

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MURILO RAMPINELLI DA ROLT

**MONITORAMENTO E COLETA DE GRANDEZAS FÍSICAS NOS EFLUENTES
GERADOS PELO PROCESSO DE PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ COM A
UTILIZAÇÃO DE WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)**

CRICIÚMA

2015

MURILO RAMPINELLI DA ROLT

**MONITORAMENTO E COLETA DE GRANDEZAS FÍSICAS NOS EFLUENTES
GERADOS PELO PROCESSO DE PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ COM A
UTILIZAÇÃO DE WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção de grau de Bacharel no curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Rogério Antônio Casagrande

CRICIÚMA

2015

MURILO RAMPINELI DA ROLT

**MONITORAMENTO E COLETA DE GRANDEZAS FÍSICAS NOS EFLUENTES
GERADOS PELO PROCESSO DE PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ COM A
UTILIZAÇÃO DE WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Redes de Computadores.

Criciúma, 23 de Junho de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Rogério Antonio Casagrande - Mestre – (UNESC) - Orientador

Prof. Paulo João Martins - Mestre – (UNESC)

Prof. Valter Blauth Junior - Especialista – (UNESC)

Dedico este trabalho às pessoas que me ensinaram os valores que pretendo levar para a vida toda.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais pela dedicação, carinho e educação que me deram, sempre me motivando a buscar conhecimento e a preservar a humildade e a honestidade. Sem o apoio deles não teria chego a este momento.

Agradeço também as minhas irmãs, que me ajudaram sempre que precisei e que compreenderam muitas vezes minha falta de tempo e de atenção, minhas mudanças de humor repentinas.

Agradeço a minha namorada, que entendeu e me apoiou em momentos em que não pude estar presente, que soube compreender que era para um bem maior.

Agradeço meus amigos, meus colegas de classe e de trabalho, que me trouxeram descontração em momentos difíceis e ideias em momentos de dúvida.

Agradeço ao meu orientador Rogério Antônio Casagrande que acreditou e apoio minhas ideias, que me mostrou caminhos a seguir nos momentos em que a duvida imperava. Ao engenheiro ambiental Lucas de Oliveira Possamai Della, que colaborou não só com informações técnicas, mas também com ideias e palavras de incentivo.

Também agradeço a todos que fizeram parte desde projeto e deste momento da minha vida, que contribuíram, ainda que de forma singela, para a realização deste trabalho. Muito obrigado.

“Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe provando o contrário.”

Albert Einstein

RESUMO

A automatização de processos dentro da indústria é algo que fica mais comum a cada dia, desde sistemas de gerenciamento até a utilização de robôs para produção, esta automatização se dá pela necessidade de aprimorar processos, minimizar erros, aumentar o rendimento e diminuir custo com mão de obra. Perante este cenário, uma tecnologia que vem ganhando espaço é a utilização de Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) através da tecnologia ZigBee pelo fato de ser possível enviar informações de cada nó da rede através de antenas de rádio e alimentá-los a partir de baterias, sendo que uma RSSF não carece de infraestrutura para seu funcionamento. Na indústria alimentícia, a industrialização do arroz possui grande importância, sendo que o arroz é um dos alimentos mais consumidos em todo o mundo, ele possui muitas variedades e diferentes processos de industrialização, o processo de parboilização é o mais comum devido ao seu baixo custo, aumento do valor nutritivo e maior aproveitamento do grão, aumentando a produção. O processo de parboilização se dá por um processo hidrotérmico, no qual o arroz em casca é imerso em água potável, com temperatura superior a 58°C, seguido de gelatinização parcial ou total do amido e de secagem. Porém, este processo gera um efluente de temperatura elevada, com fator pH baixo e rico em matéria orgânica que precisa ser resfriado e tratado para que possa ser liberado na natureza novamente. Cabe aos órgãos ambientais determinar os parâmetros que precisam ser alcançados com este tratamento para que não prejudique o meio ambiente, estes parâmetros precisam ser medidos, sejam eles com análises laboratoriais periódicas, ou com medições diárias, como é o caso da temperatura do efluente e do seu nível de pH, que precisam ser coletados e repassados aos órgãos ambientais responsáveis e são os fatores abordados neste trabalho. Sendo assim, esta pesquisa se dispôs a construir uma RSSF para automatizar a coleta do pH e da temperatura do efluente na entrada e na saída dos tanques da estação de tratamento da indústria de arroz da Cooperativa Agropecuária de Jacinto Machado (COOPERJA), disponibilizando estes dados em uma interface de consulta e gerando alertas caso as leituras feitas estejam desrespeitando os parâmetros legais definidos pelo órgão ambiental.

Palavras-chave: Rede de sensor sem fio. Arduino. Tratamento de efluente. Parboilização de arroz.

ABSTRACT

The automation processes inside of the industry is something that is more common every day, start from management systems until robots for production, this automation comes from the need to improve processes, reduce errors, increase the production and reduce cost hand of work. Basing on this background, a technology that is becoming popular is the use of Wireless Sensor Networks (WSN) using the ZigBee technology by being able to send information to each node of the network through radio antennas and feed them from batteries, and a WSN do not need an infrastructure for the operation. In the food industry, the industrialization of rice has large importance, and the rice is one of the most consumed foods in the whole world, it has many types of manufacturing to produce rice, the parboiling process is the most common due to its low cost , higher nutritional value and improved utilization of the grain, increasing production. The parboiling process is a hydrothermal process when the paddy rice is immersed in potable water with temperature above 58°C, followed by partial or complete starch gelatinization and drying. However, this process produce an effluent with high temperature, low pH factor and rich in organic matter which needs to be cooled and treated before it can be released again in nature. The environmental agencies has the responsibility to determine the parameters that need to be achieved with this treatment for not provoke damage to the environment, these parameters need to be measured, either with periodic laboratory tests, or measurements daily, which is the case of the temperature and pH level to this effluent, that need to be collected and passed on to responsible environmental agencies and are the factors discussed in this paper. So, this study set out to build a WSN to automate the collection the pH and the temperature of effluent at the inlet and outlet of the tanks of the rice industry of the treatment plant of the Agricultural Cooperative of Jacinto Machado (COOPERJA), providing this informations in a query interface and makes alerts if the readings are disrespecting the legal parameters set by the environmental agency.

Keywords: Wireless sensor network. Effluent treatment. Rice parboiling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Formas de energia num sensor	25
Figura 2 - Variação de uma grandeza física em um sensor analógico.....	26
Figura 3 - Leitura da posição de um objeto por um encoder incremental.....	27
Figura 4 - Escala de pH.....	29
Figura 5 - Detalhes de um medidor de pH.....	30
Figura 6 - Rede de sensores sem fio	32
Figura 7 - Camadas Definidas no Modelo IEEE802.15.4.....	33
Figura 8 - Topologia Estrela e Ponto-a-Ponto	36
Figura 9 - Microcontrolador PIC16F84A.....	38
Figura 10 – Arduino UNO.....	40
Figura 11 - Posicionamento dos nós sensores.....	53
Figura 12 - Hardware do nó coordenador.....	54
Figura 13 - Hardware do nó sensor de entrada e saída.....	55
Figura 14 - Hardware dos nós roteadores.....	56
Figura 15 - Configuração do nó coordenador.....	58
Figura 16 - Configuração dos nós roteadores	59
Figura 17 - Configuração do nó sensor de entrada.....	60
Figura 18 - Configuração do nó sensor de saída.	61
Figura 19 - Coleta de amostras e leituras no processo atual	64
Figura 20 - Tanque de entrada da estação	65
Figura 21 - Tanque de saída da estação.....	65
Figura 22 - Nó sensor instalado no tanque de entrada da estação.....	66
Figura 23 - Nó sensor instalado no tanque de saída da estação.	67
Figura 24 - Configuração da aplicação servidor	70
Figura 25 - Visualização das leituras no gráfico.....	71
Figura 26 - Visualização das leituras no relatório.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de Parâmetros e Padrão de Emissão.....	45
Tabela 2 – Leituras no tanque de entrada.....	68
Tabela 3 – Leituras no tanque de saída.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.C.	Antes de Cristo
ANSI	American National Standards Institute
AP	Access Point
API	Application Programming Interface
BSS	Basic Service Set
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COOPERJA	Cooperativa Agropecuária de Jacinto Machado
ESS	Extended Service Set
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
EUA	Estados Unidos da America
FEM	Força Eletromotriz
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
IDE	Integrated Development Environment
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IP	Internet Protocol
IRDA	Infrared Data Association
IV	Infrared Radiation
JSF	Java Server Faces
KBPS	Kilobytes por Segundo
LAN	Local Area Network
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LTE	Long Term Evolution
MAC	Media Access Control
MANET	Mobile Ad Hoc Network
OHA	Open Handset Alliance
PAN	Personal Area Network
PDA	Personal Digital Assistant
PIC	Programmable Interface Controller
RAM	Random Access Memory
RFID	Identificação por Rádio Frequência

RSSF	Rede de Sesor Sem Fio
SDK	Software Development Kit
SIG	Special Interest Group
SMP	Sensor Management Protocol
SO	Sistema Operacional
SQDDP	Sensor Query and Data Dissemination Protocol
SQTL	Sensor Query and Task Language
TADAP	Task Assignment and Data Advertisement Protocol
VoIP	Voz sobre IP
WAN	Wide Area Network
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2 REDES DE COMPUTADORES	17
2.1 REDES WIRELESS.....	17
2.1.2 Infravermelho	20
2.1.2 Bluetooth	21
2.1.3 Wireless LAN	22
2.1.4 Wireless WAN	23
3 SENSORES	25
3.1 SENSORES ANALÓGICOS.....	25
3.2 SENSORES DIGITAIS	26
3.3 TRANSDUTOR	27
3.4 SENSOR DE TEMPERATURA	28
3.5 SENSORES DE PH.....	29
4 REDES DE SENSORES SEM FIO (RSSF)	31
4.1 IEEE 802.15.4	32
4.1.1 Camadas	33
4.2 TOPOLOGIA	36
5 MICROCONTROLADORES	37
5.1 PIC	37
5.2 ARDUINO	39
6 EFLUENTES	41
6.1 TRATAMENTOS DE EFLUENTES	41
6.1.1 Tratamento de efluentes resultantes do processo de parboilização do arroz	41
6.1.2 Legislação	43
7 TRABALHOS CORRELATOS	46
7.1 REDES DE SENSORES SEM FIO ZIGBEE APLICADA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	46

7.2 ARQUITETURA PARA A INTEGRAÇÃO ENTRE IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA E REDE DE SENSORES SEM FIO PARA RASTREAMENTO DE ANIMAIS.....	46
7.3 RASTREABILIDADE BOVINA: UTILIZANDO PLATAFORMA ZIGBEE	47
7.4 REDE DE SENSORES SEM FIO DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL.....	47
7.5 COMPUTATIONAL INTELLIGENCE APPLIED TO WILDFIRE PREDICTION USING WIRELESS SENSOR NETWORKS.....	48
8 MONITORAMENTO E COLETA DE GRANDEZAS FÍSICAS NOS EFLUENTES GERADOS PELO PROCESSO DE PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ COM A UTILIZAÇÃO DE WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN).....	49
8.2 METODOLOGIA.....	49
8.2.1 Escolha do Hardware.....	50
8.2.2 Definição dos Pontos de Coleta.....	52
8.2.3 Integração entre Hardware e Software	56
8.2.4 Recepção dos dados.....	62
8.2.5 Interface para Exibição das Informações Coletadas.....	62
8.3 TESTES REALIZADOS.....	64
8.4 RESULTADOS OBTIDOS	67
9 CONCLUSÃO	72

1 INTRODUÇÃO

A água está tornando-se um bem de consumo de custos crescentes e cada vez mais escasso. A reserva de água doce existente no Brasil é a maior do planeta, aproximadamente 8% de toda a água doce disponível. Apesar disso, muitos locais ainda não possuem a água com características de potabilidade adequadas às necessidades do consumo humano, visto que 80% da reserva de água brasileira está na Amazônia, que abriga apenas cerca de 5% da população do país; e os 20% abastece os 95% restantes da população (GRASSI, 2001).

Desde os primórdios da humanidade, o homem lança seus detritos nas águas. Até a Revolução Industrial, esse procedimento não demonstrava problemas, já que os rios, lagos e oceanos possuem grande poder de purificação, consumindo a poluição lançada. Com a industrialização e o crescimento da população, esta situação começou a causar grandes problemas. A poluição das águas realizada pela ação das indústrias é causada, principalmente pela liberação de compostos orgânicos e inorgânicos nos cursos hídricos. A água utilizada para o resfriamento de equipamentos nas fábricas e para processos de cozimento ou fervura, quando lançada nos rios ainda quente, com seu pH alterado causa sérios problemas de poluição, onde faz aumentar a temperatura da água do rio, altera o nível de acidez e alcalinidade, provocando a eliminação de algumas espécies de peixes, a proliferação excessiva de outras e, em alguns casos, a destruição de todas (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008).

O avanço ocorrido nas últimas décadas na área de microprocessadores, equipamentos de sensoriamento, sistemas eletromecânicos e comunicação sem fio tem incentivado o desenvolvimento de equipamentos e softwares em áreas ligadas a processos físicos, químicos, biológicos, dentre outros (LOUREIRO et al, 2003).

Os nós ou sensores de uma rede são limitados em relação ao consumo de energia, capacidade de processamento computacional e memória, enquanto que os nós das redes ad hoc (é uma rede sem fio em que todos dispositivos comunicam entre si, sem um ponto para se conectarem como uma rede wireless convencional onde todos dispositivos se conectam a um roteador) normalmente são mais robustos.

Estes sensores, quando utilizados em uma rede, formam uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF), normalmente elas possuem um grande número de nós.

Cada um desses nós pode ser equipado com uma grande variedade de sensores, tais como infravermelho, calor, temperatura, umidade, presença, acelerômetro e pressão. Estes nós são organizados em grupos, onde pelo menos um deles deve ser capaz de detectar e coletar algum evento no local, processar o dado coletado e decidir se deve fazer ou não enviar o resultado para os outros nós.

As RSSF podem ser vistas como um tipo especial de *Mobile Ad hoc Network* (MANET). No entanto, a MANET tem como função básica prover um suporte à comunicação entre esses elementos computacionais, que individualmente, podem estar executando tarefas distintas. Por outro lado, RSSF tendem a executar uma função colaborativa onde os elementos (sensores) provêm dados, que são processados (ou consumidos) por nós especiais chamados de sorvedouros (LOUREIRO et al, 2003).

As RSSF utilizam dispositivos com protocolos de comunicação, como o *ZigBee*/IEEE 802.15.4, um padrão que define um conjunto de protocolos de comunicação para redes de sensor sem fio, que são de custo muito baixo, baixa taxa de transmissão e pouco gasto de energia. Devido a essas características o *ZigBee* tem sido amplamente utilizado em várias aplicações que necessitam de redes de sensores sem fio (SILVA, 2011) tais como: comercial, industrial, militar, ambiental e saúde. E aplicações mais específicas, por exemplo, no monitoramento de uma estação de tratamento de esgoto (TOSE, 2012), no monitoramento de animais (PEREIRA, 2007), monitoramento de rebanhos bovinos (SOUZA, 2014), monitoramento ambiental (SILVA; FRUETT, 2010), previsão de incêndios florestais (GASULL et al., 2011, tradução nossa), entre outras.

Conforme as informações citadas acima, o projeto propõe um software para monitorar uma estação de tratamento de efluentes, onde o monitoramento será feito a partir da distribuição de sensores pelos tanques da estação, para capturar informações de temperatura e pH do efluente antes do tratamento, e também monitorando o efluente já tratado que é liberado no meio ambiente.

Os dados que os nós sensores captarem serão passados pela rede de sensores até um nó coordenador, e dele para um computador, o qual tratará a informação e a tornará disponível em uma aplicação *web*, pela qual será possível fazer o monitoramento dos efluentes gerados a partir do processo de parboilização do arroz e também após passar pelo processo de tratamento dos mesmos, gerando alertas, gráficos e relatórios em tempo real.

1.1 OBJETIVO GERAL

Monitorar e coletar grandezas físicas nos efluentes gerados pelo processo de parboilização do arroz por meio de redes sem fio utilizando padrões IEEE 802.15.4 e ZigBee.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos desta pesquisa pretende-se:

- a) compreender e aplicar o funcionamento de redes de sensores sem fio;
- b) compreender e aplicar os protocolos de comunicação *ZigBee*;
- c) implementar uma RSSF utilizando os conhecimentos obtidos sobre redes de sensores sem fio e protocolos de comunicação *ZigBee*;
- d) desenvolver uma aplicação web de monitoramento de grandezas físicas nos efluentes gerados pelo processo de parboilização do arroz;
- e) aplicar testes de validação nos dados obtidos pela aplicação comparando com os dados obtidos por outros sensores convencionais.

1.3 JUSTIFICATIVA

Recentemente, a população mundial atingiu a incrível marca de 7 bilhões de habitantes. A previsão para o ano de 2050 é que este número alcance 9 bilhões. Estimativas revelam a necessidade de produzir, nos próximos 40 anos, a mesma quantidade de alimentos produzida nos últimos 8.000 anos. Este é o grande desafio para a agricultura mundial: produzir alimentos, fibras e energia suficientes para atender a demanda desta crescente e, cada vez mais, exigente população (CASARIN, 2012).

Milhões de pessoas em todo mundo dependem do arroz na alimentação básica. Uma quebra de safra, por qualquer motivo, representa uma real ameaça de fome generalizada (TEBEEEST; GUERBER; DITMORE, 2007, tradução nossa).

A parboilização tem se tornado um dos mais importantes processos de beneficiamento do arroz. Segundo Amato e Silveira (1991), em nível de exportações, o arroz parboilizado participa em cerca de 50% deste comércio.

A legislação brasileira define a parboilização como sendo o processo hidrotérmico, no qual o arroz em casca é imerso em água potável com temperatura acima de 58°C, seguido de uma gelatinização parcial ou total do amido e secagem (BRASIL, 1988). Este procedimento da imersão do arroz em água é chamado maceração e encharcamento (GARIBALDI, 1974, tradução nossa; SILVA, 1980; AMATO e SILVEIRA, 1991).

Novas maneiras de pensar e de conviver estão sendo elaboradas no mundo das telecomunicações e da informática. As relações entre os homens, o trabalho, a própria inteligência dependem, na verdade, da metamorfose incessante de dispositivos tecnológicos de todos os tipos (LÉVY, 1993).

Conforme Akyildiz (2002, tradução nossa), as tecnologias de comunicação sem fio e aparelhos eletrônicos digitais permitiram o desenvolvimento de baixo custo, baixo consumo de energia, nós sensores multifuncionais que são pequenos em tamanho e se comunicam sem fio em curtas distâncias. Estes minúsculos nós sensores, que consistem em sensoriamento, processamento de dados e componentes de comunicação, alavancam a ideia de redes de sensores com base na colaboração de um grande número de nós.

Essas redes de sensores sem fio são implementadas seguindo um protocolo de comunicação. O *ZigBee* tem sido amplamente utilizado em várias aplicações que necessitam de redes de sensores sem fio porque possuem baixa taxa de transmissão e curto alcance (SILVA, 2011).

Redes de sensores sem fio possuem uma ampla possibilidade de utilização na indústria, devido a sua capacidade de enviar informações de um sensor a outro sem a necessidade de ligação cabeada ou de um dispositivo central para receber todas as informações, como no caso das redes wireless convencionais. Esta característica permite o monitoramento de grandes áreas, pois precisa somente que cada sensor esteja a uma distância suficiente para comunicar-se com o próximo nó.

O Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), órgão subordinado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, através da resolução CONSEMA Nº 128/2006, classifica as atividades geradoras de efluentes líquidos, levando em conta a natureza da atividade e a condição atual das águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul. Para que possa utilizar e liberar recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul, a indústria precisa de uma Licença de Operação, emitida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), que fornece uma

tabela de valores físico químicos de referência, para que o efluente possa ser liberado no meio ambiente, sendo os principais, a temperatura da água e o pH, que influenciam diretamente no ecossistema local, estes parâmetros precisam ser medidos diariamente e informados à FEPAM (CONSEMA, 2006).

Considerando que o controle das grandezas físicas dos efluentes gerados pelo processo industrial de parboilização de arroz, como temperatura e pH, são de suma importância para o meio, o monitoramento destas grandezas permite analisar o tipo de efluente gerado e o resultado do processo de tratamento, possibilitando a identificação da real eficiência do tratamento aplicado, permitindo que a água utilizada no processo seja devolvida à natureza o mais próximo possível de sua condição natural, criando um ponto de equilíbrio entre a produção industrial e a gestão dos recursos hídricos utilizados no processo.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está subdividido em nove capítulos, no capítulo 1 uma breve descrição sobre o trabalho desenvolvido, onde é possível tomar conhecimento do objetivo geral e dos objetivos específicos, como também saber qual é a justificativa para a realização deste trabalho.

O segundo capítulo aborda uma visão sobre redes de computadores, sua história e suas subdivisões, explicando suas principais características.

No terceiro capítulo são apresentados os sensores, suas tecnologias, seus principais modelos e sua importância no ambiente industrial.

O quarto capítulo aborda as RSSF, sua história, seus padrões, suas vantagens e aplicações e todo o levantamento teórico referente à sua utilização.

O quinto capítulo trata sobre os microcontroladores, sua larga utilização no mercado e suas vantagens.

O sexto capítulo aborda a área de efluentes, o processo de tratamento do efluente, as características do efluente gerado no processo de parboilização do arroz e a legislação vigente para a liberação deste efluente no meio ambiente.

A descrição de trabalhos correlatos que possuem relacionamento com este trabalho está no sétimo capítulo.

No oitavo capítulo o desenvolvimento da RSSF para coleta das grandezas físicas nos efluentes gerados pelo processo de parboilização do arroz pode ser

conhecido. A metodologia que foi aplicada no desenvolvimento e seus fatores, foram abordados juntamente com os resultados aqui obtidos no trabalho.

O último capítulo deste trabalho, nove, fornece as conclusões de todo o desenvolvimento realizado, desde conhecimentos obtidos até as dificuldades encontradas. Pode-se também ao último parágrafo, conhecer as propostas de trabalhos futuros a serem realizados.

