07714
24,89	996,1	31.409.618	52.197.117	257				24,8	297,8	298,133
24,8	996	31.409.738	52.197.231	258				24,89	297,89	298,23167
24,7	995,6	31.409.866	52.197.282	259				24,9	297,9	298,27594
24,6	995,5	31.409.982	52.197.334	260				24,9	297,9	298,28451
24,5	995,8	31.410.092	52.197.398	261				24,9	297,9	298,25881
24,46	996,3	31.410.242	52.197.426	262				24,9	297,9	298,21599
24,39	996,3	31.410.405	52.197.392	263				24,9	297,9	298,21599
24,39	995,9	31.410.513	52.197.250	264				24,9	297,9	298,25024
24,4	995,9	31.410.570	52.197.063	265				24,89	297,89	298,24023
24,49	996,2	31.410.568	52.196.895	266				24,8	297,8	298,12444
24,59	996,6	31.410.519	52.196.733	267				24,7	297,7	297,99012
24,62	996,8	31.410.416	52.196.586	268				24,6	297,6	297,87293
24,69	997,2	31.410.268	52.196.477	269				24,5	297,5	297,73867
24,8	997,3	31.410.105	52.196.439	270				24,46	297,46	297,6901
24,9	997,3	31.409.997	52.196.437	271				24,39	297,39	297,62004
24,9	998,6	31.409.906	52.196.427	272				24,39	297,39	297,50918
24,91	999,1	31.409.802	52.196.562	273				24,4	297,4	297,4766
24,92	999	31.409.793	52.196.710	274				24,49	297,49	297,57514
24,98	999,1	31.409.807	52.196.800	275				24,59	297,59	297,66664
24,94	999,7	31.409.796	52.196.908	276				24,62	297,62	297,64554
24,98	999,8	31.409.837	52.197.009	277				24,69	297,69	297,70703
24,91	1000,3	31.409.896	52.197.108	278				24,8	297,8	297,77445

18/4/2008 - 11h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
24,89	1000,4	31.410.011	52.197.186	279				24,9	297,9	297,86593
24,8	1000,4	31.410.132	52.197.192	280				24,9	297,9	297,86593
24,76	1000,2	31.410.267	52.197.131	281				24,91	297,91	297,89296
24,7	999,6	31.410.399	52.197.040	282				24,92	297,92	297,95409
24,7	999,5	31.410.539	52.196.962	283				24,98	297,98	298,02262
24,69	999,1	31.410.616	52.196.874	284				24,94	297,94	298,01673
24,68	998,9	31.410.694	52.196.742	285				24,98	297,98	298,07381
24,7	998,9	31.410.727	52.196.596	286				24,91	297,91	298,00379
24,8	999,1	31.410.680	52.196.481	287				24,89	297,89	297,96672
24,9	999,4	31.410.581	52.196.399	288				24,8	297,8	297,85112
25,02	999,4	31.410.491	52.196.368	289				24,76	297,76	297,81112
25,1	999,8	31.410.428	52.196.383	290				24,7	297,7	297,71703
25,19	999,8	31.410.354	52.196.418	291				24,7	297,7	297,71703
25,2	1000	31.410.292	52.196.442	292				24,69	297,69	297,69
25,2	1000,1	31.410.224	52.196.447	293				24,68	297,68	297,67149
25,24	1000,7	31.410.120	52.196.406	294				24,7	297,7	297,64043
25,3	1000,8	31.410.039	52.196.412	295	24,8	297,8	297,7319			
25,38	1001,2	31.409.983	52.196.447	296	24,9	297,9	297,79784			
25,39	1001,3	31.409.908	52.196.477	297	25,02	298,02	297,90929			
25,4	1001,8	31.409.844	52.196.526	298	25,1	298,1	297,94672			
25,43	1001,8	31.409.814	52.196.633	299	25,19	298,19	298,03667			
25,48	1001,6	31.409.807	52.196.758	300				25,2	298,2	298,06368
25,49	1001,2	31.409.797	52.196.883	301				25,2	298,2	298,09774
25,49	1001,5	31.409.797	52.196.996	302				25,24	298,24	298,11218
25,49	1001,5	31.409.819	52.197.112	303				25,3	298,3	298,17215
25,44	1001,9	31.409.885	52.197.219	304				25,38	298,38	298,21806
25,39	1001,8	31.410.015	52.197.253	305				25,39	298,39	298,23657
25,29	1001,7	31.410.155	52.197.225	306				25,4	298,4	298,25508
