



6° ENCONTRO DE
INOVAÇÃO
DA CESAN

Rede de Sensores sem Fio ZigBee aplicada em uma estação de Tratamento de Esgoto

**Thobias Tose
Arlindo Ferreira
Filipe Carvalho
Sérgio Bernardi**

Agenda

- ✓ Características da ETE Camburi
- ✓ Comparativo dos protocolos da faixa ISM com o ZigBee
- ✓ Apresentação de hardware utilizado nos módulos de monitoramento e módulo Ethernet
- ✓ Apresentação da rede instalada
- ✓ Desafios encontrados e orçamento para execução da proposta
- ✓ Apresentação dos Softwares utilizados
- ✓ Resultados obtidos
- ✓ Conclusões

Desenvolvimento do Projeto

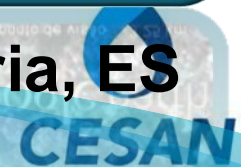
- ✓ Mestrado em Engenharia Elétrica x Aplicação CESAN
- ✓ Telecomunicações
- ✓ Estudo de Caso
- ✓ Necessidade de monitorar remotamente parâmetros dos motores dos aeradores superficiais, bem como outros elementos da Estação (Painel Elétrico, Elevatória de Recirculação Interna, etc).

Aplicação do Projeto

5



Estação de Tratamento de Esgoto Camburi - Vitória, ES
Localizada dentro da área da Infraero



ETE Camburi

6



(1) **Área instalada:** 1,2km²

(2) **Vazão de tratamento:** 320L/s

(3) **Carga principal:** 18 aeradores superficiais de 11kW e 14 kW



CEMAN

Adversidades

7

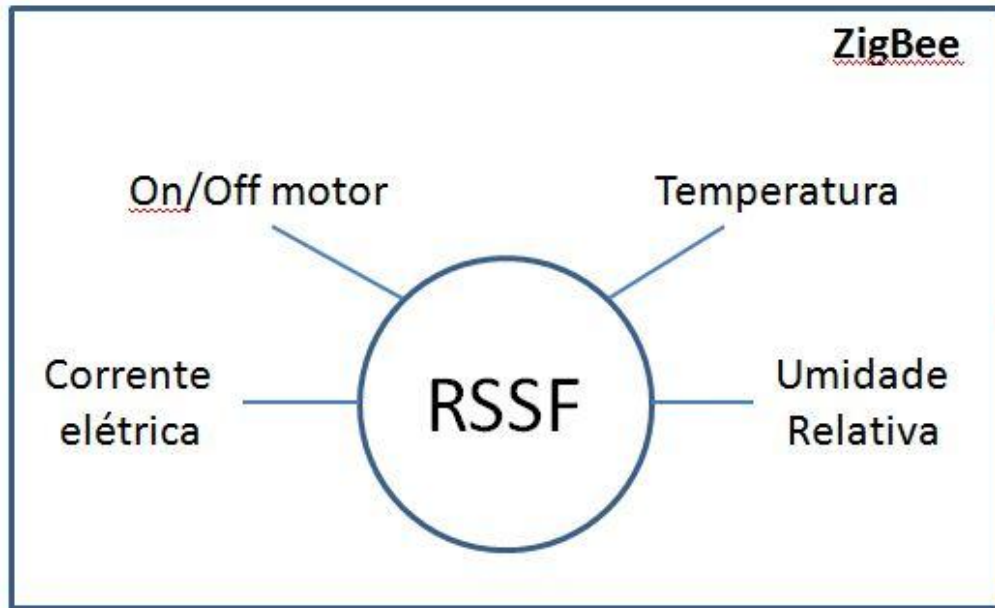
- ✓ Incidência solar;
- ✓ Alta umidade;
- ✓ Concentração de H_2S – Gás Sulfídrico;
- ✓ Ventos;
- ✓ Maresia;
- ✓ Dificuldade para manutenção (posicionamento na lagoa);
- ✓ Ruído (proveniente dos motores);
- ✓ Vibração;
- ✓ Interferências de modo geral.

ZigBee

8

- ✓ ZigBee Alliance – Física/MAC + Rede e suporte a aplicação - IEEE 802.15.4;
- ✓ Baixa potência;
- ✓ Baixo custo;
- ✓ Eficiente energeticamente;
- ✓ Até 65k nós;
- ✓ Coordenador/Roteador/Dispositivo Final;
- ✓ Relação pai-filhos.

