



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA

Breno Ramos Pantoja

Sistema embarcado para monitoramento de harpia  
(*Harpia harpyja*)

DM 11/2012

Orientador:

Prof. Dr. Aldebaro Barreto da Rocha Klautau Junior

Co- Orientador:

Prof. Dr. José Eduardo Mantovani

Belém, PA

2012

**Breno Ramos Pantoja**

Sistema embarcado para monitoramento de harpia  
(Harpia harpyja)

**DM 11/2012**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará, como um dos pré-requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, ênfase em Computação Aplicada.

**Belém, PA**

**2012**

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFPA

---

Pantoja, Breno Ramos

Sistema embarcado para monitoramento de harpia (Harpia harpyja) / Breno Ramos Pantoja; orientador, Aldebaro Barreto da Rocha Klautau Junior. – 2012.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belém, 2012.

1. Sistemas embutidos de computador. 2. Sensoriamento remoto.  
3. Programação Java. I. Orientador. II. Título.

CDD 22. ed. 004.16

---

Breno Ramos Pantoja

**Sistema embarcado para monitoramento de harpia (*Harpia harpyja*)**

Dissertação submetida ao corpo docente da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

.....  
Prof. Dr. Aldebaro Barreto da Rocha Klautau Junior (ORIENTADOR - UFPA)

.....  
Prof. Dr. José Eduardo Mantovani (CO-ORIENTADOR - INPE)

.....  
Prof. Dr. Johelden Campos Bezerra (MEMBRO – IFPA/IESAM)

.....  
Prof. Dr. Adalbery Rodrigues Castro (MEMBRO - UFPA)

VISTO:

.....  
Prof. Dr. Marcus Vínícios Alves Nunes  
COORDENADOR DO PPGEE/ITEC/UFPA

Belém – PA

2012

Dedico esta dissertação aos meus pais, que sempre me apoiaram em tudo que faço na vida e aos meus amigos que também contribuíram para este trabalho ser concluído.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de deixar meus sinceros agradecimentos em primeiro lugar a Deus e para todas as pessoas que fizeram parte desse processo para o meu desenvolvimento que no decorrer dessa trajetória me deram o apoio necessário e pela oportunidade de estar na Universidade Federal do Pará aperfeiçoando o meu conhecimento, aprendendo cada vez mais com aquilo que faço, projetar sistemas embarcados, ser um engenheiro projetista.

Aos meus pais que nesta jornada sempre me deram apoio para concluir meu mestrado, dedico essa dissertação a eles, pois se não fossem eles, eu não estaria onde estou. Também deixo meu obrigado para as pessoas citadas abaixo:

Ao professor Aldebaro Klautau pela amizade, principalmente pelos conselhos, as palavras sábias mesmo pela internet, e-mails recebidos e respondidos em tempo real me ajudando quando precisei. E quero dizer obrigado pela oportunidade, pelo tema proposto e por ter me aceito como orientando, principalmente para trabalhar com tecnologias espaciais, uma novidade para mim e era uma utopia anos atrás quando estudei em minha graduação em engenharia, aliás deixo o agradecimento ao Professor Antônio Marcos de Lima Araújo por ter indicado o mesmo como orientador, se não fosse o Professor Aldebaro, não conseguiria concluir este trabalho.

Ao professor José Eduardo Mantovani, quero deixar meu obrigado pelo contato e pela oportunidade também de conhecer a área espacial a fundo, assim eu puder apreender a fundo como o sistema do INPE funciona e como o mesmo realiza o monitoramento dos dados e retransmissão para estações. Apesar de que tive somente um contato com o Professor Mantovani pessoalmente no começo deste ano, na qual foi de grande contribuição quando tive dúvidas por email e sempre foi atencioso em respondê-las, demonstrando espírito de presteza e retidão e que não gostaria de perder o contato.

Ao espaço cedido do Laboratório de Sensores e Sistemas Embarcados - LASSE, na Universidade Federal do Pará (UFPA) onde tive espaço e equipamentos apropriados para desenvolvimento deste trabalho.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE em conjunto com a parceira do LASSE na UFPA, foi de grande ajuda para crescer cada vez mais como engenheiro projetista, este conhecimento adquirido foi um salto na minha carreira, principalmente na

área de sistemas embarcados e na área de Sistemas de Satélites, sem contar outras tecnologias de engenharia que eu tive contato.

Aos mesmos colegas de engenharia ou de outras áreas que fizemos disciplinas da Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE), horas de estudos compartilhamos como: o Thiago Abreu que está fazendo seu doutorado na França atualmente, a Helene está no doutorado, Jocileia Rocha espero que volte para terminar sua tese, ao Christiano colega de graduação também quero que termine sua tese e tudo de bom para a sua família. Ao Anderson que está em Recife fazendo o seu doutorado, ao Warley Murici hoje está como professor da UFPA, sucesso a você e outros colegas que deixei de citar.

Aos meus colegas de Laboratório: a Lilian Freitas que está nos Estados Unidos fazendo a metade do seu doutorado, eu desejo que dê tudo certo na sua carreira, ao Marcel Cabral, eu espero que termine o seu doutorado e tenha sucesso na carreira, ao Adalbery Castro é uma pessoa extraordinária, és merecedor em tudo que conquistou, tudo de bom te desejo, ao Leonardo Lira, o engenheiro da Petrobrás e futuro mestre em engenharia elétrica, também é outro merecedor, parabéns, sucesso.

Aos futuros engenheiros escrevo: Pedro vai ser um grande engenheiro, continuem assim, vais longe na carreira e deixo meu agradecimento, ao Fabricio Gomes outra pessoa que contribuiu muito comigo ao longo deste projeto, vai ter bastante sucesso, ao Claudio Coutinho obrigado também eu digo e aos demais colegas de engenharia do LASSE.

Aos professores da Pós-graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE), eu quero agradecer o conhecimento, principalmente pela paciência quando tive necessidade de procurá-los, assim como quando tive dúvidas ou qualquer outro motivo.

Aos Professores que assinaram a minha carta de recomendação para fazer o Mestrado na UFPA, não deixarei de citar os Professores: Elionai Sobrinho, José Felipe de Almeida e o Marcus Brandão.

Todos tiveram participação até este momento, antigamente dizia que amigo, somente meus pais, mas às vezes encontramos pessoas que querem que você cresça em todos os sentidos da vida, querem o seu bem, vou guardar vocês na minha mente, repito o meu obrigado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES agradeço pelo apoio financeiro para conclusão deste trabalho.

— Desistir é uma primeira opção aos fracos de espírito, insistir é uma opção aos guerreiros de espírito forte, mesmo sabendo que este caminho é difícil, mas no final sempre vencem estes obstáculos, guerreiro até o fim.

Minha autoria.

## RESUMO

Esta dissertação consiste no projeto e implementação parcial de um sistema integrado de monitoramento da ave Harpia (*Harpia harpyja*), espécie encontrada na Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica. O sistema de monitoramento é estruturado em três etapas: coleta, armazenamento e transmissão de dados. A primeira etapa consiste na coleta de dados a partir de sensores, podendo detectar a presença de pássaros no ninho, também o sistema conta com o auxílio de uma câmera responsável pela captura de vídeo e áudio. A segunda etapa destina-se ao pré-processamento e armazenamento de todas as informações coletadas. A terceira etapa é responsável pela transmissão dos dados através de satélite, utilizando o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA). Além disso, foi realizado o desenvolvimento de um protótipo utilizado para o monitoramento. Técnicas de sistemas embarcados são expostas para o leitor e o processo de detecção desta espécie é avaliado.

Palavras-chave: Sistemas Embarcados, monitoramento, gavião real, sensores, gravação de vídeo e áudio, transmissão via Satélite.

## **ABSTRACT**

This Master Thesis consists of an integrated monitoring system for tracking the Harpy Eagle (*Harpia harpyja*), a species found in Amazon Rainforest, Cerrado and Atlantic Forest. This monitoring system can be divided in three stages: collection, storage and data transmission. The first stage embraces that collection sensors that aim at detecting the presence of birds in the nest, with the support of a camera for video capturing. The second stage executes the data pre-processing and storage. In the third stage, data transmission is performed via the Brazilian System of Ambient Data Collection (SBCDA). This work implemented some of the designed modules, building an incomplete prototype for monitoring. Techniques for embedded systems are also analyzed and the developed detector is evaluated.

Keywords: Embedded systems, monitoring, gavião real, image capture sensors, satellite transmitter.

# SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b>	<b>VIX</b>
<b>LISTA DE TABELAS E QUADROS</b>	<b>XVI</b>
<b>LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIACÕES</b>	<b>XVII</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Contexto do Trabalho</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Trabalhos Relacionados</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Contribuições</b> .....	<b>8</b>
<b>1.5 Estrutura do Trabalho</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
<b>Sistema de monitoramento</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1 Introdução</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2 Considerações Iniciais</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3 Visão Geral</b> .....	<b>10</b>
<b>2.5 A Evolução dos Sistemas de Satélites</b> .....	<b>13</b>
<b>2.6 Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA)</b> .....	<b>16</b>
<b>2.7 Conclusão</b> .....	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
<b>Proposta de Sistema Embarcado para Monitoramento da Harpia</b> .....	<b>19</b>

<b>3.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Software .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Banco de Dados MySQL.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2</b>	<b>MD5 .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Java Media Frameworks (JMF) .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Sistema de Armazenamento de Dados (SAD).....</b>	<b>24</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Ireport.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Linguagem C .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>Hardware .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Unidade de Armazenamento de Dados e Vídeo (UAVD) .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Sistema de Coleta de Dados dos Sensores (SCDS) .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.2.1</b>	<b>Comunicação USB com o Microcontrolador 18F4550 .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.2.2</b>	<b>Sensores e eletrônica do SCDS .....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Transmissor Hal2 .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Bateria .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO 4.....</b>		<b>46</b>
<b>Resultados .....</b>		<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>46</b>
<b>4.2</b>	<b>Testes com Transmissor HAL2 em ambiente <i>Outdoor</i> e dados recebidos pelo SINDA.....</b>	<b>47</b>
<b>4.3</b>	<b>Testes em ambiente <i>indoor</i> para estimativa da detecção das aves.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>54</b>

<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>55</b>
<b>Conclusões</b> .....	<b>55</b>
<b>5.1 Considerações Finais</b> .....	<b>55</b>
<b>5.2 Trabalhos Futuros</b> .....	<b>57</b>
<b>PUBLICAÇÕES DO AUTOR 6</b> .....	<b>58</b>
<b>6.1 Publicações</b> .....	<b>58</b>
<b>6.2 Publicações anteriores</b> .....	<b>58</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>59</b>
<b>ANEXOS 8</b> .....	<b>64</b>
<b>8.1 Arquivos Raw</b> .....	<b>64</b>
<b>8.2 Dados de Respostas do Experimento</b> .....	<b>65</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 2.1</b> Fluxograma do sistema de monitoramento.....	<b>10</b>
<b>Figura 2.2</b> Ilustração do Sistema. ....	<b>11</b>
<b>Figura 2.3</b> O diagrama de bloco do sistema de monitoramento. ....	<b>12</b>
<b>Figura 2.4</b> Os satélites do SBCDA atualmente em operação [46].....	<b>17</b>
<b>Figura 2.5</b> Localização das PCDs do sistema SCD-1 [46].....	<b>17</b>
<b>Figura 3.1</b> A base de dados do Sistema de Monitoramento instalada no UAVD, ilustrando a tabela de Login. ....	<b>21</b>
<b>Figura 3.2</b> A base de dados mostrando a Tabela Sensores. ....	<b>22</b>
<b>Figura 3.3</b> Login e senha. ....	<b>25</b>
<b>Figura 3.4</b> Interface do SAD com Gravação com JMF.....	<b>25</b>
<b>Figura 3.5</b> Comunicação USB vinda dos circuitos. ....	<b>26</b>
<b>Figura 3.6</b> Sistema de relatório com Ireport, ilustrando dados coletados. ....	<b>28</b>
<b>Figura 3.7</b> Teste outdoor com Hal2 na UFPA, caixa e isolamento (visão frontal). ....	<b>30</b>
<b>Figura 3.8</b> Esquemático do circuito, com 18F4550, sensores, RTC e saída para câmera de vídeo.....	<b>31</b>
<b>Figura 3.9</b> Simulação de todo o circuito no Software Proteus de todo o circuito. ....	<b>32</b>
<b>Figura 3.10</b> O sistema de Coleta de Dados de Sensores (SCDS) e com a câmera.....	<b>40</b>
<b>Figura 3.11</b> Dimensões do Hal2 [41] .....	<b>43</b>
<b>Figura 4.1</b> Teste com HAL2 em funcionamento <i>outdoor</i> na UFPA. ....	<b>47</b>

<b>Figura 4.2</b> Exemplo de mensagem enviada para os satélites do SBCDA de acordo com Silva [45]......	<b>49</b>
<b>Figura 4.3</b> O ninho em coordenados x e y, simulando Harpia e seu filhote.....	<b>50</b>
<b>Figura 4.4</b> Histograma dos Acertos e Erros do detectores (1º Amostra).....	<b>53</b>
<b>Figura 4.5</b> Histograma dos Acertos e Erros do detectores (2º Amostra).....	<b>53</b>
<b>Figura 8.1</b> Informações interpretadas em cada campo.....	<b>64</b>

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>Tabela 1.1</b> Resumo de trabalhos correlatos referenciados nesta dissertação:.....	<b>3</b>
<b>Tabela 2.1</b> A Evolução do lançamento de satélites no espaço de acordo com [37]:.....	<b>14</b>
<b>Tabela 2.2</b> Frequências e Banda utilizada em satélites [37] [38] [39]: .....	<b>15</b>
<b>Tabela 3.1</b> Pinos de conectores USB.....	<b>35</b>
<b>Tabela 3.2</b> Bibliotecas USB.....	<b>36</b>
<b>Tabela 3.3</b> Pinos dos sensores no amplificador e no 18F4550: .....	<b>38</b>
<b>Tabela 4.1</b> Resultados da Transmissão do Hal2 para os Satélites do SBCDA: .....	<b>49</b>
<b>Tabela 4.2</b> Resultados das observações em um ambiente de testes indoor, com mudança de posições: .....	<b>52</b>
<b>Tabela 4.3</b> Resultados Acertos e Erros dos detectores em um único Experimento: .....	<b>52</b>
<b>Tabela 8.1</b> Resultados dos Acertos e de Erros: .....	<b>65</b>

## LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIACÕES

ARGOS	- <i>Advanced Research and Global Observation Satellite</i>
BSS	- <i>Broadcastings Satellite Service</i>
BPSK	- <i>Binary Phase-Shift Keying</i>
CBERS	- <i>China Brazil Earth Resources Satellite</i>
CMCD	- <i>Centro de Missão de Coleta de Dados</i>
CNES	- <i>Centre National d'Etudes Spatiales</i>
DPSK	- <i>Differential Phase-shift keying</i>
FDM/FM	- <i>Frequency-Division-Multiplexed/Frequency-Modulated</i>
FSK	- <i>Frequency-Shift Keying</i>
FSS	- <i>Fixed Satellites Service</i>
ETR	- <i>Estação Terrena de Recepção</i>
GMT	- <i>Greenwich Mean Time</i>
GPS	- <i>Global Position Systems</i>
INPE	- <i>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais</i>
ISS	- <i>Inter-Satellite Service</i>
ITU	- <i>International Telecommunication Union</i>
JDBC	- <i>Java DataBase Connectivity</i>
J2SE	- <i>Java 2 Standard Edition</i>
JMF	- <i>Java Media Framework</i>
LASSE	- <i>Laboratório de Sensores e Sistemas Embarcados</i>
MSS	- <i>Meteorological Satellite Services</i>
NASA	- <i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NOAA	- <i>National Oceanic &amp; Atmospheric Administration</i>
NSS	- <i>Navigational Satellites Services</i>
PCD	- <i>Plataformas de Coleta de Dados</i>
PTT	- <i>Platform Transmitter Terminal</i>
PGEE	- <i>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica</i>

SAD	- <i>Sistema de Armazenamento de Dados</i>
SCDBA	- <i>Sistema de Coleta de Dados Ambientais</i>
SCDS	- <i>Sistema de Coleta de Dados e Sensores</i>
SINDA	<i>Sistema Nacional de Dados Ambientais</i>
SGBD	- <i>Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados</i>
SQL	- <i>Structured Query Language</i>
RTP	- <i>Real-Time Protocol</i>
UAVD	- <i>Unidade de Armazenamento de Vídeos e Dados</i>
UFPA	- <i>Universidade Federal do Pará</i>
UHF	- <i>Ultra High Frequency</i>
QAM	- <i>Quadrature Amplitude Modulation</i>

# CAPÍTULO 1

## Introdução

Este capítulo inicialmente se preocupa em contextualizar o trabalho, apresentando a preocupação com a preservação dos recursos naturais e o controle das espécies de animais nas florestas brasileiras. Na próxima seção, é apresentado o objetivo, contendo um modelo de sistema para monitoramento da maior ave de rapina do mundo (*Harpia harpyja*). A seguir, as seções descrevem algumas referências baseadas em trabalhos correlatos; como também o estado da arte e por último, a contribuição do trabalho e a estrutura organizacional.

### 1.1 Contexto do Trabalho

O Brasil é um país de grandes proporções territoriais e rico em recursos naturais. A vasta diversidade de sua fauna e flora reflete uma necessidade no desenvolvimento de técnicas para proteção das espécies, sobretudo as que já se encontram em processo de extinção.

Visando ao monitoramento destes recursos naturais, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) criou o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA) [1]. O SBCDA é uma rede de satélites de baixa órbita, que tem como objetivo receber e retransmitir dados ambientais obtidos em diversos pontos do Brasil. Na maioria das vezes, estas coletas de dados, são feitas por Plataformas de Coletas de Dados (PCDs) localizadas em pontos estratégicos, para capturar dados e posteriormente enviá-los para a rede de satélites CBERS: China Brazil Earth Resources Satellite (CBERS-1, CBERS-2 e CBERS-2B) distribuídos em todo o território nacional, coletando dados diariamente [2]. As PCDs (Plataformas de Coleta de Dados) após adquirirem os dados, os enviam para os satélites do INPE e retransmitem para outras estações terrenas, como em Cuiabá-Mato grosso e Alcântara-Maranhão. Logo em seguida, tais dados são inseridos na internet, para viabilizar seu acesso aos pesquisadores.