25,2	1001,7	31.410.294	52.197.163	307				25,43	298,43	298,28506
25,1	1001,7	31.410.436	52.197.082	308				25,48	298,48	298,33504
25,1	1002,1	31.410.543	52.196.971	309				25,49	298,49	298,31097
25,07	1002,6	31.410.706	52.196.748	310				25,49	298,49	298,26841
25,03	1002,8	31.410.703	52.196.615	311				25,49	298,49	298,2514
25,09	1003,1	31.410.630	52.196.518	312				25,44	298,44	298,17593
25,19	1003,2	31.410.522	52.196.448	313				25,39	298,39	298,11747
25,27	1003,4	31.410.444	52.196.429	314				25,29	298,29	298,00058
25,3	1003,6	31.410.361	52.196.404	315				25,2	298,2	297,89368
25,39	1004,1	31.410.279	52.196.374	316				25,1	298,1	297,75137
25,49	1004,5	31.410.193	52.196.371	317				25,1	298,1	297,71745
25,51	1004,8	31.410.107	52.196.412	318				25,07	298,07	297,66207
25,59	1004,8	31.410.016	52.196.445	319				25,03	298,03	297,62212
25,63	1005,1	31.409.930	52.196.462	320	25,09	298,09	297,65663			
25,78	1004,9	31.409.874	52.196.558	321	25,19	298,19	297,77343			
25,86	1004,7	31.409.881	52.196.699	322	25,27	298,27	297,87027			
25,8	1004,9	31.409.947	52.196.837	323	25,3	298,3	297,88327			
25,7	1004,7	31.410.035	52.196.946	324	25,39	298,39	297,99011			
25,6	1005	31.410.139	52.197.018	325						
25,5	1005,6	31.410.261	52.197.084	326				25,51	298,51	298,03362

18/4/2008 - 11h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE-S	LONGITUDE-W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
25,39	1005,4	31.410.400	52.197.109	327				25,59	298,59	298,13045
25,36	1005,5	31.410.526	52.197.089	328				25,63	298,63	298,16191
25,39	1005,3	31.410.648	52.197.012	329				25,78	298,78	298,32865
25,39	1005,2	31.410.741	52.196.906	330				25,86	298,86	298,41702
25,4	1005,3	31.410.815	52.196.779	331				25,8	298,8	298,34862
25,4	1005,6	31.410.862	52.196.651	332				25,7	298,7	298,22332
25,4	1005,9	31.410.856	52.196.537	333				25,6	298,6	298,09805
25,49	1006,1	31.410.796	52.196.447	334				25,5	298,5	297,98127
25,59	1006,3	31.410.729	52.196.413	335				25,39	298,39	297,85453
25,67	1006,6	31.410.645	52.196.396	336				25,36	298,36	297,79919
25,7	1007,1	31.410.551	52.196.364	337				25,39	298,39	297,78684
25,79	1007,3	31.410.470	52.196.326	338				25,39	298,39	297,76993
25,8	1007,5	31.410.400	52.196.280	339				25,4	298,4	297,763
25,9	1007,5	31.410.314	52.196.242	340				25,4	298,4	297,763
26	1007,4	31.410.233	52.196.239	341				25,4	298,4	297,77145
26,09	1007,6	31.410.150	52.196.261	342				25,49	298,49	297,84435
26,1	1008	31.410.075	52.196.308	343				25,59	298,59	297,91032
26,19	1007,8	31.410.029	52.196.425	344	25,67	298,67	298,00705			
26,19	1008	31.410.022	52.196.551	345	25,7	298,7	298,02007			
26,1	1008,6	31.410.060	52.196.652	346	25,79	298,79	298,05913			
26	1008,7	31.410.141	52.196.739	347	25,8	298,8	298,06066			
25,96	1009	31.410.260	52.196.773	348	25,9	298,9	298,13505			
25,84	1009,4	31.410.378	52.196.769	349	26	299	298,20099			
25,77	1009,7	31.410.479	52.196.724	350	26,09	299,09	298,2654			
25,73	1009,9	31.410.556	52.196.619	351				26,1	299,1	298,25848
25,8	1009,9	31.410.601	52.196.506	352				26,19	299,19	298,34823
25,89	1010,3	31.410.599	52.196.398	353				26,19	299,19	298,31444
25,97	1010,7	31.410.555	52.196.293	354				26,1	299,1	298,19094
26,1	1010,5	31.410.476	52.196.239	355				26	299	298,10812
