

# Estudo e desenvolvimento de plataformas embarcadas de sondagem em altitude para uso em monitoramento atmosférico<sup>(1)</sup>.

Adriano Regis<sup>(2)</sup>; Kallin Mansur da Costa<sup>(3)</sup>; Dhione Castilho Barbosa<sup>(4)</sup>;

## Resumo Expandido

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Edital 12/2012, da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

<sup>(2)</sup> Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; [adriano.regis@ifsc.edu.br](mailto:adriano.regis@ifsc.edu.br); <sup>(3)</sup> Estudante; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; [kallinmansur@gmail.com](mailto:kallinmansur@gmail.com); <sup>(4)</sup> Estudante; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; [dhione.cb@gmail.com](mailto:dhione.cb@gmail.com);

**RESUMO:** Radiossondas são um dos principais instrumentos para estudo de fenômenos atmosféricos, medindo parâmetros em um perfil de altitude para apoio à tomada de decisões em meteorologia, meio ambiente, aeronavegação, entre outros. No entanto, o domínio do funcionamento interno e fabricação desses instrumentos ainda é restrito a um seleto grupo de empresas.

Esse artigo tem o objetivo de apresentar uma visão geral sobre as radiossondas e em seguida apresentar os resultados do desenvolvimento de tecnologias em duas plataformas de baixo custo para sondagem de média e alta altitude, adequada para uso didático.

**Palavra Chave:** radiossonda, sistemas embarcados.

## INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, “Radiossondas são Instrumentos destinados a serem transportados através da atmosfera, equipados com dispositivos para medir variáveis meteorológicas e um rádio transmissor para o envio destas informações à estação de observação” (WMO, 2003 p.267). Para realizar a operação de envio de dados a estação de observação, as sondas possuem um sistema de aquisição e registro de sinais, transdutores para medição das grandezas e transmissores sem fio em frequências dedicadas. Uma radiossondagem utiliza-se ainda de um veículo (p. ex. balão) para deslocar-se no espaço. Atualmente o uso desses sistemas é consolidado em aeroportos e centros de pesquisa, na figura 1 apresenta-se uma radiossonda comercial.

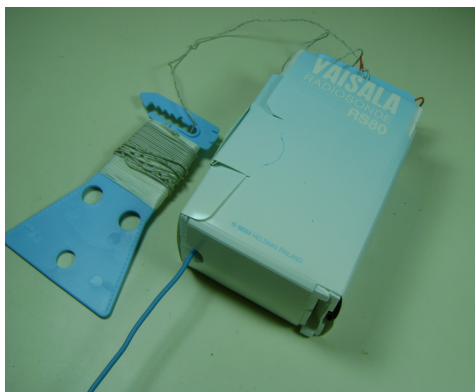


Figura 1- Radiossonda Vaisala RS-80

Como no percurso pela troposfera a sonda está submetida a elevados gradientes de temperatura (entre -90°C e 50°C), pressão (5hPa a 1200 hPa) e umidade (1 à 100%), têm sido crescente o uso de sondas de altitude em projetos

acadêmicos como uma forma moderna de fomentar o conhecimento da atmosfera e o desenvolvimento de tecnologia espacial a baixo custo (NASA, 2012). Em nível nacional esses experimentos têm despertado interesse de instituições de ensino e pesquisa, sendo considerada uma forma de capacitação de mão de obra para o setor aeroespacial e também para a indústria de Petróleo e Gás, pois ambos os setores compartilham os desafios relativos à construção de soluções submetidas à condições ambientais extremas (Morooka, 2012).

Esse trabalho englobou competências interdisciplinares das áreas de mecânica, eletrônica e tecnologia da informação, estando em consonância com a formação dos bolsistas que são graduandos de Mecatrônica Industrial.

## METODOLOGIA

A proposta de projeto aprovada pelo edital 12/2012 PRPPGI previa apenas o estudo teórico acerca das radiossondas e o desenvolvimento de algoritmos em software para sistemas embarcados, uma vez que houve subvenção apenas para participação de dois bolsistas. No entanto, os resultados parciais despertaram interesse de entidades externas ao IFSC que financiaram o desenvolvimento de dois protótipos de radiossondas denominadas V-1 e V-2, bem como a extensão desse projeto em uma proposta aprovada pela agência de fomento FAPESC no final de 2012.