2 REDES DE COMPUTADORES

Pode ser chamada de rede de computadores quando há pelo menos dois ou mais computadores e outros dispositivos interligados entre si por um subsistema de comunicação, de modo que podem compartilhar recursos físicos e lógicos, como por exemplo: dados, impressoras, mensagens, dentre outros (MENDES, 2007).

Fisicamente, uma rede de computadores consiste em, no mínimo, dois computadores e um meio de comunicação entre eles. Quanto ao software, é requerido programas controladores dos periféricos e um programa de comunicação que gerencie os periféricos e outros recursos na máquina. Em redes mais complexas, são empregadas as mais variadas técnicas para interligar desde poucas máquinas em um mesmo local (uma rede local) até milhões de máquinas espalhadas pelo planeta (ex. a rede mundial de computadores, a Internet) (CARMONA; HEXSEL, 2005).

O que difere uma rede de computadores das demais redes existentes é a sua generalidade, ou seja, as redes de computadores são montadas a partir de um hardware programável de uso geral, e não são otimizadas para um objetivo específico, como fazer ligações telefônicas ou envio de sinais de televisão. Ao contrário disso, as redes de computadores são capazes de transportar muitos tipos de dados diferentes, oferecendo suporte a uma grande e crescente variedade de aplicações (PETERSON; DAVIE, 2004).

Segundo Tanenbaum (2003), as redes de computadores podem ser classificadas por seu meio de transmissão, podendo ser transmitida de forma guiada, ou seja, utilizando de cabeamentos para fazer a conexão entre os dispositivos, como por exemplo, os cabos de par trançado, coaxiais, fibras ópticas, como também os não guiados, onde pode ser transmitido através de ondas de rádio, micro ondas de satélite, infravermelho, ou seja, sem a necessidade de cabeamento para interconectar os dispositivos na rede, essas redes são conhecidas também como redes *wireless*.

2.1 REDES WIRELESS

Durante os últimos anos, o mundo passou a acompanhar o surgimento de pessoas totalmente viciadas em informações: pessoas que precisam estar

permanentemente *on-line*. Para esses usuários móveis, o par trançado, o cabo coaxial e a fibra óptica não têm a menor utilidade. Eles precisam transferir dados para seus computadores *laptop*, *notebook*, *palmtop*, de bolso ou de pulso sem depender da infraestrutura de comunicação terrestre (TANENBAUM, 2003).

A palavra *wireless* significa sem fio (*wire*: fio, cabo; *less*: sem). Se houver a comunicação entre pelo menos dois dispositivos sem a utilização de fios ou cabos, existe uma comunicação sem fio (RAPPAPORT, 2009).

A comunicação digital sem fios não é uma ideia nova. Em 1901, o físico italiano Guglielmo Marconi demonstrou como funcionava um telégrafo sem fio que transmitia informações de um navio para o litoral por meio de código Morse (afinal de contas, os pontos e traços são binários). Os modernos sistemas digitais sem fios têm um desempenho melhor, mas a ideia básica é a mesma (TANENBAUM, 2003).

As conexões wireless são uma tecnologia em rápida evolução para a conexão dos mais variados dispositivos. As possibilidades de montagem de redes sem fio são quase infinitas, variando desde sinais infravermelho e Bluetooth dentro de um único prédio até a construção de uma rede global a partir de uma grade de satélites em órbitas baixas (PETERSON; DAVIE, 2004).

Com a popularização das conexões sem fio, várias empresas passaram a produzir soluções wireless, mas, com isso também surgiu um novo problema, a compatibilidade destes equipamentos, onde muitos padrões diferentes foram criados, significando que um dispositivo equipado com um rádio de marca X não funcionaria em uma sala equipada com rádio de marca Y. Com este impasse, a indústria decidiu que a padronização da conexão sem fio seria a melhor solução, este papel foi desempenhado pelo Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), uma organização profissional sem fins lucrativos, fundada nos Estados Unidos. Além de promover conhecimento no campo da engenharia elétrica, eletrônica e computação, o IEEE tem grande papel no estabelecimento de padrões para formatos de computadores e dispositivos, onde estabeleceu protocolos padrões de conexões sem fio para garantir que equipamentos de diferentes fabricantes pudessem trocar informações entre si (IEEE, 2014, tradução nossa).

As redes sem fio podem ser classificadas conforme sua extensão geográfica, ou seja, a sua área de alcance conforme descritos abaixo:

- a) *Wireless Personal Area Network* (WPAN): é uma rede pessoal sem fio para interligar dispositivos centrados na área de trabalho de uma

pessoa individualmente em que as conexões são sem fio e que possui alguns metros de alcance. A PAN sem fio é baseada no padrão IEEE 802.15. Alguns exemplos de tecnologias sem fio que são utilizados para WPAN são o Bluetooth, o Infravermelho e o ZigBee (PRASAD, 2004, tradução nossa);

- b) *Wireless Local Area Network (WLAN)*: em português significa "Rede Local Sem Fios". É uma rede local que usa ondas de rádio para transmissão de dados e para conexão à Internet, sem necessidade de usar os tradicionais cabos para conectar dispositivos e possui maior alcance que as WPAN, chegando a ultrapassar uma centena de metros de abrangência. A LAN sem fio é baseada no padrão IEEE 802.11 (TANENBAUM, 2003);
- c) *Wireless Metropolitan Area Network (WMAN)*: oficialmente, o padrão é chamado "*Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*" (interface aérea para sistemas fixos de acesso sem fio de banda larga), porém, é mais conhecida como a *Wireless Metropolitan Area Network*, que em português significa "Rede Metropolitana Sem Fios" (TANENBAUM, 2003). É uma rede sem fio de maior alcance em relação a WLAN, isto é, cobre cidades inteiras ou grandes regiões metropolitanas e centros urbanos. A WMAN é uma rede sem fio que tem um alcance de dezenas de quilômetros, podendo interligar, por exemplo, diversos escritórios regionais, ou diversos setores de um campus universitários, sem a necessidade de uma estrutura baseada em fibra óptica que elevaria o custo da rede. As WMAN baseiam-se na norma IEEE 802.16 (RAPPAPORT, 2009);
- d) *Wireless Wide Area Network (WWAN)*: em português significa "Rede de Longa Distância Sem Fios", são as tecnologias voltadas para redes de longa distância que abrangem com frequência um país ou continente, são normalmente utilizadas em telecomunicações, atendendo aos serviços de voz e alguns serviços de dados, definidas pelo padrão IEEE 802.20 (IEEE, 2014, tradução nossa).

Segundo Tanenbaum (2003), inicialmente, as redes sem fio podem ser divididas em três categorias principais: interconexão de sistemas, que têm por objetivo interconectar componentes de um computador usando sistemas de alcance

limitado, como o Bluetooth ou infravermelho; LANs sem fio, que são sistemas em que todo computador tem um *modem* de rádio e uma antena por meio dos quais pode se comunicar com outros sistemas; por fim as WANs sem fio, que são usadas em sistemas geograficamente distribuídos. A rede de rádio utilizada para telefonia celular é um exemplo de sistema sem fio de baixa largura de banda.

2.1.2 Infravermelho

A Radiação Infravermelha (IV) é uma radiação não ionizante na porção invisível do espectro eletromagnético que está adjacente aos comprimentos de onda longos, ou final vermelho do espectro da luz visível. Ainda que em vertebrados não seja percebida na forma de luz, a radiação IV pode ser percebida como calor, por terminações nervosas especializadas da pele, conhecidas como termorreceptores (DANNO et al, 2001, tradução nossa).

Ela é liberada de todos os corpos que soltam calor, conforme comprovado em um experimento realizado por Isaac Newton em 1666. A experiência se baseava num prisma feito de vidro que foi posto numa posição que fosse atingido por um raio de sol e, no lado oposto ao exposto pelo sol, fosse refletida essa luz na parede do cômodo. Ao escurecer o ambiente e colocar o prisma no trajeto de raio de sol, o que foi visto foi o espectro de cores formado pelas tonalidades: violeta, anil, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho (KERDNA, [20--]).

Conforme o tempo foi passando mais estudos foram feitos sobre esse mesmo experimento. Entre eles, o de Willian Herschel, que buscava saber qual das cores conseguiria produzir mais calor. O vermelho foi a cor com temperaturas mais altas. No entanto, numa área um pouco escura, situada depois da cor vermelha, conseguiu superar o vermelho e, por não ser visível, e por causa da sua localização no espectro, ficou conhecido como Infravermelho (KERDNA, [20--]).

Além da característica de maior produção de calor pela radiação ultravioleta, ela também passou a ser utilizada em forma de ondas para a comunicação de dispositivos, enviando e recebendo dados.

A utilização do infravermelho comercialmente também exigiu uma padronização, iniciada pela Infrared Data Association (IrDA), que em tradução livre significa Associação de Dados Infravermelho. A IrDA surgiu no ano de 1993 e é responsável, além da padronização da comunicação infravermelha, por inúmeras

pesquisas e inovações na área, provendo melhorias e maior disseminação deste tipo de comunicação sem fio (IRDA, 2014, tradução nossa).

A utilização do infravermelho é muito comum em controles remotos, porém, sua utilização possui uma grande diferença comparado ao IrDA. Os controles remotos, ao contrário do IrDA, utilizam um canal unidirecional, ou seja, o controle remoto apenas envia o sinal mas não consegue receber, já o dispositivo cujo controle remoto envia o sinal é capaz apenas de receber o sinal e não consegue enviar sinal algum. O IrDA é capaz de enviar e receber sinais infravermelhos, desde que o equipamento seja dotado de um *transceiver* (transmissor/receptor) (KNUTSON; BROWN, 2004, tradução nossa).

Apesar de sua grande utilidade, o infravermelho teve seu auge quando passou a ser utilizado para a transferência de informação entre dispositivos móveis, principalmente entre celulares. O infravermelho pode ser considerado um dos primeiros passos para chegar aos modernos dispositivos utilizados nos últimos anos, que dentre suas principais funções, a troca de dados entre eles é a que mais se destacou, porém hoje já perdeu grande espaço para tecnologias mais novas e eficientes como o Bluetooth.

2.1.2 Bluetooth

Com base nos passos revolucionários que a tecnologia sem fio tomou durante as duas últimas décadas, os fabricantes de aparelhos eletrônicos recentemente observaram que existe uma imensa apreciação do consumidor para “remover os fios”. A capacidade de substituir cabos desajeitados que conectam dispositivos uns aos outros por uma conexão invisível, sem fio, de curto alcance e baixa potência, oferece conveniência e flexibilidade (RAPPAPORT, 2009).

Bluetooth é um padrão aberto que foi abraçado por mais de mil fabricantes de aparelhos eletrônicos. Ele oferece uma técnica específica que permite que vários dispositivos se comuniquem um com o outro dentro de uma faixa nominal de dez metros. Derivado do nome do rei Harald Bluetooth, um viking do século X que uniu a Dinamarca e a Noruega, o padrão Bluetooth visa unificar as tarefas de conectividade dos aparelhos dentro do espaço de trabalho pessoal de um indivíduo (ROBERT, 2001, tradução nossa).

O comitê de padrões IEEE 802.15 foi formado com a finalidade de oferecer um fórum internacional para desenvolver Bluetooth e outras PAN que interconectam computadores de bolso, *Personal Digital Assistents* (PDAs), telefones celulares, projetores e outros aparelhos (BRALEY; GIFFORD; HEILE, 2014, tradução nossa).

O Bluetooth surgiu a partir de um *Special Interest Group* (SIG), ou no português, Grupo de Interesse Especial, integrado pela IBM, Intel, Nokia e Toshiba, tendo como principal objetivo fazer a interligação de dispositivos e acessórios sem fios, por meio de radiocomunicação de curto alcance e que fossem baratos e de baixa potência. O projeto Bluetooth fornece uma solução completa desde o nível de transmissão até as aplicações, enquanto o padrão IEEE 802.15 especifica a interface aérea de acesso (CARISSIMI; ROCHOL; GRANVILLE, 2009).

Com a rápida proliferação dos *computadores vestíveis*, como PDA, telefones celulares, cartões inteligentes e dispositivos de localização, as PAN podem oferecer conexão com uma área inteiramente nova de recuperação e monitoração remota do mundo ao nosso redor (RAPPAPORT, 2009).

2.1.3 Wireless LAN

Como o nome sugere uma LAN sem fio utiliza um meio de transmissão sem fios. As LAN sem fio são comuns e bastante utilizadas nos ambientes de empresas. A tecnologia sem fio também é comum para redes remotas de voz e dados. As redes sem fio oferecem vantagens nos aspectos de mobilidade e facilidade de instalação e configuração (STALLINGS, 2005).

Os primeiros produtos de LAN sem fio, introduzidos no final da década de 1980, surgiram como substitutos das LAN tradicionais com fio. Uma LAN sem fio reduz o custo da instalação do cabeamento e facilita o trabalho de realocação e outras modificações na rede. Porém, com a necessidade cada vez maior das LAN, arquitetos passaram a projetar novas construções com extensas pré-ligações de rede. Com isso, o uso da LAN sem fio para substituir LAN com fio não ocorreu de modo tão expressivo (STALLINGS, 2005).

Até relativamente pouco tempo, as LAN sem fio eram pouco usadas devido aos altos preços, baixas taxas de transmissão de dados, preocupação de segurança corporativa e necessidade de licenciamento. A medida que esses

problemas se resolveram, a popularidade das LAN sem fio cresceu rapidamente (STALLINGS, 2005).

Em consequência ao surgimento dos primeiros dispositivos móveis, e o desejo de poder levar este dispositivo há qualquer escritório e conectá-lo à internet, muitos grupos começaram a trabalhar para encontrar maneiras de estabelecer conexões entre estes dispositivos. A solução mais prática equipar foi equipar escritórios e dispositivos com transmissores e receptores de rádio de ondas curtas para permitir a comunicação. Este trabalho levou rapidamente à comercialização de LAN sem fio por várias empresas (TANENBAUM, 2003).

O padrão IEEE 802.11, que define a Wireless LAN, define dois tipos de arquitetura para as redes sem fio: o *Basic Service Set* (BSS) e o *Extended Service Set* (ESS). O serviço básico define a organização fundamental de uma rede sem fio sendo composta por duas ou mais estações sem fio, com a presença ou não de uma estação base chamada de *access point* (AP). Uma rede sem fio sem ponto de acesso é chamada de rede ad hoc ou sem infraestrutura e é basicamente composta por um conjunto de estações sem fio que formam uma rede instantânea e isolada. Um exemplo clássico de uma rede ad hoc é uma sala de reuniões onde os notebooks se conectam entre si e perdura enquanto a reunião acontece. Já uma rede sem fio com a presença de um ponto de acesso é chamada de rede de infraestrutura. A presença de um ponto de acesso em uma rede sem fio dá a ela justamente a capacidade de se interligar a outras redes. Esse é o princípio do ESS. Tipicamente, os pontos de acesso são dispositivos que têm a capacidade de se interconectar a redes cabeadas e a redes sem fio simultaneamente, sendo, neste caso, uma ponte para interligar dispositivos móveis a uma infraestrutura de rede fixa (CARISSIMI; ROCHOL; GRANVILLE, 2009).

2.1.4 Wireless WAN

A *Wireless Wide Area Network*, significa "Rede de Longa Distância Sem Fios", são as tecnologias voltadas para redes de longa distância que abrangem com frequência um País ou continente, são normalmente utilizadas em telecomunicações, atendendo aos serviços de voz e alguns serviços de dados, definidas pelo padrão IEEE 802.20 (IEEE, 2014, tradução nossa).

Historicamente, o termo *dispositivo móvel* tem sido usado para classificar qualquer terminal de rádio que pudesse ser movimentado durante a operação. Mais recentemente, esse termo foi usado para descrever um terminal de rádio que está ligado a uma plataforma móvel de alta velocidade, como um telefone celular em um veículo se movendo rapidamente, enquanto o termo *portátil* descreve um terminal de rádio que pode ser manuseado e usado por alguém caminhando, como um telefone sem fio dentro de uma casa (RAPPAPORT, 2009).

A capacidade de fornecer comunicações sem fio a uma população inteira só foi concebida quando os laboratórios Bell desenvolveram o conceito de celular nas décadas de 1960 e 1970. Com o desenvolvimento de hardwares de radiofrequência altamente confiáveis, em miniatura e estados sólido nos anos 1970 (RAPPAPORT, 2009).

Desde então, os sistemas celulares passaram por melhorias a cada geração. Para Rappaport (2009), os sistemas de celulares de terceira geração (3G) vieram para prover acessos que nunca foram possíveis com os sistemas anteriores, permitindo acesso à Internet com altas taxas de transferência, comunicação utilizando Voz sobre IP (VoIP) e acesso “sempre conectado” totalmente transparente ao usuário. Sua velocidade de transferência pode alcançar até 14Mbps, porém, no Brasil os planos mais comuns operam em torno de 1Mbps.

No Brasil, já é noticiada a chegada da quarta geração de telefonia móvel, porém o que está sendo implementado é a revisão oito do *Long Term Evolution* (LTE). Apesar de sua grande eficiência e maiores taxas de transmissão comparadas à terceira geração, o LTE não atinge taxas de transferência de 1Gbps, adotado como uma evolução necessária para o padrão 4G (CARRIEL, 2013).

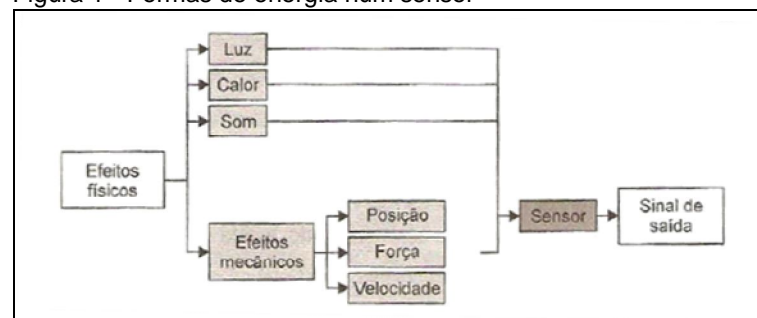
Sua principal evolução em comparação com a terceira geração é a utilização da técnica de comunicação paralela, ao invés da serial, com a utilização de várias antenas em conjunto, sejam para obter maior confiabilidade devido à redundância na recepção de dados, sejam para aumentar a taxa de transferência utilizando cada antena para transmitir a mesma quantidade de dados pela diversidade na transmissão (CARRIEL, 2013).

Uma das vantagens da utilização de transferência de dados pelas redes de celulares é a possibilidade de comunicação via internet, tanto pessoal, quanto para acessar dispositivos remotos em locais de difícil acesso ou que não possuem uma infraestrutura de rede cabeada.

3 SENSORES

É o termo empregado para identificar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, entre outras, conforme ilustrado na figura 1 (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2008).

Figura 1 - Formas de energia num sensor



Fonte: Thomazini e Albuquerque (2008).

Conforme Thomazini e Albuquerque (2008), sensores nem sempre possuem características elétricas necessárias para serem utilizados diretamente num sistema de controle. Normalmente o sinal de saída precisa ser manipulado antes de sua leitura no sistema de controle. Este trabalho normalmente é realizado por um circuito de interface para a produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador. Os sensores podem ser divididos em dois grupos conforme seu tipo de saída: os sensores analógicos e os sensores digitais.

3.1 SENSORES ANALÓGICOS

Sensores analógicos são aqueles que respondem através de sinais analógicos, ou seja, sinais que podem variar entre inúmeros valores de tensão intermediários mesmo limitados em certa faixa (PATSKO, 2006).

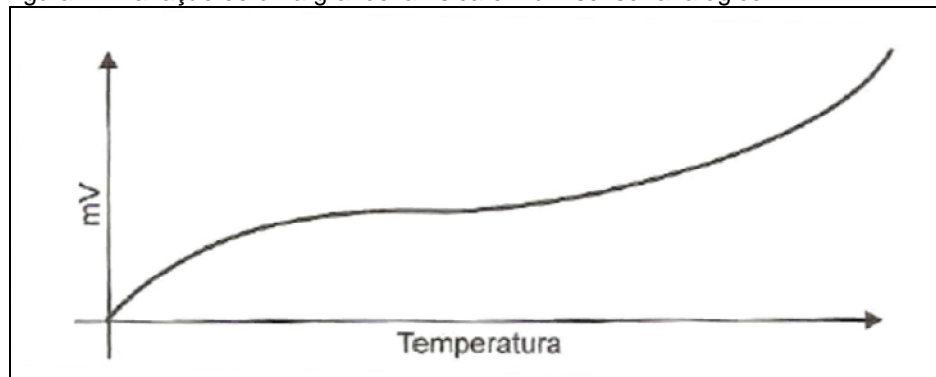
Num sensor analógico ideal, para a variação de uma determinada condição, haverá uma variação na mesma proporção de alguma de suas propriedades, como tensão ou resistência, porém, sensores hoje utilizados estão sujeitos a influências de diversos tipos, como temperatura, umidade e materiais de

sua composição, e possuem certas limitações ao seu funcionamento, limitando sua sensibilidade e sua faixa de operação (PATSKO, 2006).

Sensores analógicos podem assumir qualquer valor dentro de sua faixa de operação no seu sinal de saída ao longo do tempo. Algumas grandezas físicas que podem assumir qualquer valor ao longo do tempo são: pressão, temperatura, velocidade, umidade, vazão, força, ângulo, distância, torque, luminosidade, entre outros. Essas variáveis são medidas por elementos sensíveis com circuitos eletrônicos não digitais (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2008).

A figura 2 ilustra a variação de uma grandeza física (temperatura) de forma analógica.