26,15	1011	31.410.404	52.196.196	356				25,96	298,96	298,02607
26,21	1011,1	31.410.341	52.196.146	357				25,84	298,84	297,89802
26,64	1011,2	31.410.301	52.196.118	358				25,77	298,77	297,81981
26,98	1011,2	31.410.300	52.196.119	359	25,73	298,73	297,77994			
27,2	1011,2	31.410.296	52.196.125	360	25,8	298,8	297,84972			

APÊNDICE 3

18/4/2008 - 18h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE S	LONGITUDE W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
20,93	1008,8	31.410.298	52.196.105	1	20,93	293,93	293,19439			
20,86	1008,3	31.410.357	52.196.135	2	20,86	293,86	293,16613			
20,89	1007,5	31.410.507	52.196.220	3	20,89	293,89	293,26263			
20,97	1006,8	31.410.660	52.196.285	4				20,97	293,97	293,40077
21,03	1006	31.410.806	52.196.297	5				21,03	294,03	293,52738
21,1	1005,4	31.410.922	52.196.259	6				21,1	294,1	293,64736
21,19	1005	31.411.029	52.196.208	7				21,19	294,19	293,77066
21,27	1004,4	31.411.101	52.196.134	8				21,27	294,27	293,90073
21,3	1004	31.411.106	52.196.013	9				21,3	294,3	293,96418
21,37	1003,2	31.411.073	52.195.924	10				21,37	294,37	294,10115
21,41	1002,7	31.411.012	52.195.835	11				21,41	294,41	294,18305
21,46	1002,1	31.410.947	52.195.761	12				21,46	294,46	294,28339
21,5	1001,5	31.410.874	52.195.681	13				21,5	294,5	294,37378
21,51	1001,1	31.410.796	52.195.614	14				21,51	294,51	294,41741
21,57	1000,3	31.410.700	52.195.554	15				21,57	294,57	294,54473
21,59	999,9	31.410.589	52.195.552	16	21,59	294,59	294,59843			
21,63	999,5	31.410.478	52.195.618	17	21,63	294,63	294,67215			
21,67	999,1	31.410.375	52.195.766	18	21,67	294,67	294,74589			
21,69	998,3	31.410.322	52.195.960	19	21,69	294,69	294,83344			
21,7	998	31.410.330	52.196.173	20	21,7	294,7	294,86879			
21,76	997,5	31.410.381	52.196.395	21	21,76	294,76	294,97109			
21,8	997	31.410.485	52.196.575	22				21,8	294,8	295,05343
21,8	996,6	31.410.647	52.196.671	23				21,8	294,8	295,08729
21,8	995,9	31.410.779	52.196.690	24				21,8	294,8	295,1466
21,8	995,5	31.410.893	52.196.641	25				21,8	294,8	295,18051
21,79	994,8	31.410.962	52.196.562	26				21,79	294,79	295,22988
21,79	994,2	31.410.999	52.196.481	27				21,79	294,79	295,28083
21,79	993,8	31.411.030	52.196.385	28				21,79	294,79	295,31482
21,77	993,3	31.411.064	52.196.303	29				21,77	294,77	295,33728
21,76	992,7	31.411.121	52.196.203	30				21,76	294,76	295,3783
21,74	992,1	31.411.163	52.196.113	31				21,74	294,74	295,40934
21,72	991,8	31.411.191	52.196.028	32				21,72	294,72	295,41484
21,72	991,3	31.411.210	52.195.921	33				21,72	294,72	295,45745
21,72	990,7	31.411.205	52.195.825	34				21,72	294,72	295,50862
21,71	990,1	31.411.210	52.195.741	35				21,71	294,71	295,54979
21,7	989,6	31.411.210	52.195.651	36				21,7	294,7	295,58246
21,7	988,9	31.411.229	52.195.563	37				21,7	294,7	295,64229

18/4/2008 - 18h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSÃO hPa	LATITUDE S	LONGITUDE W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
21,69	988,6	31.411.271	52.195.479	38				21,69	294,69	295,65791
21,67	988,1	31.411.227	52.195.398	39				21,67	294,67	295,68062
21,65	988	31.411.142	52.195.323	40				21,65	294,65	295,66911
21,64	987,1	31.411.033	52.195.284	41				21,64	294,64	295,73615
21,62	986,7	31.410.944	52.195.262	42				21,62	294,62	295,75036
