

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FLORENCIO DE OLIVEIRA FILHO

**PROTÓTIPO DE UM SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E TRANSMISSÃO DE
DADOS AMBIENTAIS NA AQUICULTURA**

PONTAL DO PARANÁ 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FLORENCIO DE OLIVEIRA FILHO

**PROTÓTIPO DE UM SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E TRANSMISSÃO DE
DADOS AMBIENTAIS NA AQUICULTURA**

Projeto de Graduação na área de Aquicultura apresentado à Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. **Carlos Eduardo Beltz**

Co-orientador: Prof. Dr. **Eduardo Parente Ribeiro**

Co-orientador: Prof. Dr. **Maurício Garcia de Camargo**

PONTAL DO PARANÁ 2013

O48

Oliveira Filho, Florencio de

Protótipo de um sistema para aquisição e transmissão de dados ambientais na aquicultura. / Florencio de Oliveira Filho. – Curitiba, 2014.
92 f.: il. color.; 30 cm.

Projeto (Graduação) - Universidade Federal do Paraná, área de Aquicultura, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Aquicultura, 2014.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Beltz

Co-orientadores: Prof. Dr. Eduardo Parente Ribeiro; Prof. Dr. Maurício Garcia de Camargo.

Bibliografia: p. 73-74.

1. Aquicultura. I. Beltz, Carlos Eduardo. II. Ribeiro, Eduardo Parente. III. Camargo, Maurício de. IV. Universidade Federal do Paraná. V. Título.

CDD: 639.3



CURSO TECNOLOGIA EM AQUICULTURA

Centro de Estudos do Mar

Setor de Ciências da Terra

Universidade Federal do Paraná

Avn. Beira-mar, s/nº - Pontal do Sul - Pontal do Paraná - Paraná - Brasil

CEP 83255-000 - Cx. Postal 50002

Tel. +55 (41) 3511 8644

E-mail : aquicultura@ufpr.br

TERMO DE APROVAÇÃO

Florêncio de Oliveira Filho

PROTÓTIPO DE UM SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E TRANSMISSÃO DE DADOS AMBIENTAIS APLICADOS À AQUICULTURA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Tecnólogo em Aqüicultura, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Dr. Carlos Eduardo Belz
Orientador e Presidente

Dr. Ubiratã Assis Teixeira da Silva
Membro Examinador

Dr. Maurício Garcia de Camargo
Membro Examinador

Pontal do Paraná, 28/06/2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores da Universidade Federal do Paraná que lecionaram no Curso de Aquicultura de Pontal do Paraná, pelos valiosos ensinamentos obtidos durante este curso e aos colegas de turma pela convivência amigável durante o período em que estivemos juntos imbuídos do objetivo comum do fortalecimento da aquicultura no nosso país.

Agradecimento especial aos professores Carlos Eduardo Belz, por ter aceitado o desafio de ser o orientador deste trabalho de conclusão de curso, ao Professor Maurício Camargo pela sua paciência e valiosas orientações em relação a parte de processamento de dados; e ao Professor Eduardo Parente Ribeiro, grande Mestre, pela acolhida junto ao Curso de Engenharia Elétrica de um aluno do Curso de Aquicultura, e que desde o início desta etapa acadêmica disponibilizou espaço e orientações, indicando qual o melhor caminho para se atingir o estado mais avançado da técnica, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado. Um agradecimento especial, também, ao aluno de mestrado do Curso de Engenharia Elétrica da UFPR, Jefferson Tresvisan pelo grande apoio na parte de programação e pelos momentos de convivência saudável no LIEC (Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Comunicação do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPR). Ao colega de turma Guilherme Higashiyama que me ajudou a realizar os testes no Mangue do Perequê, ao meu filho Allan Conselvan de Oliveira pelo apoio dado na fase final de conclusão do curso e as bibliotecárias do SIBI/UFPR da Biblioteca de Ciência e Tecnologia, Roseny Rivelini Morciani e Vilma Machado pelo apoio e valiosas orientações com relação a normatização e formatação do texto. Graças a todos esses apoios, esse trabalho deixa de ser individual e reconheço que tem um pouco de cada um de vocês.

Para finalizar, o meu agradecimento a todas as pessoas que estiveram junto comigo nesta jornada, em particular aos familiares pela compreensão e incentivo para que a meta final de conclusão do curso fosse atingida.

LISTA DE SIGLAS

AC – *Alternate Current* – Corrente Alternada

ADC – Conversor Analógico Digital (*'Analogic Digital Conversor'*)

CAMAR – Laboratório de Aquicultura Marinha e Repovoamento

CEM – Centro de Estudos do Mar

Chip – Circuito integrado é um circuito eletrônico miniaturizado produzido na superfície de um substrato fino de material semicondutor (é conhecido também, como CI, microchip, chip)

CPU – *Central Processing Unit* – **Unidade de Processamento Central**

DAC – Conversor Digital Analógico (*'Digital Analogic Conversor'*)

DC – *Direct Current* – Corrente Contínua

EEPROM – *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory* – Memória de leitura programável e apagável eletricamente

Firmware – refere-se ao conjunto de instruções programadas diretamente no hardware para operacionalizar o seu funcionamento. Em CIs do tipo microprocessadores e microcontroladores esses programas se instalam de forma permanente para operacionalizar o seu funcionamento.

FTP – *File Transfer Protocol* – Protocolo de Transferência de Arquivos

TELNET – *Telecommunication Network* – Rede de telecomunicação

USB – *Universal Serial Bus* – Barramento Serial Universal

WEB – *'Word Wide Web'*, em português significa 'teia mundial', conhecida também, como Web e WWW é um sistema de documentos em hipermídia que são interligados e executados na Internet. Esses documentos podem estar na forma de vídeos, sons, hipertextos e figuras. que são visualizadas através de um programa de computador chamado de navegador.

SAD – Sistema de Aquisição de Dados

ZigBee® - Conjunto de especificações para comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos, com ênfase na baixa potência de operação, baixa taxa de transmissão de dados e baixo custo de implantação. Foi idealizado para ligar pequenas unidades de recolhimento de dados e de tele-ações através de sinais de radiofrequência não licenciados.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura geral de um SAD (BENTLEY, 2005, apud SILVEIRA, 2012)	16
Figura 2- Diagrama em bloco de um sistema de aquisição, transmissão e recepção de dados (SATRD).	18
Figura 3 - Conexão do sistema de aquisição, transmissão e recepção de dados (SATRD) na Web.	19
Figura 4 - Diagrama de blocos do sistema de aquisição e transmissão de dados (SARTD.)	20
Figura 5- Representação em ‘SysML’ dos principais componentes do sistema.	23
Figura 6 – Representação em SysML dos blocos funcionais da Estação Base.	23
Figura 7 – Representação em ‘SysML’ dos blocos que compõe a Estação de Campo.	24
Figura 8 - Bancada de trabalho do laboratório provisório do curso de aquicultura.	26
Figura 9 - Placa acondicionadora do sensor remoto e do circuito do sensor de temperatura.	28
Figura 10 - Diagrama esquemático da placa condicionadora do módulo sensor e do sensor de temperatura.	29
Figura 11 - Detalhe da alimentação de energia DC – Entrada de tensão de 9VDC – 2.0A (nominal); Saídas: 5VDC e 3,3VDC.	29
Figura 12 - Detalhe do módulo sensor CC2530ZNP.	31
Figura 13 - Detalhe de ligação do módulo de controle CC2530ZNP.	31
Figura 14 - Vista geral do arranjo para o sistema de aquisição de dados.	32
Figura 15- Sistema de aquisição de dados utilizando um conjunto de módulos de comunicação ‘CC110L RF BoosterPack’ integrado ao módulo ‘LaunchPad’	33
Figura 16 - Representação em linguagem ‘SysML’ dos blocos que compõe a arquitetura de softwares que fizeram parte do protótipo.	35
Figura 17 - Labview (National Instruments), ilustração do painel frontal e diagrama de bloco.	38
Figura 18 - Vista do programa Putty na tela do computador.	39
Figura 19 - Mascara do Programa Perequê.	40
Figura 20 – Placa de ligação dos sensores - National Instruments.	41

Figura 21 – Diagrama geral do sistema de aquisição e transmissão de dados, disponibilizados na WEB. Sistema misto com uso do “kit CC2530 ZigBee®” e do sistema de aquisição de dados da National Instruments.....	41
Figura 22 - Interface do usuário do programa PerequeLab.	42
Figura 23 - O programa ‘AnarenBoosterPack (AIR)’ disponibiliza relatórios de status da rede sem fio. (http://www.43oh.com/2011/11/cc1101-rf-module-booster-pack-released/).....	43
Figura 24 - Vista da página principal do site do projeto ‘perequê’. (disponível em: http://pereque.hostzi.com/ ; acessado em: 15/06/2013).....	44
Figura 25 - Página do relatório do dia 15/06/2013, as 11h10m mostrando os gráficos de temperatura, pressão e da tensão gerada no painel solar.	45
Figura 26 - Medida da tensão de 3,3VDC para alimentação do módulo sensor.	46
Figura 27 - (a) e (b) - (a) Medida da tensão de +5VDC que alimenta o sensor de temperatura. ; (b) Medida da tensão de saída do sensor de temperatura. O valor medido foi de 190mV equivalente a temperatura de 19°C.....	47
Figura 28 - Medida da saída amplificada do sensor de temperatura. Valor medido = 1,10 V.	47
Figura 29 - Arranjo de bancada para medida da temperatura e aquisição de dados com o sensor de temperatura LM35 e a ferramenta de desenvolvimento CC25302. Este teste foi realizado em 16/11/2011 no Laboratório de Modelagem Ecológica (LAMEC) do CEM/UFPR.	49
Figura 30- Sistema para acondicionamento da sonda de medida de temperatura com tubos de PVC de 40 mm.....	50
Figura 31- Arranjo para medir a temperatura da água do Mangue do Perequê.....	50
Figura 32 - Tomada de energia de 220V nominal localizada próximo ao mangue e utilizada para fazer o teste. A tensão medida foi de 209 VAC.....	51
Figura 33 - O valor medido da tensão de entrada na placa foi de 9,46 VDC.....	52
Figura 34 - Medida da tensão de 3,3 VDC que alimenta o módulo sensor.....	52
Figura 35- Medida da tensão de 5,0 VDC que alimenta o sensor de temperatura.	53
Figura 36 - Medida de equivalência de temperatura obtida através do sensor de temperatura (LM35) condicionado dentro da sonda, antes do teste de imersão. Neste momento o duto do sensor estava exposto ao sol e foi medido 0,44 Volts (44mV) equivalente à 44°C.	53

Figura 37 - Sequência do posicionamento e fixação do tubo da sonda no mangue do Perequê.	54
Figura 38 - Vista do sistema que faz a captação da informação de temperatura da água no mangue do perequê e que através do Módulo Sensor envia essa informação para o módulo de controle conectado no computador.....	55
Figura 39 - Sistema de recepção, correspondente a estação base, que recebe os dados referentes às medidas de temperatura da água do mangue do perequê, via RF, através do módulo controle CC25302. O programa ‘Putty’ permite o armazenamento e a visualização dos dados.....	55
Figura 40 - Ilustração do teste de campo da comunicação do conjunto CC110L RF BoosterPack integrado a placa de desenvolvimento LaunchPadMSP-EXP430GE, foi possível obter ‘emparelhamento’ (enlace) a uma distância da ordem de 130 metros. ...	56
Figura 41 - Vista aérea da localização do laboratório de cultivo de camarão e da guarita do corpo de bombeiros (posto salva-vidas), onde fica o ponto de captação (ponto zero). Distancia da ordem de 300 metros.	57
Figura 42 - Detalhe do módulo sensor, alimentado com duas pilhas recarregáveis (1,2VDC cada – Total = 2,4 VDC) usado no teste de enlace entre o Laboratório de Cultivo de Camarão e o ponto de captação de água salgada próximo a guarita do corpo de bombeiros localizada na praia.....	58
Figura 43- Três termômetros usados para monitoramento da temperatura da água do mangue.	68
Figura 44 - As medidas de temperatura feitas com três termômetros imerso no mangue do Perequê foram de 25°C semelhantes às medidas indicadas pelo sensor de temperatura.	68
Figura 45 – Gráfico da variação de tensão do painel solar durante o dia 29/11/2012....	69
Figura 46 - Gráfico da variação da temperatura durante o dia 29/11/2012.	70
Figura 47 - Gráfico das médias variações dos valores do sensor de pressão durante o dia 29/11/2012.....	70
Figura 48- Sensor de temperatura LM35.....	76
Figura 49 - Sensor de pressão modelo MP3V5050GP, Freescale Semiconductor, e curva da função de transferência.	78
Figura 50 - Diagrama de circuito para o sensor de pressão, sugerido pelo fabricante. ..	78
Figura 51 - Painel solar (6V - 200mA).....	79

Figura 52- Diagrama em bloco do CI ADC0808 - Conversor Analógico-Digital (A/D).	80
Figura 53- CI regulador de tensão 7805.	81
Figura 54- CI regulador ajustável de tensão LM317.....	82
Figura 55 - Circuito de aplicação típica sugerida pelo datasheet do CI LM358.	83
Figura 56 - Microcontrolador MSP430 - Texas Instruments.	84
Figura 57 - Ferramenta de Desenvolvimento de Projetos Texas CC2530ZNP, ZigBee® (‘Módulo CC2530ZNP, ZigBee®’).	86
Figura 58- LaunchPad MSP-EXP430GE – ferramenta/placa de circuito eletrônico utilizada para desenvolvimento de projetos com microcontroladores da série MSP430.	87
Figura 59 - Módulo de Comunicação ‘CC110L RF BoosterPack’ integrado a placa de desenvolvimento ‘LaunchPadMSP-EXP430GE’.....	88

RESUMO

No cenário da aquicultura mundial nas duas primeiras décadas do século XXI os países com maior tradição aquícola apresentam tecnologias biológicas e tecnologias de equipamentos auxiliares a todas as atividades da cadeia produtiva da aquicultura, tanto no cultivo em áreas continentais, quanto no cultivo em áreas marítimas. Dentre os equipamentos que promovem diferencial competitivo a essas nações, os equipamentos de aquisição de dados para monitoramento e comando à distância de plantas aquícolas, apresentam destaque e grande importância. Reconhecendo-se a potencialidade desse tipo de equipamento, desenvolveu-se um protótipo de um sistema de aquisição de dados aplicável às plantas aquícolas de pequeno porte. Para o desenvolvimento desse sistema foram consideradas as medições de temperatura e de nível de água do mangue do perequê, localizado no Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná, situado na cidade de Pontal do Paraná, Estado do Paraná, Brasil. Foram estudados dois conjuntos de hardware microprocessados que poderiam implementar as funções básicas necessárias para a aquisição de dados, pós-processamento e disponibilização de dados, via WEB. Os resultados obtidos indicaram que a configuração final concebida para tal sistema pode ser implementada com baixo custo, para um alcance de até 300 metros de enlace de RF, e ainda permitir flexibilidade para adaptação do sistema à variada gama de plantas aquícolas.

Palavras-chave: Aquicultura. Sistema Aquisição Dados. Monitoramento de Temperatura. Linguagem Modelagem Sistema. LABView®. ZigBee®.

ABSTRACT

In the scenario of the world aquaculture in the twenty-first century first two decades the countries with the longest aquaculture tradition practice have available biological technologies and equipment technologies that assist all aquaculture production chain activities, so as in continental areas cultivation, as in maritime areas cultivation. Among the equipment that promote competitive advantage to those nations, data acquisition equipment for remote monitoring and remote controlling of aquaculture plants, present great importance and highlight. Recognizing the potential of this type of equipment, it had been developed a prototype of a data acquisition system applicable to small aquaculture plants. In the development of this system were considered the measurement of temperature and water level of the swamp Perequê, located in the Center of Marine Studies at the Federal University of Paraná, in the city of Pontal do Paraná, Paraná State, Brazil. There were compared two sets of microprocessed hardware that could implement the basic functions required for data acquisition, post-processing and data delivery through WEB. The results of this research indicated that the final configuration designed for such a system can be implemented at low cost, for a range of up to 300 meters of RF link, and allow flexibility to adapt the system to a varied range of aquaculture plants.

Keywords: Aquaculture. Data Acquisition System. Temperature monitoring. Language Modeling System. LABView®. ZigBee®.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	FUNDAMENTAÇÃO	16
3.1	DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO, TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS (SATRD)	16
3.2	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE INTERESSE PARA A AQUICULTURA	19
4	MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1	VISÃO GERAL DO PROTÓTIPO DE UM SISTEMA PARA AQUISIÇÃO, RECEPÇÃO E TRANSMISSÃO DE DADOS	20
4.2	APRESENTAÇÕES DA LINGUAGEM DE MODELAGEM DE SISTEMA (SYSML) E DO ‘SISTEMA PEREQUÊ’	22
4.3	DESENVOLVIMENTO E DEFINIÇÃO DO HARDWARE	25
4.3.1	Microcontroladores	26
4.3.2	Ferramentas para desenvolvimento de projetos com microcontroladores .	27
4.3.3	Desenvolvimento de projeto com a ferramenta Texas ‘Módulo CC2530ZNP, ZigBee®’	28
4.3.4	Cálculo do Ganho	30
4.3.5	Módulo Sensor e Módulo de Controle (Texas CC2530ZNP)	30
4.3.6	Arranjo do sistema de aquisição de dados utilizando o kit com os módulos ‘CC2530ZNP, ZigBee®’	32
4.3.7	Desenvolvimento de projeto com a ferramenta ‘LacunchPad MSP430’ e ‘BoosterPack’	33
4.3.8	Possibilidade de uso de outros sensores	34

4.4	PESQUISA E SELEÇÃO DE ‘SOFTWARE’ PARA TRABALHAR COM OS DADOS ADQUIRIDOS E APRESENTÁ-LO EM TEMPO REAL NA WEB.	34
4.4.1	Visão geral dos softwares utilizados no protótipo do sistema para aquisição, transmissão e recepção de dados (STRAD)	34
4.4.2	Softwares utilizados no computador	36
4.4.3	Teste e seleção dos softwares no desenvolvimento do protótipo	38
4.4.4	Programas utilizados para desenvolvimento de software dos microcontroladores	42
4.4.5	Programas para teste de comunicação de RF	42
4.4.6	Programas para FTP / Website projeto perequê	44
4.5	TESTES EM LABORATÓRIO PARA VERIFICAR O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	46
4.5.1	Teste no Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Comunicação (LIEC/UFPR)	46
4.5.2	Testes realizados nos Laboratórios do CEM/UFPR (Laboratório de Modelagem Ecológica –LAMEC e Laboratório de Informática)	48
4.6	TESTES DE CAMPO PARA VERIFICAR A APLICABILIDADE DO SISTEMA	49
4.6.1	Testes Realizados no Mangue do Perequê CEM/UFPR	49
4.6.2	Testes de Comunicação com o módulo ‘CC110L RF BoosterPack’	56
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1	RESULTADO E DISCUSSÃO REFERENTE À PESQUISA E O DESENVOLVIMENTO DE UM HARDWARE CAPAZ DE ADQUIRIR E TRANSMITIR OS DADOS FÍSICOS DE FORMA EFICIENTE E ECONÔMICA	59
5.2	RESULTADO E DISCUSSÃO DA PESQUISA E SELEÇÃO DE UM SOFTWARE CAPAZ DE TRABALHAR COM OS DADOS ADQUIRIDOS E APRESENTÁ-LOS EM TEMPO REAL VIA WEB	61
5.3	RESULTADO E DISCUSSÃO SOBRE OS TESTES EM LABORATÓRIO PARA VERIFICAR O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	62

5.3.1	Resultado dos Testes realizados no Laboratório de Informática do CEM/UFPR	62
5.3.2	Resultados dos Testes realizados no Laboratório de Modelagem Ecológica (LAMEC)	64
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS TESTES EM CAMPO PARA VERIFICAR A APLICABILIDADE DO SISTEMA	65
5.4.1	Resultado dos testes realizados no Mangue do Perequê	65
5.4.2	Aferição das medidas obtidas pelo sistema de aquisição de dados	67
5.5	RESULTADO E DISCUSSÃO DA ORGANIZAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS EM UM AMBIENTE VIRTUAL	69
6	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICE A - DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES UTILIZADOS PARA IMPLEMENTAÇÃO FÍSICA DO SISTEMA	76
	ANEXOS	89
	ANEXO A - RESULTADO DO TESTE REALIZADO NO LABORATÓRIO DE MODELAGEM ECOLÓGICA (LAMEC/CEM/UFPR)	90
	ANEXO B - RESULTADO DO TESTE DE CAMPO REALIZADO NO MAGUE DO PEREQUÊ (CEM/UFPR)	91
	ANEXO C - Dados no formato original (arquivo txt)	92

1 INTRODUÇÃO

Apesar da imensidão dos oceanos, que aparentam terem recursos ilimitados, a realidade é outra. Esses recursos são limitados e os seus ecossistemas frágeis, porém acredita-se que através de uma gestão cuidadosa e responsável, eles podem ser protegidos e conservados (FAO, 2013). Já foram explorados cerca de 52% dos recursos pesqueiros marinhos do mundo e 28% dos estoques estão em uma situação de sobrepesca, esgotamento ou em recuperação (FAO, 2013). Em um cenário onde ocorre a exploração indiscriminada dos estoques pesqueiros disponíveis na natureza e um desequilíbrio entre a demanda de consumo e quantidade de pescado capturado, a aquicultura surge como uma grande alternativa de produção de alimento para consumo humano de alto valor proteico (CAMARGO ET AL, 2005).

O Brasil é um país com características de alta potencialidade para o desenvolvimento da aquicultura, pois dispõe de 12% da água doce no planeta, tem um vasto litoral com oito mil quilômetros, além de uma faixa marítima indicada como 'Zona Econômica Exclusiva (ZEE), com um tamanho equivalente ao da Amazônia. Essas características deixam o Brasil numa condição privilegiada para o desenvolvimento desta atividade (MPA, 2011).

No Estado do Paraná o potencial para a aquicultura também é considerável. Além das águas continentais possui acesso ao mar, embora seja um dos menores litorais do Brasil. Possui uma zona costeira localizada no litoral Sul, situada na região oriental do estado, que possui uma superfície total de 6.600Km², distribuída em 98 km de extensão (BIGARELLA ET AL, 1978). Os ambientes marinhos desta região possuem uma área aproximada de 3.000 Km², incluído no limite de 12 milhas do mar territorial brasileiro, que incluem um conjunto de ecossistemas formados por manguezais, restingas, costões rochosos, praias, entre outros ecossistemas, que além de terem grande importância para atividades da população paranaense, também são de interesse ecológico e econômico (ARIEL, 2003).

A aquicultura de mar aberto pode ser uma alternativa para que o Paraná, mesmo tendo um pequeno litoral, possa ter uma produção significativa de pescado marinho. O desenvolvimento da aquicultura depende, basicamente, de dois fatores; pesquisa para dominar o ciclo de desenvolvimento das espécies aquáticas, desde o processo de reprodução até a engorda e de tecnologias capazes de viabilizar esse tipo de produção.

Segundo Crivella (2012), para que haja um aumento da produção aquícola é preciso desenvolvimento na área de pesquisa, dessa forma, o Brasil atingirá um novo patamar de produção aquícola e aumentará a produção de alimentos de forma sustentável.

Em relação à tecnologia, uma área do conhecimento que pode promover diferencial competitivo na aquicultura é representada pelos equipamentos de aquisição de dados para monitoramento e de comando à distância de plantas aquícolas. Porém, ainda não existe uma prática difundida em nosso país do uso desse e de outros equipamentos como ocorre em alguns países, que dispõem de tecnologias avançadas na área da aquicultura. Como exemplo de uso de tecnologia avançada para a aquicultura, que serve como referencial do estado da técnica nesta área, pode-se mencionar o grupo ‘AKVAGroup’ da Noruega, que disponibiliza comercialmente toda essa linha de equipamentos avançados para a aquicultura (AKVAGroup, 2013). Um dos fatores limitantes do uso de tecnologias mais moderna na aquicultura em nosso país, talvez, seja devido a questões econômicas, que impede o acesso a tecnologias mais avançadas nesta área.

Nos últimos anos, contudo, a eletrônica e a computação têm mostrado um grande avanço, dando ferramentas para a criação de sistemas versáteis em vários tipos de aplicações, como aquisição de dados e controle de processos industriais, monitoramento de condições ambientais, medições em geral, etc. Dessa forma, é possível construir sistemas de aquisição de dados adaptado especificamente à necessidade (SILVEIRA, 2012). Na aquicultura, o uso de um sistema de aquisição de dados pode ser importante para monitoramentos de variáveis físico-químicas como temperatura, pH, nível de água em tanques, entre outros, auxiliando no manejo do cultivo.

Esse trabalho teve como propósito desenvolver um sistema de aquisição de dados, através de telemetria, possível de ser aplicado em situações de cultivo na aquicultura, onde haja necessidade de monitoração à distância, como as que podem ocorrer em grandes áreas de cultivo ou mesmo no cultivo de mar aberto.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema de aquisição de dados (SAD), relacionado com parâmetros físicos e químicos de interesse para a aquicultura.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar tecnologias de conversão de sinais analógicos em digitais e selecionar a mais adequada ao sistema a ser desenvolvido;
- Pesquisar tecnologias disponíveis de transmissão de dados em tempo real e selecionar a mais adequada ao sistema a ser desenvolvido;
- Realizar testes em laboratório e em campo para verificar o funcionamento do sistema.
- Desenvolver um meio de organização e disponibilização dos dados via web;

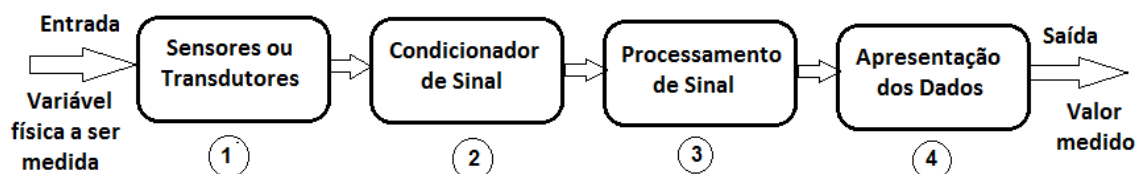
3 FUNDAMENTAÇÃO

3.1 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO, TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS (SATRD)

Aquisição de dados é um processo pelo qual uma grandeza física do ambiente é transformada em sinais elétricos, os quais são medidos e convertidos em um formato digital para processamento, análise e armazenamento por um computador (PARK; MACKAY, 2003, *apud* SILVEIRA, 2012).

