

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

BRUNO MARCELINO LOPES

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA ZIGBEE NA CONEXÃO DE SENSORES SEM FIO
PARA O MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E ROTA NO PROCESSO
LOGÍSTICO DE TRANSPORTE DE ALIMENTOS**

**CRICIÚMA
2018**

BRUNO MARCELINO LOPES

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA ZIGBEE NA CONEXÃO DE SENSORES SEM FIO
PARA O MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E ROTA NO PROCESSO
LOGÍSTICO DE TRANSPORTE DE ALIMENTOS**

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

Orientador: Prof. MSc. Gustavo Bisognin

CRICIÚMA

2018

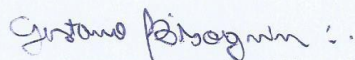
BRUNO MARCELINO LOPES

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA ZIGBEE NA CONEXÃO DE SENSORES
SEM FIO PARA O MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E ROTA NO
PROCESSO LOGÍSTICO DE TRANSPORTE DE ALIMENTOS**

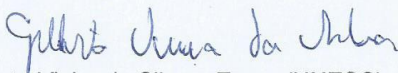
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado
pela Banca Examinadora para obtenção do
Grau de Bacharelado, no Curso de
Ciências da Computação da Universidade
do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com
Linha de Pesquisa em Engenharia de
Software

Criciúma, 25 de junho de 2018.

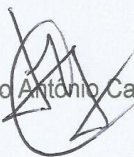
BANCA EXAMINADORA



Prof. Gustavo Bisognin – MSc. - (UNESC) - Orientador



Prof. Gilberto Vieira da Silva – Esp. - (UNESC)



Prof. Rogério Antônio Casagrande – MSc. - (UNESC)

RESUMO

O transporte de cargas refrigeradas vem enfrentando sérios problemas em relação ao controle de sua temperatura, o que gera pouca confiabilidade nos produtos que são mantidos em refrigeração, portanto este projeto propõe uma possível solução para o monitoramento desta temperatura durante toda a rota do caminhão frigorificado, utilizando da tecnologia *Zigbee*, inovando na conexão sem fio dos sensores e deixando de lado o cabeamento, fazendo com que ao final de seu trajeto, o destinatário obtenha um relatório das posições de localização por onde passou e suas respectivas temperaturas. O software foi desenvolvido na linguagem Java Web, para que possibilite o acesso remoto caso seja implantado em escala real, e foram utilizados como hardware de prototipação, *Arduinos*, dispositivos *Xbee*, e sensores de temperatura, para que o protótipo possa passar a ideia de como ficaria em escala real. Em relação ao dados, os mesmos foram obtidos com êxito dos sensores e enviados para o software via *Zigbee*, e o software por sua vez conseguiu fazer a manipulação destes dados, mostrá-los em tempo real para o usuário e gerar o relatório da rota e temperatura. Este projeto se mostrou capaz de ser uma ferramenta muito útil para o mercado de caminhões frigorificados, principalmente para aqueles que possuem a necessidade de um monitoramento maior em relação a sua carga.

Palavras-chave: Confiabilidade. Inovando. *Zigbee*. Monitoramento.

ABSTRACT

The transportation of refrigerated cargoes is facing serious problems in relation to the temperature control, which generates little reliability in the products that are kept in refrigeration, so this project proposes a possible solution for the monitoring of this temperature during the whole route of the refrigerated truck, using Zigbee technology, innovating the wireless connection of the sensors and leaving aside the cabling, causing the recipient to get a report of the locations where they passed and their respective temperatures at the end of their journey. The software was developed in the Java Web language to allow remote access if it is deployed in real scale, and were used as prototyping hardware, Arduinos, Xbee devices, and temperature sensors, so that the prototype can pass the idea of how would be in real scale. In relation to the data, they were successfully obtained from the sensors and sent to the software via Zigbee, and the software in turn was able to manipulate this data, show them in real time to the user and generate the route report and temperature. This project proved to be a very useful tool for the refrigerated truck market, especially for those who have the need of greater monitoring in relation to their load

Keywords: Reliability. Innovating. *Zigbee*. Monitoring

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Arduino</i>	29
Figura 2 - interface de coleta de dados.....	32
Figura 3 - Relatório de rota do software.....	33
Figura 4 – <i>Arduino</i>	41
Figura 5 - interface de coleta de dados.....	44
Figura 6 - Relatório de rota do software.....	45
Figura 7 - <i>Xbee Pro séries 2</i>	50
Figura 8 - <i>Xbee Explorer</i>	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AES	<i>Advanced Encryption Algorithm</i>
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
DH	<i>Destination Address High</i>
DL	<i>Destination Address Low</i>
ID	<i>Pan ID</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Eletronics Engineers</i>
NI	<i>Node Identifier</i>
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 OBJETIVO GERAL	6
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.3 JUSTIFICATIVA	7
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	8
2 CADEIA DE FRIOS	10
2.1 GESTÃO DA CADEIA DE FRIOS	10
2.2 EXIGÊNCIAS LEGAIS	12
2.3 TRANSPORTE E LOGÍSTICA NA CADEIA DE FRIOS	14
3 CONTROLE DE TEMPERATURA NA CADEIA DE FRIOS	15
3.1 SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA NO TRANSPORTE DE ALIMENTOS	15
3.1.1 Sistema <i>Data Logger</i>	16
4 TECNOLOGIAS APLICADAS NO MONITORAMENTO DA CADEIA DE FRIOS	19
4.1 ZIGBEE	20
4.2 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE SENSORES	22
4.3 MONITORAMENTO DE SENSORES NO PROCESSO LOGÍSTICO	23
4.3.1 Monitoramento por Telemetria	23
5 TRABALHOS CORRELATOS	24
5.1 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL BASEADO EM SENSORES ZIGBEE	24
5.2 SENSORIAMENTO DE AMBIENTE UTILIZANDO A TECNOLOGIA ZIGBEE	24
5.3 REDES DE SENSORES SEM FIO EM MONITORAMENTO E CONTROLE	25
6 TRABALHO PROPOSTO	26
7 METODOLOGIA	28
7.1 ARDUINOS	28
7.1.1 Programação dos <i>Arduinos</i>	29
7.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE	30
7.2.1 Dados do projeto	30
7.2.2 Obtenção de dados dos <i>Xbee's</i>	31
7.2.3 Apresentação dos resultados	31
7.3.4 Relatório de dados	32

8 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS.....	36
APÊNDICE(S).....	38
APENDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO	39
ANEXO(S).....	49

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o mercado de frios vem enfrentando uma série de desafios, onde muitos deles são encontrados no transporte e logística de alimentos perecíveis. No Brasil, para que o transporte de alimentos seja realizado de maneira segura, os mesmos são transportados em baús frigorificados, porém possuem uma série de problemas que envolvem logística, manutenção e monitoramento da temperatura em que se encontram durante o transporte (ROCHA, 2008).

As temperaturas elevadas durante o transporte, o tempo de espera ou a má capacidade de refrigeração nos pontos de armazenamento podem colocar em risco a qualidade e a segurança alimentar dos produtos transportados. Falar apenas em segurança alimentar faz sentido se a cadeia alimentar e todos os seus intervenientes for encarada como um todo, analisar e avaliar todos os possíveis intervenientes na mesma, de forma a conseguir identificar a maneira como eles atuam, para garantir a segurança alimentar desde o produtor até ao destinatário final (consumidor). Segundo Baptista (2006), a minimização de ocorrências com impacto para o consumidor deve constituir uma preocupação para todos os intervenientes na cadeia alimentar, sendo que, se deve ter em consideração todas as fases, incluindo, um dos mais importantes, o transporte dos produtos alimentares, desde o agricultor/produtor até ao consumidor.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma aplicação computacional associando sensores de temperatura com a tecnologia ZigBee aplicado ao gerenciamento e controle de temperaturas no processo logístico de alimentos perecíveis.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os Objetivos específicos desta proposta consistem em:

- a) aplicação da linguagem Java Web na programação do software;
- b) levantamento teórico sobre a tecnologia ZigBee;
- c) seleção de Hardware para a montagem do sistema de gerenciamento;
- d) levantamento teórico para o monitoramento de rotas;

- e) aplicar a tecnologia ZigBee para a conexão de sensores sem fio;
- f) integração do hardware de gerenciamento no sistema de sensores sem fio;
- g) aplicar o sistema de monitoramento de temperatura.

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com a perspectiva apresentada por Ribeiro (2015), a temperatura inadequada no transporte de cargas perecíveis, está entre uns dos principais fatores de risco que envolvem a conservação dos alimentos. Neste contexto, o consumo de mantimentos contaminados é responsável por mais de 200 tipos de doenças, que podem causar mais de duas milhões de mortes ao ano.

Melo (2015) complementa que o transporte é um elo de grande importância na cadeia de produção de alimentos seguros e por isso, ele deve estar incluído em todos os sistemas de gestão de qualidade a serem implantados por empresas que atuam nesse setor. Caso este transporte não seja realizado de maneira adequada e segura, poderá gerar problemas com consequências ao consumidor final, e comprometimento de toda cadeia produtiva. Desta forma, torna-se imprescindível a avaliação da forma em são mantidos e a que temperaturas são expostos esses alimentos. A alta contaminação bem como o baixo prazo de validade dos alimentos refrigerados revela uma falha crítica no gerenciamento logístico destes alimentos, podendo causar diversos problemas, tanto no contexto da saúde pública, quanto no acarretamento de prejuízos financeiros aos diversos fornecedores e compradores.

Além disso, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), apresenta que, de 1.452.853 carretas no Brasil, somente 1,62% possuem câmara frigorificada, acarretando um índice preocupante no que se refere a cadeia de frios no Brasil. A ANTT, revela algo preocupante, pois segundo seus dados as empresas estão investindo pouco em manutenção da temperatura dos seus transportes, o que vem ocorrendo em toda a cadeia de distribuição de alimentos perecíveis no Brasil. Com isso, podemos observar que a logística do setor de perecíveis do país está enfrentando sérios problemas, o que proporciona algumas oportunidades para o setor tecnológico. Neste contexto, destacam-se os sistemas computacionais como apoio ao gerenciamento e controle de temperaturas, minimizando assim o risco de consumo de alimentos impróprios bem como as implicações legais que impactam esse mercado.