21,61	986,1	31.410.863	52.195.223	43				21,61	294,61	295,79177
21,63	985,8	31.410.788	52.195.164	44				21,63	294,63	295,8376
21,65	985,5	31.410.660	52.195.193	45				21,65	294,65	295,88343
21,67	984,7	31.410.569	52.195.324	46				21,67	294,67	295,97225
21,7	984,7	31.410.500	52.195.535	47	21,7	294,7	296,00238			
21,72	984,1	31.410.481	52.195.808	48	21,72	294,72	296,07408			
21,74	983,2	31.410.551	52.196.070	49	21,74	294,74	296,17166			
21,75	982,8	31.410.671	52.196.298	50	21,75	294,75	296,21618			
21,75	982,3	31.410.842	52.196.466	51				21,75	294,75	296,2593
21,73	981,7	31.411.031	52.196.583	52				21,73	294,73	296,29097
21,71	981,2	31.411.205	52.196.581	53				21,71	294,71	296,31403
21,69	981	31.411.308	52.196.495	54				21,69	294,69	296,3112
21,68	980,6	31.411.379	52.196.390	55				21,68	294,68	296,3357
21,67	980,4	31.411.390	52.196.287	56				21,67	294,67	296,34294
21,66	979,9	31.411.384	52.196.183	57				21,66	294,66	296,37612
21,65	979,2	31.411.386	52.196.081	58				21,65	294,65	296,42663
21,64	979,2	31.411.414	52.195.986	59				21,64	294,64	296,41657
21,62	979,2	31.411.385	52.195.843	60				21,62	294,62	296,39645
21,61	979	31.411.311	52.195.732	61				21,61	294,61	296,40371
21,6	978,7	31.411.275	52.195.704	62				21,6	294,6	296,41963
21,59	979,3	31.411.249	52.195.693	63				21,59	294,59	296,35762
21,59	979,3	31.411.179	52.195.632	64				21,59	294,59	296,35762
21,58	979,4	31.411.121	52.195.607	65				21,58	294,58	296,3389
21,55	979,7	31.411.106	52.195.586	66				21,55	294,55	296,28277
21,54	979,9	31.411.080	52.195.536	67				21,54	294,54	296,25542
21,53	979,9	31.411.053	52.195.516	68				21,53	294,53	296,24536
21,52	980,2	31.411.064	52.195.479	69				21,52	294,52	296,20937
21,53	980,7	31.411.047	52.195.391	70				21,53	294,53	296,17622
21,54	981,2	31.410.981	52.195.335	71				21,54	294,54	296,14311
21,58	981,9	31.410.863	52.195.348	72				21,58	294,58	296,12292
21,6	982,7	31.410.708	52.195.436	73				21,6	294,6	296,07405
21,61	983,6	31.410.569	52.195.636	74	21,61	294,61	296,0066			
21,67	984,5	31.410.513	52.195.916	75	21,67	294,67	295,98945			
21,69	985	31.410.556	52.196.310	76	21,69	294,69	295,96655			
21,7	985,2	31.410.733	52.196.482	77				21,7	294,7	295,95941
21,69	985,4	31.410.870	52.196.450	78				21,69	294,69	295,93219
21,69	986	31.410.926	52.196.374	79				21,69	294,69	295,88068
21,67	986,8	31.410.966	52.196.257	80				21,67	294,67	295,79198
21,63	988,1	31.411.118	52.196.000	81				21,63	294,63	295,64049
21,65	989,1	31.411.123	52.195.883	82				21,65	294,65	295,57503
21,67	989	31.411.124	52.195.768	83				21,67	294,67	295,60364
21,68	989,5	31.411.133	52.195.702	84				21,68	294,68	295,57095
21,69	990	31.411.116	52.195.623	85				21,69	294,69	295,53827

18/4/2008 - 18h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE S	LONGITUDE W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
21,69	990,3	31.411.073	52.195.547	86				21,69	294,69	295,51267
21,69	990,5	31.411.070	52.195.491	87				21,69	294,69	295,4956
21,68	991,2	31.411.078	52.195.409	88				21,68	294,68	295,42588
21,69	991,3	31.411.036	52.195.287	89				21,69	294,69	295,42738
21,69	991,1	31.410.960	52.195.231	90				21,69	294,69	295,44443
21,67	991,4	31.410.887	52.195.288	91				21,67	294,67	295,3988
21,67	991,7	31.410.821	52.195.258	92				21,67	294,67	295,37324