Os sistemas de aquisição de dados (SADs) podem ser representados por blocos. De modo geral podem-se identificar quatro tipos de elementos, que dependendo do tipo de sistema, alguns deles podem estar ausentes ou se repetirem. Esses quatro elementos básicos são mostrados através de blocos no diagrama da figura 1.

Figura 1 - Estrutura geral de um SAD (BENTLEY, 2005, *apud* SILVEIRA, 2012)



Todo processo de aquisição de dados inicia-se a partir da necessidade de medição de uma grandeza física. Dessa forma o primeiro bloco sempre compreende os diversos sensores (de pressão, de temperatura, microfones, de intensidade luminosa, etc.), os quais disponibilizam informações analógicas, em forma de um sinal elétrico analógico. Segundo Braga (2008), a escolha dos sensores é parte fundamental da definição de um sistema de aquisição de dados porque será diretamente responsável pela sua eficiência e precisão.

No segundo bloco, representa-se o processo de condicionamento do sinal, que está relacionado com a adequação do sinal elétrico da saída do sensor com as

necessidades do bloco de processamento do sinal (bloco seguinte, terceiro bloco). Dentre esses condicionamentos podem-se citar: alteração de nível de sinal, linearização, conversão de grandezas, filtragem, casamento de impedância e isolamento (BRAGA, 2008).

O terceiro bloco (bloco de processamento de sinal) converte os sinais analógicos em sinais digitais e em seguida processa os sinais digitais para gerar dados de medição. De modo geral, o terceiro bloco é composto por duas etapas de funcionamento: o conversor analógico digital e o processador de dados. As informações contidas nos sinais elétricos, já condicionados, ao passarem por um conversor analógico-digital (A/D), são traduzidas para informações digitais (ZELENOVSK, 2007, p.356). Uma vez obtida a representação numérica na saída do conversor A/D, a mesma deve ser processada, de modo a permitir a sua análise, armazenamento e apresentação. Esse processamento pode ser realizado por um computador externo ou por um processador dedicado. Em um computador o processamento pode ser executado utilizando um sistema operacional de uso comum, como o Windows ou Linux. Em algumas situações, utiliza-se softwares desenvolvidos para alguma utilização específica, através de linguagens de programação genéricas, como o C, C++, Visual Basic, etc, ou mesmo linguagens como o LabVIEW da National Instruments ou VEE da Agilent Technologies (BRAGA, 2008).

O quarto bloco, apresentação dos dados, representa a forma como esses dados são disponibilizados na tela do computador para que haja a interação do usuário com o sistema.

A adição da capacidade de transmissão (Tx) e recepção (Rx) de dados à arquitetura SAD, mostrada na Figura 1, resulta em uma arquitetura SATRD (sistema de aquisição, transmissão e recepção de dados), conforme mostrado na Figura 2. Um sistema SATRD é formado por dois subsistemas: o sistema de aquisição de dados conectado ao transmissor (SAD-Tx) e o sistema de aquisição de dados conectado ao receptor (SAD-Rx). Esses sistemas se comunicam através de um enlace de radiofrequência. A Figura 2 ilustra a arquitetura do sistema SATRD.

O sistema de aquisição de dados do transmissor (SAD-Tx) é composto pelos seguintes itens:

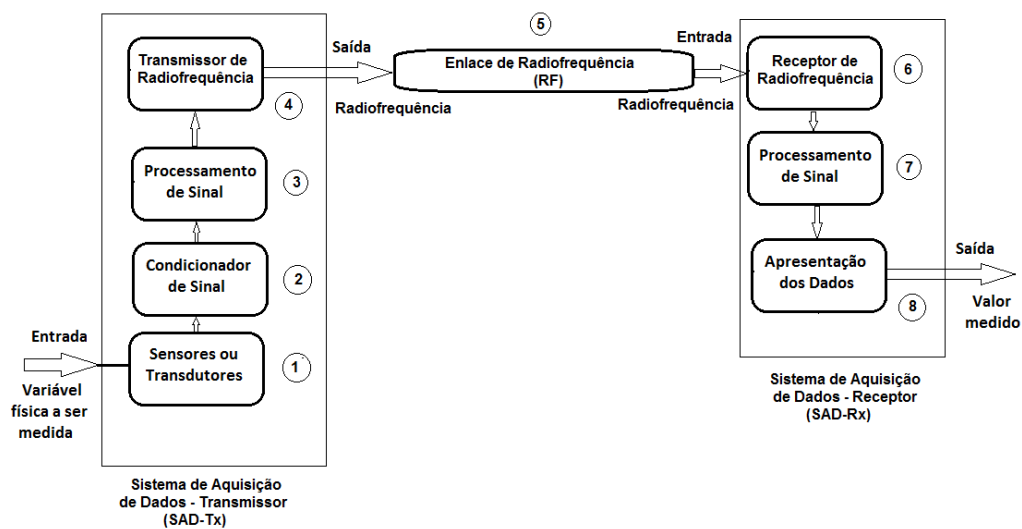
- 1 - sensores e transdutores (1),
- 2 - condicionador de sinal (2),
- 3 - processamento de sinal (3),
- 4 - transmissor de radiofrequência (4).

O sistema de aquisição de dados do receptor (SAD-Rx) é composto pelos seguintes itens:

- 1 – receptor de radiofrequência (6),
- 2 - processamento de sinal (7),
- 3 – apresentação de dados (8).

A conexão entre os dois sistemas acima é feita pelo transmissor (4) e o receptor (6), que se comunicam através de um enlace de radiofrequência (5).

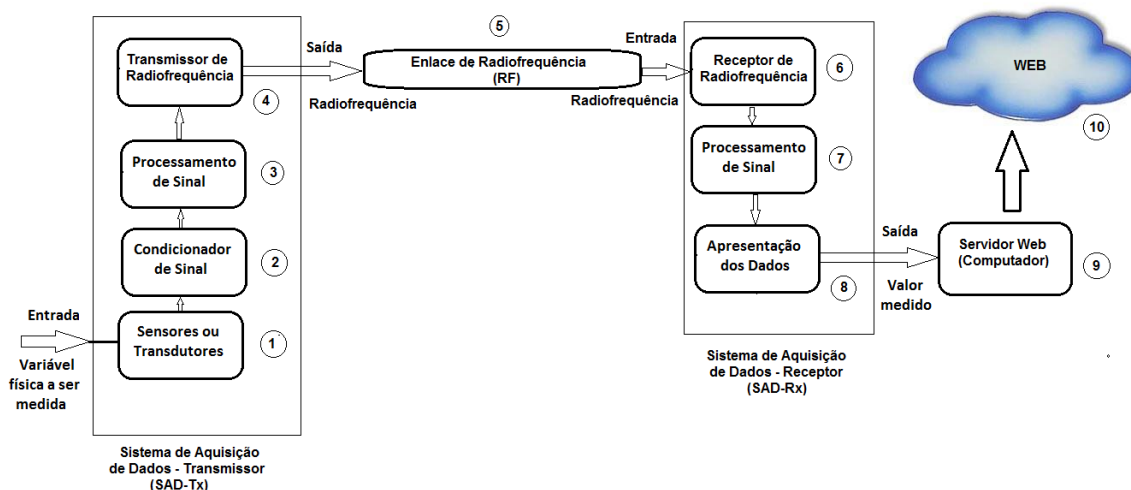
Figura 2- Diagrama em bloco de um sistema de aquisição, transmissão e recepção de dados (SATRD).



Conceitualmente, o sistema SATRD mostrado na Figura 2, pode ser expandido para a configuração mostrada na Figura 3, na qual os dados do sistema SATRD são disponibilizados na web, através da conexão da saída de dados (valores medidos) à um

computador (9) que se conecta a um servidor web. A transferência de dados entre esse computador e a web pode ser feita via protocolo FTP, HTTP, nuvem, etc, (10).

Figura 3 - Conexão do sistema de aquisição, transmissão e recepção de dados (SATRD) na Web.



3.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE INTERESSE PARA A AQUICULTURA

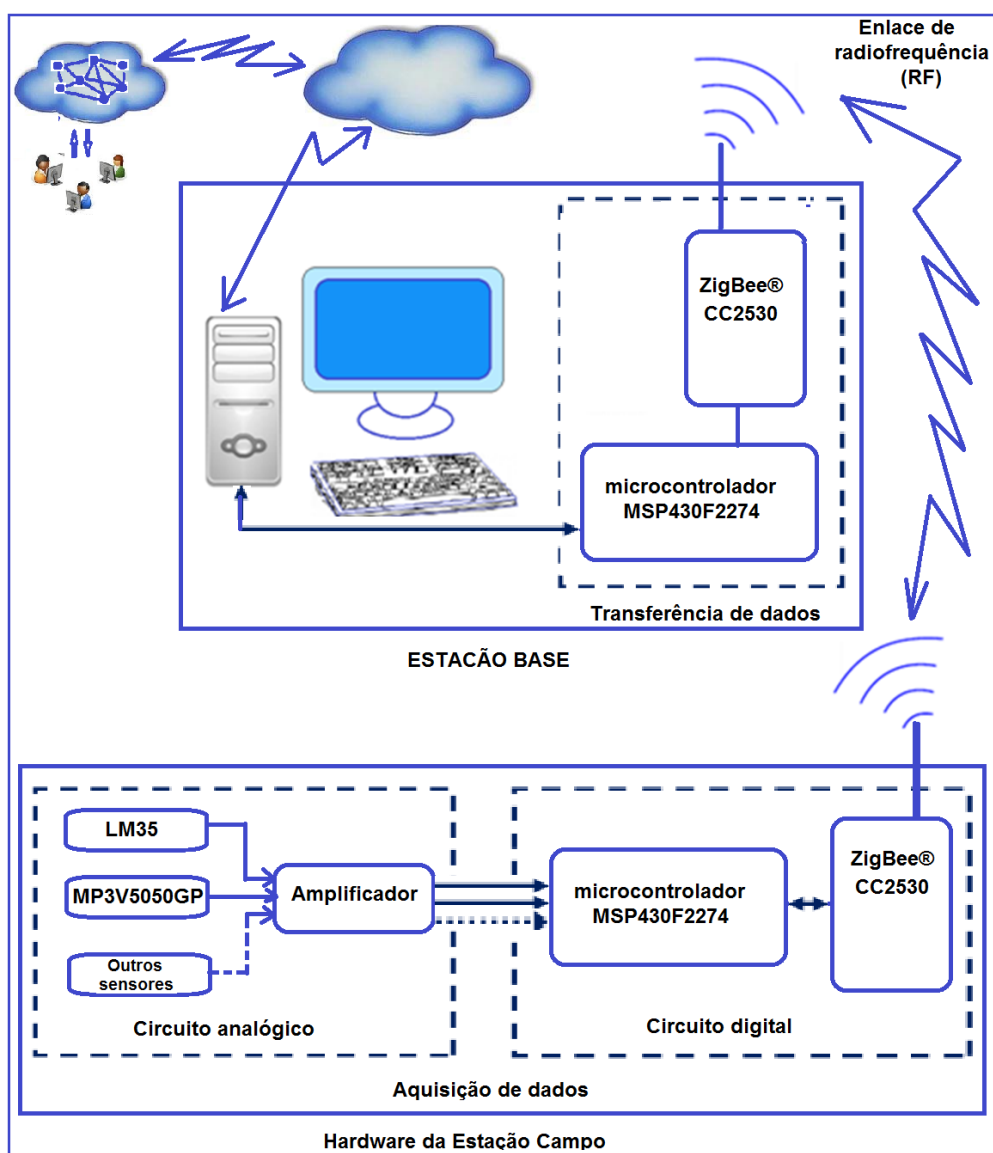
Na aquicultura existem alguns parâmetros, físico-químicos de interesse para o desenvolvimento desta atividade, dentre eles pode-se citar alguns desses parâmetros: temperatura, nível de água, PH, Oxigênio dissolvido, amônia e salinidade. Neste trabalho foram utilizados os parâmetros de temperatura e de pressão, este último como uma forma indireta de medir o nível de água. Parâmetros químicos não foram utilizados.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 VISÃO GERAL DO PROTÓTIPO DE UM SISTEMA PARA AQUISIÇÃO, RECEPÇÃO E TRANSMISSÃO DE DADOS

A Figura 4 mostra a visão geral do sistema de aquisição, recepção e transmissão de dados (SARTD) desenvolvido neste trabalho.

Figura 4 - Diagrama de blocos do sistema de aquisição e transmissão de dados (SARTD.)



Esse sistema abrange as etapas de aquisição, recepção e transmissão de dados e é composto por dois módulos principais distintos. O primeiro módulo é relativo à ‘Estação Campo’, onde grandezas físicas do ambiente são transformadas em sinais elétricos para medição, convertidas em formato digital para processamento e análise, e posteriormente, em forma de dados, transmitidos via radiofrequência para o outro módulo principal, denominado de ‘Estação Base’.

O módulo da estação campo foi subdividido em dois outros sub-módulos, um relativo ao circuito analógico e o outro ao circuito digital. A parte analógica é composta pelos sensores e por amplificadores. A parte digital é composta pelos circuitos que envolvem o microcontrolador MSP430 e o módulo transceptor ‘CC2530 ZigBee®’. Os sensores utilizados foram o sensor de temperatura LM35 e o sensor de pressão MP3V5050GP. Para o circuito de amplificação foi utilizado o CI amplificador operacional LM358. Os sinais de saída dos sensores têm valores baixos, por isso é preciso amplificá-los para que se aumente a resolução no conversor analógico-digital.

Os sinais elétricos analógicos, amplificados são enviados para o microcontrolador MSP430 para digitalização e processamento. Na sequência esses sinais processados, na estação campo são transmitidos pelo módulo transceptor ‘CC2530 ZigBee®’, via radiofrequência, para o outro módulo ‘CC2530 ZigBee®’ da estação base. Assim, o processo de aquisição de dados, propriamente dito, é realizado pelo *‘hardware’* da estação campo.

Na estação base, as informações em forma de dados proveniente da estação campo, são captadas pelo módulo transceptor ‘CC2530 ZigBee®’, que neste momento funciona como receptor de sinal. Após processamento no microcontrolador MSP430, o sinal digitalizado é entregue ao computador. Esse processo é denominado de transferência de dados.

No computador os dados são armazenados através softwares apropriados, processados e posteriormente disponibilizados em um servidor, para acesso via web.

4.2 APRESENTAÇÕES DA LINGUAGEM DE MODELAGEM DE SISTEMA (SYSML) E DO ‘SISTEMA PEREQUÊ’

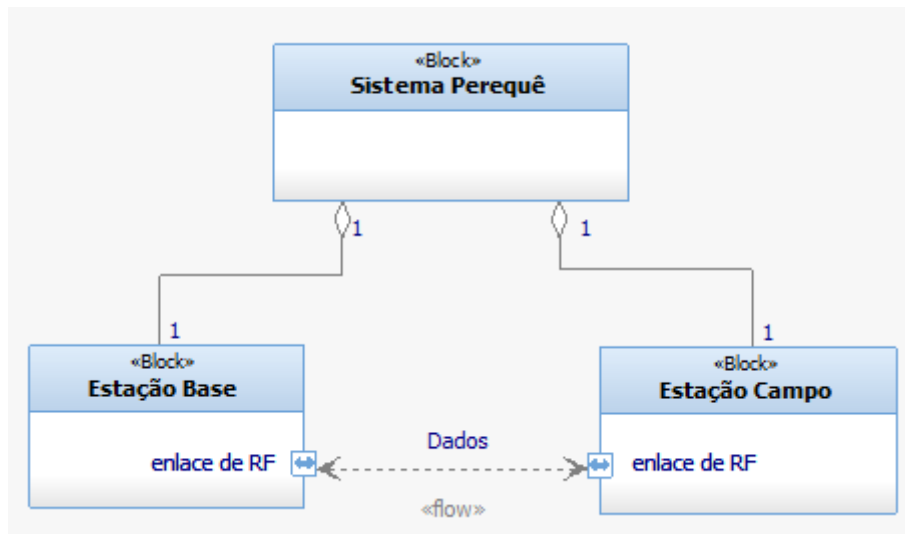
Com o objetivo de permitir a análise mais aprofundada das possibilidades de desenvolvimento desse sistema de aquisição, recepção e transmissão de dados (SARTD) foi acrescentado uma abordagem segundo a linguagem de desenvolvimento de sistema ‘SysML’ (*System Modeling Language*), que é uma linguagem criada como técnica auxiliar da engenharia de sistemas. Existem variadas formas de se implementar um sistema de aquisição de dados, assim, o desenvolvimento de sistemas baseados na linguagem ‘SysML’, pode flexibilizar a escolha dos componentes a serem utilizados em partes do projeto. Nesta metodologia utiliza-se o conceito de blocos funcionais que representam funções parciais, desenvolvidas no sistema.

Neste trabalho foi utilizada como campo de observação a área do mangue do Perequê, localizada no Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná (CEM/UFPR), situada em Pontal do Sul; Paraná. Daí a razão da denominação desse sistema de aquisição de dados como ‘*sistema perequê*’.

As Figura 5, Figura 6 e Figura 7, mostram a descrição estrutural do protótipo do sistema para aquisição, recepção e transmissão de dados, denominado de ‘*Sistema Perequê*’. As representações estruturais e funcionais estão descritas segundo a linguagem ‘SysML’.

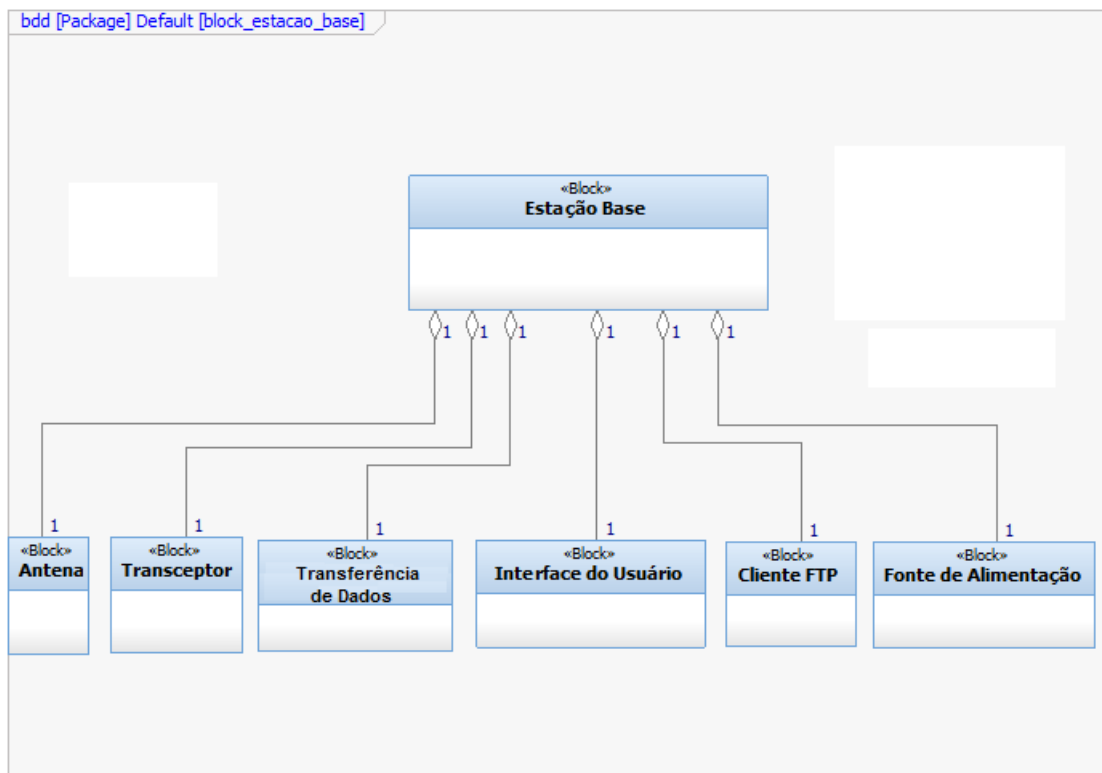
Conforme apresentado na Figura 5 o sistema para aquisição, recepção e transmissão de dados, ‘*Sistema Perequê*’ é composto por dois módulos distintos: a Estação Base e a Estação Campo. A estação campo tem como funcionalidade, a medição das grandezas físico-químicas do ambiente, e a transmissão dos valores medidos, via radiofrequência, para a estação Base. A estação Base tem como funcionalidade, a recepção via rádio frequência dos valores medidos enviados pela Estação Campo, a apresentação dos dados ao usuário, e a disponibilização dos dados recebidos na nuvem da WEB. A troca de dados entre a estação campo e a estação base, é implementada por um fluxo de dados que fisicamente é formado por portas que estabelecem um enlace de radiofrequência.

Figura 5- Representação em 'SysML' dos principais componentes do sistema.



A Figura 6 mostra a composição do módulo estação base, a partir do agrupamento de submódulos por agrupamento em blocos funcionais.

Figura 6 – Representação em SysML dos blocos funcionais da Estação Base.



Blocos Funcionais da Estação Base:

Antena: Dispositivo irradiador e receptor de sinais de radiofrequência.

Transceptor: Transmite e recebe sinais de radiofrequência.

Transferência de Dados: Dispositivo que captura os dados recebidos pelo transceptor e processa-os digitalmente.

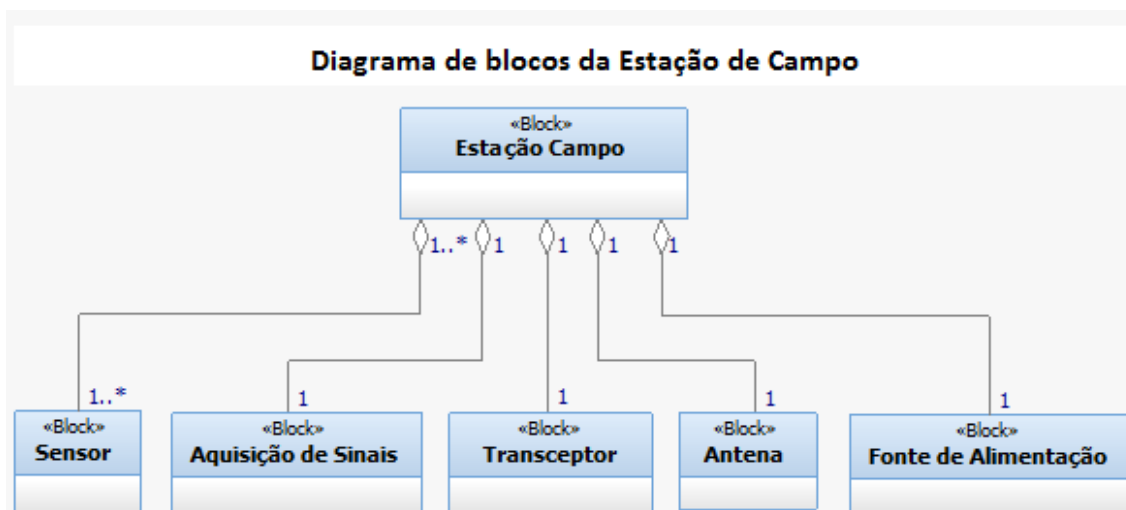
Interface do Usuário: Computador onde o usuário pode monitorar e intervir no sistema de transferência de dados.

Cliente FTP: Servidor de hospedagem onde estão armazenadas as cópias de todos os dados medidos, que podem ser acessados via internet.

Fonte de Alimentação: Fornece a energia elétrica necessária ao funcionamento do sistema.

A Figura 7 mostra a composição do módulo estação campo, através de blocos funcionais do módulo estação campo.

Figura 7 – Representação em ‘SysML’ dos blocos que compõe a Estação de Campo.



Blocos Funcionais da Estação Campo:

Sensores (multiplicidade: 1..*): Sensores que medem grandezas físico-químicas e as convertem em sinais elétricos analógicos ou digitais.

Aquisição de sinais: Converte os sinais elétricos analógicos provenientes dos sensores, em sinais correspondentes digitalizados.

Transceptor: Transmite e recebe sinais de radiofrequência.

Antena: Dispositivo irradiador e receptor de sinais de radiofrequência.

Fonte de Alimentação: Fornece a energia elétrica necessária ao funcionamento do sistema.

Visando a implementação da arquitetura especificada na visão geral do protótipo, o desenvolvimento do trabalho foi dividido em cinco etapas:

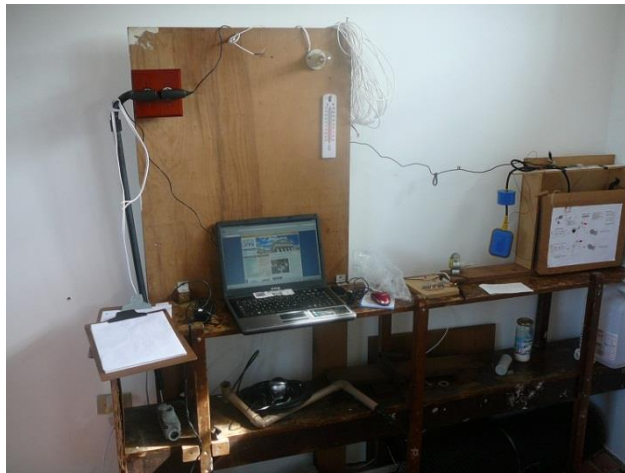
- 1- A primeira delas foi a pesquisa e o desenvolvimento de um hardware capaz de adquirir e transmitir os dados físicos de forma eficiente e econômica.
- 2- Na segunda etapa, foi pesquisado e selecionado um software capaz de trabalhar com os dados adquiridos e apresentá-los em tempo real via web.
- 3- A terceira etapa consistiu de testes em laboratório para verificar o funcionamento do sistema.
- 4- A quarta etapa consistiu em testes em campo para verificar a aplicabilidade do sistema.
- 5- Na quinta etapa buscou-se uma forma de organizar e disponibilizar os dados em um ambiente virtual.

O detalhamento de cada etapa é apresentado nos subtópicos 4.3 à 4.6.

