



# Lançamento de balões estratosféricos

## Quais as dificuldades?

Alguns colegas já terão desejado lançar um balão estratosférico ou troposférico equipado com um micro repetidor, um sistema de telemedidas com GPS, uma Máquina fotográfica ou até com uma Câmara de vídeo.

Acontece que muitos desistem, porque se deparam com o problema do preço dos materiais a utilizar e o risco de os perder.

O projeto tem ainda de considerar alguns estudos sobre as previsões de voo e a criação de uma equipa para realizar o lançamento e a recolha do equipamento.

O interesse que nos move como radioamadores a despendar tempo e dinheiro nestas atividades, é sempre o científico, aventureiro ou até de simples curiosidade.

Investir numa atividade que nos pode trazer satisfação é assunto para ser bem pensado.

Neste artigo vamos tentar explicar um pouco o processo do lançamento de balões estratosféricos, porque também tínhamos constrangimentos. Para os eliminar reunimos a nossa equipe do GRC- Grupo de Radioamadores e Científico sediado em Cascais e decidimos realizar um projeto faseado para o lançamento de alguns balões. Estudámos o assunto com a ideia de fazer dois lançamentos prévios de treino operacional. O primeiro lançamento correu bem, aprendeu-se muito e o segundo lançamento estará para breve. O terceiro lançamento iniciará a fase virada às transmissões e às telemedidas, porque nesta altura, pensamos que as técnicas de lançamento seguimento e recolha já não serão um problema de preocupação prioritária.

A Internet está cheia de imagens e de páginas sobre o lançamento de balões, onde se pode aprender muito. Verificamos também que não

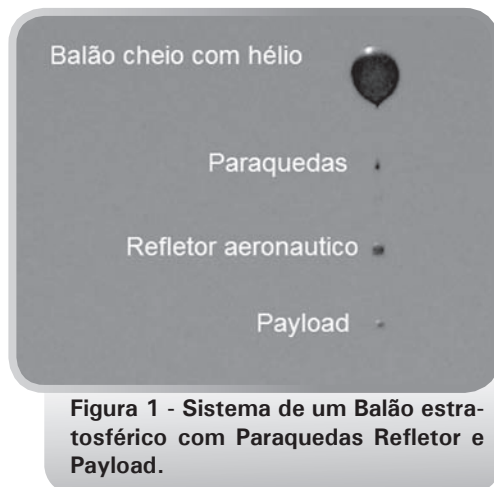
existem páginas que sintetizem as teorias e os cálculos para o lançamento de balões pelo que tentaremos aqui compilar alguns tópicos para ajudar a iniciar esta atividade que também se insere no radioamadorismo, claro está, quando nela estão envolvidos equipamentos de radioamadores.

## A teoria

Um balão sobe quando é cheio com um gás mais leve que o ar. Normalmente o hélio é o gás preferido por não ser inflamável e explosivo em relação ao hidrogénio que é muito perigoso e desaconselhável.

Enquanto sobe, devido à progressiva redução da pressão atmosférica com a altitude, o balão infla e acaba por rebentar a determinado momento – daí, a necessidade de existir um paraquedas para proteger o equipamento durante a queda.

Se o balão for demasiado cheio no lançamento, subirá a grande velocidade e rebentará a baixa altitude por outro lado, se for pouco

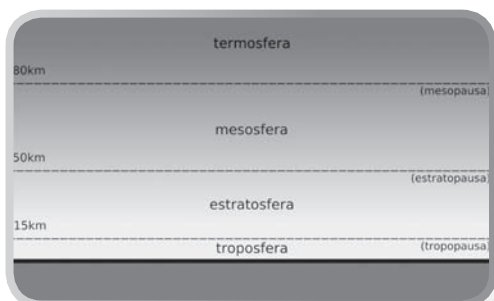


**Figura 1 - Sistema de um Balão estratosférico com Paraquedas Refletor e Payload.**

cheio, subirá lentamente e reventará a altitudes que podem atingir os 45 Km. Neste caso, a carga que o balão levará tem de ser pequena, porque um balão pouco cheio tem pouca força de impulsão. É tudo uma questão de análise e de compromissos.