A evolução da tecnologia de sensores sem fio, sistemas de GPS, Sistemas de comunicação remota associadas a aplicativos moveis vem transformando o universo dos transportes no que se refere a monitoramento controle. A associação de tecnologias permite o gerenciamento efetivo online do transporte de frios, proporcionando segurança para o fornecedor e garantido ao comprador que o produto adquirido foi armazenado e transportado de forma correta. Desta forma, o Desenvolvimento de uma aplicação computacional associando sensores de temperatura com a tecnologia ZigBee aplicado ao gerenciamento e controle de temperaturas no processo logístico de alimentos perecíveis se justifica.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A seguinte pesquisa é composta por dez capítulos, sendo que o primeiro retrata a introdução do trabalho, ou seja, onde é feito superficialmente a apresentação dos objetivos gerais e específicos, em conjunto com a justificativa que levou ao desenvolvimento.

O capítulo número dois refere-se a cadeia de frios, onde fala sobre como funciona o processo de resfriamento alimentício e seus respectivos aspectos em relação ao transporte.

No capítulo três, é introduzido ao trabalho o assunto sobre o controle de temperatura na cadeia de frios, onde se encontra as formas de como o transporte deve ser feito e a importância do mantimento de uma temperatura constante no baú frigorífico para que o produto chegue em seu destino final com a qualidade desejada.

No quarto capítulo, são abordados os assuntos sobre algumas tecnologias que podem ser utilizadas para que o monitoramento da temperatura seja feito com maior precisão, onde aparecem o *Data logger* e a tecnologia Zigbee como pioneiros para a resolução da solução para o problema proposto. Também serão abordados alguns assuntos em relação a como a utilização destas tecnologias podem ajudar neste processo.

Logo em seguida, o quinto e o sexto capítulo abordam o trabalho proposto e os trabalhos correlatos, onde será explicado o que se pretende com o projeto, relatando o que se faz necessário e o quais são os resultados esperados para que se chegue a um sucesso do mesmo. Em seguida, nos trabalhos correlatos, encontram-se alguns artigos e monografias onde são aplicadas tecnologias semelhantes as que

são encontradas neste, de modo que sua aplicação também possa lembrar ou até mesmo enriquecer em ideias para este, como a utilização da tecnologia Zigbee.

2 CADEIA DE FRIOS

Na história da preservação de alimentos, entre outros métodos, o processo de mantê-los em ambientes de baixa temperatura foi um dos pioneiros. Com o armazenamento de alimentos em lugares frescos, em cavernas, envoltos em blocos de gelo formado pelas nevascas e nas geleiras, mergulhados nas águas congeladas de mares, rios e lagos, o homem iniciou o meio de conservação mais conhecido de nossos tempos: o processo de aplicação de frio (EVANGELISTA, 2008). O crescimento da demanda de produtos que requerem controle de temperatura durante o processo logístico exige que os intervenientes neste processo estejam aptos e integrados no processo chamado cadeia do frio, que tem por objetivo garantir a qualidade do produto da produção até sua entrega ao consumidor final.

2.1 GESTÃO DA CADEIA DE FRIOS

Desde o início em sua produção, os alimentos precisam seguir algumas regras para a boa conservação, garantindo sua qualidade para o consumo em qualquer que sejam os lugares de distribuição, por exemplo, alimentos que são produzidos no campo, geralmente percorrem muitos quilômetros para chegar até o consumidor final, e com isso, ocorrem alguns problemas relacionados com o tempo de transporte e conservação, fazendo com que todo esse processo necessite de alguns cuidados, como uma boa embalagem dos produtos, uma higiene rigorosa em relação ao local onde esses produtos serão transportados, e um dos fatores principais que afetam alimentos que tendem a ser mais perecíveis (como laticínios, carnes, frutas e verduras), a temperatura constante na câmara de transporte (PEREIRA, 2011).

Segundo Serra e Correia (2010), não basta apenas condicionar o ambiente, é necessário monitorá-lo, através de sistemas de monitoramento on-line que possuem as principais ferramentas para monitorar temperaturas em ambientes condicionados artificialmente, como: alarmes, ventilação, sensores conectados ao sistema de monitoramento integrado aos equipamentos e à computadores, através de software e programas para registro das oscilações de temperatura e umidade, gerando gráficos estatísticos para análise de risco.

Como o transporte dos alimentos deve seguir algumas regras, é importante saber os estados em que o produto irá estar durante o processo de transporte, e como cada um destes estados funciona, e Rocha (2008), traz algumas dessas informações como:

- a) **produto fresco:** é aquele que não sofreu qualquer tratamento que possa modificar o seu estado natural, sem exceção da refrigeração;
- b) **produto refrigerado:** é o produto que sofre um arrefecimento sem que seja atingida a temperatura do seu ponto de congelação;
- c) **produto congelado:** produto cuja água de constituição fica congelada, atingindo uma temperatura de -10°C em todos os seus pontos, e que é em seguida mantido a essa temperatura até entrega ao consumidor.
- d) **produto ultracongelado:** todo o produto que, depois de ultrapassar rapidamente a zona de cristalização máxima, atinge -18°C (pode ir formalmente a -25°C , -30°C) em todos os seus pontos e até entrega ao consumidor.

De acordo com a perspectiva apresentada por Ribeiro (2015), a temperatura inadequada no transporte de cargas perecíveis, está entre uns dos principais fatores de risco que envolvem a conservação dos alimentos. Neste contexto, o consumo de mantimentos contaminados é responsável por mais de 200 tipos de doenças, que podem causar mais de duas milhões de mortes ao ano. Fazer uma boa gestão relacionada a qualquer tipo de atividade sempre é importante, e claro que na cadeia de frios isso não muda. O transporte dos alimentos perecíveis no mercado é carente de novas tecnologias, pois a ANTT revela que de 1.452.853 carretas no Brasil, somente 1,62% possuem câmara frigorificada, este índice comparado à totalidade de caminhões que transportam alimentos que precisam de refrigeração aqui no Brasil é muito baixo, e também a logística do setor de perecíveis do país está enfrentando sérios problemas, investimentos precisam ser feitos para garantir melhor gerenciamento na cadeia de distribuição. Por esse e outros motivos que afetam a qualidade dos alimentos transportados aos consumidores, é de suma importância que se faça um bom gerenciamento e uma gestão adequada para manter a qualidade dos mesmos.

2.2 EXIGÊNCIAS LEGAIS

Assim como em qualquer outra atividade regulamentada, o transporte de alimentos perecíveis também possui algumas regras que, para a segurança do consumidor, precisam ser seguidas à risca. Tendo isto em vista e assim seguindo certos conjuntos de regras, para garantir a qualidade, os alimentos prontos ou produtos para venda deverão ser manipulados e serem transportados em condições que evite novas contaminações e que os microrganismos que possam estar presentes não tenham condições de se multiplicar. Para isso é fundamental o controle da higiene, da temperatura fria e do tempo de transporte. Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), TB-352, item 3.5.5, uma carga perecível é a carga composta por produto passível de deterioração ou composição que exige condições especiais de temperatura e/ou arejamento para manutenção de suas características orgânicas. Os alimentos que são perecíveis devem ser preparados para transporte frescos, refrigerados, congelados ou ultracongelados e nas condições de temperatura em que o mesmo mantenha suas características normais de qualidade. Estas condições devem ser mantidas durante todo o tempo de transporte e, para isso, os veículos de transporte e contentores a serem utilizados, devem ser frigorificados ou refrigerados (FERNANDES, 2013).

De acordo com Pelegrini (2013), os baús frigorificados e isotérmicos de veículos de transporte de alimentos, devem preencher os seguintes requisitos:

- a) assegurar condições de temperatura e umidade adequadas aos alimentos transportados;
- b) devem dispor de alarme ou lâmpada indicadora colocada no exterior, para alertar sempre que a porta não fique completamente fechada, e devem permitir a sua abertura pela parte interior;
- c) devem ser providas de termômetros que permitem efetuar o registro das temperaturas do transporte dos alimentos;
- d) ao selecionar-se um fornecedor, deve dar-se preferência aos que possuam *data logger*, ou seja, equipamentos de registro contínuo das temperaturas do transporte;
- e) o controle dos equipamentos de transporte é de elevada importância, uma vez que, o seu correto funcionamento evita a deterioração dos alimentos transportados.

Esse controle deve ser realizado em estações de ensaio designadas ou aceitas pela entidade competente do país de matrícula ou registro do equipamento e deve ser efetuado antes do equipamento entrar em serviço, periodicamente, pelo menos de 6 em 6 anos e todas as vezes que for requerido pela autoridade. (PELEGRINI, 2013)

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), revela algumas regras de armazenamento em sua Resolução CNNPA nº 35, de 27 de dezembro de 1977, sendo as de maior importância neste caso:

- a) **Armazenamento:** o armazenamento de alimentos rapidamente congelados deverá ser efetuado a uma temperatura apropriada para o produto e com um mínimo de flutuações. Esta temperatura não será superior à especificada no padrão individual do alimento não podendo, entretanto, em caso algum, ser superior a menos dezoito graus centígrados (-18°C).
- b) **Transporte:** O transporte dos alimentos rapidamente congelados, será efetuado em veículo e equipamentos capazes de manter a temperatura do produto a menos dezoito graus centígrados (-18°C), ou inferior. Uma elevação de temperatura do produto poderá ser tolerada por curtos períodos, porém, a temperatura nunca deverá ser superior a menos quinze graus centígrados (-15°C).
- c) **Distribuição:** A distribuição de alimentos rapidamente congelados, assim como sua entrega ao consumo, deve ser feita em equipamentos adequados, capazes de assegurar a manutenção do produto a uma temperatura de menos dezoito graus centígrados (-18°C) ou inferior. Uma elevação de temperatura do produto será tolerada por curtos períodos, porém a temperatura nunca deverá ser superior a menos quinze graus centígrados (-15°C). Os balcões frigoríficos em que se exponham à venda os alimentos rapidamente congelados deverão ter, em lugar facilmente visível termômetros de modelo apropriado, devidamente aprovado pelo órgão competente.
- d) **Designação:** Os diferentes tipos de alimentos a que se referem estes padrões serão designados pelo nome ou natureza do produto, seguido

da expressão "rapidamente congelado", "supergelado" ou "supercongelado".