4.3 DESENVOLVIMENTO E DEFINIÇÃO DO HARDWARE

No ano de 2010 foi executada, no Laboratório provisório do Curso de Aquicultura, Figura 8, localizado no CENTRO DE ESTUDOS DO MAR (CEM/UFPR), Pontal do Paraná – Paraná, uma pesquisa cujo objetivo era converter o sinal analógico oriundo de um sensor de temperatura, em um sinal digital capaz de ser processado em sistemas informatizados. A motivação dessa pesquisa foi a necessidade de monitoramento das temperaturas dos tanques de cultivo do laboratório. Para tanto, foi executada uma revisão do estado da arte, referente à conversão analógico-digital de sinais, a qual foi aproveitada no processo de desenvolvimento e definição de hardware do presente trabalho.

Figura 8 - Bancada de trabalho do laboratório provisório do curso de aquicultura.



Na pesquisa executada em 2010, para a composição do sistema de medição de temperatura foi selecionado e utilizado o sensor de temperatura LM35, Figura 48. Para a conversão do sinal analógico em digital, foi selecionado o conversor analógico-digital ADC0808, Figura 52, que tem resolução de 8 bits com 8 canais multiplexados. O controle do conversor analógico digital e a leitura dos dados oriundos do conversor deveriam ser executados pela porta paralela de um desktop.

No atual estado da arte, identificou-se que o sensor de temperatura LM35 é bastante utilizado devido a sua confiabilidade, seu baixo custo e sua praticidade promovida pelo fato da tensão de saída ser uma função linear da temperatura medida. Também se identificou que o conversor analógico digital ADC0808 era uma solução tecnológica obsoleta. Dessa forma, para o desenvolvimento do presente trabalho, foi adotada uma tecnologia baseada em microcontroladores que já possuem conversor analógico digital integrado dentro da arquitetura do próprio microcontrolador.

4.3.1 Microcontroladores

A tecnologia dos microcontroladores constitui-se em um significativo avanço tecnológico, especialmente no que se refere ao processamento de sinais, aquisição e processamento de dados, automação e controle. Um microcontrolador é basicamente um computador integrado dentro de um *'chip'*, circuito integrado, que contém processador,

memória e periféricos de entrada/saída. Comparativamente aos microprocessadores utilizados em computadores, este componente pode ser programado para executar funções específicas e são imbutidos dentro de algum dispositivo, embarcados, de modo a controlar funções ou executar ações específicas. Além dos componentes lógicos e aritméticos encontrados em um microprocessador, o microcontrolador possui alguns elementos internos na sua estrutura, como memória de leitura e escrita para armazenamento de dados, memória somente de leitura para armazenamento de programa (*firmware*), EEPROM que é um tipo de memória para armazenamento permanente de dados, conversores analógico/digital (ADC), eventualmente conversores digitais/analógicos (DAC) e interfaces de entrada e saída de dados. O microcontrolador escolhido para o desenvolvimento deste projeto foi da série MSP430, Figura 56, fabricado pela *Texas Instruments*. (Texas Instruments. Datasheet MSP430, 2011).

4.3.2 Ferramentas para desenvolvimento de projetos com microcontroladores

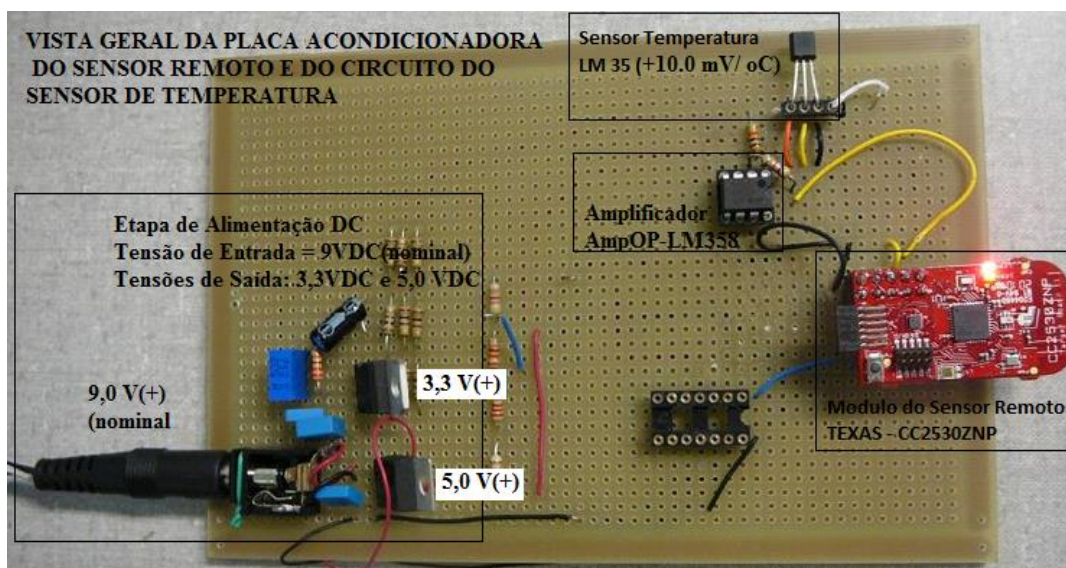
Nesta pesquisa optou-se pela utilização de ferramentas para desenvolvimento de projetos com microcontroladores, utilizando placas eletrônicas que disponibilizam os circuitos periféricos necessários para a programação e funcionamento dos microcontroladores. O conjunto de recursos fornecidos pelas ferramentas de desenvolvimento facilita o desenvolvimento de projetos, pois não é necessária a implementação dos circuitos periféricos básicos necessários para interfaceamento com o microcontrolador.

Para esta pesquisa utilizaram-se ferramentas de desenvolvimento baseadas na série de microcontroladores ‘MSP430’ da ‘*Texas Instruments*’, os quais apresentam um baixo consumo de energia e alto desempenho. Foram testados dois modelos de ferramentas de desenvolvimento da Texas Instruments. Numa primeira fase da pesquisa utilizou-se o ‘*Módulo CC2530ZNP, ZigBee®*’, Figura 57 e na fase final da pesquisa utilizou-se o módulo ‘*LaunchPad*’, Figura 58, integrado ao módulo de comunicação ‘*BoosterPack*’, Figura 59.

4.3.3 Desenvolvimento de projeto com a ferramenta Texas ‘Módulo CC2530ZNP, ZigBee®’.

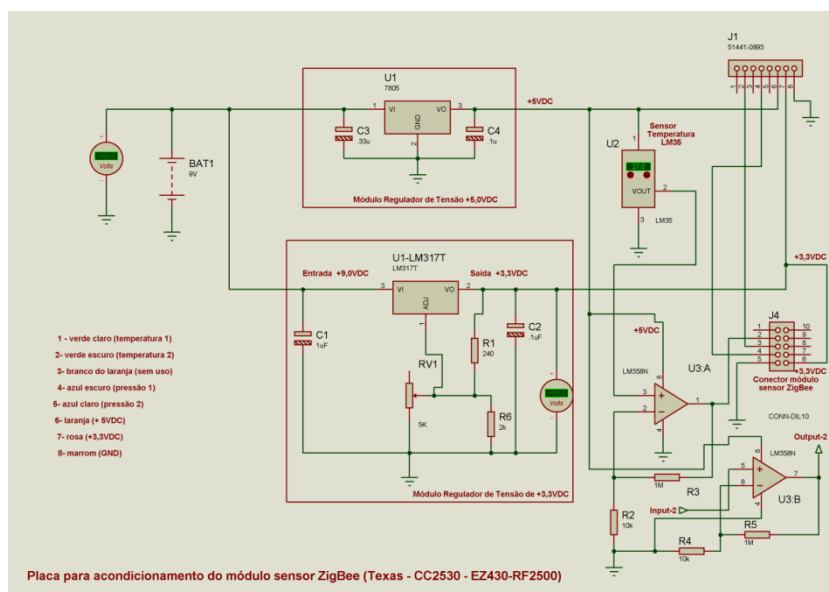
Na fase inicial da pesquisa foi utilizada a ferramenta de desenvolvimento Texas, ‘Módulo CC2530ZNP, ZigBee®’, Figura 57 juntamente com o sensor de temperatura LM35, Figura 48. Para acondicionar o ‘Módulo CC2530ZNP, ZigBee®’ e o sensor LM35 foi necessário desenvolver uma placa acondicionadora para prover alimentação DC de 3,3VDC para o ‘Módulo CC2530ZNP, ZigBee®’ e de 5VDC, para o LM35 e o amplificador operacional LM358, Figura 9. A Figura 10 mostra o diagrama esquemático do circuito da placa acondicionadora.

Figura 9 - Placa acondicionadora do sensor remoto e do circuito do sensor de temperatura.



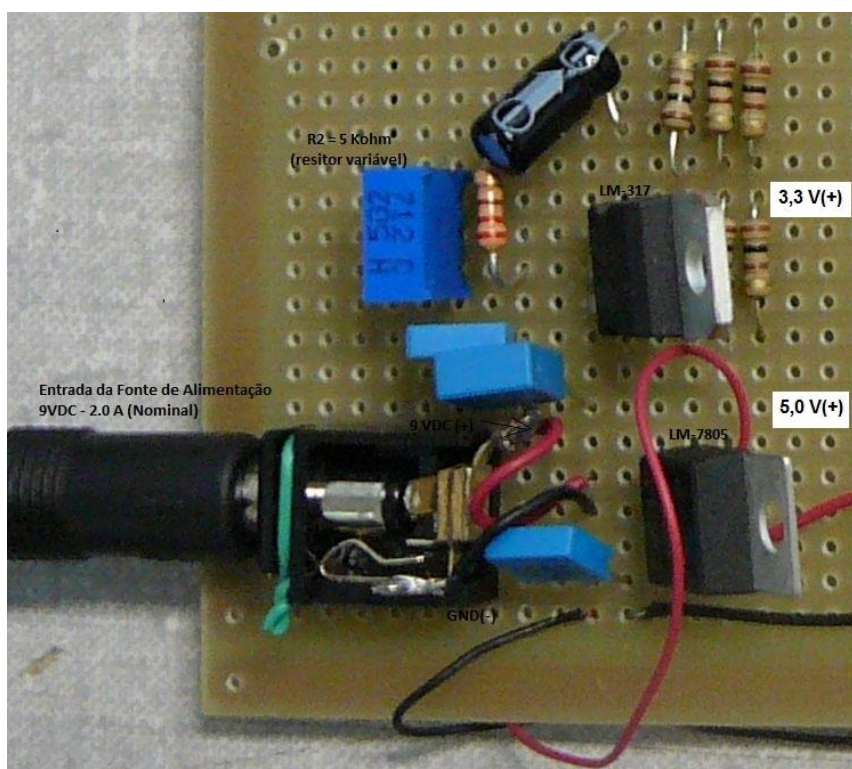
Através de uma fonte DC de 9VDC-2A (nominal), utilizou-se circuitos estabilizadores de tensão com os circuitos integrados 7805, Figura 53, para prover a tensão de 5VDC e o CI regulador de tensão ajustável, LM317, Figura 54, para o circuito de fonte ajustável com o valor de 3,3VDC, Figura 11.

Figura 10 - Diagrama esquemático da placa condicionadora do módulo sensor e do sensor de temperatura.



Observação: Para melhor adequação do projeto e evitar saturação do amplificador as resistências R3 e R5 tiveram seus valores alterados de 1M para 47K.

Figura 11 - Detalhe da alimentação de energia DC – Entrada de tensão de 9VDC – 2.0A (nominal); Saídas: 5VDC e 3,3VDC.



Devido ao sinal fornecido na saída do sensor de temperatura ter um valor de tensão baixo, foi necessário desenvolver um circuito amplificador com o circuito

integrado LM358, obtendo-se um ganho de sinal de 5,7; Figura 55. O objetivo dessa amplificação foi de compensar o valor baixo na saída dos sensores, através da amplificação do sinal, obtendo-se assim, um aumento na resolução do conversor analógico-digital, o que proporciona maior precisão na leitura da medida de temperatura, fornecida pelo módulo sensor ‘CC2530ZNP, ZigBee®’. A faixa de temperaturas para medição foi situada através do ganho de sinal, para temperatura mínima de leitura de 0°C e temperatura máxima de leitura de 50°C. Essa faixa de temperatura corresponde a uma faixa de tensão de 0,0 Volts a 2,85 Volts.

4.3.4 Cálculo do Ganho

Valores de resistores usados no projeto:

$$R1 = 10K$$

$$R2 = 47K$$

$$\text{Ganho} = 1 + (R2/R1) = 1 + (47K/10K) = 5,7 \rightarrow \text{Ganho} = 5,7$$

4.3.5 Módulo Sensor e Módulo de Controle (Texas CC2530ZNP)

O sinal de saída do sensor de temperatura LM35 é amplificado através do circuito do AmpOp LM358, que proporciona um ganho de 5,7. Esse sinal amplificado vai para uma das entradas do módulo sensor ‘CC2530ZNP, ZigBee®’, *Figura 12*, sendo então transmitido, via radiofrequência (RF) para o módulo de controle ‘CC2530ZNP, ZigBee®’, conectado ao computador (laptop), *Figura 13*.

Figura 12 - Detalhe do módulo sensor CC2530ZNP.

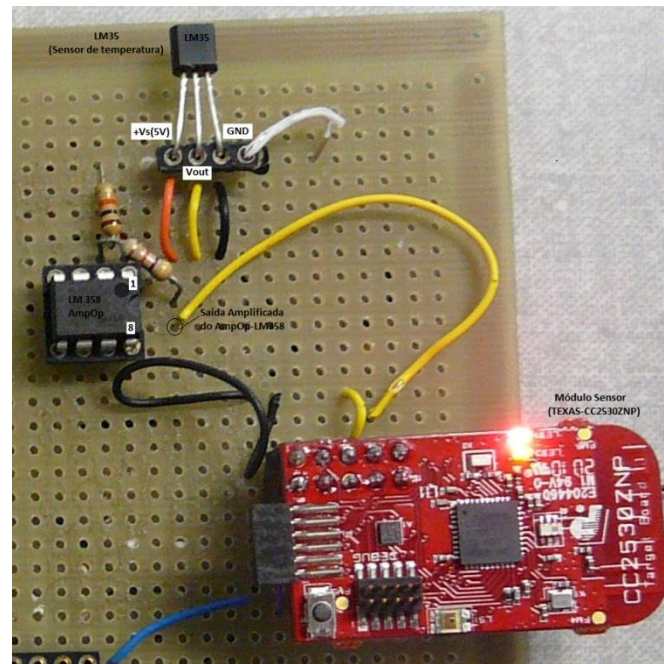
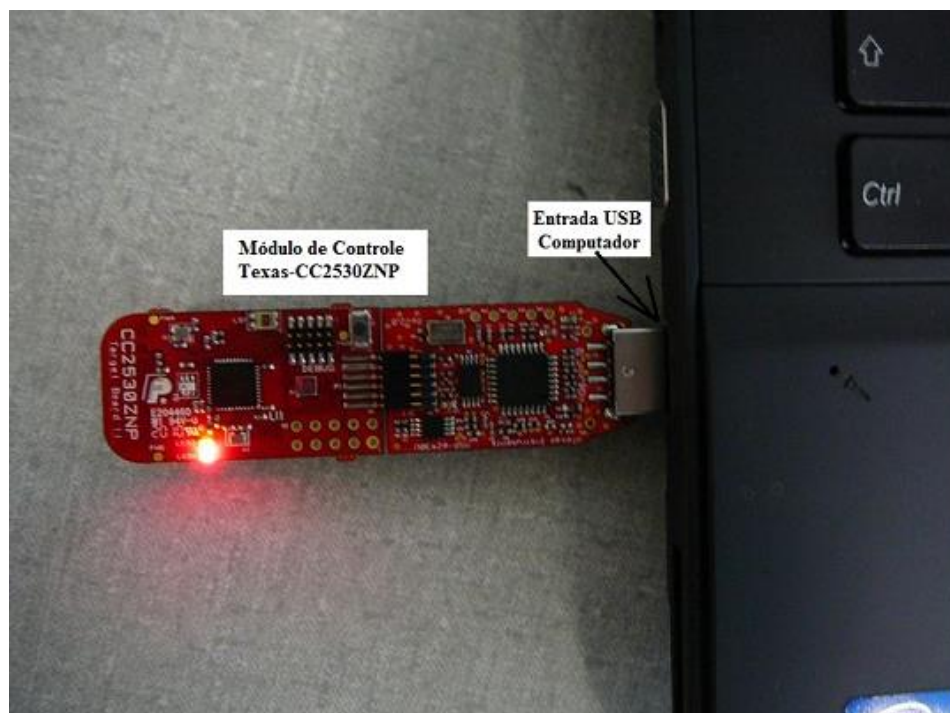


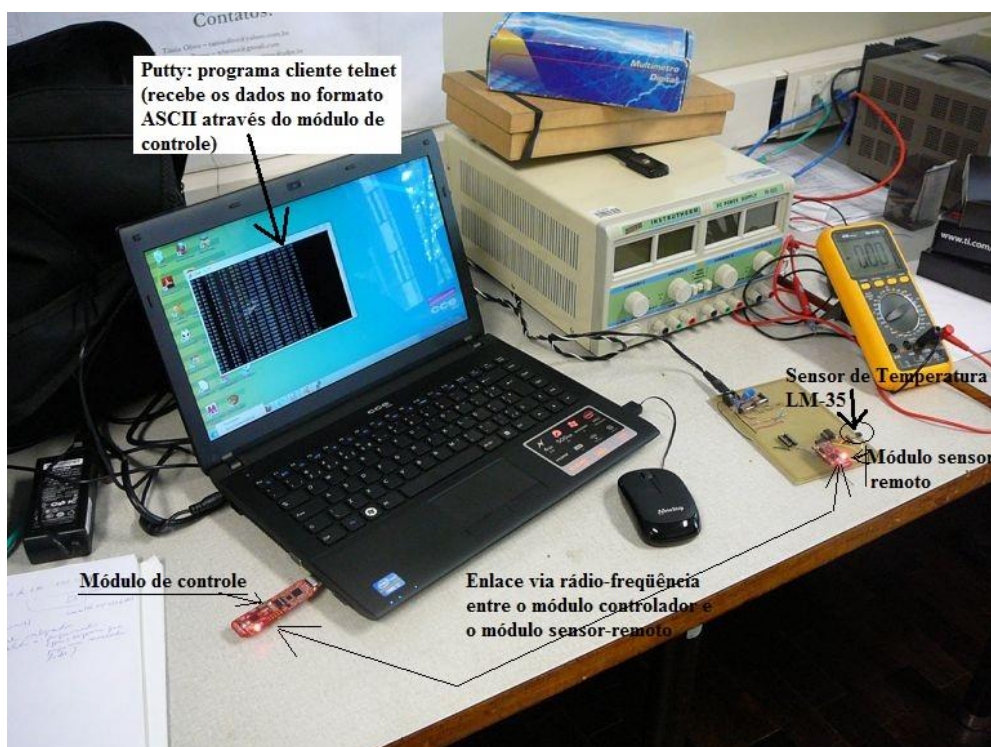
Figura 13 - Detalhe de ligação do módulo de controle CC2530ZNP.



4.3.6 Arranjo do sistema de aquisição de dados utilizando o kit com os módulos ‘CC2530ZNP, ZigBee®’

A Figura 14, mostra o arranjo do sistema de aquisição de dados utilizando a ferramenta de desenvolvimento ‘Módulo CC2530ZNP, ZigBee®’. Na placa condicionadora de circuitos, o sinal elétrico na saída do sensor de temperatura LM35 é amplificado e aplicado em uma das entradas do módulo sensor ‘CC2530ZNP, ZigBee®’, que após digitalização do mesmo, transmite via radiofrequência os dados digitalizados para o módulo de controle CC2530ZNP, ZigBee®, conectado em uma entrada USB do computador (laptop). Esse sinal que chega ao computador é lido e armazenado pelo programa ‘Putty’.

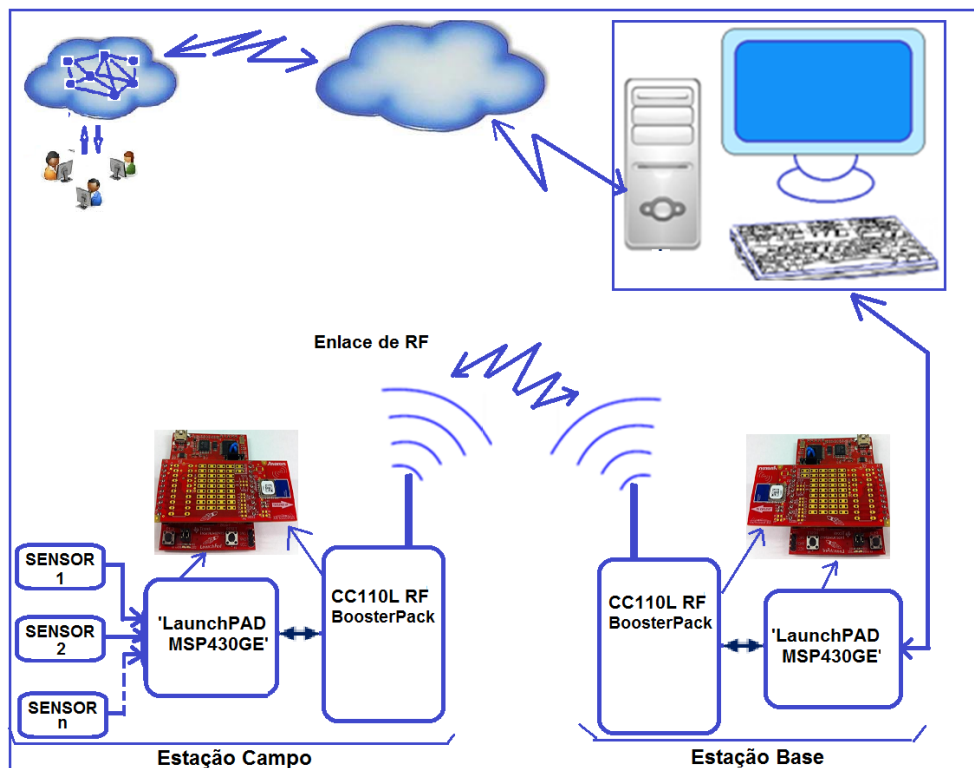
Figura 14 - Vista geral do arranjo para o sistema de aquisição de dados.



4.3.7 Desenvolvimento de projeto com a ferramenta ‘LaunchPad MSP430’ e ‘BoosterPack’

A ferramenta de desenvolvimento ‘LaunchPad MSP430’ foi utilizada, como uma das alternativas, para implementação dos blocos funcionais aquisição de sinais e de transferência de dados, Figura 7 e Figura 6, respectivamente. Essa ferramenta apresenta vantagens de possuir um alto desempenho, e também, um custo baixo. Para comunicação foi utilizado o kit de comunicação ‘CC110L RF BoosterPack’ integrado a placa de desenvolvimento ‘LaunchPadMSP-EXP430GE’. Essa configuração, quando devidamente programada, permite que os dados obtidos através de sensores distantes possam ser transmitidos a um computador central que recebe esses dados no formato ASCII e através de programas de computadores apropriados disponibiliza esses dados na rede mundial de computadores – “WEB”. A Figura 15 mostra um diagrama dessa configuração de sistema para aquisição de dados.

Figura 15- Sistema de aquisição de dados utilizando um conjunto de módulos de comunicação ‘CC110L RF BoosterPack’ integrado ao módulo ‘LaunchPad’.



4.3.8 Possibilidade de uso de outros sensores

Como o sistema disponibiliza várias entradas analógicas, além da entrada utilizada pelo sensor de temperatura foram ligados um sensor de pressão, Figura e um painel solar, Figura 51, para demonstrar a possibilidade de utilização das outras entradas do sistema.

4.3.8.1 Sensor de pressão e painel solar

Utilizou-se um sensor de pressão, Figura 49 da 'FreescaleSemiconductor', modelo MP3V5050, com faixa de atuação de 0 à 50kPa (0 à 7,25 psi) e saída de tensão correspondente de 0,06 à 2,82 volts. As tensões de alimentação permitidas para este sensor de pressão são: tensão mínima = 2,7 V, tensão típica = 3,0 V e tensão máxima = 3,3 V. (Freescale Semiconductor. Datasheet MP3V5050 - Integrated Silicon Pressure Sensor, 2009).

Foi utilizado um painel solar que proporciona geração de energia com variação de 0 à 6,0 Volts. Dimensões: 110 x 95 mm. Características elétricas: 6V/ 200mA, Figura 51.

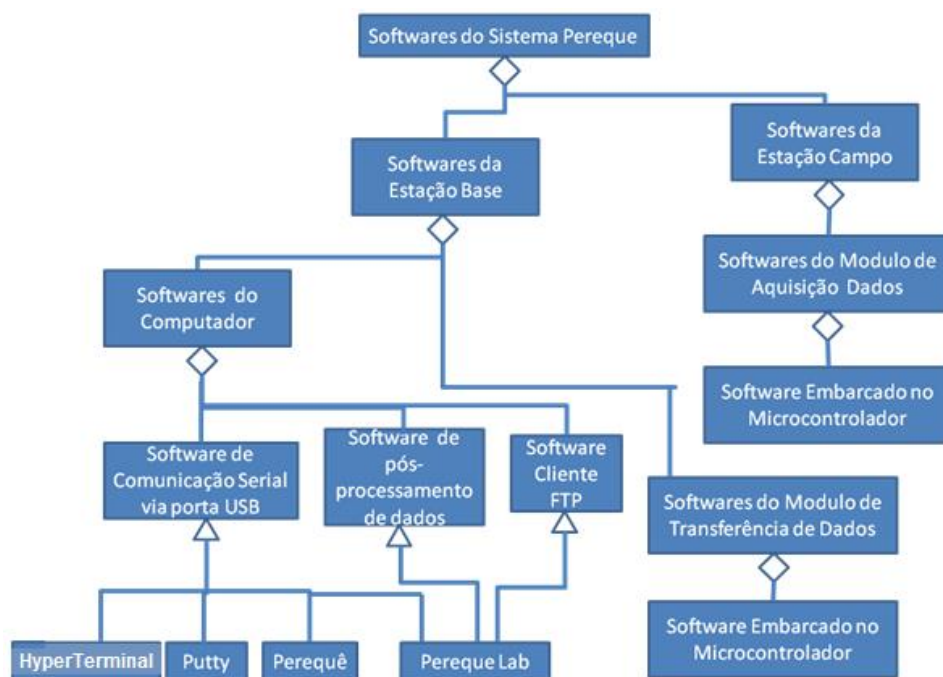
4.4 PESQUISA E SELEÇÃO DE 'SOFTWARE' PARA TRABALHAR COM OS DADOS ADQUIRIDOS E APRESENTÁ-LO EM TEMPO REAL NA WEB

4.4.1 Visão geral dos softwares utilizados no protótipo do sistema para aquisição, transmissão e recepção de dados (STRAD)

A pesquisa de softwares utilizados e desenvolvidos para compor o protótipo de aquisição e transmissão de dados foi desenvolvida acompanhando as necessidades surgidas com a integração dos hardwares dos protótipos. Para organizar essas informações foi utilizada a representação estrutural e funcional, descritas segundo a linguagem 'SysML' (*System Modeling Language*). A Figura 16 mostra a descrição

estrutural dos softwares utilizados no desenvolvimento deste sistema de aquisição, transmissão e recepção de dados, denominado de ‘*Softwares do Sistema Perequê*’.