Com o aumento das taxas de espécies ameaçadas de extinção, devi à ação do homem, principalmente como os desmatamentos, se fazem necessárias intervenções no ambiente natural para proteger tais espécies, contribuindo com a sua preservação através do levantamento de informações como: hábitos comuns; práticas de sobrevivência; tipos de

alimentos; entre outros, ou seja, monitorando seu habitat natural [5]. São comuns estudos científicos de espécies ameaçadas de extinção, tais pesquisas propõem alternativas de proteção das mesmas. Como visto na tese de doutorado de Pereira, R. J. G. [7] na qual faz o estudo de reprodução em cativeiro de espécies “rapinantes sul-americanas”, os Falcões QUIRI-QUIRI (*Falco sparverius*) buscou-se uma alternativa para salvar esta espécie.

Neste contexto, estudos foram feitos sobre a maior ave de rapina do mundo, a Harpia, no intuito de monitorá-la. No Brasil, ela é encontrada na Mata Atlântica e nos estados do Amazonas, Roraima, Rondônia, Pará e Mato Grosso. O seu crescente desaparecimento a colocou na lista de animais em extinção de 1984 a 2000, causado em grande parte pelo desmatamento, exploração de madeira e o turismo comercial, contribuindo para a destruição do ninho destas aves. O habitat natural da Harpia é localizado em extrema altitude, como nas árvores que passam dos 10 metros de altura; um ninho de Harpia já foi encontrado em uma árvore de 48 metros na Vila da Amazônia, no município de Parintins estado do Amazonas. É muito comum também encontrá-las em Castanheiras, como em países sul-americanos como no Peru, de acordo com a dissertação de mestrado Luz, B. B. da [6], que identifica as espécies de árvores onde a Harpia, costuma estabelecer seu ninho. Diariamente a Harpia deixa o ninho para buscar alimentos para os filhotes, por vezes não retornando por algum outro motivo, fator também que contribui para o aumento na taxa de extinção de aves de rapina. Contudo no caso da Harpia, o estudo é complexo, pois os ninhos são de difícil acesso para os pesquisadores e torna a tarefa de monitoramento desta espécie desafiadora.

## 1.2 Objetivos

O trabalho se propõe no desenvolvimento de um projeto de sistema embarcado para o monitoramento da Harpia (*Harpia harpyja*), a maior ave de rapina do mundo, também conhecido na Amazônia como Gavião Real. Devido à caça indiscriminada, esta espécie que se encontra ameaçada de extinção, o que torna um dos maiores incentivos pela busca de novas alternativas para sua preservação. Outro objetivo para este trabalho foi detectar se a ave deixou ou retornou do seu ninho, na qual exige que o sistema distingue, os pais dos filhos e o momento da alimentação dos filhotes.

Também foi desenvolvido um sistema que está organizado em três partes: a primeira, a coleta de dados é feita através de sensores de temperatura, umidade e detecção de presença; a segunda parte consiste na obtenção de vídeos e imagens através de um

computador pessoal devidamente protegido de sol e chuva, localizado próximo ao ninho, efetuando a coleta de dados, através de uma biblioteca desenvolvida em Java - Java Media Frameworks (JMF), provido de interface gráfica e armazenando as informações em uma base de dados. E por fim, dados dos sensores como a temperatura, umidade do ninho e um alerta contendo data e hora de possíveis de evento ocorrido no ninho são monitorados e enviados na forma de mensagem para o Sistema Brasileiro de Coletas de Dados Ambientais (SBCDA), visando à transmissão das informações através dos satélites do INPE para uma estação base. Estes dados, serão tratados pelo Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA), onde será decidido o resgate da ave para cativeiro, caso seja identificado o abandono dos pais no ninho. Um aspecto importante neste trabalho, foi a diferenciação das aves através dos sensores de presença, da Harpia mãe e de seu filhote, os resultados são ilustrados para o leitor.

Este estudo é feito através de um protótipo desenvolvido para coleta de dados dos sensores, em um ambiente de testes indoor. Para um classificador ideal, os erros e acertos dos sensores de presenças são realizados.

### 1.3 Trabalhos Relacionados

No meio acadêmico, na área monitoramento, sistemas embarcados, telemetria, transmissão de dados via satélite, existem consideráveis literaturas e não há dificuldade em encontrar tais trabalhos e observar suas contribuições.

Na Tabela 1.1 são apresentados alguns trabalhos correlatos:

**Tabela 1.1:** Resumo de trabalhos correlatos referenciados nesta dissertação:

Ref.	Título	Autor (es)	Área
[8]	Bird Tracking and Flapping Motion Recognition for Monitoring System	Maruyama, K., Saitoh, T., R. Konishi.	Processamento de Imagem/ Monitoramento
[9]	White-napped Canes Migratory Roads Tracking and Surface Condition Change Monitoring By Satellite And Weather data	Jianwe, M, Qin, D., Xue, Q, Hease, B., Hongliang, G	Monitoramento/ Imagens de Satélites/Sensoriamento
[10]	A Grouped Network Video Conference System Based on JMF in Collaborative Design Enviroment	Zeng, P., Hao, Y., Song, Y., Liu, Y.	Java Media Frameworks (JMF) através por IP

[11]	Development of Mobile Phone Based Surveillance System	Nahar, B., Ali, L. Md.	Monitoramento de câmera de vídeo (JMF)/Sistemas Embarcados
[12]	Mapaci: A Real Time e-Health Application to Assist Throat Complaint Patients	Bobadilla, J., Gomez, P., Godino, J.I.	Área Médica/ JMF/Vozes Patológicas/ Inteligência Artificial
[13]	JQOS: A QOS-Based internet vídeo conferencing system using the Java Media Framework (JMF)	Zhu, W., Georganas, D.	Stream de Video(JMF) por videoconferência pela web/QOS
[14]	VideoChat: Uma ferramenta de Videoconferência Pessoal	Lopes, C. O. da Silva	JMF/Videoconferência/ Sistema de Multimídia
[15]	Um Sistema Confiável Distribuição de Mídia	Elkind, M.	JMF/ QoS/ Inteligência Artificial(Rede Neuro Fuzzy)
[16]	Telemetria Convencional e via Satélite na determinação da área de vida de três espécies de carnívoros da região nordeste do estado de São Paulo	Mantovani, J. E.	Monitoramento/ Telemetria
[17]	Modelagem em SystemC-AMS de uma Plataforma Compatível com o Sistema de Coleta de Dados Brasileiro	Costa, H., J., B., da,	Simulação/ Identificação de um Sistemas de Coletas de dados
[18]	Current and Emerging Satellite Technologies: Implications for Drifting Buoy Design	T. C. Wilson Jr.	Transmissores via Satélites/ Monitoramento
[19]	Wireless Sensor Networks for Swift Bird Farms Monitoring	Othman,A.K., Lee, K .M., Zen, H., Zainal, W.A.Wan, Sabri, M.F. M	Monitoramento/ Sensores/ Labview
[20]	Extracting Java Library Subsets for Deployment on Embedded Systems	Rayside, D., Kontogiannis, K.	Sistemas Embarcados/ Bibliotecas em Java
[21]	An HMAC Processor with Integrated SHA- 1 and MD5 Algorithms	Wang, M. -Y, Su, C.-T., Huang, C.-T., Wu, Wen, C.-W.	Criptografia/ Sistemas
[22]	The Research and Application of JasperReports in Project Management System	Z. Fangxia, Z.Renjin.	Sistemas em Java/ Ireport Relatórios

[23]	Design and Implementation of the Hibernate Persistence Layer Data Report System Based on J2EE	Xue, M., Zhu, C.	Sistemas em Java/Ireport
[24]	Ultrasonic Arrays for Localized Presence Sensing	Caicedo, D., Pandharipande, A.	Sensoriamento de sensores/ Detecção/Algoritmo/ Cadeias de Markov

Maruyama, K., Saitoh, T., R. Konishi [8] descrevem um sistema de monitoramento de aves através da detecção por processamento de imagens de câmeras de vídeo, ilustrando suas técnicas de reconhecimento e detecção de objetos.

Os autores Jianwe, M., Qin, D., Xue, Q., Heaose, B., Hongliang, G [9] ilustram o monitoramento de aves por satélites captando imagens, dados de temperatura e rastreamento são abordados para o estudo migratório de pássaros, principalmente em áreas de reprodução de espécies. Transmissores foram implantados nos animais, afim de fazer telemetria de dados.

Os Autores Zeng, P., Hao, Y., Song, Y., Liu, Y [10] no seu artigo descrevem a tecnologia Java Media Frameworks (JMF) visando sua utilização para streaming de áudio e vídeo, encontrando soluções para conferências via internet utilizando IPs.

Nahar, B., Ali, L. Md. [11] deixa sua contribuição no desenvolvimento de um sistema embarcado, composto por câmeras para captura de imagens em tempo real e armazenando dados de stream de vídeo em um servidor local. Este servidor possui um sistema de hardware para movimentação da câmera via internet.

Os autores Bobadilla, J., Gomez, P., Godino, J.I.[12] descrevem um sistema desenvolvido para área médica onde o especialista (um otorrinolaringologista por exemplo) utiliza dados em tempo real, fornecidos através de um applet capaz de capturar vozes patológicas, e em seguida é armazenando em uma base de dados, para detecção de vozes não saudáveis. Para a detecção de possíveis vozes não saudáveis, o paciente acessa via web em um sistema de vídeo, gravando amostras de sua voz e salvando em seguida no servidor. E por fim, um algoritmo de inteligência artificial analisa os dados e estima as melhores performances. Além disso, uma rede neural foi criada para ter a melhor exatidão do sistema.

Zhu, W., Georganas, D., N. [13] propõem um código capaz de estabilizar, reproduzir vídeo e áudio pela internet. Comprimindo-o, separando-o por canais RTP (Real-Time Protocol), revelando um possível controle de Qualidade de Serviço (QoS) com JMF.

Na dissertação de Lopes, C. O., da Silva [14] são descritos conceitos relacionando a tecnologia de videoconferência com Java Media Frameworks (JMF).

Na dissertação de Elkind, M.[15] é descrito um projeto de pesquisa da Marinha do Brasil, envolvendo um sistema desenvolvido em Java e com JMF, monitorando ambientes por stream de vídeo, visando o controle de QoS através de implementação de inteligência artificial (neuro- fuzzy). São analisadas as perdas através de uma rede por IP onde vídeos e áudios trafegam entre vários nós dentro de uma rede. A modelagem matemática avalia on-line a qualidade de stream de vídeo na rede, através de um “Emulador Paramétrico”, os dados observados.

Mantovani, J. E. [16] em sua tese de doutorado realiza um estudo para monitoramento de animais na região nordeste do estado de São Paulo. A análise durou mais de 29 meses onde foram monitoradas espécies em extinção através de rádio telemetria e pelo sistema de satélite Argos (utilizando coleiras com transmissores de UHF de 401 MHz para rastreamento via satélite).

Costa, H., J., B., da [17] em sua dissertação de mestrado propõe a simulação de uma plataforma compatível com o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), modelados em classes C++ no SystemC-MAS.

O autor T. C. Wilson Jr.[18] em seu trabalho, faz uso de sensores em monitoramento em mares através de boias. Tais transmissores têm a finalidade de enviar dados como temperatura, umidade e níveis de acidez, etc. As informações são enviadas para os satélites para serem analisados.

Na área de sistemas embarcados os autores Othman, A.K., Lee, K.M., Zen, H., Zainal, W., A., Wan, Sabri, M.F. M [19] fazem o monitoramento por sensores sem fio de um habitat de aves em fazendas. O sistema possui uma GUI desenvolvida no software Labview, sendo este um sistema supervisor, capaz de realizar a aquisição de dados de sensores de temperatura e umidade. Por último, armazena em uma base de dados para monitoramento do hábitat via internet.

Os autores Rayside, D., Kontogiannis, K. [20] descrevem um conjunto de bibliotecas em Java disponíveis para serem utilizadas em sistemas embarcados. No mesmo artigo, argumentam que essas bibliotecas, são aplicadas no mercado tecnológico de embarcados e que seu faturamento passou para mais de um bilhão de dólares em 2001, contabilizados entre dispositivos móveis e algumas aplicações; terminais bancários; sistemas de controle em casas inteligentes ou na indústria.

Wang, M. -Y, Su, C.-T., Huang, C.-T., Wu, Wen, C.-W. [21] descrevem a importância no meio de comunicação e computação, o uso de um algoritmo de criptografia; as SHA-1 e MD5 e suas características.

. Os autores Z. Fangxia, Z.Renjin [22] realizam em seu artigo, o estudo de uma biblioteca de código aberto desenvolvida em Java: o JasperReport, um framework criado para gerar relatórios em diversos formatos como PDF, RTF, HTML, XLS, coletando dados de uma base de dados como o MySQL.

Em Xue, M., Zhu, C. [23] é descrito um sistema financeiro com gerenciamento realizado na plataforma do J2EE, reportando dados com o JasperReport em conjunto com a tecnologia Hibernate, nas quais as principais vantagens deste sistema são mecanismos de estudos dos autores.

Os autores D. Caicedo e A. Pandharipande [24] desenvolvem um sistema com sensores de ultrassons em ambientes indoor em um escritório. Este sistema embarcado é capaz de detectar a presença de pessoas com precisão. O sinal do sensor é processado por um algoritmo, distinguindo objetos estáticos e de pessoas em movimento. Depois das etapas anteriores, o Modelo de Markov é utilizado para calcular a distribuição de probabilidade, visando o aprimoramento da detecção.

## 1.4 Contribuições

As principais contribuições desta dissertação são:

- Estudo de técnicas de sistemas embarcados para o monitoramento, com foco na diferenciação da mãe Harpia e de seus filhotes, através de sensores e a captura de áudio e vídeo;
- Desenvolvimento de um protótipo, consistindo em um sistema embarcado para monitorar a ave Harpia [5] [6] [7] [36];
- Estudo preliminar de uso de sensor de presença PIR (Passive Infrared Sensor) e piroelétrico para detecção de presença;
- Implementação de um módulo de comunicação capaz de fazer a transmissão de dados de sensores (temperatura, umidade) e uma frase de 32 bytes para o satélite do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) [43] [44].

## 1.5 Estrutura do Trabalho

**Capítulo 2:** Este capítulo apresenta as tecnologias associadas à implementação do sistema de monitoramento da Harpia. Também é ilustrada a evolução dos sistemas de Satélites e o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambienta (SBCDA).

**Capítulo 3:** Este capítulo apresenta, o sistema embarcado desenvolvido relatando suas técnicas de aquisição de dados, sua modelagem e descrevendo os sensores utilizados, assim como a placa de aquisição de dados e o transmissor Hal2.

**Capítulo 4:** Este capítulo discute os resultados, avaliando o desempenho do sistema em ambientes de testes *indoor* e *outdoor*.

**Capítulo 5:** Neste capítulo são feitas as considerações finais e discutidos possíveis trabalhos futuros.

# CAPÍTULO 2

## Sistema de monitoramento

### 2.1 Introdução

Neste capítulo, apresenta o sistema de monitoramento da ave Harpia e será dividido em três seções. Na primeira seção, serão exibidas algumas características do sistema que a seguir, se descreve como uma visão geral desse sistema, onde serão abordados os aspectos relacionados ao seu funcionamento. Na seção posterior, através de ilustração descreve como serão obtidas as informações para análise. Já na penúltima seção, é apresentada a descrição do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA), e por último, tem-se a conclusão dos temas abordados neste capítulo.

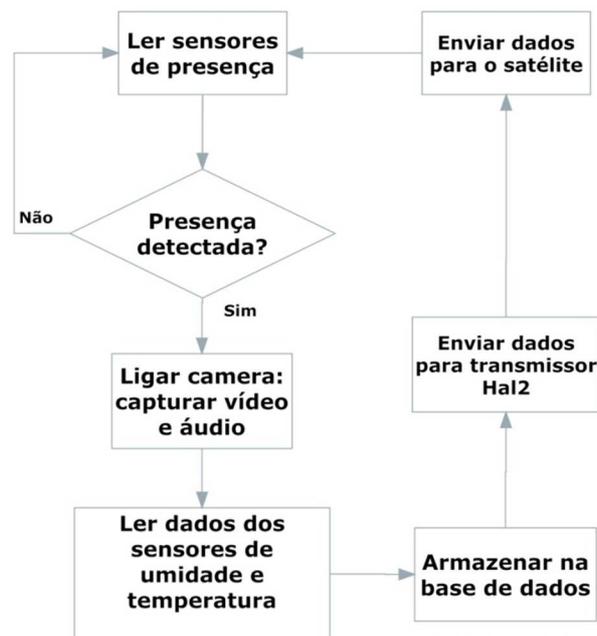
### 2.2 Considerações Iniciais

Fatores determinantes na elaboração de projeto do sistema de monitoramento:

- O equipamento deve ser resistente e possuir uma proteção em decorrência da ação do clima e dos seres humanos (ladrões e caçadores);
- A rotina computacional do software (através de um sistema supervisorio desenvolvido em Java [27] [28]) para coletar dados vindos da parte de hardware, interligando-os;
- O sistema deve possuir a capacidade de ser autônomo, para a coleta e armazenamento de imagens fotográficas ou de vídeo dos animais;
- Ter a capacidade de coletar os dados de temperatura, umidade e presença;
- Banco de dados para o registro das informações dos sensores (MySQL [34] [35]);
- Comunicação via satélite de dados coletados no ninho [37] [38] [41] [42], enviando dados para o SBCDA [43];
- Codificação dos dados em formato raw e envio para o SINDA [44], disponibilizando-os para os pesquisadores;
- Monitoramento da chegada e a saída das aves (ave mãe Harpia e filhotes) no local de estudo.