2.3 TRANSPORTE E LOGÍSTICA NA CADEIA DE FRIOS

Para que os alimentos possam chegar até ao consumidor final, tem-se a necessidade de seguir uma logística no seu transporte, um processo ao qual estes alimentos precisam ser submetidos para que cheguem ao seu destino em segurança, mantendo sua qualidade de consumo. A logística é um processo operacional de planeamento de abastecimento e fornecimento de produtos, serviços e informação relacionada, desde o ponto de origem ao ponto de consumo. Cavalcanti, Machado e Santana (2010) ressalva que a cadeia logística do frio consiste em manter a refrigeração adequada do ambiente para os produtos que requerem tratamentos especiais, controlados, durante a realização das etapas logísticas, assegurando a qualidade dos produtos. Fernandes (2013) afirma que as diferenças de temperatura no carregamento e descarregamento de produtos perecíveis, as condições da temperatura ambiente, acabam por produzir alterações significativas na qualidade do produto destinado ao consumo. Tendo como base algumas dessas informações, durante o transporte, é de suma importância que os alimentos transportados sigam uma série de regras, ainda mais que estes percorrem na maioria das vezes muitos quilômetros.

A preservação dos produtos alimentares perecíveis em ambiente frio, refrigerado e climatizado, levou à integração de novos conceitos tais como a cadeia de frio, logística da cadeia de frio, logística de transportes, equipamentos e processos de manutenção do frio e a temperatura controlada, para assegurar que em todas as etapas desta cadeia ocorram a integração e coesão das operações com a finalidade de preservação do frio de alimentos perecíveis desde a produção ao consumo. Segundo Fernandes (2013) No contexto atual da sociedade e o rumo em que ela se dirige, as exigências do mercado e dos clientes, o transporte do produto congelado é um tema da atualidade e de grande importância, pois deve ser garantido que o produto perecível foi transportado dentro dos padrões legais de conservação e transporte e sem interrupção na cadeia logística.

3 CONTROLE DE TEMPERATURA NA CADEIA DE FRIOS

Como citado anteriormente, referente ao transporte de alimentos perecíveis, o desnível de temperatura é um entre os mais importantes fatores que afetam a qualidade dos alimentos, sendo um dos elos mais frágeis nesta cadeia, portanto se faz necessário um controle rígido do mesmo. Somente pelo fato de que os produtos, sendo mantidos a uma temperatura menor que afete na proliferação de agentes de decomposição, já terão conseqüentemente um prazo de qualidade maior, sabendo disso, conseqüentemente um produto que virá a ter um rígido processo de controle na temperatura, terá para o consumidor final uma qualidade muito superior, lembrando que isso seria o básico para que o produto gere certa confiabilidade e o consumidor tenda à comprar o produto novamente (CAVALCANTI; MACHADO; SANTANA, 2010).

Existe uma série de empresas que fornecem o serviço de transporte de cargas com o controle de temperatura, mas neste caso, esse controle pode ser melhorado, e para entender o porquê, é só termos como base o serviço comum que elas oferecem. O transporte dos alimentos perecíveis que necessitam de um controle mais rígido na temperatura (como carnes frescas, sorvetes e laticínios em geral), nem sempre é feito corretamente, há casos de que o motorista responsável pela carga pode desligar o motor do caminhão para fazer alguma pausa na viagem, afinal sendo humano, tem a necessidade de descanso, e com isso conseqüentemente podendo deixar o sistema de controle da temperatura desligado ou fora de cuidados, ocasionando um desnivelamento na temperatura, e acaba pecando no controle da mesma.

3.1 SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA NO TRANSPORTE DE ALIMENTOS

O calor é uma forma de energia e sua qualidade não pode ser medida diretamente, porém, por meio de um termômetro, é possível medir sua intensidade. A temperatura de uma substância ou de um corpo é a medida de intensidade do calor ou grau de calor existente em sua massa. Existem diversos tipos de indicadores de temperatura, e para seu funcionamento, aproveita-se a propriedade que alguns corpos têm para dilatar-se ou contrair-se conforme ocorra aumento ou diminuição da

temperatura. Para esse funcionamento utilizam-se, também, as variações de pressão que alguns fluidos apresentam quando submetidos a variações de temperatura. (PEREIRA, 2002). Os líquidos mais comumente utilizados são o álcool e o mercúrio, principalmente por não se congelarem a baixas temperaturas. Existem várias escalas para medição de temperatura, sendo que as mais comuns são a Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), em uso nos países de língua inglesa, e a Celsius ($^{\circ}\text{C}$), utilizada no Brasil. Nos termômetros em escala Celsius, ou centígrado o ponto de congelamento da água é 0°C e o seu ponto de ebulição, à pressão atmosférica, é de 100°C .

Entendendo como funciona ou como pode ser medida a temperatura, tornou-se válido a criação de alguns sistemas para o controle da mesma, utilizando o termômetro para a sua medição. Sobre o trabalho proposto, serão utilizados sensores termostáticos para medir a temperatura, e para uma maior precisão e um melhor monitoramento, serão espalhados, eles ficarão posicionados em pontos estratégicos em toda a cabine frigorífica do caminhão (PEREIRA, 2002).

Nos veículos destinados ao transporte deve haver uma avaliação rigorosa das condições de adaptação e de instalação dos equipamentos de produção de frio, dimensionados à capacidade máxima de transporte, para que o ar forçado mantenha a temperatura inicial do produto (THOMPSON, 2004).

Entre os fatores que influenciam a manutenção da temperatura do produto perecível por ar forçado, são além do diferencial de temperaturas entre a unidade de produção de frio e o ar ambiente, a área de contato do produto, a velocidade do ar e a disposição do produto na caixa (BAIRD; GAFFNEY; TALBOT, 1988).

3.1.1 Sistema *Data Logger*

Com o avanço na área de informação utilizada em sistemas, a quantidade de dados que os mais antigos trabalhavam, foi cada vez mais aumentando, e com isso surgiram vários problemas com o gerenciamento dos mesmos. A cada ano que passa novas informações surgem, métodos novos para resolver um problema específico são criados, novas perspectivas de ver questionamentos feitos anteriormente são visadas, e contudo, cada vez mais a massa de dados que são utilizados e necessários para a manipulação de um sistema aumenta, fazendo com que o gerenciamento das informações se torne uma dor de cabeça. Para isso, foi

criado um equipamento auxiliar que ajuda na administração, coleta e armazena dados, o *Data logger*.

Data logger é um equipamento auxiliar que coleta e armazena dados de outros instrumentos, através de um sistema de contagem de pulsos eletrônicos, emitidos pelo instrumento ao qual se adaptou, sempre que um evento ou medição se repete. O *Data logger* possui uma unidade de memória que permite reter essas informações e pode se comunicar com um PC ou laptop através de softwares adequados para este fim. A utilização de um *Data logger* expande as possibilidades de monitoramentos ambientais com objetivos específicos, também lembrando sobre como os processos de obtenção e armazenamento de dados são mais rápidos e muitas vezes mais acurados do que os manuais, tendo os mesmos com maior frequência, o que melhora a qualidade dos dados obtidos e ainda possibilitando de transferência dos dados para um computador. Referente aos dados, o *Data logger* tem como principais possibilidades a capacidade de gerar gráficos, dar zoom em dados de maior interesse, se adaptar a outros aplicativos, comparar múltiplos parâmetros de múltiplos *logger* e ainda associar dados de observações sucessivas, e ainda mais, pensando na utilização do mesmo, dando prioridade ao sistema do trabalho proposto, ele ainda pode verificar temperaturas em locais estratégicos, monitorar flutuações de temperaturas do ar, analisar mudanças nos gradientes de temperatura, monitorar equipamentos em operação e pode comparar condições internas e externas para determinar níveis de conforto.

3.1.2 Sensores de temperatura

A utilização de sensores de temperatura é algo comum, como por exemplo em carros, motos, tratores, aviões, painéis elétricas, geladeiras, fogões, enfim, uma série de variados produtos para funções distintas, e o mercado está rodeado de produtos em que ele é uma das peças principais de um sistema. O motor de um carro precisa estar em monitoramento de temperatura constante, para que em caso de aquecimento do motor, ele identifique a temperatura alta e o sistema faça a análise, avisando o motorista do risco de fundição do motor.

Sensores de temperatura são transdutores que, submetidos a uma mudança de temperatura, fornecem uma resposta claramente dependente da temperatura. Todas as propriedades que são influenciadas pela temperatura, podem

ser usadas para a construção do sensor de temperatura: a expansão térmica dos gases, líquidos e sólidos, a resistência elétrica de condutores metálicos, a corrente através de condutores metálicos ou semicondutores, a radiação de substâncias brilhantes, a frequência de ressonância de cristais, entre outros (PEREIRA, 2010).

4 TECNOLOGIAS APLICADAS NO MONITORAMENTO DA CADEIA DE FRIOS

Ao longo do tempo, o setor de frios acabou tendo a necessidade de alguns tipos de aprimoramentos, novos métodos, novas tecnologias foram se aprimorando e isso ajudou e muito para o controle da temperatura e armazenamento de alimentos. Há uma diversidade de tipos e modelos de sistemas de monitoramento no mercado com diferentes princípios de funcionamento utilizados para medir a temperatura e monitorar as variações desta grandeza nos ambientes de armazenamento, nos equipamentos frigoríficos e até em caixas térmicas. Os termômetros são os instrumentos de medição mais frequentemente utilizados, sendo esses os instrumentos aplicados a toda cadeia de frio, no monitoramento e controle da temperatura, incluindo sistemas de monitoramento e alarmes. Como o sistema proposto possui características que necessitam de um controle confiável na temperatura, o termômetro será uma peça fundamental no processo de monitoramento.

Como característica de um baú frigorífico, nem todos os pontos do mesmo permanecem com a temperatura em harmonia, isso porque a temperatura do ambiente influencia na temperatura da câmara frigorífica, tendo como exemplo quando ocorre o carregamento ou descarregamento do baú, onde as portas do veículo são abertas e o ar gelado de dentro se mistura com o ar mais quente de fora, fazendo com que ocorra um certo desnivelamento da temperatura (PEREIRA, 2010). Por este motivo, para a maior precisão no processo de identificação da temperatura, se faz necessário a utilização de uma captura estratégica desta temperatura em pontos estratégicos do baú frigorífico. Para a conexão destes sensores, também serão utilizadas conexões ZigBee, facilitando bastante este processo, pelo fato de que com esta tecnologia não se farão necessários a utilização de fios que interligam os sensores. Com todos esses sensores interconectados, será necessário também a utilização de um sistema para a identificação, armazenamento e gerenciamento destas variáveis de temperatura, assim mantendo os sensores conectados e fazendo com que o sistema num todo funcione em harmonia. Posteriormente será melhor citado e explicado cada uma dessas tecnologias, mostrando com clareza como cada uma delas será utilizada.