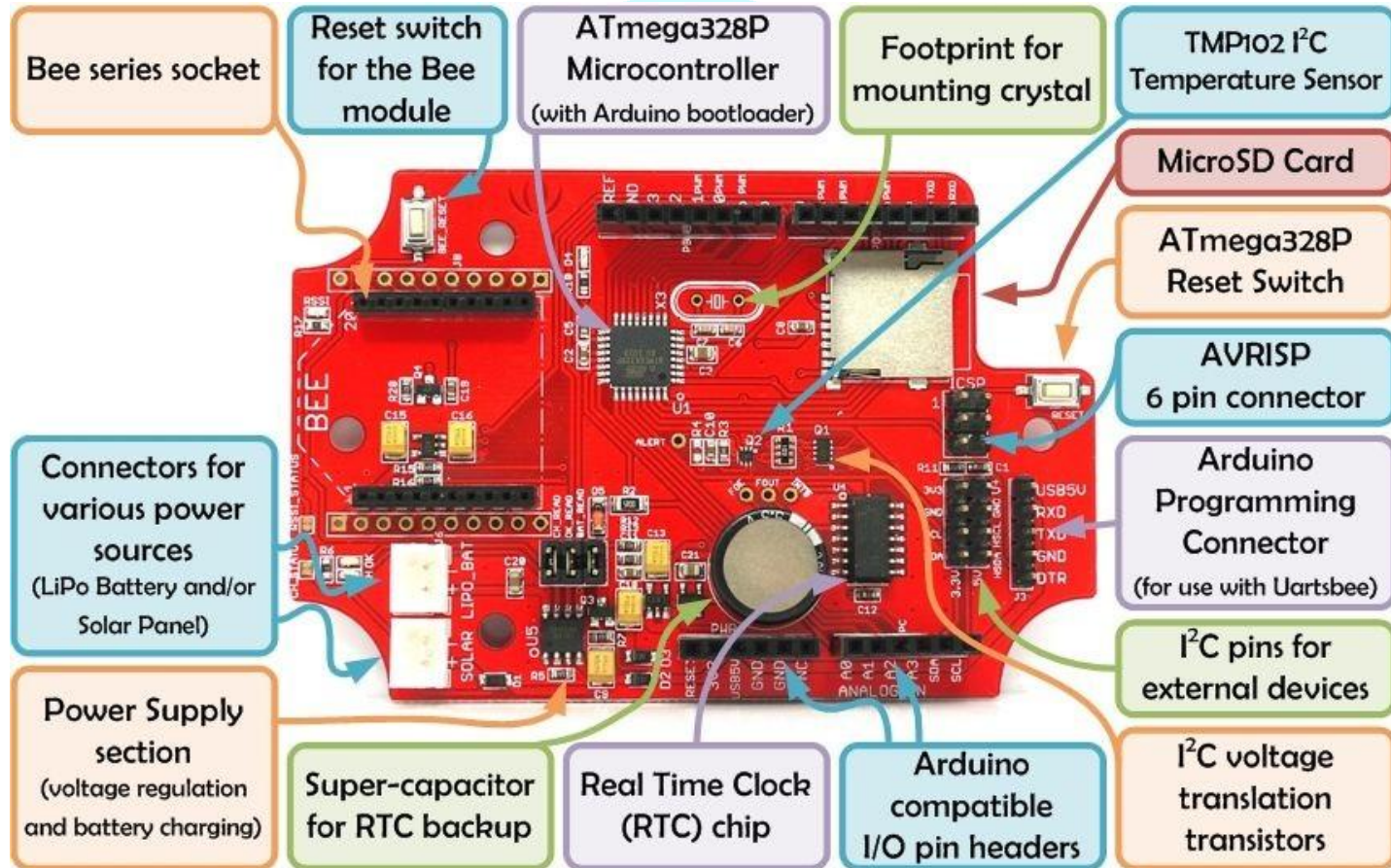
Arquitetura de monitoramento



Planta de Monitoramento

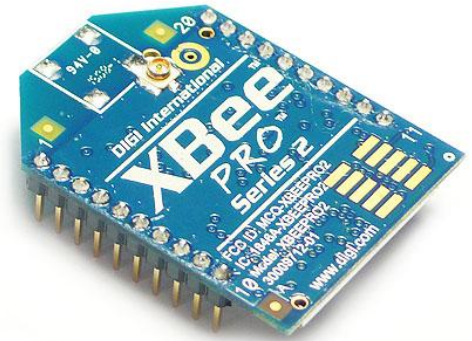
- ✓ Microcontroladores
 - ✓ Rádio
 - ✓ Sensores
 - ✓ Supervisão

Arduino Stalker



Arduino IDE - Uartsbee - I/Os

Xbee Pro Series 2



- ✓ **Frequência:** 2,4 GHz / 50mW
- ✓ **Antena:** Chip, Wire, U.FL, RPSMA
- ✓ **Consumo:** 100mA para potência máxima
- ✓ **Alcance:** 1.600m com visada, 300m indoor
- ✓ **Custo:** \$ 40,00
- ✓ **Temperatura de operação:** - 40 a 85°C (industrial)

Sensores Utilizados

12

- ✓ Clamp Corrente: 0-100A;
- ✓ Monitoramento da corrente dos motores diretamente na lagoa;
- ✓ Monitoramento corrente total Elevatória Recirculação Interna;
- ✓ Sensor de temperatura e umidade;
- ✓ Monitoramento temperatura estatores dos motores;
- ✓ Monitoramento temperatura ambiente.



Acessórios

Bateria LiPo 980mAh 3,3V



Painel Solar 1W



Antena 5dBi



Conector U.FL

Desenvolvimento dos módulos

14

- ✓ Caixas hermeticamente fechadas;
- ✓ Suporte para painel solar;
- ✓ Prensa-cabos (sensores);
- ✓ Base para fixação nos aeradores;
- ✓ Interruptor (On/Off);
- ✓ Acondicionamento interno dos equipamentos;
- ✓ Resistência – parafusos inox, silicone, graxa, madeira resistente a água;
- ✓ Proteção mecânica.