## 2.3 Visão Geral

A Figura 2.1 mostra o fluxograma do sistema de monitoramento na qual o sistema é constituído de três etapas complementares: sistema de sensores; unidade de armazenamento de dados; unidade de transmissão de dados. O processo de monitoramento do ninho é constante, fazendo com que o sensor de presença piroelétrico detecte a Harpia Mãe, disparando a câmera e fazendo com que seus movimentos de entrada e saída do ninho, sejam gravados. Outros dados de sensores a serem registrados são: a temperatura e umidade, os mesmos vão ser localizados próximos ao ninho, o suficiente para detectar e coletar informações com qualidade. Os dados oriundos destes sensores e da câmera são armazenados em um banco de dados, indicando também a data e hora da ocorrência de cada evento. Depois da coleta de informações devem ser enviados para os satélites do INPE sendo disponibilizados aos pesquisadores.



**Figura 2.1:** Fluxograma do sistema de monitoramento.

## 2.4 Procedimentos de Obtenção de dados para o Sistema de Monitoramento

A Figura 2.2, ilustra o sistema com seus respectivos equipamentos identificado para aquisição de dados, de acordo com as etapas (1) à (6).

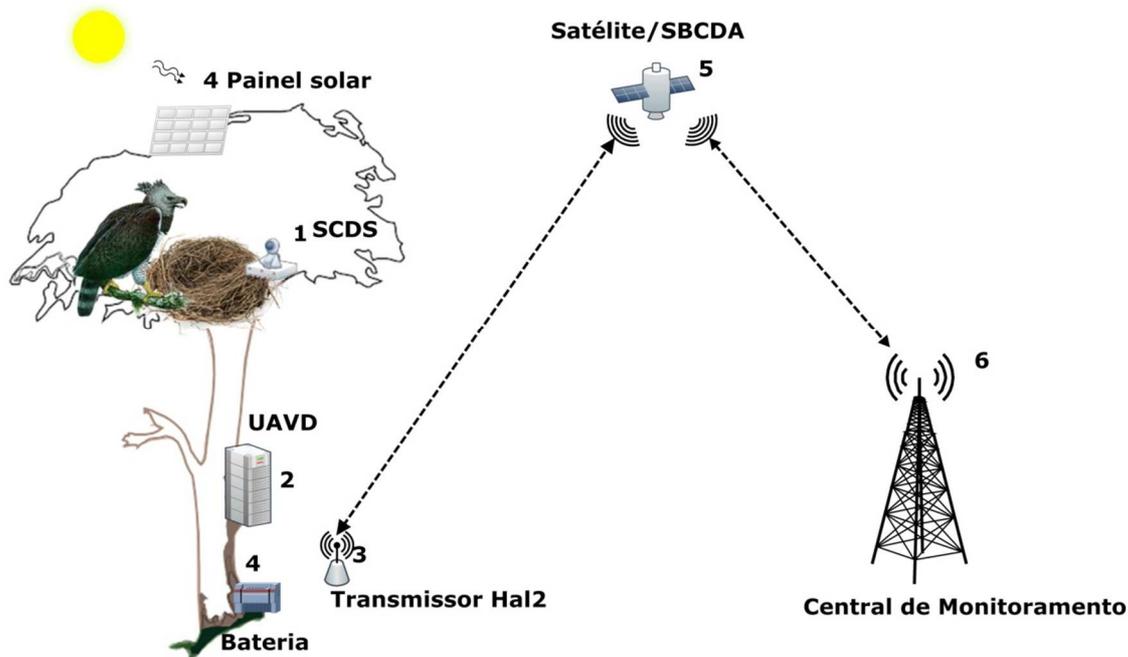


Figura 2.2: Ilustração do Sistema.

O Sistema de Coleta de Dados e Sensores (1) é uma placa de aquisição composta por uma câmera, um microcontrolador, sensores de temperatura, umidade e de sensores de presença. A câmera é capaz de filmar a ave harpia mãe ou pai quando esta chega ao ninho. O principal objetivo da instalação da câmera, é registrar o momento da alimentação dos filhotes e detectar casos de abandono do ninho [32] [33]. Dessa forma, o microcontrolador com os sensores de temperatura e umidade monitoram as características climáticas do ninho, assim como os sensores piroelétricos devem detectar, somente a presença de aves adultas.

A Unidade de Armazenamento de Vídeo e Dados - UAVD (2) trata-se de um computador portátil que recebe os dados do SCDS (via comunicação USB através do microcontrolador 18F4550 [33] localizado perto do ninho). O UAVD é totalmente protegido de chuva e sol e também é estrategicamente posicionado próximo ao ninho. Em seguida, os dados são capturados por um *software* desenvolvido em linguagem Java [20] [27] [28] [29].

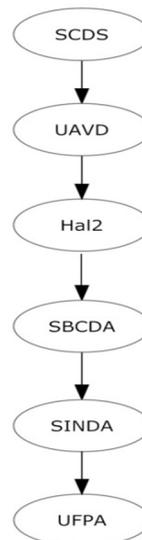
Este sistema supervisorio, é chamado de Sistema de Armazenamento de Dados (SAD) e todas as informações são armazenadas em um banco de dados MySQL [34][35] e está contido dentro do UAVD. O SAD foi desenvolvido com o intuito de prover aos usuários, dados oriundos dos sensores, assim como a data e hora de cada evento e também o vídeo e áudio gravado durante o monitoramento. Os dados disponibilizados podem ser visualizados em formato de relatório, para tal tecnologia o Ireport é utilizado [30] no SAD. O UAVD deve ficar localizado em uma altura acessível aos pesquisadores.

O transmissor de dados (3) [41] [42] envia uma mensagem via satélite contendo a data e hora do evento ocorrido. A rede de satélites do INPE (5) - Sistema Brasileiro de Coletas de Dados Ambientais [54] orbitam ao redor da terra e tem o objetivo de coletar informações ,provenientes do transmissor (3) em tempo real.

O sistema possui uma bateria/painel solar (4) na qual alimenta todos os componentes acima referenciados. O painel solar é utilizado de forma a prolongar a autonomia da bateria em aproximadamente um mês.

A central de monitoramento (6) disponibiliza os dados para usuários do sistema através da internet, pelo Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA) [44], desde modo, os usuários podem acessar a qualquer lugar do mundo as informações.

Para um melhor entendimento, a Figura 2.3 mostra o diagrama de bloco do sistema de monitoramento, mostrando o processo de aquisição até a disponibilização das informações ao usuário final.



**Figura 2.3:** O diagrama de bloco do sistema de monitoramento.

## 2.5 A Evolução dos Sistemas de Satélites

Satélite é um equipamento desenvolvido para interligar, estações terrenas onde os sinais não são facilmente captados, devido a grandes distâncias entre as elas. Assim, satélites agem como uma “estação repetidora” [37].

A comunicação via satélite é uma das tecnologias mais utilizadas no mundo desde 1965, a área de comunicação vem ampliando novos serviços em telecomunicações. Os satélites podem ser localizados no espaço a mais de 27 quilômetros da sua estação base. Seu custo de operação é bastante elevado, de acordo com o Autor Denis, R., cita que o custo da distância de uma transmissão ponto a ponto é o mesmo que o do lançamento de um satélite no espaço [39].

Particularmente, os serviços globais de redes de telefonia são os mais utilizados desde sua criação. Em 1956 cabos submarinos iniciaram conexões entre continentes ao redor do mundo, trasfegaram dados entre circuitos de telefonia; mas os sistemas de satélites completaram links entre a comunicação de telefonia, serviços de televisão e transmissão de dados, eliminando as barreiras existentes [37]. Hoje existem mais de 140.000 canais de telefonia - tráfego de multimídia (serviços voz, dados e vídeo) - em funcionamento [38].

A comunicação via satélite para transmissões de dados têm seguintes características:

i) Ter capacidade de acesso múltiplo, ponto a ponto, ponto a multiponto ou multiponto a multiponto;

ii) Na transmissão ponto a multiponto, serviços podem incluir: Serviços de programação de TV, vídeos e voz; aplicações de multimídia, internet, sensoriamento remoto, etc.;

iii) Um dos pontos altos no progresso da tecnologia de comunicação via satélite está na substituição da modulação analógica pela modulação digital, por exemplo, a transmissão de TV digital como é conhecida [39].

Alguns serviços de satélites são [37] [38][39]:

- Fixed Satellites Service (FSS);
- Broadcastings Satellite Service (BSS);
- Navigational Satellites Services (NSS);
- Meteorological Satellite Services (MSS).

Estas classificações são tipos de serviços específicos, por exemplo, o FSS é constituído de links para a transmissão de sinais de televisão. O BSS são serviços de transmissões diretas para as casas dos usuários; é o sistema mais usado por companhias de TVs e também utilizado como serviços de satélites para dispositivos móveis como náuticos, aeronáuticos e terrestres. Os NSS são serviços de localização por GPS - Global Positioning Systems e os MSS são serviços para Meteorologia, pesquisas e serviços de resgates.

Pode-se acompanhar a evolução de lançamento de satélites na Tabela 2.1:

**Tabela 2.1:** A Evolução do lançamento de satélites no espaço de acordo com [37]:

Histórico	Ano
Um artigo inovador foi publicado por Arthur C. Clarke, um físico, descrevendo uma comunicação no mundo e radiodifusão baseado cima de geossincroníssimo de estações espaciais.	1945
O lançamento de do primeiro satélites artificial chamado de Sputnik 1 (USSR: União Soviética República Socialista, atual Rússia).	4 de Outubro 1959
Um artigo de Pierce abordado comunicação de Satélites tendo uma uma visão geral, dando outra possibilidades no meio de tecnologias espaciais.	Março, 1959
Lançamento do ECHO 1, um satélite no formato de balão (Estado Unidos, NASA).	Agosto, 1960
A fundação da companhia COMSAT (USA), a primeira empresa destinada a desenvolver satélites para comunicação internacional.	1962
Lançamento do satélites TELSTAR -1 (USA/AT&T, companhia privada) e logo sem seguida lançamento do satélite da NASA (USA) replicando o sinal do TELSTAR-1, satélites não são geoestacionários, operam em baixas altitudes e com frequência de banda operação de 6/4 GHz.	Julho e Dezembro de 1962
Criada a primeira regulação de comunicação de satélite pela ITU.	1963
Lançamento do primeiro satélite geoestacionário chamando SYNCOM 2 (USA/NASA) com mais de 300 circuitos para serem usados na telefonia ou 1 canal de televisão.	Julho, 1963
A criação da organização INTELSAT com participação de 19 países para	Agosto, 1964

desenvolver tecnologia na área de satélites.	
Primeiro satélite comercial geoestacionário chamado de EARLY BIRD (INTELSAT 1), com 240 circuitos ou um canal de televisão. Primeira comunicação operacional entre USA, França, Alemanha e Reino Unido.	Abril, 1965
Foi lançado o satélite MOLNYA 1 (USSR) não geoestacionário.	1965
O satélite INTELSAT II foi lançado: 240 circuitos de telefone com modo múltiplo acesso ou um canal de TV com cobertura de sinal no Atlântico e região do Oceano Pacífico	1967
O satélite INTELSAT III foi lançado com características com 500 circuitos de telefone, 4 canais para TVs combinando a mesma recepção do sinal.	1968- 1970
A NASA (USA) lança no espaço o ATS 5, primeiro satélite geoestacionário com banda 15.3 GHz e 3.6 GHz.	1969
A INTELSAT lança o INTELSAT IV com característica de 4 000 circuitos e mais 2 canais de TV.	Janeiro, 1971
A fundação da Organização INTERPUTNIK e da USSR e outros nove instituições participam para desenvolver tecnologias espaciais.	Novembro, 1971
Sistema de comunicação de satélite Angelino é o primeiro sistema nacional	Janeiro, 1975

A vantagem de comunicação por satélite reside na cobertura em enormes áreas sem haver obstáculos geográficos. Os sinais são transmitidos por radiocomunicação em micro-ondas, nas frequências de 1.5 GHz na banda L e 30 GHz na Banda Ka. A Tabela 2.2 determina as faixas de frequência que os satélites podem transmitir dados:

**Tabela 2.2:** Frequências e Banda utilizada em satélites [37] [38] [39]:

<b>Frequência de Banda (em GHz)</b>	<b>Nomenclatura</b>
0,1 a 0,3	VHF
0,3 a 1,0	UHF

1,0 a 2,0	L
2,0 a 4,0	S
4,0 a 8,0	C
8,0 a 12,0	X
12,0 a 18,0	Ku
18,0 a 27,0	K
27,0 a 40, 0	Ka
40,0 a 75,0	V
75,0 a 110,0	W
110,0 a 300,0	Mm
300,0 a 3000,0	μm

## **2.6 Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA)**

O Sistema Brasileiro de Coletas Dados Ambientais (SBCDA) foi desenvolvido em 1980 pelo governo brasileiro, sendo composto pelos satélites SCD-1, lançando em 1993, o SCD-2 lançando em 1998, em 1999 foi lançando o CBERS-1, em 2003 foi lançando o CBERS-2 e em 2007 o satélite CBERS-2B.

O SBCDA tem como objetivo, realizar a coleta de dados ambientais de Plataformas de Coletas de Dados (PCDs), espalhadas por todo o território brasileiro. As informações coletadas pelas PCDs, são transmitidas para o SBCDA e retransmitidas para estações de recepção localizadas em Cuiabá - Mato Grosso ou Alcântara - Maranhão. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é o responsável pelo SBCDA [17] [43] [44].

As plataformas de Coleta de Dados (PCDs) foram projetadas com o objetivo de serem “estações autônomas”, situadas em locais afastados ou de difícil acesso. As PCDs contêm sensores de umidade, pressão, temperatura, velocidade, entre outros. Também possui baterias de longa duração ou painéis de células solares que permitem que o sistema opere por um longo tempo sem a intervenção do homem.

Os satélites do SBCDA tem capacidade de receber dados de até quinhentas PCDs na sua área de visibilidade. São utilizados para fins de meteorologia, oceanografia, monitoramento de embarcações, monitoramento ambiental, controle de queimadas e enchentes além de estudos científicos [17] [45], conforme Figura 2.4:



**Figura 2.4:** Os satélites do SBCDA atualmente em operação [46].

Atualmente, o SBCDA está com dois satélites em operação: SCD-1, SCD-2 e os satélites CBERS-1 e CBERS-2 e CBERS-2B estão fora de operação, interromperam suas atividades em 2003, 2005, e 2009 respectivamente.

O SBCDA é retransmissor dos dados enviados pelas PCDs, cada satélite fazendo a cobertura de mais de cinco mil quilômetros de diâmetro da terra. As PCDs transmitem para o SBCDA nas frequências de UHF entre dois canais (401, 620 MHz e 401,650MHz), logo os satélites retransmitem na frequência banda S: 2.267, 52 MHz [17] [46]. Os dados obtidos são disponibilizados na internet para os usuários do sistema, conforme ilustra a Figura 2.5 localização das PCDs do sistema SCD-1:



**Figura 2.5:** Localização das PCDs do sistema SCD-1 [46].

Ultimamente, existe mais de oitocentas PCDs no Brasil utilizando dois canais de comunicação, contudo existe uma forte hipótese de haver um choque entre as mensagens enviadas pelas PCDs, pois a comunicação é transmitida a qualquer momento e os satélites do SBCDA não possuem um controle das PCDs no momento da transmissão.

## **2.7 Conclusão**

Em projetos de sistemas embarcados mostra-se importante, sobretudo nas áreas de monitoramento e de telecomunicações. Foi apresentada neste capítulo, uma visão geral do sistema de monitoramento, nas seções anteriores foi descrito a evolução da comunicação via satélite e vantagens das aplicações do mesmo, justificando a importância do seu papel no decorrer das últimas décadas, até o cotidiano da humanidade. Foi descrita também, a rede de satélites lançados pelo Brasil, o SBCDA e sua vital importância nas atividades de monitoramento de espécies e outras aplicações no território brasileiro.

# CAPÍTULO 3

## Proposta de Sistema Embarcado para Monitoramento da Harpia

### 3.1 Introdução

O sistema embarcado é a junção de duas partes importantes na tecnologia nos dias atuais: o software e o hardware. A parte física (hardware) é controlada por um circuito integrado, um microprocessador ou microcontrolador que gerencia sensores, motores e atuadores. Uma diferença básica entre ambos, é que o primeiro precisa de memória externa. O microcontrolador possui em um único circuito integrado a memória interna, conversores digitais e analógicos, temporizadores e contadores.

Este capítulo descreve o Sistema Embarcado proposto, suas tecnologias são apresentadas em seções relevantes para o desenvolvimento deste trabalho. A parte de hardware inclui a Unidade de Armazenamento de Vídeo e Dados (UAVD) que é responsável por gerenciar parte do sistema. Para coleta de dados dos sensores o microcontrolador 18F4550 faz a coleta das informações provenientes dos sensores como: sensor de presença, sensor de umidade e de temperatura, transmitindo informações para o transmissor Hal2. Uma placa de aquisição foi desenvolvida com a finalidade de fazer as coletas dos dados e depois transmitir por uma comunicação via USB para o UAVD. Outros aspectos técnicos serão expostos como: consumo de energia de todos hardware, incluindo o funcionamento contínuo da câmera quando houver alguma detecção dos sensores de presença, para que a câmera seja ativada.

Na parte de Software, o projeto incluiu o desenvolvimento de uma interface gráfica em Java chamada de Sistema de Aquisição de Dados (SAD). O SAD é capaz de reproduzir um stream por uma biblioteca denominada de Java Media Frameworks (JMF) e grava vídeo e áudio. Uma possibilidade de tal arquitetura é que dados de imagens podem ser obtidos através da webcam no momento em que a harpia deixar ou chegar no ninho, em tempo real, e armazenados no SAD em uma base de dados. Além de armazenar informações dos sensores, que ficam disponíveis para futura consultas pelos usuários do sistema.

## 3.2 Software

Esta seção descreve o software desenvolvido e está dividida em tópicos:

- Banco de dados MySQL;
- Criptografia MD5;
- Java Media Frameworks (JMF);
- SAD;
- Sistema de Relatório através de Ireport (JasperReport);
- Linguagem C.

### 3.2.1 Banco de Dados MySQL

Os Sistemas de Gerenciamento de Banco de dados (SGBD) evoluíram nos últimos anos juntamente com a tecnologia moderna, ou melhor, como na área de sistema embarcados. Mudando a vida dos usuários que necessitam dessa tecnologia, assim é possível acessar informações com extrema rapidez, tendo um SGBD ágil no seu processamento, em conjunto com um sistema supervisorio que acesse na mesma aplicação, por exemplo: podendo acessar processos automatizados ou dados de sensores em tempo real, vistos nas industriais, sistemas bancários ou em outras aplicações [12] [19] [20].