Figura 2 - Variação de uma grandeza física em um sensor analógico



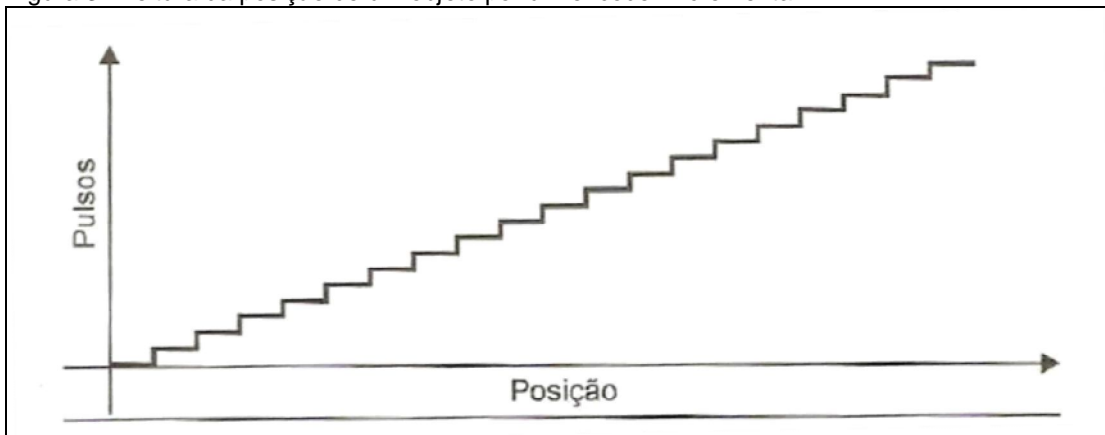
Fonte: Thomazini e Albuquerque (2008).

3.2 SENSORES DIGITAIS

Sensores digitais podem assumir apenas dois valores no seu sinal de saída ao longo do tempo, podendo ser interpretados como zero e um. Naturalmente, não existem grandezas físicas que assumam esses valores, mas eles são assim apresentados ao sistema de controle após serem convertidos pelo circuito eletrônico do transdutor. Eles podem ser utilizados, por exemplo, na detecção de passagem de objetos, *encoders* na determinação de distância ou velocidade, entre outros (AMORIM, 2010).

A figura 3 ilustra a variação de posição de um objeto lida por um *encoder* incremental.

Figura 3 - Leitura da posição de um objeto por um encoder incremental



Fonte: Thomazini e Albuquerque (2008).

3.3 TRANSDUTOR

É o nome que recebe o dispositivo formado por um sensor mais um circuito de interface, que em conjunto, transformam uma grandeza física (temperatura, pressão, etc.) em um sinal de tensão ou corrente, para que possa ser facilmente interpretado por um sistema de controle (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2008).

As palavras sensor e transdutor são utilizadas normalmente no contexto de sistemas de medição, muitas vezes como se fossem um só. A indefinição entre o significado exato de sensores e transdutores levou ao *American National Standards Institute* (ANSI) a criar uma terminologia padrão para transdutor, definindo-o como um dispositivo que fornece uma saída utilizável, em resposta à uma mensuração específica, ou seja, um dispositivo que não só faz a leitura da grandeza, mas que também é capaz de transmitir uma saída que possa ser interpretada por um sistema de controle (MCGRATH; SCANAILL, 2014, tradução nossa).

Durante os processos industriais, muitas grandezas físicas precisam ser medidas e controladas, principalmente no que diz respeito a água utilizada nestes processos. Dentre as grandezas que possuem maior importância tanto para os processos quanto para o meio ambiente são temperatura e pH, essas medidas são obtidas por seus respectivos sensores que serão melhor detalhados a seguir.

3.4 SENSOR DE TEMPERATURA

Sensores de temperatura são transdutores que alternam uma ou mais de suas características físicas ao se equalizar com o meio a ser determinada a temperatura. Nos diversos segmentos de mercado sejam eles químicos, petroquímico, siderúrgico, cerâmico, farmacêutico, vidreiro, alimentício, papel e celulose, hidrelétrico, nuclear entre outros, a monitoração da variável temperatura é fundamental para a obtenção do produto final especificado (PATSKO, 2006).

Existem inúmeras formas e inúmeros sensores diferentes que podem ser utilizados para obter a medida de temperatura, cada um deles formados por diferentes materiais, com diferentes características, como sensibilidade, faixa de operação, dentre outras. Para Thomazini e Albuquerque (2008), os sensores mais utilizados são:

- a) termistores: são semicondutores eletrônicos cuja resistência elétrica varia de acordo com a temperatura em que é exposto. São extremamente sensíveis a mudanças relativamente pequenas de temperatura, porém, sua faixa de atuação fica em torno de -100°C à 250°C , conforme o material utilizado para sua composição;
- b) termopares: funciona medindo a diferença de potencial causada por fios diferentes. Pode ser usado para medir diretamente a diferença de temperatura ou para medir uma temperatura absoluta. Eles cobrem uma faixa bastante extensa de temperatura que vai de -200°C a 2.300°C aproximadamente, conforme o material utilizado na sua composição, com uma boa precisão e menor custo que outros tipos de sensores;
- c) termorresistores: são sensores muito utilizados na indústria, pois possui ótima precisão, larga faixa de trabalho e ainda permite ligações a longa distância. Seu princípio de funcionamento é um filamento bastante delgado de um metal como platina ou níquel, cuja resistência varia com a temperatura;
- d) par bimetálico: são utilizados nos muito conhecidos termostatos. É formado por duas chapas metálicas de materiais com diferentes índices de dilatação montadas face a face. Com o aquecimento, acontece uma

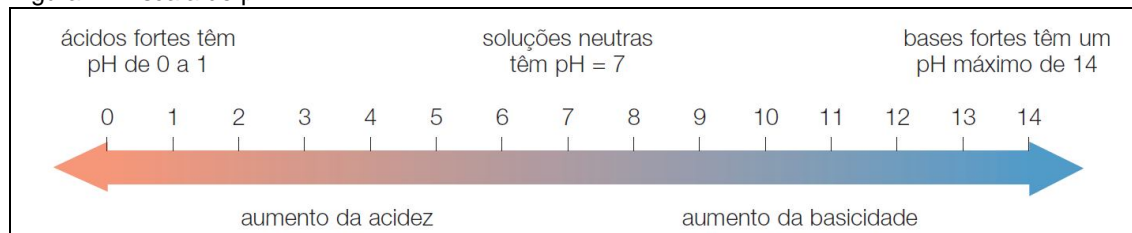
deformação no conjunto de chapas, promovendo a abertura ou fechamento de um contato;

- e) sensores eletrônicos: existem diversos tipos de sensores eletrônicos com diversas dimensões e funções, como os diodos, que são polarizados com um valor de corrente, tendo uma queda de tensão padrão para cada grau Celsius de aumento de temperatura. Os transistores que, colocando sua base e coletor no mesmo potencial, sua corrente se saturação se torna dependente da temperatura. Circuitos integrados, que são formados por transistores, porém possuem algumas funções a mais, como filtros, reguladores e proteções. Circuitos integrados inteligentes, que agregam as funções dos circuitos integrados mais funções programáveis;
- f) pirômetros: usam a radiação de um corpo para medir a temperatura sem haver contato entre o sensor e o corpo. Partindo do princípio de que todos os corpos possuem radiações próprias, pelo aquecimento de um corpo, uma parte desse calor é transformada em radiação, sendo que ela pode ser refletida e transmitida pelo corpo.

3.5 SENSORES DE PH

Segundo Thomazini e Albuquerque (2008), pH é o símbolo para a grandeza físico-química de potencial de hidrogênio, ele determina a medida de acidez ou alcalinidade de uma solução, ela é medida em uma escala entre 0 e 14, onde o valor 7 é o valor que determina que a solução é neutra. Sendo assim, quanto menor o pH (<7) maior a acidez da solução, e quanto maior o pH (>7) maior a sua alcalinidade ou basicidade. A figura 4 ilustra a escala de pH.

Figura 4 - Escala de pH

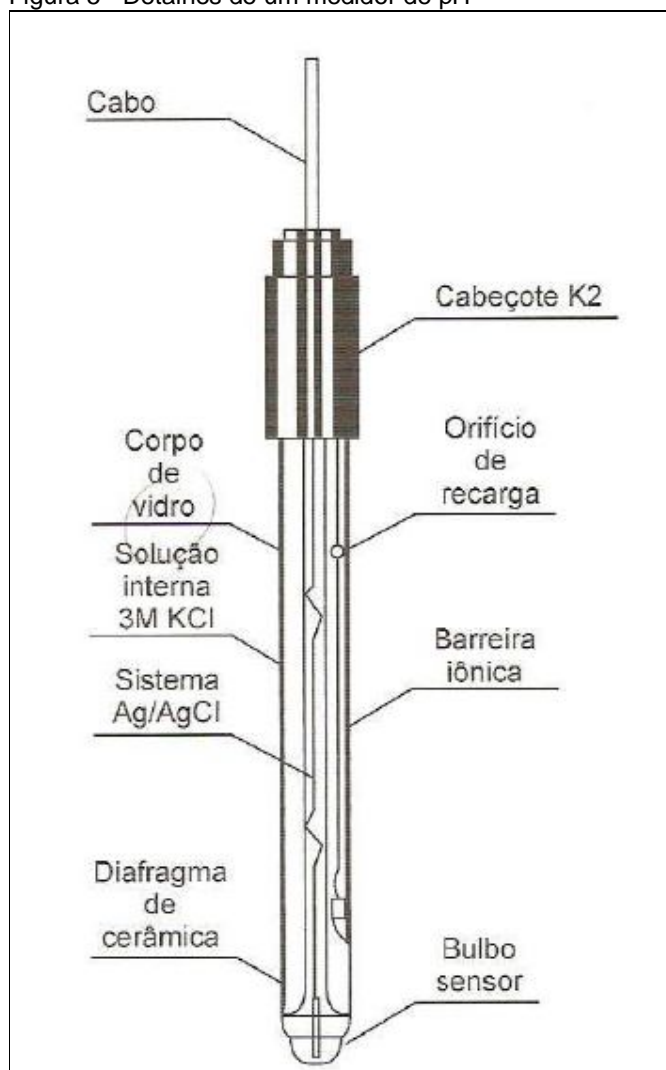


Fonte: Usberco e Salvador (2002).

O método mais avançado e preciso para determinação do pH é fundamentado na medição da força eletromotriz (f.e.m.) de uma célula eletroquímica que contém uma solução de pH desconhecido como eletrólito, e dois eletrodos. Os eletrodos são conectados aos terminais de um voltímetro eletrônico, a maioria das vezes denominado, simplesmente, medidor de pH. Quando calibrado com uma solução de pH conhecido, pode-se ler diretamente na escala do aparelho o pH da solução de teste (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2008).

A figura 5 ilustra um medidor de pH padrão de mercado, demonstrando seus componentes internos:

Figura 5 - Detalhes de um medidor de pH



Fonte: Thomazini e Albuquerque (2008).

4 REDES DE SENSORES SEM FIO (RSSF)

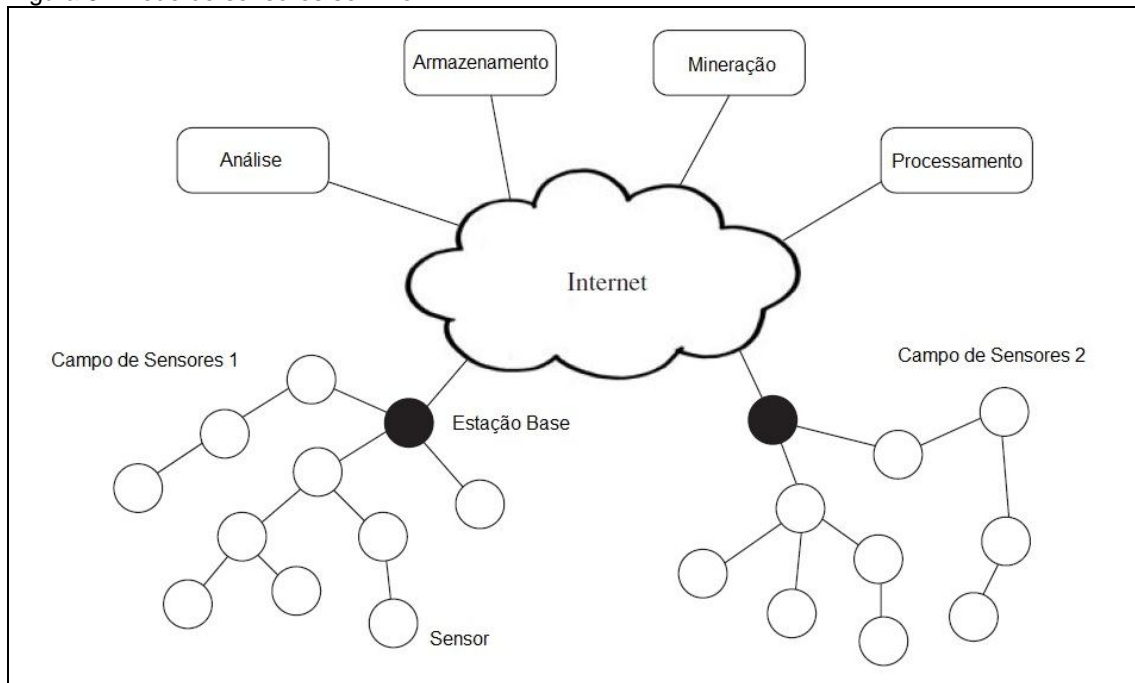
RSSF são redes formadas com o objetivo de coletar e transmitir dados, normalmente em locais com pouca ou nenhuma infraestrutura de energia e dados, muitas vezes de difícil acesso e manutenção. Para atender a essas características, os dispositivos que formam uma RSSF são compostos basicamente de processador, memória, bateria e rádio. Esses componentes somados aos transdutores formam o que é chamado de sensor. As RSSF têm como sua principal característica o fato de serem sem fio, e, portanto, autônomas em relação a uma infraestrutura cabeada para comunicação e, em muitas aplicações, utilizando de baterias para sua alimentação (YANO et al, 2011).

As RSSF utilizam dispositivos com protocolos de comunicação, como o *ZigBee*/IEEE 802.15.4 , um padrão que define um conjunto de protocolos de comunicação para redes de sensor sem fio, que são de custo muito baixo, baixa taxa de transmissão e pouco gasto de energia. Devido a essas características o *ZigBee* tem sido amplamente utilizado em várias aplicações que necessitam de redes de sensores sem fio tais como: comercial, industrial, militar, ambiental e saúde (SILVA, 2011).

Uma das principais características das RSSF é a ausência de uma infraestrutura previamente definida de comunicação, ao contrário das redes de computadores, por exemplo, exigindo auto-organização na rede. Por serem normalmente redes ad hoc, as RSSF apresentam topologia dinâmica, uma vez que os nodos podem ficar por algum motivo, indisponíveis, como em casos de defeito, falta de energia, ataques à segurança, falha de comunicação e nos componentes, alterando a topologia da rede (LOUREIRO et al, 2003).

Nós sensores, como são denominados, não se comunicam somente entre si, mas também com uma estação base usando rádios sem fio, permitindo enviar seus dados para processamento remoto, visualização, análise e sistemas de armazenamento. Por exemplo, a figura 6 mostra dois campos de sensores monitorando duas regiões geograficamente diferentes e conectando-se a Internet através de suas estações base (DARGIE; POELLABAUER, 2010, tradução nossa).

Figura 6 - Rede de sensores sem fio



Fonte: Adaptado de Dargie e Poellabauer (2010).

4.1 IEEE 802.15.4

O IEEE 802.15 Task Group 4 foi criado para estudar e desenvolver uma solução de baixa taxa de transferência com vários meses de vida útil da bateria e baixa complexidade, operando em uma faixa de frequência não licenciada internacional. As suas potenciais aplicações seriam sensores, brinquedos interativos, crachás inteligentes, controles remotos e automação residencial (IEEE, 2006, tradução nossa).

Além do IEEE, a ZigBee Alliance também trabalhou em uma tecnologia de comunicação semelhante, até que ambos decidiram unir forças tomando o ZigBee no nome comercial para a tecnologia IEEE 802.15.4. O padrão IEEE 802.15.4 foi criado para dispositivos de baixa potência que operam em frequências de 868 MHz, 915 MHz e 2,45 GHz (DARGIE; POELLABAUER, 2010, tradução nossa).

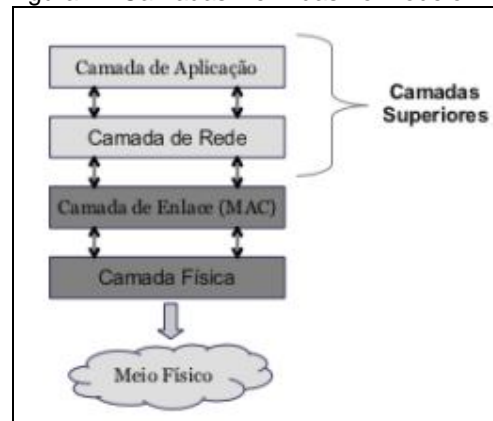
Dentre suas principais características, podem-se citar taxas de transferência de 20, 40 e 250 kilobytes por segundo (kbps); endereçamento de 16 e 64 bits; suporte a dispositivos com latência crítica, como joysticks; criação e organização automática da rede pelo coordenador; gerenciamento de energia para

garantir o baixo consumo; 16 canais de operação na banda de 2.4GHz, 10 canais em 915MHz e um canal na faixa de 868MHz (IEEE, 2006, tradução nossa).

4.1.1 Camadas

Assim como outros protocolos de comunicação de redes, o padrão IEEE 802.15.4 também é dividido em camadas, sendo elas a camada física, de enlace, de rede e de aplicação, onde cada uma responsável por uma parte do processo que permite a criação e comunicação de uma RSSF. A figura 7 ilustra os níveis das camadas existentes no protocolo IEEE 802.15.4.

Figura 7 - Camadas Definidas no Modelo IEEE802.15.4



Fonte: Adaptado de IEEE (2006).

4.1.1.1 Camada Física

A camada física trata das necessidades de modulação, transmissão e técnicas de recepção. Em uma RSSF, existem três possibilidades de transmissão de dados, sendo através da comunicação ótica, por infravermelho e transmissão por rádio, sendo esta última a mais utilizada (HENNING, 2013).

A camada física tem como função transmitir dados em um nível adequado de potência para alcançar uma determinada distância e reduzir a taxa de perda de dados. Ela contém informações como potência de transmissão, tipo de modulação, taxa de codificação e taxa de erro, sendo estas com impacto muito grande sobre o acesso múltiplo de nós em um canal sem fio, podendo ser usadas para ajuste de parâmetros em outras camadas (SOUTO, 2007).

4.1.1.2 Camada de Enlace

A camada de enlace tem como sua principal função a detecção dos quadros de dados, acesso ao meio e correção de erros. Ela permite que sejam realizadas comunicações ponto-a-ponto e ponto-a-multipontos nas RSSF (SILVA, 2011).

Considerando que o ambiente em que os sensores estão instalados pode apresentar ruídos e os sensores apresentarem mobilidade, a camada de enlace possui o protocolo *Media Access Control* (MAC) com o propósito de auto organizar a rede e minimizar colisões de dados com a transmissão de dados aos nós vizinhos (AKYILDIZ et al, 2002, tradução nossa).

4.1.1.3 Camada de Rede

Segundo Akyildiz (2002, tradução nossa), as técnicas de roteamento ad hoc tradicionais não costumam atender as exigências das RSSF devido ao fato de que em uma RSSF possui características específicas como:

- a) o número de nós sensores pode variar em ordens de magnitudes mais elevadas do que os nós de uma rede ad hoc;
- b) os nós sensores são densamente implantados e propensos a falhas;
- c) a topologia de uma RSSF pode mudar com muita frequência, os nós sensores utilizam principalmente a comunicação através de *broadcast*, ao passo de que a maioria das redes ad hoc é baseada em comunicação ponto-a-ponto;
- d) os nós sensores são limitados em potência, capacidade computacional e de memória, nós sensores podem não possuir uma identificação global por causa de seu grande número de sobrecargas e grande número de sensores.

A camada de rede do protocolo IEEE 802.15.4 é projetada para maximizar a eficiência energética, o uso de dados centralizados e como atributo base o endereçamento e reconhecimento do local.

4.1.1.4 Camada de Aplicação

Para Akyildiz (2002, tradução nossa), as RSSF possuem as mais variadas aplicações. Sendo assim, diversas aplicações podem ser definidas nesta camada. Entre os protocolos atualmente definidos para a camada de aplicação, podem-se citar os mais importantes:

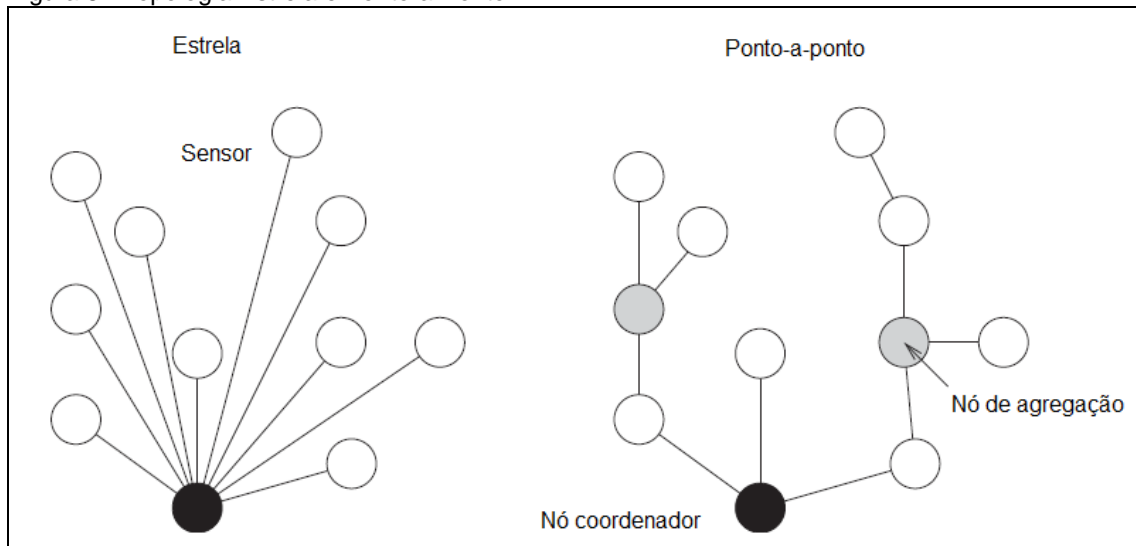
- a) *Sensor Management Protocol (SMP)*: desenvolvido para gerenciar as aplicações de uma rede de sensores sem fio, isolando-as das camadas inferiores. As principais tarefas realizadas por ele são: agrupamento de sensores; gerenciamento de sensores movendo-se, ligando ou desligando; reconfiguração da rede após mudanças no estado dos sensores; realização de tarefas relacionadas à segurança;
- b) *Task Assignment and Data Advertisement Protocol (TADAP)*: sua função é distribuir os interesses dos usuários entre os sensores. Os usuários podem desejar serem informados da ocorrência de determinados eventos, ou do estado dos sensores a um determinado intervalo de tempo, ou apenas de um conjunto específico de sensores. Este protocolo também informa ao usuário a disponibilidade de novos dados em algum sensor da rede;
- c) *Sensor Query and Data Dissemination Protocol (SQDDP)*: é fornecida a interface para o usuário realizar consultas nos sensores da rede. As consultas, em geral, não se limitam a um determinado sensor, mas a um conjunto de sensores em uma região que se deseja monitorar. As consultas também podem referir-se a um evento específico. Uma aplicação que utiliza este protocolo é o *Sensor Query and Task Language (SQTL)*, que define três eventos para a aplicação: *receive*, utilizado quando um sensor detecta a ocorrência de um determinado evento; *every*, que define eventos periódicos, informando o estado do sensor a intervalos regulares de tempo; e *expire*, que corresponde a eventos que ocorrem após a expiração de um *timer*.