### Estudo das radiossondas comerciais

Considerando o ineditismo do projeto em nível de IFSC, iniciou-se com uma análise da solução de mercado produzida pela empresa Vaisala, fabricante de instrumentação ambiental com sede na Finlândia

e cujo sistema é utilizado em grande parte dos aeroportos brasileiros.

Nessa análise observou-se que as radiossondas possuem algumas características especiais que as distinguem dos demais sistemas de medição como:

- a) arquitetura otimizada: As radiossondas são equipamentos eletrônicos de processamento embarcado, o que sugere um número considerável de componentes eletrônicos. No entanto observou-se um circuito altamente otimizado e de custo reduzido uma vez que as sondas são quase sempre descartáveis;
- b) baixo peso: Radiossondas sofrem ascensão geralmente por balões insuflados com gás hélio ou hidrogênio, e esse veículo representa um alto custo a cada sondagem. Como forma de reduzir o peso e volume, as sondas comerciais possuem involucro de papel e poliestireno expandido. Isso reduz o peso final do produto, o preço, e garante parte do isolamento térmico necessário na sondagem, pois as temperaturas externas estariam abaixo do limite operacional de alguns componentes eletrônicos;
- c) bateria especial: ainda devido às temperaturas extremas, as radiossondas necessitam de baterias que se mantenham operacionais abaixo de  $-70^{\circ}\text{C}$ . Por outro lado, o fato das radiossondas não serem recuperáveis demanda a utilização de materiais pouco agressivos ao meio ambiente (CONAMA, 1999). Assim, a bateria utilizada em uma radiossonda é ativada por uma reação química com água que gera eletricidade e calor como subproduto sem nenhum insumo altamente tóxico como chumbo ou mercúrio.
- d) transmissão de dados em potência ultrabaixa: O consumo de energia impacta diretamente no dimensionamento das baterias, e, por conseguinte, no peso total da carga útil. Um grande percentual do consumo de uma sonda está relacionado à potência de transmissão de dados, por isso as sondas transmitem na ordem de dezenas de miliwatts.

Após o levantamento dessas características observou-se que seria viável o desenvolvimento de uma sonda em nível de hardware e software nessa pesquisa acadêmica.

### Plataforma de hardware proposta

Propôs-se o desenvolvimento de um sistema eletrônico de aquisição de dados modular, a fim de implementar as funções em módulos distintos. Para alcançar este objetivo optou-se por uma arquitetura modular, baseada na plataforma Arduino (Arduino, 2013).

O Arduino utiliza o conceito de modularidade em nível de hardware e software, sendo possível criar bibliotecas específicas para cada módulo e

fazendo com que a radiossonda desenvolvida nesse conceito seja utilizável em diferentes aplicações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização de um estudo teórico e prático sobre as radiossondas e a determinação da plataforma eletrônica adequada para a construção de um sistema real, as atividades da pesquisa voltaram-se para o desenvolvimento dos sistemas cujos resultados são descritos a seguir.

### Sonda V-1

Inicialmente discutiu-se o desenvolvimento de um modelo simples, capaz de avaliar o desempenho do conceito de hardware modular aplicado em uma radiossonda. Esse conceito foi modelado em CAD conforme a figura 2.