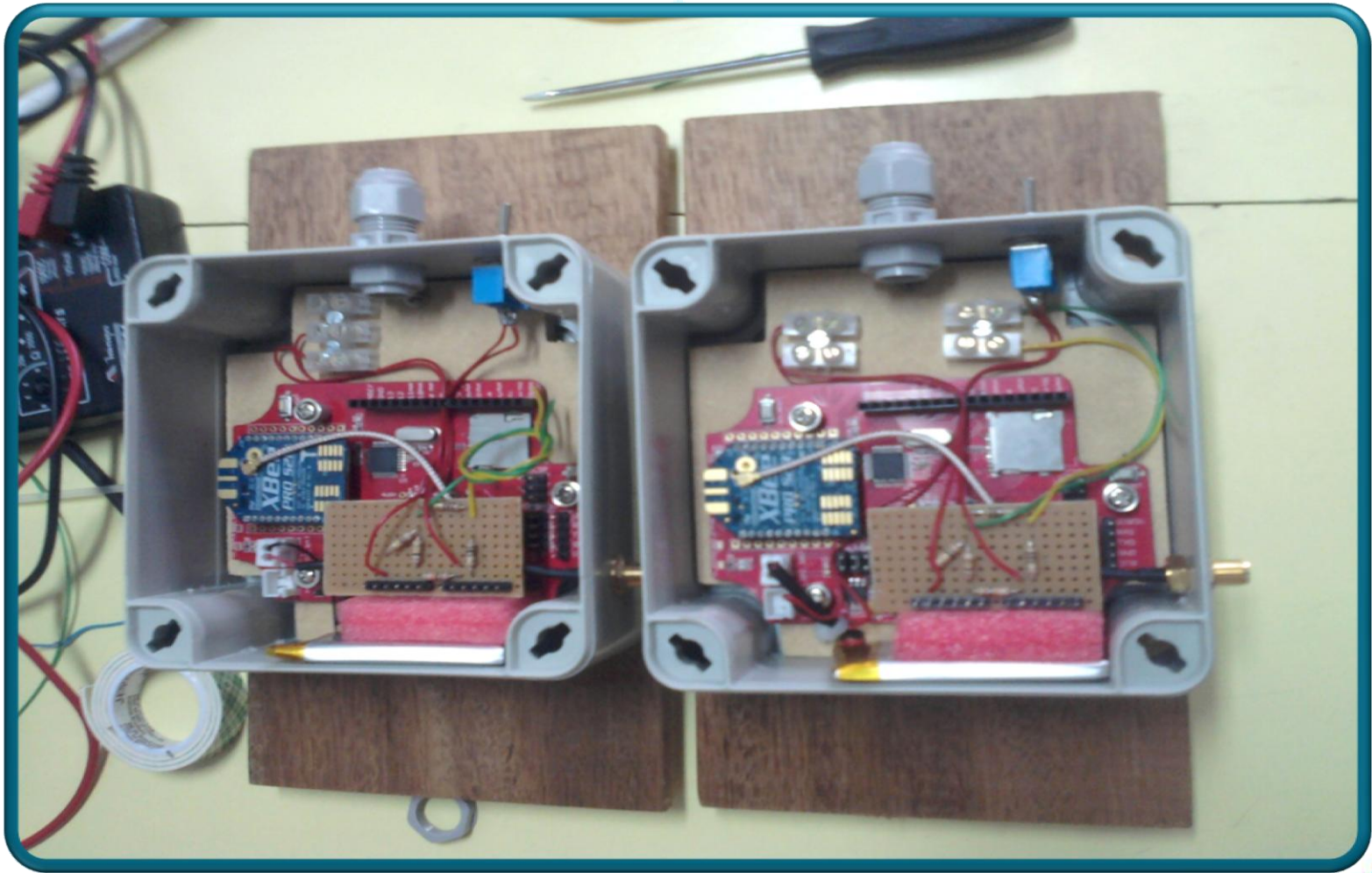
Aeradores Superficiais



1ª Lagoa – Lagoa Aerada

Módulo Monitoramento Lagoa

16



Arduino, Rádio, Circuito Resistores, Bateria

Módulo Monitoramento Lagoa

17



Módulos montados

Módulo Monitoramento Lagoa

18



Adaptação na base do motor do aerador

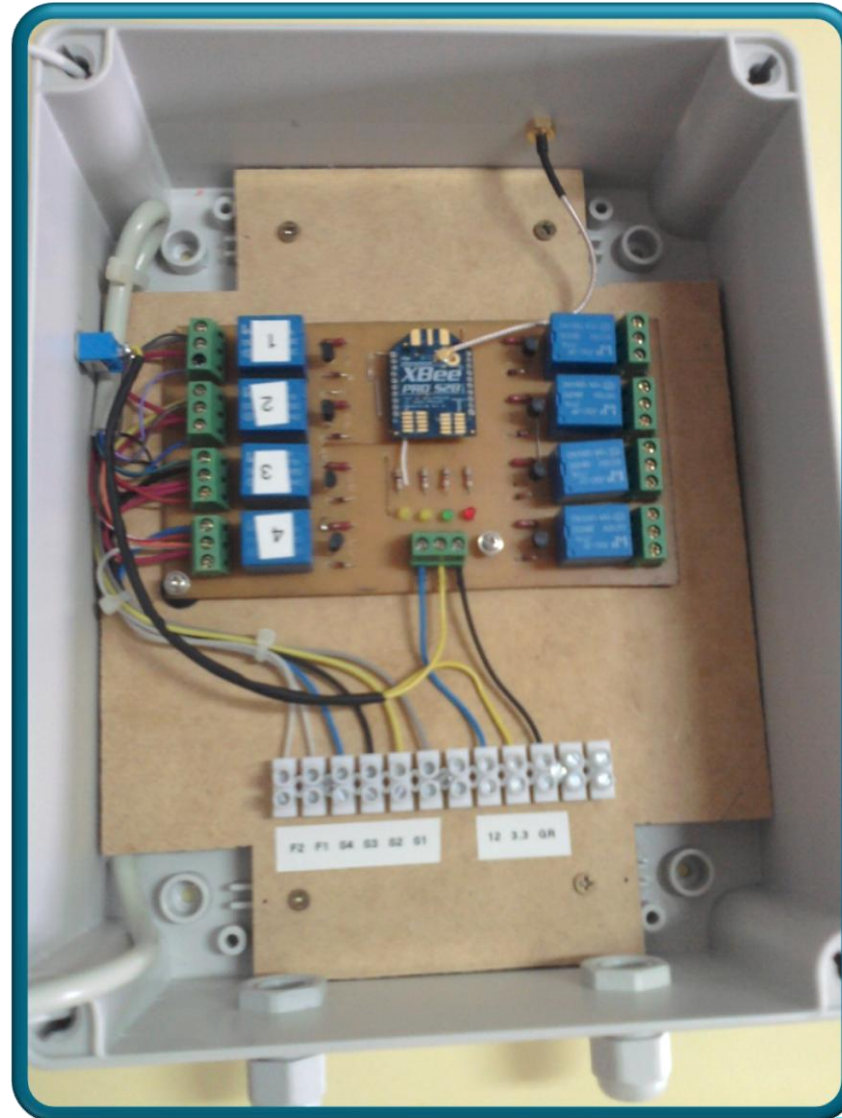
Módulo Monitoramento Lagoa



Detalhe da instalação: 60m distante da margem