4.2 TOPOLOGIA

O padrão IEEE 802.15.4 oferece dois modos de topologia, estrela e ponto-a-ponto. Na topologia estrela, semelhante ao Bluetooth, toda a comunicação ocorre por meio do coordenador da WPAN. Na abordagem ponto-a-ponto, os nodos sensores são livres para comunicar-se diretamente entre si. No entanto, eles ainda precisam se associar com o nodo coordenador antes de iniciarem a comunicação ponto-a-ponto (DARGIE; POELLABAUER, 2010, tradução nossa).

A figura 8 ilustra a comunicação em uma RSSF com topologia Estrela e Ponto-a-ponto, ambas contando com um nó coordenador.

Figura 8 - Topologia Estrela e Ponto-a-Ponto



Fonte: Adaptado de Dargie e Poellabauer (2010).

As RSSF são normalmente associadas à microcontroladores, dentro deste contexto, eles possuem como principal função a coleta e o tratamento dos dados antes de serem enviadas através da rede, com isso, evitando tráfego desnecessário na rede e gerando economia de energia, sendo que a energia é um ponto crítico dentro de uma RSSF.

5 MICROCONTROLADORES

Os microcontroladores são microprocessadores que podem ser programados e utilizados para funções específicas. Ele pode ser definido como um pequeno componente eletrônico, dotado de uma inteligência programável, utilizado no controle de processos lógicos. Ele tem o adjetivo “pequeno” pelo fato de conter em uma única pastilha de silício encapsulada todos os componentes necessários para o controle de um processo, como memória de programa, memória de dados, portas de entrada e saída paralela, contadores, comunicação serial, conversores analógicos digitais, entre outros (SOUZA, 2003).

Possuem frequências de processamento de poucos Megahertz (MHz) ou talvez menos, sendo uma frequência muito baixa se comparados com os microprocessadores utilizados em computadores pessoais, no entanto são adequados para muitas aplicações que não exigem alto processamento, como por exemplo, fazer leitura de um sensor ou controlar uma esteira de chão de fábrica. O seu consumo de energia é relativamente baixo, normalmente na casa dos miliwatts e possuem habilidade para entrar em modo de *Sleep* (espera) aguardando por uma interrupção ou evento externo, como o pressionamento de uma tecla, ou um sinal que chega via uma interface de dados. Em modo de espera, seu consumo pode chegar à casa dos nanowatts, tornando-os ideais para aplicações onde a exigência de baixo consumo de energia é um fator decisivo para seu funcionamento (ROBOLIVRE.ORG, 2013).

Existem muitos modelos de microcontroladores no mercado atual, dentre eles, os que ganham destaque em projetos de automação são os microcontroladores *Programmable Interface Controller* (PIC) e os microcontroladores Atmel utilizados na plataforma Arduino.

5.1 PIC

As raízes do PIC originaram-se na universidade de Harvard em um projeto para o Departamento de Defesa, porém acabou sendo vencido por outro projeto que era considerado mais simples e mais confiável para a época. Seu primeiro modelo foi desenvolvido pela General Instruments no ano de 1975 e era chamado de PIC1650 (SENA, [20--]).

A vantagem da família PIC é que todos os modelos possuem um conjunto de instruções bem parecido, assim como tem também muitas semelhanças entre suas características básicas (SOUZA, 2003).

A Microchip divide os PIC em famílias, às quais chama Cores. Cada família representa mudanças significativas na arquitetura interna do PIC, e o lançamento no mercado foi cronológico, assim como aparece nesta lista:

- a) Core de 12 bits - PIC12x;
- b) Core de 14 bits - PIC16x;
- c) Core de 16 bits - PIC17x;
- d) Core de 16 bits avançado - PIC18x.

O número de bits não se refere ao barramento. O barramento é sempre de 8 bits, que é o número de bits que uma posição de memória pode armazenar. Refere-se, sim, ao tamanho da memória de programa, onde cada instrução pode ter 12, 14 ou 16 bits de tamanho. Quanto maior o número de bits, maior a memória endereçável e maior o número de instruções armazenadas (SENA, [20--]).

A figura 9 mostra o microcontrolador PIC16F84A que pertence à família de 14 bits:

Figura 9 - Microcontrolador PIC16F84A



Fonte: Souza (2003).

Para programá-lo, a própria Microchip fornece uma *Integrated Development Environment* (IDE) chamada MPLAB. O MPLAB IDE é um software que roda em Windows, Mac OS e Linux, para desenvolver aplicações para microcontroladores Microchip e controladores de sinal digital.

Sua versão mais recente, o MPLAB X, trouxe algumas mudanças em relação as versões anteriores, ele foi desenvolvido baseado no IDE de código aberto do NetBeans da Oracle, permitindo programação nas linguagens Assembly, C e Basic.

5.2 ARDUINO

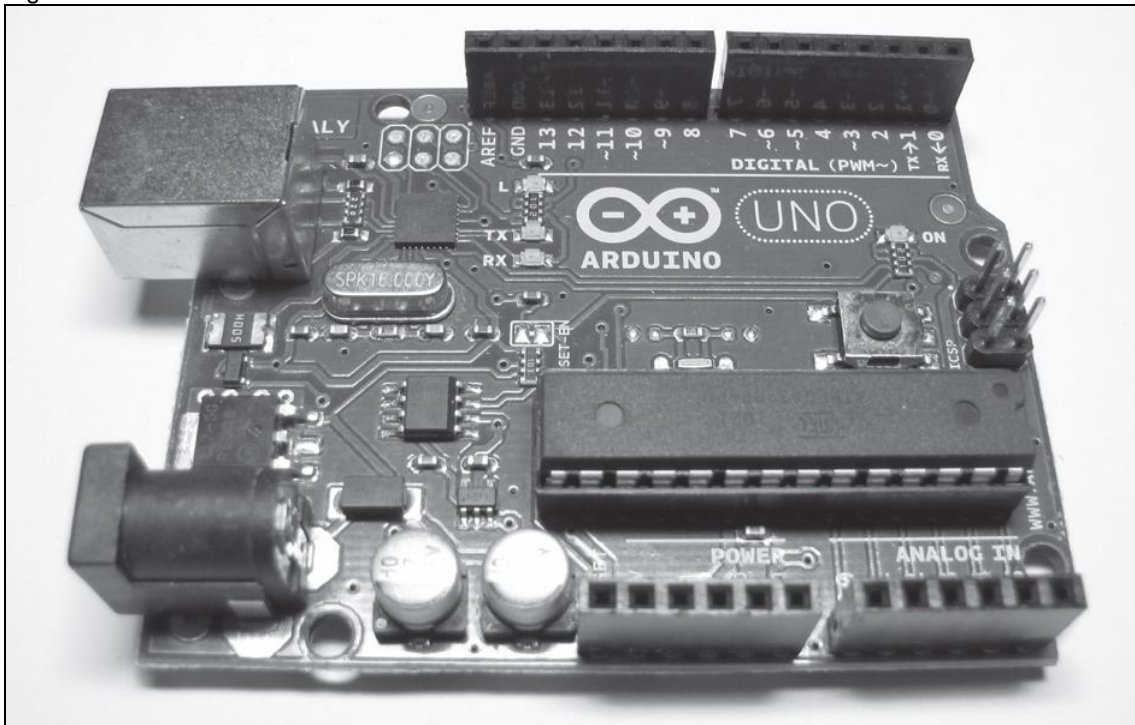
O projeto iniciou-se na cidade de Ivrea, Itália, em 2005, com o intuito de interagir em projetos escolares de forma a ter um orçamento menor que outros sistemas de prototipagem disponíveis naquela época. Seu sucesso foi sinalizado com o recebimento de uma menção honrosa na categoria Comunidades Digitais em 2006, pela Prix Ars Electronica. O Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele (MCROBERTS, 2011).

Ele utiliza em sua plataforma microcontroladores Atmel AVR fabricados pela Atmel que fazem todo o controle de hardware da plataforma Arduino, sendo o microcontrolador Atmel ATmega 328 equipado que equipa o Arduino UNO, um dos modelos mais comuns da plataforma (MCROBERTS, 2011).

O Arduino pode ser utilizado para desenvolver projetos interativos independentes, pode também ser conectado a um computador, a uma rede, ou até mesmo à Internet para recuperar e enviar dados do Arduino e trabalhar com eles. Ele também pode ser conectado a LEDs, displays, botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, sensores de pH, sensores de distância, receptores GPS, módulos Ethernet ou qualquer outro dispositivo que emita dados ou possa ser controlado, trazendo as mais variadas opções e o mais variados resultados, dependendo somente da criatividade do desenvolvedor (MCROBERTS, 2011).

A figura 10 ilustra a placa do Arduino UNO, um dos modelos mais comuns utilizados em projetos:

Figura 10 – Arduino UNO



Fonte: Mcroberts (2011).

Para programá-lo, utiliza-se o IDE do Arduino, um software livre no qual o código fonte é escrito em uma linguagem baseada em C e é feito o upload da programação desenvolvida para o Arduino. Tanto seu hardware quanto seu software são de código aberto, permitindo que os mesmos possam ser utilizados livremente por qualquer pessoa para qualquer propósito (MCROBERTS, 2011).

Sua utilização passou a ser muito comum dentro de protótipos acadêmicos e, logo após, de ambientes de automação devido seu baixo custo, simplicidade de sua utilização e a possibilidade de utilizá-los principalmente para sensoriamento de locais de difícil acesso como em tanques de estações de tratamento de efluentes.

6 EFLUENTES

Segundo Rebouças (2006), efluente é todo tipo de resíduo líquido resultante de processos industriais.

Na engenharia química, definem-se dois tipos de efluentes líquidos: os gerados na planta, isto é, gerados a partir de processos como reações, separações ou ciclos; e os usados como utilidades, como águas de lavagem, descarte de água utilizada para resfriamento, dentre outros (MELO JUNIOR, 2005).

6.1 TRATAMENTOS DE EFLUENTES

Desde os tempos mais remotos, o homem costuma lançar seus detritos nos cursos de água. Até a Revolução Industrial, porém esse procedimento não causava problemas, já que os rios, lagos e oceanos têm considerável poder de autolimpeza, de purificação. Com a industrialização, a situação começou a sofrer profundas alterações. A poluição das águas realizada pelas indústrias é causada, sobretudo pelos compostos orgânicos e inorgânicos. A água empregada para resfriar os equipamentos nas fábricas e para processos de cozimento ou fervura, quando lançada nos rios ainda quente, com seu pH alterado causa sérios problemas de poluição, onde faz aumentar a temperatura da água do rio, altera o nível de acidez e alcalinidade, provocando a eliminação de algumas espécies de peixes, a proliferação excessiva de outras e, em alguns casos, a destruição de todas (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008).

Devido a este fator, o tratamento destes efluentes ganha grande importância para que os recursos hídricos sejam preservados e o desenvolvimento possa andar lado a lado com a preservação do meio ambiente.

6.1.1 Tratamento de efluentes resultantes do processo de parboilização do arroz

A parboilização do arroz é o processo hidrotérmico, no qual o arroz em casca é imerso em água potável, com temperatura superior a 58°C, seguido de gelatinização parcial ou total do amido e de secagem (BRASIL, 1988). O arroz beneficiado parboilizado apresenta aumentos em valor nutritivo, renda, rendimento e

conservabilidade de grãos e dos subprodutos, apresentando cada vez mais importância quantitativa e qualitativa, como processo de beneficiamento de arroz (GUTKOSKI, 1991).

O processo de parboilização do arroz, assim como muitos outros processos industriais, gera uma quantidade de resíduos. Destes resíduos, os principais são a casca do arroz e o efluente gerado no processo.

As cascas de arroz produzidas são reutilizadas na agroindústria como combustível através da queima na caldeira. Considerada uma solução para os impactos ao meio ambiente causados pelo problema do resíduo de casca de arroz podendo ser usada também para a geração de energia elétrica. Com a combustão da casca do arroz nas fornalhas para geração de energia tem-se um novo resíduo, a cinza (DIAS, 2011).

A cinza é formada pelo material que não possui mais queima, necessitando ser descartada para que a fornalha possa receber mais casca para queima, este é um processo um tanto quanto problemático, devido ao fato da cinza sair em temperatura muito elevada da caldeira, tornando difícil sua remoção, seja de forma manual ou através de esteiras.

A água utilizada no processo de parboilização também precisa de um descarte correto, pois quando o processo se conclui, o efluente gerado acaba se tornando impróprio para o descarte direto na natureza, pois além de sua temperatura elevada, possui fator pH baixo, o tornando ácido e com grande quantidade de matéria orgânica, precisando passar por um tratamento adequado para corrigir tais características e torná-lo mais próximo possível das suas características iniciais.

Com o problema existente no descarte destes dois resíduos, inúmeras indústrias passaram a utilizar um método onde a água resultante do processo de parboilização é canalizada logo abaixo das caldeiras, para que a cinza gerada na queima possa ser removida utilizando aquela água. Devido à cinza possuir pH alcalino, esse processo de retirada da cinza utilizando o efluente tem como objetivo também fazer a correção do pH do efluente tornando-o dentro dos limites exigidos pelos órgãos ambientais.

Após esse processo, a água passa por um processo de decantação, para que seja separada da cinza e levada para a estação de tratamento. Existem inúmeras formas de fazer o tratamento deste efluente, porém a mais utilizada é o

Tratamento Biológico Aeróbico, devido principalmente ao seu menor custo se comparado a outros processos conhecidos.

6.1.1.1 Tratamento Biológico Aeróbico

O tratamento biológico aeróbico consiste na decomposição da matéria orgânica do efluente, utilizando microorganismos que, mediante processos oxidativos, degradam as substâncias orgânicas, que são assimiladas como forma de alimento pelos microorganismos. Dentre os processos aeróbios, o processo de lodo ativado é um dos mais aplicados e também, de maior eficiência. O termo lodo ativado designa a massa microbiana floculenta que se forma quando esgotos e outros efluentes biodegradáveis são submetidos à aeração (BARCELLOS; CARVALHO, [20--]).

Este processo ocorre dentro de tanques separados, onde num primeiro ocorre a aeração, ou seja, a inserção de ar dentro do efluente através de motores, onde ocorrem reações que conduzem a metabolização da matéria orgânica sendo essencial que haja boa mistura e aeração. Após esse processo, ele é transferido para um segundo tanque, onde ocorre a separação do lodo e a biomassa resultante do tanque de aeração, permitindo que o lodo seja reaproveitado no tanque de aeração e a água possa ser liberada no meio ambiente (BARCELLOS; CARVALHO, [20--]).

6.1.2 Legislação

Pode-se dizer que, no mundo, as leis ambientais datam de épocas muito anteriores à atual. Na China, desde a dinastia Chow, que ocorreu entre 1122 antes de Cristo (a.C.) a 225 a.C., já existiam recomendações do império para a conservação das florestas. No século IV a.C., Platão lembrava o importante papel das florestas como reguladoras dos ciclos da água e defensora dos solos contra a erosão (MOURA, 2004).

Segundo Moura (2004), a legislação ambiental brasileira pode ser considerada uma herança das leis portuguesas, que já continham alguns tópicos ambientais desde o descobrimento, como por exemplo, em 12 de março de 1393, mais de 100 anos antes do descobrimento, foi proibido o corte de árvores frutíferas

em Portugal. Esta lei se manteve por muito tempo, onde o descumprimento era considerado injúria ao rei, passível de punição com pena de degredo para o Brasil. A criação das Capitânicas Hereditárias, em 1530, tinha como objetivo manter o território sobre posse portuguesa e evitar o contrabando de pau-brasil, um recurso ambiental brasileiro de enorme valor na época.

Hoje, a legislação ambiental brasileira é considerada umas das mais bem elaboradas e completas do mundo, graças à decretos, leis e regulamentos que foram emitidos a partir do ano de 1981. Existe um conjunto bastante completo de leis que definem obrigações, responsabilidades e atribuições, tanto para entidades particulares quanto para o Poder Público, nas esferas federal, estadual e municipal. Além das leis, há uma série de regulamentos a serem cumpridos, elaborados pelo Ministério do Meio Ambiente, Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente, onde os órgãos federais têm a responsabilidade de fixar as leis de caráter geral, e sendo complementadas de forma hierárquica por leis mais específicas dos Estados e Municípios (MOURA, 2004).

Em 1981, com o estabelecimento da Política Nacional de Meio Ambiente, foram criados instrumentos de Política Ambiental como Licenças de Instalação (LI) e Licenças de Operação ou Funcionamento (LO) para inibir a ação predatória das atividades humanas sobre o meio, sendo elas:

- a) estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- b) zoneamento ambiental;
- c) avaliação de impactos ambientais;
- d) licenciamento e revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

O CONSEMA, órgão subordinado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, através da resolução CONSEMA Nº 128/2006 – Fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos, classifica as atividades geradoras de efluentes líquidos, levando em conta a natureza da atividade e a condição atual das águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul. Para que possa utilizar e liberar recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul, a indústria precisa de uma Licença de Operação, emitida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), que fornece uma tabela de valores físico-químicos de referência, para que o efluente possa ser liberado no meio ambiente (CONSEMA, 2006).

A tabela 1 demonstra os parâmetros que devem ser cumpridos, os padrões a serem atendidos, a frequência das medições e os tipos de amostragem para a liberação dos efluentes gerados conforme LO emitida pela FEPAM:

Tabela 1 - Tabela de Parâmetros e Padrão de Emissão

Parâmetro	Padrão de Emissão a Ser Atendido	Frequência Medição	Tipo Amostragem
Cor	Não deve conferir mudança de coloração (cor verdadeira) ao corpo hídrico receptor		
Demanda bioquímica de oxigênio	<= 110 mg/l	bimestral	composta
Demanda química de oxigênio	<= 330 mg/l	mensal	composta
Espumas	Virtualmente ausentes		
Fósforo total	<= 3 mg P/l ou 75% de eficiência	bimestral	composta
Materiais flutuantes	Ausentes		
Nitrogênio amoniacal	<= 20 mg Nam/L	bimestral	composta
Nitrogênio total Kjeldahl	<= 20 mg NTK/l ou 75% de eficiência	bimestral	composta
Odor	Livre de odor desagradável		
Óleos e graxas vegetais e animais	<= 30 mg/L	bimestral	simples
ph	entre 6,0 e 9,0	diária	simples
Sólidos sedimentáveis	<= 1,0 ml/L em teste de 1 (uma) hora em "Cone Imhoff"	bimestral	composta
Sólidos suspensos totais	<= 125 mg/l	bimestral	composta
Subst tensoativas reag azul metileno	<= 2,0 mg MBAS/L	bimestral	composta
Sulfeto total	<= 0,2 mg S-2/L	bimestral	composta
Temperatura	< 40 °C	diária	simples

Fonte: Adaptado de FEPAM (2014).

7 TRABALHOS CORRELATOS

Os trabalhos apresentados a seguir estão relacionados com os objetivos e/ou temas apresentados neste trabalho.

7.1 REDES DE SENSORES SEM FIO ZIGBEE APLICADA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma Rede de Sensores sem Fio (RSSF), com o objetivo de monitorar equipamentos eletromecânicos em uma Estação Tratamento de Esgoto (ETE), permitindo a Concessionária um controle preditivo em tempo real (TOSE, 2012).

O projeto da RSSF exigiu não somente o desenvolvimento e montagem dos módulos sensores, mas também precisou contemplar o desenvolvimento do software para gerenciamento dos dados coletados. Dessa forma, este trabalho contempla uma RSSF *Zigbee*, de pequeno porte, adaptada para monitoramento de equipamentos eletromecânicos e condições ambientais de uma ETE, tipo lagoa de estabilização, em uma área instalada de aproximadamente 0,15 km² e vazão média de tratamento de 320 l/s. Os resultados experimentais mostram que este sistema de monitoramento pode realizar com bom desempenho a coleta dos parâmetros de desempenho e avaliação de qualidade na estação (TOSE, 2012).

7.2 ARQUITETURA PARA A INTEGRAÇÃO ENTRE IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA E REDE DE SENSORES SEM FIO PARA RASTREAMENTO DE ANIMAIS

Este trabalho apresentou uma nova maneira de monitorar e rastrear animais em seu habitat integrando as tecnologias de Identificação por Rádio Frequência (RFID) e Redes de Sensores Sem Fio (RSSF). O trabalho consistiu na criação de duas arquiteturas, identificação dos dispositivos de RFID e RSSF ideais para integrar as tecnologias, assim como a confecção de placas, simulações, experimentos práticos e uma interface para visualização dos dados por meio do simulador e em tempo real. Foi desenvolvida uma interface de visualização para

consultas *offline* ou em tempo real e por fim realizamos experimentos práticos (PEREIRA, 2009).

7.3 RASTREABILIDADE BOVINA: UTILIZANDO PLATAFORMA ZIGBEE

Este trabalho apresentou uma maneira de monitorar e rastrear rebanhos bovinos utilizando Redes de Sensores Sem Fio (RSSF), linguagem de programação Java e banco de dados MySQL (SOUZA, 2014).

Seu propósito foi desenvolver um software capaz de realizar a comunicação entre os dispositivos Xbee Coordinator e End Device. E assim armazenar as informações coletadas em um banco de dados relacional, criar uma interface de apresentação das informações como uma visão geral, com a finalidade de facilitar o controle e administração de bens do usuário, utilizando do conceito de *dashboards* e mapas (SOUZA, 2014).