Figura 16 - Representação em linguagem ‘SysML’ dos blocos que compõe a arquitetura de softwares que fizeram parte do protótipo.



Os softwares que fizeram parte da arquitetura do protótipo ao longo do desenvolvimento são apresentados no diagrama de definição de blocos, segundo a linguagem ‘*SysML*’ (*System Modeling Language*), Figura 16. As linhas que se iniciam com um losango indicam que o bloco da outra ponta da linha é um componente desse primeiro bloco. A linha iniciada com um triângulo indica que o bloco da outra ponta desta linha é uma especialização, ou seja, representa uma das alternativas que pode implementar as características do bloco que antecede ao triângulo.

Segundo o diagrama mostrado na Figura 16, os softwares que compõe o sistema perequê, estão alocados na estação base e na estação campo. Na estação campo o componente que necessita de software é o módulo de aquisição de dados, o qual recebe um software embarcado no microcontrolador desse módulo. Na estação base, os componentes que necessitam de softwares são o computador e o módulo de transferência de dados. O módulo da transferência de dados recebe um software que é embarcado no microcontrolador do módulo. No computador são utilizados três tipos de

softwares: um software para executar comunicação serial via porta USB, um software de pós-processamento de dados e um software cliente FTP.

4.4.2 Softwares utilizados no computador

Para implementação da funcionalidade de comunicação serial via porta USB foram testados, inicialmente, 3 softwares dedicados a essa funcionalidade: HyperTerminal, Putty e Perequê. Com o desenvolvimento do sistema foi testada como alternativa aos três programas anteriores, o programa PerequeLab, o qual integra dentro dele as funcionalidades dos três tipos de software necessários ao computador: comunicação porta USB, Pós-processamento de dados e cliente FTP.

HyperTerminal: é um programa proprietário disponível nas versões do Windows 95 até o Windows XP. O HyperTerminal foi lançado em 1985 e até 1995 era chamado de Terminal, inicialmente permitia a conexão do computador para outro usuário. Com o lançamento do Windows 95, em 1995, passou a ser denominado de HyperTerminal, fazendo parte de uma parceria entre a Hilgraeve e a Microsoft, quando foi disponibilizado novos recursos, entre eles a criação de um servidor. No ano de 2007 com o lançamento do Windows Vista, o Hyperterminal deixou de ser incluído como parte dos Acessórios do Windows, ficando disponível apenas no site oficial da Hilgraeve. Inicialmente o desenvolvimento do protótipo foi feito em um computador que utilizava o sistema operacional Windows XP e o programa HyperTerminal para comunicação com a porta serial.

Putty: é um software de emulação de terminal de código aberto (*'opensource'*), originalmente desenvolvido para o *'Microsoft Windows'* e disponibilizado para outros sistemas operacionais. Suporta acesso remoto via *'shell'*, conexão direta (*raw*), telnet e por porta serial. Este programa, também foi utilizado no desenvolvimento do protótipo para acesso a porta serial em um computador com o sistema operacional Windows7.

Perequê: é um programa escrito em C++ e que foi desenvolvido durante a execução deste trabalho para acesso a porta serial.

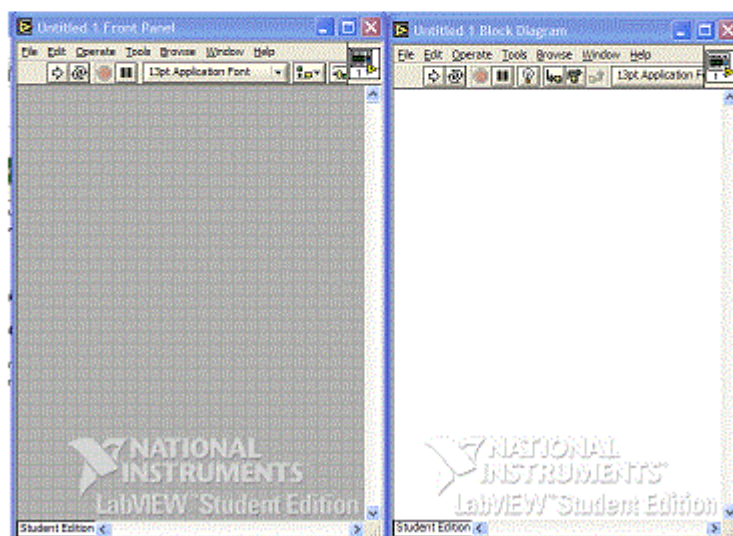
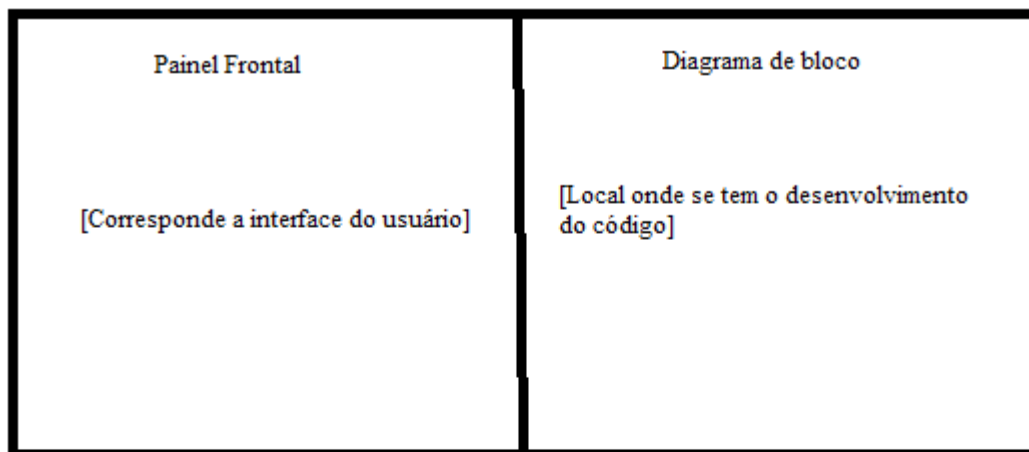
PerequeLab: O ‘*PerequeLab*’ é uma aplicação desenvolvida na plataforma LabVIEW® e integra dentro dele as funcionalidades dos três tipos de software necessários para o computador, mostrados no diagrama de blocos que compõe a arquitetura de softwares, figura 16. (Comunicação serial via porta USB, Pós-processamento de dados e Transferência de dados via cliente FTP).

LabVIEW®: O programa LabVIEW® (acrônimo de *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) é um ambiente de desenvolvimento gráfico desenvolvido pela ‘*National Instruments*’ (NI) que foi criado especialmente para engenheiros e cientistas desenvolverem aplicações de aquisição de dados, medições, teste e automação. As principais áreas de aplicação do LabVIEW® estão relacionadas com medições e automações. Permite através dessa linguagem gráfica (linguagem G) a elaboração de circuitos virtuais a serem simulados pelo programa, utilizando valores reais fornecidos por sensores externos ao programa. O sistema de programação é feito através de modelos de fluxo de dados, o que facilita o processo para aquisição de dados e manipulação dos mesmos. Programas em LABVIEW® são chamados de instrumentos virtuais, ou abreviadamente por, IVs. Existem duas partes básicas no programa, o painel frontal, onde fica a interface do usuário, e o diagrama de blocos, correspondente ao código gráfico do programa, Figura 17. O LABVIEW® não é processado por um interpretador, e sim compilado. Assim, pode ser considerado um programa de alto nível, em forma de linguagem gráfica, por isso chamada de “G”. (SOUZA, 2010).

Outro recurso importante do software LabVIEW® é que, a partir do desenvolvimento de projeto com este software proprietário, é possível gerar um programa executável que pode ser instalado livremente em qualquer computador, e que, funcionará de modo similar ao programa original, desde

que sejam mantidas as mesmas condições de hardware utilizados no projeto original.

Figura 17 - Labview (National Instruments), ilustração do painel frontal e diagrama de bloco.



4.4.3 Teste e seleção dos softwares no desenvolvimento do protótipo

Nas primeiras etapas da fase inicial de desenvolvimento do protótipo, utilizou-se como ferramenta de desenvolvimento o “*kit dos módulos CC2530 ZigBee®*”, Figura 57, que envolveram enfoques de teste do software embarcado com a comunicação serial via porta USB, sendo assim, foram identificados os softwares já existentes e distribuídos via internet que poderiam desempenhar essa função de comunicação, ou

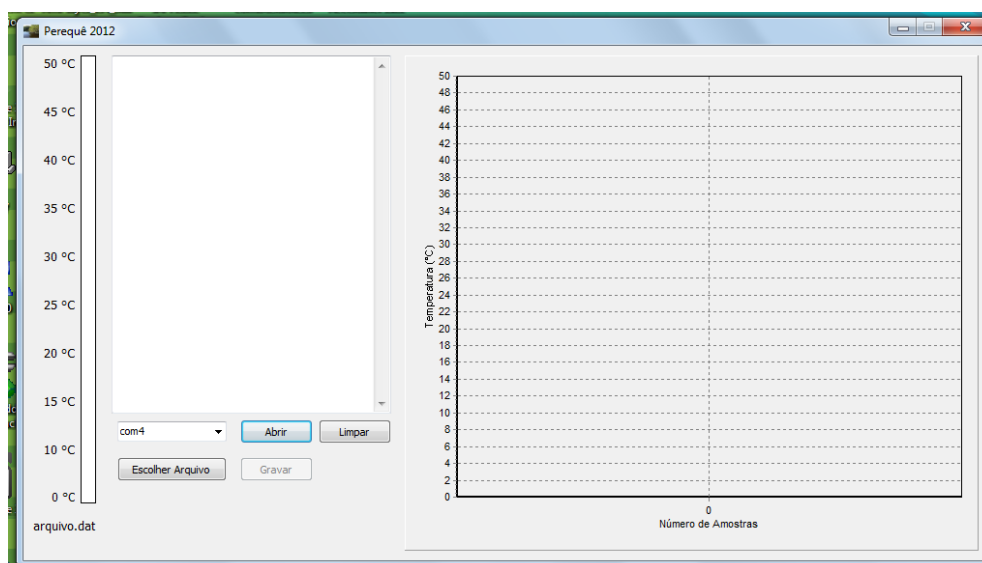
seja, de cliente ‘telnet’ que recebem os dados no formato ASCII através do módulo de controle do kit ‘Módulos CC2530ZNP, ZigBee®’ mencionado acima. Estes softwares são: o HyperTerminal para Windows XP e o Putty para o Windows 7, Figura 18.

Figura 18 - Vista do programa Putty na tela do computador.



O programa ‘Putty’ apresentou uma limitação em relação à indicação do momento da ocorrência dos eventos, ou seja, não disponibilizava a data e o horário do evento, fornecendo apenas os valores dos dados lidos. Para superar essa limitação foi desenvolvido em linguagem C++ um programa específico capaz de fornecer, além dos dados, o momento da ocorrência do evento, disponibilizando informações da data e do horário. Este programa foi denominado de ‘perequê’, Figura 19.

Figura 19 - Mascara do Programa Perequê.



Em laboratório, como parte do desenvolvimento do protótipo, visando identificar a qualidade dos valores medidos com “*kit CC2530 ZigBee®*” foram realizados testes de aquisição dos sinais dos sensores, utilizando o sistema profissional de aquisição de dados da ‘National Instruments’, composto por uma placa de aquisição de dados e pelo software LabVIEW®. A placa de aquisição de dados é instalada internamente ao corpo do computador ‘desktop’ e os sensores são conectados através de uma placa externa, Figura 20. A partir daí, passou-se a usar um sistema misto com a utilização do “*kit CC2530 ZigBee®*” e do sistema de aquisição de dados da ‘National Instruments’, Figura 21.

Figura 20 – Placa de ligação dos sensores - National Instruments

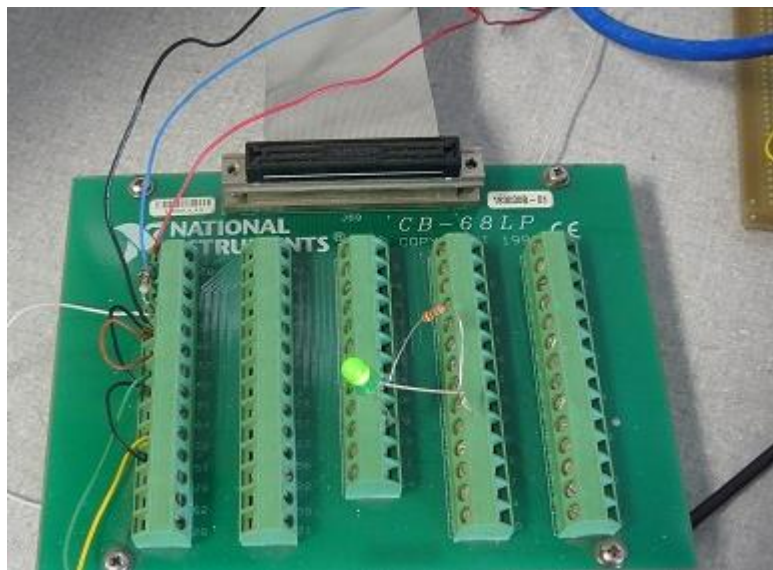
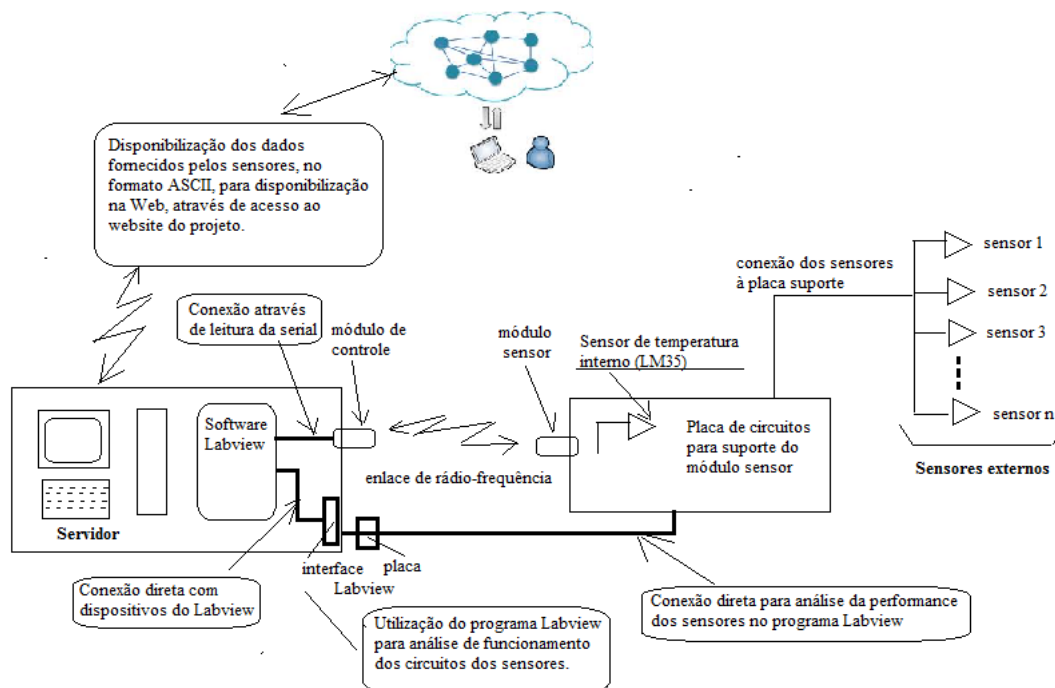


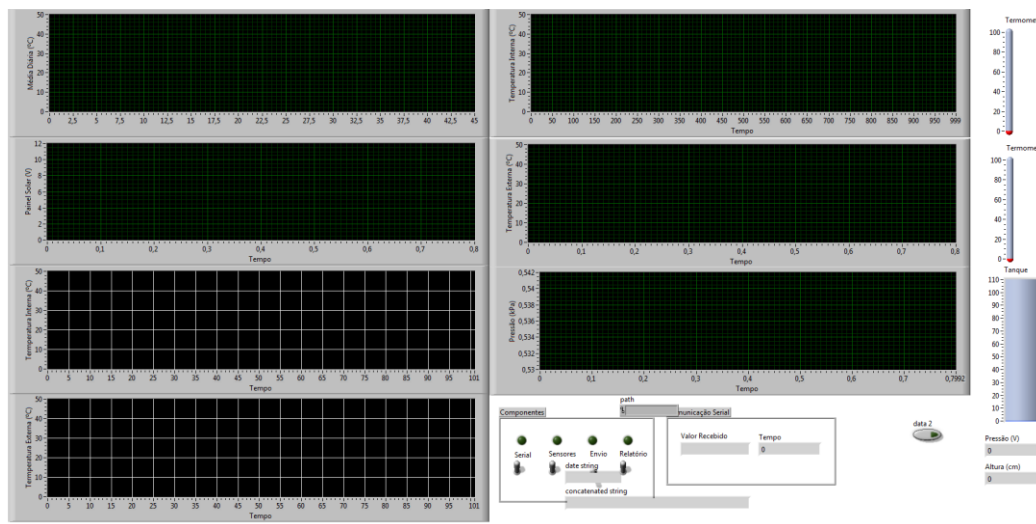
Figura 21 – Diagrama geral do sistema de aquisição e transmissão de dados, disponibilizados na WEB. Sistema misto com uso do “kit CC2530 ZigBee®” e do sistema de aquisição de dados da National Instruments.



Dando prosseguimento a integração das funcionalidades dos softwares do computador da estação base optou-se pela utilização do software LabVIEW® no desenvolvimento deste protótipo, pois o mesmo além de permitir a leitura de dados da

porta serial (USB) e o pós-processamento dos dados, também, permite o envio de arquivos por FTP para o servidor Web, e neste aspecto estava havendo dificuldades em se programar o envio desses arquivos por FTP para Web, usando o ambiente de desenvolvimento C++. Como resultado obteve-se a aplicação ‘PerequeLab’ cuja interface do usuário é mostrada na Figura 22.

Figura 22 - Interface do usuário do programa PerequeLab.



4.4.4 Programas utilizados para desenvolvimento de software dos microcontroladores

O desenvolvimento do software embarcado no módulo de aquisição de dados e de no módulo de transferência de dados foi feito no software IAR (Embedded Workbench) para a distribuição da família MSP430.

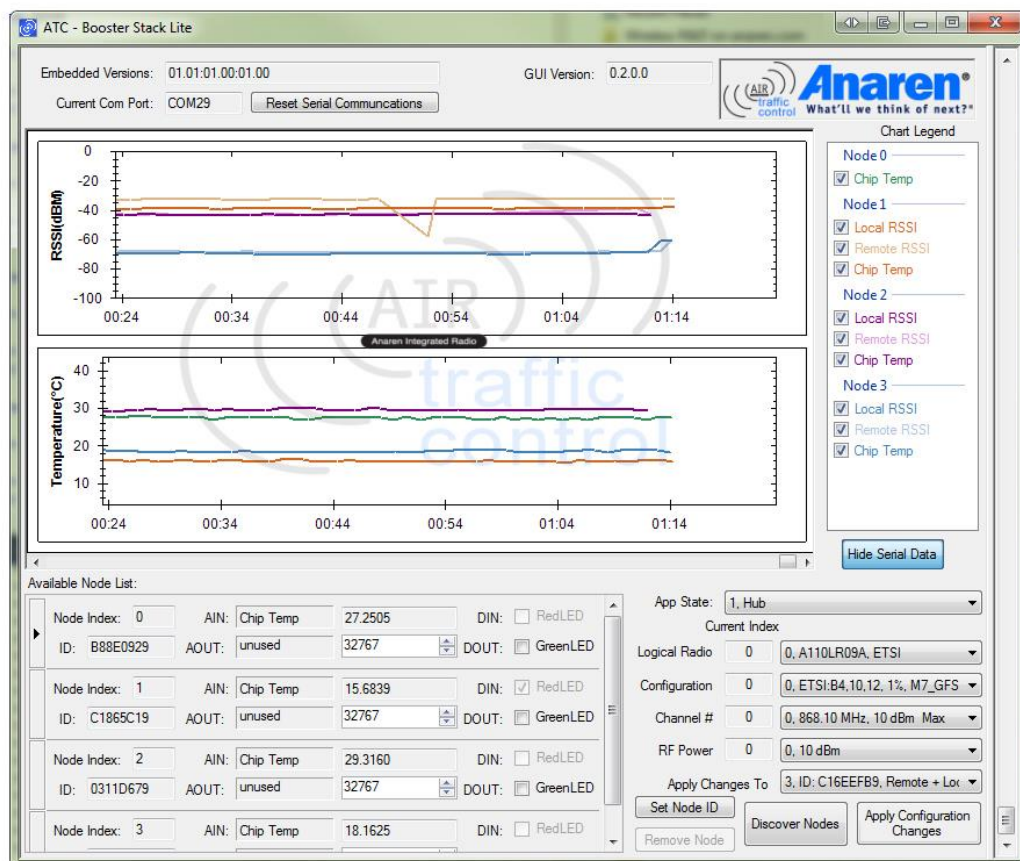
4.4.5 Programas para teste de comunicação de RF

Os testes de enlace de RF no protótipo composto pelo “kit CC2530 ZigBee®”, não necessitaram de nenhum software de teste adicional ao software que foi embarcado dentro dos módulos de aquisição de dados e de transferência de dados.

Para o teste de enlace de RF utilizando o conjunto formado pelo kit de comunicação composto pelo módulo de desenvolvimento ‘LaunchPad’ integrado ao

módulo de comunicação ‘CC110L RF BoosterPack’ foi usado o software ‘BoosterStack’ disponibilizado pela empresa ANAREN. Este software permite o controle do tráfego de comunicação para monitoramento, em tempo real, do desempenho do aplicativo de rádio e integridade do pacote de dados. O programa ‘AIR boosterStacke’ utilizado no kit de comunicação ‘CC110L RF BoosterPack’, disponibiliza um exemplo de rede de sensores, bem como os relatórios de status da rede. O programa ‘AnarenBoosterPack (AIR)’ integrado ao conjunto de rádio foi projetado para fornecer conectividade instantânea, sem fio com a ferramenta de desenvolvimento ‘LaunchPad’, Figura 23.

Figura 23 - O programa ‘AnarenBoosterPack (AIR)’ disponibiliza relatórios de status da rede sem fio. (<http://www.43oh.com/2011/11/cc110l-rf-module-booster-pack-released/>).



4.4.6 Programas para FTP / Website projeto perequê

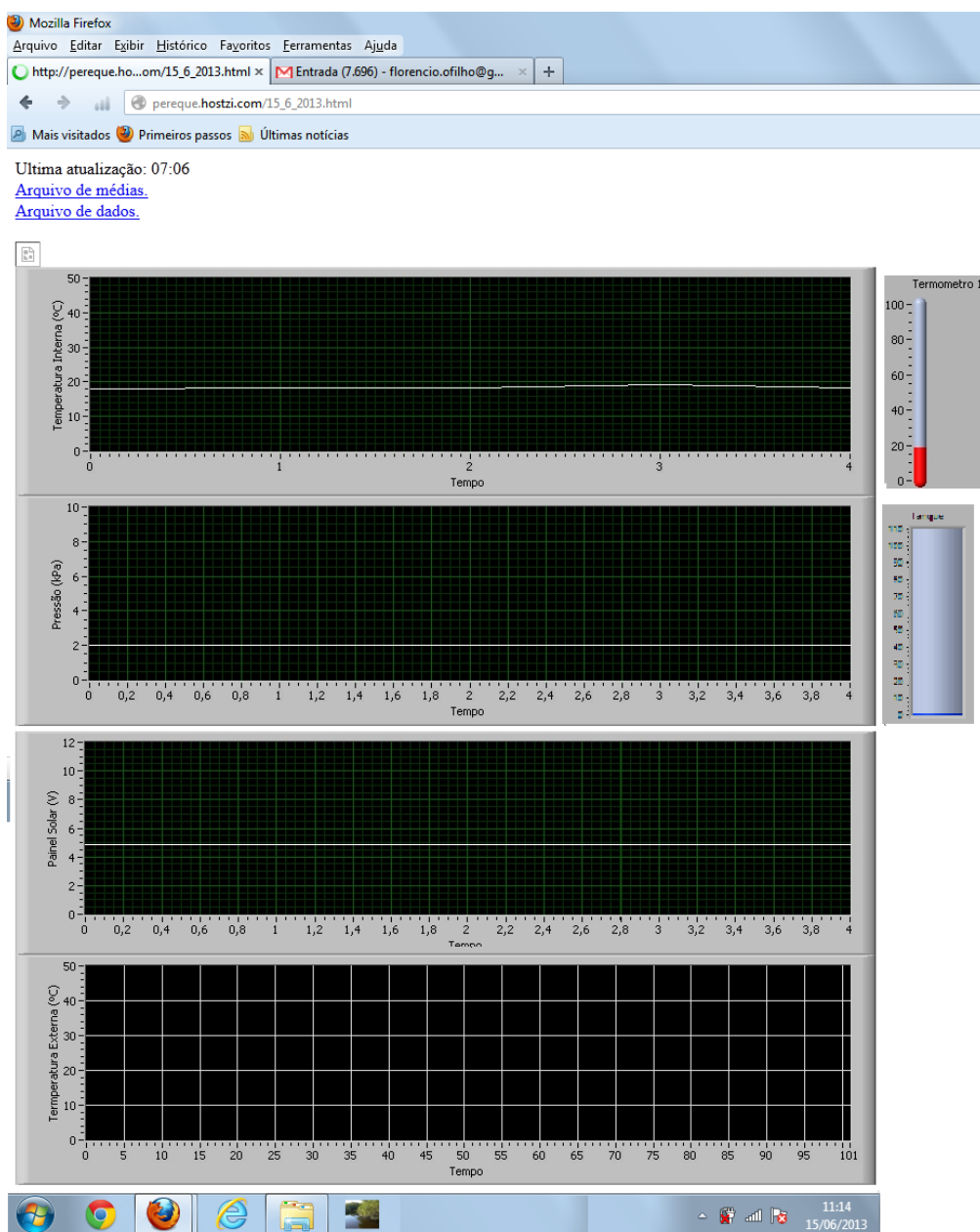
Para disponibilizar os dados medidos na internet foi criada uma conta de cliente FTP em um servidor gratuito e desenvolvido uma 'homepage' denominada de 'Projeto Perequê', acessada através do link: <http://pereque.hostzi.com/>. A Figura 24 mostra a página principal deste site.