Um sistema de balão científico é composto pelo Balão, Paraquedas, Refletor de aeronáutica e pelo Payload (Carga paga) onde vai o equipamento técnico. Figura 1

Nos foguetões que se lançam para o espaço, o Payload é constituído pelo satélite que é custeado pelas empresas de telecomunicações;



**Figura 2 - Os balões estratosféricos têm atingido records perto dos 50 Km de altitude.**

o foguete é o veículo. Nos balões passa-se o mesmo: o Balão o Paraquedas e o Refletor são o veículo e o equipamento é o Payload.

Em algumas especificações dos balões, os fabricantes chamam Payload a toda a carga que o balão transporta: Paraquedas, Refletor, e o verdadeiro Payload. É preciso ter isso em consideração durante os cálculos.

Os balões comerciais científicos são de latex, fabricados com as características que definem o diâmetro de enchimento em função do peso da carga a levantar e do diâmetro de rebentamento.

Os balões são

referenciados nos catálogos por um número que representa o seu peso em gramas.

Um balão 350 é um balão com 350 gramas. Se olharmos depois para as características do balão vemos lá indicados vários parâmetros que definem o funcionamento do balão.

Por exemplo: se enchermos o balão CPR-350 mostrado na tabela até atingir 1,3 metros de diâmetro (Diameter at release) o Volume de hélio nele inserido produz uma força ascensional de 1220 gramas que é o Gross Lift ou Força ascensional bruta do gás. Como o gás tem de estar preso dentro do balão, há que subtrair o peso do balão e obtemos  $1220 - 350 = 870$  gramas que é a carga bruta que o balão suporta no seu pescoço chamado também de Neck Lift ou Nozzle Lift.

Se o peso do nosso sistema (Payload, Paraquedas, Refletor) for de 250 gramas o balão sobe com uma Carga Livre de  $870 - 250 = 620$  gramas que é designado em inglês por Free Lift.

Este Free Lift vai determinar a velocidade com que o balão sobe. Se for igual a zero, o balão paira sem subir nem descer.

O leitor pode construir em EXCEL um quadro de cálculo igual ao mostrado na figura 3 e obterá de imediato todos os valores em função do peso de cada uma das partes do sistema e dos diâmetros de enchimento e rebentamento do balão.

O diâmetro de rebentamento, é o indicado pelo fabricante nas características do balão e o diâmetro de enchimento será aquele que é necessário para encher o balão de tal forma que consiga elevar a carga, que é o mesmo dizer que o Free Lift deve ser maior que zero. Se o Free Lift for muito pequeno, o balão subirá muito

Balloon Specific.	300 CPR	350 CPR	500 CPR	CPR - 600	CPR - 800	CPR - 1000	CPR - 1200	CPR - 2000
Weight, gm	300	350	500	600	800	1000	1200	2000
Load, gm	250	250	250	250	250	250	1000	1000
Rec. Free Lift, gm	590	620	700	890	980	1070	1190	1450
Nozzle lift, gm	840	870	950	1140	1230	1320	2190	2450
Gross lift, gm	1180	1220	1450	1740	2030	2320	3390	4450
Diam. at release, m	1.27	1.3	1.35	1.48	1.55	1.64	1.86	2.05
Rate of ascent, m/min	325	325	325	325	325	325	325	325
Diameter at burst, cm	370	400	490	570	650	730	800	1020
Bursting altitude, km	22-23	24-25	25	28-29	30-32	30-32	30-32	34-36
Neck diameter, cm	6.0	6.0	6.0	607.0	8.5	8.5	8.5	8.5
Neck Length	16.00	16.00	18-20	20-22	20-22	20-22	20-22	20-22

lentamente a grande altitude e pode demorar várias horas. Neste caso, os ventos poderão levar o balão a milhares de quilômetros de distância. Por outro lado, se for demasiado cheio, subirá com maior velocidade mas, como terá um diâmetro de enchimento mais próximo do diâmetro de rebentamento, rebentará cedo a baixa altitude.