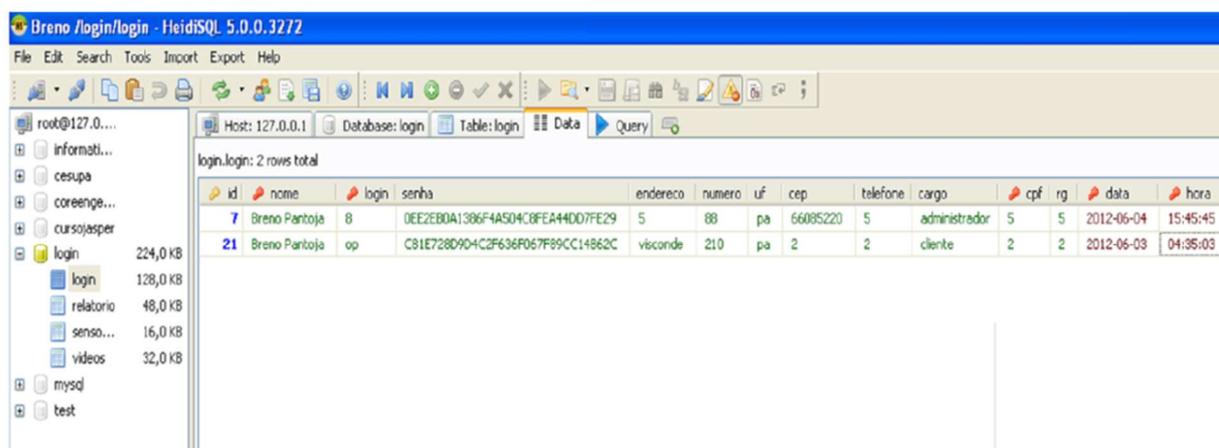
Outras abordagens importantes na área de SGBD seria as características como o Java DataBase Connectivity (JDBC) e a utilização de softwares livres para o desenvolvimento de sistemas. O JDBC é uma biblioteca/pacote escrita em Java, que interpreta dados em Structured Query Language (SQL) e funciona em qualquer sistema operacional ou base de dados como Oracle, MySQL, Sybase, PostGreSQL e DB2. O JDBC gerencia toda a sua própria arquitetura, ou seja, classes interagem diretamente com base de dados relacional, facilitando assim para o desenvolvedor. Os aplicativos desenvolvidos em Java 2 Standard Edition (J2SE) necessitam de duas bibliotecas conhecidas como “java.sql” e “javax.sql”. Ambas são adequadas para conectar facilmente com qualquer base de dados e com suas arquiteturas respectivas [34].

Portanto, o MySQL é um sistema de banco de dados que utiliza linguagem SQL e é atualmente a base de dados mais utilizada pelos desenvolvedores. Pode ser utilizado em diversas aplicações como sistemas web ou desktop, e têm diversas maneiras de gravar, modificar e organizar dados. Seu sistema é fácil de lidar, com protocolos enxutos e com baixo uso de processamento. A interface gráfica é de fácil acesso e permite gerenciamento de

informações com velocidade e segurança [35].

Por isso, este trabalho utilizou a base de dados MySQL por ser uma base de código aberto e ter várias vantagens que um banco de dados relacional pode ter, como sua interface de fácil manuseio e de alto desempenho.

Observe a Figura 3.1:



The screenshot shows the HeidiSQL interface. The left sidebar displays a tree view of the database structure, including folders for 'informati...', 'cesupa', 'coreenge...', 'cursojasper', 'login' (224,0 KB), 'relatorio' (48,0 KB), 'senso...' (16,0 KB), 'videos' (32,0 KB), 'mysql', and 'test'. The main window shows the 'login' table with the following data:

id	nome	login	senha	endereco	numero	uf	cep	telefone	cargo	cpf	rg	data	hora
7	Breno Pantoja	8	0EE2E80A1386F4A504C8FEA44DD7FE29	5	88	pa	66085220	5	administrador	5	5	2012-06-04	15:45:45
21	Breno Pantoja	op	C81E728D9D4C2F636F067F89CC14862C	visconde	210	pa	2	2	cliente	2	2	2012-06-03	04:35:03

**Figura 3.1:** A base de dados do Sistema de Monitoramento instalada no UAVD, ilustrando a tabela de Login.

A base de dados projetada possui quatro tabelas de dados descritas a seguir:

- Login: Tem doze colunas, dados completos de quem acessa o sistema de monitoramento e coleta os dados. As colunas são; ID, Nome, Login, Senha (este campo está criptografado, leia na seção 3.2.2 MD5), endereço, Numero (residência), UF (estado), CEP, Telefone, RG, Data e Hora. As últimas colunas são registros de dados contendo a hora e dia que o usuário acessou o sistema (veja a descrição por completo na seção 3.2.4 SAD). Esta tabela é para usuários que são administradores do sistema, quem tem prioridade de cadastrar, incluir e excluir conta dos usuários que acessam o sistema;
- Sensores: Tem cinco colunas: Código, Login, Valor, Data e Hora, que representam os dados dos quatro sensores utilizados neste trabalho. Depois da coleta feita pelo SCDS, os dados são registrados logo em seguida. Os sensores são: umidade, temperatura, sensor de presença 1 e sensor de presença 2. Os dados são obtidos pelo SAD por comunicação USB e gravados no MySQL, note a Figura 3.2:

The screenshot shows the HeidiSQL interface. On the left, a file tree lists databases: information..., cesupa, coreengen..., cursojasper (144,0 KB), login (224,0 KB), login (128,0 KB), relatorio (48,0 KB), sensores (16,0 KB), videos (32,0 KB), mysql (616,0 KB), and test (0 B). The main window displays the 'login.sensores' table with 4 rows total. The table has columns: codigo, tiposensor, valor, data, and hora.

codigo	tiposensor	valor	data	hora
3	Sensor de Presença 2	Evento Ocorrido Sensor 2	23/02/2012	15:30
4	Sensor de Presença 1	Evento Ocorrido Sensor 1	23/02/2012	15:30
1	Umidade	65%	23/02/2012	15:31
2	Temperatura	35	23/02/2012	15:31

**Figura 3.2:** A base de dados mostrando a Tabela Sensores.

- Relatório: É a terceira tabela e contém campos (colunas) como ID, Nome, CPF, Data e Hora. Esta tabela faz um relacionamento (uma chave estrangeira) com a Tabela de Login. Em seguida, através da tecnologia Ireport, os dados podem ser impressos em formato de relatório em PDF (veja na seção 3.2.5. Ireport);
- Vídeos: É a quarta Tabela da base de dados e tem a finalidade de armazenar dados dos vídeos e campos como código, vídeo, hora e data. A característica desta tabela é permitir que o administrador identifique a hora e data precisa em que a câmera foi ativada por hardware. Como indicado, o vídeo pode ser gravado no SAD através da tecnologia Java Media Frameworks (JMF) (veja na seção 3.2.3 Java Media Framework a tecnologia usada neste trabalho).

### 3.2.2 MD5

Criptografia é a ação de codificar dados como em um texto legível e claro em um texto ilegível, com a finalidade de esconder dados para que outras pessoas não possam ver, ou não tenham autorização para decodificar os dados. Contudo pessoas autorizadas a decodificar tais dados podem ter acesso e decifrar tal informação. É muito comum em tecnologias atuais tentar proteger dados como acesso em sistemas de e-mails, documentos pessoais, sistemas bancários, transmissões por *stream* de vídeo pela internet, ou mesmo em uma rede local de trabalho.

Uma das características da criptografia são a autenticação e a privacidade dos dados enviados pelo emissor e recebidos pelo receptor. A chave é um pré-requisito para codificação

e decodificação. A criptografia é possível, por exemplo, uma chave de três bits precisa de oito combinações diferentes para ser decifrada. Note a equação 3.1:

$$\text{Combinações Possíveis} = 2^n \quad (3.1)$$

O valor  $n$  é o número de chaves em bits (o conjunto de chaves), então se  $n$  for de sessenta e quatro bits, aplicando a equação 3.1, o número de combinações possíveis  $=2^{64}$  é igual a 18,446,744,073,709,551,616, passando de dezoito quintilhões. Os algoritmos mais utilizados no mundo são o SHA-1 e o MD5, sendo que o SHA-1 tem chaves de 160 bits e o MD5 tem chaves de 128 bits, de acordo com os autores [21].

Na Figura 3.1 ilustra o banco de dados, especificamente na tabela *login* e na tabela *usuários*, tem um campo chamado de *senha* que é criptografado por MD5 para proteger a senha. Somente o administrador do sistema tem acesso para trocar a senha dos usuários ou o próprio usuário pode modificar sua senha no SAD.

A Criptografia MD5 foi implementada em Java, para que o sistema SAD possa criptografar dados como a senha dos usuários. A classe é chamada na primeira tela de acesso do sistema (veja a descrição por completo do 3.2.4. Sistema Armazenamento de Dados) e a criptografia é feita quando o administrador do SAD cadastra os usuários e informa uma senha.

### 3.2.3 Java Media Frameworks (JMF)

Para reprodução de vídeo e áudio é comum fazer transmissões em tempo real pela internet ou outros dispositivos. Recentemente, a rede mundial de computadores e sistemas de monitoramento à distância vem sofrendo enormes investimentos no objetivo de ampliar novos horizontes, assim desta forma, a transmissão de voz e vídeo pelos mesmos vem se aprimorando com o passar dos anos [14].

A transmissão e armazenamento de vídeo, parâmetros como fator de compressão controlam a qualidade do vídeo. O Java Media Framework (JMF), adotada neste trabalho, requisita e suporta alguns CODECs do grupo MPEG (Motion Pictures Experts Group). Além de reproduzir vídeos e áudios em diversos formatos como MPEG-1, MPEG-2, Quicktime, AVI, WAV e MIDI ou poder rodar arquivos em um disco local ou por câmera de vídeo (webcam). O JMF é uma API capaz de aplicar mídia em tempo real, uma biblioteca de código aberto que pode ser manipulada e adaptada. Esta API é compatível com vários sistemas operacionais como Windows, Linux ou Mac OS. O JMF foi criado pela Sun Systems, e pode ser encontrado no site da Oracle [29].

Outras vantagens de utilizar JMF é que a Sun Microsystems (agora Oracle) dá suporte e manuais, esclarecendo classes que capturam áudio e vídeo, por exemplo, incluindo fóruns de discussões de desenvolvedores no seu próprio site.

Softwares feitos em Java e compatíveis com o JMF podem ser usados não apenas em páginas desenvolvidas em Java Page Server (JSP), mas também em Hypertext Preprocessor (PHP) através de applets. Um dos requisitos para o JMF rodar perfeitamente é instalar um programa JMStudio que faz a devida configuração e instalação dos pacotes com as bibliotecas indispensáveis, além do kit de desenvolvimento da Sun Microsystems Java Development Kit (JDK) e do Java RunTime Environment (JRE).

Como descrito no capítulo 1, na Tabela 1.1, algumas teses e artigos correlatos trabalham com JMF em determinadas aplicações. Esse trabalho descreve o uso do JMF (inédita no meio científico), no sistema de monitoramento do gavião real, a harpia.

A seção seguinte ilustra a interface gráfica desenvolvida em Java em conjunto com JMF, que reproduz e grava streams de vídeos em tempo real quando a câmera é acionada. Na seção seguinte, o SAD é ilustrado na Figura 3.4, e a sua tela principal exibe um ambiente de testes *indoor* na qual o vídeo e o áudio são exibidos e armazenados.

### **3.2.4 Sistema de Armazenamento de Dados (SAD)**

O Sistema de Coleta de Dados dos Sensores (SCDS) obtém dados dos sensores e logo transmite os dados por comunicação USB, para o gerenciamento pelo Sistema de Armazenamento de Dados (SAD), na qual é um sistema supervisorio desenvolvido em Java no NetBeans Java [27].

O SAD é capaz de coletar dados e armazenar na base de dados MySQL, do mesmo modo, uma rotina computacional foi feita. Caso haja necessidade, dados podem ser cadastrados, modificados e serem exibidos na própria interface. Portanto, o SAD tem o controle e acesso total às informações de monitoramento. Contudo, para acessá-lo, os pesquisadores devem ser cadastrados na base de dados.

Este sistema foi criado com intuito de que os usuários levantem dados coletados no monitoramento perto do ninho, sobretudo dados de temperatura, umidade e presença dos pais. Além de vídeo e áudio, os dados dos sensores são coletados na hora exata, que um dos pais volta para alimentar os filhotes ou quando estes saem do ninho.

Na primeira tela do SAD, é solicitada a autenticação de login e senha para que o usuário /administrador seja autenticado com a base de dados MySQL, juntamente com MD5, note a Figura 3.3:



**Figura 3.3:** Login e senha.

A seguir, na segunda tela vai ser exibida hora exata em que o sistema foi acessado e registrado, o acesso no MySQL. O JMF captura quando a câmera é ligada por Hardware e grava vídeo e áudio em um diretório, durante 30s a 50s, ou tempo que for necessário conforme a necessidade. O SAD é programado para salvá-los na base de dados na *Tabela Vídeo*; outras informações como hora e data são salvas nesta mesma tabela. O arquivo é nomeado na própria programação e salvo em formato AVI, por exemplo, *lasse.avi*. Também, o vídeo pode ser recuperado pelo o SAD, observe a Figura 3.4:



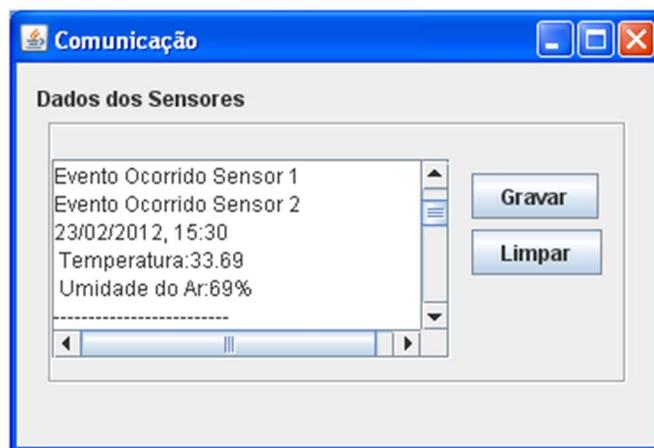
**Figura 3.4:** Interface do SAD com Gravação com JMF.

No cenário exposto na Figura 3.4, mostra um possível cenário simulando o ninho (da harpia) nas quais os sensores de presença detectaram a harpia adulta (veja no capítulo 4 *Resultados*, na seção 4.3 Testes em ambiente indoor para a estimativa da detecção das aves).

Além dos menus na interface principal, podem ser chamadas outras interfaces gráficas. Portanto as informações de cadastro, dados dos sensores, outras informações pertinentes podem ser alteradas ou excluídas caso o usuário ou administrador deseje. Informações das tabelas podem ser impressas no formato de relatório em PDF, basta navegar pela interface principal em *Menus*.

No caso do cadastro, alguns campos devem ser preenchidos conforme o que foi descrito na seção 3.2.1. Para o usuário cadastrar no Banco de Dados MySQL, deve ser preenchidos os campos de *Login*, *Senha*, *RG*, *CPF*, *Endereço*, etc. E são registrados na base de dados os quais também podem ser alterados.

A captura dos dados dos sensores é feita pela a comunicação USB (mais detalhes, veja na seção 3.3.2 SCDS) no menu *comunicação*. O sensor de temperatura, umidade e sensores de presença exibem suas informações incluindo data e hora, como mostra a Figura 3.5:



**Figura 3.5:** Comunicação USB vinda dos circuitos.

Uma rotina computacional trata todas as informações vindas pela comunicação USB, na qual fica monitorando dados recebidos. O campo na qual texto foi ilustrado na figura acima mostra um exemplo de mensagem na caixa de texto (“Area TextField”) como: “Evento Ocorrido Sensor 1”. O SAD separa as informações e cada dado de sensor vai corresponder de acordo com a Tabela de Sensores, assim os dados dos sensores irão ser disponibilizados em cada campo/coluna correspondente na base de dados, incluindo outros dados de data e hora

que ocorra em um possível evento. Na seção a seguir, 3.2.5 Ireport é ilustrada na Figura 3.6, mostra um possível evento na qual foi capturado os dados no MySQL e salvos corretamente.

Quando os sensores de presença detectam algo como a presença de uma harpia adulta, os dados são coletados no SAD e em seguida envia essas informações para o transmissor Hal2, pela porta Rs 232 (veja na seção 3.3.3 Transmissor Hal2). O SAD trata a *String*/frase como um evento que ocorreu e envia pela porta serial contendo os dados de temperatura, umidade, data e hora do evento ocorrido. Logo em seguida, essas informações serão enviadas para os satélites do SBCDA com no máximo de 32 bytes, para que os usuários do sistema possam verificar possível abandono do ninho pela harpia adulta; um aviso para que os pesquisadores possam chegar ao ninho no menor tempo possível, para verificar as condições dos filhotes e fazer o resgate caso necessário.

### 3.2.5 Ireport

O Ireport é um software livre que pode interligar bases de dados em formato de relatório para aplicações como software em J2EE ou mesmo serem aplicados em sistemas embarcados. Desenvolvida em Java, através de uma biblioteca JasperReports, os relatórios podem ser gerados em diversos formatos: PDF, HTML, XML.

É corriqueiro encontrar na literatura trabalhos, que utilizam esta biblioteca (JasperReports). Seu estudo é descrito com uma base dados empregados, em conjunto com outras tecnologias como Hibernate para aplicações web em JSP/Servlet [22] [23].

O Ireport requer algumas configurações a serem instaladas. Como é uma ferramenta feita em Java, necessita do JDK, JVM e o JRE. Por fim, possui suporte para vários sistemas operacionais como Windows, Linux, Mac OS [30].