7.4 REDE DE SENSORES SEM FIO DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL

Este trabalho apresentou uma RSSF projetada para o monitoramento de temperatura, Umidade Relativa e Pressão Atmosférica na Floresta Amazônica.

Um microcontrolador de 32 bits e um módulo transceptor ZigBee operando na frequência ISM foram utilizados para compor os nós da rede, proporcionando otimização de energia, enquanto vários elementos sensores são usados para realizar as medições, como um sensor de temperatura e de umidade com interface digital da Sensirion. Os valores das medidas podem ser acessados por uma página Web incorporada em um microcontrolador e disponível a partir de um endereço IP, que mostra os dados adquiridos em tempo real. Testes realizados com um primeiro protótipo permitiram que a rede de sensores, a baixo custo, fosse implementada para monitorar temperatura e umidade remotamente (SILVA; FRUETT, 2010).

7.5 COMPUTATIONAL INTELLIGENCE APPLIED TO WILDFIRE PREDICTION USING WIRELESS SENSOR NETWORKS

Este trabalho apresentou um algoritmo para previsão de incêndios florestais utilizando redes de sensores sem fio.

Este algoritmo foi implementado nos sensores sem fio para o estudo de fogo num ambiente natural. Este algoritmo pode oferecer dois tipos de informações: o risco de incêndio e, no caso de um incêndio já iniciado, a direção de propagação das chamas e a sua velocidade. Esta informação é útil para bombeiros, a fim de obter formas de fuga e determinar estratégias para se posicionar fora do alcance do fogo. Os resultados preliminares obtidos mostraram que o algoritmo proposto em conjunto com a RSSF é um método promissor que pode ser usado para resolver os problemas mais comuns relacionados com o controle e detecção de incêndios (GASULL et al., 2011).

8 MONITORAMENTO E COLETA DE GRANDEZAS FÍSICAS NOS EFLUENTES GERADOS PELO PROCESSO DE PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ COM A UTILIZAÇÃO DE WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)

Diante do crescimento da população mundial e a necessidade de ampliar a produção de alimentos e produtos industrializados para suprir esse aumento de demanda, surgiu um novo problema, a poluição e o esgotamento dos recursos naturais, tais recursos que são vitais para a sobrevivência no planeta. Para tentar encontrar uma solução, nos últimos anos, foi criado um conjunto de leis ambientais e de órgãos que fazem a fiscalização e garantem o cumprimento destas leis.

O arroz é o um dos alimentos mais consumidos em todo o mundo, ele possui muitas variedades e diferentes processos de industrialização, sendo que o processo de parboilização é o mais comum devido ao seu baixo custo, aumento do valor nutritivo e maior aproveitamento do grão, aumentando a produção.

O processo de parboilização se dá por um processo hidrotérmico, no qual o arroz em casca é imerso em água potável, com temperatura superior a 58°C, seguido de gelatinização parcial ou total do amido e de secagem. Porém, este processo gera um efluente de temperatura elevada, com fator pH baixo e rico em matéria orgânica que precisa ser resfriado e tratado para que possa ser liberado na natureza novamente. Cabe aos órgãos ambientais determinar os parâmetros que precisam ser alcançados com este tratamento para que não prejudique o meio ambiente, estes parâmetros precisam ser medidos, sejam eles com análises laboratoriais periódicas, ou com medições diárias, como é o caso da temperatura do efluente e do seu nível de pH, que precisam ser coletados e repassados aos órgãos ambientais responsáveis e são os fatores abordados neste trabalho.

Para este fim, foi construída uma rede de sensores sem fio que monitora o pH e a temperatura do efluente na entrada e na saída dos tanques da estação de tratamento da indústria de arroz da Cooperativa Agropecuária de Jacinto Machado (COOPERJA) para automatizar esta coleta que hoje é feita de forma manual.

8.2 METODOLOGIA

Para a realização deste projeto foram realizadas reuniões com o Engenheiro Ambiental Lucas de Oliveira Possamai Della, responsável pelo

tratamento de efluentes da COOPERJA, com objetivo de adquirir as informações necessárias para o desenvolvimento da aplicação e o hardware necessário para a criação da rede. Nestas reuniões, ficaram definidos os parâmetros a serem monitorados, o intervalo entre as medições e os pontos onde devem ocorrer as medições.

Posteriormente, com os requisitos da aplicação definidos, foi realizado o levantamento bibliográfico para ampliar o embasamento científico necessário para o desenvolvimento do projeto.

8.2.1 Escolha do Hardware

A decisão de usar RSSF se deu pelo fato de que o local das medições não possui infraestrutura de energia e dados para possibilitar o uso de sistemas de sensoriamento comuns, sendo que fica em um local distante de pontos de rede e energia. Assim, uma RSSF tem a capacidade de suprir estas necessidades, pois pode ser alimentada a partir de baterias e transmite seus dados através de antenas de rádio.

Num próximo passo, foi realizada a visita ao local de instalação da RSSF para analisar a viabilidade do projeto e o levantamento do hardware necessário e sua aquisição. Esta foi uma parte muito crítica do projeto, pois a escolha do hardware para o projeto impacta diretamente no funcionamento da aplicação. Com essa visita, foi definida a utilização do seguinte hardware:

- a) 4 antenas Xbee Pro Série 2;
- b) 4 microcontroladores Arduino Uno;
- c) 4 *shields* para Xbee;
- d) Xbee Explorer;
- e) 2 sensores de temperatura NTC 10k à prova d'água;
- f) 2 sensores de pH DF Robot E201-BNC;
- g) 4 módulos para 4 pilhas AA cada;
- h) 2 resistores de 10000 Ohms;
- i) Computador com Windows 7 e acesso a rede.

A escolha pela utilização das antenas Xbee se deu por dois motivos, o envio de informações através de ondas de rádio, dispensando o uso de cabeamento específico, e a possibilidade de utilizá-lo em ambientes que não possuem

infraestrutura de rede e energia. A utilização do modelo Xbee Pro Série 2 se deu pelo seu preço ser semelhante e por possuir um alcance maior do que outros modelos, podendo chegar aos 100 metros em ambientes internos e até 1.600 metros em áreas totalmente sem obstáculos, segundo o fabricante.

A utilização do microcontrolador Arduino foi definida pelo fato do Arduino ser uma plataforma de desenvolvimento *open source* que aceita programação em linguagem de alto nível como a linguagem C, possui inúmeros sensores, controladores e *shields* compatíveis com a plataforma. Dentre seus diversos modelos diferentes, o Arduino UNO foi escolhido por ser simples, de baixo custo e capaz de corresponder as necessidades do projeto.

Houve a necessidade da utilização dos *Shields* para o Xbee para que fosse possível fazer a conexão entre o Arduino e o Xbee de forma satisfatória. Como o Arduino é uma plataforma modular, ou seja, é possível conectar vários *shields* para expandir suas funcionalidades conforme necessário. Logo, as antenas Xbee são conectadas aos *Shields* que são conectados no Arduino UNO.

O Xbee Explorer é uma placa que serve de conversor Serial/USB para fazer a comunicação com o computador. Nesta placa é conectada a antena Xbee responsável por coordenar a rede, chamado de nó coordenador, que por sua vez é ligada ao computador servidor através de um cabo USB. É através dele que as informações enviadas pela rede de sensores é recebida pelo servidor e são armazenadas no banco de dados para futuras consultas.

O sensor de temperatura NTC 10K à prova d'água foi escolhido por ser um sensor de simples utilização, compatível com o Arduino e com boa precisão. Para fazer a leitura ele utiliza um termistor, que é um tipo de resistência especial que altera seu valor em razão da temperatura que é submetido e pode variar de -40°C à 125°C e margem de erro de 1%. A sigla NTC significa *Negative Temperature Coefficient*, ou seja, indica que sua resistência diminui com o aumento da temperatura. Para sua instalação foi necessária a utilização de um resistor de 10000 Ohms.

A calibração dos sensores de temperatura foi feita utilizando a comparação das leituras realizadas com o sensor NTC 10K e o termohigrômetro Ion Therm 500 que opera entre -50°C e 70°C com margem de erro de 1% e possui certificação de calibração, onde foram obtidas variações de até 0,2°C entre os sensores.

Conforme citado anteriormente, o método mais preciso para a determinação do pH é através da medição da força eletromotriz. Para este método é utilizado um sensor formado por dois eletrodos que retornam um valor de tensão específico que varia conforme o pH da solução que está sendo medida. Porém, esta tensão retornada é muito baixa, que impossibilita a leitura direta pelo Arduino, para resolver este problema, o sensor de pH E201-BNC fabricado pela DF Robot, utiliza uma placa para amplificar esse valor de tensão tornando possível a leitura pela porta analógica do Arduino.

Sua calibração foi feita utilizando soluções tampão de pH 7 e pH 4, que são soluções com pH conhecido e tem como principal funcionalidade a utilização para calibração de sensores de pH. As medições realizadas nas soluções tampão oscilaram cerca de 0,2 para mais ou para menos em relação ao pH da solução, sendo esta diferença irrelevante para o ambiente em questão.

O computador é utilizado para receber as informações coletadas pela RSSF e alimentar o banco de dados. Ele utiliza sistema operacional Windows 7 por ser o sistema disponibilizado pela empresa COOPERJA. A máquina possui acesso pela rede, para que as informações coletadas possam ser visualizadas de outras máquinas e outros dispositivos com acesso a rede.

Unidos a este hardware foram utilizados módulos para pilhas AA, cada módulo tem capacidade para 4 pilhas e servem de alimentação para os nós sensores que ficam localizados em pontos que não possui rede elétrica. A localização dos pontos será discutida no próximo item.

8.2.2 Definição dos Pontos de Coleta

Durante reuniões com o engenheiro ambiental responsável, foram definidos o pH e a temperatura do efluente como as grandezas a serem coletadas pelos nós sensores, a definição da localização dos nós sensores e a periodicidade de suas medições levando em consideração as necessidades da empresa e as exigências da FEPAM, órgão ambiental responsável pela fiscalização ambiental no estado do Rio Grande do Sul.

A figura 11 demonstra o local de instalação da RSSF, a localização da estação de tratamento dentro da indústria e a disposição dos nós sensores.

Figura 11 - Posicionamento dos nós sensores



Fonte: Google (2015).

O local onde foi definida a posição do nó coordenador se deu pelo fato de ser o local onde fica a infraestrutura de rede da indústria, sendo que ele é o ponto que recebe todas as informações da rede e salva em uma base de dados para ser acessado posteriormente. Este nó é composto por uma antena Xbee conectada ao Xbee Explorer, que tem a função de receber os dados e transmitir via conexão USB para o computador que servirá de servidor para o banco de dados.

A figura 12 ilustra o hardware do nó coordenador.

Figura 12 - Hardware do nó coordenador.



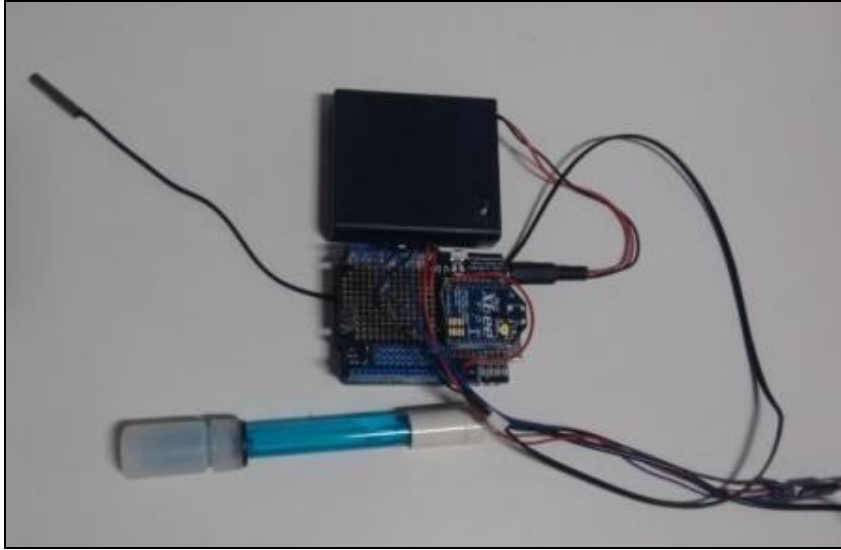
Fonte: Do autor.

O nó sensor de entrada da estação está posicionado no local do primeiro tanque da estação de tratamento que recebe o efluente antes do processo de tratamento ainda quente. Neste ponto será medido o pH e a temperatura do efluente, essa leitura não é exigida pelo órgão ambiental, mas servirá de histórico para a empresa. Este nó é composto por um microcontrolador Arduino UNO, uma antena Xbee, uma placa Xbee *shield* para conexão da antena Xbee com o Arduino UNO, um sensor de pH E201-BNC, um sensor de temperatura NTC 10K em conjunto com um resistor de 10000 Ohms e um módulo de pilhas para alimentação do mesmo.

O nó sensor de saída da estação fica posicionado no último tanque, etapa onde o efluente já está tratado e está prestes a ser liberado novamente na natureza. O órgão ambiental exige leituras diárias deste efluente liberado, porém conforme definido em reunião com o engenheiro ambiental responsável, será feita a leitura a cada hora para obter maior precisão dos resultados do tratamento. Este nó possui mesmo hardware do nó de entrada.

A figura 13 ilustra o hardware utilizado nos nós sensores de entrada e saída.

Figura 13 - Hardware do nó sensor de entrada e saída.

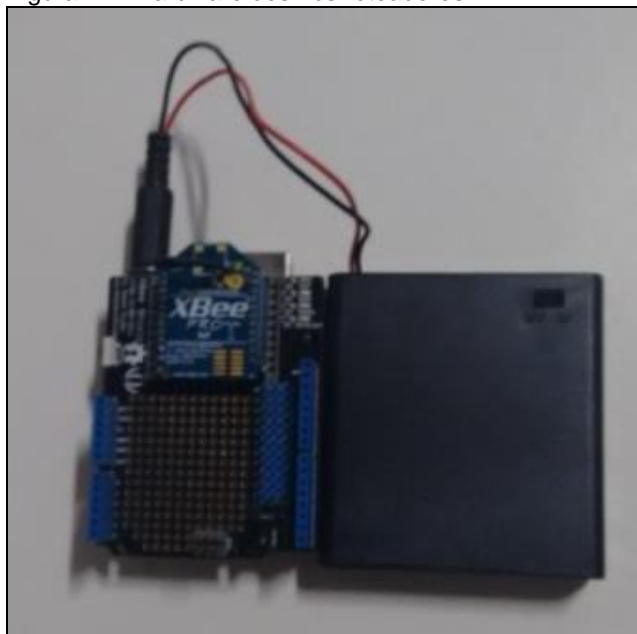


Fonte: Do autor.

Os nós roteadores foram posicionados conforme na figura para que eles possam servir de caminho da informação dos nós de entrada e saída até o nó coordenador, pois devido a distancia entre o nó coordenador e os nós de entrada e saída, fica impossível transmitir os dados sem perdas consideráveis. Estes nós são compostos por um Arduino UNO, um Xbee shield, um módulo de pilhas para alimentação e uma antena Xbee. A utilização do Arduino UNO e do Xbee Shield é feita somente para conectar e alimentar a antena Xbee sem a necessidade de nenhum tipo de adaptação.

A figura 14 ilustra o hardware utilizado nos nós roteadores.

Figura 14 - Hardware dos nós roteadores.



Fonte: Do autor.

A FEPAM exige uma leitura diária do valor de pH e temperatura do efluente que é liberado na natureza após o tratamento, levando em consideração esta exigência, ficou definido em reunião que as coletas das informações pelos sensores serão realizadas a cada hora para que seja cumprida a exigência e se tenha mais informações sobre o desempenho do tratamento realizado.

8.2.3 Integração entre Hardware e Software

Para fazer a leitura dos sensores em cada ponto, foi necessária a programação dos microcontroladores Arduino. Para esta programação foi utilizada a IDE Arduino Software v.1.6.3 disponibilizada *online* pela comunidade Arduino e a linguagem de programação C. Após a programação dos Arduinos, são gerados pacotes de código fonte chamados de *Sketch*, esses pacotes são enviados para cada microcontrolador e são executados de forma contínua enquanto o Arduino permanecer ligado. Ele é programado para que a cada hora faça a leitura do pH e da temperatura do efluente e envie através da RSSF até o nó coordenador que recebe esta informação, trata e grava no banco de dados.

Para fazer a recepção dos dados enviados no pelos nós sensores pelo computador servidor é utilizado um adaptador serial/USB chamado Xbee Explorer,

este adaptador funciona através de uma porta USB gerando uma porta serial emulada como COMX (onde X é o número da porta emulada) no sistema operacional Windows. Nele é conectada a antena Xbee do nó coordenador que recebe os dados da rede e o cabo USB conectado ao servidor para que a informação recebida pelas antenas seja gravada em uma base de dados.

Após a preparação do hardware, foi necessária a instalação do *driver* “Digi_USB_RF_Drivers.exe” que possui as bibliotecas necessárias para reconhecer a antena conectada ao servidor.

Com o *driver* já instalado, foi feita a instalação do software XCTU Next Gen v. 6.1.3, software este produzido pelo fabricante das antenas Xbee e distribuído através de seu site na internet. Ele tem a função de programar e ajustar o *firmware* das antenas conforme necessário para a criação da rede ZigBee.

As antenas vêm pré configuradas de fábrica, sendo necessárias apenas algumas configurações para que já seja possível utilizar no projeto. Destas configurações de fábrica, para a elaboração do projeto foram alteradas somente o *firmware* da antena que define qual tipo de nó ela será, o *ID PAN ID* que é um campo hexadecimal que recebe o nome da rede que os nós sensores fazem parte, os campos *DH Destination Adress High* e *DH Destination Adress Low* também hexadecimal e recebem a primeira e a segunda parte respectivamente do endereço físico do nó em que vai se comunicar e o campo *NI Node Identifier* que recebe um nome com função apenas de identificar a antena.

Cada um dos nós recebeu o seguinte firmware:

- a) Nó coordenador que fica conectado ao servidor e recebe toda a informação da rede:
 - *Product Family: XBP24-ZB;*
 - *Function Set: ZigBee Coordinator AT;*
 - *Firmware Version: 20A7.*
- b) Nó que recebe a informação dos outros nós sensores e encaminha para o nó coordenador:
 - *Product Family: XBP24-ZB;*
 - *Function Set: ZigBee Router AT;*
 - *Firmware Version: 2264.*
- c) Nó localizado no tanque de entrada da estação:
 - *Product Family: XBP24-ZB;*

- *Function Set: ZigBee Router AT;*
 - *Firmware Version: 2264.*
- d) Nó localizado no tanque de saída da estação:
- *Product Family: XBP24-ZB;*
 - *Function Set: ZigBee Router AT;*
 - *Firmware Version: 2264.*

O fornecedor do software informa que é possível fazer a comunicação das antenas em dois modos: o modo API ou modo Transparente. No modo API a comunicação é feita através de frames de dados. No modo transparente os bits que chegam ao nó são diretamente transmitidos para a próxima antena até chegar ao coordenador. Para o desenvolvimento desta pesquisa foi escolhida a utilização do modo Transparente, pelo fato de possuir simples configuração e atender as necessidades do projeto.

Na figura 15 é possível visualizar a configuração do nó coordenador:

Figura 15 - Configuração do nó coordenador

Radio Configuration [COORDENADOR - 0013A200406E8425]

Firmware information

Product family: XBP24-ZB
 Function set: ZigBee Coordinator AT
 Firmware version: 20A7

Networking
 Change networking settings

ID PAN ID	FF	
SC Scan Channels	3FFF	Bitfield
SD Scan Duration	3	exponent
ZS ZigBee Stack Profile	0	
NJ Node Join Time	FF	x1 sec
OP Operating PAN ID	FF	
OI Operating 16-bit PAN ID	D8C9	
CH Operating Channel	12	
NC Number of Remaining Children	A	

Addressing
 Change addressing settings

SH Serial Number High	13A200	
SL Serial Number Low	406E8425	
MY 16-bit Network Address	0	
DH Destination Address High	0	
DL Destination Address Low	FFFF	
NI Node Identifier	COORDENADOR	
NH Maximum Hops	1E	
BH Broadcast Radius	0	
AR Many-to-One Route Broadcast Time	FF	x10 sec
DD Device Type Identifier	30000	
NT Node Discovery Backoff	3C	x100 ms

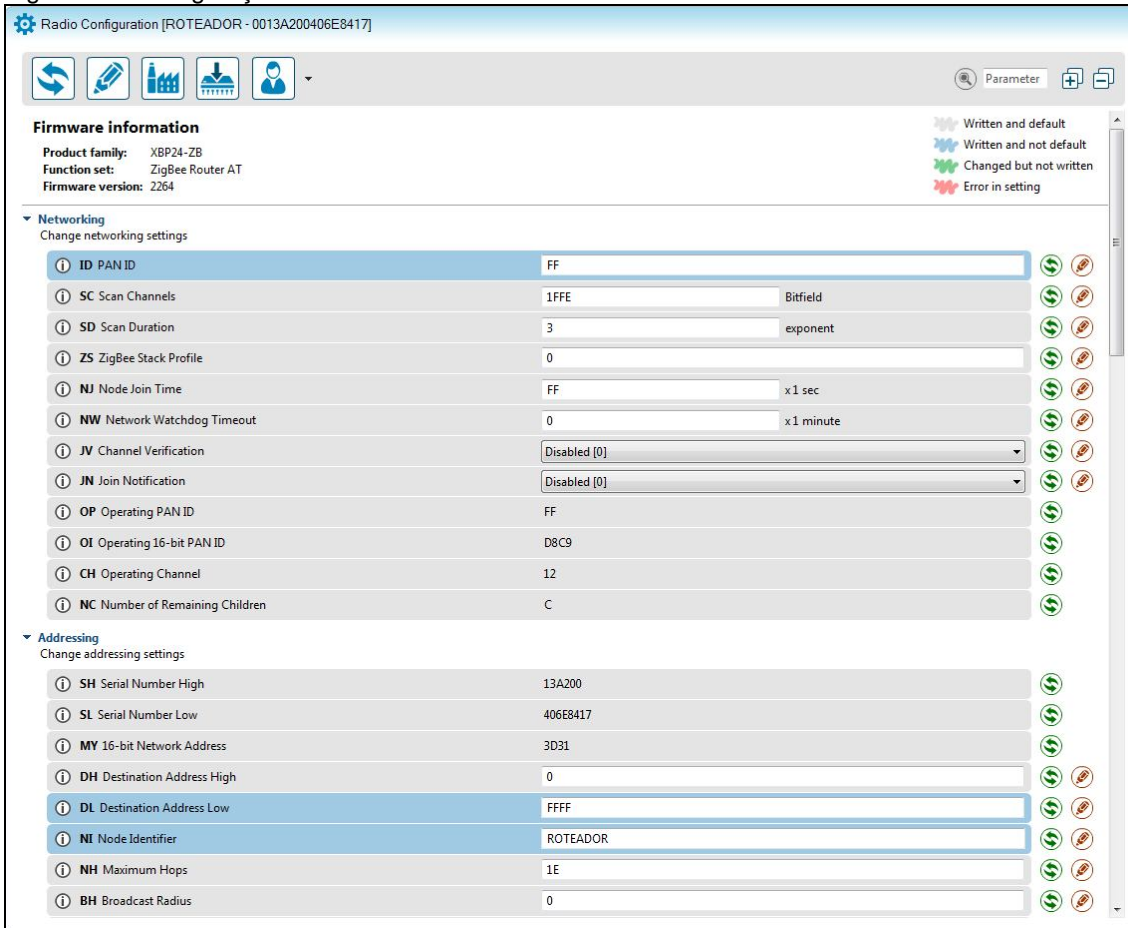
Legend:
 Written and default (grey)
 Written and not default (blue)
 Changed but not written (green)
 Error in setting (red)

Fonte: Do autor.