Módulo de Potência – Sala Elétrica

20



Circuito de relés e Xbee – usando as saídas digitais

Sala Elétrica

21



Detalhe da Sala Elétrica da estação

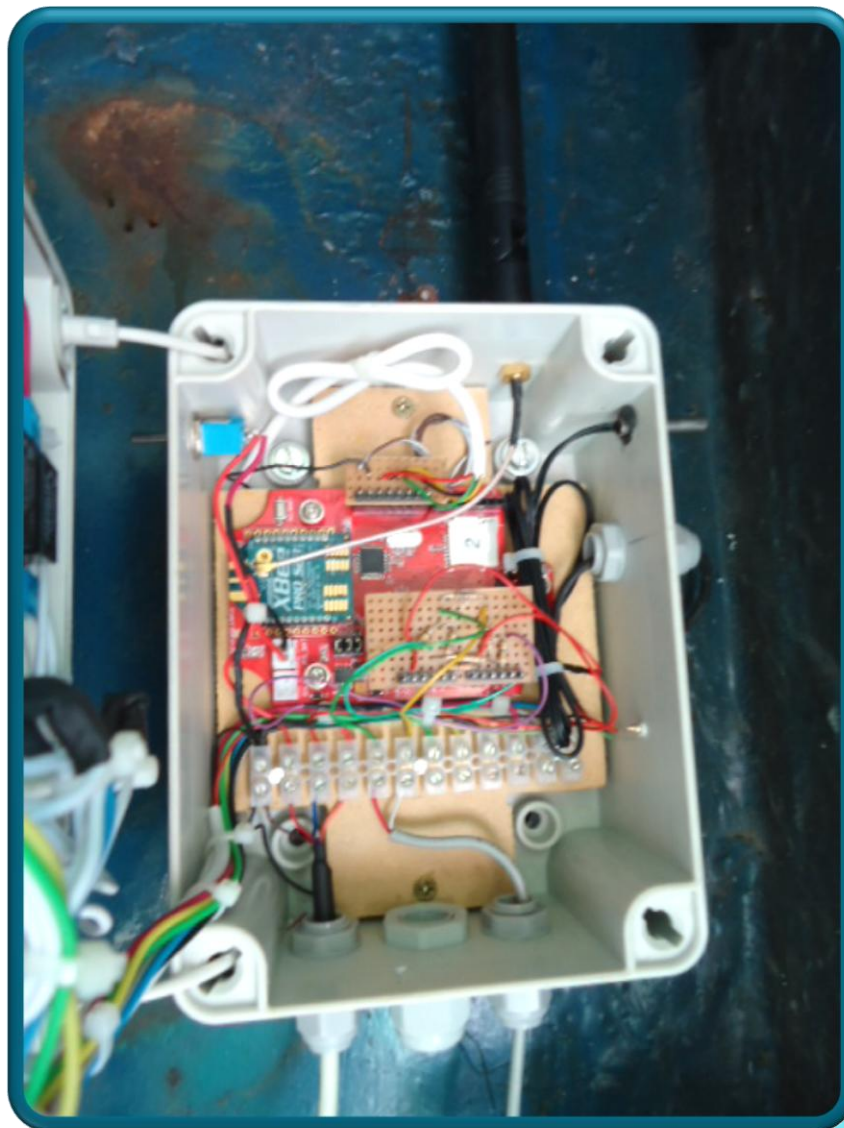
Módulo de Potência – Sala Elétrica

22



Módulo de potência instalado no painel

Módulo de Monitoramento EEEB



Módulo de Monitoramento EEEB

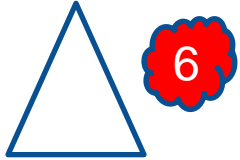
24



Fixação do módulo junto ao Painel Elétrico