Desta mesma forma, o pesquisador precisa autenticar com login e senha, e não é necessário acessar as telas para obter dados como: dados de temperatura, umidade, hora e data, e hora de cada evento ocorrido no monitoramento. Para este propósito, o Ireport carrega dados do MySQL de uma determinada tabela de *Relatórios* ou outra na tabela de *Sensores*, o pesquisador/usuário deve ir no menu *Arquivo*, depois o mesmo deve acessar e clicar no sub menu chamado de *Relatórios dos Sensores*, assim facilitando a exibição das informações adquirida pelo sistema embarcado. Os dados são exibidos da maneira mostrada na Figura 3.6:

The image shows a screenshot of a web browser window titled 'JasperViewer'. The main content is a report titled 'Relatório' which contains a table with the following data:

Código	Tipo do Sensor	Valor	Data	Hora
1	Umidade	65%	23/02/2012	15:31
2	Temperatura	35	23/02/2012	15:31
3	Sensor de Presença 2	Evento Ocorrido Sensor 2	23/02/2012	15:30
4	Sensor de Presença 1	Evento Ocorrido Sensor 1	23/02/2012	15:30

**Figura 3.6:** Sistema de relatório com Ireport, ilustrando dados coletados.

## 3.2.6 Linguagem C

Para engenheiros projetistas a linguagem C é crucial para projetar sistemas com hardware. Esta linguagem foi estruturada em 1970, por Dennis Ritchie (1941 -2011) onde desenvolveu o sistema operacional UNIX. Atualmente é a linguagem mais utilizada para resolver problemas de engenharia, como em desenvolvimentos de sistemas embarcados. Como é uma linguagem de baixo nível, seu processamento pelo hardware torna-se mais rápida e eficiente.

Nos primórdios da computação e da engenharia, a linguagem Assembly desenvolvia este papel, entretanto, a unidade central de processamento estava em uma crescente expansão e havia uma corrida da indústria para melhorá-las. A maioria dos dispositivos eletrônicos ou quase todos, ainda são projetados e implementados com um compilador C como: televisores, computadores, sistemas de telecomunicações, sistemas de automações ou mesmo em satélites, automóveis, sistemas embarcados, etc [32].

Compiladores como o MPLab, desenvolvido pela empresa Microchip Technology, compilam linguagem C e possuem uma vasta biblioteca de PWM, SPI, I<sup>2</sup>C, UART, USART, por exemplo. Depois do código compilado é gerado um arquivo em hexadecimal, o qual é gravado em um circuito integrado, um microcontrolador é utilizado para operar em uma aplicação específica. Para este fim, a linguagem C foi programada para coleta de dados dos sensores, já que o MPLab é um software livre e é disponibilizado no site da Microchip Technology [32] [33].

Porém, o Compilador PCWH IDE Compiler, desenvolvido pela CCS no qual possui licença paga, possui uma interface simples e de fácil utilização na manipulação da linguagem C. Depois de compilar e gera o arquivo em hexadecimal, pode-se embarcar em diversos

microcontroladores da Microchip, como os da família 18F, DSPIC. Para testes e desenvolvimento desta dissertação/projeto, o compilador PCWH IDE Compiler foi usado [47].

### 3.3 Hardware

Esta seção mostra a parte de hardware que está dividida em seções:

- Unidade de Armazenamento de Dados e Vídeo (UAVD);
- Sistema de Comunicação de Dados e Sensores (SCDS);
- Transmissor Hal2.

#### 3.3.1 Unidade de Armazenamento de Dados e Vídeo (UAVD)

A Unidade de Armazenamento de Vídeo e Dados (UAVD) é um computador portátil onde o SAD vai ser instalado, juntamente com pacotes citados nas seções anteriores, inclusive o banco de dados MySQL. O UAVD se comunica com SCDS por duas portas USB e serial (para o transmissor Hal2). Para fins de testes, foi usado um computador pessoal, disponibilizado pelo Laboratório de Sensores e Sistemas Embarcados (LASSE) apresentando seguintes características:

- Processor: Core 2E7400 Duo 2.80 GHz;
- Memory: 2.0 GB;
- L2 Cache: 3MB;
- Windows 7 com 32-bit;
- Hard Disc (HD) com 160 GBytes de espaço.

Para testes *outdoors*, a preocupação com roubo do equipamento, a proteção contra sol e chuva foi uma questão discutida. Uma caixa de isolamento produzida pela empresa Antenas MetalTec [48], foi empregada para proteger o SCDS juntamente com transmissor Hal2, permitindo testes *outdoor*. Assim o circuito, módulos/equipamentos são colocados dentro da caixa, caso o sistema necessite de um maior alcance do sinal, uma antena pode ser instalada fora da caixa. A caixa tem furos o suficiente para passagem de cabos, note a Figura 3.7:



**Figura 3.7:** Teste outdoor com Hal2 na UFPA, caixa e isolamento (visão frontal).

Um netbook ou um tablet, com a mesma configuração citada acima, pode ser futuramente instalado dentro da caixa de proteção. Note que a caixa deve ser estrategicamente instalada próximo ao ninho.

### **3.3.2 Sistema de Coleta de Dados dos Sensores (SCDS)**

O Sistema de Coleta de Dados dos Sensores (SCDS) é um módulo de aquisição, uma placa fresada na LPKF ProtoMat S62( fabricada pela empresa LPKF laser & Electronics [31]) de tal modo que os sensores têm entradas para acoplamento. O SCDS foi projetado para que tenha comunicação USB; também possui uma porta de comunicação serial para comunicação com transmissor o Hal2. Alguns componentes da placa de aquisição são:

- Microcontrolador 18F4550;
- Circuito integrado MAX 232;
- Circuito Integrado DS 1307 Real Time Clock (RTC);
- Circuito Integrado MCP 6002 amplificador operacional não inversora;
- Regulador de tensão 7805;
- Bateria de 3.3 volts;
- Conectores USB (um para comunicação USB, dois um comunicando computador e outro para conectar a webcam);
- Conector Serial;
- Pinos para saídas dos sensores e para alimentação do circuito;
- Pinos de saída 16 x 2 para um LDC (display);





### **3.3.2.1 Comunicação USB com o Microcontrolador 18F4550**

Conforme visto no começo deste capítulo, os microcontroladores são circuitos integrados que podem ser comparados como o cérebro humano: uma inteligência programada capaz de realizar tarefas distintas. São aplicadas em diversos campos como em celulares, robôs, tablets, impressoras, televisores, satélites. Na engenharia moderna, a eletrônica teve uma revolução, a exemplo dos microcontroladores que vieram com novos recursos e tecnologias aplicadas neste meio, principalmente em sistemas embarcados. Internamente os microcontroladores possuem uma unidade central de processamento (CPU), em inglês “Central Processing Unit”, além de uma memória que possa guardar dados ou programas (protocolos) como: entrada e saída de dados, I<sup>2</sup>C, SPI, USART, etc [32].

Hoje em dia, computadores conectam-se com dispositivos pela comunicação USB, além de que a alimentação elétrica dos circuitos é feita pela porta USB e possui capacidade de corrente de até 500 mA, uma vantagem para que não se utilize outra fonte de energia. Portanto, aparelhos que usam esta tecnologia podem ser conectados e desconectados a qualquer momento que os usuários desejarem. Qualquer usuário leigo pode utilizar a comunicação USB como um pen-driver, PDAs, máquinas fotográficas, celulares, DVDs, aparelhos de sons, etc.

Em computadores pessoais, por exemplo, existe uma limitação da quantidade de portas de comunicação, para conectar outros dispositivos como porta serial ou porta paralela. Para sistemas embarcados, o protocolo mais utilizado para entrada e saída de dados ainda é o protocolo Rs 232, contudo há uma necessidade de ter outras portas de comunicação, para interligar diversos módulos/placas de aquisição. Em um computador pessoal que necessite de outras portas seriais, comercialmente existe adaptadores USB/serial, contudo isto pode tornar mais caro o projeto, além de a porta serial pode transmitir informações com valores de baixo fluxo de dados. Entretanto, o padrão USB 2.0 tem velocidade para troca de informações, a cerca de 480 Mbps entre o emissor e o receptor. Os dispositivos USB podem transferir dados em quatro modos [33]:

- Transferência por Interrupção;
- Transferência por massa;
- Transferência assíncrona;
- Transferência por controle;

Mouses, teclados usam transferência de dados por interrupção, enviam uma quantidade de dados extremamente pequena. Transferências de massa são utilizados dados com grandes capacidades de arquivos, como pen-drivers. Necessitam de alta velocidade e ficam conectados durante muito tempo, onde é comum acontecer erros durante a transferência. A transferência assíncrona, são transferências em tempo real como comunicação de áudio ou em telefonia. Transferência por controle são sempre controlados por software ou em algumas “aplicações específicas”, e utilizam um sistema conhecido plug-and-play e suporta mais de 127 dispositivos [33].

Com este intuito, a comunicação USB atende a demanda de monitoramento do sistema proposto. Como o Transmissor Hal2 utiliza porta serial (veja na seção 3.3.3 Transmissor Hal2), o SAD obtém dados pela comunicação USB através do SCDS. Para coleta de dados houve a necessidade de um microcontrolador, o 18F4550 fabricado pela Microchip, que possui comunicação USB e serial. O fabricante disponibiliza a implementação de bibliotecas escritas em linguagem C e são aptas para comunicar pela porta USB. O microcontrolador 18F4550 foi projetado com a arquitetura Harvard e possuem algumas características como [33]:

- Possui 13 conversores analógicos - digitais de 10 bits;
- Memória RAM de 2 KB;
- Memória EEPROM 256 Bytes e com memória Flash de 32 KB;
- Possui um modulo de comunicação Universal Serial Bus (USB);
- A Memória pode ser gravada e regravada mais de um milhão de vezes;
- Pode utilizar uma rotina de *bootloader*;
- Temporizadores e contadores, caso precise de uma rotina de tempo ou contadores temporais;
- Controla interrupções caso sejam programadas.

Para a comunicação USB, é necessário que o microcontrolador 18F4550 seja configurado corretamente para poder se comunicar com um computador pessoal, para não haver falhas em coletar informações. Além dos pinos nas quais conectam sensores através de fios (de dados, alimentação e o terra) acoplados no SCDS. Os pinos de ligação são apresentados na Figura 3.8, contudo pode ser descrito novamente na Tabela 3.1:

**Tabela 3.1:** Pinos de conectores USB:

Pinos	Valor	Cor	Pinos 18F4550
1	VDD 5Volts	Vermelho	-
2	D -	Branco	23
3	D+	Verde	24
4	GND	Preto	-

- Pinos sem ligações

O 18F4550 faz transferência de dados em até 12 Mbps quando se conecta com um host. Essa velocidade é desenvolvida/configurada por hardware, descrita na Tabela 3.1, os pinos de ligação D- e D+ transferem dados para os pinos do microcontrolador 18F4550 [33] para o conector USB.

Dispositivos conectam pela comunicação USB, através de classes de acordo com seu fabricante, as mais conhecidas são [33]:

- Mass Storage Device (MSD): É uma classe que configura dispositivos para grande volume de transferência de dados. Essa classe interpreta, por exemplo, leitores e gravadores de DVD e CD, discos rígidos, câmera digitais, etc;
- Communications Device Class (CDC): É uma classe que faz a configuração para a comunicação com outros hardwares. Presente em sistemas de telecomunicações ou de computação como modems, comunicação sem fio, telefonia, rede (placas de redes) e esta classe foi escolhida para a realização deste trabalho;
- Human Interface Device (HID): Este classe está presente em dispositivos como mouses, controlador de jogos, teclados.

Para a comunicação USB existem alguns protocolos de inicialização, transmissão, recepção dos dados; portanto a programação entre emissor e receptor é feita pela classe CDC. O computador interpreta como se fosse uma transmissão pela porta serial de comunicação Rs 232 [33], então uma “COM” virtual é criada (porta de comunicação). Note na Tabela 3.2, algumas classes dadas pelo compilador [47], por conseguinte, engenheiros desenvolvedores podem manipularam tais classes:

**Tabela 3.2:** Bibliotecas USB:

Classe	Descrição
usb_enumerated ()	Inicia a comunicação entre dois dispositivos
usb_cdc_putc()	Manda um caractere via USB
usb_detach ()	Desconecta do computador ou dispositivo conectado
get_string_usb ()	Envia uma String via USB

E por fim, o 18F4550 obtêm todos os dados dos sensores e os envia via comunicação USB para o SAD. Contudo, o microcontrolador faz a conversão analógico-digital nos sensores de temperatura e umidade (nos pinos 2 AN0 e pino 3 AN1), os sinais têm um ganho no amplificador operacional MCP 6002. O 18F4550 têm portas digitais conectadas com as saídas dos sensores de presença (nos pinos B0 e B1) e são capazes de fazer a detecção. Para ambientes de testes veja no Capítulo 4 Resultados a seção 4.1.2 Teste em um ambiente indoor.

### 3.3.2.2 Sensores e eletrônica do SCDS

Primeiramente, note abaixo as propriedades dos sensores empregados:

- Sensor de Temperatura (LM35): É um sensor de temperatura fabricado pela National Semiconductor, a sua saída é dada em Celsius [50]:
  - Corrente de saída é de até 10 mA;
  - A saída do sensor é de 2 graus Celsius a 150 graus Celsius;
  - Opera com 5 Volts a 35 Volts;
  - Com saída de dado por amostra de 10 mV por grau Celsius (10 mV/C°).
- Sensor de umidade CHS Series (CHS-U, -SS, -C Types) TDK. Sua saída é a medida da quantidade de vapores d'água no ar. Suas características de acordo com suas curvas e pinos de alimentação [51]:
  - A saída varia entre 5% a 95% da umidade relativa do ar;
  - Corrente de saída de até 10 mA;
  - Opera em condições entre 0 até 50 graus Celsius;
  - Opera com 4.75 Volts a 7 Volts.
- Sensor de Presença (PIR Sensor): Sensor piroelétrico, capaz de detectar movimento de objetos ou pessoas com temperaturas adversas do ambiente, e na faixa de temperatura dos animais, ou seja, ideal para aplicações de monitoramento. Quando o sensor é ligado e

posicionado, monitora uma área de 6 m<sup>2</sup>, e demora de 10 a 60 segundos para se adaptar no seu campo de visão. Observe abaixo algumas características [52]:

- Corrente de saída de até 100 µA;
- Opera com 3.3 Volts a 5 Volts;

O microcontrolador 18F4550 têm conversores analógicos–digitais, que convertem valores de grandeza analógica e os transformados em valor digitais, “uma representação binária” de acordo com o autor *Miyadarira, N. A., Microcontroladores PIC 18: Aprenda a Programar em Linguagem C* [33]. Então, os dados dos sensores utilizados no SCSC dependem dos valores de saídas dos sensores, a resolução e a tensão de entrada, são fatores determinantes, expostas na equação 3.2 [63]:

$$\text{Valor em Temperatura} = \frac{\text{Valor da Conversão} \times 100}{2^b - 1} \quad (3.2)$$

A resolução do 18F4550 é de 10 bits e o valor de tensão de entrada é 5 Volts, portanto, a resolução do conversor é  $2^{b-1} = 1023$  níveis de quantização. A saída do sensor de temperatura utilizado é de 10 mV/°C. Foi projetado um circuito condicionador de sinais para o sensor, de forma que a excursão da temperatura fique entre 0°C e 100°C (por exemplo, em ambiente outdoor onde o valor de temperatura será no máximo a 100°C. O sistema de monitoramento vai ser instalado próximo do ninho, ambientes como de florestas tropicais, temperaturas não ultrapassam este valor) provocasse na saída uma tensão dentro da faixa de 0 Volt a 5 Volts. Cujas sua faixa de operação da tensão de entrada do conversor A/D do microcontrolador. Para o condicionador de sinais, é utilizado um amplificador com ganho de aproximadamente 5.

Para o sensor de umidade e de acordo com as curvas apresentadas em seu datasheet, foi utilizada a equação 3.3 [51]:

$$\text{Umidade do ar} = \frac{\text{Valor da Conversão} \times 95 \times 100}{2^b - 1} \quad (3.3)$$

O amplificador operacional não inversor MCP 6002 fabricado pela Microchip, tem a finalidade de obter um ganho na saída de tensão na faixa do conversor A/D. Desde modo, o SCDS foi projetado para dar um ganho na saída dos sensores e têm as características [53]:

- Corrente de saída é 100 µA;
- Opera com 1.8 Volts a 6 Volts;
- Taxa de temperatura em torno de -40°C à 123°C.

Note a equação de acordo com o circuito apresentado na Figura 3.8, juntamente com a documentação do fabricante do amplificador operacional não inversora, o ganho na entrada do 18F4550 é [53]:

$$V_{out} = V_{temp} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (3.4)$$

Onde:

R1: É um resistor de 39 KOhms;

R2: É um resistor de 1KOhms;

Vtemp: É o valor de temperatura já digitalizada;

Vout: É o valor com ganho.

Inicialmente considere a equação da forma:  $V_{temp} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$  com o tensão máxima de 5 Volts (a temperatura máxima é 100 °C para 5 Volts ). Então os valores de resistores no mercado mais comuns são 1 KΩ e de 10 KΩ, considerando que R1 é igual a 39 KΩ e R2 é igual 10 KΩ, substituído,  $\text{ganho} = V_{temp} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$ . Logo o ganho, sem a temperatura quantizada é igual a  $1 + \frac{39K\Omega}{10K\Omega}$ , portanto o valor Vtemp/Ganho é 1 + 3,9 Volts de saída. É suficiente um ganho de 4,9 Volts na saída digitalizada do conversor conforme a equação 3.4.

As características de alimentação e demais pinos podem ser vistas na Figura 3.10 (bornes exibidos a direita na página 40), lembrando que na seção 3.3.3. SCDS, foi apresentado o esquemático do circuito. Porém para melhor visualização nesta subseção, tem-se a Tabela 3.3, os pinos dos sensores com amplificador operacional MCP 6002 e com microcontrolador 18F4550:

**Tabela 3.3:** Pinos dos sensores no amplificador e no 18F4550:

Pino	LM35	CHS Umidade	Sensor presença	MCP 6002
1	5 volts	1 Saída + capacitor 10 nF	Saída	ANO (Pino 2 18F)
2	Saída	GND	GND	
3	GND	5 Volts	5 Volts	Saída Lm35z (Pino 3 18F)

4	-	-	-	GND
5	-	-	-	Saída CHS Umidade (Pino 1 18F)
7	-	-	-	AN1 (Pino 3 18F)
8	-	-	-	5 Volts

- Pinos sem ligações

O Circuito integrado DS 1307 fabricado pela empresa Max é um Real Time Clock (RTC) capaz de informar a hora e data exatas pela porta Rs 232 ou pela comunicação USB [54], conforme foi ilustrada na Figura 3.10. A programação está implementada em C, pelo protocolo I<sup>2</sup>C [33], o SAD vai capturar hora e data, mais os dados dos sensores. E por último, armazenar no banco de dados e o mesmo vão transmitir pela porta Rs 232 para o Transmissor Hal2, que por sua vez transmite para os satélites do SBCDA.