4.1 ZIGBEE

Na atualidade, já existem várias áreas de aplicações para dispositivos que utilizam o padrão *Zigbee*, onde geralmente o que pode ser feito são sistemas proprietários, desenvolvidos para atender redes específicas, como as redes de automação industrial, por exemplo, onde aplicações com sensores (de temperatura, de umidade, gases, entre outros) e dispositivos de controle (chaves, relés, entre outros) não necessitam de uma largura de banda elevada para funcionarem, mas necessitam de uma latência baixa e consumo de energia igualmente baixo para preservar a vida útil das baterias. Nesses casos, os sistemas wireless foram projetados para atenderem às exigências específicas dessas aplicações.

Na tabela 1 tem-se uma comparação entre algumas tecnologias que funcionam de forma parecida ao Zigbee, já comparando ambos e efetuando uma breve prévia sobre seus pontos fortes e fracos (SOUSA, 2006).

Tabela 1 - Comparação de Tecnologia sem fio.

Especificação	Camada física	Débito	Consumo	Pilha protocolar	Pontos fortes	Aplicações
Wi-fi	802.11	54Mbps	>400mA TX; standby 20mA	>1MB	Alta taxa de transferência	Internet, redes, transferência de ficheiros, Vídeo
Bluetooth	802.15.1	1Mbps	40mA TX; standby 0.2mA	≈250KB	Interoperabilidade, substituição de cabos	Wireless USB, Aparelhos de mão auriculares
Zigbee	802.15.4	250Kbps	30mA TX; standby 3μA	≈32KB	Consumo, fiabilidade, preço, Número de nós, latência	Controle Remoto, Dispositivos com baterias, Sensores

Fonte: Sousa (2006).

Falando de redes sem fio e para entender melhor do que está sendo mencionado, vindo pelo ponto de vista de Pinheiro (2004), as recomendações do *Institute of Electrical and Eletronics Engineers* (IEEE), particularmente as recomendações da série IEEE 802.11, são os exemplos mais conhecidos para os padrões de redes sem fio e que nos permitem considerar a existência de quatro grandes grupos:

- a) **Wireless Personal Area Network (WPAN):** onde estão as tecnologias *wireless* de pequeno alcance (entre 10 e 100 metros). à um padrão para

redes locais, definido pelo IEEE 802.15, para o endereçamento de redes sem fio que utilizam dispositivos portáteis ou móveis tais como PC's, PDA's, periféricos, celulares, pager's, entre outros;

- b) **Wireless Local Area Network (WLAN):** Onde estão as tecnologias sem fio destinadas à interligação de redes locais com alcance entre 100 e 300 metros. Trata-se de padrão implementado como extensão ou alternativa para as redes com cabeamento convencional (par metálico ou fibra óptica);
- c) **Wireless Metropolitan Area Network (WMAN):** Neste grupo temos as tecnologias que tratam dos acessos de banda larga para última milha para redes em áreas metropolitanas, com alcance em torno de 6km;
- d) **Wireless Wide Area Network (WWAN):** Neste grupo estão as tecnologias voltadas para redes de longa distância em telecomunicações, atendendo aos serviços de voz e alguns serviços de dados.

Uma das tecnologias mais recentes dentro desse grupo de redes para aplicações pessoais e que permite o gerenciamento e controle desses dispositivos é o padrão ZigBee, também conhecido como HomeRF Lite e que corresponde ao IEEE 802.15.4, homologado em maio de 2003. O ZigBee, no entender de Dantas (2010), foca nos protocolos de alto nível para dispositivos pequenos de rádio digital e com baixo consumo de energia, o que o torna tão atrativo para utilização em projetos que requeiram este consumo mínimo. Podem-se acrescentar algumas características muito importantes ao Zigbee, como a capacidade de ter até 65 mil nós ligados numa mesma rede, o que seria um número muito superior a outros padrões existentes até o momento, isso pelo fato de que podem utilizar endereços de 16 ou 64 bits. Além dessa grande capacidade, pode-se citar ainda a segurança oferecida por uma rede ZigBee, pois a mesma utiliza encriptação de dados *Advanced Encryption Algorithm (AEA)* de 128 bits onde, uma vez codificada, a rede ZigBee pode ficar parcialmente ou totalmente oculta às outras redes, sendo que os dados que aí trafegam ficam protegidos (DANTAS, 2010). Seguindo a perspectiva de Pinheiro (2004), padrão ZigBee foi desenvolvido para se tornar uma alternativa de comunicação em redes que não necessitem de soluções mais complexas para seu controle, barateando assim os custos com a aquisição, instalação de equipamentos, manutenção e mão de obra. Trata-se de uma tecnologia relativamente simples, que utiliza um protocolo de pacotes

de dados com características específicas, sendo projetado para oferecer flexibilidade quanto aos tipos de dispositivos que pode controlar.

Os dispositivos baseados na tecnologia ZigBee operam na faixa ISM que não requer licença para funcionamento, incluindo as faixas de 2,4GHz (Global), 915Mhz (América) e 868Mhz (Europa) e com taxas de transferência de dados de 250kbps em 2,4GHz, 40kbps em 915Mhz e 20kbps em 868Mhz. O padrão oferece atualmente interfaces com velocidades de conexão compreendidas entre 10Kbps e 115Kbps e como mencionado anteriormente, possui um alcance de transmissão entre 10m e 100m, dependendo diretamente da potência dos equipamentos e de características ambientais (obstáculos físicos, interferência eletromagnética, etc.) (BRONZATTI, 2010).

Para que o monitoramento seja feito com sucesso, será utilizado a tecnologia ZigBee, que será responsável pela conexão dos sensores de temperatura que estarão no baú frigorífico, principalmente sendo uma tecnologia wireless, frisando o fato de ser uma tecnologia que tem por sua característica não possuir fios para que ocorra a conexão, se torna mais prático o funcionamento do sistema, tornando-se desnecessária a utilização de cabeamento para a conexão de sensores de temperatura, reforçando o fato de que o sistema terá a necessidade de possuir uma rede com quantidade relativamente grande de sensores interligados dentro do baú frigorífico, e com isso, a complexidade, até para a montagem do sistema se torna menor. Com a utilização desta quantidade de sensores que serão distribuídos em pontos estratégicos do baú, a medição de temperatura será mais precisa e eficiente.

4.2 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE SENSORES

O uso de dispositivos eletrônicos, seja para a realização de tarefas do cotidiano ou para Automação Industrial, está inserido nos mais variados ambientes. O simples fato de utilizar um sensor infravermelho para detectar a presença de movimento, ou ligar uma lâmpada automaticamente ao escurecer, envolve componentes eletrônicos que reduzem a necessidade de executar tarefas manualmente. Independente da aplicação, o uso de tecnologia para Automação, seja para residências, empresas ou indústrias, proporciona o gerenciamento de recursos de forma bastante eficiente e sustentável, além de obter diversos benefícios como redução de custos, manutenção e segurança (DIAS; PIZZOLATO, 2004).

Em redes de sensores sem fio, o gerenciamento da rede é essencial para garantir o uso racional de todos os recursos. Funções de gerenciamento da rede podem ser configuradas e ligar ou desligar todos os componentes para conseguir um melhor consumo de energia.

4.3 MONITORAMENTO DE SENSORES NO PROCESSO LOGÍSTICO

Monitoramento é uma palavra chave ao pensar no contexto deste trabalho, e pensando nisso, deve ser feito da melhor forma. Existem algumas formas para fazer esta operação, onde pode-se citar o monitoramento por telemetria, que pode facilitar muito na hora de encontrar casos de anomalia na temperatura do sistema, e assim identificar o caso o quanto antes.

4.3.1 Monitoramento por Telemetria

Os métodos convencionais de comunicações de dados ponto a ponto conectados através de um fio, já atingiu as suas limitações. Por um lado, já é quase impossível lidar com a complexidade dos chicotes, o que inviabiliza e limita o desenvolvimento de unidades de controle eletrônico. A telemetria surgiu no ano de 1845 com o desenvolvimento do primeiro sistema de transmissão de dados entre o Winter Palace e o quartel da armada russa e em 1874 foi desenvolvida uma rede de sensores atmosféricos em MontBlanc, França, com Transmissão de dados em tempo real para Paris. Um sistema de telemetria consiste na medição de dados de um analisador e envio desses dados para um acumulador para posterior análise. Também pode ser visto como um sistema tecnológico de monitoramento, utilizado para comandar, medir ou rastrear alguma coisa a distância, através de comunicação sem fio (sinais de rádio ou satélite). Esta é uma tecnologia muito empregada em diversas áreas da ciência, com a medicina e a biologia, e até mesmos outras ocasiões mais derivadas como parques temáticos, também, por questão de curiosidade, grande parte em carros de formula 1 (TEIXEIRA; TOURNIER, 2015).

Neste trabalho, pode-se utilizar a telemetria para sincronizar os sensores de temperatura integrados ao baú frigorífico, interligando os mesmos a parte de gerenciamento do sistema, enviando os dados obtidos dos sensores diretamente aos displays e a memória, podendo assim fazer o uso aplicado desses dados.

5 TRABALHOS CORRELATOS

As tecnologias estudadas neste trabalho podem ser encontradas em diversas pesquisas realizadas recentemente. Este capítulo tem como objetivo apresentar alguns trabalhos referentes aos assuntos abordados, como aplicações que utilizam a tecnologia ZigBee e conexão de alguns tipos de sensores.

5.1 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL BASEADO EM SENSORES ZIGBEE

Como nas áreas de automação, tanto industrial como residencial, vem buscando novas tecnologias de comunicação sem fio, o mercado de redes de transmissão de dados também está crescendo, principalmente em redes sem fio para ambientes locais (ESCHNER, 2011).