O tempo normal do percurso de um balão estratosférico desde o lançamento até à queda é de cerca de 2 a 3 horas se as velocidades de subida e de descida forem as recomendadas - cerca de 5 m/s ou 300m/minuto.

As fórmulas que o leitor pode inscrever no seu EXCELL são:

- As casas C2 a C6 são os valores que entram manualmente resultante das pesagens que forem feitas.

- As casas B8 e B10 são os valores dos diâmetros do Balão no lançamento que escolhemos e do rebentamento que é tirado das características do balão indicadas pelo fabricante.

- Casa B9 - Volume de hélio em m3. Formula  $= (3,14 * 4/3) * (B8/2)^3$

- Casa B11 - Impulsão Total do volume de hélio no lançamento (gr). Formula  $= 555 * B8^3$

- Casa B12 - Neck Lift = Impulsão Total - Peso do Balão (gr). Formula  $= B11 - C4$

- Casa B13 - Velocidade de subida (m/segundo). Formula  $= \text{RAIZQ}((B17/1000) * (9,8 / (0,5 * 0,33 * 3,14 * ((B8/2)^2 * 1,225))))$

- Casa B14 - Tempo decorrido até ao rebentamento (minutos). Formula  $= B15 / B13 / 60$

- Casa B15 - Altitude de rebentamento (m). Formula  $= 102500 * 0,212 * \text{LN}((B10) / (B8))$

- Casa B16 - Linha de vista à altitude de rebentamento (Km). Formula  $= \text{RAIZQ}(B15) * 4,12$

- Casa B17 - Poder de Elevação Livre (Free Lift) (gr). Formula  $= B12 - C18$

- Casa C18 - TOTAL DA CARGA (gr). Formula  $= \text{SOMA}(C2:C17) - C4$

Nota : Esta tabela está referenciada para a densidade do hélio.

## A montagem

Antes da montagem do veículo e do Payload há que adquirir os materiais.

## Balão

O Balão pode ser adquirido pela internet no eBay AliExpress etc. Custam entre 50,00 € e 80,00 € dependendo do seu tamanho.

COLUNAS	A	B	C
<b>1- PEÇA</b>		<b>Valores</b>	
2 - Peso de todo o equipamento do payload.			172
3 - CAIXA de esferovite que leva o equipamento do Payload.			22
4 - Peso do balão.			350
5 - Paraquedas de plástico.			40
6 - RADAR com duas placas de esferovite cruzadas 40 x 40 cm.			16
<b>7 - CÁLCULOS</b>			
8 - Diâmetro do Balão cheio no lançamento (m).		1,300	
9 - Volume de hélio (m3).		1,150	
10 - Diâmetro do Balão no rebentamento (m).		4,000	
11 - Impulsão Total do volume de hélio no lançamento (gr).		1219,335	
12 - Neck Lift = Impulsão Total - Peso do Balão (gr).		869,34	
13 - Velocidade de subida (m/segundo).		4,76	
14 - Tempo decorrido até ao rebentamento (minutos).		85,56	
15 - Altitude de rebentamento (m).		24423,00	
16 - Linha de vista à altitude de rebentamento (Km).		643,87	
17 - Poder de Elevação Livre (Free Lift) (gr).		619,34	
18 - TOTAL DA CARGA (gr).			250

Figura 3 - Tabela de cálculo para EXCEL. As casas sombreadas são valores inseridos. As restantes resultam dos cálculos.

## Paraquedas

O paraquedas também pode ser adquirido por cerca de 20,00 €. Nós optamos por construir o paraquedas, porque é fácil e está bem explicado na Internet. Para o disco de abertura em esferovite improvisámos uma serra de fio quente de cromoníquel retirado e um velho aquecedor com a temperatura regulada por um reóstato e alimentado por 12Volts. Conforme mostram as figuras.