21,66	991,6	31.410.794	52.195.242	93				21,66	294,66	295,37174
21,65	991,8	31.410.852	52.195.209	94				21,65	294,65	295,34468
21,65	991,8	31.410.934	52.195.171	95				21,65	294,65	295,34468
21,64	992	31.410.988	52.195.135	96				21,64	294,64	295,31763
21,63	992,2	31.410.982	52.195.077	97				21,63	294,63	295,29058
21,62	992,2	31.410.914	52.195.052	98				21,62	294,62	295,28055
21,63	992,3	31.410.818	52.195.073	99				21,63	294,63	295,28207
21,63	992,4	31.410.742	52.195.117	100				21,63	294,63	295,27356
21,63	992,5	31.410.655	52.195.163	101				21,63	294,63	295,26505
21,64	992,6	31.410.564	52.195.231	102				21,64	294,64	295,26656
21,66	992,6	31.410.484	52.195.300	103	21,66	294,66	295,2866			
21,67	992,8	31.410.413	52.195.387	104	21,67	294,67	295,27961			
21,69	993	31.410.339	52.195.522	105	21,69	294,69	295,28264			
21,69	993,1	31.410.289	52.195.694	106	21,69	294,69	295,27414			
21,7	993,1	31.410.267	52.195.891	107	21,7	294,7	295,28415			
21,7	993,4	31.410.303	52.196.097	108	21,7	294,7	295,25865			
21,7	993,5	31.410.419	52.196.279	109	21,7	294,7	295,25015			
21,69	993,5	31.410.553	52.196.371	110	21,69	294,69	295,24013			
21,69	993,8	31.410.670	52.196.407	111				21,69	294,69	295,21464
21,68	993,9	31.410.784	52.196.393	112				21,68	294,68	295,19612
21,66	994,1	31.410.900	52.196.358	113				21,66	294,66	295,1591
21,66	994,4	31.411.009	52.196.280	114				21,66	294,66	295,13363
21,65	994,4	31.411.077	52.196.179	115				21,65	294,65	295,12362
21,65	993,9	31.411.131	52.196.088	116				21,65	294,65	295,16607
21,65	994,3	31.411.117	52.195.986	117				21,65	294,65	295,13211
21,65	993,6	31.411.097	52.195.878	118				21,65	294,65	295,19156
21,65	992,5	31.411.132	52.195.805	119				21,65	294,65	295,28509
21,66	993	31.411.251	52.195.788	120				21,66	294,66	295,25258
21,67	992,2	31.411.380	52.195.782	121				21,67	294,67	295,33067
21,66	991,7	31.411.483	52.195.753	122				21,66	294,66	295,36322
21,66	990,7	31.411.531	52.195.655	123				21,66	294,66	295,44846
21,66	990,9	31.411.527	52.195.588	124				21,66	294,66	295,4314
21,65	990,8	31.411.517	52.195.556	125				21,65	294,65	295,4299
21,64	990,3	31.411.470	52.195.488	126				21,64	294,64	295,46253
21,63	990,1	31.411.409	52.195.431	127				21,63	294,63	295,46957
21,62	990,3	31.411.360	52.195.423	128				21,62	294,62	295,44247
21,61	990,6	31.411.292	52.195.420	129				21,61	294,61	295,40685
21,6	990,7	31.411.231	52.195.395	130				21,6	294,6	295,3883
21,6	990,7	31.411.213	52.195.341	131				21,6	294,6	295,3883
21,6	990,7	31.411.215	52.195.269	132				21,6	294,6	295,3883
21,6	990,8	31.411.194	52.195.221	133				21,6	294,6	295,37977

18/4/2008 - 18h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE S	LONGITUDE W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
21,6	990,9	31.411.159	52.195.167	134				21,6	294,6	295,37124
21,6	991	31.411.083	52.195.152	135				21,6	294,6	295,36272
21,6	991	31.410.995	52.195.193	136				21,6	294,6	295,36272
21,59	991,2	31.410.903	52.195.252	137				21,59	294,59	295,33565
21,6	991,3	31.410.815	52.195.274	138				21,6	294,6	295,33715
21,6	991,3	31.410.741	52.195.273	139				21,6	294,6	295,33715
21,6	991,5	31.410.695	52.195.247	140				21,6	294,6	295,32011
21,6	991,5	31.410.631	52.195.250	141				21,6	294,6	295,32011