As características do DS 1307 são [54]:

- Consumo de menos de 500 nA;
- Operara entre 40°C e 85°C;
- Precisa de uma Bateria de 3.3 Volts
- Funciona com 4.5 Volts a 5 Volts;

Além disto, há um LCD 16x2 ilustra os dados no visor, apesar dos Leds projetados no SCDS exibindo que o sistema está ligado. O SCDS vai ficar dentro de uma caixa de isolamento, protegida de ações externas, com um display para os pesquisadores verificarem rapidamente se os dados dos sensores estão sendo coletados e enviados para o SBCDA. Frases em pequenos espaços de tempo vão ser exibidas no display.

Para os sensores de presença foi projetado no SCDS, a alimentação têm potenciômetros, na finalidade de ajustar a tensão elétrica em 3.3 volts na entrada dos sensores, é suficiente para alimenta-lo, alguns testes foram satisfatórios testando a sua sensibilidade desta forma. A webcam é conectada no SCDS por um conector USB, a câmera deve ser ligada quando uma harpia adulta chegar ao ninho ou saiu, a programação desenvolvida em linguagem C e mandará um bit alto (veja na Figura 3.8, o esquemático novamente). Primeiramente recebe um sinal pela portas/pinos do B0 e B1; vindo dos sensores de presença

através dessa rotina, o microcontrolador 18F4550 manda um bit para o transistor BC 635 [55] (possui um baixo consumo de 100 mA) pelo pino 21 D2 do microcontrolador (mesmo procedimento feito com a simulação no Proteus, vista no começo deste sub seção); mas com alto ganho na corrente do coletor 1A e que amplifica o sinal vindo do pino do 18F4550 (está conectado por uma trilha com o transistor e conector USB da webcam), tendo corrente suficiente para ligá-la. Por consequência, os testes foram satisfatórios com o hardware, assim o SAD pode capturar vídeo e áudio (modelo testado da Maxprint, com áudio e vídeo).

Com o evento ocorrido (ave chegou ao ninho ou deixou), a informação é reenviada do SAD para o 18F4550 e por seguinte, o próprio SAD envia as informações para o Hal2. A interface de comunicação serial USART (em inglês Universal Synchronous Receiver Transmitter) é responsável por conectar o Hal2 e o UAVD. Controlando o fluxo de dados de modo síncrono e assíncrono pela Rs 232 [39]. A Texas Instruments é o fabricante do circuito integrado Max 232, que transmite e recebe dados pelo protocolo Rs 232, note alguns parâmetros do Max 232 [56]:

- Opera com 5 volts;
- Com baixo consumo 8 mA;
- Funciona com temperatura de 0° até 70° C.

Entretanto, o SCDS tem um conector fêmea DB-9 para conectar o Hal2, note abaixo na Figura 3.10 o SCDS junto com os sensores de temperatura, umidade e sensores de presença e a webcam na qual foi o SCDS juntamente com os demais sensores.



**Figura 3.10:** O sistema de Coleta de Dados de Sensores (SCDS) e com a câmera.

Os conectores USB (uma para a câmera e outro para o microcontrolador 18F4550) e um conector para o protocolo Rs 232 estão contidos no SCDS. A corrente de todo o circuito é de no máximo 200 mA (em torno de 133 mA, sem contar a corrente da câmera). E como a comunicação USB dispõe de 500 mA; é mais do que suficiente para alimentar o circuito, apenas tendo um netbook ou tablet dentro da caixa de isolamento. Porém, o SCDS possui bonner/pinos para serem conectados com baterias externas até com 35 volts de tensão de entrada, caso haja necessidade. O circuito integrado 7805, fabricado pela Texas Instruments, é um regulador de tensão faz que tensão inicial de 12 volts (ou mais) abaixe para tensões de 5 Volts, tendo corrente de saída de 100 mA e trabalha com de 0° C até 125° C [59]. Todavia, o Hal2 consome mais energia e necessita de uma bateria externa.

### 3.3.3 Transmissor Hal2

Este transmissor é fabricado pela empresa francesa Elta, e foi desenvolvido para transmitir dados para os satélites [41]. Para este trabalho, o sistema de monitoramento por satélite foi baseado no Transmissor HAL2, configurado através do software da própria Elta. O software é chamado de Halstore e permite fazer algumas configurações como: frequência, potência, tamanho da mensagem, código identificador do transmissor (conhecido como ID). Características técnicas [41] [42]:

- Código identificador, o ID pode ser entre 20 bits ou 28 bits;
- A frequência de transmissão é de 401,610 MHz a 401,680 MHz;
- Potência para transmitir a 0.5 watts a 2 watts;
- Comunicação por RS 232;
- Mensagem pode conter:
- Dados dos sensores com conversões feitas;
- Nível de bateria;

Em [45] Silva, A., V. C. da, em conjunto com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e com a Universidade de Taubaté (UNITAU) no departamento de Engenharia Elétrica, desenvolveram um protótipo para fazer o rastreamento em embarcações de pesca pelo Sistema Nacional de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA). De acordo com a lei brasileira iniciada em outubro de 2008, decreta que embarcações de pescas com mais 15 metros ou 50 toneladas, necessitam ter rastreadores a bordo. Todavia, este rastreamento é feito por serviços de satélites estrangeiros, onde Sistemas de Satélites Argos

são composto por cinco satélites em órbita, e são os primeiros no mercado a ter aplicações de transmissão ao redor do mundo, atuando com serviços de meteorologia; hidrologia; clima e estudos da atmosfera, etc. A problemática de usar o Sistema de Satélites Argos é o custo elevado deste monitoramento em embarcações que por ano chega em torno de R\$ 6.000,00 (seis mil reais), um rastreamento por satélites em uma única embarcação. Outro ponto que autor cita, é um rastreador que precisa ser instalado na embarcação e custa em torno de R\$ 2.300,00 (dois mil e trezentos reais) somado com o valor do serviço. O presente trabalho faz a proposta de um produto inovador, que possa substituir os serviços do Sistema Argos, ou seja, um produto comercial para uso nacional, atuando nas embarcações de pescas, onde o SBCDA possa rastreá-lo, reduzido custos e claro, para que possa ser compatível com o que tem no mercado. O transmissor é uma tecnologia apresentada no projeto de Sistema de Rastreamento Nacional de Embarcações de Pescas por Satélites Brasileiros.

A Tabela 3.3 ilustra pinos de saída do HAL2:

**Tabela 3.3:** Pinos do Transmissor Hal2 [41] [42] [45]:

Pino	Designação	CHS Umidade
1	TX	Transmissão por RS 232
2	RX	Recepção por RS 232
3	GND	Indicador de Transmissão
4	Flag_TX	Contagem de Evento Externo
5	-	-
7	Contagem	-
8	GND	-
9	AD1	Conversor Analógico/Digital canal 1
10	AD2	Conversor Analógico/Digital canal 2
11	AD3	Conversor Analógico/Digital canal 3
12	AD4	Conversor Analógico/Digital canal 4

- Pinos sem ligações

Na Tabela 3.3, os pinos 1 e 2 são utilizados para transferência de dados pelo padrão Rs 232. O pino 4 é um “impulso positivo sendo enviado no valor de 3.3 Volts para cada transmissão feita pela o Hal2”. Os pinos 9 à 12 são entrada para sensores podendo fazer conversões analógicas/digitais. O Hal2 possui resolução de até 10 bits para cada canal suportando 3.3 Volts [45].

Este sistema embarcado foi projetado para enviar dados para o SBCDA, desde modo, o transmissor Hal2 necessita de um ID e precisa ser configurado: um ID para o satélite e um para o transmissor. O ID serve para o SBCDA e o transmissor se comunicarem entre si: o INPE disponibilizou-o (é 000e30). Outras características do Hal2 são:

- Trabalha com 7 Volts a 14 Volts;
- Em consumo de operação é de no máximo de 650 mA, 2 Watts;
- No mínimo sem transmitir é de 50 $\mu$ A;
- O ciclo (quantidade de mensagens) de transmissão da mensagem durante o ano é 30 segundos até 255 dias;
- Dimensões 55 mm x 45 mm x 15.

Observe a Figura 3.11:

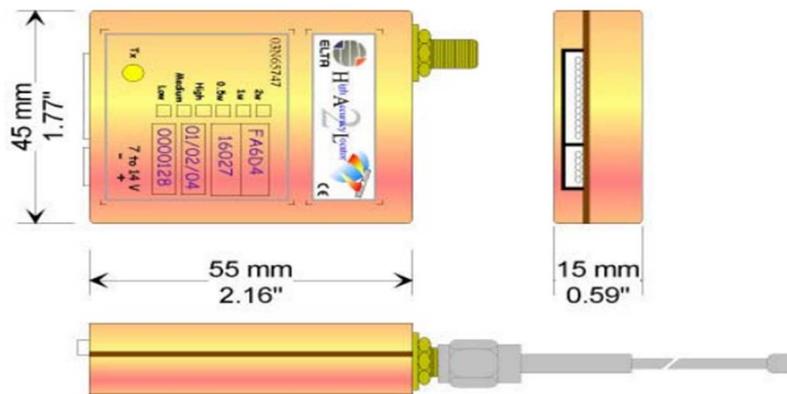


Figura 3.11: Dimensões do HAL2 [41].

### 3.3.4 Bateria

A bateria que foi utilizada nos testes com o HAL2 e com o SCDS é uma bateria de chumbo regulada por válvula. Tendo vida útil até 5 anos, com capacidade de 7 Ah e tensão de 12 V. Suas especificações são:

- Com carga pode operar com -20°C à 50°C;
- Com descarga pode operar com -20°C à 60°C;
- Tem 6 células por monoblocos;
- O peso é em torno de 2,38 kg.

### 3.4 Conclusão

Este capítulo expôs alguns aspectos relevantes para o trabalho: as tecnologias abordadas no contexto do sistema embarcado proposto. Tanto a eletrônica e software andam juntos no mercado de tecnologia ou em aplicações modernas nos diversos campos das telecomunicações, computação e outros.

Sistemas de monitoramento por vídeo e áudio já são realidade há muito tempo, é comum ver câmera em prédios, fazendo o monitoramento em praças públicas, no trânsito, etc. Contudo falta ainda melhorá-los e aplicá-los para outros fins, como essa dissertação propõe. Enfim, o sistema embarcado aplicado em monitoramento foi descrito neste capítulo, metodologias foram expostas para que o leitor entenda o estado da arte e a complexidade de se desenvolver um sistema amplo e de difícil instalação em um ambiente florestal.

O capítulo 3 apresentou dois expressivos tópicos: *software e hardware*. A seção de software descreveu banco de dados *MySQL* e sua crescente necessidade de aprimorar SGBDs, O *MySQL* é a base mais usada no mundo por ser software livre e ter atributos como alto desempenho e velocidade de processar dados. A *Criptografia MD5* foi outra metodologia adotada neste trabalho. O *Java Media Framework (JMF)* é uma API que é capaz de reproduzir, manipular e armazenar *stream* de vídeos e áudios, um diferencial neste trabalho ao fazer o monitoramento da harpia. O *Sistema de Armazenamento de Dados (SAD)* foi descrito por completo, sendo o software capaz de mostrar todas as informações/ eventos ocorrido no monitoramento. O *Ireport* foi adotado para exibir dados da base o mais rapidamente possível para os usuários do sistema, de modo que basta acessar o *SAD* com login e senha e ir ao menu da tela principal, e por último, clicar no sub menu *Relatórios*, com intuito de obter informações importantes. A *linguagem C*, empregada na elaboração das rotinas e é a programação mais utilizada para projetar sistemas embarcados, desde sua criação por Dennis Ritchie, um dos maiores gênios da computação.

A seção de *Hardware* descreveu a implementação da eletrônica, nas quais foram usados neste trabalho, pontos importantes para que o sistema embarcado funcione em harmonia. Subseção *A Unidade de Armazenamento de Dados e Vídeos (UAVD)* apresentou o que seria um computador para que o *SAD* e a base de dados seja instalada. O *Sistema de Coleta de Dados dos Sensores (SCDS)* foi descrita por detalhes, a qual é nada mais que uma placa de aquisição/módulo que conecta com *HAL2*, com sensores e também com o *UAVD*.

Onde mais detalhes foram exibidos em duas subseções: *Comunicação USB com o microcontrolador 18F4550* e *Sensores e eletrônica do SCDS*. A *Bateria* para alimentar o *HAL2* foi ilustrada e no fim do capítulo foi apresentado com as detalhes, o *Transmissor HAL2*, que é responsável por enviar informações para os satélites do SBCDA, finalizando assim toda a parte de hardware.

# CAPÍTULO 4

## Resultados

### 4.1 Introdução

O sistema de *hardware* e de *software* foram exibidos e analisados no decorrer desta dissertação. Neste capítulo é descrito experimentos usados para avaliar os módulos implementados, assim como os resultados obtidos.

Foram feitas três avaliações: a) do módulo de detecção da harpia adulta e distinção em relação a seus filhotes, b) transmissão por satélite e c) hardware desenvolvido. Como parte dos testes, dados foram disponibilizados pelos servidores do SINDA [44]. Obteve-se tais dados através de arquivos codificados e foram decodificados para uma breve análise dos dados.

Além disto, um ambiente de testes foi criado no intuito de produzir experimentos *indoor* e *outdoor*, então foi possível obter resultados iniciais com a parte de hardware e de software. Houve também uma preocupação com o isolamento do circuito: bateria, sensores, câmera de vídeo (uma webcam) e transmissor HAL2 [41] [42]. Os dados são obtidos por uma interface gráfica, e por fim, armazenados no MySQL. Em conjunto com a parte de software, o SAD grava vídeo e áudio através do JMF [29], filmando o movimento da harpia quando o sensor de presença disparar. Algumas transmissões foram feitas para os satélites do SBCDA e ilustradas neste capítulo.

Para análise de eficiência do sensor de presença, testes foram feitos em um ambiente *indoor* para que eventos fossem expostas para o leitor. Devido a um número relativamente pequeno de testes: erros e acertos foram observados no intuito de testar a sensibilidade dos sensores piroelétricos e em conjuntos com outros sensores.

## 4.2 Testes com Transmissor HAL2 em ambiente *Outdoor* e dados recebidos pelo SINDA

No capítulo 3, na seção 3.3.1 Unidade Armazenamento de Dados e Vídeos (UAVD) a Figura 3.7, ilustra uma caixa de isolamento responsável por guardar bateria e o SCDS. Os primeiros testes foram no terraço do Prédio da Engenharia Elétrica, conforme a Figura 4.1:



**Figura 4.1:** Teste com HAL2 em funcionamento *outdoor* na UFPA.

O HAL2 possui uma antena para transmissão que é fabricada pela Synergetics International. Essas antenas foram projetadas para serem utilizadas em PCDs [43], onde se transmite em frequência de banda Ultra High Frequency (UHF). Desta maneira, o HAL2 envia dados para os satélites SBCDA por propagação em UHF pela antena. O modelo é da Synergetics QFH 14A-N, o mesmo utilizado em [45]. A mesma parece adequada para ambientes como mata fechada, com condições climáticas diversas. Algumas características de transmissão e elétricas de acordo com o fabricante [45] [57]:

- Polarização circular;
- Modo axial (longitudinal);
- Quadrifilar helicoidal meia-onda;
- Frequência de 401 MHz;
- Largura de Banda 4 MHz;
- Potência 50 Watts;
- Razão de onda estacionária (SWR) 1.5;
- Ganho 3 dBm;
- Dimensões 7,6 cm x 38,1cm;
- Peso de 590g;
- Opera em temperaturas de -65 °C à 65 °C.

O primeiro teste consistiu em enviar mensagens por um período de um dia, deixando o transmissor na caixa de isolamento com a antena para fora dela, de acordo com a Figura 4.1, usando uma bateria de 12 Volts, o mesmo enviou mensagens para os satélites do SBCDA (uplink). O sistema SBCDA reconhece qual transmissor enviou a mensagem através do ID enviado no corpo das mensagens. O Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA) recebe as mensagens e transforma todos os dados, em um único arquivo para que os pesquisadores possam acessar por FTP pela internet, permitindo o monitoramento à distância das PCDs. “As mensagens são geradas em um único arquivo com a extensão “raw”. Porém o texto é em ASCII e pode ser visto como arquivo de texto (txt ou formato doc). O Anexo, na seção 8.1 Arquivos Raw descreve a interpretação do arquivo Raw. Este arquivo Raw contém:

- IDs dos transmissores de interesse;
- Ano da transmissão;
- Dia Juliano;
- Hora de recebimento da mensagem;
- Qualidade da mensagem G ou M (do inglês Good e Missing), boa mensagem e mensagem ruim, respectivamente;
- Canal do satélite que recebeu a mensagem;
- Campo de dados.

Na Tabela 4.1 exibe os primeiros testes com o Hal2 onde foram recebidas 5 mensagens durante vinte quatro horas e parâmetros das mensagens como ID, Hora, Data, Dia Juliano e campo de dados:

**Tabela 4.1:** Resultados da Transmissão do Hal2 para os Satélites do SBCDA:

Mensagens	ID (Hal2)	Ano	Dia Juliano	Hora, Minutos, segundos	Qualidade da Mensagem	Canal Do Satélite	Campo de Dados
1°	:000e3081	12	054	191340	G	46	000\000\000\000\000
2°	:000e3081	12	055	084745	G		000\000\000\000\000
3°	:000e3081	12	055	162255	G		000\000\000\000\000
4°	:000e3081	12	055	173232	G		000\000\000\000\000
5°	:000e3081	12	055	17 32 26	G		000\000\000\000\000

Como os primeiros testes com Hal2 foram sem o SCDS, os campos de dados foram 000. Contudo, de acordo com o datasheet do Hal2 [41] [42] os dados de temperatura ou de umidade, por exemplo, precisam ser transmitidos em hexadecimal [45]. Como informado, o microcontrolador 18F4550 tem que codificar todos os dados (temperatura, umidade, data, hora e a mensagem de aviso) em hexadecimal para poder enviar para o Hal2, assim os dados podem ser conferidos no formato do arquivo Raw. Esses campos são visíveis no formato da Tabela Hexadecimal, e por último, disponibilizados na rede mundial de computadores para os usuários do sistema os analisem.