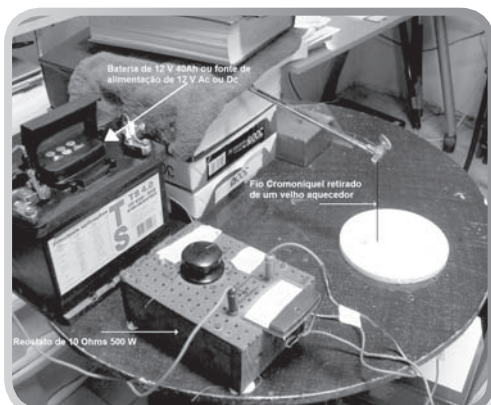
**Figura 4 - Paraquedas em montagem**



**Figura 6- Centrando a placa de esferovite para proceder ao corte circular**



**Figura 7- Obtenção do aro onde se fazem depois 8 golpes com um X-ato para neles se entalarem os fios do paraquedas, colados com cola branca de carpinteiro**



**Figura 5 - Sistema de corte a fio cromoníquel quente**



**Figura 8 - Aspeto final depois de se colarem os fios com cola de carpinteiro**

A dimensão do paraquedas é que define a velocidade de queda. Se for muito grande o equipamento fica bem protegido e demorará mais tempo a cair acabando até eventualmente por ser levado pelos ventos para muito longe.

Se o paraquedas for muito pequeno, a velocidade de queda é grande e a destruição do material será provável.

Uma velocidade de queda situada entre os 4 metros por segundo e os 5 metros por segundo é a que tem sido demonstrada resultar bem com variado tipo de equipamentos e, também, a que não apresenta perigo de ferir pessoas se a caixa do payload for em esferovite. Para caixas duras recomendam-se velocidades de queda bem menores, na ordem de 1 a 3 metros por segundo.

Os cálculos para o diâmetro dos paraquedas são complexos mas há na internet sites que os fazem online com relativa precisão. Nós usamos o site a seguir identificado pertencente aos amadores dos foguetões.

Para o cálculo vão-se interpolando vários diâmetros até encontrarmos a velocidade de queda pretendida <http://www.onlinetesting.net/cgi-bin/descent3.3.cgi>

## Refletor

O refletor é um dispositivo destinado a

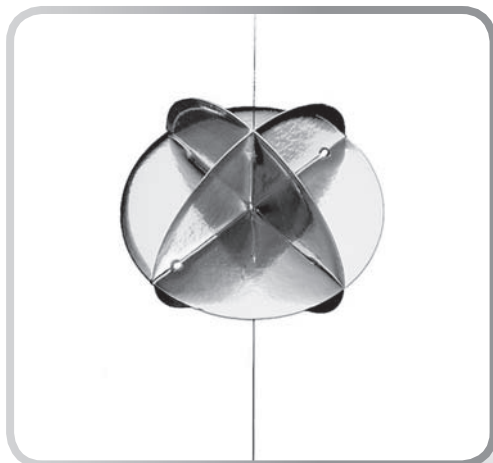


Figura 9 - Aspeto de um refletor comercial redondo

refletir as ondas provenientes dos radares de aviação para acautelar o risco de colisão.

O refletor pode ser construído cruzando duas placas de esferovite com 44 x 40 e 1 cm de espessura, revestidas a papel de alumínio. Há no mercado refletores à venda como mostra a figura 9

## Gás

O Gás hélio para enchimento do balão é uma das partes mais caras do projeto.

O gás pode ser obtido nas lojas de artigos para festas em botijas de 22,49 litros à pressão de 18 bar o que dá um volume de hélio de  $22,49 \times 18 = 404,6$  litros úteis de hélio. Estas botijas custam cerca de 45,00 €.

É de notar que um balão de dimensão média pode precisar de pelo menos 2 m<sup>3</sup> de hélio ou seja:  $2000/404 = 4,9$  que equivale a 5 botijas ou 225,00 € de gás! Outra solução mais barata, será a de alugar uma garrafa HELIBAL à Air Liquide Portugal ou, comprar uma garrafa vazia para ser enchida numa empresa da especialidade.