A monografia escrita por Eschner (2011), consiste na implementação de um sistema de automação residencial baseado em diversos tipos de sensores sem fio. A atuação do sistema ocorre de forma automática, somente com informações adquiridas de sensores de movimento, temperatura, umidade, luminosidade, entre mais alguns apresentados.

Com a utilização do protocolo ZigBee na implementação deste trabalho, várias vantagens para o sistema de automação foram agregadas, como a economia de energia, o baixo custo e a grande facilidade na instalação do sistema, de maneira a evitar certas reformas na residência. Além disso, é notável a capacidade do ZigBee de formar uma rede Mesh, que garante uma ampla cobertura de sinal e também agrega confiabilidade na comunicação entre os nodos da rede. (ESCHNER, 2011).

5.2 SENSORIAMENTO DE AMBIENTE UTILIZANDO A TECNOLOGIA ZIGBEE

Devido à presença cada vez maior da tecnologia na vida das pessoas, as diversas conexões sem fio buscam fornecer as trocas de informações sem comprometer a praticidade do usuário e permitindo a utilização de uma quantidade maior de dispositivos.

Um exemplo de dispositivo que possibilita uma conexão sem a utilização de cabos é o ZigBee, onde Monsignore (2007, p. 1) afirma que “O ZigBee engloba

aplicações de monitoração e sensoriamento de sistemas [...]”. Com esse dispositivo, há a possibilidade de monitorar ambientes, tanto residenciais quanto comerciais.

Então, a dissertação de Monsignore (2007) desenvolve-se na avaliação do sistema ZigBee para que permita, em uma aplicação futura, ser utilizado como sensor em cômodos residenciais. Concluindo assim, que é um sistema eficaz para a proposta de monitoramento de ambientes, viabilizando seu uso aplicado e permitindo a troca de dados mesmo com barreiras físicas, como paredes.

5.3 REDES DE SENSORES SEM FIO EM MONITORAMENTO E CONTROLE

Algumas tecnologias que já se encontram no mercado, destinadas a aplicações que sugerem o uso de conexões rápidas, dentre elas destaca-se o padrão ZigBee. Essas aplicações sofrem restrições em seu desempenho devido à interferência interna entre os nós. (SANTOS, 2007).

Segundo o trabalho de Santos (2007), através da vazão em diferentes taxas e quantidade de nós, mostrando condições que devem ser respeitadas e evitadas em um cenário de automação e controle, em que se exige mais confiabilidade que alta taxa de dados, essa interferência é mais nítida.

É de suma importância ter em mente que para se saber uma taxa de dados ou o número de roteadores para uma determinada aplicação, a taxa de entrega considerada deverá ser superior a 90%, para não comprometer a confiabilidade do sistema. O desenvolvimento de topologias ponto a ponto também pode ter como referência o trabalho apresentado por Santos (2007), tomando por base as simulações nos cenários em estrela e os cenários utilizados com roteadores. (SANTOS, 2007).

6 TRABALHO PROPOSTO

O processo logístico de transporte de alimentos com temperaturas controladas, apresentam uma série de desafios, os quais podem ocasionar problemas críticos de conservação, caso não sejam corretamente aplicados. Um dos processos conhecidos, mais aplicados nesta operação é a utilização do *data logger* cujo ajuste fica sob a responsabilidade do condutor, o qual, muitas vezes, esquece de realizar a regulagem adequada. No Brasil, os alimentos são transportados das zonas rurais até os centros urbanos, e as mercadorias produzidas nas grandes cidades são levadas até o campo, em geral percorrendo grandes distâncias. Atualmente, para que todos tenham acesso a variedades de alimentos, é necessário o transporte dos mesmos para as mais diferentes localidades.

O transporte de produtos alimentícios seja ele congelado ou refrigerado requer o máximo de controle em relação às temperaturas. Desde o armazenamento no produtor, durante o transporte, o entreposto de distribuição, até chegar ao consumidor final, estes produtos podem sofrer diversas variações de temperatura, podendo tornarem-se impróprios para o consumo. A cadeia de frios deve funcionar de forma segura de maneira a conseguir conservar os produtos alimentares de acordo com as suas características iniciais, sendo que para garantir este correto funcionamento, se faz necessário alguns processos de gerenciamento e controle.

A manutenção de temperaturas adequadas pode ser crítica durante o processo de distribuição de produtos. Isto é, tanto mais importante quanto o processo de carga e descarga, e ocorre várias vezes entre a origem e o destino final. As temperaturas elevadas durante o transporte, o tempo de espera ou a má capacidade de refrigeração nos pontos de armazenamento podem colocar em risco a qualidade e a segurança alimentar dos produtos transportados.

Falar apenas em segurança alimentar faz sentido se analisar a cadeia alimentar e todos os seus intervenientes como um todo. É necessário encarar, analisar e avaliar todos os possíveis intervenientes na cadeia alimentar, de forma a conseguir identificar eles e a maneira como eles atuam, para garantir a segurança alimentar desde o produtor até o seu destino final (consumidor).

Juntamente com todos os assuntos que foram abordados, pode-se observar que a logística do setor de perecíveis do país está enfrentando sérios problemas, o que proporciona algumas oportunidades para o setor tecnológico.

Sabendo disto, destacam-se os sistemas computacionais como apoio ao gerenciamento e controle de temperaturas, minimizando assim o risco de consumo de alimentos impróprios bem como as implicações legais que impactam esse mercado. A evolução da tecnologia de sensores sem fio, sistemas de GPS, sistemas de comunicação remota associadas a aplicativos moveis vem transformando o universo dos transportes no que se refere a monitoramento controle. A associação de tecnologias permite um gerenciamento efetivo online do transporte de frios, proporcionando uma segurança para o fornecedor e garantindo ao comprador que o produto adquirido foi armazenado e transportado de forma correta.

Desta forma, este trabalho propõe criar um sistema em que o baú frigorífico possa ser refrigerado e monitorado de maneira mais eficiente, utilizando da tecnologia ZigBee para fazer a conexão dos sensores de temperatura que, por sua vez, estarão fazendo a captura da mesma, onde um sistema *Data Logger* à receberá e poderá fazer o monitoramento frequente, avisando o motorista do veículo, e também mostrando ao comprador da mercadoria, se durante o trajeto existiu algum desnível na temperatura deste baú frigorífico.

O desenvolvimento de uma aplicação computacional associando sensores de temperatura com a tecnologia ZigBee aplicado ao gerenciamento e controle de temperaturas no processo logístico de alimentos perecíveis pode incrementar este processo, revelando ao comprador ou distribuidor da mercadoria, um produto confiável, em que ele poderá depositar sua fidelidade, e conseqüentemente o consumidor final encontrará com ele, um produto de qualidade superior.

7 METODOLOGIA

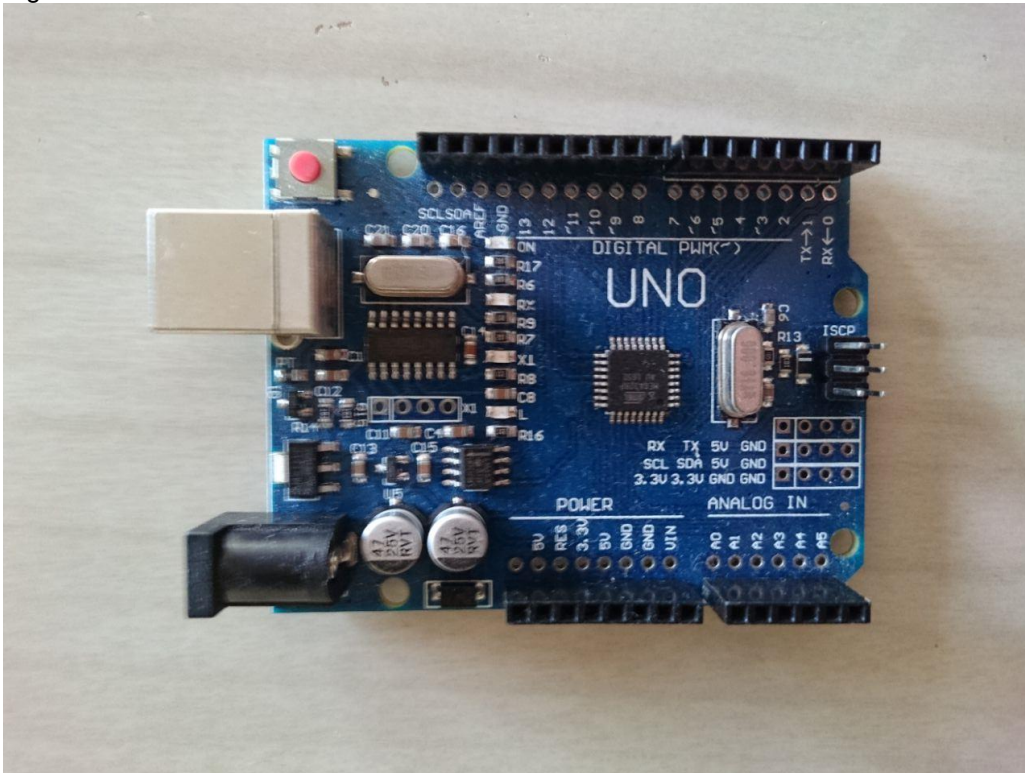
Para dar início ao desenvolvimento deste projeto, assim como mencionado anteriormente, se fez necessário escolher o hardware para que a montagem do sistema fosse um sucesso, portanto foram feitas pesquisas para escolher qual seria o hardware que iria suprir as necessidades, sendo mais acessíveis e que, para uma implantação de um exemplo, fossem relativamente baratos. Com isto, acabou-se tendo por escolha os seguintes hardwares:

- a) **Dispositivos Xbee Series 2;**
- b) **Arduino Xbee Shield;**
- c) **Xbee Explorer p/ Dispositivo Xbee;**
- d) **Arduinos Uno;**
- e) **Sensor de temperatura LM35;**
- f) **Notebook;**
- g) **Cabos de alimentação do Arduino;**
- h) **Baterias 9v;**
- i) **Protoboards.**

É de grande importância a compreensão de que este projeto tem finalidade de fazer a conexão de vários sensores via xbee, entretanto, no exemplo que será dado, se faz a utilização da comunicação entre três xbee's, o que pode exemplificar como o projeto funcionaria em escala real.