No projeto desenvolvido por Silva [45] é utilizado o mesmo microcontrolador 18F4550 e os dados são enviados pelo protocolo RS 232. Por exemplo, na Figura 4.2, mostra a mensagem que irá conter o conteúdo esperado na transmissão para os satélites do SBCDA, neste caso de acordo com a Tabela em Hexadecimal e ASCII a transmissão para o Hal2 foi feita:

```

00 00 00 00 1B 5B 32 4A 1B 5B 31 3B 31 48 0D 0A
(mulos) (esc) [ 2 J (esc) [ 1 ; 1 H (cr) (lf)

30 33 45 36 35 34 35 33
0 3 E 6 5 4 5 3

0D 0A 53 6F 66 74 77 61 72 65 3A 34 2E 30 32 20 5B 32 30 32 34
(cr)(lf) S o f t w a r e : 4 . 0 2 e s p [ 2 0 2 4

30 33 31 34 1B 5B 4B 5D 1B 5B 4B
0 3 1 4 (esc) [ K ] (esc) [ K

MENSAGEM NO HYPERTERMINAL:

03E65453
Software:4.02 [20240314]

```

**Figura 4.2:** Exemplo de mensagem enviada para os satélites do SBCDA de acordo com Silva [45].

### 4.3 Testes em ambiente *indoor* para estimativa da detecção das aves

O objetivo deste teste é simular a presença da ave adulta (pai ou mãe) e dos filhotes, ou seja, a tarefa é difícil, pois não basta detectar movimento. Para avaliar o sistema foram feitos experimento simples, que apesar de não conclusivos, indicam uma possível metodologia a ser seguida, experimentos foram montados a fim de ter essas informações para análise. Os sensores de presença e demais sensores foram utilizados nos experimentos e assim foi possível avaliar a identificação da harpia adulta quando esta chegar ou sair do ninho na finalidade de diferenciação dos filhotes.

O cenário foi montado com duas caixas localizadas em eixos cartesianos, delimitado em posições  $x$  e  $y$ :  $(x, y)$  para uma possível simulação do ninho. Dois sensores de presença foram colocados em posições de forma estática e estrategicamente posicionados para uma melhor detecção da harpia adulta. O ninho de teste tem medidas de 90 cm de comprimento e 1,80 m de largura.

Para representar uma harpia adulta foi usada uma caixa medindo cerca de 69 cm de largura e 52 cm de altura. Note que já foi encontrada harpia adulta, com medidas de 2,5 m de largura e 90 cm de altura, de acordo com [5] [6] [7] [36]. O filhote foi representado por uma caixa pequena, com 45 cm de largura e de altura cerca de 34 cm, conforme a Figura 4.3:



**Figura 4.3:** O ninho em coordenados  $x$  e  $y$ , simulando Harpia e seu filhote.

Os sensores de presença ficam nas posições (0,2) e (0,10) conectados ao módulo/placa de aquisição(SCDS) tendo comunicação USB juntamente com o UAVD (um computador portátil, ou seja, um laptop neste experimento). Assim, o SAD captura os dados de temperatura e umidade contendo os alertas, caso os sensores piroelétrico disparem com a presença dos pais harpia, conforme a Figura 4.3. Note que, o ninho foi demarcado a cada 1 metro para cada medida até completar o sua largura, a ordenada possui intervalo máximo de y (0, 18) e a mínima de x (0,0). Para a abscissa a medida máxima é de x (9,0) e a mínima é y (0,0), marcando a origem do espaço do ninho. Em resumo, a avaliação do sistema foi feito desta maneira, os sensores foram testados em um ambiente *indoor* com caixas, de tal modo simulando os animais.

A simulação foi feita com as caixas inseridas, em determinadas posições iniciais e em seguida foram movidas para outras posições. O sistema foi ligado e observado quando os sensores disparavam, ou seja, somente quando a caixa maior era movida através de um fio, para outras posições e os detectores (os sensores de presença) alertavam através de uma mensagem, pela comunicação USB (Evento Ocorrido Sensor 1 ou Evento Ocorrido Sensor 2); desta maneira, o SAD informa a detecção através dos sensores, e por fim, a webcam é ativada. O teste indoor foi realizado da seguinte maneira: A harpia adulta (representada pela caixa maior) foi colocada em uma dada posição e movida para outra; da mesma forma o filhote (representado pela caixa menor) foi feito o mesmo procedimento a fim de encontrar a precisão e sensibilidade do detector ajustado através de potenciômetros. A finalidade foi observar quando os sensores piroelétricos (detectores), alertavam com mensagens pré-programadas no 18F4550 (SCDS) na qual informam quando a harpia adulta sai ou volta do ninho, onde os erros e acertos são observados (obs.: são considerados acertos quando a caixa maior é movida e erro quando a caixa menor é movida, no disparo dos sensores). Logo os acertos, foram encontrados pelo detector corretamente e os erros também. Outros testes foram feitos com a caixa maior a fim de coletar os acertos. Portanto, os sensores piroelétricos devem detectar corretamente os pais Harpia, onde representa a saída e volta ao ninho. As posições iniciais e finais com a caixa pequena e grande são descritas na Tabela 4.2:

**Tabela 4.2:** Resultados das observações em um ambiente de testes indoor, com mudança de posições:

Objetos	Posição Inicial	Posição Final	Erro	Acerto
<b>Caixa Pequena</b>	(9,15)	(3,10)		Sim
	(9,18)	(1,18)	Não	
	(7,9)	(0,15)	Não	
	(10,3)	(5,8)	Não	
<b>Caixa Grande</b>	(9,13)	(0,15)		Sim
	(7,9)	(5,16)		Sim
	(5,15)	(9,8)		Sim
	(4,5)	(3,18)		Sim
	(8,2)	(5,17)		Sim
	(0,10)	(7,9)		Sim
			<b>4 (Não)</b>	<b>6 (Sim)</b>
Total de testes = 10				

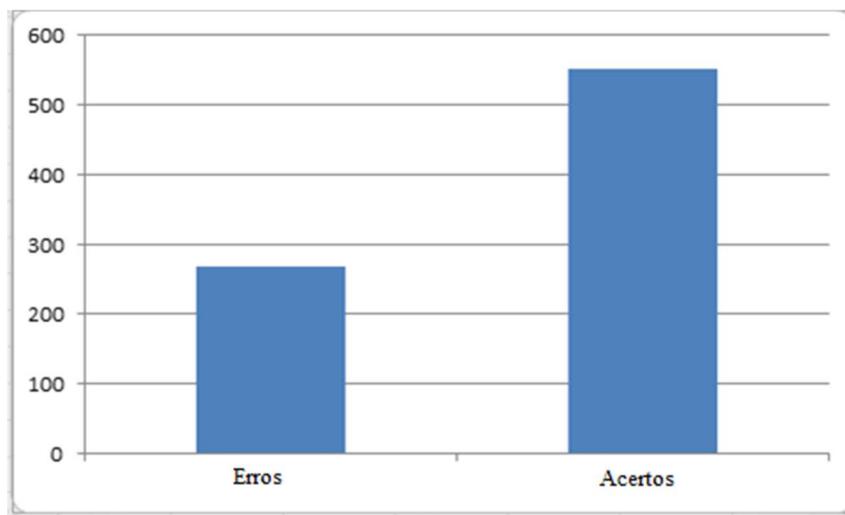
A Tabela 4.2 descreve testes realizados em um experimento em um total de dez repetições com mudanças das posições das caixas, assim os acertos ou erros correspondem com as respostas dos detectores. O experimento resultou em seis acertos e quatro erros.

Com isto os demais testes foram feitos, baterias de teste de dez em dez foram coletadas em total 90 amostras. Em seguida, foi realizado o mesmo procedimento completando mais 90 amostras, veja em Anexo 8.2 Dados de Respostas do Experimento. Esses testes utilizaram o mesmo procedimento; movendo as caixas para várias posições diferentes, sempre em baterias de dez, note a Tabela 4.3:

**Tabela 4.3:** Resultados de totais de Acertos e Erros:

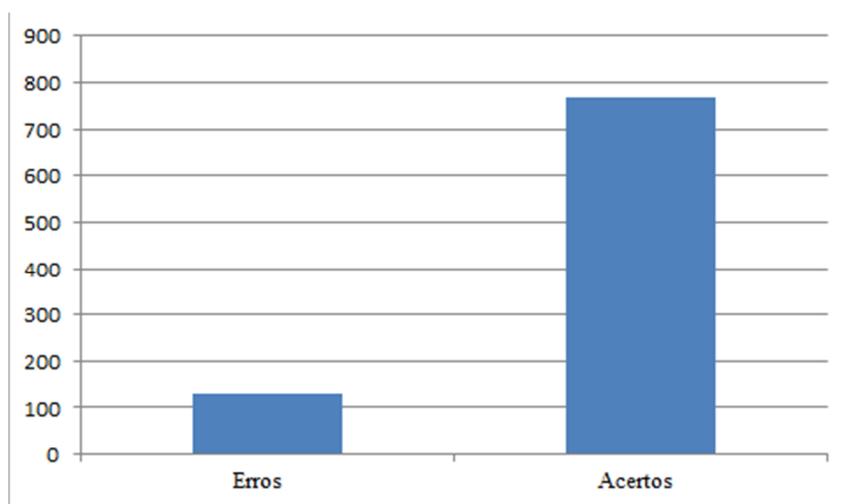
Amostras	Total de Acertos	Total de Erros	Total de Testes
1º Amostra	553	268	821
2º Amostra	769	129	898

Observe o Histograma da primeira amostra, os acertos e erros dos sensores piroelétrico realizados no ambiente de testes *indoor*, totalizando em torno de 553 acertos e 268 erros. Abaixo a Figura 4.4, o histograma:



**Figura 4.4:** Histograma dos Acertos e Erros dos detectores (1ª Amostra).

Na segunda amostra foram encontrados 769 acertos e 129 erros, a Figura 4.5 descreve no histograma:



**Figura 4.5:** Histograma dos Acertos e Erros dos detectores (2ª Amostra).

As Figuras 4.4. e 4.5 servem para descrever o quanto os sensores piroelétricos são sensíveis na detecção da Harpia mãe, de tal modo que o sistema seja capaz de fazer a diferenciação em relação ao filhote. Apesar de conter erros em sua precisão nas duas amostras, ilustrada na Tabela 4.3, o sistema de monitoramento mostrou-se apto para futuros testes em um habitat natural e possivelmente a combinação com outras tecnologias, a fim de ajudar na precisão do mesmo (veja no Capítulo seguinte, na seção 5.1 Trabalhos Futuros).

## 4.4 Conclusão

Este capítulo descreveu a transmissão de dados para o SBCDA, em um cenário *outdoor*, durante 24 horas de testes com o *HAL2*: tendo cinco boas mensagens recebidas pelos satélites, apresentadas na primeira seção.

Através de um cenário *indoor*, outro experimento foi descrito na seção anterior, para analisar os sensores piroelétricos aplicada no monitoramento proposto neste trabalho. A harpia adulta e seu filhote, foram representados em forma de objetos em um cenário montado e os sensores/detectores fizeram os seus papéis: detectar a presença da harpia adulta e distingui-la dos filhotes. A sensibilidade foi testada e ajustada através de potenciômetros e os resultados foram expostos. As detecções foram feitas através de frases pré-programadas no microcontrolador 18F4550 em linguagem C. Assim, os sensores de presença enxergaram a harpia adulta; por consequência, o 18F4550 manda uma frase de alerta e juntamente com outras informações pela a comunicação USB, incluindo o horário exato do evento ocorrido.

Para testar os sensores de presença com maior rigor, foram realizados vários testes em diversas situações. A exemplo, das movimentações das caixas pequena e grande: o filhote e seus pais Harpia, respectivamente, coletando a quantidade de acertos e erros que os sensores piroelétricos detectaram.

Foi contabilizado um certo número de experimentos, na finalidade de obter um maior número de amostras para se ter maior precisão do sistema. Os números de acertos e de erros foram feitos em baterias de dez em dez, completando 90 amostras. Logo em seguida, mais 90 amostras foram obtidas, portanto na primeira amostra, os sensores piroelétricos acertaram 553 e erraram 268. E na segunda amostra, os sensores acertaram 769 e erraram 129 vezes. Desta maneira, foram expostos quanto os sensores conseguem detectar corretamente os pais dos seus filhotes.

# CAPÍTULO 5

## Conclusões

### 5.1 Considerações Finais

O desmatamento é um grande problema para a fauna e a flora, por consequência, animais acabam sendo afetados e a taxa de mortalidade dos mesmos tende a crescer consideravelmente sem controle. Mesmo com o esforço atual, as autoridades brasileiras não conseguem conter queimadas, tráfico de animais silvestres, etc. Devido o Brasil possuir uma das maiores biodiversidades do mundo e ser o quinto maior país do mundo em área, o nosso território deve ser protegido, principalmente seus recursos hídricos e animais silvestres. Desta forma, o uso da inovação tecnológica, abre grandes possibilidades em estudos aplicados ao monitoramento de animais ou em áreas desmatadas. Este trabalho apresentou o projeto de um sistema de monitoramento por satélite e a implementação de alguns módulos. O estudo foi baseado em espécie de ave, o gavião real (*Harpia harpyja*), pois é a maior ave de rapina do mundo e está ameaçada de extinção. Durante um tempo estava na lista oficial, mas foi retirada desta lista em 2003, contudo ainda corre o risco de retornar à lista conforme [6].

Sistemas por telemetria são aplicados no monitoramento de animais em extinção. O uso conjunto da tecnologia espacial e do VHF convencional em coleiras é realidade hoje, e o rastreamento pelos Sistemas SBCDA e Argos (francês) representam, uma ótima estratégia para monitorar animais e o ambiente à distância [16].

Com este objetivo, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) lançou no espaço, satélites que podem coletar dados e retransmitir para estações terrestres, o Sistema Brasileiro de Coletas de Dados Ambientais (SBCDA). Existem satélites de órbita baixa, retransmitindo dados de Plataformas de Coletas Dados (PCDs) automáticas, localizadas em diversos locais no Brasil. Logo, dados que as PCDs coletam são decodificados pelo Sistema de Dados Ambientais (SINDA), então disponibilizados na internet para os usuários.

Neste contexto, as tecnologias espaciais e de sistemas embarcados são pontos de grande relevância descrita neste trabalho. A abordagem de hardware e software é frisada nos capítulos anteriores com detalhes.

Com a evolução do presente trabalho e a implementação do sistema como um produto

final, para que os pesquisadores terão conhecimento da hora exata que uma harpia adulta chegou e saiu do ninho. Caso os filhotes sejam abandonados, os usuários do sistema vão receber o alerta para resgatá-los e possivelmente encontrar o motivo do abandono.

O sistema de monitoramento desenvolvido, é capaz de gravar vídeo e áudio através da câmera posicionada próxima do ninho. Um software foi desenvolvido para capturar vídeos e áudios através de uma biblioteca Java Media Framework (JMF), na qual é uma proposta inovadora juntamente com o sistema proposto. Além disto, faz a coleta de dados de sensores, como a temperatura e a umidade *do ninho*. O mesmo busca também detectar a presença da harpia através de sensor piroelétrico e armazenar em uma base de dados em tempo real, em seguida, os dados de sensores e um alerta com hora e data são enviados para o SBCDA.

O estudo acerca do sensor de presença, foi feito simulando-se um ninho: a Harpia adulta e seu filhote. Foram contabilizados um certo número de acertos e erros dos sensores piroelétricos, onde estes acertaram mais que erraram em suas detecções: acertaram 553 e erraram 268, na primeira amostra e na segunda amostra foram 769 acertos e 129 erros, respectivamente.

Para transmissão para o SBCDA, o HAL2 foi testado sem o SCDS em um ambiente de teste *outdoor*. Mesmo com o atraso na entrega do HAL2 por parte da empresa Squitter representante da Elta no Brasil, foi realizado um experimento de transmissão, ilustrados no começo de capítulo 4. Nos testes, o transmissor HAL2 enviou mensagens durante vinte e quatro horas seguidas e foram recebidas cinco mensagens pelos satélites. Tendo boas qualidades e os arquivos foram decodificados e armazenados no SINDA, posteriormente foram obtidos por via FTP pela internet em arquivos com extensão RAW, contendo os dados transmitidos.

## 5.2 Trabalhos Futuros

Para continuação deste trabalho, uma possibilidade seria testar o sistema de monitoramento em um ninho verdadeiro, no zoológico Bioparque Amazônia Safari, localizado em Belém do Pará, no endereço Passagem São João, s/n. Final da 6ª linha, Bairro – Tenoné, onde existem três casais de harpia. Ou no museu Emílio Goeldi, localizado também em Belém do Pará, no endereço Av. Magalhães Barata, 376 - São Braz onde existem dois casais.

Outra abordagem seria o uso de técnicas de reconhecimento de voz/som no SAD e com a base de dados, como na dissertação de mestrado de Oliveira, R., Santana [58] uma API feita em Linguagem Java poderia ser capaz de reconhecer as vozes das aves. Entretanto, são necessárias as gravações com as vozes de adultos e de seus filhotes para uso de técnicas de aprendizado supervisionado.

# **PUBLICAÇÕES DO AUTOR 6**

## **6.1 Publicações**

Pantoja, B. R ; Coutinho Fo, C. C. ; Ramos, P. I. C. M. ; Freitas, L. C. ; Castro, A. R. ; Klautau, A. B. R.; Mantovani, Jose Eduardo. A Satellite-Based Monitoring System for the Harpy Eagle.In: X Microelectronics Students Forum - Student Forum Proceedings, 2010, Sampa. X Microelectronics Students Forum - Student Forum Proceedings, 2010.