Para encher o balão realizar-se-á um cachimbo que vai interligar o tubo do gás da botija ao balão como mostra a Figura 10

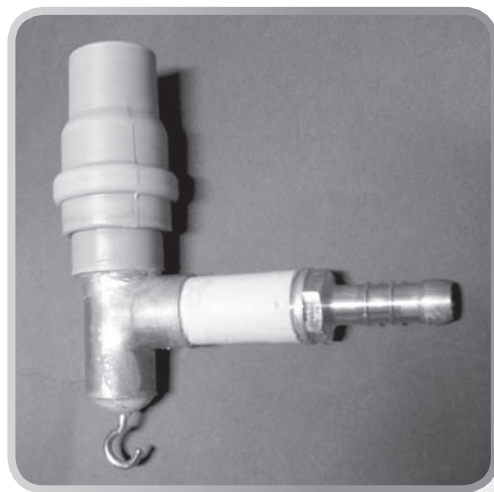


Figura 10 - Cachimbo de enchimento. O grampo é para aplicação de um dinamómetro



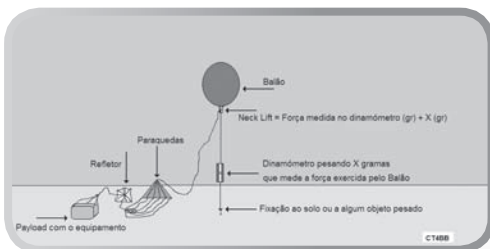


**Figura 11 - Ligação do cachimbo ao balão.**

O dinamómetro que se pendura no camarão do cachimbo, irá permitir calcular a força de ascensão do balão ou Neck Lift.

No momento do enchimento, para se obter o Neck Lift, é necessário adicionar à força medida no dinamómetro, o peso do cachimbo + o peso do tubo de gás + o peso do dinamómetro.

Se o cachimbo for retirado como mostra a figura 12, o Neck Lift será igual à força medida pelo dinamómetro mais o peso do dinamómetro.



**Figura 12 - Medida da força ascensional exercida pelo balão (Neck Lift) antes do lançamento. O Neck Lift será igual ao valor medido pelo dinamómetro mais o peso do próprio dinamómetro e deverá ser superior ao peso total da carga (Paraquedas + Refletor + Payload).**

## O Licenciamento

O lançamento dos balões estratosféricos em

Portugal tem uma regulamentação gerida pela ANAC – Autoridade Nacional de Aviação Civil que exige proteções nas zonas dos aeroportos e aeródromos segundo a Circular 29/13 que pode ser encontrada na internet em: [http://www.anac.pt/vPT/Generico/InformacaoAeronautica/CircularesInformacaoAeronautica/Documents/CIA\\_29\\_2013.pdf](http://www.anac.pt/vPT/Generico/InformacaoAeronautica/CircularesInformacaoAeronautica/Documents/CIA_29_2013.pdf) que diz:

### 6.5.3.1. Balões de látex

6.5.3.1.1. Tendo em conta o impacto que estas atividades poderão ter nas fases críticas do voo, decolagem e aterragem de aeronaves, a largada de balões de látex são autorizadas apenas nas seguintes condições:

- Nos aeroportos de Lisboa, Porto, Faro, Madeira, Santa Maria, Ponta Delgada, Horta e aeródromo de Cascais, a área de proteção para atividades de balões de látex é definida por uma circunferência de 5 Km de raio centrada no ponto de referência do aeródromo e um retângulo centrado no mesmo ponto com 18 Km de comprimento e 1 Km de largura alinhado com o eixo da pista.
- Nos restantes aeródromos, a área de proteção para atividades de balões de látex é definida com uma circunferência de 5 Km de raio centrada no ponto de referência do aeródromo.
- Dentro da área de proteção os balões de látex sem led deverão ser largados em lotes de 100, com intervalos de 5 minutos. Fora da referida circunferência poderão ser largados em lotes de 2000, com intervalos de 5 minutos.
- Dentro da área de proteção os balões de látex com led deverão ser largados em lotes de 50, com intervalos de 5 minutos. Fora da referida circunferência poderão ser largados em lotes de 1000, de 5 em 5 minutos. Esta informação é sempre passível de emissão NOTAM.