21,6	991,5	31.410.544	52.195.326	142				21,6	294,6	295,32011
21,6	991,7	31.410.465	52.195.443	143	21,6	294,6	295,30308			
21,6	992	31.410.393	52.195.605	144	21,6	294,6	295,27753			
21,6	992,1	31.410.381	52.195.825	145	21,6	294,6	295,26902			
21,61	992	31.410.437	52.196.046	146	21,61	294,61	295,28756			
21,62	992,1	31.410.552	52.196.201	147	21,62	294,62	295,28907			
21,62	992,7	31.410.690	52.196.316	148	21,62	294,62	295,23801			
21,63	992,9	31.410.840	52.196.287	149				21,63	294,63	295,23102
21,62	993	31.410.935	52.196.194	150				21,62	294,62	295,2125
21,62	993,6	31.410.969	52.196.093	151				21,62	294,62	295,1615
21,64	994	31.410.985	52.195.981	152				21,64	294,64	295,14756
21,69	994,4	31.411.050	52.195.874	153				21,69	294,69	295,16368
21,69	994,6	31.411.090	52.195.763	154				21,69	294,69	295,14671
21,7	994,6	31.411.120	52.195.673	155				21,7	294,7	295,15672
21,69	994,5	31.411.125	52.195.641	156				21,69	294,69	295,15519
21,7	994,9	31.411.095	52.195.582	157				21,7	294,7	295,13126
21,7	995	31.411.062	52.195.543	158				21,7	294,7	295,12278
21,7	995,1	31.411.079	52.195.485	159				21,7	294,7	295,1143
21,7	995,2	31.411.116	52.195.408	160				21,7	294,7	295,10582
21,7	995,4	31.411.105	52.195.340	161				21,7	294,7	295,08886
21,7	995,5	31.411.030	52.195.311	162				21,7	294,7	295,08038
21,7	995,7	31.410.916	52.195.303	163				21,7	294,7	295,06343
21,71	995,9	31.410.810	52.195.322	164				21,71	294,71	295,05649
21,71	995,9	31.410.703	52.195.327	165				21,71	294,71	295,05649
21,71	996,3	31.410.595	52.195.358	166	21,71	294,71	295,02261			
21,71	996,6	31.410.478	52.195.478	167	21,71	294,71	294,9972			
21,72	996,9	31.410.399	52.195.663	168	21,72	294,72	294,98182			
21,75	997,1	31.410.358	52.195.880	169	21,75	294,75	294,99492			
21,79	997,1	31.410.344	52.196.088	170	21,79	294,79	295,03496			
21,8	997,4	31.410.376	52.196.323	171	21,8	294,8	295,01958			
21,8	997,9	31.410.520	52.196.469	172	21,8	294,8	294,9773			
21,8	997,9	31.410.691	52.196.464	173				21,8	294,8	294,9773
21,81	997,8	31.410.799	52.196.429	174				21,81	294,81	294,99576
21,81	998	31.410.880	52.196.350	175				21,81	294,81	294,97885
21,81	997,7	31.410.932	52.196.240	176				21,81	294,81	295,00421
21,82	997,6	31.411.007	52.196.146	177				21,82	294,82	295,02268
21,81	997,4	31.411.041	52.196.053	178				21,81	294,81	295,02959
21,77	997,1	31.411.062	52.195.952	179				21,77	294,77	295,01494
21,75	996,9	31.411.081	52.195.868	180				21,75	294,75	295,01185
21,74	996,7	31.411.057	52.195.787	181				21,74	294,74	295,01877

18/4/2008 - 18h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE S	LONGITUDE W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
21,74	996,6	31.411.038	52.195.700	182				21,74	294,74	295,02723
21,74	996,4	31.411.008	52.195.604	183				21,74	294,74	295,04417
21,74	996,2	31.410.984	52.195.533	184				21,74	294,74	295,06111
21,77	996,2	31.410.935	52.195.462	185				21,77	294,77	295,09114
21,78	996,4	31.410.848	52.195.437	186				21,78	294,78	295,08421
21,79	996,6	31.410.749	52.195.412	187				21,79	294,79	295,07728
21,79	996,5	31.410.680	52.195.370	188				21,79	294,79	295,08575
21,79	996,6	31.410.639	52.195.331	189				21,79	294,79	295,07728
21,79	996,6	31.410.565	52.195.295	190				21,79	294,79	295,07728