Figura 24 - Vista da página principal do site do projeto 'perequê'. (disponível em: <http://pereque.hostzi.com/>; acessado em: 15/06/2013).



Na página principal tem-se acesso aos valores medidos ao clicar na aba de ‘Relatórios’, onde é possível acessar os arquivos diários das médias das medidas e dos dados. Nesta página, também, são disponibilizados os gráficos dos dados medidos, que são atualizados no momento do envio dos dados para o servidor web. A *Figura 25* mostra os gráficos de temperatura, pressão e do painel solar, gerados pelo programa ‘LabPerequê’.

Figura 25 - Página do relatório do dia 15/06/2013, as 11h10m mostrando os gráficos de temperatura, pressão e da tensão gerada no painel solar.



4.5 TESTES EM LABORATÓRIO PARA VERIFICAR O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

4.5.1 Teste no Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Comunicação (LIEC/UFPR)

4.5.1.1 Testes de tensões da placa acondicionadora, do sensor de temperatura e do amplificador

A placa acondicionadora fornece tensões de 3,3Vdc para alimentação do módulo sensor CC2530ZNP, Figura 26 e de 5 Vdc para o alimentar o sensor de temperatura LM35, Figura 27a. Na saída do sensor de temperatura aparece uma tensão de 0,19 Vdc (190 mV), equivalente a temperatura de 19°C, Figura 27b. A saída de tensão do sensor de temperatura é amplificada pelo amplificador operacional LM358 fornecendo uma tensão amplificada aplicada na entrada do módulo sensor de 1,10 VDC, Figura 28.

Figura 26 - Medida da tensão de 3,3VDC para alimentação do módulo sensor.

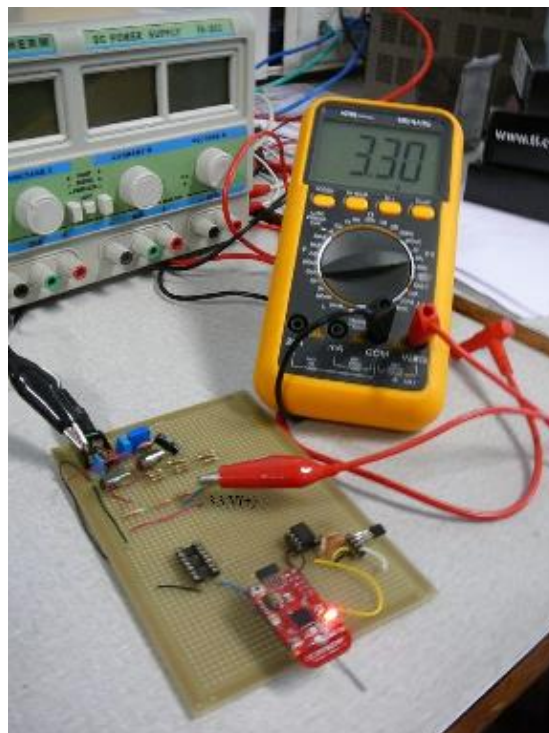


Figura 27 - (a) e (b) - (a) Medida da tensão de +5VDC que alimenta o sensor de temperatura. ;
 (b) Medida da tensão de saída do sensor de temperatura. O valor medido foi de 190mV
 equivalente a temperatura de 19°C

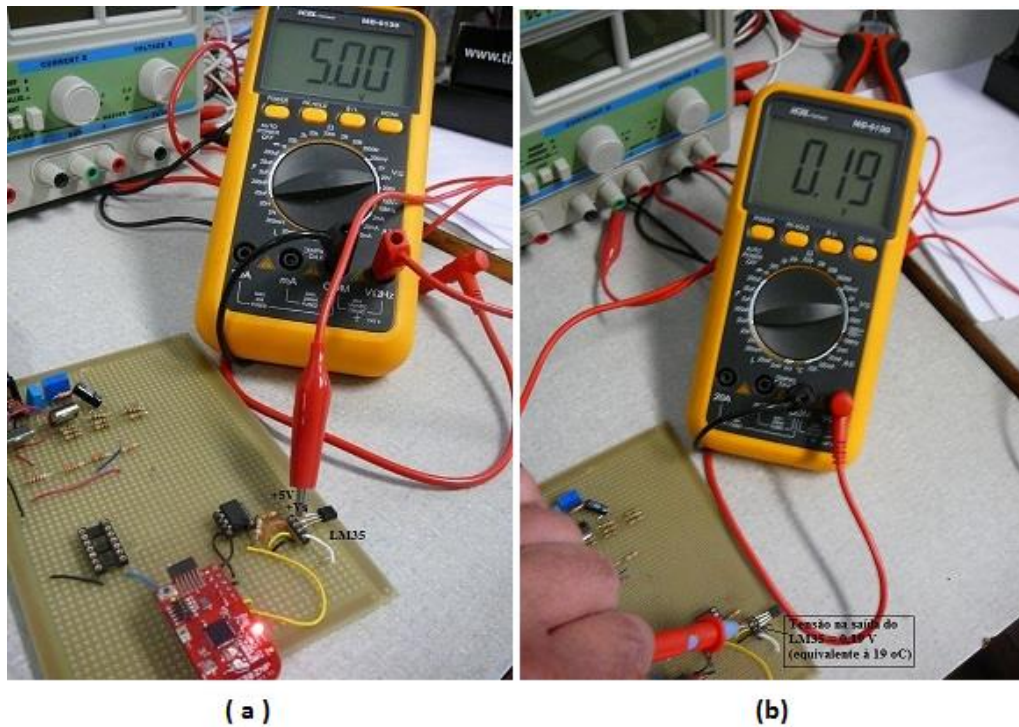
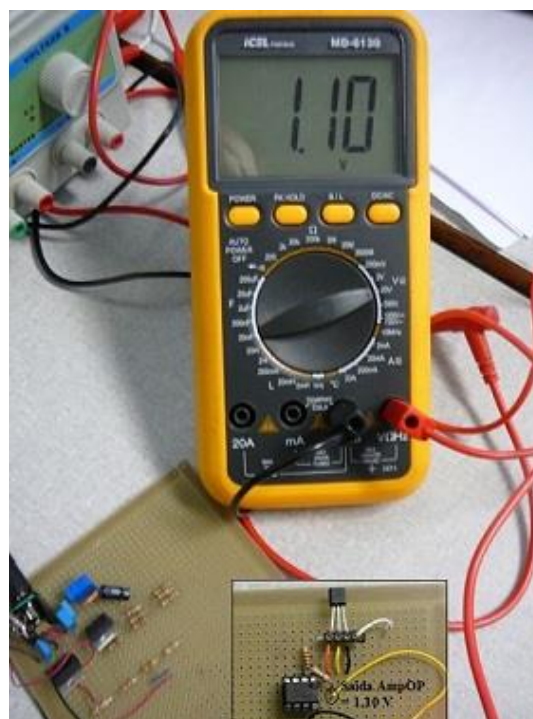


Figura 28 - Medida da saída amplificada do sensor de temperatura. Valor medido = 1,10 V.



4.5.2 Testes realizados nos Laboratórios do CEM/UFPR (Laboratório de Modelagem Ecológica –LAMEC e Laboratório de Informática)

Descrição do teste:

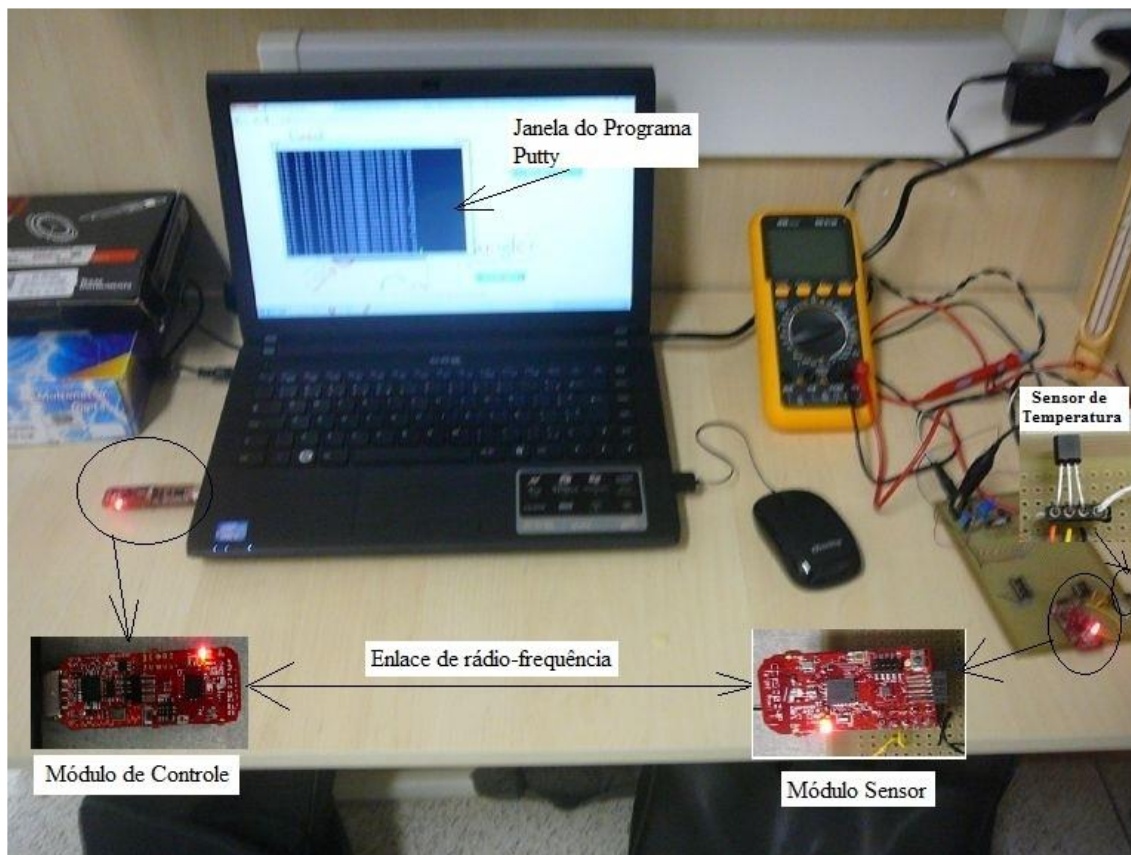
Para realizar esse teste foram utilizados os seguintes recursos:

- Laptop CCE modelo NCL-C2H4
- Sensor de temperatura LM35
- Ferramenta de desenvolvimento (*Módulos CC2530ZNP, ZigBee®*).
- Placa eletrônica para acondicionamento de componentes.

No laptop foi conectado o módulo de controle ‘*CC2530, ZigBee®*’ e na placa de eletrônica de acondicionamento de componentes foram instalados o sensor de temperatura LM35 e o módulo sensor ‘*CC2530, ZigBee®*’.

O módulo sensor faz a aquisição dos dados fornecidos pelo sensor de temperatura na forma analógica e converte na forma digital para transmissão via radiofrequência (RF) para o módulo de controle, que fornece a informação da temperatura medida no formato de dados em ASCII para o computador e através de um programa específico armazena esses dados. O programa utilizado para leitura de dados fornecidos pelo módulo de controle, inicialmente foi o Putty, que apresentou o inconveniente de não relacionar o evento das medidas com a data e horário de realização das mesmas. Existe, também, um fator de limitação na distância do enlace entre o módulo sensor e o módulo de controle do kit ‘*CC2530, ZigBee®*’, o qual varia numa faixa de 15 a 30 metros dependendo das condições do ambiente de propagação do sinal de radiofrequência (RF).

Figura 29 - Arranjo de bancada para medida da temperatura e aquisição de dados com o sensor de temperatura LM35 e a ferramenta de desenvolvimento CC25302. Este teste foi realizado em 16/11/2011 no Laboratório de Modelagem Ecológica (LAMEC) do CEM/UFPR.



4.6 TESTES DE CAMPO PARA VERIFICAR A APLICABILIDADE DO SISTEMA

4.6.1 Testes Realizados no Mangue do Perequê CEM/UFPR

Foram realizados testes de campo no Mangue do Perequê na área localizada nos fundos do CEM/UFPR. Os recursos utilizados foram os mesmos usados nos testes de laboratório. Entretanto, como este teste tinha o objetivo de medir a temperatura da água do mangue foi necessário desenvolver um arranjo para acondicionamento do sensor de temperatura LM35 protegendo-o do contato direto com a água. Este arranjo foi constituído por seguimentos de tubos de PVC encaixáveis entre si, e na extremidade do tubo que fica em contato com o fundo do mangue foram feitas algumas perfurações para penetração da água no tubo, e para proteger o interior do tubo

da entrada de materiais sólidos foi usado uma manta geotêxtil para permitir apenas a entrada da água, bloqueando as matérias sólidas. O sensor de temperatura foi acondicionado dentro de um frasco, formando assim o que chamamos de sonda para medir a temperatura da água, Figura 30 e Figura 31.

Figura 30- Sistema para acondicionamento da sonda de medida de temperatura com tubos de PVC de 40 mm

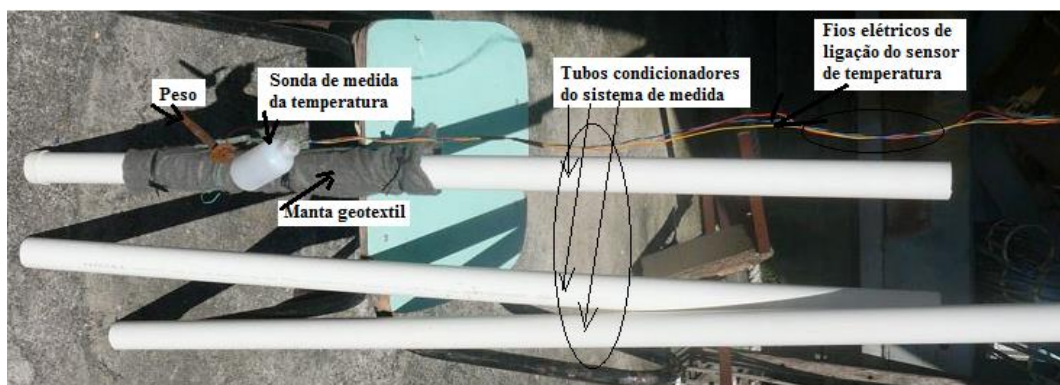


Figura 31- Arranjo para medir a temperatura da água do Mangue do Perequê.



4.6.1.1 Testes eletroeletrônico no mangue do Perequê

Em campo foram realizados os testes elétricos das tensões de alimentação da placa condicionara e do sensor de temperatura. A tensão AC disponível no local foi obtida de uma tomada, no valor nominal de 220VAC, porém a medida obtida foi de 209VAC, Figura 32. Para fazer a alimentação principal da placa condicionadora foi usada uma fonte DC bivolt (110VAC/220VAC) com tensão de saída nominal de 9VDC-2A, Figura 33. O módulo sensor CC25302 é alimentado com uma tensão de 3,3VDC e o sensor de temperatura com uma tensão de 5VDC, Figura 34 e Figura 35, respectivamente. A saída do sensor de temperatura LM35 apresenta tensão equivalente a temperatura em grau Celsius ($10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$), no teste o valor medido foi de 0,44 Volts (44mV) equivalente a temperatura de 44°C , esse valor alto de temperatura decorreu de exposição ao sol da sonda onde o sensor de temperatura estava acondicionado, Figura 36.

Figura 32 - Tomada de energia de 220V nominal localizada próximo ao mangue e utilizada para fazer o teste. A tensão medida foi de 209 VAC.



Figura 33 - O valor medido da tensão de entrada na placa foi de 9,46 VDC.

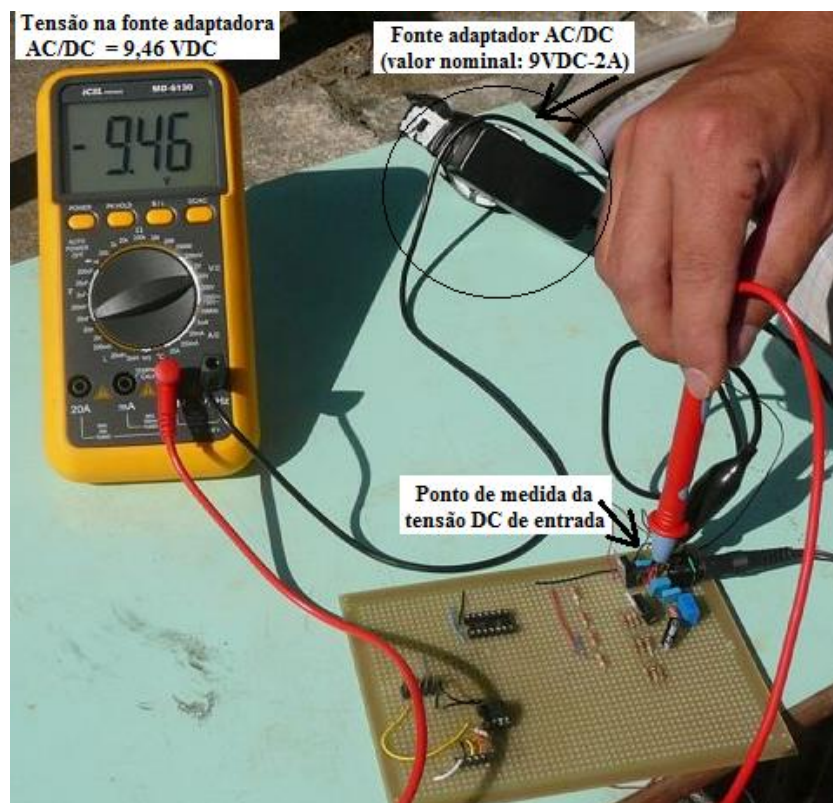


Figura 34 - Medida da tensão de 3,3 VDC que alimenta o módulo sensor.

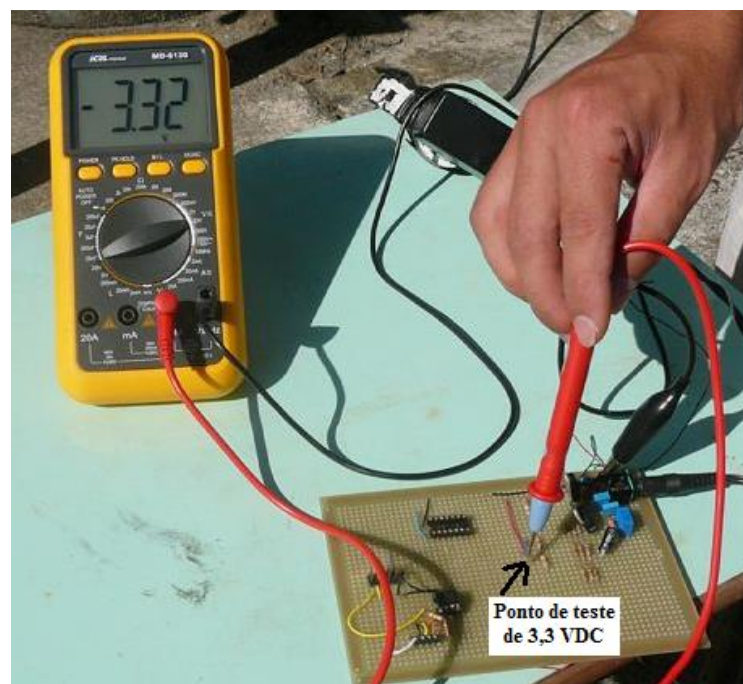


Figura 35- Medida da tensão de 5,0 VDC que alimenta o sensor de temperatura.

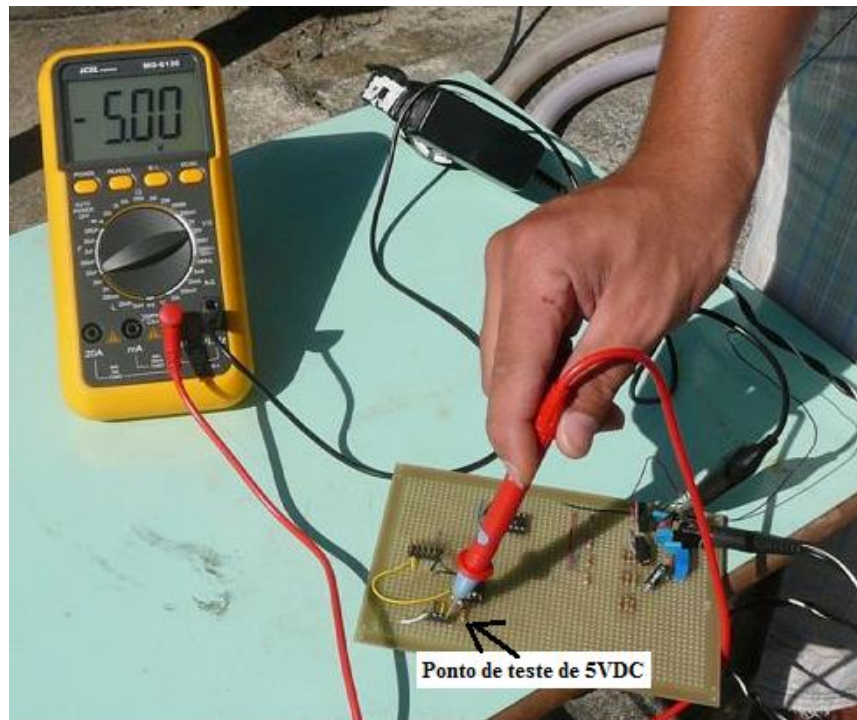
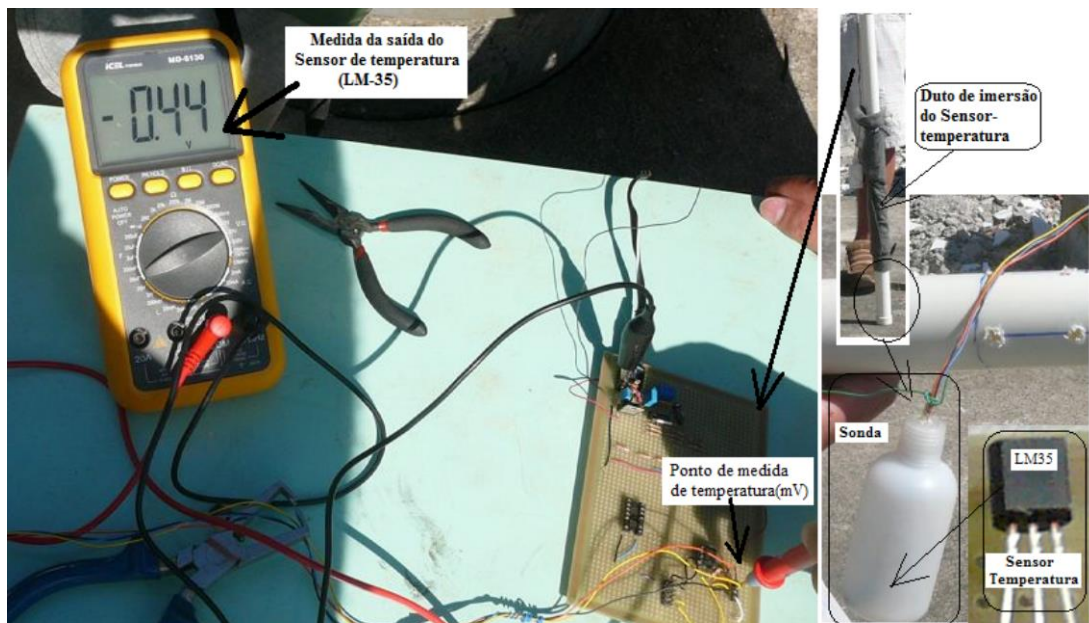


Figura 36 - Medida de equivalência de temperatura obtida através do sensor de temperatura (LM35) condicionado dentro da sonda, antes do teste de imersão. Neste momento o duto do sensor estava exposto ao sol e foi medido 0,44 Volts (44mV) equivalente à 44°C.



4.6.1.2 Testes do sistema de aquisição de dados (SAD)

Após a introdução da sonda de temperatura nos tubos de PVC, procedeu-se a imersão dos mesmos na água do mangue para que a sonda pudesse iniciar a medida da temperatura, Figura 37. Na placa acondicionadora foi conectada a fiação do sensor de temperatura e o módulo sensor ‘CC2530ZNP, ZigBee®’. A partir daí começou o processo de aquisição de dados, e os valores de temperatura fornecidos pelo sensor de temperatura foram convertidos para o formato digital pelo módulo sensor e transmitidos, via radiofrequência (RF), para o módulo de controle conectado na entrada USB do computador, disponibilizando a informação de temperatura no formato ASCII, Figura 38 e Figura 39, respectivamente. O armazenamento dos dados e a visualização dos mesmos foram realizados pelo programa de computador ‘Putty’, Figura 39.

Figura 37 - Sequência do posicionamento e fixação do tubo da sonda no mangue do Perequê.



Figura 38 - Vista do sistema que faz a captação da informação de temperatura da água no mangue do perequê e que através do Módulo Sensor envia essa informação para o módulo de controle conectado no computador.