Os campos em destaque são as configurações alteradas em relação as configurações de fábrica. O campo *ID PAN ID* recebeu o valor “FF” que é o nome da rede e o campo *NI Node Identifier* recebeu o valor “COORDENADOR” que é a descrição de identificação do nó.

Na figura 16 é possível visualizar a configuração dos nós roteadores:

Figura 16 - Configuração dos nós roteadores



Radio Configuration [ROTEADOR - 0013A200406E8417]

Firmware information

Product family: XBP24-ZB
Function set: ZigBee Router AT
Firmware version: 2264

Networking
Change networking settings

ID PAN ID	FF		
SC Scan Channels	1FFE	Bitfield	
SD Scan Duration	3	exponent	
ZS ZigBee Stack Profile	0		
NJ Node Join Time	FF	x 1 sec	
NW Network Watchdog Timeout	0	x 1 minute	
JV Channel Verification	Disabled [0]		
JN Join Notification	Disabled [0]		
OP Operating PAN ID	FF		
OI Operating 16-bit PAN ID	D8C9		
CH Operating Channel	12		
NC Number of Remaining Children	C		

Addressing
Change addressing settings

SH Serial Number High	13A200		
SL Serial Number Low	406E8417		
MY 16-bit Network Address	3D31		
DH Destination Address High	0		
DL Destination Address Low	FFFF		
NI Node Identifier	ROTEADOR		
NH Maximum Hops	1E		
BH Broadcast Radius	0		

Legend:
 Written and default (green)
 Written and not default (blue)
 Changed but not written (green)
 Error in setting (red)

Fonte: Do autor.

Os nós roteadores recebem o mesmo nome de rede no campo *ID PAN ID*, no campo *DL Destination Adress Low* foi configurado o valor hexadecimal “FFFF”, esta configuração foi feita para que estes nós possam enviar e receber informações para qualquer um dos nós que fazem parte da rede “FF”. No campo *NI Node Identifier* receberam o valor “ROTEADOR” que é sua descrição na rede.

Na figura 17 é possível visualizar a configuração do nó sensor de entrada da estação:

Figura 17 - Configuração do nó sensor de entrada.

Radio Configuration [SENSORENTRADA - 0013A200406E8438]

Firmware information

Product family: XBP24-ZB
Function set: ZigBee Router AT
Firmware version: 2264

Networking
Change networking settings

ID PAN ID	FF		Written and default
SC Scan Channels	1FFE	Bitfield	Written and not default
SD Scan Duration	3	exponent	Changed but not written
ZS ZigBee Stack Profile	0		Written and default
NJ Node Join Time	FF	x 1 sec	Written and not default
NW Network Watchdog Timeout	0	x 1 minute	Written and default
JV Channel Verification	Disabled [0]		Written and not default
JN Join Notification	Disabled [0]		Written and not default
OP Operating PAN ID	FF		Written and default
OI Operating 16-bit PAN ID	D8C9		Written and default
CH Operating Channel	12		Written and default
NC Number of Remaining Children	C		Written and default

Addressing
Change addressing settings

SH Serial Number High	13A200		Written and default
SL Serial Number Low	406E8438		Written and default
MY 16-bit Network Address	61AA		Written and default
DH Destination Address High	0		Written and not default
DL Destination Address Low	FFFF		Written and not default
NI Node Identifier	SENSORENTRADA		Written and not default
NH Maximum Hops	1E		Written and default
BH Broadcast Radius	0		Written and default

Fonte: Do autor.

O nó sensor de entrada recebeu o mesmo nome de rede no campo *ID PAN ID*, no campo *DL Destination Adress Low* foi configurado o valor hexadecimal “FFFF”, esta configuração foi feita para que este nó possa enviar e receber informações para qualquer um dos nós que fazem parte da rede “FF”. No campo *NI Node Identifier* recebeu o valor “SENSORENTRADA” que é sua descrição na rede.

Na figura 18 é possível visualizar a configuração do nó sensor de saída da estação:

Figura 18 - Configuração do nó sensor de saída.

Radio Configuration [SENSORSAIDA - 0013A200406E8426]

Firmware information

Product family: XBP24-ZB
 Function set: ZigBee Router AT
 Firmware version: 2264

Networking
 Change networking settings

ID PAN ID	FF		Written and default
SC Scan Channels	1FFE	Bitfield	Written and not default
SD Scan Duration	3	exponent	Changed but not written
ZS ZigBee Stack Profile	0		Written and default
NJ Node Join Time	FF	x 1 sec	Written and not default
NW Network Watchdog Timeout	0	x 1 minute	Written and default
JV Channel Verification	Disabled [0]		Written and not default
JN Join Notification	Disabled [0]		Written and not default
OP Operating PAN ID	FF		Written and default
OI Operating 16-bit PAN ID	D8C9		Written and default
CH Operating Channel	12		Written and default
NC Number of Remaining Children	C		Written and default

Addressing
 Change addressing settings

SH Serial Number High	13A200		Written and default
SL Serial Number Low	406E8426		Written and default
MY 16-bit Network Address	AFBE		Written and default
DH Destination Address High	0		Written and not default
DL Destination Address Low	FFFF		Written and not default
NI Node Identifier	SENSORSAIDA		Written and not default
NH Maximum Hops	1E		Written and not default
BH Broadcast Radius	0		Written and default

Fonte: Do autor.

O nó sensor de entrada recebeu o mesmo nome de rede no campo *ID PAN ID*, no campo *DL Destination Adress Low* foi configurado o valor hexadecimal “FFFF”, esta configuração foi feita para que este nó possa enviar e receber informações para qualquer um dos nós que fazem parte da rede “FF”. No campo *NI Node Identifier* recebeu o valor “SENSORSAIDA” que é sua descrição na rede.

Vale ressaltar que nos nós de entrada e saída da estação foram configurados como roteadores utilizado a *function set ZigBee Router AT* ao invés de utilizá-los como dispositivos finais. Esta decisão foi tomada pelo fato dos nós que usam configuração como dispositivos finais não são capazes de se comunicar entre si, sendo somente possível a comunicação com nós roteadores, já que os dispositivos finais não são capazes de gerenciar as rotas na rede. Levando em conta o ambiente em que a rede será instalada e a disposição dos nós foi definida a utilização de todos os nós como roteadores para que seja possível utilizar mais de

uma rota, sendo esta rota totalmente transparente ao usuário já que ela é definida pelo próprio nó através de seu protocolo de comunicação.

8.2.4 Recepção dos dados

Para receber a informação e gravá-la no banco, foi desenvolvida uma aplicação na linguagem Java que faz a leitura da porta serial em que o Xbee Explorer está conectado e faz seu tratamento, sendo esta aplicação denominada de Servidor.

Na aplicação do Servidor são configurados os parâmetros de funcionamento do software. Nela é configurado o nome da porta COM em que o Xbee Explorer está conectado, os limites de pH determinados pela FEPAM que o efluente deve respeitar, o valor máximo de temperatura do efluente também determinado pela FEPAM e um endereço de email para envio de alertas, caso receba alguma leitura que esteja fora dos padrões estabelecidos nos parâmetros anteriormente citados.

A aplicação também possui um campo onde são exibidas as leituras recebidas pela rede, onde é possível acompanhar seu funcionamento.

8.2.5 Interface para Exibição das Informações Coletadas

Após a conclusão do processo de captura e armazenamento das informações, os resultados podem ser visualizados em uma interface *web* para o usuário. Desenvolvida utilizando os *frameworks Java Server Faces (JSF) v.2.2* e *Primefaces v.5.2* juntamente do servidor *Glassfish v.4.1*. A definição por uma interface *web* para a visualização dos dados se deu pela necessidade da empresa em acessar estes dados a partir de computadores e também de dispositivos móveis.

A escolha do *framework JSF* foi devido à experiência do acadêmico adquirida no decorrer do curso de graduação e a necessidade da empresa em acessar estes dados a partir de computadores e de dispositivos móveis, sendo que o JSF permite desenvolver uma aplicação *web* em conjunto com a linguagem de programação Java, que é largamente utilizada no mercado de trabalho e no ambiente acadêmico do curso de Ciência da Computação. O servidor *Glassfish* foi

escolhido pela fácil configuração e utilização e a experiência do acadêmico na sua utilização.

A escolha do *framework Primefaces* para montar o *front-end* foi devido aos seus componentes que permitem criar uma interface interativa com grande facilidade, permitindo desenvolver uma interface web com padrões de larga aceitação de mercado e responsiva, isso é, ela se ajusta ao tamanho da tela do dispositivo em que está sendo acessada, dispensando a necessidade do desenvolvimento de interfaces distintas para cada tipo de dispositivo.

A interface é composta por uma página que exhibe gráficos para demonstrar os níveis das medições, sendo um gráfico para as leituras de pH e outro para as leituras de temperatura, sendo possível escolher o dia em que se deseja visualizar as informações. No gráfico é possível visualizar as informações somente em períodos diários, esta decisão coube pelo fato de que em períodos maiores a visualização do gráfico acabaria prejudicada pelo grande número de informações nele contida, cabendo essa visualização de períodos maiores somente através de relatórios. Nela também é possível gerar relatórios das leituras efetuadas filtradas por sensor, por período e também um relatório por ocorrência, sendo esse último um relatório que trás apenas as leituras em que foi identificado desrespeito aos parâmetros determinados na configuração da aplicação Servidor.

O controle de acesso através de uma tela de login não foi desenvolvido neste projeto pelo interesse da empresa em disponibilizar a interface de visualização através da página *web* já existente na empresa, sendo que o controle de acesso restrito já é feito de forma centralizada por uma política interna de segurança, não havendo a necessidade de implementar um segundo controle na aplicação.

Os campos dos filtros para os gráficos e relatórios já possuem as informações necessárias cadastradas, sendo necessário apenas clicar na opção desejada, dessa forma, evitando a utilização de filtros inválidos e facilitando sua utilização, principalmente em dispositivos móveis.

Com essas informações numa interface centralizada, é possível visualizar e mensurar a qualidade do tratamento de efluente realizado e os resultados obtidos por ele em tempo real, permitindo agir no momento em que é encontrado qualquer tipo de problema, evitando a poluição do meio ambiente e a geração de qualquer ônus, proveniente de multas geradas pela FEPAM pelo descumprimento da legislação.

8.3 TESTES REALIZADOS

Para realização dos testes, foram feitas duas visitas a indústria da COOPERJA localizada na cidade de Santo Antônio da Patrulha – RS, lá foram realizados testes de alcance de sinal da RSSF e leituras utilizando os nós sensores e o equipamento utilizado atualmente no local para efeito de comparação dos resultados.

Primeiramente, foi realizada a coleta das amostras para análise seguindo o procedimento atual, a figura 19 ilustra como o processo é feito de forma completamente manual.

Figura 19 - Coleta de amostras e leituras no processo atual



Fonte: Do autor.

Atualmente as amostras são coletadas nos tanques diariamente por um funcionário e colocadas em recipientes, elas são levadas até uma sala que contém um pHmetro de bancada responsável por ler o valor do pH e a temperatura do efluente através da inserção do seu eletrodo no líquido, onde as medidas são anotadas em uma planilha e repassadas ao responsável pela estação de tratamento mensalmente para que sejam enviadas a FEPAM.

As figuras 20 e 21 ilustram os tanques de entrada e de saída da estação respectivamente, onde são feitas as leituras.

Figura 20 - Tanque de entrada da estação



Fonte: Do autor.

Figura 21 - Tanque de saída da estação



Fonte: Do autor.

Segundo o funcionário responsável pelas coletas de amostras, os motores que transportam o efluente das caldeiras até a estação estavam em manutenção, fazendo com que a estação ficasse com seu nível muito baixo e fora de operação, sendo que o efluente nela contido seria bombeado novamente para o início do

processo assim que a manutenção fosse concluída, sendo esta a causa da má aparência do efluente dentro dos tanques.

Para efeito de comparação foram realizadas 20 leituras com o pHmetro da empresa e 20 leituras com os nós sensores da RSSF utilizando a mesma amostra para ambos, sendo que os resultados alcançados serão discutidos posteriormente.

Para os testes de alcance de sinal, foram instalados os nós sensores nos locais indicados anteriormente na figura 11 com o intuito de testar a comunicação dos nós sensores com o nó coordenador para descobrir a efetividade da RSSF.

Conforme as figuras 22 e 23 podem ser visualizados os nós de entrada e saída em seus respectivos tanques.

Figura 22 - Nó sensor instalado no tanque de entrada da estação.



Fonte: Do autor.

Figura 23 - Nó sensor instalado no tanque de saída da estação.



Fonte: Do autor.

A produção de uma caixa selada para acondicionamento dos nós sensores e suportes para fixação ficou de responsabilidade da empresa. Não foi possível registrar o local de instalação dos nós roteadores por terem sido instalados no topo de um silo de armazenamento de arroz, sendo um lugar alto e de acesso restrito aos funcionários da empresa.

Com estes testes, foi possível descobrir o alcance de transmissão das antenas e validar a efetividade da rede, sendo estes resultados discutidos no próximo tópico deste trabalho.

8.4 RESULTADOS OBTIDOS

Com os testes de transmissão, foi possível analisar o posicionamento dos nós sensores e visualizar a diferença do alcance de sinal da rede em ambiente aberto e em ambiente com obstáculos, como é o caso do ambiente da estação de tratamento que possui os dois cenários.

Inicialmente foram feitos testes utilizando apenas um nó como roteador, porém esta configuração se mostrou insuficiente devido às estruturas dos silos que ficam entre o nó coordenador e os nós sensores, impossibilitando que os nós

sensores “enxergassem” uns aos outros, ou seja, que eles estejam posicionados sem grandes obstáculos para obstruir o sinal de rádio e causar perda de informações.

Para solucionar este problema, foi inserido mais um nó roteador na rede para que a obstrução de sinal causada pelas estruturas da indústria seja compensada com a maior intensidade de sinal ocasionada pela proximidade entre os nós, eliminando a perda de pacotes antes detectada e obtendo a comunicação dos nós sensores com o nó coordenador de forma satisfatória.

Esta situação demonstrou uma característica muito importante na RSSF, a capacidade de se reorganizar automaticamente, sendo que o novo nó precisou apenas ser inserido na rede e fixado no local desejado, cabendo as antenas ajustar a rota de transmissão automaticamente, sem a necessidade de nenhum tipo de alteração nos outros nós da rede.

Para comparação dos resultados das leituras, foram realizadas 20 coletas utilizando a RSSF e o equipamento utilizado atualmente, as tabelas 2 e 3 ilustram os resultados das leituras no tanque de entrada e de saída da estação respectivamente.

Tabela 2 – Leituras no tanque de entrada.

Leituras utilizando pHmetro da empresa (Tanque de Entrada)		Leituras realizadas com a RSSF (Tanque de Entrada)	
pH	Temperatura	pH	Temperatura
7,38	26,18	7,64	32,36
7,35	26,18	7,66	32,27
7,41	26,15	7,66	32,27
7,55	26,17	7,66	32,17
7,65	26,18	7,64	32,25
7,52	26,21	7,61	32,17
7,52	26,18	7,69	32,08
7,52	26,13	7,51	32,08
7,72	26,18	7,55	31,99
7,78	26,15	7,57	31,99
7,74	26,18	7,58	31,89
7,63	26,14	7,62	31,84
7,62	26,18	7,48	31,84
7,59	26,23	7,65	31,8
7,65	26,18	7,63	31,8
7,55	26,19	7,48	31,8
7,54	26,18	7,71	31,89

7,54	26,12	7,59	32,17
7,49	26,18	7,47	32,27
7,48	26,18	7,62	32,36

Fonte: Do autor.

Tabela 3 – Leituras no tanque de saída.

Leituras utilizando pHmetro da empresa (Sensor de Saída)		Leituras realizadas com a RSSF (Sensor de Saída)	
pH	Temperatura	pH	Temperatura
8,43	23,11	8,69	18,58
8,49	23,11	8,85	18,67
8,51	23,11	8,75	18,67
8,55	23,11	8,92	18,67
8,54	23,02	8,96	18,67
8,53	23,02	8,62	18,67
8,53	23,02	8,71	18,67
8,63	22,99	8,72	18,67
8,67	22,98	8,63	18,67
8,62	22,98	8,59	18,67
8,72	22,98	8,62	18,67
8,73	22,91	8,61	18,67
8,75	22,91	8,48	18,67
8,79	22,92	8,73	18,67
8,76	22,92	8,81	18,67
8,81	22,89	8,53	18,75
8,67	22,89	8,57	18,75
8,58	22,89	8,56	18,75
8,69	22,89	8,65	18,75
8,48	22,89	8,59	18,75

Fonte: Do autor.

Conforme os dados ilustrados nas tabelas 2 e 3 é possível perceber que a diferença de valores de pH obtidos pelos dois sensores é muito pequena, essa diferença pode ocorrer devido a precisão de cada sensor.

A maior discrepância encontrada nas leituras foi a temperatura, essa diferença foi causada pelo método utilizado atualmente na empresa que coleta uma pequena quantia de efluente e o desloca até o local em que se encontra o sensor, sendo que durante este percurso a temperatura do efluente tende a se aproximar da temperatura ambiente, sendo no tanque de entrada onde o efluente tende a esfriar devido a maior temperatura do efluente, sendo no tanque de saída onde o efluente tende a esquentar devido a menor temperatura do efluente.

Essa variação de temperatura entre as leituras dos dois métodos de coleta demonstra a importância de a leitura ser feita diretamente no tanque da estação onde é possível ter leituras precisas e com maior validade perante o órgão ambiental.

Com a implantação da RSSF na estação de tratamento foi possível coletar as informações exigidas pelo órgão ambiental de forma automatizada permitindo o acesso a elas de qualquer local que possua acesso a internet, sendo que qualquer leitura em que seja constatado um valor fora dos parâmetros exigidos por lei, é disparado um email de alerta indicando qual o valor coletado e o ponto em que foi registrado, diminuindo consideravelmente a mão de obra para as coletas devido a grande extensão da estação de tratamento, eliminando erros na marcação das leituras causados por falha humana e aumentando a confiabilidade da informação.

Os parâmetros são definidos pelo órgão ambiental e são configurados na aplicação servidora conforme ilustrado na figura 24.

Figura 24 - Configuração da aplicação servidor

A imagem mostra a interface de configuração da aplicação servidor, intitulada "Estação de Tratamento - Servidor". A interface é dividida em duas seções principais: "Parâmetros" e "Dados recebidos".

Na seção "Parâmetros", há os seguintes campos e controles:

- Limite de pH:** Campos de entrada com os valores "6.0" e "9.0" separados por "até".
- Limite de temperatura:** Campo de entrada com o valor "40.0".
- Email de alerta:** Campo de entrada com o valor "murilo.darolt@gmail.com".
- Seleção de porta:** Botão de dropdown menu.
- Controles de conexão:** Botões "Conectar", "Desconectar" e "Salvar".

Na seção "Dados recebidos", há uma tabela com as seguintes colunas:

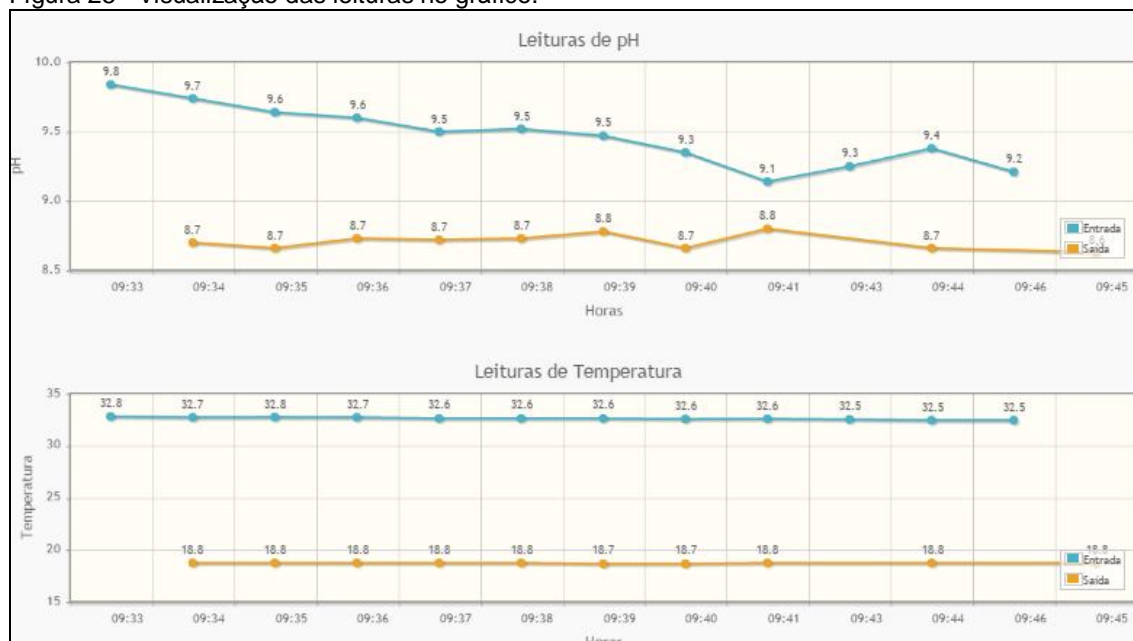
Nome do Sensor	pH	Temperatura	Data	Hora
----------------	----	-------------	------	------

Fonte: Do autor.