Arquitetura da rede instalada

Elevatória Recirculação Interna



Ler: Temp (A1), Corrente (A2) e Umidade (A3)

Escritório



Escritório

Scada & Internet

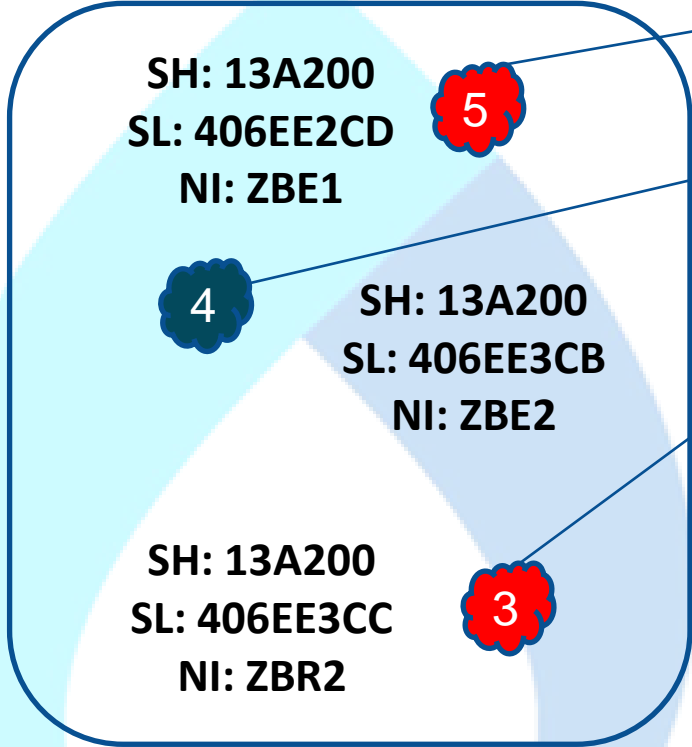
Móvel



Móvel

Ler: Temperatura (A1)

Lagoa



SH: 13A200
SL: 406EE2CD
NI: ZBE1



SH: 13A200
SL: 406EE3CB
NI: ZBE2



SH: 13A200
SL: 406EE3CC
NI: ZBR2

Ler: Temperatura (A1)

Ler: Temperatura (A1)

Ler: Temperatura (A1) e Corrente (A2)