## **6.2 Publicações anteriores**

Peres, I. M. A.; Pantoja, B. R.; Vital, D. S.. Domótica: Protótipo de um Varal Inteligente utilizando Labview. Revista Faz: ciência & tecnologia jan./dez. 2010, faz, p. 8 - 9 05 set. 2010.

Pinheiro, T; Peres, I. M. A.; Pantoja, B. R., Sensoriamento Remoto via Wirelles (trw-2.4ghz). In: Encontro de Automática - Norte' 2010 SBA, 2010, Belém, PA.

Peres, I. M. A.; Pantoja, B. R.. Protótipo de um Varal Inteligente Utilizando Labview. In: I STA Semana de Tecnologia e Automática, 2009, Belém. Protótipo de um Varal Inteligente Utilizando Labview, 2009.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais - CBERS-1, 2 e 2B. Acessado em 01/02/20011. Disponível em <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/>.
- [2] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Catálogo de Imagem. Acessado em 01/02/20011. Disponível em [http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-CBERS2\\_PT.php](http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-CBERS2_PT.php).
- [3] José Eduardo Mantovani, "Introdução à Radiotelemetria," acessado em 05/06/2010, <http://www.crn2.inpe.br/conteudo/download/2srtb-manto-mc.pdf>.
- [4] Argos User's Manual, "Worldwide Tracking and Environmental Monitoring by Satellite," 2010, <http://www.argos-system.org/manual/home.htm>.
- [5] Marisa Aprile, "Harpia: Ave de Rapina Sul-Americana está Ameaçada de Extinção," 2009, <http://educacao.uol.com.br/biologia/ult1698u80.htm>.
- [6] Luz, B., B. da, "Característica de árvores emergentes utilizadas por Gavião-Real (Harpia Harpyja) para nidificação no centro e leste da Amazônia Brasileira", dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), 2005.
- [7] Pereira, R. J. G., Acompanhamento endócrino e comportamental da atividade reprodutiva anual de machos de falcões quiri-quiri (*Falco sparverius*) de vida livre, Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, 2008.
- [8] Maruyama, K., Saitoh, T., R. Konishi. "Bird Tracking and Flapping Motion Recognition for Monitoring System". ICROS-SICE International Joint Conference 2009 August 18-21, Fukuoka International Congress Center, Japan, 2009.
- [9] Jianwe, M, Qin, D., Xue, Q, Hease, B., Hongliang, G. "White-napped Canes Migratory Roads Tracking and Surface Condition Change Monitoring by Satellite and Weather data". Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings, IEEE International, 2004.
- [10] Zeng, P., Hao, Y., Song, Y., Liu, Y., "A Grouped Network Video Conference System Based on JMF in Collaborative Design Environment", Third International IEEE Conference on Signal-Image Technologies and Internet-Based System, 2008.

- [11] Nahar, B., Ali, L. Md., "Development of Mobile Phone Based Surveillance System", Proceedings of 13th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT 2010) 23-25 December, 2010, Dhaka, Bangladesh, 2010.
- [12] Bobadilla, J., Gomez, P., Godino, J.I., "Mapaci: A Real Time e-Health Application to Assist Throat Complaint Patients", Second International Conference on Internet and Web Applications and Services in ICIWw'07, page 63, 2007.
- [13] Zhu, W., Georganas, D., "JQOS: A QOS-Based internet videoconferencing system using the Java Media Framework "Electrical and Computer Engineering, IEEE, Canadian Conference on 2001.
- [14] Lopes, C. O. da Silva, "VideoChat Uma ferramenta de Videoconferência Pessoal", Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, dissertação de mestrado, 2004.
- [15] Elkind, M., "Um Sistema Confiável de Distribuição de Mídia", dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2004.
- [16] Mantovani, J.E., "Telemetria Convencional e via Satélite na determinação da área de vida de três espécies de carnívoros da região nordeste do estado de São Paulo", tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade de São Carlos, 2001.
- [17] Costa, H., J., B., da, "Modelagem em SystemC-AMS de uma Plataforma Compatível com o Sistema de Coleta de Dados Brasileiro," Tech. Rep., Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, 2009.
- [18] T. C. Wilson Jr., "Current and Emerging Satellite Technologies: Implications for Drifting Buoy Design," Proceedings of the IEEE Sixth Current Measurement, pp. 95–100, March 1999.
- [19] Othman, A.K., Lee, K.M., Zen, H., Zainal, W.A.Wan, Sabri, M.F. M. , "Wireless Sensor Networks for Swift Bird Farms Ultra-Modern Telecommunications & Workshops, ICUMT '09. International Conference on Monitoring", 2009.
- [20] Rayside, D., Kontogiannis, K "Extracting Java Library Subsets for Deployment on Embedded Systems" Software Maintenance and Reengineering, 1999. Proceedings of the Third European Conference, 1999.
- [21] Wang, M. -Y, Su, C.-T., Huang, C.-T., Wu, Wen, C.-W., "An HMAC Processor with Integrated SHA- 1 and MD5 Algorithms," Proceedings of the Design Automation Conference, vol. 2, pp. 456–458, April 2004.

- [22] Z. Fangxia, Z. Renjin, "The Research and Application of JasperReports in Project Management System" The Research and Application of JasperReports in 2009.
- [23] Xue, M., Zhu, C., "Design and Implementation of the Hibernate Persistence Layer Data Report System Based on J2EE", Pacific-Asia Conference on Circuits, Communications and System, 2009".
- [24] Caicedo, D., Pandharipande, A., "Ultrasonic Arrays for Localized Presence Sensing" Sensors Journal, IEEE, páginas 849 - 858, 2012.
- [25] D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, "Real-Time Tracking of Non-Rigid Objects Using Mean Shift," IEEE CVPR, vol. 2, pp. 142–149, June 2000.
- [26] E. Whitman and L. D. Dill, "Automatic Formal Verification of Block Cipher Implementations," Formal Methods in Computer-Aided Design, vol. 2, pp. 978–986, October 2008.
- [27] Deitel, P., J., "Java: Como Programar", 6 edição, Editora: Prentice-Hall, 2005.
- [28] Sun Microsystems, "Code Samples and Apps," 2003, <http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/media/jmf/reference/codesamples/index.htm>.
- [29] Oracle, "Download JMF 2.1.1e Software", acesso em 05/05/ 2010, disponível em: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/download-142937.html>.
- [30] Gonçalves, E., "Desenvolvendo Relatórios Profissionais com iReport™ para NetBeans IDE" Editora Ciência Moderna, 2009.
- [31] LPKF, "Solder Paste Stencils and Assembly Control Foils," 2011, acesso em 22/09/2010, disponível em <http://www.lpkf.com>.
- [32] Pereira, F., "Microcontroladores PIC", Erica, 6 Edition, 2009.
- [33] Miyadarira, N. A., Microcontroladores PIC 18: Aprenda a Programar em Linguagem C, Erica, 1 edition, 2009.
- [34] Harrison, G. "MySQL Stored Procedure Programming Building High-Performance Web Applications in MySQL", O'Reilly Media, 1 Edition, 2006.
- [35] Parsian, M., JDBC Metadata, MySQL and Oracle Recipes, Apress, 1 edition, 2006.
- [36] Rosa, J. M., "Harpías da Floresta Nacional de Carajás", acesso em 06/10/2010, disponível em: <http://viajeaqui.abril.com.br/national-geographic/blog/joao-marcos-rosa/2009/05/06/harpias-floresta-nacional-carajas-165548/>.
- [37] Dennis, R., "Satellite Communications", fourth Edition, McGraw-Hill Companies, Inc, 2006.

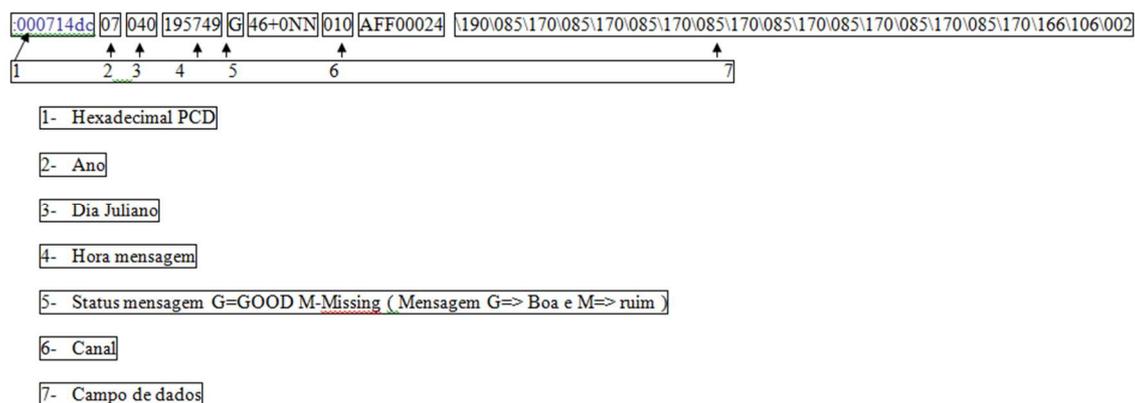
- [38] International Telecommunications Union, "HandBook On Satellite Communication", third Edition, 1999.
- [39] Louis J. Ippolito, Jr., "Satellite Communications Systems Engineering, Atmospheric Effects, Satellite Link Design and System Performance", 1º Edition, 2008.
- [40] E. Donner A. Coralli V. A. Sheriff, R., "Wireless Communications and Networking: Satellite Communications," EURASIP, vol. 1, pp. 2, December 2007.
- [41] Products Elta, "Argos/scd Transmitter," acesso em 08/08/2010, disponível em <http://www.elta.fr/uk/doc/ HAL2 eng.pdf>.
- [42] Products Elta, "Use and Programming of the HAL2 beacon Software V4.03", acesso em 12/09/2010, disponível em: <http://www.elta.fr/uk/transmission-and-communication/4/satellite-transmission/15/argos-scd-transmitter/58>.
- [43] CBERS, "Brazilian System for Environmental Data Collection", Acessado em 12/10/2010, disponível em: <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/sistema.jsp>.
- [44] SINDA, "Sistema Nacional de Dados Ambientais", acessado em 13/10/2010, disponível em: <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/>.
- [45] Silva, A., V. C. da, "Sistema de Rastreamento de Embarcações de Pesca por Satélites Brasileiro com Criptografia de Dados", Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2009.
- [46] Yamagut, W., Orlando, V., Pereira, S. de Paula, "Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais: Status e planos futuros", Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25 - 30 de Abril 2009, paginas 1633 - '640.
- [47] Targetware, "PCWH IDE Compiler", acessado em 08/10/2011, disponível em: <http://www.software.com.br/pcwh-ide-compiler.html?gclid=CNC0uJ-7t7ACFYeR7QodUWag5Q>
- [48] Antenas MetalTec, "Caixa de Isolamento", acessado em 08/10/2011, disponível em: <http://www.antenasmetaltec.com.br>
- [49] Labcenter Electronics, "Proteus PCB Design Packets", acessado em 08/10/2011. disponível em: [http://www.labcenter.com/products/pcb\\_overview.cfm](http://www.labcenter.com/products/pcb_overview.cfm)
- [50] National Semiconductor, "LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors ", acessado em 08/10/2011, disponível em: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [51] TDK, "Humidity Sensor Units CHS Series CHS-U, -SS, -C Types", acessado em 08/10/2011, disponível em: [http://www.tdk.co.jp/tefe02/eb111\\_chs.pdf](http://www.tdk.co.jp/tefe02/eb111_chs.pdf).
- [52] Parallax Inc, "PIR Sensor (#555-28027)", acessado em 08/10/2011, disponível em:

- <http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/audiovis/PIRSen.2.Pdf>
- [53] Microchip, "MCP6001/1R/1U/2/4", acessado em 08/10/2011, disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21733j.pdf>.
- [54] Max, "Ds1307 64x8, Serial, I<sup>2</sup>C, Real-Time Clock", acessado em 08/10/2011, disponível em: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>
- [55] Siemens, "BC 635, BC 639", acessado em 08/10/2011, disponível em: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/siemens/BC639.pdf>.
- [56] Texas Instruments, "MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS ", acessado em 08/10/2011, disponível em: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/texasinstruments/max232.pdf>
- [57] Synergetics International, "Model 14A-N and 14A-TNC half-wave quadrafilar helix antennas right-hand circular polarization, Datasheet", acesso em 08/10/2011, disponível em: [http://www.harshenviro.com/index\\_files/Page2315.html](http://www.harshenviro.com/index_files/Page2315.html)>..
- [58] Oliveira, R., Santana, "Desenvolvimento de Recursos e Ferramentas para Reconhecimento de Voz em Português Brasileiro para Desktop e Sistemas Embarcados", dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2012.
- [59] Texas Instruments, "LM78LXX Series", Datasheet, acesso em 08/10/2011, disponível em: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm78l05.pdf>.

# ANEXOS 8

## 8.1 Arquivos Raw

Descreve-se brevemente o arquivo Raw gerado pelo Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA), depois que uma Plataforma de Coleta de Dados (PCDs) envia dados de sensores ou outras informações. Esses dados têm que ser enviado em formato hexadecimal. Além de que os campos são necessários serem configurados antes da transmissão do transmissor. O arquivo Raw é disponibilizado por FTP na rede mundial de computadores, assim usuários do sistema podem fazer a coleta de dados, por exemplo, de uma estação meteorológica, o arquivo Raw pode ser aberto em qualquer documento de texto, note a Figura 8.1, cedida pelo INPE para uma breve análise de cada informação feita nos testes com o Hal2 [54].



**Figura 8.1:** Informações interpretadas em cada campo.

Portanto o arquivo Raw tem campo correspondente de acordo com a Figura 8.1:

- Hexadecimal PCD;
- Ano.
- Hora da Mensagem;
- Status da Mensagem;
  - G: São as mensagens recebidas com boas qualidades pelo SBCDA;
  - M: São mensagens recebidas com baixas qualidades pelo SBCDA;
  - Canal: É o canal do Satélite a mensagem é recebida;
- Campo de Dados: Os dados são exibidos de acordo com a Tabela ASCII.

## 8.2 Dados de Respostas do Experimento

As tabelas abaixo exibem os dados dos números totais de acertos e erros, onde foram testados em baterias de dez em dez e agrupados até um total de 90 amostras, detalhadas nas páginas 83 e 84. Logo em seguida, mais 90 amostras foram obtidas, vista nas páginas 85 e 86 desta seção; totalizando um total de 180 amostras e finalizado os testes completados em um único experimento. Os erros e acertos foram somados, ou seja, quanto os detectores acertaram e erraram descritos no capítulo 4, na seção 4.1.2 Teste no ambiente Indoor, ilustrado na Figura 4.3. Observe a Tabela 8.1:

**Tabela 8.1:** Resultados dos Acertos e de Erros:

Os valores na 1ª amostra foram: acertos (553) e erros (268) foram obtidos.

Teste 1	Erro	Acerto
	6	4
	4	6
	5	5
	4	6
	0	10
	3	7
	5	5
	4	6
	2	8
	2	8
Total	35	65

Teste 2	Erro	Acerto
	2	8
	7	5
	3	7
	4	6
	4	6
	2	8
	5	4
	3	7
	4	6
	2	8
Total	36	65

Teste 3	Erro	Acerto
	3	7
	2	8
	3	7
	5	5
	5	5
	3	7
	2	8
	2	8
	3	7
	4	6
Total	32	68

Teste 4	Erro	Acerto
	5	5
	3	7
	4	6
	3	7
	5	5
	3	7
	9	1
	3	7
	3	7
	3	7
Total	41	59

Teste 5	Erro	Acerto
	7	3
	3	0
	6	4
	8	2
	3	7
	2	8
	0	0
	5	5
	2	8
	0	0
Total	36	37

Teste 6	Erro	Acerto
	0	0
	5	5
	4	6
	10	0
	2	6
	9	1
	8	2
	2	8
	9	1
	1	9
Total	50	38

Teste 7	Erro	Acerto
	9	1
	2	8
	3	7
	5	5
	0	8
	0	0
	0	10
	1	9
	0	10
	1	10
Total	21	68

Teste 8	Erro	Acerto
	9	1
	2	8
	3	7
	5	5
	0	8
	0	0
	0	10
	1	9
	0	10
	1	10
Total	21	68

Teste 9	Erro	Acerto
	2	8
	1	9
	0	10
	0	0
	1	9
	0	10
	0	10
	2	8
	0	10
	0	10
Total	6	84

Na 2ª amostra tendo mais 90 amostras correspondem: erros (129) e acertos (769):

Teste 1	Erro	Acerto
	4	6
	3	7
	3	7
	3	7
	4	6
	0	10
	0	10
	0	10
	0	10
	3	7
Total	20	80

Teste 2	Erro	Acerto
	2	8
	1	9
	3	7
	3	7
	4	6
	6	4
	6	4
	6	4
	4	6
	4	6
Total	39	61

Teste 3	Erro	Acerto
	4	7
	3	7
	3	7
	3	7
	2	9
	1	9
	1	9
	0	10
	0	10
	2	8
Total	19	83

Teste 4	Erro	Acerto
	2	8
	3	7
	4	6
	3	7
	3	6
	3	7
	2	8
	6	4
	3	7
	3	7
Total	32	67

Teste 5	Erro	Acerto
	5	5
	3	7
	4	6
	4	6
	5	5
	3	7
	3	7
	3	7
	3	7
	3	7
	2	8
Total	35	65

Teste 6	Erro	Acerto
	2	8
	4	6
	5	5
	4	6
	4	6
	2	8
	3	7
	3	7
	2	8
	1	9
Total	30	70

Teste 7	Erro	Acerto
	0	8
	2	5
	3	7
	5	6
	3	6
	3	8
	2	4
	1	7
	3	6
	2	8
Total	24	76

Teste 8	Erro	Acerto
	2	8
	2	8
	5	5
	4	6
	4	6
	3	7
	2	8
	2	8
	2	8
	0	10
Total	26	74

Teste 9	Erro	Acerto
	1	5
	1	6
	1	6
	1	5
	1	7
	1	7
	1	8
	1	9
	1	10
	1	10
Total	27	73