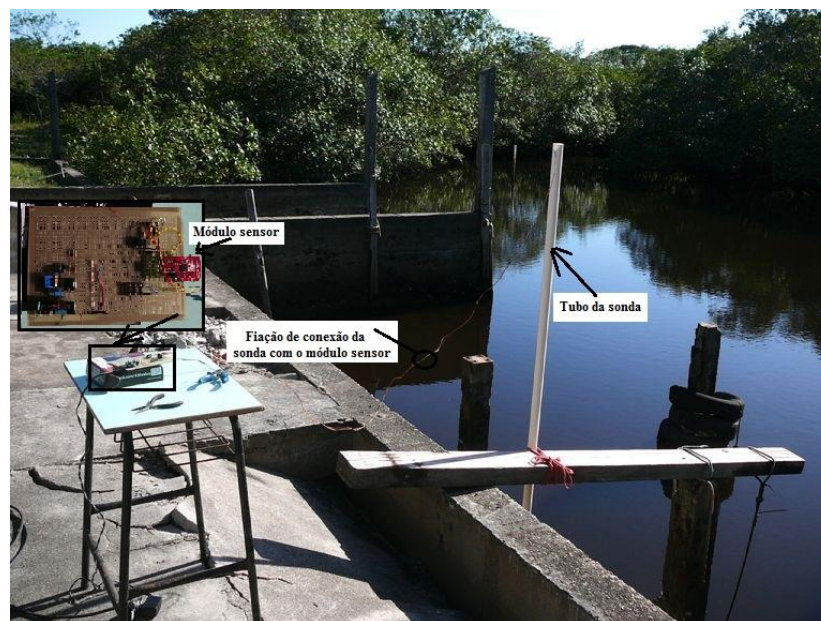


Figura 39 - Sistema de recepção, correspondente a estação base, que recebe os dados referentes às medidas de temperatura da água do mangue do perequê, via RF, através do módulo controle CC25302. O programa 'Putty' permite o armazenamento e a visualização dos dados.



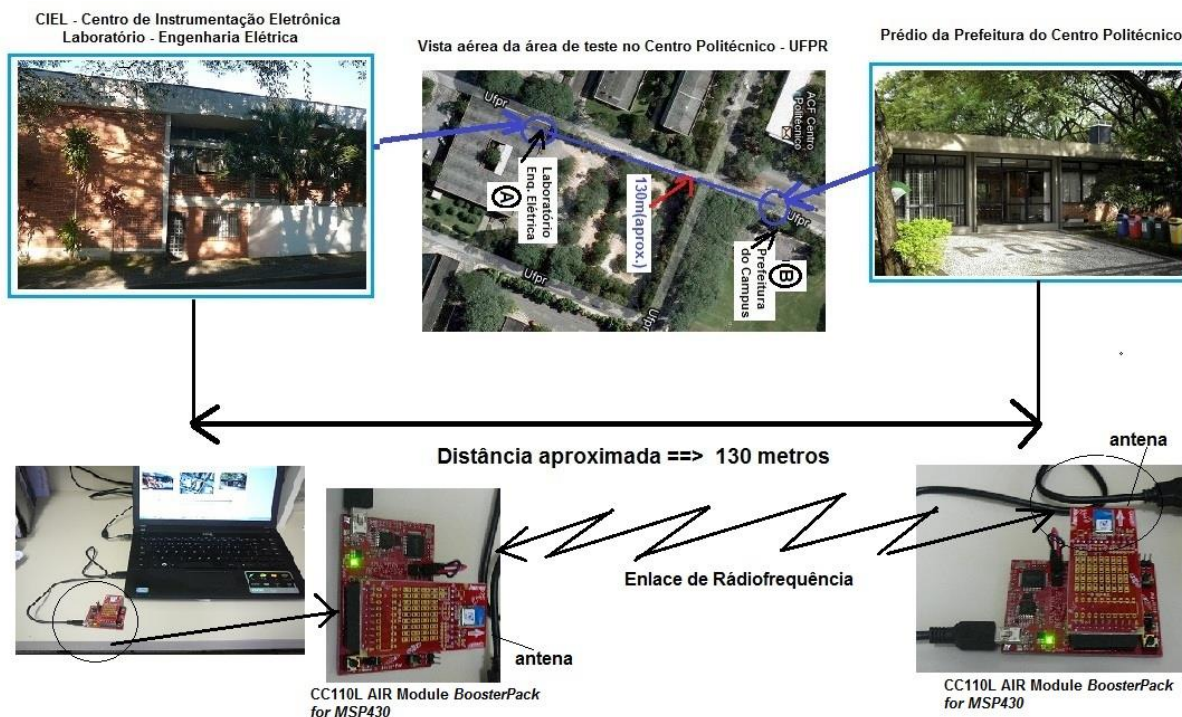
4.6.2 Testes de Comunicação com o módulo ‘CC110L RF BoosterPack’

Foram feitos teste do alcance no enlace de comunicação entre os módulos ‘BoosterPack’, demonstrando que é possível viabilizar enlaces de comunicação à distância da ordem de 200 a 300 metros, dependendo das condições de propagação e da programação desses módulos de comunicação. Testes de campo foram realizados na área do Centro Politécnico em Curitiba e no Campus de Praia de Leste, em Pontal do Paraná, ambos da Universidade Federal do Paraná.

4.6.2.1 Testes de propagação de radiofrequência realizados no Centro Politécnico

Foram realizados testes de propagação de radiofrequência na área do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, onde se conseguiu manter um enlace de comunicação da ordem de 130 metros de distância entre o módulo de controle e do módulo sensor, Figura 40.

Figura 40 - Ilustração do teste de campo da comunicação do conjunto CC110L RF BoosterPack integrado a placa de desenvolvimento LaunchPadMSP-EXP430GE, foi possível obter ‘emparelhamento’ (enlace) a uma distância da ordem de 130 metros.



4.6.2.2 Testes de propagação de radiofrequência realizados no Campus de Praia de Leste

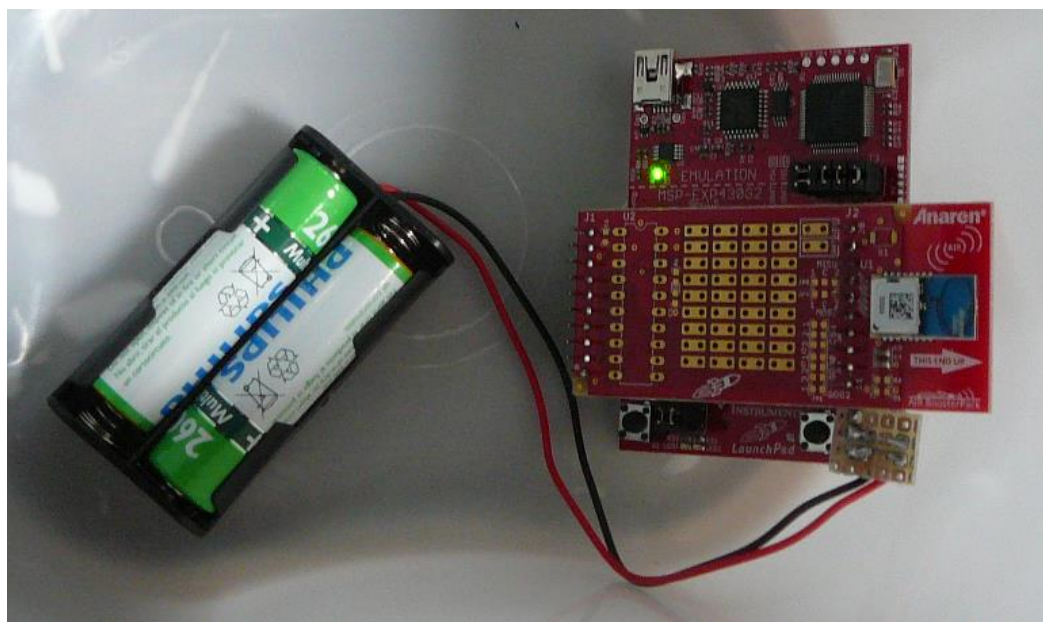
Esse teste de propagação de radiofrequência (RF) foi feito entre o Laboratório de Aquicultura Marinha e Repovoamento (CAMAR) e o ponto de captação de água salgada localizado na guarita do posto salva-vidas na areia da praia. O teste foi realizado em 23 de novembro de 2012.

O módulo de controle ficou localizado no prédio do CAMAR e o módulo do sensor próximo à bomba de captação de água salgada. A Figura 41 mostra a vista aérea do local de realização desse teste de propagação de radiofrequência. A Figura 42 mostra em detalhe o módulo sensor alimentado por duas pilhas recarregáveis (Tensão total = 2,4 VDC).

Figura 41 - Vista aérea da localização do laboratório de cultivo de camarão e da guarita do corpo de bombeiros (posto salva-vidas), onde fica o ponto de captação (ponto zero). Distância da ordem de 300 metros.



Figura 42 - Detalhe do módulo sensor, alimentado com duas pilhas recarregáveis (1,2VDC cada – Total = 2,4 VDC) usado no teste de enlace entre o Laboratório de Cultivo de Camarão e o ponto de captação de água salgada próximo a guarita do corpo de bombeiros localizada na praia.



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADO E DISCUSSÃO REFERENTE À PESQUISA E O DESENVOLVIMENTO DE UM HARDWARE CAPAZ DE ADQUIRIR E TRANSMITIR OS DADOS FÍSICOS DE FORMA EFICIENTE E ECONÔMICA

Para definição dos requisitos do ‘*sistema perequê*’ foram consideradas as necessidades práticas de aquicultura que precisavam de desenvolvimento no Centro de Estudos do Mar (CEM/UFPR). Dentre essas necessidades verificou-se que houve uma lacuna (‘*gap*’) no que se refere ao monitoramento dos parâmetros dos tanques de cultivo do laboratório provisório do curso de aquicultura e o interesse em se monitorar a temperatura e o nível de água no mangue do perequê. Essas duas aplicações definiram as grandezas físicas que seriam medidas, direcionando a definição da escolha dos sensores a serem testados junto ao hardware pesquisado no desenvolvimento dessa pesquisa. Sendo assim, as grandezas selecionadas foram a temperatura da água e o nível da água. Para os requisitos de medição de temperatura e nível de água havia várias opções de sensores disponíveis no mercado comum de componentes eletrônicos. Para medição dos parâmetros químicos como oxigênio dissolvido em água (OD) e pH, que também, são grandezas de interesse para aquicultura, não haviam sensores acessíveis.

A medição de temperatura foi feita com o sensor LM35 e o conversor analógico digital já estava integrado na arquitetura do microcontrolador da ferramenta de desenvolvimento, “CC2530 ZigBee®”. Para determinação do nível de água optou-se pelo processo de medição indireta, através da medição da pressão resultante de uma coluna d’água. O sensor de pressão utilizado foi o MP3V5050 do fabricante ‘*Freescale Semiconductor*’ (Freescale Semiconductor. Datasheet MP3V5050 - Integrated Silicon Pressure Sensor, 2009). A calibração do sensor e os resultados obtidos, em laboratório, indicaram a necessidade de estudos específicos futuros, levando em consideração os efeitos hidrodinâmicos, de modo a se obter um modelo confiável para correlacionar o valor de pressão medido pelo sensor e o nível de água correto.

Na primeira fase da pesquisa utilizando-se o kit “CC2530 ZigBee®” chegou-se ao objetivo principal que era demonstrar a viabilidade de fazer a medida de temperatura através do sensor de temperatura LM35, digitalizar essa informação analógica e enviá-la, através de um enlace de radiofrequência (RF) esses dados para um computador em

formato ASCII, para ser armazenado e visualizado numa interface de usuário, usando programas do tipo telnet. Primeiramente foi usado o programa ‘Putty’ e posteriormente um programa desenvolvido em linguagem C, que foi denominado de ‘perequê’. O programa ‘Putty’ apresentou a desvantagem de não disponibilizar informações sobre o momento do evento, ou seja, informar a data e o horário em que o dado foi gerado e para suprir essa deficiência foi desenvolvido o programa em linguagem C denominado de “perequê”. Com o uso da comunicação entre as placas “CC2530 ZigBee®” verificou-se que o alcance do enlace entre as mesmas era muito limitado, da ordem de 15 a 30 metros. Para obter-se enlaces de comunicação com maior alcance utilizando placas “CC2530 ZigBee®” seria necessário usar mais placas intermediárias funcionando como roteadores entre o local da instalação dos sensores e do computador usado na monitoração dos dados. Outra alternativa é o uso de outro dispositivo de enlace RF que apresente maior alcance de enlace.

Assim, visando uma alternativa para o projeto que possibilitasse maior alcance e baixo custo, optou-se por utilizar o conjunto ‘LaunchPadMSP-EXP430GE’ integrado ao módulo de comunicação ‘CC110L RF BoosterPack’. O teste de enlace foi executado com o software exemplo distribuído pelo fabricante da ‘CC110L RF BoosterPack’. O resultado obtido com essa alternativa foi um alcance em torno de 300 metros, valor que pode ser considerado satisfatório para as distâncias nas instalações no Centro de Estudos do Mar (CEM/UFPR). Distâncias maiores implicariam no uso de outros equipamentos. Como ponto negativo no uso dessa configuração ‘LaunchPadMSP-EXP430GE’ integrado ao módulo de comunicação ‘CC110L RF BoosterPack’ foi identificada a complexidade para a adaptação do software fornecido pelo fabricante da ‘BoosterPack’. O impacto desse aspecto no projeto foi que não houve tempo hábil para implementar uma adaptação desse software, integrada ao software desenvolvido para ser embarcado no microcontrolador do módulo de aquisição de dados da estação campo e do microcontrolador do módulo de transferência de dados da estação base.

5.2 RESULTADO E DISCUSSÃO DA PESQUISA E SELEÇÃO DE UM SOFTWARE CAPAZ DE TRABALHAR COM OS DADOS ADQUIRIDOS E APRESENTÁ-LOS EM TEMPO REAL VIA WEB

Os requisitos de software do sistema não haviam sido definidos no início do projeto. Durante a primeira etapa da pesquisa de hardware a necessidade de software identificada foi a comunicação serial de dados via porta USB. Verificou-se que seria necessário no computador da estação base, um software que apresentasse a capacidade de ler dados no protocolo de comunicação serial padrão enviados através da porta de comunicação e escrever os dados lidos em um arquivo texto ('txt'), com caracteres no padrão ASCII. O programa 'HyperTerminal', que roda na plataforma do Windows XP, cumpriu com esses dois requisitos que foram identificados inicialmente. O Windows XP é um sistema operacional relativamente obsoleto, o que levou a necessidade de migrar para a plataforma do Windows7. Os testes mostraram que o 'HyperTerminal' não funciona no Windows7, surgindo a necessidade de utilização de outro software que realizasse as mesmas funções do 'HyperTerminal'. A solução mais conhecida e utilizada é o software 'Putty'. O software conseguiu suprir as mesmas funcionalidades de leitura de dados e escrita em arquivo texto (.txt), as quais eram antes realizadas pelo 'HyperTerminal'. A data e hora relativa aos dados medidos não eram geradas pelo software da estação campo, mas sim, pelo 'HyperTerminal' o qual inseria a data e a hora nas quais o dado foi recebido, o que permitia gerar uma data e hora equivalente ao momento no qual a medição foi executada. O 'Putty' não possui a funcionalidade de inserir a data e hora em que o dado é recebido, descartando-o como alternativa à substituição do 'HyperTerminal'. Dessa forma, iniciou-se o desenvolvimento de um software em linguagem C++, o qual foi denominado de '*perequê*'. O software '*perequê*' conseguiu suprir todas as funcionalidades que eram executadas pelo 'HyperTerminal', inclusive a adição da data e a hora na qual o dado foi recebido. Identificou-se que o software '*perequê*' poderia ser estendido para executar funções de pós-processamento, como a geração de gráficos, de histórico de dados medidos, com a utilização dos componentes e bibliotecas da ferramenta de desenvolvimento em linguagem C++ que foi utilizada ('workbench').

Paralelamente ao desenvolvimento do software '*perequê*', estavam sendo executados testes dos sensores com o sistema de aquisição de dados da '*National Instruments*'. Esse sistema é composto, também, pelo software 'LABVIEW®', o qual

apresenta uma linguagem gráfica para criação do procedimento de medição que a placa de aquisição de sinais deve realizar. Adicionalmente, a linguagem gráfica do 'LABVIEW®' possui componentes, os quais permitem a adição de funções de pós-processamento e distribuição de dados na WEB. Verificou-se que a linguagem gráfica do 'LABVIEW®', juntamente com os componentes para pós-processamento e distribuição de dados na WEB são uma alternativa bem mais atrativa, devido a relativa, simplicidade de programação em relação a programação das funcionalidades de pós-processamento e distribuição de dados na WEB via linguagem C++. Dessa forma foi desenvolvido um novo software, em plataforma 'LABVIEW®', o qual foi denominado '*PerequeLab*'. O '*PerequeLab*' é capaz de ler os dados recebidos pela porta serial, introduzir a data e horário de recebimento do dado, escrever os dados e as informações de data e horário de recebimento, em arquivo texto (.txt), realizar as funções de pós-processamento, exportar os gráficos gerados em arquivos de imagem, e enviar os arquivos gerados com os dados recebidos e as imagens do pós-processamento para um site hospedado em um servidor WEB.

O site hospedado no servidor WEB é composto por um conjunto de páginas WEB ('*home Page*'), as quais mostram os gráficos do pós-processamento, replicando a visualização que seria obtida no computador da estação base, pelo '*PerequeLab*'. A transferência de dados entre o servidor WEB e o '*PerequeLab*', se dá por protocolo FTP, sendo que o tempo de atualização dos dados no site pode ser configurado no '*PerequeLab*'. Para os teste com o servidor WEB foi criado o site denominado como: '*Projeto Perequê – monitorando o mangue do perequê*', hospedado pelo tempo de testes durante o desenvolvimento deste projeto no link: <http://pereque.hostzi.com/>.

5.3 RESULTADO E DISCUSSÃO SOBRE OS TESTES EM LABORATÓRIO PARA VERIFICAR O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

5.3.1 Resultado dos Testes realizados no Laboratório de Informática do CEM/UFPR

A finalidade deste teste foi de fazer a verificação prévia do funcionamento do sensor de temperatura LM35 utilizado na sonda para medir a temperatura da água do mangue. Os dados completos deste teste foram gerados em intervalos de 30 segundos.

Para se ter uma melhor visão do comportamento destas medidas, foram, selecionando os dados em intervalos de 2 minutos, conforme mostra a tabela 1 e o gráfico 1.

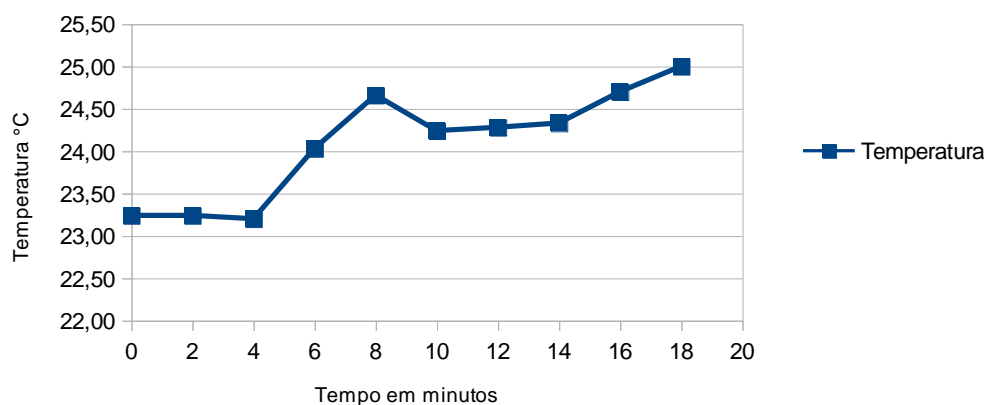
Tabela 1 – Resultado do teste feito no Laboratório de Informática do CEM/UFPR, em 17/11/2011, adaptado para intervalos de 2 minutos. (Horário de início dos testes: 12:46:04).

Tempo (min)	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Temperatura (°C)
0	23,24	10	24,24
2	23,24	12	24,28
4	23,20	14	24,33
6	24,03	16	24,70
8	24,66	18	25,00

Gráfico 1 – Gráfico referente aos dados da tabela 2, realizado no Laboratório de Informática do CEM/UFPR, em 17/11/2011.

Teste do sensor de temperatura (LM35) da sonda

Realizado no Laboratório de Informática do CEM/UFPR, em 17/11/2011



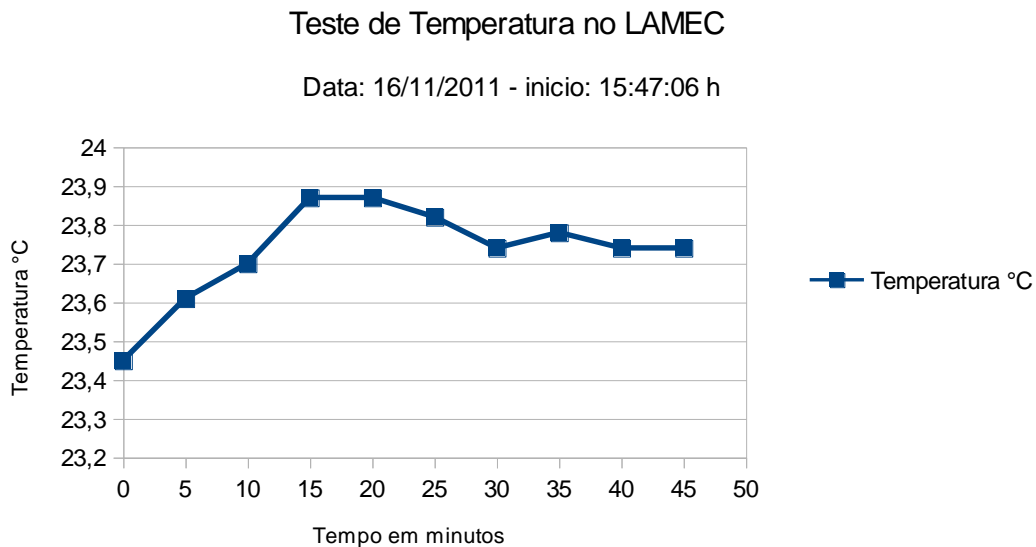
5.3.2 Resultados dos Testes realizados no Laboratório de Modelagem Ecológica (LAMEC)

Os dados completos deste teste estão disponíveis no ‘Anexo I’ e foram gerados em intervalos de 30 segundos. Para se ter uma melhor visão do comportamento desta medida, foram suprimidos alguns dados, selecionando apenas os dados que foram gerados em intervalos de 5 minutos, conforme mostra a tabela 2 e o gráfico 2.

Tabela 2 – Resultado dos testes feitos no Laboratório de Modelagem ecológica o CEM/UFPR, em 16/11/2011, adaptado para intervalos de 5 minutos. (Horário de início dos testes: 15h:47m:06s).

Tempo (minuto)	Tempo (minuto)	Tempo (minuto)	Tempo (minuto)
0	23,45	25	23,82
5	23,61	30	23,74
10	23,70	35	23,78
15	23,87	40	23,74
20	23,87	45	23,70

Gráfico 02 – Gráfico representativo das medidas referentes aos dados da tabela 1, realizadas no Laboratório de Modelagem Ecológica (LAMEC) do CEM/UFPR, em 16/11/2011.



5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS TESTES EM CAMPO PARA VERIFICAR A APLICABILIDADE DO SISTEMA

5.4.1 Resultado dos testes realizados no Mangue do Perequê

Valores dos dados obtidos pelo sistema de aquisição de dados

Os dados completos dos testes de medição da temperatura da água no Mangue do Perequê estão disponíveis no Anexo II e foram gerados em intervalos de 30 segundos. Para se ter uma melhor visão do comportamento destas medidas, foram suprimidos alguns dados, selecionando apenas os dados que foram gerados em intervalos de 5 minutos, conforme mostra a tabela 3 e no gráfico 3.

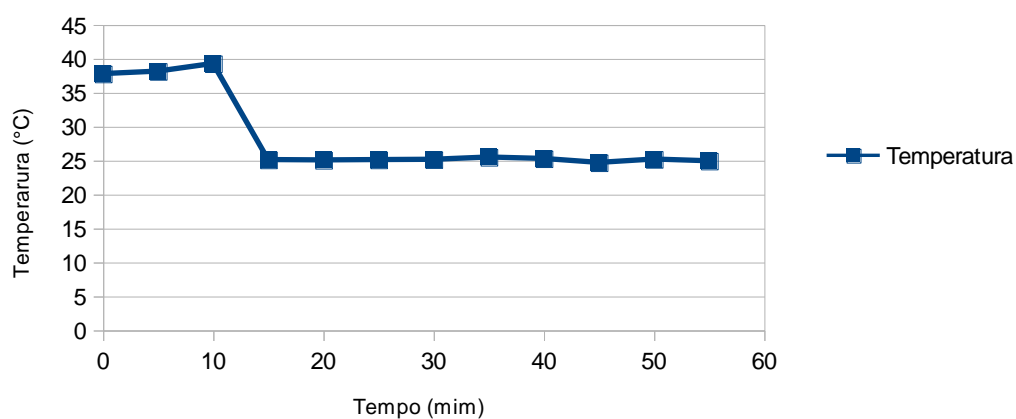
Tabela 3 - Resultado dos testes feitos no Mangue do Perequê, em 17/11/2011, adaptado para intervalos de 5 minutos. (horário de início dos testes: 16h:49m:10s)

Tempo (min)	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Temperatura (°C)
0	37,79	30	25,16
5	38,16	35	25,5
10	39,29	40	25,29
15	25,12	45	24,70
20	25,08	50	25,20
25	25,12	55	24,95

Gráfico 3 – Gráfico representativo das medidas referentes aos dados da tabela 3, realizadas no Mangue do Perequê (CEM/UFPR), em 17/11/2011.

Medidas de temperatura no Mangue do Perequê - CEM/UFPR

Realizadas em 17/11/2011 - início 16:49:10



Análise do comportamento do gráfico 3: Verifica-se que nos intervalos de 0 a 10 minutos os valores representados pelo gráfico correspondem a temperaturas próximas de 40°C, devido ao fato de que nesse intervalo de tempo a sonda de

temperatura ficou exposta ao sol. O intervalo de 10 a 15 minutos, corresponde ao tempo em que a sonda foi imersa na água do mangue e começou a baixar a temperatura até se estabilizar com a temperatura da água, o que ocorreu a partir dos 15 minutos conforme demonstra o gráfico.