Acionar 4 motores pinos 13,12,11,10

Sala elétrica



SH: 13A200
SL: 406CBC73
NI: ZBR0



Coord

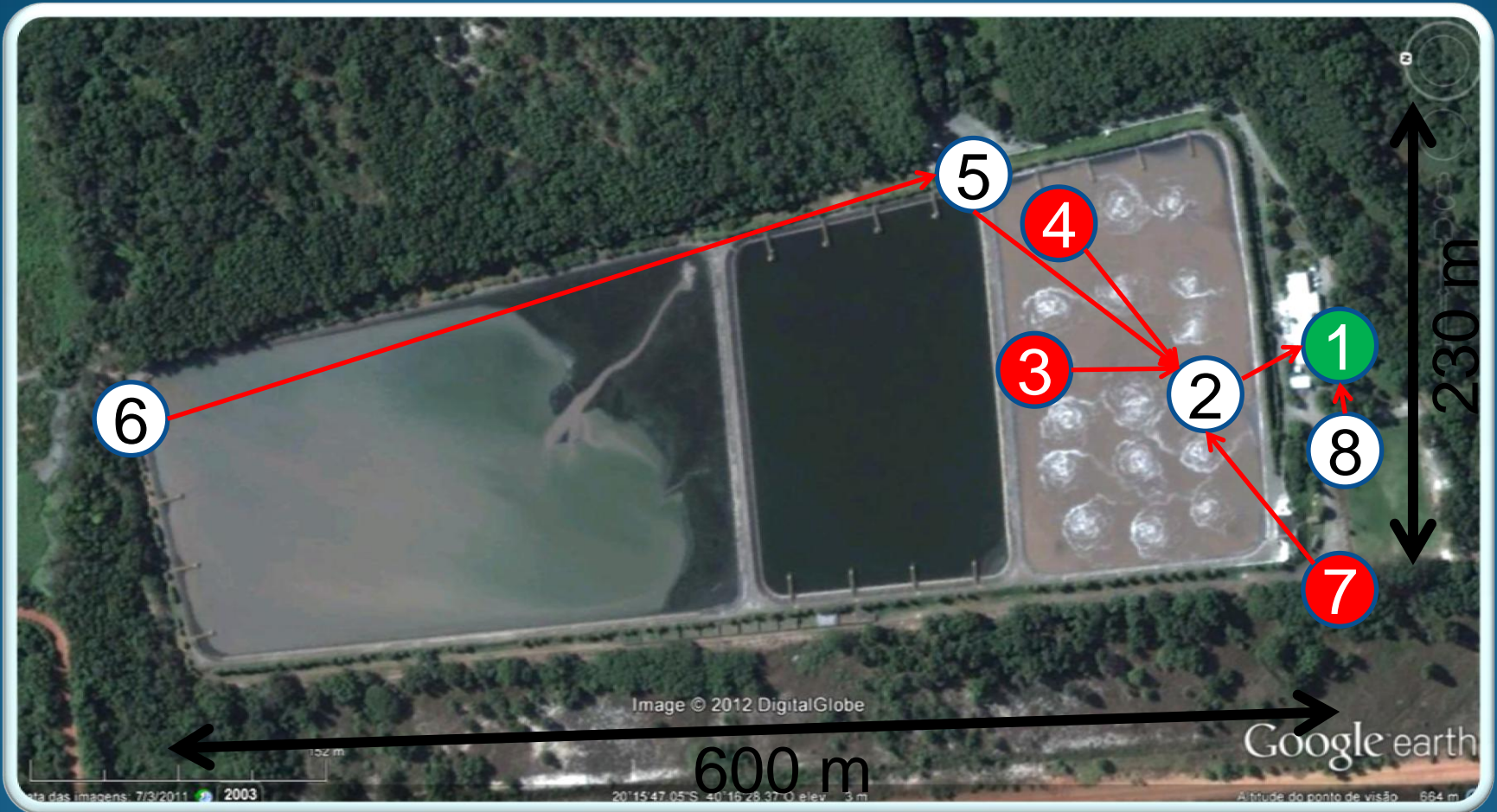


Router



End D

Rede Estabelecida



● Dispositivo Final

● Coordenador

● Roteador

Dificuldades encontradas

27

- ✓ Calibração sensores de corrente;
- ✓ Sobreposição das tags recebidas (+ 1 módulo)
 - [T:0030] [C:0220] [B:0580] (OK)
 - [T:00[C:02][20B:0]... (Falha)
- ✓ Modo API (pacotes) X Modo AT (transparente);
- ✓ Problemas com Hardware – Água de chuva;
- ✓ Dificuldades com Software – Visual C#;
- ✓ Literatura dos equipamentos.

Custos envolvidos

Descrição	Quantidade	Valor Unitário	Total
Xbee S2 Pro	8	72,00	576,00
Arduino	7	78,00	546,00
Bateria	4	10,00	40,00
Cabo u.fl	8	8,90	71,20
Antena	8	18,00	144,00
Sensor Temperatura	5	3,00	15,00
Sensor Corrente	2	20,70	41,40
Sensor de Umidade	1	32,40	32,40
Painel Solar 1W	10	6,30	63,00
Caixas Herméticas	6	10,00	60,00
Componentes eletrônicos diversos			70,00
TOTAL			1659,00

Softwares e Tratamento dos dados

29

- ✓ Arduino IDE – Configuração dos Microcontroladores;
- ✓ X-CTU – Configuração dos Xbee;
- ✓ Microsoft Visual C# - Desenvolvimento das telas sinópticas;
- ✓ Arduino Duemilanove – Disponibilidade dos dados através da Internet – Usando Arduino IDE.

Supervisório

30

SUPERVISÓRIO ZIGBEE CESAN ETE CAMBURI

Porta COM | Baudrate | Conexão

Conectar | Desconectar

Status: CONECTADO

CONF. CONEXÃO COORDENADOR

Monitoramento Zigbee ETE Camburi

1º. LAGOA - AERADA

AERADOR #8 - ED	
TEMPERATURA:	61 °C
CORRENTE FASE S:	22,93 A
TENSÃO BATERIA:	4,224V


AERADOR #1 - Router	
TEMPERATURA:	62 °C
TENSÃO BATERIA:	4,2624V

AERADOR #3 - ED	
TEMPERATURA:	0 °C
TENSÃO BATERIA:	4,1472V

SALA ELÉTRICA - Router	
Aerador #5	Aerador #8
<input type="button" value="LIGAR"/>	<input type="button" value="LIGAR"/>
Aerador #1	Auxiliar
<input type="button" value="LIGAR"/>	<input type="button" value="LIGAR"/>