21,8	996,8	31.410.476	52.195.367	191	21,8	294,8	295,07036			
21,8	997	31.410.380	52.195.474	192	21,8	294,8	295,05343			
21,8	997,1	31.410.329	52.195.653	193	21,8	294,8	295,04496			
21,8	997,2	31.410.330	52.195.874	194	21,8	294,8	295,0365			
21,81	997,4	31.410.391	52.196.066	195	21,81	294,81	295,02959			
21,79	997,4	31.410.496	52.196.223	196	21,79	294,79	295,00957			
21,8	997,8	31.410.631	52.196.334	197				21,8	294,8	294,98575
21,8	997,8	31.410.759	52.196.335	198				21,8	294,8	294,98575
21,79	997,9	31.410.847	52.196.269	199				21,79	294,79	294,96729
21,77	998	31.410.894	52.196.178	200				21,77	294,77	294,93883
21,79	997,7	31.410.912	52.196.087	201				21,79	294,79	294,9842
21,8	997,8	31.410.930	52.195.997	202				21,8	294,8	294,98575
21,81	997,8	31.410.954	52.195.895	203				21,81	294,81	294,99576
21,82	997,8	31.410.985	52.195.775	204				21,82	294,82	295,00576
21,82	997,6	31.411.013	52.195.682	205				21,82	294,82	295,02268
21,8	997,6	31.411.059	52.195.592	206				21,8	294,8	295,00266
21,79	997,9	31.411.033	52.195.520	207				21,79	294,79	294,96729
21,8	998,4	31.410.919	52.195.493	208				21,8	294,8	294,93504
21,79	998,6	31.410.762	52.195.489	209				21,79	294,79	294,90814
21,79	998,6	31.410.635	52.195.519	210	21,79	294,79	294,90814			
21,79	998,7	31.410.525	52.195.538	211	21,79	294,79	294,89969			
21,79	998,8	31.410.410	52.195.596	212	21,79	294,79	294,89125			
21,78	998,7	31.410.324	52.195.723	213	21,78	294,78	294,88969			
21,78	999	31.410.292	52.195.882	214	21,78	294,78	294,86436			
21,79	999,2	31.410.302	52.196.099	215	21,79	294,79	294,85748			
21,79	999,2	31.410.361	52.196.290	216	21,79	294,79	294,85748			
21,77	999,6	31.410.490	52.196.384	217	21,77	294,77	294,80373			
21,77	999,6	31.410.626	52.196.343	218	21,77	294,77	294,80373			
21,77	999,8	31.410.707	52.196.260	219				21,77	294,77	294,78686
21,78	1000	31.410.762	52.196.164	220				21,78	294,78	294,78
21,78	999,9	31.410.793	52.196.072	221	21,78	294,78	294,78843			
21,77	1000,1	31.410.790	52.195.997	222	21,77	294,77	294,76157			
21,75	1000,1	31.410.760	52.195.929	223		273	272,99219	21,75	294,75	294,74157
21,75	1000,2	31.410.745	52.195.867	224		273	272,98439	21,75	294,75	294,73314
21,75	1000,4	31.410.773	52.195.801	225		273	272,96878	21,75	294,75	294,71629
21,76	1000,6	31.410.803	52.195.700	226		273	272,95317	21,76	294,76	294,70944
21,75	1000,6	31.410.805	52.195.628	227		273	272,95317	21,75	294,75	294,69944
21,75	1000,8	31.410.798	52.195.562	228				21,75	294,75	294,6826
21,75	1000,8	31.410.769	52.195.489	229				21,75	294,75	294,6826

18/4/2008 - 18h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE S	LONGITUDE W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
21,74	1000,9	31.410.725	52.195.417	230				21,74	294,74	294,66418
21,75	1001	31.410.654	52.195.396	231				21,75	294,75	294,66576
21,75	1001,1	31.410.552	52.195.391	232				21,75	294,75	294,65734
21,75	1001,1	31.410.442	52.195.442	233	21,75	294,75	294,65734			
21,73	1001,3	31.410.339	52.195.547	234	21,73	294,73	294,62051			
21,74	1001,6	31.410.288	52.195.724	235	21,74	294,74	294,60527			
21,76	1001,5	31.410.297	52.195.919	236	21,76	294,76	294,63367			
21,78	1001,7	31.410.341	52.196.099	237	21,78	294,78	294,63683			
21,79	1001,7	31.410.414	52.196.278	238	21,79	294,79	294,64683			