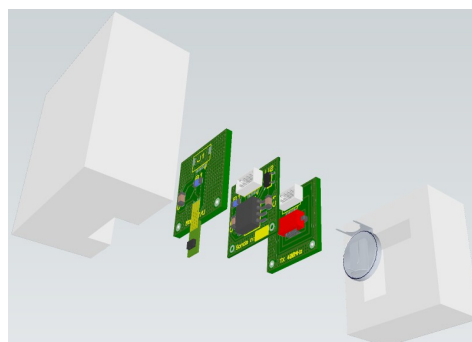


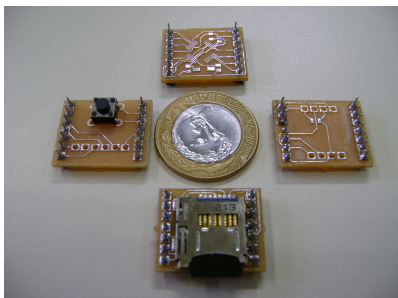
Figura 2- Conceito da Sonda V-1

Esse primeiro modelo conta com um sensor para medir a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente, um cartão de memória para armazenamento dos dados no caso de recuperação da sonda, e um módulo transmissor de 434MHz de baixo custo e potência de 10mW.

O sistema foi desenvolvido e validado em nível de laboratório, alcançando desempenho satisfatório com as seguintes características de destaque:

1. Para transmissão dos dados optou-se pela modulação em FSK e codificação em código Morse, dessa forma a transmissão feita pela sonda poderia ser recebida e decodificada simplesmente por rádios receptores de UHF;
2. O sistema possui um volume de menos de  $5\text{cm}^3$  sendo vinte vezes menor que as radiossondas comerciais;
3. Seu peso reduzido permite que a ascensão seja feita com um balão de 30 cm, facilmente encontrado em artigos para festas infantis. A reduzida quantidade de gás necessária permite que se utilize hidrogênio produzido localmente.

A figura 3 apresenta os quatro módulos desenvolvidos para a sonda V-1 circundando uma moeda e assim demonstrando seu tamanho reduzido.



**Figura 3- Módulos desenvolvidos da sonda V-1**

O alcance teórico da transmissão de dados ficou limitado a dois quilômetros, tornando inviável sua aplicação em sondagens comerciais. No entanto as demais características desse sistema, principalmente o baixo custo o tornam adequado para fins didáticos.

### **Biblioteca fonética para transmissão de dados em língua portuguesa**

Durante o desenvolvimento da radiossonda V-1 observou-se a necessidade de criar uma forma para transmissão de dados que permita a massificação de pontos de acompanhamento, sendo que a codificação em Morse está limitada as pessoas que conhecem esse código. A forma mais adequada seria através de fonia, por permitir que o acompanhamento das sondagens seja realizado por qualquer radioescuta.

Uma vez que a plataforma em questão foi implementada em Arduino, iniciou-se o desenvolvimento de uma biblioteca, com base nas características de soluções desenvolvidas por terceiros e colocadas em domínio público, que resultou em uma nova biblioteca chamada de SDRawPCM. Essa biblioteca acessa fonemas gravados em formato PCM armazenados em um cartão de memória do tipo SD, onde a gravação foi feita previamente por meio do programa Audacity (AUDACITY, 2012), um software livre que permite a captura, edição e exportação de áudio para diferentes formatos. Foram gravados sons equivalentes aos números, gerados pelo sistema Google Translate (GOOGLE, 2012), que por sua vez é baseado no programa GNU eSpeak (ESPEAK, 2012).

O desempenho da biblioteca desenvolvida atende as necessidades de reprodução em voz sintetizada de forma compreensível para aplicação em diversas soluções embarcadas como uma tecnologia assistiva a deficientes visuais. Esse trabalho resultou em uma publicação intitulada *“Desenvolvimento de biblioteca para reprodução sintetizada de valores numéricos decimais em língua portuguesa implementável em sistemas embarcados de arquitetura oito bits”*.

### **Sonda V-2**

Para a segunda versão, novos parâmetros foram estabelecidos para monitoramento a fim de expandir os resultados gerados em um lançamento

estratosférico piloto.

Devido ao maior número de parâmetros a serem observados, foram desenvolvidos três módulos de monitoramento distintos denominados *Hermes*, *Mercúrio* e *Alecto*.

A distribuição dos sensores da Sonda V-2 nos módulos supracitados pode ser observada na tabela 1.