EEEEB R.I - ED	
TEMP. EXTERNA:	<input type="text"/>
CORRENTE TOTAL:	<input type="text"/>
UMID. RELATIVA:	<input type="text"/>

MOVEL - ED	
TEMPERATURA:	<input type="text"/>
TENSÃO BATERIA:	<input type="text"/>



ZigBee®
Control your world

1/3/2012 13:12:14 | ONLINE | 9600 kbps. | COM12

Windows taskbar: Iniciar, Study and De..., CESAN_V2_E..., Windows Live..., SUPERVISÓR..., REDE ZIGBEE..., 13:12

Tela sinóptica desenvolvida com 3 módulos funcionando



Consumo dos componentes

31

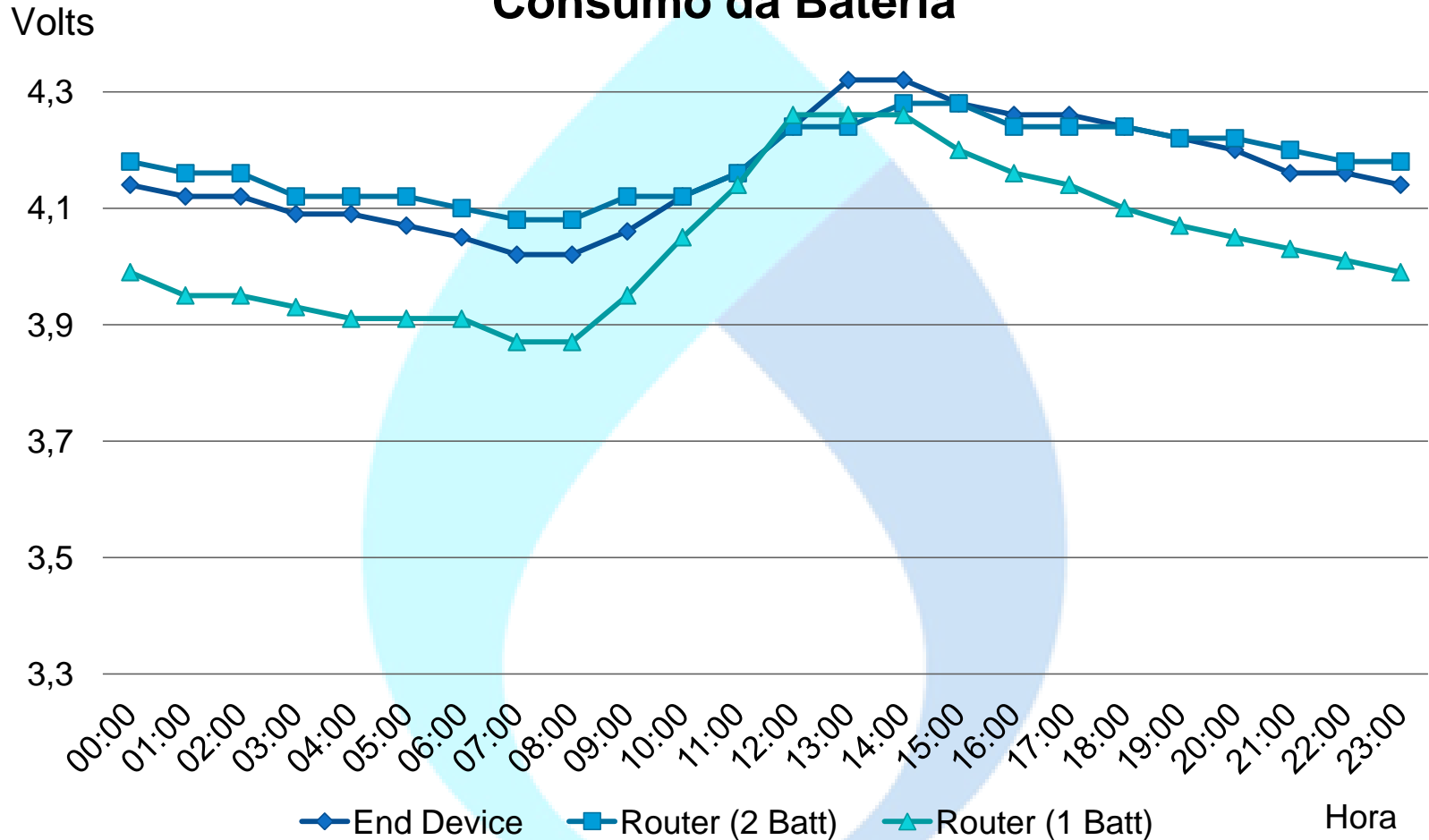
Componente	Consumo Medido (mA)	Autonomia com bateria 980 mAh (h)
Arduino	5,00	196
Arduino + <i>Xbee Roteador</i>	55,00	18
Arduino + <i>Xbee End Device</i>	25,00	39
Sensor de Umidade	1,5	N/A
Sensor de Temperatura	< 1,0	N/A
Sensor de Corrente	< 1,0	N/A

Resultados Obtidos

- ✓ Dados de temperatura do estator do motor – até então desconhecidos – Manutenção Preventiva;
- ✓ Corrente elétrica, temperatura ambiente, umidade relativa;
- ✓ Acionamento remoto dos motores , utilizando salto através do roteador da lagoa;
- ✓ Simulações de rota bem sucedidas.