6.5.3.1.2. Os balões devem ser constituídos por látex e não podem possuir qualquer componente ou acabamento metálico. Não é permitida a utilização de fitas, cordas ou outros sistemas de plástico para fechar os balões.

6.5.3.1.3. Os balões não podem estar amarrados entre si.

6.5.3.1.4. Até ao momento da largada, o sistema de retenção dos balões tem de estar fixo à terra ou a uma estrutura fixa, para evitar qualquer largada inadvertida.

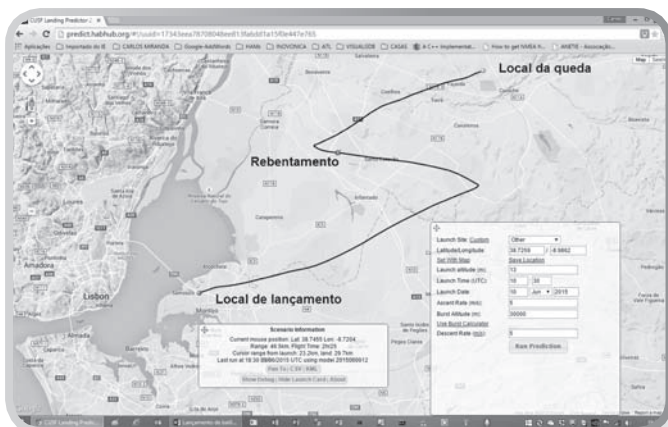
**Figura 13 - Ponto 6.5.3.1.1 da Circular 29/13 da ANAC**

### 6.5.3.3. Lançamento de balões estratosféricos

A entidade organizadora deve enviar pedido escrito para o INAC, I.P. onde conste obrigatoriamente os seguintes elementos:

- Identificação do requerente;
- Endereço Postal;
- Telefone;
- Data/hora e local do lançamento (coordenadas geográficas WGS-84) e trajeto estimado;
- Diâmetro do balão no momento do lançamento;
- Diâmetro do balão no momento do rebentamento;
- Altitude estimada de rebentamento;
- Tempo de voo estimado (xx horas);
- Velocidade de subida esperada (xx metros por segundo);
- Velocidade de descida esperada (xx metros por segundo);
- Peso da carga (ex: carga com xx gramas, composta por um para-quedas e por uma caixa de 200x150x150 mm, se aplicável);
- Resistência dos cabos utilizados em toda a estrutura;
- Números de telefone para contacto durante o lançamento.

**Figura 14 – Os requisitos para se efetuar um pedido de lançamento de balões estratosféricos à ANAC. Os valores são retirados da folha de cálculo EXCEL. A resistência dos fios (cabos) será medida com o dinamómetro até rebentarem.**



**Figura 15- Inserção e dados de voo no CUSF para uma previsão entre 1 e 7 dias.**

Os pedidos à ANAC devem ser efetuados com 10 dias de antecedência o que cria um problema prático, porque as previsões meteorológicas dos ventos para o lançamento de balões são realizadas, no máximo, com 7 dias de antecedência. Uma solução é apontar um dia e mandar o pedido numa carta com 10 dias de antecedência e passados 3 ou 4 dias faz-se uma previsão. Se o percurso previsto interessar, confirma-se com a ANAC; caso contrário, cancela-se através de um mail ou correio azul.

No pedido devem constar todos os elementos sugeridos no ponto 6.5.3.3 da circular 29/13.

A previsão de voo será calculada por um software dedicado ou online como o apresentado pelo CUSF em <http://predict.habhub.org/>

No quadro de previsão do CUSF inserem-se:

- As coordenadas do local de lançamento escolhendo a opção “Other places” e inserindo os dados.
- A altitude do local do lançamento tirada do Google.
- A hora UTC do lançamento.
- A data em que se pretende lançar o Balão.
- A velocidade de subida que é determinada da tabela de Cálculo EXCEL anteriormente explicada.
- A altura a que rebenta o balão também

retirada do calculador EXCEL.