**Tabela 1 – Dados coletados pela sonda e os módulos responsáveis pelo processamento.**

Dado	Módulo
Temperatura Interna	Hermes
Temperatura Externa Bulbo Seco	Mercúrio
Temperatura Externa Bulbo Úmido	Hermes
Radiação Gama	Mercúrio
Radiação Infravermelha	Mercúrio
Pressão	Mercúrio
Magnetometria	Hermes
Geoposicionamento	Mercúrio
Aceleração	Hermes
Imageamento Vertical	Alecto
Imageamento Horizontal	Alecto
Câmera Analógica	Mercúrio

Também houve modificações quanto ao armazenamento e transmissão dos dados, aumentando o alcance e adicionando métodos alternativos para transmissão, sendo agora realizada uma transmissão em comunicação serial a 9600bps, uma transmissão de voz em VHF, e a transmissão de imagens de uma câmera analógica, distribuídos segundo a tabela 2.

**Tabela 2 – Envio dos Dados coletados pela sonda e os módulos responsáveis pela transmissão.**

Método	Módulo
Transmissão 900MHz 9600bps	Hermes
Transmissão em voz VHF	Mercúrio
Transmissão 1.2GHz	Câmera Analógica
Buzzer	Hermes
Armazenamento em Cartão SD	Mercúrio
Armazenamento em Cartão SD	Alecto

## **CONCLUSÕES**

Para uma melhor análise de desempenho, as sondas V-1 e V-2 precisariam ser ensaiadas em condições extremas simuladas em um laboratório especializado, ou submetidas à um lançamento piloto, sendo que ambas atividades não serão realizadas devido aos custos envolvidos não fomentados.

Os testes realizados em nível do mar apresentaram resultados consistentes, concluindo-se que os sistemas estão aptos para os testes operacionais de campo.

O projeto foi documentado em um blog, como forma de divulgar o projeto à comunidade científica e popularização de C&T. Mantendo-se disponível no

endereço <http://n-1.nersd.ifsc.edu.br/> até a data da publicação desse artigo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem, em especial aos colegas do Grupo de Sistemas Embarcados e Distribuídos- NERSD, onde esse projeto foi desenvolvido conjuntamente às demais pesquisas dos quatro professores e os oito bolsistas do grupo, permitindo que as atividades sinérgicas e recursos compartilhados do grupo auxiliassem no desenvolvimento de nosso trabalho.

Agradecemos também aos senhores Vitor Fig, Wagner Jose Guilherme e Boneval Sami Silva pelos recursos cedidos na forma de doação, que contribuíram para o desenvolvimento do protótipo.

Por fim, ao CNPq e ao IFSC pela concessão das bolsas PIBITI que permitiu aos estudantes participarem desse projeto e ingressarem em suas primeiras pesquisas acadêmicas.

## REFERÊNCIAS

ARDUINO. **An open-source electronics prototyping platform based on flexible, easy-to-use hardware and software.** Disponível em: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc). Acesso em 10 de junho de 2013.

AUDACITY Team. **Audacity: Editor e gravador de áudio livre.** Disponível em < <http://audacity.sourceforge.net> >. Acesso em 30 de agosto de 2012.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, portaria nº 257 de 30 de junho de 1999. **Dispõe sobre procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada de pilhas e baterias**, 1999.

GOOGLE Team. **Google Tradutor.** Disponível em < <http://translate.google.com.br> >. Acesso em 30 de agosto de 2012.

MOROOKA, Celso. **A complexidade da operação para encontrar e extrair a enorme riqueza mineral do fundo do mar.** Disponível em: [http://www.mc.unicamp.br/4-grandedesafio/o\\_desafio/index](http://www.mc.unicamp.br/4-grandedesafio/o_desafio/index). Acesso em 20 de maio de 2012.

NASA. **Flight Opportunities Program.** Disponível em: <http://flightopportunities.nasa.gov>. Acesso em 20 de maio de 2012.

WMO. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Genebra, Suíça: **Organização Mundial de Meteorologia**, 2008.

WMO. Manual on the Global Observing System. Volume I. Zurique, Suíça: **Organização Mundial de Meteorologia**, 2003.