As leituras podem ser visualizadas na interface web através de gráficos que facilitam a visualização das informações ou de forma mais detalhada a partir de relatórios.

As figuras 25 e 26 ilustram a visualização em forma de gráfico e de relatório respectivamente.

Figura 25 - Visualização das leituras no gráfico.



Fonte: Do autor.

Figura 26 - Visualização das leituras no relatório.

Sensor	pH	Temperatura	Data	Hora
Entrada	9.84	32.83	03/06/2015	09:33:51
Saída	8.7	18.75	03/06/2015	09:34:16
Entrada	9.74	32.74	03/06/2015	09:34:48
Saída	8.66	18.75	03/06/2015	09:35:17
Entrada	9.64	32.76	03/06/2015	09:35:48
Saída	8.73	18.75	03/06/2015	09:36:17
Entrada	9.6	32.74	03/06/2015	09:36:48

Fonte: Do autor.

Sendo estas informações filtradas por data para criação do gráfico e filtradas por período e por sensor na criação do relatório das leituras e dos alertas.

9 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a aplicação de RSSF em uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria arroseira. A rede desenvolvida permite o monitoramento de temperatura e pH no efluente gerado pelo processo de parboilização do arroz, automatizando um processo que é feito de forma completamente manual e tornando mais simples e preciso o controle da efetividade do tratamento aplicado colaborando com a preservação do meio ambiente e respeitando a legislação ambiental vigente.

O uso da tecnologia das RSSF neste trabalho pode proporcionar um resultado bastante efetivo para o cenário em questão, pois a não obrigatoriedade da criação de uma infraestrutura elétrica e de dados para os nós sensores permitiu que os sensores fossem facilmente instalados nos pontos desejados. Devido a flexibilidade da rede, é possível mudar o posicionamento dos nós sensores e roteadores conforme a situação sem que seja necessária mudanças de hardware ou software, desde que o alcance das antenas Xbee seja respeitado.

Para a disponibilização das leituras coletadas, a utilização dos *frameworks* JSF e *Primefaces* permitiu que os dados fossem acessados de forma satisfatória através de computadores e também de dispositivos móveis.

Com a rede implantada no local e a aplicação tratando as informações coletadas, foi possível realizar testes comparativos com os métodos utilizados atualmente na empresa, comprovando a eficiência da utilização da RSSF para este fim.

Com o desenvolvimento deste projeto foi possível demonstrar a possibilidade de utilização da tecnologia das RSSF em estações de tratamento de efluente de grande porte, que ao contrário das estações de tratamento compactas, não possuem quase nenhum tipo de tecnologia de automatização ou controle, abrindo um grande campo para pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias para o setor.

Uma grande dificuldade encontrada durante o desenvolvimento deste projeto foi encontrar informações mais precisas sobre a utilização das tecnologias empregadas, pois por ser uma tecnologia que permite a criação de um produto de grande valor agregado, muitos trabalhos e pesquisas desenvolvidas utilizando estes

componentes acabam por omitir ou não expor de forma clara como desenvolveram sua pesquisa.

Por fim, através de todo conhecimento adquirido, novos projetos podem ser desenvolvidos e novos caminhos podem se abrir. Por ser uma tecnologia em constante crescimento, ter a oportunidade de aprender e trabalhar sua aplicação proporcionou uma experiência diferenciada no projeto.

Sugerem-se as seguintes extensões para trabalhos futuros:

- a) utilizar técnicas de georreferenciamento para mapear o posicionamento dos nós da rede;
- b) utilizar placas de energia solar para carregar as baterias dos nós sensores, aumentando sua vida útil;
- c) utilizar atuadores em conjunto com os nós sensores para controlar o funcionamento de motores e bombas da estação de tratamento;

REFERÊNCIAS

- AKYILDIZ, Ian F. et al. **A Survey on Sensor Networks**. 2002. Tradução nossa. Disponível em: <<http://www.ece.gatech.edu/research/labs/bwn/papers/2002/j4.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2014.
- AMORIM, Carlos Augusto Patrício. **Sensores**. 2010. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2014.
- BARCELLOS, Camila Hübner; CARVALHO, Antonio R. P.. **TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES**. [20--]. Disponível em: <http://www.kurita.com.br/adm/download/Tratamento_Biologico_de_Efluentes.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2014.
- BRALEY, Richard C.; GIFFORD, Ian C.; HEILE, Robert F.. **Wireless Personal Area Networks: An Overview of the IEEE P802.15 Working Group**. Tradução nossa. Disponível em: <http://www.ieee802.org/15/pub/PR/ACM_MC2R-80215.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2014.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, SECRETARIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz**. Brasília, v.8, n.20, p.1-25, 1988.
- BRASIL. Portaria nº 269, de 17 de novembro de 1988. **Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília (DF), 22 nov. 1988. Seção 1, p. 22.531.
- CARISSIMI, Alexandre da Silva; ROCHOL, Juergen; GRANVILLE, Lisandro Zambenedetti. **Redes de Computadores**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 391 p.
- CARMONA, Tadeu; HEXSEL, Roberto A.. **Universidade Redes: torne-se um especialista em redes de computador**. Sao Paulo: Digerati Books, 2005. 332 p.
- CARRIEL, Vinícius Sanches. A Evolução do LTE até o padrão 4G de 1Gbits/s. **Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação**, São Paulo, v. 3, n. 1, p.30-33, out. 2013. Disponível em: <<http://www.rtic.com.br/artigos/v03n01/v03n01a06.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.
- CASARIN, Valter. **PRODUÇÃO DE ALIMENTOS: O DESAFIO DO SÉCULO**. 2012. Disponível em: <[https://www.ipni.net/ppiweb/BRAZIL.NSF/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/5dabcfb5dec4ed0e832577720050ce6c/\\$FILE/IAPage24-139.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/BRAZIL.NSF/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/5dabcfb5dec4ed0e832577720050ce6c/$FILE/IAPage24-139.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 2014.
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. CONSEMA Nº 128/2006: **Fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos**. Porto Alegre: Doe, 2006. 9 p. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolução_CONSEMA_nº_128_2006_-_Fixação_de_Padrões_de_Emissão_de_Efluentes_Líquidos.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2014.

DANNO, K.; MORI, N.; TODA, K-I.; KOBAYASHI, T.; UTANI, A. 2001: **Near-infrared irradiation stimulates cutaneous wound repair**: laboratory experiments on possible mechanisms. *Photodermatol.Photoimmunol.Photomed.* 17: 261-265. Tradução nossa.

DARGIE, Walteneus; POELLABAUER, Christian.**Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice**. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. 332 p. Tradução nossa.

DIAS, Reinaldo. **Marketing Ambiental: ética, responsabilidade social e competitividade nos negócios**.1. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 204 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. **LO N° 03842 / 2014-DL: LICENÇA DE OPERAÇÃO**. Porto Alegre: Fepam, 2014. 7 p.

GARIBALDI, F. **El Sancohado del arroz**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, 1974. 102p. Tradução nossa.

GASULL, V. G. et al. **COMPUTATIONAL INTELLIGENCE APPLIED TO WILDFIRE PREDICTION USING WIRELESS SENSOR NETWORKS**. In: DATA COMMUNICATION NETWORKING (DCNET), 6., 2011, Sevilha. **Artigo**. Sevilha: Ieee, 2011. p. 1 - 8. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6835771&tag=1>>. Acesso em: 02 maio 2015.

GRASSI, M. T. (2001). **As águas do planeta Terra**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Edição Especial.

GUTKOSKI, L. C.. **Efeitos das condições de maceração e de autoclavagem na qualidade industrial e comercial dos grãos de arroz (Oryza sativa L.) parboilizados**. 1991. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1991.

HENNING, Mauricio. **PROTOCOLO DE ROTEAMENTO PARA REDES DE SENSORES SEM FIO BASEADO EM POLÍTICAS**. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://www.ppgia.pucpr.br/lib/exe/fetch.php?media=dissertacoes-old:mauricio-henning.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2014.

IEEE.**History of IEEE**. 2014. Tradução nossa. Disponível em: <http://www.ieee.org/about/ieee_history.html>. Acesso em: 26 ago. 2014.

_____. **802 Standards**. 2014. Tradução nossa. Disponível em <http://standards.ieee.org/getieee802/portfolio.html>. Acesso em: 29 ago. 2014.

_____. **IEEE 802.15 WPAN Task Group 4 (TG4)**. 2006. Tradução nossa. Disponível em: <<http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>>. Acesso em: 23 out. 2014.

_____. **IEEE 802.15.4:** Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs). 2006. Tradução nossa.

IRDA. **IrDA Biblioteca de especificações e documentos técnicos.** Tradução nossa. Disponível em: <<http://www.irda.org/>>. Acesso em: 30 ago. 2014.

KERDNA, Produção Editorial Ltda (Org.). **Conceito e História do Infravermelho.** [20--]. Disponível em: <<http://infravermelho.info/>>. Acesso em: 27 ago. 2014.

KNUTSON, Charles D.; BROWN, Jeffrey M. **IrDA Principles and Protocols:** Understanding and managing infrared data exchange. Salem: Mcl Press, 2004. 192 p. Tradução nossa.

LEAL, Georla Cristina Souza de Gois; FARIAS, Maria Sallydelandja Sobral de; ARAUJO, Aline de Farias. **O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE URBANO.** Qualit@s, Campina Grande, v. 7, n. 1, p.1-11, maio 2008. Mensal. Disponível em: <<http://www.revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/viewFile/128/101>>. Acesso em: 13 ago. 2014.

LEVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência.** Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

LOUREIRO, Antonio A.f. et al. **Redes de Sensores Sem Fio.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES, 21., 2003, Minas Gerais. Anais... . Natal: Índice, 2003. p. 179 - 226.

MCGRATH, Michael J.; SCANAILL, Cliodhna Ní. **Sensor Technologies:** Healthcare, Wellness, and Environmental Applications Michael J.. Nova York: Apressopen, 2014. 177 p. Tradução nossa.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico.** São Paulo: Novatec, 2011. 456 p. Tradução de Rafael Zanolli.

MELO JUNIOR, Priamo Albuquerque (Ed.). **Fronteiras da Engenharia Química I.** Rio de Janeiro: E-papers, 2005. 284 p.

MENDES, Douglas Rocha. **Redes de Computadores: Teoria e Prática.** São Paulo: Novatec, 2007. 384 p.

MOURA, Luiz Antônio Abdalla de. **Qualidade e Gestão Ambiental.** 4. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2004. 416 p.

PATSKO, Luís Fernando. **TUTORIAL: Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores.** 2006. Disponível em: <http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_aplicacoes_e_funcionamento_de_sensores.pdf>. Acesso em: 13 set. 2014.

PEREIRA, D. P. (2007). **Arquitetura para a Integração entre Identificação por Radio. Frequência e Rede de Sensores Sem Fio para Rastreamento de**

Animais. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação), Faculdade de tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

PETERSON, Larry L.; DAVIE, Bruce S.. **Redes de Computadores:** uma abordagem de sistemas. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 587 p. Tradução de Daniel Vieira.

PRASAD, Ramjee. **OFDM for Wireless Communications Systems.** Norwood: Artech House, 2004. 294 p. Tradução nossa.

RAPPAPORT, Theodore S.. **Comunicação sem fio:** princípios e práticas. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2009. 409 p. Tradução de Daniel Vieira.

REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.). **Águas Doces no Brasil:** Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 720 p.

ROBERT, M.. **Bluetooth: a short tutorial:** Bluetooth and Other Technologies. Norwell: Kluwer Academic Publishers , 2001. 265 p. Tradução nossa.

ROBOLIVRE.ORG. **Microcontroladores.** 2013. Disponível em: <<http://robolivre.org/conteudo/microcontroladores>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

SENA, Antônio Sérgio. **Microcontroladores PIC.** [20--]. Disponível em: <www.senaeng.com>. Acesso em: 12 nov. 2014.

SILVA, Leandro Honorato de Souza. **Desenvolvimento de uma Rede de Sensores Sem Fio Utilizando ZigBee para Aplicações Diversas.** 2011. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.

SILVA, Marcel S.; FRUETT, Fabiano. **Rede de Sensores Sem Fio de baixo custo para monitoramento ambiental.** In: Congresso Brasileiro de Automática, 18., 2010, Bonito. Anais... . Bonito: 2010. 6 p.

SOUTO, Eduardo James Pereira. **Arquiteturas Cross-layer para Redes de Sensores Sem Fio.** 2007. 160 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufpe.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2050/arquivo6558_1.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 out. 2014.

SOUZA, David José de. **Desbravando o PIC:** Baseado no Microcontrolador PIC16F84. 4. ed. São Paulo: Érica, 2003. 199 p.

SOUZA, Gabriel Scheffer de. **Rastreabilidade Bovina:** Utilizando Plataforma ZIGBEE. 2014. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014. Disponível em: <<http://tcc.kironunes.net.br/arquivos/trabalhos/394.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

STALLINGS, Willian. **Redes e sistemas de comunicação de dados: teoria e e aplicações corporativas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 449 p. Tradução de Daniel Vieira.

TANENBAUM, Andrew S.. **Redes de computadores**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 632 p. Tradução: Vandenberg D. de Souza.

TEBEEST, D.O., C. GUERBER and M. DITMORE. 2007. **Brusone (Piriculariose, pt) do arroz**. 2009. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2009-0720-01. Reviewed 2012.

TOSE, Thobias. **REDE DE SENSORES SEM FIO ZIGBEE APLICADA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO**. 2012. 88 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Tecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_4114_Thobias_Tose_Mestrado.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2014.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 6. ed. São Paulo: Érica, 2008. 224 p.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2002. 672 p.

YANO, I.R.; SANTOS, M.J.; ARAÚJO, E.V.; FAGOTTO, E.A.M. **Otimização e Tolerância a Falhas em uma Rede de Sensores sem Fio**. In: WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA, 6., 2011, São Paulo. Anais... São Paulo: Centro Paula Souza, 2011. p. 2-3.

APÊNDICES

Monitoramento e Coleta de Grandezas Físicas nos Efluentes Gerados pelo Processo de Parboilização do Arroz com a Utilização de Wireless Sensor Network (WSN)

Murilo Rampinelli Da Rolt¹, Rogério Antônio Casagrande¹

¹Curso de Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) – Criciúma, SC – Brasil

murilo.darolt@gmail.com

Abstract. *This research set out to develop a Sensor Wireless Network (WSN) to monitor pH and temperature of the wastewater generated by rice parboiling in a biological treatment plant. The chosen environment for network validation was the treatment plant of the Agricultural Cooperative of Jacinto Machado (COOPERJA), where there is currently a completely manual information gathering process. Comparative tests between the present method and the proposed method were carried out, validating the highest efficiency and reliability of the use of WSN for this purpose, and for biological treatment plants there is little automated solutions on the market.*

Resumo. *Esta pesquisa se dispôs a desenvolver uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) para monitorar pH e temperatura nos efluentes gerados pela parboilização do arroz em uma estação de tratamento biológico. O ambiente escolhido para validação da rede foi a estação de tratamento da Cooperativa Agropecuária de Jacinto Machado (COOPERJA), onde atualmente existe um processo de coleta de informações completamente manual. Foram executados testes comparativos entre o método atual e o método proposto, validando a maior eficiência e confiabilidade da utilização da RSSF para este fim, sendo que para estações de tratamento biológico existem poucas soluções automatizadas no mercado.*

1. Introdução

A água está tornando-se um bem de consumo de custos crescentes e cada vez mais escasso. A reserva de água doce existente no Brasil é a maior do planeta, aproximadamente 8% de toda a água doce disponível. Apesar disso, muitos locais ainda não possuem a água com características de potabilidade adequadas às necessidades do consumo humano, visto que 80% da reserva de água brasileira está na Amazônia, que abriga apenas cerca de 5% da população do país; e os 20% abastece os 95% restantes da população (GRASSI, 2001).

Desde os primórdios da humanidade, o homem lança seus detritos nas águas. Até a Revolução Industrial, esse procedimento não demonstrava problemas, já que os rios, lagos e oceanos possuem grande poder de purificação, consumindo a poluição lançada. Com a industrialização e o crescimento da população, esta situação começou a causar grandes problemas. A poluição das águas realizada pela ação das indústrias é causada,

principalmente pela liberação de compostos orgânicos e inorgânicos nos cursos hídricos. A água utilizada para o resfriamento de equipamentos nas fábricas e para processos de cozimento ou fervura, quando lançada nos rios ainda quente, com seu pH alterado causa sérios problemas de poluição, onde faz aumentar a temperatura da água do rio, altera o nível de acidez e alcalinidade, provocando a eliminação de algumas espécies de peixes, a proliferação excessiva de outras e, em alguns casos, a destruição de todas (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008).

O avanço ocorrido nas últimas décadas na área de microprocessadores, equipamentos de sensoriamento, sistemas eletromecânicos e comunicação sem fio tem incentivado o desenvolvimento de equipamentos e softwares em áreas ligadas a processos físicos, químicos, biológicos, dentre outros (LOUREIRO et al, 2003).

Os nós ou sensores de uma rede são limitados em relação ao consumo de energia, capacidade de processamento computacional e memória, enquanto que os nós das redes ad hoc (é uma rede sem fio em que todos dispositivos comunicam entre si, sem um ponto para se conectarem como uma rede wireless convencional onde todos dispositivos se conectam a um roteador) normalmente são mais robustos.

Estes sensores, quando utilizados em uma rede, formam uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF), normalmente elas possuem um grande número de nós. Cada um desses nós pode ser equipado com uma grande variedade de sensores, tais como infravermelho, calor, temperatura, umidade, presença, acelerômetro e pressão. Estes nós são organizados em grupos, onde pelo menos um deles deve ser capaz de detectar e coletar algum evento no local, processar o dado coletado e decidir se deve fazer ou não enviar o resultado para os outros nós.

As RSSF podem ser vistas como um tipo especial de *Mobile Ad hoc Network* (MANET). No entanto, a MANET tem como função básica prover um suporte à comunicação entre esses elementos computacionais, que individualmente, podem estar executando tarefas distintas. Por outro lado, RSSF tendem a executar uma função colaborativa onde os elementos (sensores) provêm dados, que são processados (ou consumidos) por nós especiais chamados de sorvedouros (LOUREIRO et al, 2003).

As RSSF utilizam dispositivos com protocolos de comunicação, como o *ZigBee*/IEEE 802.15.4, um padrão que define um conjunto de protocolos de comunicação para redes de sensor sem fio, que são de custo muito baixo, baixa taxa de transmissão e pouco gasto de energia. Devido a essas características o *ZigBee* tem sido amplamente utilizado em várias aplicações que necessitam de redes de sensores sem fio (SILVA, 2011) tais como: comercial, industrial, militar, ambiental e saúde. E aplicações mais específicas, por exemplo, no monitoramento de uma estação de tratamento de esgoto (TOSE, 2012), no monitoramento de animais (PEREIRA, 2007), monitoramento de rebanhos bovinos (SOUZA, 2014), monitoramento ambiental (SILVA; FRUETT, 2010), previsão de incêndios florestais (GASULL et al., 2011, tradução nossa), entre outras.

Conforme as informações citadas acima, o projeto propõe um software para monitorar uma estação de tratamento de efluentes, onde o monitoramento será feito a partir da distribuição de sensores pelos tanques da estação, para capturar informações de

temperatura e pH do efluente antes do tratamento, e também monitorando o efluente já tratado que é liberado no meio ambiente.

Os dados que os nós sensores captarem serão passados pela rede de sensores até um nó coordenador, e dele para um computador, o qual tratará a informação e a tornará disponível em uma aplicação *web*, pela qual será possível fazer o monitoramento dos efluentes gerados a partir do processo de parboilização do arroz e também após passar pelo processo de tratamento dos mesmos, gerando alertas, gráficos e relatórios em tempo real.

2. Justificativa

Recentemente, a população mundial atingiu a incrível marca de 7 bilhões de habitantes. A previsão para o ano de 2050 é que este número alcance 9 bilhões. Estimativas revelam a necessidade de produzir, nos próximos 40 anos, a mesma quantidade de alimentos produzida nos últimos 8.000 anos. Este é o grande desafio para a agricultura mundial: produzir alimentos, fibras e energia suficientes para atender a demanda desta crescente e, cada vez mais, exigente população (CASARIN, 2012).

Milhões de pessoas em todo mundo dependem do arroz na alimentação básica. Uma quebra de safra, por qualquer motivo, representa uma real ameaça de fome generalizada (TEBEEST; GUERBER; DITMORE, 2007, tradução nossa).

A parboilização tem se tornado um dos mais importantes processos de beneficiamento do arroz. Segundo Amato e Silveira (1991), em nível de exportações, o arroz parboilizado participa em cerca de 50% deste comércio.

A legislação brasileira define a parboilização como sendo o processo hidrotérmico, no qual o arroz em casca é imerso em água potável com temperatura acima de 58°C, seguido de uma gelatinização parcial ou total do amido e secagem (BRASIL, 1988). Este procedimento da imersão do arroz em água é chamado maceração e encharcamento (GARIBALDI, 1974, tradução nossa; SILVA, 1980; AMATO e SILVEIRA, 1991).

Novas maneiras de pensar e de conviver estão sendo elaboradas no mundo das telecomunicações e da informática. As relações entre os homens, o trabalho, a própria inteligência dependem, na verdade, da metamorfose incessante de dispositivos tecnológicos de todos os tipos (LÉVY, 1993).

Conforme Akyildiz (2002, tradução nossa), as tecnologias de comunicação sem fio e aparelhos eletrônicos digitais permitiram o desenvolvimento de baixo custo, baixo consumo de energia, nós sensores multifuncionais que são pequenos em tamanho e se comunicam sem fio em curtas distâncias. Estes minúsculos nós sensores, que consistem em sensoriamento, processamento de dados e componentes de comunicação, alavancam a ideia de redes de sensores com base na colaboração de um grande número de nós.