5.4.2 Aferição das medidas obtidas pelo sistema de aquisição de dados

Para comparar os valores obtidos pelo sistema de aquisição de dados com os valores reais da temperatura da água do mangue, foram introduzidos na água três termômetros e os resultados obtidos foram compatíveis, próximos a 25°C, Figura 43 e Figura 44.

Figura 43- Três termômetros usados para monitoramento da temperatura da água do mangue.



Figura 44 - As medidas de temperatura feitas com três termômetros imerso no mangue do Perequê foram de 25°C semelhantes às medidas indicadas pelo sensor de temperatura.



5.5 RESULTADO E DISCUSSÃO DA ORGANIZAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS EM UM AMBIENTE VIRTUAL

Monitoramento via web dos dados gerados no laboratório do LIEC/UFPR

Apresentam-se aqui os dados das medidas obtidas no dia 29/11/2012 dos sensores instalados no LIEC/UFPR, obtidos diretamente do website do projeto, Figura 45,

Figura 46 e Figura 47. O LIEC está localizado no prédio da Engenharia Elétrica, no Campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, Paraná.

Dados gerados

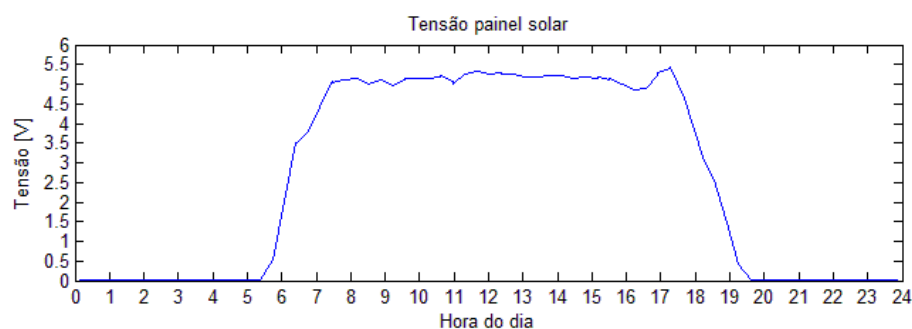
Ver Anexo III

Figura 45 – Gráfico da variação de tensão do painel solar durante o dia 29/11/2012.

Painel solar:

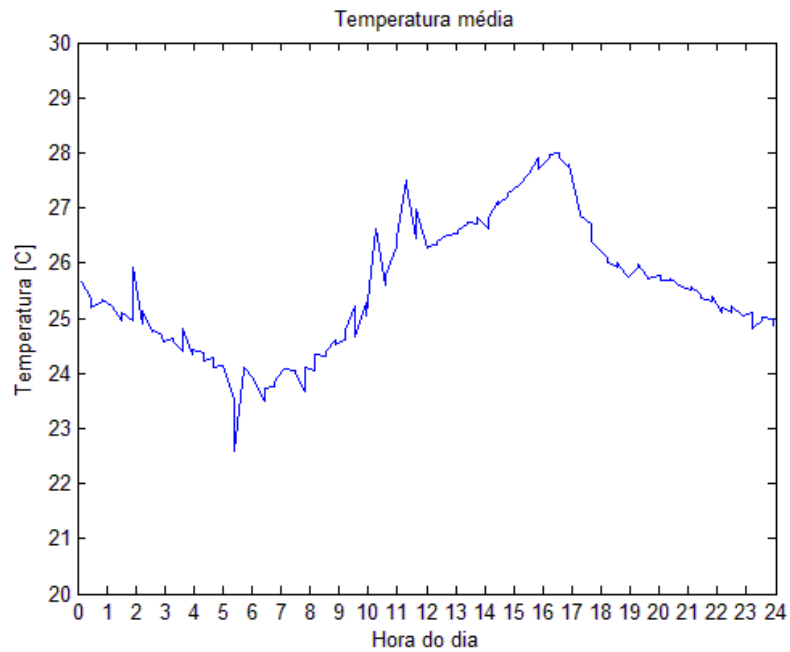
Gráficos gerados a partir dos dados do dia 29/11/2012.

Painel solar:



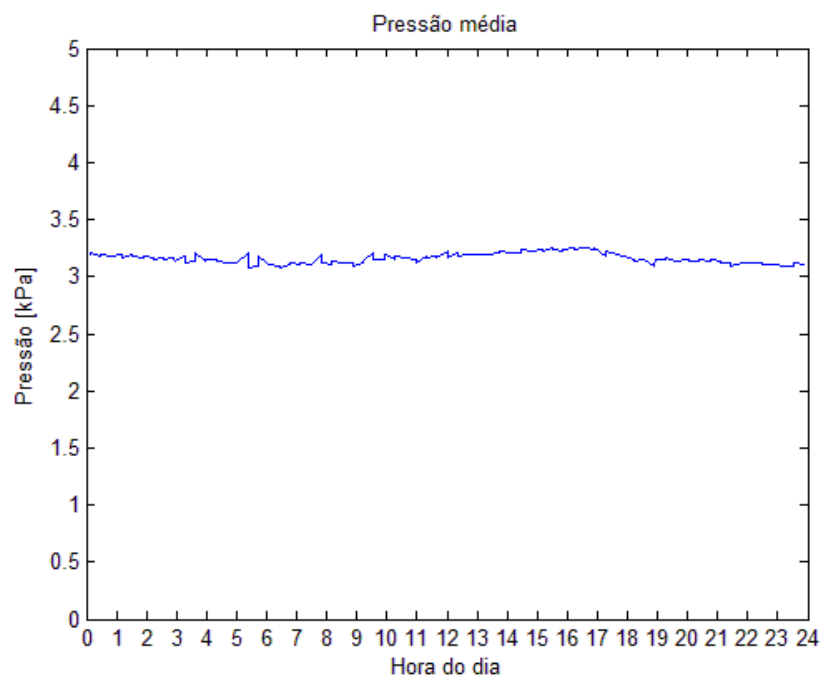
Temperatura:

Figura 46 - Gráfico da variação da temperatura durante o dia 29/11/2012.



Sensor de pressão:

Figura 47 - Gráfico das médias variações dos valores do sensor de pressão durante o dia 29/11/2012



6 CONCLUSÃO

A configuração do protótipo desenvolvido com a ferramenta “CC2530 ZigBee®” e do software ‘*PerequeLab*’ demonstrou a viabilidade de sistemas para aquisição de dados, controle e automação, transmissão de dados por radiofrequência e disponibilização de informações na WEB, para subsidiar atividades na área da aquicultura e monitoramento ambiental com baixo custo. A limitação desta configuração de protótipo foi o curto alcance do enlace de RF entre o módulo de aquisição de dados da estação campo e o módulo de transferência da estação base.

A configuração de protótipo composta pelo conjunto “*LaunchPadMSP-EXP430GE*” integrado ao módulo de comunicação “*CC110L RF BoosterPack*”, a qual tinha por objetivo transpor a deficiência do curto alcance do enlace de RF, obtido com o conjunto “CC2530 ZigBee®” apresentou resultado satisfatório neste requisito de desenvolvimento do sistema, obtendo um alcance máximo próximo de 300 metros. Porém, a integração entre as rotinas de software de controle da ‘*CC110L RF BoosterPack*’ no software embarcado na “*LaunchPadMSP-EXP430GE*”, resultou em vários impactos, os quais não haviam sido previstos no início do desenvolvimento do projeto e que dado ao tempo limitado para conclusão da pesquisa e ao suporte deficiente do fabricante da “*CC110L RF BoosterPack*” impediram a integração das funcionalidades de aquisição de dados e transferência de dados com a comunicação bidirecional por via RF.

O resultado final obtido após os testes dos protótipos mostra que, de forma básica, a configuração de sistema proposta atende, com baixo custo, algumas demandas dos processos de cultivo na aquicultura que necessitam de monitoramento à distância e fornecimento de histórico de dados. As necessidades de grandezas a serem medidas dependem do processo de cultivo no qual o sistema será aplicado. A configuração proposta para o sistema é flexível, de tal forma que, para uma nova grandeza de interesse, específica de um dado processo de cultivo, a simples adição de um sensor adequado a grandeza a ser medida, permite a adaptação do sistema à aquisição de dados dessa nova grandeza.

A configuração final do sistema mostrou a viabilidade de desenvolvimento de dispositivos para aquisição de dados, controle e automação, transmissão de dados por radiofrequência e disponibilização de informações na WEB.

Para subsidiar atividades na área da aquicultura e monitoramento ambiental, a identificação das demandas dos pesquisadores da área biológica relacionada com a aquicultura, juntamente com o suporte de especialistas na área de desenvolvimento de equipamentos, podem disponibilizar sistemas mais complexos e robustos, de aplicação específica para monitoramento e controle de plantas aquícolas.

Como sugestão para trabalhos futuros decorrentes desta pesquisa, propõe-se as seguintes pesquisas adicionais: a identificação dos parâmetros relevantes no processo de cultivo da área da aquicultura possíveis de controle e o estabelecimento de modelos matemáticos que representem os processos estudados, correlacionando-os com os parâmetros identificados; a inserção de modelos matemáticos de processo de cultivo em um sistema semelhante ao desenvolvido nesse trabalho e que permita o controle de plantas de cultivo através de dispositivos atuadores.

REFERÊNCIAS

AKVAGROU . 2013. Disponível em: <<http://www.akvagroup.com>>. Acesso em: 19 jun. 2013.

ANDREOLI, V. M. **Natureza e pesca**: um estudo sobre os pescadores artesanais de Matinhos – PR, 2007. Disponível em: <<http://www.pgsoocio.ufpr.br/docs/defesa/dissertacoes/2007/VANESSAMARION.pdf>>. Acesso em: 3 jan. 2013.

AQUACULTURE - AN EXPANDING MARKET - CAMARGO, Sabrina G. O. de1; POUHEY, Juvêncio L. O. F. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v11n4/artigo01.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

BIGARELLA, J. J. et al. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná**. [S.l.]: [s.n.], 1978.

BRASIL. MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Potencial brasileiro para a aquicultura, publicado em 29 de agosto**, 2011. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/aquiculturampa/informacoes/potencial-brasileiro>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

FAO. **Pesca e aqüicultura**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/i0765pt/i0765pt09.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

FREESCALE Semiconductor. Datasheet MP3V5050 - Integrated Silicon Pressure Sensor, 2009. Disponível em: <http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MP3V5050.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2013.

OLIVEIRA, R. C. de. O panorama da aqüicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. Rafael C. de Oliveira. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v.2, n. 1, fev, 2009. Disponível em: <<http://intertox.com.br/phocadownload/Revinter/v2n1/rev-v02-n01-05.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2013.

SOUZA, V. A. **Cerne Tecnologia**. 2010. Disponível em: <http://www.cerne-tec.com.br/artigo_labview.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2013.

TEXAS Instrumentas. **Datasheet ADC0808**. 2013. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/adc0808-n.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

TEXAS Instruments. **CC110L RF BoosterPack**. 2013. Disponível em: <<http://www.ti.com/tool/430boost-cc110l>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

TEXAS Instruments. **CC2530 Mini ZNP-MINI Kit**. 2013. Disponível em: <http://www.ti.com/tool/cc2530zdk-znp-mini&DCMP=hpa_rf_cc2530&HQS=Other+OT+cc2530znp>. Acesso em: 17 jun. 2013.

TEXAS Instruments. **Datasheet LM317 3-Terminal Adjustable Regulator**. 2004. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm117.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

TEXAS Instruments. **Datasheet LM35**. 17 jun. 2000. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

TEXAS Instruments. **Datasheet LM358 DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS**. 2002. Disponível em: <<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/texasinstruments/lm358.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

TEXAS Instruments. **Datasheet MSP430**. 2011. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp430g2553.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

TEXAS Instruments. **Datasheet μ A7800 - Series Positive-Voltage Regulators**. 2003. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

TEXAS Instruments. **MSP430 LaunchPad Value Line Development**. Disponível em: <<http://www.ti.com/tool/msp-exp430g2>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

TEXAS Instruments. **MSP430 LaunchPad Value Line Development**. 2013. Disponível em: <<http://www.ti.com/tool/msp-exp430g2>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

ZELENOVSK, R.; MENDONÇA, A. **Microcontroladores, Programação e Projeto com a Família 8051**. Rio de Janeiro: MZ Editora, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A - DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES UTILIZADOS PARA IMPLEMENTAÇÃO FÍSICA DO SISTEMA

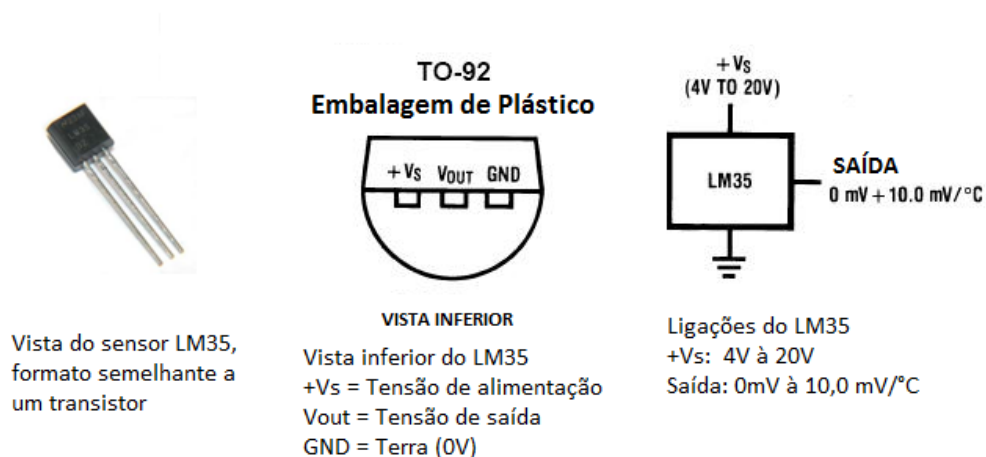
Especificação de componentes

A seguir descreveremos os componentes utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

Sensor de temperatura LM35

O sensor de temperatura LM35 é um sensor de precisão para temperatura, calibrado em grau centígrado, disponibilizando saída de tensão linear relacionada com a temperatura do ambiente no qual está inserido. A tensão de alimentação deste sensor pode variar de 4 a 20/30 Vdc, dependendo do fabricante. A saída de sinal corresponde à 10mV para cada Grau Celsius de temperatura ($10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$), (Texas Instruments. Datasheet LM35, 2000). A Figura 48 mostra o sensor de temperatura LM35 e os seus terminais de ligações.

Figura 48- Sensor de temperatura LM35



Sensor de pressão

Neste trabalho foram realizados testes com um sensor de pressão, objetivando através da variável pressão, exercida em uma coluna d'água, fazer a medida indireta do nível de água. Devido a falta de linearidade em relação ao sinal elétrico analógico gerado pelo sensor de pressão e o valor real da variável referente ao nível de água, não foi possível obter-se um valor confiável para a medida de nível, ficando este item como sugestão para estudos futuros. A seguir descrevem-se as características técnicas deste sensor, especificadas em (Freescale Semiconductor. Datasheet MP3V5050 - Integrated Silicon Pressure Sensor, 2009).

A série MP3V5050 de transdutores piezoelétrico, apresentado na Figura 49, é o estado da arte de sensores de pressão monolíticos em silício, projetado para uma larga gama de aplicações, mas particularmente, aquelas que utilizam microcontroladores e microprocessadores com uma entrada analógica-digital (A/D). Apresenta um nível alto de sinal analógico que é proporcional à pressão aplicada. A Figura 50, mostra o circuito sugerido pelo fabricante para descoplamento da fonte de alimentação e desacoplamento do sinal elétrico de saída, utilizando este sensor.

Características:

- 2,5% de erro máxima superior a 0 ° C a 85 ° C.
- Ideal para sistemas baseados em microprocessador ou microcontrolador.
- Temperatura Compensada sobre -40 ° a 125 ° C.
- Portas laterais chanfradas robusta para conexão do tubo.

Figura 49 - Sensor de pressão modelo MP3V5050GP, Freescale Semiconductor, e curva da função de transferência.

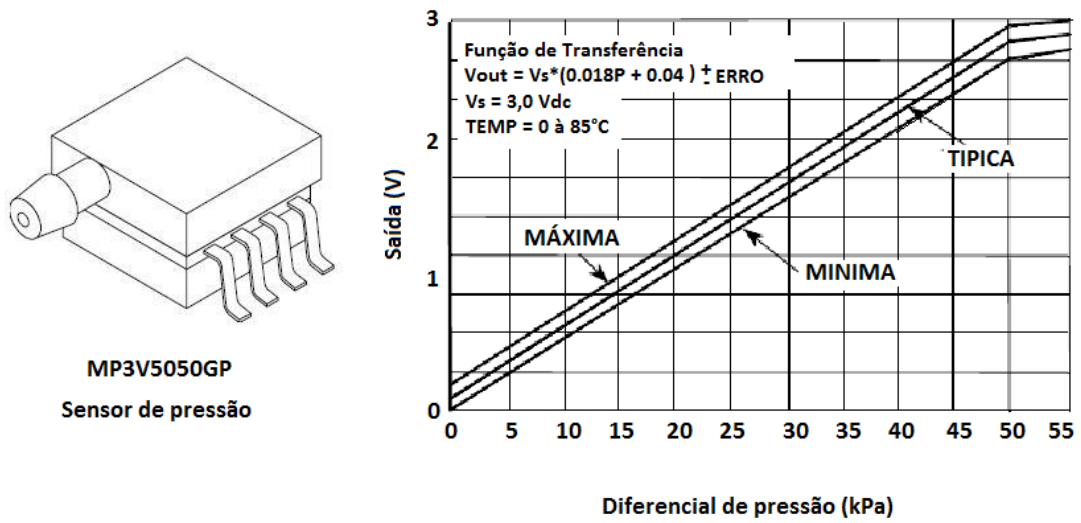
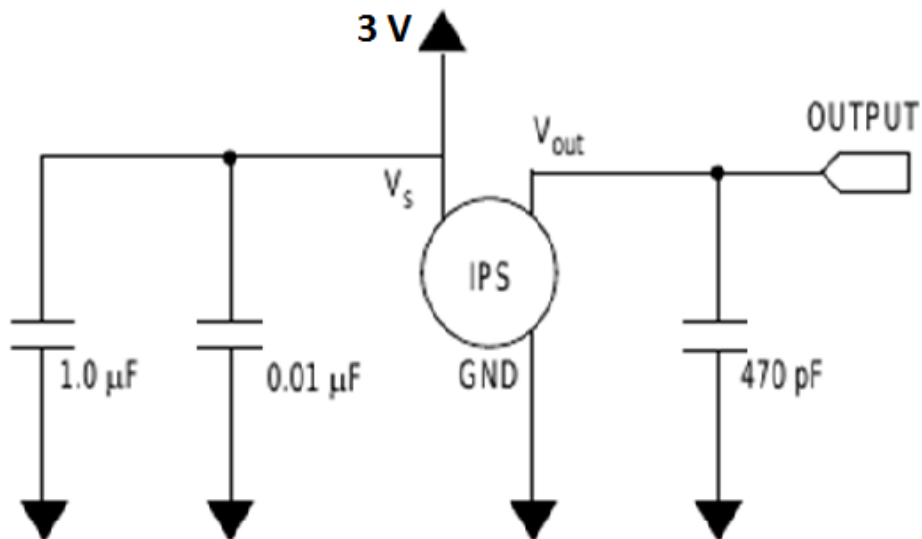


Figura 50 - Diagrama de circuito para o sensor de pressão, sugerido pelo fabricante.



Recomendação do fabricante para desacoplamento da fonte de alimentação e de filtragem da saída do sinal.

Painel solar

Com o objetivo de testar mais uma entrada de sensor analógico no sistema de aquisição de dados, foi utilizado um painel solar que proporciona geração de energia com variação de 0 à 6,0 Volts. Dimensões: 110 x 95mm. Características elétricas: (6V, 200mA). O aspecto visual do painel solar utilizado é mostrado na Figura 51.

Figura 51 - Painel solar (6V - 200mA)



Disponível em: <http://dx.com/p/solar-power-panel-110-95mm-6v-200ma-18168>
Acessado em: 4/07/2013

Conversor analógico-digital ADC0808

O ADC0808 é um componente de aquisição de dados de fácil interfaceamento com, praticamente, todos os tipos de microprocessadores. É um dispositivo CMOS monolítico. . A Figura 52, mostra o diagrama em bloco da arquitetura interna do ADC0808, o qual tem a funcionalidade de ser um conversor analógico-digital (A/D) de 8 bits com 8 canais analógicos de entrada. A seleção da entrada analógica é feita por intermédio de um multiplexador analógico, selecionadas pelo endereçamento dos pinos A, B e C. (Texas Instrumentas. Datasheet ADC0808, 2013).

Principais especificações:

- Resolução: 8 bits
- erro total não ajustado: $\pm \frac{1}{2}$ LSB e ± 1 LSB, saída 'TREE STATE'.
- Alimentação: 5 VDC
- Baixa Potência: 15 mW otimizado
- Tempo de Conversão: 100 mS

Figura 52- Diagrama em bloco do CI ADC0808 - Conversor Analógico-Digital (A/D).

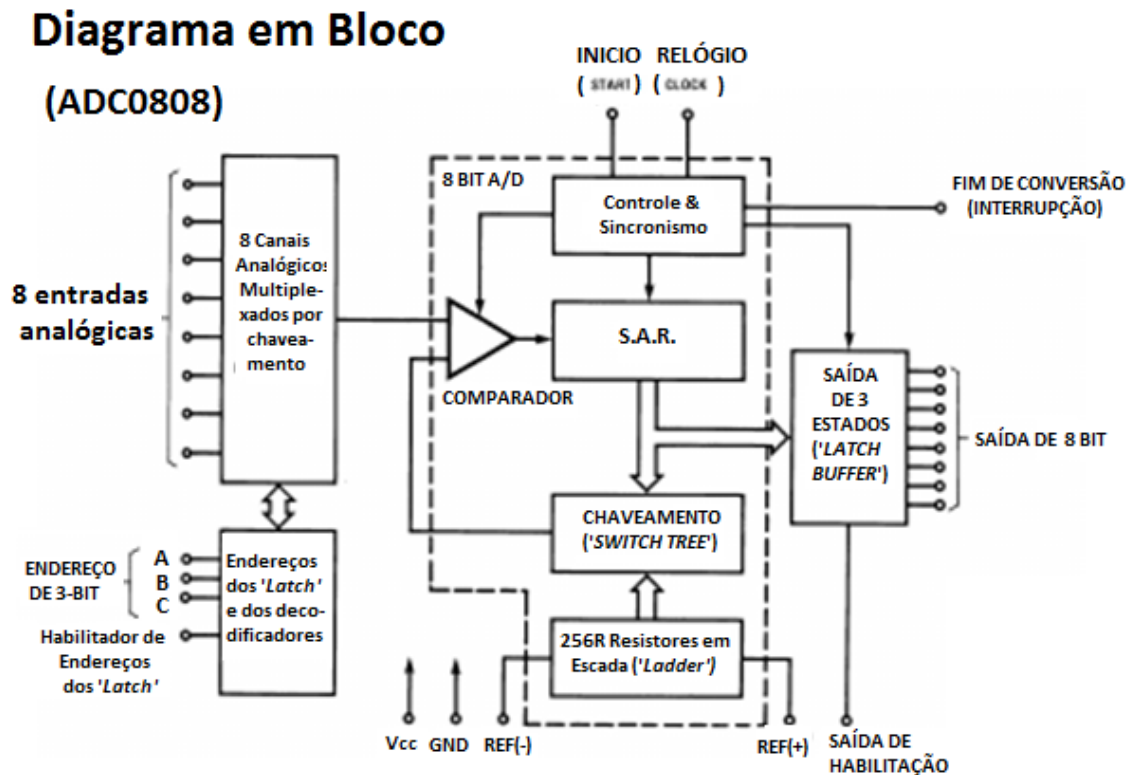
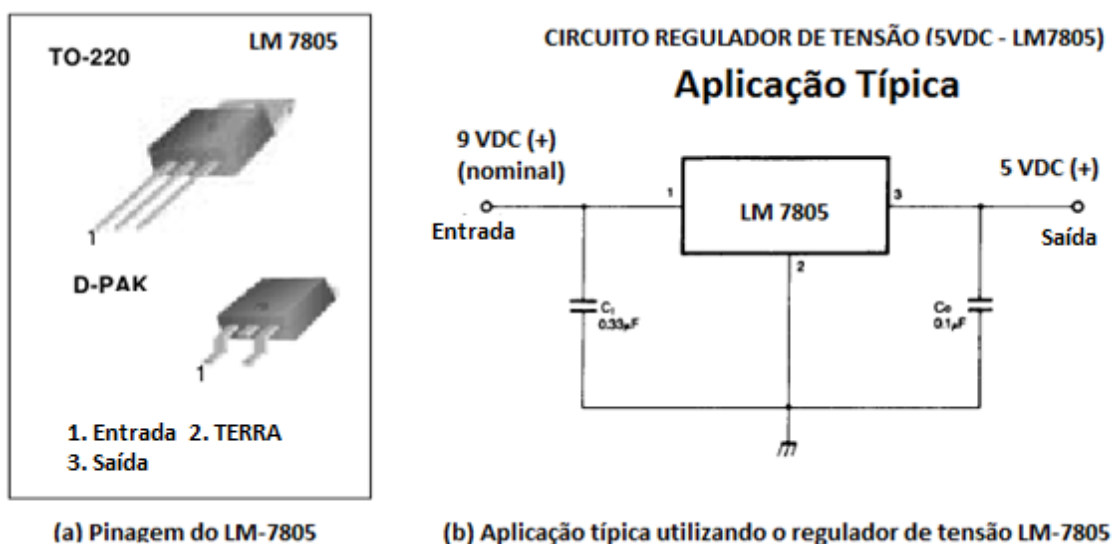


Diagrama de Conexões

CI regulador de tensão 7805

O componente 7805 é um circuito integrado (CI) regulador de tensão positivo, Figura 53. Possui três terminais e é disponibilizado no formato TO-220, podendo ser utilizado numa ampla gama de aplicações. Dependendo da dissipação de calor utilizada ele pode fornecer mais de 1A de corrente de saída. Apesar de concebido, principalmente, como reguladores de tensão fixa, este dispositivo pode ser utilizado com componentes externos para obter tensões e correntes ajustáveis. (Texas Instruments. Datasheet μ A7800 - Series Positive-Voltage Regulators., 2003).