7.1 ARDUINOS

Neste projeto, como foi utilizado dois pontos de captação de temperatura, cada um deles necessitou de um hardware para que possam estar em funcionamento. Com isso, pelo fato de ser um dispositivo muito utilizado para prototipação, e ser de linguagem C que é bastante conhecida e fácil programação, o *Arduino* foi uma opção realmente bacana para uma execução deste projeto. O *Arduino* possui uma quantidade enorme de sensores e componentes que se pode ser utilizada em projetos. Grande parte do material utilizado está disponível em módulos, que são pequenas placas que contém os sensores e outros componentes auxiliares como resistores, capacitores e leds.

Figura 1 – *Arduino*.

Fonte: Do autor.

7.1.1 Programação dos *Arduinos*

Antes de adicionar realmente os sensores de temperatura ao projeto, foram feitos testes para garantir que tudo ocorreria bem durante a implantação dos sensores. Esses testes foram feitos com leds, que acendiam e apagavam conforme os dados que eram recebidos pelo dispositivo *xbee*. Imagens em anexo demonstram como foi feita a programação do *Arduino* para que funcionasse a função que acende o led e apaga conforme a recepção dos dados.

Aderindo o *Arduino* ao projeto, o que foi pensado para o mesmo desde o início, seria a sua utilização na transmissão de dados que seriam recebidos dos sensores de temperatura, pelos módulos *xbee*'s conectados nos seus respectivos *Shields*. Para que isso aconteça, assim como anteriormente mencionado, se faz necessário a configuração dos módulos *xbee*'s, e assim que estão acoplados ao computador e em seus *Arduinos*, funcionam como uma conexão serial comum, em que a porta serial envia e recebe bytes de informação, claro, isto só para uma base de informação de funcionamento, pois como mencionado na fundamentação teórica

sobre a tecnologia *Zigbee*, em relação à transmissão de dados, funciona de forma diferente. Partindo para a programação dos dispositivos, a programação indica a leitura da porta serial (onde neste caso, estaria lendo os dados que estão vindos do *xbee* conectado ao computador), e assim, caso o dado lido seja reconhecido, então a temperatura é capturada e enviada.

7.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Uma das maiores prioridades, até metas deste projeto, é a criação de um software computacional para fazer o gerenciamento das informações vindas dos dispositivos *xbee's*, e mostrá-las para o usuário, que poderá ter um controle da temperatura ambiente do seu caminhão frigorificado.

7.2.1 Dados do projeto

Para a implementação deste projeto de software, foram utilizadas algumas ferramentas, tais como o NetBeans IDE, que é um ambiente de desenvolvimento integrado gratuito e de código aberto para desenvolvedores de software. O IDE é executado em muitas plataformas, como Windows, Linux, Solaris e MacOS. Além de ser uma ferramenta fácil de instalar e usar, o NetBeans IDE foi escolhido por também oferecer aos desenvolvedores todas as ferramentas necessárias para criar aplicativos profissionais de desktop, empresariais, Web e móveis multiplataformas.

O HSQLDB ou também conhecido como *HyperSQL Database* também foi utilizado neste projeto, pois é um SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados) relacional escrito totalmente em linguagem Java. O HSQLDB é *open source*, bastante simples de utilizar, possui poucos recursos, mas é bastante eficiente e ocupa pouco espaço em disco podendo assim ser embutido em qualquer aplicação Java sem a necessidade de qualquer instalação, então, como para este projeto se faz necessário o uso de um banco de dados para o armazenamento dos dados recebidos pelos *xbee's*, por alguns desses motivos o HSQLDB foi escolhido.

O projeto foi feito na linguagem Java voltada para o desenvolvimento web, onde foram utilizados alguns métodos para que o projeto obtivesse sucesso em sua utilidade. Como citado anteriormente, pode-se atentar que na lista de matérias

necessários para o desenvolvimento deste projeto, não está incluído algum hardware GPS que possa estar fazendo a captura da posição atual onde estarão os dispositivos *xbee*, no entanto, foi feito um algoritmo de simulação, para poder substituí-lo. Este algoritmo é bem simples, ele estará simulando ao programa algumas latitudes e longitudes aleatórias, para que a classe de gerenciamento possa estar recebendo algum dado de localização, e assim, pode simular a operação. Nas imagens localizadas em anexos, estará o algoritmo de simulação.

Assim, com este algoritmo, valores randômicos de latitude e longitude puderam ser adicionados ao software de maneira simples e funcional.

7.2.2 Obtenção de dados dos *Xbee's*

Fazer a obtenção de dados dos dispositivos *xbee* não é algo tão simples, de maneira que o software precisa de uma classe para a recepção dos mesmos. Esta classe, faz com que os dados da porta serial onde o dispositivo *xbee* está acoplado sejam lidos, e manipulados da maneira desejada no resto do programa.

Relembrando anteriormente a programação dos dispositivos *xbee*, os *Arduinos* estavam constantemente lendo os dados que vinham pelos dispositivos, e assim que fizessem a identificação do dado, se o mesmo fosse o seu, leria a informação do sensor de temperatura e à enviaria novamente via *xbee*. O que acontece no algoritmo de conexão serial é que nele, está contida uma função que envia o dado para todos os dispositivos *xbee* conectados na rede, e quando o dado é identificado por um deles, esse envia sua temperatura para o software Java, que na mesma função já o recebe e deixa disponível para a manipulação devida.

Com esta lógica de programação, o que é muito importante salientar, é que não importa quantos dispositivos *xbee* estejam conectados ao seu *xbee* Coordenador, cada um deles pode estar recebendo um dado diferente, e assim pode ser identificado sem dificuldade alguma, assim sabendo de onde está vindo cada temperatura.

7.2.3 Apresentação dos resultados

O que desde o início deste projeto estava sendo visado, era uma interface de dados simples e quanto mais funcional possível, que poderia ser um mapa indicando a posição do caminhão com seu baú frigorífico, e em cada 10 minutos, esse

caminhão teria sua posição atualizada. Por motivos de falta de tempo, esta interface não pode ser desenvolvida, entretanto, o que mudou da interface que foi feita é só a maneira como estes dados estão sendo apresentados, de maneira que ao invés de um mapa com o caminhão, existe então uma tabela onde mostram os dados de temperatura de cada sensor de temperatura em seus respectivos xbee's, e a latitude e longitude em que se encontram sendo atualizados a cada 4 segundos para uma simulação, assim como mostra a figura a seguir. Nesta tela de interface, existe o botão de gerar o relatório da rota que está sendo feita, que quando acionado, mostra todas as informações de temperatura e posicionamento do caminhão durante o seu trajeto.

Figura 2 - interface de coleta de dados.

Leitor de Temperatura

Temperatura Xbee-1	14.64°C
Temperatura Xbee-2	15.13°C
Latitude	38758446
Longitude	27581212

GERAR RELATÓRIO

Fonte: Do autor.

Para que a interface do software tenha um bom visual, foi utilizado o Bootstrap, foi criado pela Equipe do Twitter, que é um framework front-end de código aberto que vem se tornando popular por facilitar o desenvolvimento Web. A versão 3 do Bootstrap é compatível com o HTML5 e CSS3 e tem como vantagens a vasta documentação, a otimização para layouts responsivos e a praticidade para o desenvolvimento de layouts padronizados, e exatamente por isso foi uma boa escolha para este projeto de software WEB.

7.3.4 Relatório de dados

Após serem feitas algumas capturas de temperatura e acionado o botão de gerar o relatório de rota (assim como mostrado no tópico anterior), é possível visualizar todos os dados que foram obtidos durante o trajeto feito pelo caminhão, assim como suas temperaturas capturadas dos sensores e seus xbee's, e suas posições caracterizadas pela latitude e longitude onde o caminhão se encontrava, assim melhor ilustrado pela figura a seguir.

Figura 3 - Relatório de rota do software.

Relatório de rota

Sensor 1	Sensor 2	Latitude	Longitude
16.59°C	15.62°C	23231359	15581423
16.10°C	15.62°C	52755548	82121989
16.10°C	15.62°C	79893974	87859808
15.62°C	15.62°C	91821872	71017462
15.62°C	15.62°C	5966431	17304676
15.62°C	15.62°C	89220048	47418136
15.62°C	15.62°C	27611362	96750056

CONTINUAR ROTA

INICIAR NOVA ROTA

Fonte: Do autor.

Esses dados são retirados direto do banco HSQLDB, por isso são confiáveis, e com este relatório pode ser acompanhado o trajeto do caminhão e saber se houve em algum momento, picos de temperatura mais elevada ou não, assim mostrando para a pessoa responsável pelo recebimento da mercadoria, se sua temperatura realmente foi respeitada em seus padrões.

Nessa mesma tela em que o software se encontra, existem dois botões, onde suas respectivas funções são continuar a mesma rota que estava, continuando com a captura dos dados dos sensores, ou finalizar a rota e iniciar uma nova, com novas capturas de dados.

8 CONCLUSÃO

Realmente já era de constatação imediata que fazer um projeto onde envolveria um software misturado com programação de hardwares, ainda mais um que não possui muitos materiais disponíveis como a sistema de conexão sem fio chamado *Zigbee*, não seria uma tarefa fácil para um acadêmico que em seu curso, não possuiu um aprofundamento na área de hardware, mas em relação a aprendizado e desafio, foi uma tarefa muito interessante, deixando ainda muitos trabalhos pela frente.

Desde o início deste projeto de software, os objetivos do mesmo eram fazer uma aplicação da linguagem Java Web na programação do software, selecionar o hardware para a implantação do projeto, e no mesmo, fazer a integração dos dispositivos *xbee* com o hardware de gerenciamento (notebook), passando por eles as temperaturas capturadas pelos sensores, e assim mostrar no software um relatório das mesmas, e isso para fazer o monitoramento de rota de um caminhão. Neste projeto, estes objetivos foram com toda certeza alcançados, talvez não com o êxito desejado por falta de tempo, mas de qualquer maneira, está comprovado que os dados foram obtidos com sucesso dos sensores vida *xbee*, e o software conseguiu manipulá-los com eficiência, fazendo o monitoramento da temperatura na rota em que o caminhão está, com eficiência.