Gráficos

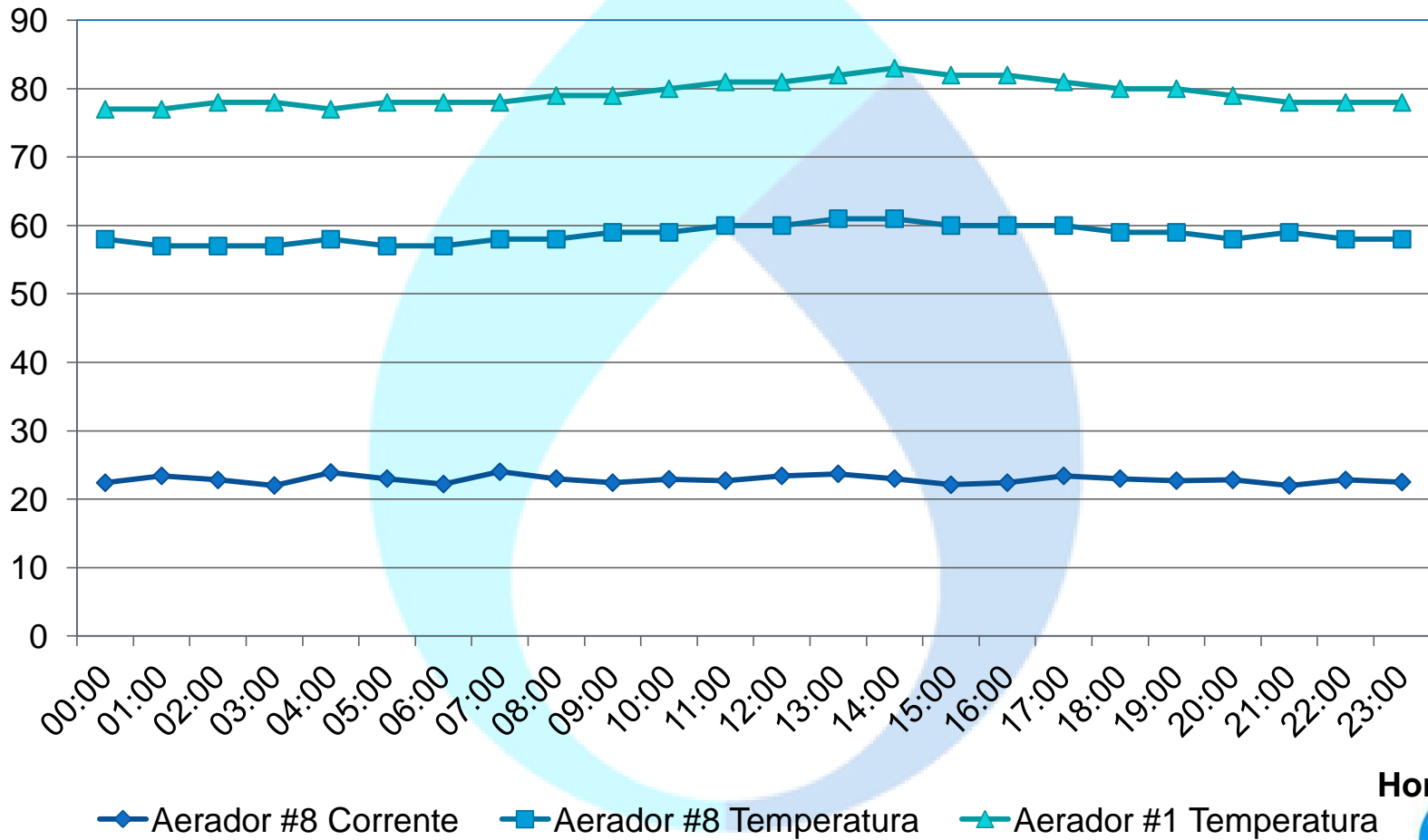
Consumo da Bateria



Tensão da Bateria x Hora – Dia ensolarado

Gráficos

Temperatura Motores e Corrente Elétrica



Dados obtidos – Aerador #8 e Aerador #1

Principais Contribuições

- ✓ Wireless Sensor Systems – Londres, 2012;
“*Wireless Sensor System ZigBee applied on sewage treatment station*”
- ✓ XIX Congresso Brasileiro de Automática 2012 – Campina Grande – PB; “Redes de Sensores sem Fio Aplicados em uma Estação de Tratamento de Esgoto”
- ✓ 1º Lugar no ISA SHOW ES – Agosto 2012

Conclusão

- ✓ Autonomia energética;
- ✓ Expansão da rede e continuidade através das características de roteamento;
- ✓ Estabilidade na recepção dos dados;
- ✓ Qualidade dos equipamentos, suportando as adversidades do ambiente;
- ✓ Acionamento remoto dos motores ;
- ✓ Baixo custo de implantação;
- ✓ Baixa manutenção.