Figura 53- CI regulador de tensão 7805.

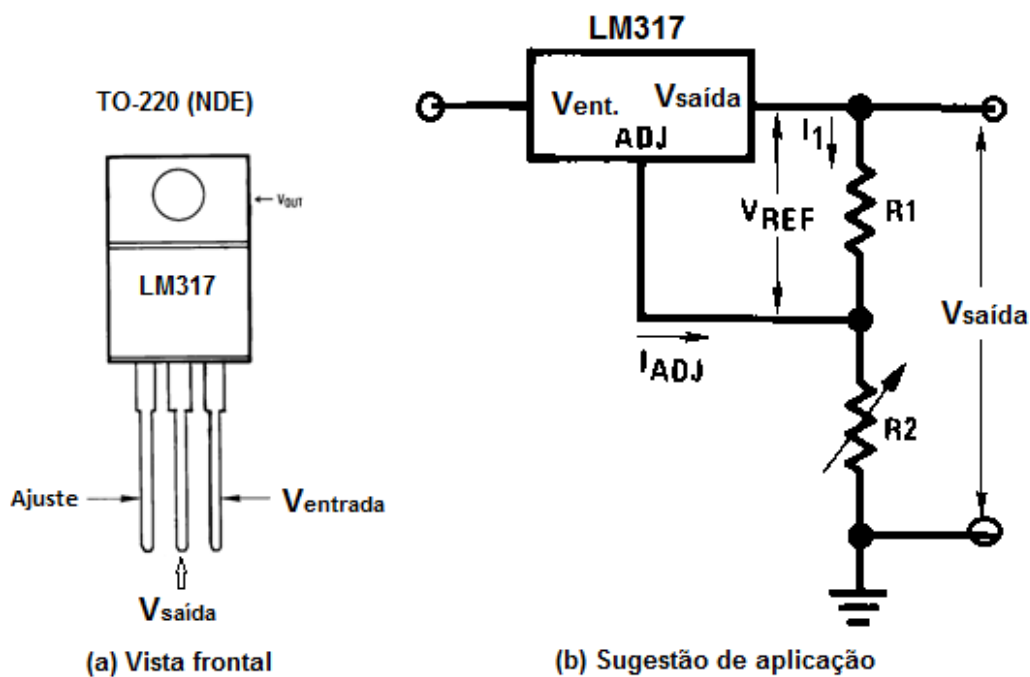


CI regulador de tensão, ajustável, LM317

O LM317 é um circuito integrado (CI) regulador de tensão positivo, com três terminais e é capaz de fornecer mais de 1,5A de corrente, num intervalo de tensão de saída de 1,2V à 37V. É um componente fácil de usar e requer apenas duas resistências externas para ajustar a saída de tensão. Além disso, é mais eficiente do que os reguladores fixos. A Figura 54 mostra a pinagem do componente M317 e uma sugestão básica para a aplicação em um circuito. (Texas Instruments. Datasheet LM317 3-

Terminal Adjustable Regulator, 2004). (Texas Instruments. Datasheet LM358 DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS, 2002)

Figura 54- CI regulador ajustável de tensão LM317



Amplificador operacional LM358

DESCRIÇÃO:

O LM358 é um circuito integrado (CI) constituído de dois amplificadores operacionais independentes e de alto ganho. Foram concebidos, especificamente, para operar a partir de uma única fonte de energia ao longo de uma vasta gama de voltagem. (Texas Instruments. Datasheet LM358 DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS, 2002). As áreas de aplicação incluem amplificador do transdutor, o ganho DC de blocos e todos os circuitos OP-AMP convencionais, que podem ser implementados em sistemas com suprimento de energia único. A Figura 55 mostra o diagrama de um circuito típico utilizando o componente LM358 e a curva de amplificação.

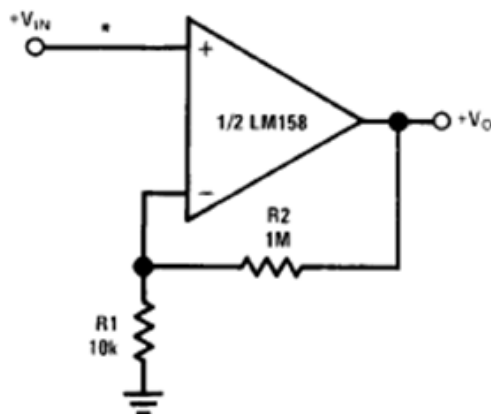
Características:

- Frequência compensada internamente pela unidade de ganho.
- Ganho alto de tensão DC: 100dB.
- Ampla faixa de alimentação de energia: 3V ~ 32V (ou $\pm 1,5V \sim 16V$).
- Drenagem de energia adequada para operação da bateria.

Figura 55 - Circuito de aplicação típica sugerida pelo datasheet do CI LM358.

Usa apenas uma fonte de energia ($V_+ = 5,0 V_{DC}$)

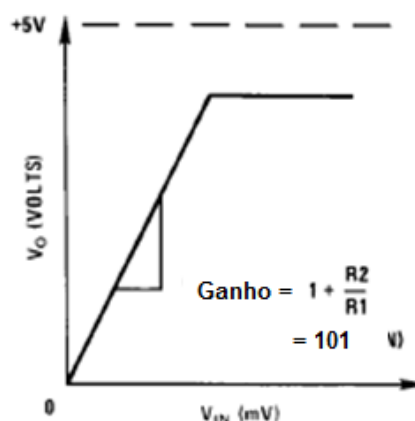
Não inverte o ganho DC (0v entrada = 0V saída)



Amplificador somador de corrente contínua (DC)
(DC Summing Amplifier)
 ($V_{IN}'s \geq 0 V_{DC}$ and $V_O \geq 0 V_{DC}$)

$V_{in} = V_{entrada}$ $V_{out} = V_{saída}$

(Exemplo para uma aplicação típica)



Amplificador de Potência

Microcontrolador MSP430

A série de microcontroladores da Texas Instruments da família MSP430 de ultra-baixo consumo de energia é composto de vários dispositivos com diferentes conjuntos de periféricos orientados para várias aplicações, a Figura 56 mostra um modelo desse componente. (Texas Instruments. Datasheet MSP430, 2011). A arquitetura, combinada com cinco modos de baixo consumo de energia é otimizado para alcançar vida útil da bateria em aplicações de medição portáteis. O dispositivo apresenta uma poderosa CPU RISC de 16 bits, registradores de 16 bits, e geradores constantes que contribuem para a máxima eficiência do código. O oscilador controlado digitalmente (DCO) permite “wake-up” a partir de modos de baixo consumo de energia

para o modo ativo em menos de 1 mS. A série MSP430G2x13 e MSP430G2x53 são microcontroladores de sinais mistos, de ultra-baixo consumo de energia com “*built-in 16-timers bits*”, até 24 pinos habilitados com toque capacitivo I / O, um comparador analógico versátil, e “*built-in*” de comunicação com capacidade de usar a interface de comunicação serial universal (USB). Além disso, os membros da família MSP430G2x53 tem um conversor analógico-para-digital de 10 bits (A / D). Aplicações típicas incluem sistemas de sensores de baixo custo que captam os sinais analógicos, converte-os para valores digitais, e, em seguida, processa os dados para exibição ou para a transmissão para um sistema hospedeiro.

Figura 56 - Microcontrolador MSP430 - Texas Instruments.



CARACTERÍSTICAS:

- Gama de Baixa Tensão de alimentação: 1,8 V a 3,6 V
- Consumo de Energia Ultra-Baixo (USCI)
 - Modo Ativo: 230 mA a 1 MHz, 2,2 V - Enhanced UART Apoio Baudrate Auto
 - Modo de espera: 0,5 mA Detection (LIN)
 - Off Mode (Retenção RAM): 0,1 mA - IrDA Encoder e Decoder
- Wake-Up Ultra-Fast do modo de espera em - I2C™
- Wake-Up Ultra-Fast do modo de espera em - I2C™, menos de 1 mS
- Comparador On-Chip para sinal analógico
- Configurações Básicas módulo de relógio • 10-Bit 200 ksps analógico-digital (A / D)
- Converter com referência interna, Sample- Frequências interna de até 16 MHz com e-

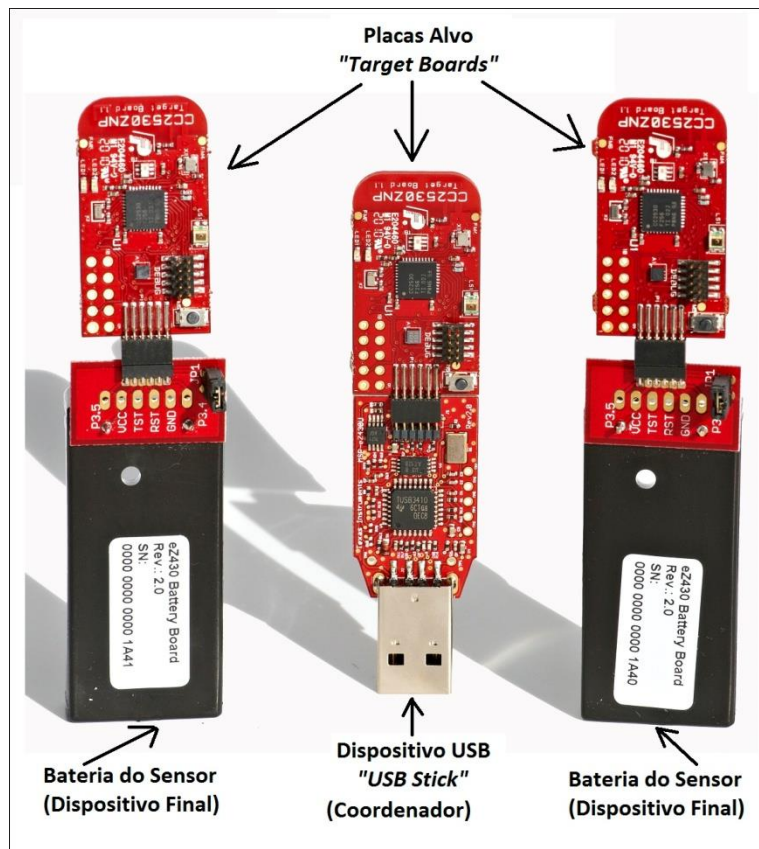
Hold e Autoscan

- Quatro Frequencias Calibradas

Ferramenta para desenvolvimento de projetos – Texas Instruments – CC2530ZNP (‘Módulo CC2530ZNP, ZigBee’).

O ‘kit’ ‘CC2530 ZigBee® Network Processor (ZNP)’ da ‘Texas Instruments’ é uma ferramenta de desenvolvimento de projetos que utiliza dispositivos pré-programados. (Texas Instruments. CC2530 Mini ZNP-MINI Kit, 2013). A Figura 57 mostra o aspecto físico desse dispositivo. Além das funcionalidades do microcontrolador este kit também tem as funcionalidades básicas para utilização do protocolo de comunicação ‘ZigBee®’ para transferência de dados via radiofrequência, com baixo custo de implementação da rede de comunicação. O hardware consiste de um dispositivo ‘ZigBee® CC2530’, pré-programado com software ZigBee® e um microcontrolador MSP430F2274 que controla o dispositivo ZigBee®. O kit de desenvolvimento demonstra exemplos de redes de sensores típicos como sensores de luz, temperatura, tensão e movimento. A unidade alvo, em forma de pendrive é ligada a entrada USB do computador e programada com um aplicativo coordenador de amostras. O coordenador irá configurar os parâmetros da rede ‘ZigBee®’. Um sistema ‘ZigBee®’ pode ter apenas um coordenador. Os sensores são alimentados por bateria nos dispositivos finais que, periodicamente, informam sua chave de dados ao coordenador. Os dispositivos também podem ser programados como roteadores. Roteadores são normalmente utilizados para estender a rede ‘ZigBee®’, uma vez que podem rotear mensagens de outros dispositivos. Os hardware para todas as placas de destino são idênticos. Cada uma das placas pode ser programada para ser roteador, coordenador, ou dispositivo final”. Este componente será designado daqui em diante como: ‘Módulo CC2530ZNP, ZigBee®’.

Figura 57 - Ferramenta de Desenvolvimento de Projetos Texas CC2530ZNP, ZigBee®
(‘Módulo CC2530ZNP, ZigBee®’).



**Ferramenta para desenvolvimento de projeto ‘LaunchPad MSP-EXP430GE’
(‘LaunchPad’).**

A *LaunchPad MSP-EXP430GE* é uma placa de circuito eletrônico (ferramenta) utilizada para desenvolvimento de projetos, interligada à computadores através de conectores USB e facilita o desenvolvimento de aplicativos para projetos baseados nos microcontroladores da série MSP430, de fabricação da Texas Instruments. (Texas Instruments. MSP430 LaunchPad Value Line Development, 2013). Disponibiliza entradas analógicas que podem ser convertidas em saídas digitais e também, entradas e saídas digitais, que podem ser programadas para exercer funções específicas estabelecidas pelos projetistas. A Figura 58 mostra o aspecto físico desta placa. Este componente será designado daqui em diante como: ‘*LaunchPad*’.

Figura 58- LaunchPad MSP-EXP430GE – ferramenta/placa de circuito eletrônico utilizada para desenvolvimento de projetos com microcontroladores da série MSP430.



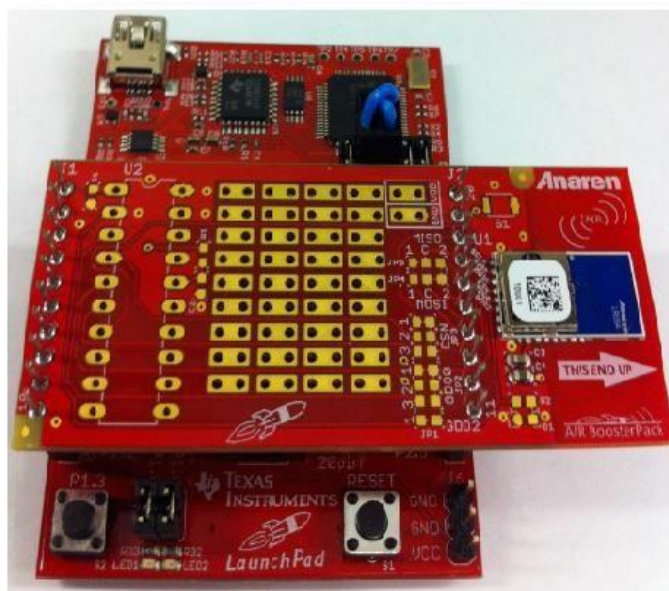
Para estabelecer o enlace de comunicação através de radiofrequência entre duas placas de desenvolvimento ‘*LaunchPad*’ foi utilizado o kit transceptor ‘*CC110L RF BoosterPack*’, que é um transceptor de baixa potência para proporcionar a interligação sem fio entre duas placas ‘*LaunchPad MSP430*’. A Figura 59 mostra uma placa ‘*CC110L RF BoosterPack*’ acoplada a uma placa ‘*LaunchPad*’.

Módulo de comunicação ‘CC110L RF BoosterPack’. (‘BoosterPack’)

O CC110L RF BoosterPack. é um kit transceptor para uso com a placa de desenvolvimento MSP-EXP430G2 Texas Instruments LaunchPad. (Texas Instruments. CC110L RF BoosterPack., 2013). Funciona como um transceptor de baixa potência, proporcionando uma interligação sem fio entre duas placas ‘*LaunchPad MSP430*’. A Figura 59 mostra uma placa ‘*CC110L RF BoosterPack*’ acoplada a uma placa ‘*LaunchPad*’. É baseado na utilização do dispositivo CC110L, inclui o módulo de rádio ‘*AnarenIntegrated Radio (AIR)*’ com antena integrada A110LR09A. Atua na Europa na

faixa de frequências de 868-870MHz e nos EUA nas bandas de frequência 902-928MHz ISM. Inclui um aplicativo de software, chamado ‘*AIR BoosterStack*’, que mostra um exemplo de rede de sensores, bem como os relatórios de status da rede. O programa ‘*AnarenBoosterPack (AIR)*’ integrado ao conjunto de rádio foi projetado para fornecer conectividade instantânea, sem fio com a ferramenta de desenvolvimentos ‘*TI LaunchPad*’. Este componente será designado daqui em diante como: ‘*BoosterPack*’.

Figura 59 - Módulo de Comunicação ‘CC110L RF BoosterPack’ integrado a placa de desenvolvimento ‘LaunchPadMSP-EXP430GE’.



ANEXOS

ANEXO A - RESULTADO DO TESTE REALIZADO NO LABORATÓRIO DE
 MODELAGEM ECOLÓGICA (LAMEC/CEM/UFPR)

(Observação: Neste anexo foram mantidos a forma de apresentação original dos dados do programa Putty. Algumas colunas de dados foram desprezadas por não ser de interesse direto da pesquisa).

Resultado de teste em: 2011.11.16 15:47:06 (4ª. Feira) (Amostragem dos dados)

Local: LAMEC/CEM/UFPR

```

===== PuTTY log 2011.11.16 15:47:06
=====
1 X: 9 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2345 S1: 158 S2: 91
2 X: 8 Y: 0 Z: 55 V: 3320 TEMP: 2353 S1: 176 S2: 75
3 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2349 S1: 174 S2: 93
4 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2349 S1: 164 S2: 68
5 X: 8 Y: 1 Z: 55 V: 3330 TEMP: 2366 S1: 196 S2: 103
6 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2370 S1: 172 S2: 68
7 X: 8 Y: 1 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2361 S1: 179 S2: 101
8 X: 9 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2366 S1: 181 S2: 84
9 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2361 S1: 166 S2: 62
10 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2361 S1: 186 S2: 105
11 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2361 S1: 197 S2: 102
12 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2366 S1: 180 S2: 99
13 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2366 S1: 197 S2: 86
14 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2370 S1: 174 S2: 82
15 X: 8 Y: 1 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2370 S1: 210 S2: 123
16 X: 8 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2370 S1: 172 S2: 72
17 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2366 S1: 206 S2: 110
18 X: 8 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2374 S1: 178 S2: 77
19 X: 8 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2374 S1: 199 S2: 90
20 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2374 S1: 191 S2: 111
21 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2370 S1: 212 S2: 125
22 X: 9 Y: 1 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2378 S1: 210 S2: 123
23 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2378 S1: 172 S2: 70
24 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2378 S1: 206 S2: 109
25 X: 9 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2378 S1: 172 S2: 68
26 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2378 S1: 208 S2: 115
27 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2378 S1: 195 S2: 76
28 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3330 TEMP: 2374 S1: 183 S2: 108
29 X: 8 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2382 S1: 175 S2: 76
30 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3325 TEMP: 2378 S1: 205 S2: 112
31 X: 8 Y: 0 Z: 54 V: 3320 TEMP: 2387 S1: 207 S2: 105
32 X: 8 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2382 S1: 212 S2: 125

```

ANEXO B - RESULTADO DO TESTE DE CAMPO REALIZADO NO MAGUE DO PEREQUÊ (CEM/UFPR)

Resultado de teste em: 17/11/2011 (Amostragem dos dados)

Local: MANGUE DO PEREQUÊ/CEM/UFPR

(Observação: Neste anexo foram mantidos a forma de apresentação original dos dados do programa Putty. Algumas colunas de dados foram desprezadas por não ser de interesse direto da pesquisa).

```
-----
-----
===== PuTTY log 2011.11.17 16:49:10
=====
0 X: 0 Y: 0 Z: 0 V: 3325 TEMP: 3795 S1: 8 S2: 124
1 X: 7 Y: 2 Z: 55 V: 3325 TEMP: 3779 S1: 213 S2: 82
2 X: 7 Y: 2 Z: 56 V: 3325 TEMP: 3783 S1: 219 S2: 102
3 X: 6 Y: 2 Z: 56 V: 3325 TEMP: 3223 S1: 203 S2: 95
4 X: 9 Y: 3 Z: 51 V: 3325 TEMP: 3787 S1: 215 S2: 80
5 X: 7 Y: 2 Z: 56 V: 3325 TEMP: 3816 S1: 230 S2: 61
6 X: 7 Y: 1 Z: 56 V: 3325 TEMP: 3833 S1: 239 S2: 74
7 X: 7 Y: 1 Z: 56 V: 3325 TEMP: 3883 S1: 208 S2: 71
8 X: 7 Y: 1 Z: 56 V: 3325 TEMP: 3900 S1: 216 S2: 81
9 X: 7 Y: 1 Z: 56 V: 3325 TEMP: 3908 S1: 222 S2: 99
10 X: 8 Y: 1 Z: 56 V: 3325 TEMP: 3929 S1: 227 S2: 59
11 X: 8 Y: 0 Z: 56 V: 3325 TEMP: 3967 S1: 246 S2: 89
12 X: 8 Y: 1 Z: 56 V: 3320 TEMP: 3967 S1: 249 S2: 101
13 X: 8 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 3984 S1: 44 S2: 135
14 X: 9 Y: 1 Z: 55 V: 3325 TEMP: 4000 S1: 52 S2: 147
15 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 4009 S1: 41 S2: 96
16 X: 8 Y: 1 Z: 55 V: 3325 TEMP: 4034 S1: 224 S2: 55
17 X: 8 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 3967 S1: 32 S2: 100
0 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2989 S1: 208 S2: 105
1 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2830 S1: 199 S2: 97
2 X: 8 Y: 0 Z: 56 V: 3325 TEMP: 1860 S1: 171 S2: 92
3 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2667 S1: 215 S2: 95
4 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 3068 S1: 212 S2: 80
5 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2947 S1: 159 S2: 83
0 X: 9 Y: 1 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2579 S1: 151 S2: 73
1 X: 9 Y: 0 Z: 56 V: 3325 TEMP: 2554 S1: 142 S2: 59
2 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2696 S1: 162 S2: 50
3 X: 9 Y: 1 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2533 S1: 206 S2: 79
4 X: 8 Y: 0 Z: 55 V: 3320 TEMP: 2550 S1: 182 S2: 113
5 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3320 TEMP: 2537 S1: 195 S2: 71
6 X: 9 Y: 0 Z: 55 V: 3325 TEMP: 2525 S1: 200 S2: 87
7 X: 9 Y: 0 Z: 56 V: 3325 TEMP: 2512 S1: 182 S2: 93
8 X: 8 Y: 0 Z: 56 V: 3325 TEMP: 2537 S1: 222 S2: 134
```

ANEXO C - DADOS NO FORMATO ORIGINAL (ARQUIVO TXT)

Dados no formato original (arquivo txt), obtidos no link do site do perequê:
http://www.pereque.serw5.com/29_11_2012medias.txt

Link dos dados: http://www.pereque.serw5.com/29_11_2012medias.txt

Temperatura °C	Desprezar	Sensor Pressão(V)	Painel Solar (V)	Data	Horário
25,662067	3,974572	3,191183	0,021379	29/11/2012	00:08:13
25,654786	2,670751	3,201902	0,022982	29/11/2012	00:08:17
25,357617	2,260054	3,186246	0,020568	29/11/2012	00:29:11
25,184689	3,062043	3,190185	0,022595	29/11/2012	00:29:15
25,317932	2,485049	3,179701	0,007004	29/11/2012	00:50:08
25,343956	0,713447	3,184254	0,004827	29/11/2012	00:50:12
25,208529	2,404451	3,197438	0,007653	29/11/2012	01:11:05
25,226344	0,506903	3,171749	0,017758	29/11/2012	01:11:09
24,956043	2,598855	3,187626	0,005380	29/11/2012	01:32:02
25,115681	1,800891	3,180062	0,022812	29/11/2012	01:32:06
24,954471	4,220037	3,161306	0,010777	29/11/2012	01:52:59
25,929255	2,881968	3,177135	0,004829	29/11/2012	01:53:03
24,906907	1,843872	3,167397	0,018000	29/11/2012	02:13:57
25,127729	1,089732	3,147733	0,009258	29/11/2012	02:14:01
24,741353	2,547239	3,160427	0,006704	29/11/2012	02:34:54
24,768529	0,444581	3,157881	0,008351	29/11/2012	02:34:58
24,678892	1,197936	3,163424	0,025168	29/11/2012	02:55:50
24,579658	2,221243	3,141391	0,024512	29/11/2012	02:55:54
24,622204	2,082354	3,175983	0,014553	29/11/2012	03:16:46
24,563097	1,459488	3,127727	0,016947	29/11/2012	03:16:50
24,397191	2,634642	3,137427	0,012138	29/11/2012	03:37:44
24,806967	1,024028	3,210524	0,006143	29/11/2012	03:37:48
24,347847	3,049607	3,137255	0,011473	29/11/2012	03:58:41
24,434426	0,532684	3,144970	0,020117	29/11/2012	03:58:45
24,371577	2,633886	3,144311	0,006131	29/11/2012	04:19:37
24,212337	0,477346	3,130696	0,010369	29/11/2012	04:19:41
24,291734	3,460188	3,125953	0,015127	29/11/2012	04:40:34
24,098876	2,466357	3,123755	0,022568	29/11/2012	04:40:38
24,140111	0,850534	3,125926	0,020827	29/11/2012	05:01:31
24,131466	0,927546	3,124151	0,018403	29/11/2012	05:01:35
23,513686	4,183279	3,212358	0,014438	29/11/2012	05:22:28
22,578410	2,808552	3,075416	0,012113	29/11/2012	05:22:32
24,066624	2,737120	3,094008	0,512662	29/11/2012	05:43:24
24,104052	0,368018	3,173919	0,510318	29/11/2012	05:43:28
23,899328	4,041623	3,101934	2,015998	29/11/2012	06:04:23
23,892721	2,418721	3,104153	2,035715	29/11/2012	06:04:27
23,507131	3,739837	3,097794	3,498539	29/11/2012	06:25:19
23,717290	2,431551	3,076132	3,516726	29/11/2012	06:25:23
23,757765	1,896514	3,106756	3,817627	29/11/2012	06:46:15
23,835897	4,136602	3,125252	3,817932	29/11/2012	06:46:19

Observação: Devido à problemas neste site, posteriormente migrou-se para um novo servidor da WEB, acessado através do link: : <http://pereque.hostzi.com/>.