Talvez para algum trabalho futuro, seria interessante e de grande importância um maior aprofundamento na parte da interface deste software, pois pelo que tudo indica isso pode ter deixado a desejar na hora de mostrar o caminho percorrido pelo caminhão frigorífico. Entretanto, quanto a parte da utilização da tecnologia *Zigbee*, existem vários tópicos a mais para serem abordados, como por exemplo a segurança dos dados transmitidos pelos dispositivos, e até o uso dos mesmos e outras situações, pois está tecnologia está tendo cada vez mais utilidade em projetos que podem substituir o cabeamento para a transferência de dados.

Para concluir, o envolvimento em um projeto de conclusão de curso é deveras importante para a formação de um acadêmico, e este projeto por sua vez, não teve diferença quanto a isto, pois além de trazer uma grande dificuldade em questão de trabalho com hardware, trouxe desafios em seu desenvolvimento, o que fortalece sempre a busca por informação e conhecimento.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, P. e Venâncio, A., **Os Perigos para a Segurança Alimentar no Processamento de Alimentos**, Forvisão – Consultoria em Formação Integrada, Guimarães, Portugal, 2003.

BRONZATTI, Luiz Fernando Casarin. **Análise sobre a tecnologia de rede sem fio Zigbee**. 2013. 109 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Cap. 2.

CAVALCANTI, Marly; MACHADO, Sivanilza Teixeira; SANTANA, Wansley Goncalves. **CADEIA LOGÍSTICA DO FRIO: UM ESTUDO DA QUALIDADE EM PORTOS SECOS BRASILEIROS**. 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_wic_113_741_16040.pdf>. Acesso em: 02 set. 2017.

TEIXEIRA, Fernando; TOURNIER, Diego Riquero. **UTILIZAÇÃO DE TELEMETRIA PARA DIAGNOSTICO AUTOMOTIVO À DISTÂNCIA**. 2015. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/simea2015/PAP110.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

DIAS, C, L. de A. e PIZZOLATO N. D. (2004) Demótica: Aplicabilidade e Sistemas de Automação residencial. Disponível em: <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/98/86>>. Acesso em: 13 set. 2017.

EVANGELISTA, J. Tecnologia de Alimentos. São Paulo: Atheneu, 2008.
DANTAS, Mario. **Redes de Comunicação e Computadores**: Abordagem Quantitativa. Florianópolis: Visual Books, 2010. 328 p.

FERNANDES, Cláudio Socorro Caetano. **A Logística na Cadeia de Frio em Portugal: Transporte de Produtos Perecíveis Congelados**. 2013. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015. Cap. 2.

MANUAL DE REDE DE FRIO. Brasília: Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde - Ascom, jun. 2001. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_rede_frio.pdf>. Acesso em: 03 set. 2017.

MELO, Tatiana. **Transportar alimentos com segurança**. 2015. Disponível em: <<http://www.solucoestransportes.com.br/blog/transportar-alimentos-com-seguranca/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

PELEGRINI, Graciela Aparecida. **MODELO DE PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PARA CAMINHÕES DE CARGAS FRIGORIFICADAS**. 2013. 193 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2013. Cap. 2.

PEREIRA, Daniela. **Importância da Cadeia de Frio na Segurança Alimentar de Produtos Congelados e Refrigerados**. 2011. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Alimentar e Segurança Alimentar, Escola Superior Agrária de Coimbra, Coimbra, 2011. Disponível em: <[http://www.esac.pt/noronha/MEAL_Seg_Alimentem/10_11/Trabalho Daniela_Exame.pdf](http://www.esac.pt/noronha/MEAL_Seg_Alimentem/10_11/Trabalho_Daniela_Exame.pdf)>. Acesso em: 23 out. 2017.

PEREIRA, VÍTOR DE FREITAS, ET AL. **Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos resfriados e congelados**. *Food Science and Technology*, Campinas, (2010).

PEREIRA, Fernando Marcelo. **MEDIÇÃO DE CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS E ESTUDO DO MECANISMO DE ESTABILIZAÇÃO DE CHAMA EM QUEIMADORES POROSOS RADIANTES**. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Cap. 2. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH09/Fernando_Marcelo_Pereira_PRH09_UFSC_M.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2017.

PESAVENTO, Douglas. **Transporte Frigorífico, Alimentos Congelados e a Cadeia do Frio**. Disponível em: <<http://www.sensorweb.com.br/blog/transporte-frigorifico-cadeia-do-frio/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

PINHEIRO, José Mauricio Santos. **As Redes com ZigBee**. 2004. Disponível em: <http://www.projeteredes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php>. Acesso em: 13 set. 2017.

RIBEIRO, Clara. **5 cuidados no transporte de alimentos**. Disponível em: <<http://revistavivasauade.uol.com.br/nutricao/5-cuidados-no-transporte-de-alimentos/4725/#>>. Acesso em: 08 out. 2017.

ROCHA, A. **Conservação dos produtos ao longo do tempo. Segurança e qualidade alimentar - conservação dos alimentos**, Maio de 2008, p. 33 à 35.

SOUSA, João Paulo. **Interface USB para recolha de dados de sensores remotos utilizando ZigBee e IEEE 802.15.4.2006**. 6 f. (Artigo Científico) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Porto, 2006. Cap. 2. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Joao_Sousa25/publication/242725493_Interface_US B_para_recolha_de_dados_de_sensores_remotos_utilizando_ZigBee_e_IEEE_802154/links/56b37dc508ae1f8aa4534955.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Joao_Sousa25/publication/242725493_Interface_US_B_para_recolha_de_dados_de_sensores_remotos_utilizando_ZigBee_e_IEEE_802154/links/56b37dc508ae1f8aa4534955.pdf)>. Acesso em: 09 nov. 2017.

APÊNDICE(S)

APENDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO

Aplicação da Tecnologia Zigbee na Conexão de Sensores Sem Sio Para o Monitoramento de Temperatura e Rota no Processo Logístico de Transporte de Alimentos

Bruno M. Lopes¹, Gustavo Bisognin¹

¹Unidade Acadêmica de Ciências, Engenharias e Tecnologias, Curso de Ciência da Computação

²Unidade Acadêmica De Ciências Da Saúde, Curso De Fisioterapia
Universidade Do Extremo Sul Catarinense (UNESC)
Criciúma – SC – Brazil

brunomarcelopes@gmail.com, gbisog@gmail.com

Abstract. *The transportation of refrigerated cargoes is facing serious problems in relation to the temperature control, which generates little reliability in the products that are kept in refrigeration, so this project proposes a possible solution for the monitoring of this temperature during the whole route of the refrigerated truck, using Zigbee technology, innovating the wireless connection of the sensors and leaving aside the cabling, causing the recipient to get a report of the locations where they passed and their respective temperatures at the end of their journey. The software was developed in the Java Web language to allow remote access if it is deployed in real scale, and were used as prototyping hardware, Arduinos, Xbee devices, and temperature sensors, so that the prototype can pass the idea of how would be in real scale. In relation to the data, they were successfully obtained from the sensors and sent to the software via Zigbee, and the software in turn was able to manipulate this data, show them in real time to the user and generate the route report and temperature. This project proved to be a very useful tool for the refrigerated truck market, especially for those who have the need of greater monitoring in relation to their load*

Resumo. *O transporte de cargas refrigeradas vem enfrentando sérios problemas em relação ao controle de sua temperatura, o que gera pouca confiabilidade nos produtos que são mantidos em refrigeração, portanto este projeto propõe uma possível solução para o monitoramento desta temperatura durante toda a rota do caminhão frigorificado, utilizando da tecnologia Zigbee, inovando na conexão sem fio dos sensores e deixando de lado o cabeamento, fazendo com que ao final de seu trajeto, o destinatário obtenha um relatório das posições de localização por onde passou e suas respectivas temperaturas. O software foi desenvolvido na linguagem Java Web, para que possibilite o acesso remoto caso seja implantado em escala real,*

e foram utilizados como hardware de prototipação, Arduinos, dispositivos Xbee, e sensores de temperatura, para que o protótipo possa passar a ideia de como ficaria em escala real. Em relação aos dados, os mesmos foram obtidos com êxito dos sensores e enviados para o software via Zigbee, e o software por sua vez conseguiu fazer a manipulação destes dados, mostrá-los em tempo real para o usuário e gerar o relatório da rota e temperatura. Este projeto se mostrou capaz de ser uma ferramenta muito útil para o mercado de caminhões frigorificados, principalmente para aqueles que possuem a necessidade de um monitoramento maior em relação a sua carga.

1. Introdução

Atualmente, o mercado de frios vem enfrentando uma série de desafios, onde muitos deles são encontrados no transporte e logística de alimentos perecíveis. No Brasil, para que o transporte de alimentos seja realizado de maneira segura, os mesmos são transportados em baús frigorificados, porém possuem uma série de problemas que envolvem logística, manutenção e monitoramento da temperatura em que se encontram durante o transporte (ROCHA, 2008).

As temperaturas elevadas durante o transporte, o tempo de espera ou a má capacidade de refrigeração nos pontos de armazenamento podem colocar em risco a qualidade e a segurança alimentar dos produtos transportados. Falar apenas em segurança alimentar faz sentido se a cadeia alimentar e todos os seus intervenientes for encarada como um todo, analisar e avaliar todos os possíveis intervenientes na mesma, de forma a conseguir identificar a maneira como eles atuam, para garantir a segurança alimentar desde o produtor até ao destinatário final (consumidor). Segundo Baptista (2006), a minimização de ocorrências com impacto para o consumidor deve constituir uma preocupação para todos os intervenientes na cadeia alimentar, sendo que, se deve ter em consideração todas as fases, incluindo, um dos mais importantes, o transporte dos produtos alimentares, desde o agricultor/produtor até ao consumidor.