Essas redes de sensores sem fio são implementadas seguindo um protocolo de comunicação. O *ZigBee* tem sido amplamente utilizado em várias aplicações que necessitam de redes de sensores sem fio porque possuem baixa taxa de transmissão e curto alcance (SILVA, 2011).

Redes de sensores sem fio possuem uma ampla possibilidade de utilização na indústria, devido a sua capacidade de enviar informações de um sensor a outro sem a necessidade de ligação cabeada ou de um dispositivo central para receber todas as informações, como no caso das redes wireless convencionais. Esta característica permite o monitoramento de grandes áreas, pois precisa somente que cada sensor esteja a uma distância suficiente para comunicar-se com o próximo nó.

O Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), órgão subordinado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, através da resolução CONSEMA N° 128/2006, classifica as atividades geradoras de efluentes líquidos, levando em conta a natureza da atividade e a condição atual das águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul. Para que possa utilizar e liberar recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul, a indústria precisa de uma Licença de Operação, emitida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), que fornece uma tabela de valores físico químicos de referência, para que o efluente possa ser liberado no meio ambiente, sendo os principais, a temperatura da água e o pH, que influenciam diretamente no ecossistema local, estes parâmetros precisam ser medidos diariamente e informados à FEPAM (CONSEMA, 2006).

Considerando que o controle das grandezas físicas dos efluentes gerados pelo processo industrial de parboilização de arroz, como temperatura e pH, são de suma importância para o meio, o monitoramento destas grandezas permite analisar o tipo de efluente gerado e o resultado do processo de tratamento, possibilitando a identificação da real eficiência do tratamento aplicado, permitindo que a água utilizada no processo seja devolvida à natureza o mais próximo possível de sua condição natural, criando um ponto de equilíbrio entre a produção industrial e a gestão dos recursos hídricos utilizados no processo.

3. Metodologia

Para a realização deste projeto foram realizadas reuniões com o Engenheiro Ambiental Lucas de Oliveira Possamai Della, responsável pelo tratamento de efluentes da COOPERJA, com objetivo de adquirir as informações necessárias para o desenvolvimento da aplicação e o hardware necessário para a criação da rede. Nestas reuniões, ficaram definidos os parâmetros a serem monitorados, o intervalo entre as medições e os pontos onde devem ocorrer as medições.

3.1. Definição do Hardware

A decisão de usar RSSF se deu pelo fato de que o local das medições não possui infraestrutura de energia e dados para possibilitar o uso de sistemas de sensoriamento comuns, sendo que fica em um local distante de pontos de rede e energia. Assim, uma RSSF tem a capacidade de suprir estas necessidades, pois pode ser alimentada a partir de baterias e transmite seus dados através de antenas de rádio.

Para efetuar a leitura de temperatura do efluente foram utilizados sensores de temperatura NTC 10K a prova d'água que possuem ampla faixa de operação, entre -40°C e 125°C e margem de erro de até 1%. O sensor foi calibrado utilizando um termohigrômetro Ion Therm 500 que opera entre -50°C e 70°C com margem de erro de 1% e possui certificação de calibração.

Para efetuar a leitura de pH do efluente foram utilizados sensores de pH E201-BNC fabricados pela DF Robot. Sua calibração foi feita utilizando soluções tampão de pH 7 e pH 4, que são soluções com pH conhecido e tem como principal funcionalidade a utilização para calibração de sensores de pH. As medições realizadas nas soluções tampão oscilaram cerca de 0,2 para mais ou para menos em relação ao pH da solução, sendo esta diferença irrelevante para o ambiente em questão.

Para a transmissão dos dados foram utilizadas antenas Xbee Pro Serie 2, que se diferem do modelo comum por possuírem maior alcance de transmissão, trazendo uma diminuição significativa no número de nós necessários e no custo do projeto.



Figura 1. Ambiente implantado e localização dos nós sensores

3.2. Aplicação Desenvolvida

Para receber a informação e gravá-la no banco, foi desenvolvida uma aplicação na linguagem Java que faz a leitura das informações enviadas pela rede através da porta serial e faz seu tratamento, sendo esta aplicação denominada de Servidor.

Na aplicação do Servidor são configurados os parâmetros de funcionamento do software. Nela é configurado o nome da porta COM em que o Xbee Explorer está conectado, os limites de pH determinados pela FEPAM que o efluente deve respeitar, o valor máximo de temperatura do efluente também determinado pela FEPAM e um

endereço de email para envio de alertas, caso receba alguma leitura que esteja fora dos padrões estabelecidos nos parâmetros anteriormente citados.

A aplicação também possui um campo onde são exibidas as leituras recebidas pela rede, onde é possível acompanhar seu funcionamento.

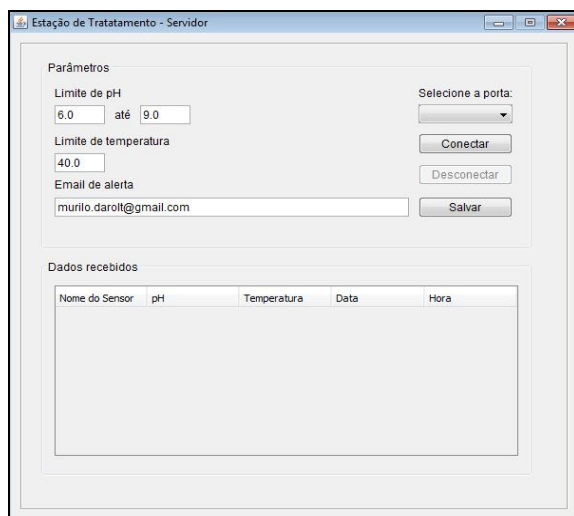


Figura 2. Interface da aplicação Servidor

Após a conclusão do processo de captura e armazenamento das informações, os resultados podem ser visualizados em uma interface *web* para o usuário. Desenvolvida utilizando os *frameworks* *Java Server Faces* (JSF) v.2.2 e *Primefaces* v.5.2 juntamente do servidor *Glassfish* v.4.1. A definição por uma interface *web* para a visualização dos dados se deu pela necessidade da empresa em acessar estes dados a partir de computadores e também de dispositivos móveis.

A escolha do *framework* JSF foi devido à experiência do acadêmico adquirida no decorrer do curso de graduação e a necessidade da empresa em acessar estes dados a partir de computadores e de dispositivos móveis, sendo que o JSF permite desenvolver uma aplicação *web* em conjunto com a linguagem de programação Java, que é largamente utilizada no mercado de trabalho e no ambiente acadêmico do curso de Ciência da Computação. O servidor *Glassfish* foi escolhido pela fácil configuração e utilização e a experiência do acadêmico na sua utilização.

A escolha do *framework* *Primefaces* para montar o *front-end* foi devido aos seus componentes que permitem criar uma interface interativa com grande facilidade, permitindo desenvolver uma interface *web* com padrões de larga aceitação de mercado e responsiva, isso é, ela se ajusta ao tamanho da tela do dispositivo em que está sendo acessada, dispensando a necessidade do desenvolvimento de interfaces distintas para cada tipo de dispositivo.

A interface é composta por uma página que exhibe gráficos para demonstrar os níveis das medições, sendo um gráfico para as leituras de pH e outro para as leituras de temperatura, sendo possível escolher o dia em que se deseja visualizar as informações. No gráfico é possível visualizar as informações somente em períodos diários, esta decisão coube pelo fato de que em períodos maiores a visualização do gráfico acabaria prejudicada pelo grande número de informações nele contida, cabendo essa visualização de períodos maiores somente através de relatórios. Nela também é possível gerar

relatórios das leituras efetuadas filtradas por sensor, por período e também um relatório por ocorrência, sendo esse último um relatório que trás apenas as leituras em que foi identificado desrespeito aos parâmetros determinados na configuração da aplicação Servidor.

Com essas informações numa interface centralizada, é possível visualizar e mensurar a qualidade do tratamento de efluente realizado e os resultados obtidos por ele em tempo real, permitindo agir no momento em que é encontrado qualquer tipo de problema, evitando a poluição do meio ambiente e a geração de qualquer ônus, proveniente de multas geradas pela FEPAM pelo descumprimento da legislação.

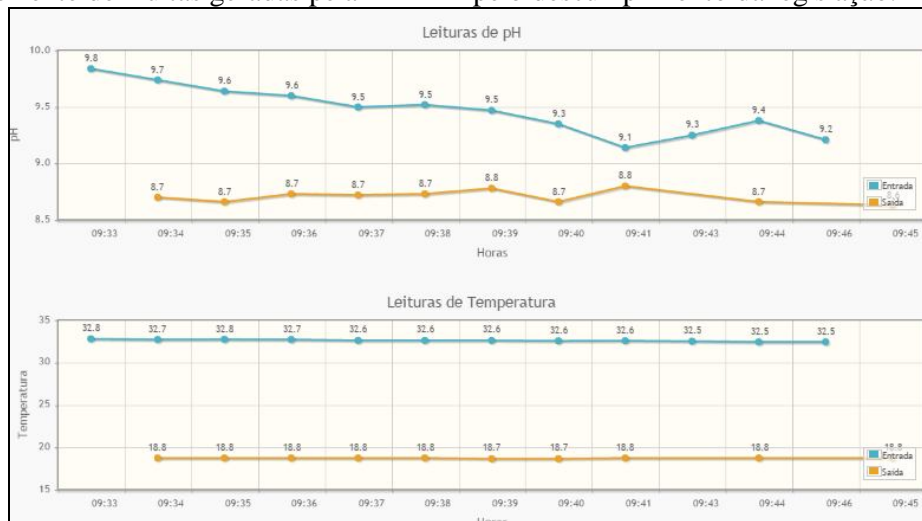


Figura 3. Gráficos gerados na aplicação web

The screenshot shows a web application interface with a filter section and a data table. The filter section includes 'Data Inicial' (03/06/2015), 'Data Final' (03/06/2015), and 'Sensor' (Todos). Below the filter is a 'Gerar Relatório' button. The data table below has columns for Sensor, pH, Temperatura, Data, and Hora.

Sensor	pH	Temperatura	Data	Hora
Entrada	9.84	32.83	03/06/2015	09:33:51
Saída	8.7	18.75	03/06/2015	09:34:16
Entrada	9.74	32.74	03/06/2015	09:34:48
Saída	8.66	18.75	03/06/2015	09:35:17
Entrada	9.64	32.76	03/06/2015	09:35:48
Saída	8.73	18.75	03/06/2015	09:36:17
Entrada	9.6	32.74	03/06/2015	09:36:48

Figura 4. Relatório gerado na aplicação web

4. Testes Realizados

Para realização dos testes, foram feitas duas visitas a indústria da COOPERJA localizada na cidade de Santo Antônio da Patrulha – RS, lá foram realizados testes de alcance de sinal da RSSF e leituras utilizando os nós sensores e o equipamento utilizado atualmente no local para efeito de comparação dos resultados.

Atualmente as amostras são coletadas nos tanques diariamente por um funcionário e colocadas em recipientes, elas são levadas até uma sala que contém um

pHmetro de bancada responsável por ler o valor do pH e a temperatura do efluente através da inserção do seu eletrodo no líquido, onde as medidas são anotadas em uma planilha e repassadas ao responsável pela estação de tratamento mensalmente para que sejam enviadas a FEPAM.



Figura 5. Método de coleta de amostras e realização das leituras atual

Para efeito de comparação foram realizadas 20 leituras com o pHmetro da empresa e 20 leituras com os nós sensores da RSSF utilizando a mesma amostra para ambos, sendo que os resultados alcançados serão discutidos posteriormente.

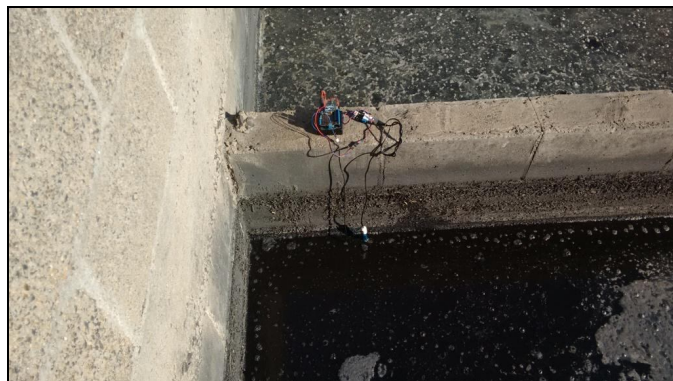


Figura 6. Nó sensor posicionado no tanque de entrada da estação



Figura 7. Nó sensor posicionado no tanque de saída da estação

5. Resultados Obtidos

Para comparação dos resultados das leituras, foram realizadas 20 coletas utilizando a RSSF e o equipamento utilizado atualmente onde os resultados são demonstrados nas tabelas a seguir.

Tabela 1 – Leituras no tanque de entrada.

Leituras utilizando pHmetro da empresa (Tanque de Entrada)		Leituras realizadas com a RSSF (Tanque de Entrada)	
pH	Temperatura	pH	Temperatura
7,38	26,18	7,64	32,36
7,35	26,18	7,66	32,27
7,41	26,15	7,66	32,27
7,55	26,17	7,66	32,17
7,65	26,18	7,64	32,25
7,52	26,21	7,61	32,17
7,52	26,18	7,69	32,08
7,52	26,13	7,51	32,08
7,72	26,18	7,55	31,99
7,78	26,15	7,57	31,99
7,74	26,18	7,58	31,89
7,63	26,14	7,62	31,84
7,62	26,18	7,48	31,84
7,59	26,23	7,65	31,8
7,65	26,18	7,63	31,8
7,55	26,19	7,48	31,8
7,54	26,18	7,71	31,89
7,54	26,12	7,59	32,17
7,49	26,18	7,47	32,27
7,48	26,18	7,62	32,36

Tabela 2 – Leituras no tanque de saída.

Leituras utilizando pHmetro da empresa (Sensor de Saída)		Leituras realizadas com a RSSF (Sensor de Saída)	
pH	Temperatura	pH	Temperatura
8,43	23,11	8,69	18,58
8,49	23,11	8,85	18,67

8,51	23,11	8,75	18,67
8,55	23,11	8,92	18,67
8,54	23,02	8,96	18,67
8,53	23,02	8,62	18,67
8,53	23,02	8,71	18,67
8,63	22,99	8,72	18,67
8,67	22,98	8,63	18,67
8,62	22,98	8,59	18,67
8,72	22,98	8,62	18,67
8,73	22,91	8,61	18,67
8,75	22,91	8,48	18,67
8,79	22,92	8,73	18,67
8,76	22,92	8,81	18,67
8,81	22,89	8,53	18,75
8,67	22,89	8,57	18,75
8,58	22,89	8,56	18,75
8,69	22,89	8,65	18,75
8,48	22,89	8,59	18,75

Conforme os dados ilustrados nas tabelas 1 e 2 é possível perceber que a diferença de valores de pH obtidos pelos dois sensores é muito pequena, essa diferença pode ocorrer devido a precisão de cada sensor.

A maior discrepância encontrada nas leituras foi a temperatura, essa diferença foi causada pelo método utilizado atualmente na empresa que coleta uma pequena quantidade de efluente e o desloca até o local em que se encontra o sensor, sendo que durante este percurso a temperatura do efluente tende a se aproximar da temperatura ambiente, sendo no tanque de entrada onde o efluente tende a esfriar devido a maior temperatura do efluente, sendo no tanque de saída onde o efluente tende a esquentar devido a menor temperatura do efluente.

Essa variação de temperatura entre as leituras dos dois métodos de coleta demonstra a importância de a leitura ser feita diretamente no tanque da estação onde é possível ter leituras precisas e com maior validade perante o órgão ambiental.

Com a implantação da RSSF na estação de tratamento foi possível coletar as informações exigidas pelo órgão ambiental de forma automatizada permitindo o acesso a elas de qualquer local que possua acesso a internet, sendo que qualquer leitura em que seja constatado um valor fora dos parâmetros exigidos por lei, é disparado um email de alerta indicando qual o valor coletado e o ponto em que foi registrado, diminuindo consideravelmente a mão de obra para as coletas devido a grande extensão da estação de tratamento, eliminando erros na marcação das leituras causados por falha humana e aumentando a confiabilidade da informação.

6. Conclusão

Este trabalho apresentou a aplicação de RSSF em uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria arroseira. A rede desenvolvida permite o monitoramento de temperatura e pH no efluente gerado pelo processo de parboilização do arroz, automatizando um processo que é feito de forma completamente manual e tornando mais simples e preciso o controle da efetividade do tratamento aplicado colaborando com a preservação do meio ambiente e respeitando a legislação ambiental vigente.

O uso da tecnologia das RSSF neste trabalho pode proporcionar um resultado bastante efetivo para o cenário em questão, pois a não obrigatoriedade da criação de uma infraestrutura elétrica e de dados para os nós sensores permitiu que os sensores fossem facilmente instalados nos pontos desejados. Devido a flexibilidade da rede, é possível mudar o posicionamento dos nós sensores e roteadores conforme a situação sem que seja necessária mudanças de hardware ou software, desde que o alcance das antenas Xbee seja respeitado.

Para a disponibilização das leituras coletadas, a utilização dos *frameworks* JSF e *Primefaces* permitiu que os dados fossem acessados de forma satisfatória através de computadores e também de dispositivos móveis.

Com a rede implantada no local e a aplicação tratando as informações coletadas, foi possível realizar testes comparativos com os métodos utilizados atualmente na empresa, comprovando a eficiência da utilização da RSSF para este fim.

Com o desenvolvimento deste projeto foi possível demonstrar a possibilidade de utilização da tecnologia das RSSF em estações de tratamento de efluente de grande porte, que ao contrário das estações de tratamento compactas, não possuem quase nenhum tipo de tecnologia de automatização ou controle, abrindo um grande campo para pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias para o setor.

Uma grande dificuldade encontrada durante o desenvolvimento deste projeto foi encontrar informações mais precisas sobre a utilização das tecnologias empregadas, pois por ser uma tecnologia que permite a criação de um produto de grande valor agregado, muitos trabalhos e pesquisas desenvolvidas utilizando estes componentes acabam por omitir ou não expor de forma clara como desenvolveram sua pesquisa.

Por fim, através de todo conhecimento adquirido, novos projetos podem ser desenvolvidos e novos caminhos podem se abrir. Por ser uma tecnologia em constante crescimento, ter a oportunidade de aprender e trabalhar sua aplicação proporcionou uma experiência diferenciada no projeto.

Sugerem-se as seguintes extensões para trabalhos futuros:

- a) utilizar técnicas de georreferenciamento para mapear o posicionamento dos nós da rede;
- b) utilizar placas de energia solar para carregar as baterias dos nós sensores, aumentando sua vida útil;
- c) utilizar atuadores em conjunto com os nós sensores para controlar o funcionamento de motores e bombas da estação de tratamento;

Referências

- Akyildiz, Ian F. et al. "A Survey on Sensor Networks". 2002. Tradução nossa. Disponível em: <<http://www.ece.gatech.edu/research/labs/bwn/papers/2002/j4.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2014.
- Casarin, Valter. "Produção de Alimentos: O Desafio do Século". 2012. Disponível em: <[https://www.ipni.net/ppiweb/BRAZIL.NSF/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/5dabcfb5dec4ed0e832577720050ce6c/\\$FILE/IAPage24-139.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/BRAZIL.NSF/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/5dabcfb5dec4ed0e832577720050ce6c/$FILE/IAPage24-139.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 2014.
- Conselho Estadual Do Meio Ambiente. CONSEMA N° 128/2006: "Fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos". Porto Alegre: Doe, 2006. 9 p. Disponível em: <[http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolução CONSEMA nº 128_2006 - Fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos.pdf](http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolução%20CONSEMA%20n%20128_2006%20-%20Fixação%20de%20Padrões%20de%20Emissão%20de%20Efluentes%20Líquidos.pdf)>. Acesso em: 13 ago. 2014.
- Garibaldi, F. "El Sancohado del arroz". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, 1974. 102p. Tradução nossa.
- Gasull, V. G. et al. "Computational Intelligence Applied to Wildfire Prediction Using Wireless Sensor Networks". In: Data Communication Networking (DCNET), 6., 2011, Sevilha. Artigo. Sevilha: Ieee, 2011. p. 1 - 8. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6835771&tag=1>>. Acesso em: 02 maio 2015.
- Grassi, M. T. (2001). "As águas do planeta Terra". Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Edição Especial.
- Leal, Georla Cristina Souza de Gois; farias, Maria Sallydelandia Sobral de; Araujo, Aline de Farias. "O Processo de Industrialização e seus Impactos no Meio Ambiente Urbano". Qualit@s, Campina Grande, v. 7, n. 1, p.1-11, maio 2008. Mensal. Disponível em: <<http://www.revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/viewFile/128/101>>. Acesso em: 13 ago. 2014.
- Levy, Pierre. "As tecnologias da inteligência". Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.
- Loureiro, Antonio A. F. et al. "Redes de Sensores Sem Fio". In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, 21., 2003, Minas Gerais. Anais... . Natal: Índice, 2003. p. 179 - 226.
- Pereira, D. P. (2007). "Arquitetura para a Integração entre Identificação por Radio. Freqüência e Rede de Sensores Sem Fio para Rastreamento de Animais". Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação), Faculdade de tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- Silva, Leandro Honorato de Souza. "Desenvolvimento de uma Rede de Sensores Sem Fio Utilizando ZigBee para Aplicações Diversas".2011. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.
- Silva, Marcel S.; Fruett, Fabiano. "Rede de Sensores Sem Fio de baixo custo para monitoramento ambiental". In: Congresso Brasileiro de Automática, 18., 2010, Bonito. Anais... . Bonito: 2010. 6 p.
- Souza, Gabriel Scheffer de. "Rastreabilidade Bovina: Utilizando Plataforma ZigBee". 2014. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade do

Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014. Disponível em: <<http://tcc.kironunes.net.br/arquivos/trabalhos/394.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

Tebeest, D.O., C. Guerber and M. Ditmore. 2007. “Brusone (Piriculariose, pt) do arroz”. 2009. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2009-0720-01. Reviewed 2012.

Tose, Thobias. “Rede de Sensores Sem Fio Zigbee Aplicada em uma Estação de Tratamento de Esgoto”. 2012. 88 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Tecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_4114_Thobias_Tose_Mestrado.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2014.