21,79	1001,9	31.410.527	52.196.400	239	21,79	294,79	294,63001			
21,79	1002	31.410.656	52.196.425	240				21,79	294,79	294,6216
21,78	1002	31.410.752	52.196.370	241				21,78	294,78	294,6116
21,77	1002,2	31.410.806	52.196.303	242				21,77	294,77	294,58479
21,77	1002,2	31.410.844	52.196.208	243				21,77	294,77	294,58479
21,76	1002,3	31.410.865	52.196.118	244				21,76	294,76	294,56639
21,75	1002,5	31.410.863	52.196.042	245				21,75	294,75	294,53959
21,77	1002,6	31.410.874	52.195.949	246				21,77	294,77	294,55117
21,77	1002,7	31.410.901	52.195.862	247				21,77	294,77	294,54277
21,75	1002,8	31.410.907	52.195.787	248				21,75	294,75	294,51439
21,74	1002,9	31.410.868	52.195.719	249		273	272,774	21,74	294,74	294,496
21,73	1003,1	31.410.803	52.195.680	250		273	272,75844	21,73	294,73	294,46921
21,73	1003,2	31.410.742	52.195.626	251		273	272,75066	21,73	294,73	294,46082
21,71	1003,2	31.410.669	52.195.571	252				21,71	294,71	294,44084
21,71	1003,3	31.410.560	52.195.554	253	21,71	294,71	294,43244			
21,71	1003,4	31.410.462	52.195.614	254	21,71	294,71	294,42405			
21,7	1003,6	31.410.383	52.195.756	255	21,7	294,7	294,39728			
21,7	1003,7	31.410.330	52.195.936	256	21,7	294,7	294,38889			
21,7	1003,7	31.410.305	52.196.106	257	21,7	294,7	294,38889			
21,69	1003,9	31.410.292	52.196.279	258	21,69	294,69	294,36212			
21,7	1004,1	31.410.307	52.196.454	259	21,7	294,7	294,35534			
21,69	1004,4	31.410.387	52.196.594	260				21,69	294,69	294,32021
21,69	1004,6	31.410.501	52.196.630	261				21,69	294,69	294,30345
21,69	1004,9	31.410.588	52.196.583	262				21,69	294,69	294,27832
21,69	1005,2	31.410.645	52.196.510	263				21,69	294,69	294,2532
21,69	1005,3	31.410.686	52.196.409	264				21,69	294,69	294,24483
21,67	1005,6	31.410.698	52.196.324	265	21,67	294,67	294,19975			
21,65	1005,8	31.410.686	52.196.243	266	21,65	294,65	294,16305			
21,65	1006	31.410.655	52.196.167	267	21,65	294,65	294,14632			
21,61	1006,3	31.410.611	52.196.101	268	21,61	294,61	294,08131			
21,6	1006,5	31.410.563	52.196.040	269	21,6	294,6	294,05462			
21,6	1006,8	31.410.509	52.195.982	270	21,6	294,6	294,02955			
21,6	1007	31.410.440	52.195.926	271	21,6	294,6	294,01285			
21,6	1007,2	31.410.359	52.195.902	272	21,6	294,6	293,99615			
21,6	1007,3	31.410.266	52.195.906	273	21,6	294,6	293,98781			
21,59	1007,6	31.410.179	52.195.940	274	21,59	294,59	293,95279			
21,58	1007,7	31.410.099	52.196.022	275	21,58	294,58	293,93447			
21,53	1007,8	31.410.088	52.196.155	276	21,53	294,53	293,87624			
21,5	1008	31.410.135	52.196.299	277	21,5	294,5	293,82963			

18/4/2008 - 18h										
COLETA					CAMPO (GRAMA)			SOJA		
TEMP. °C	PRESSAO hPa	LATITUDE S	LONGITUDE W	T(s)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)	Temp. (°C)	Temp. (k)	Temp. Pot. (k)
21,49	1008,2	31.410.217	52.196.396	278	21,49	294,49	293,80298			
21,39	1008,4	31.410.317	52.196.433	279	21,39	294,39	293,68655			
21,29	1008,6	31.410.404	52.196.409	280	21,29	294,29	293,57014			
21,19	1008,9	31.410.464	52.196.345	281	21,19	294,19	293,44543			
21	1009,2	31.410.482	52.196.250	282	21	294	293,23097			
20,7	1009,5	31.410.470	52.196.155	283	20,7	293,7	292,90686			
20,59	1009,5	31.410.467	52.196.134	284	20,59	293,59	292,79715			
20,55	1009,6	31.410.468	52.196.133	285	20,55	293,55	292,74897			