- A velocidade de queda que é determinada em função do peso e do diâmetro do paraquedas, calculada como se referiu anteriormente

Guardar (Save) deste local, para utilização futura do CUSF.

O percurso do Balão é o resultado das correntes de ar nas várias camadas que o balão atravessa e das suas velocidades de subidas e de queda. Na previsão também é sinalizado o ponto de rebentamento.

## Lançamento

Passar à fase do lançamento do balão é sempre um momento de euforia e adrenalina.

Espera-se um dia com pouco vento e uma equipe animada.

No local deve ser estendido um plástico ou uma tela de grandes dimensões onde se realizará a preparação dos materiais e onde se colocará o Balão, sem que se tire do seu saco enquanto não começar o enchimento. Recomenda-se a utilização de luvas para não degradar quimicamente com gordura a película de latex do balão.

Os equipamentos de GPS devem ser verificados previamente e confirmadas as coordenadas no Google através do ASPRS.fi. ou outro método. Em lançamentos simples, onde não nos vamos servir das nossas redes de amadores em APRS, pode ser utilizado um Telemóvel com o programa APRSDroid instalado que irá dar o posicionamento do balão no APRS.fi, através da rede GSM/GPRS móvel.

O APRS.fi fará a inserção no mapa da posição do balão e realizará o traçado do percurso. É necessária uma inscrição no APRS.fi para atribuição de uma palavra-chave que autorize o acesso.

O indicativo constante dos logs do APRS.fi durante o percurso será o do subscritor do acesso. Figura 16.

## A recolha

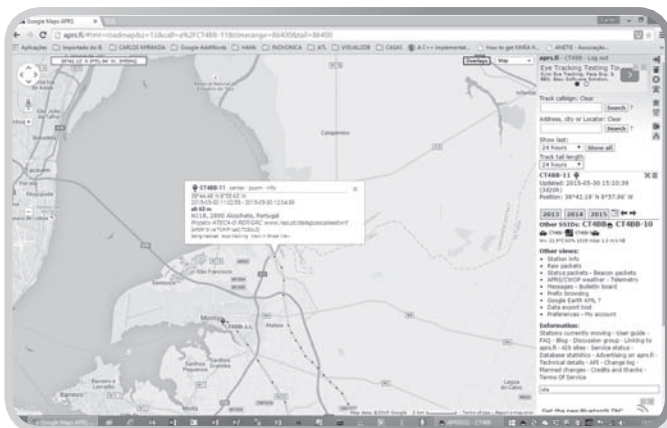
Para a recolha, a equipe deve estar equipada com bons mapas e sistemas de Localização GPS e de Seguimento Orientado.

O primeiro destina-se a levar os “caçadores de sondas” à proximidade do material através das estradas. O segundo será utilizado em áreas extensas sem referências dos acessos públicos e onde o GPS clássico não consegue identificar os trajetos a seguir. No Seguidor por Orientação inserimos as coordenadas do local onde nos encontramos e depois inserimos as ultimas coordenadas enviadas pelo GPS do Payload e bastará seguir a seta de orientação do software.

## Conclusão

Mãos à obra que o radioamadorismo também se faz na Troposfera e Estratosfera.

Não é só em terra e no espaço que podemos



**Figura 16 - Aspeto do Log referente ao ponto de lançamento de um Balão registado no APRS.fi.**

utilizar os nossos meios e sistemas de comunicações.

Na troposfera e estratosfera podemos fazer vários tipos de medições como por exemplo: índices de Ozono, CO<sub>2</sub>, Temperaturas, Radiações etc., contribuindo também nós, radioamadores, para a análise e estudo do ambiente.

\* Para melhor conhecer o autor Visite na net:  
[www.ct4bb.com](http://www.ct4bb.com)