2. Metodologia

Para dar início ao desenvolvimento deste projeto, assim como mencionado anteriormente, se fez necessário escolher o hardware para que a montagem do sistema fosse um sucesso, portanto foram feitas pesquisas para escolher qual seria o hardware que iria suprir as necessidades, sendo mais acessíveis e que, para uma implantação de um exemplo, fossem relativamente baratos. Com isto, acabou-se tendo por escolha os seguintes hardwares:

- a) **Dispositivos Xbee Series 2;**
- b) **Arduino Xbee Shield;**
- c) **Xbee Explorer p/ Dispositivo Xbee;**
- d) **Arduinos Uno;**
- e) **Sensor de temperatura LM35;**

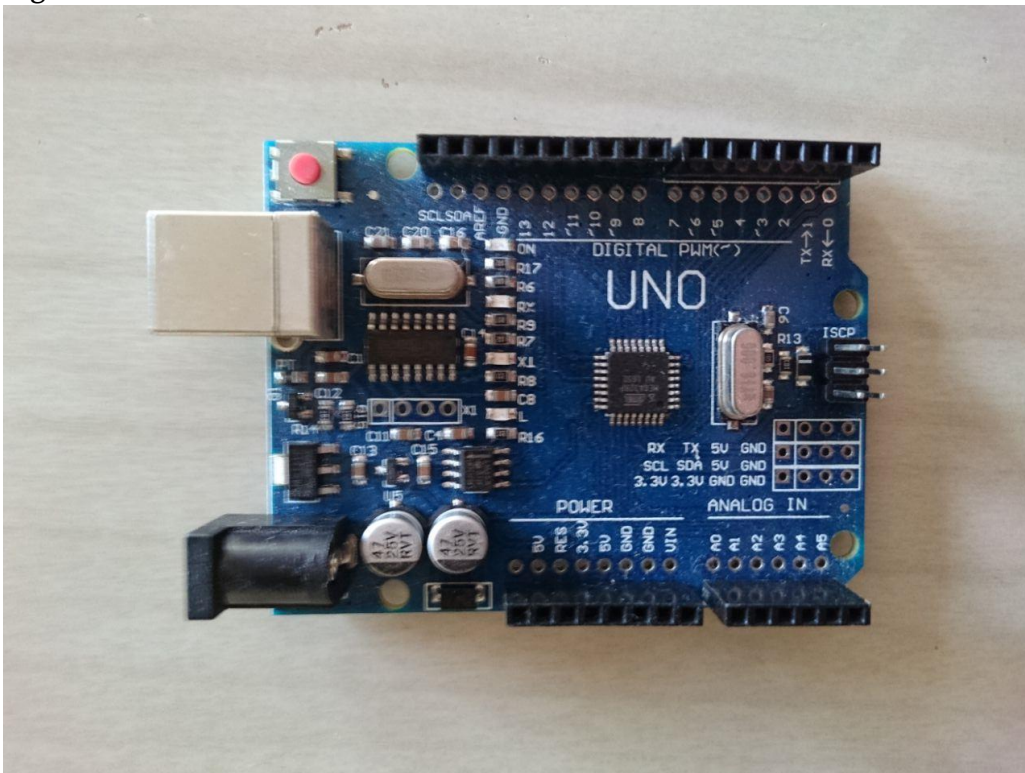
- f) Notebook;
- g) Cabos de alimentação do *Arduino*;
- h) Baterias 9v;
- i) *Protoboards*.

É de grande importância a compreensão de que este projeto tem finalidade de fazer a conexão de vários sensores via *xbee*, entretanto, no exemplo que será dado, se faz a utilização da comunicação entre três *xbee*'s, o que pode exemplificar como o projeto funcionaria em escala real.

3. Arduinos

Neste projeto, como foi utilizado dois pontos de captação de temperatura, cada um deles necessitou de um hardware para que possam estar em funcionamento. Com isso, pelo fato de ser um dispositivo muito utilizado para prototipação, e ser de linguagem C que é bastante conhecida e fácil programação, o *Arduino* foi uma opção realmente bacana para uma execução deste projeto. O *Arduino* possui uma quantidade enorme de sensores e componentes que se pode ser utilizada em projetos. Grande parte do material utilizado está disponível em módulos, que são pequenas placas que contém os sensores e outros componentes auxiliares como resistores, capacitores e leds.

Figura 4 – *Arduino*.



Fonte: Do autor.

3.1. Programação dos *Arduinos*

Antes de adicionar realmente os sensores de temperatura ao projeto, foram feitos testes para garantir que tudo ocorreria bem durante a implantação dos sensores. Esses testes foram feitos com leds, que acendiam e apagavam conforme os dados que eram recebidos pelo dispositivo *xbee*. Imagens em anexo demonstram como foi feita a programação do *Arduino* para que funcionasse a função que acende o led e apaga conforme a recepção dos dados.

Aderindo o *Arduino* ao projeto, o que foi pensado para o mesmo desde o início, seria a sua utilização na transmissão de dados que seriam recebidos dos sensores de temperatura, pelos módulos *xbee's* conectados nos seus respectivos *Shields*. Para que isso aconteça, assim como anteriormente mencionado, se faz necessário a configuração dos módulos *xbee's*, e assim que estão acoplados ao computador e em seus *Arduinos*, funcionam como uma conexão serial comum, em que a porta serial envia e recebe bytes de informação, claro, isto só para uma base de informação de funcionamento, pois como mencionado na fundamentação teórica sobre a tecnologia *Zigbee*, em relação à transmissão de dados, funciona de forma diferente. Partindo para a programação dos dispositivos, a programação indica a leitura da porta serial (onde neste caso, estaria lendo os dados que estão vindos do *xbee* conectado ao computador), e assim, caso o dado lido seja reconhecido, então a temperatura é capturada e enviada.

4. Desenvolvimento do software

Uma das maiores prioridades, até metas deste projeto, é a criação de um software computacional para fazer o gerenciamento das informações vindas dos dispositivos *xbee's*, e mostrá-las para o usuário, que poderá ter um controle da temperatura ambiente do seu caminhão frigorificado.

4.1 Dados do projeto

Para a implementação deste projeto de software, foram utilizadas algumas ferramentas, tais como o NetBeans IDE, que é um ambiente de desenvolvimento integrado gratuito e de código aberto para desenvolvedores de software. O IDE é executado em muitas plataformas, como Windows, Linux, Solaris e MacOS. Além de ser uma ferramenta fácil de instalar e usar, o NetBeans IDE foi escolhido por também oferecer aos desenvolvedores todas as ferramentas necessárias para criar aplicativos profissionais de desktop, empresariais, Web e móveis multiplataformas.

O HSQLDB ou também conhecido como *HyperSQL Database* também foi utilizado neste projeto, pois é um SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados) relacional escrito totalmente em linguagem Java. O HSQLDB é *open source*, bastante simples de utilizar, possui poucos recursos, mas é bastante eficiente e ocupa pouco espaço em disco podendo assim ser embutido em qualquer aplicação Java sem a necessidade de

qualquer instalação, então, como para este projeto se faz necessário o uso de um banco de dados para o armazenamento dos dados recebidos pelos *xbee's*, por alguns desses motivos o HSQLDB foi escolhido.

O projeto foi feito na linguagem Java voltada para o desenvolvimento web, onde foram utilizados alguns métodos para que o projeto obtivesse sucesso em sua utilidade. Como citado anteriormente, pode-se atentar que na lista de matérias necessários para o desenvolvimento deste projeto, não está incluído algum hardware GPS que possa estar fazendo a captura da posição atual onde estarão os dispositivos *xbee*, no entanto, foi feito um algoritmo de simulação, para poder substituí-lo. Este algoritmo é bem simples, ele estará simulando ao programa algumas latitudes e longitudes aleatórias, para que a classe de gerenciamento possa estar recebendo algum dado de localização, e assim, pode simular a operação. Nas imagens localizadas em anexos, estará o algoritmo de simulação.

Assim, com este algoritmo, valores randômicos de latitude e longitude puderam ser adicionados ao software de maneira simples e funcional.

4.2 Obtenção de dados dos *Xbee's*

Fazer a obtenção de dados dos dispositivos *xbee* não é algo tão simples, de maneira que o software precisa de uma classe para a recepção dos mesmos. Esta classe, faz com que os dados da porta serial onde o dispositivo *xbee* está acoplado sejam lidos, e manipulados da maneira desejada no resto do programa.

Relembrando anteriormente a programação dos dispositivos *xbee*, os *Arduinos* estavam constantemente lendo os dados que vinham pelos dispositivos, e assim que fizessem a identificação do dado, se o mesmo fosse o seu, leria a informação do sensor de temperatura e à enviaria novamente via *xbee*. O que acontece no algoritmo de conexão serial é que nele, está contida uma função que envia o dado para todos os dispositivos *xbee* conectados na rede, e quando o dado é identificado por um deles, esse envia sua temperatura para o software Java, que na mesma função já o recebe e deixa disponível para a manipulação devida.

Com esta lógica de programação, o que é muito importante salientar, é que não importa quantos dispositivos *xbee* estejam conectados ao seu *xbee* Coordenador, cada um deles pode estar recebendo um dado diferente, e assim pode ser identificado sem dificuldade alguma, assim sabendo de onde está vindo cada temperatura.

4.3 Apresentação dos resultados

O que desde o início deste projeto estava sendo visado, era uma interface de dados simples e quanto mais funcional possível, que poderia ser um mapa indicando a posição do caminhão com seu baú frigorífico, e em cada 10 minutos, esse caminhão teria sua posição atualizada. Por motivos de falta de tempo, esta interface não pode ser desenvolvida, entretanto, o que mudou da interface que foi feita é só a maneira como estes dados estão sendo apresentados, de maneira que ao invés de um mapa com o caminhão, existe então uma tabela onde mostram os dados de temperatura de cada sensor de temperatura em seus respectivos *xbee's*, e a latitude e longitude em que se encontram sendo atualizados a cada 4

segundos para uma simulação, assim como mostra a figura a seguir. Nesta tela de interface, existe o botão de gerar o relatório da rota que está sendo feita, que quando acionado, mostra todas as informações de temperatura e posicionamento do caminhão durante o seu trajeto.

Figura 5 - interface de coleta de dados.

Leitor de Temperatura

Temperatura Xbee-1	14.64°C
Temperatura Xbee-2	15.13°C
Latitude	38758446
Longitude	27581212

GERAR RELATÓRIO

Fonte: Do autor.

Para que a interface do software tenha um bom visual, foi utilizado o Bootstrap, foi criado pela Equipe do Twitter, que é um framework front-end de código aberto que vem se tornando popular por facilitar o desenvolvimento Web. A versão 3 do Bootstrap é compatível com o HTML5 e CSS3 e tem como vantagens a vasta documentação, a otimização para layouts responsivos e a praticidade para o desenvolvimento de layouts padronizados, e exatamente por isso foi uma boa escolha para este projeto de software WEB.

4.4 Relatório de dados

Após serem feitas algumas capturas de temperatura e acionado o botão de gerar o relatório de rota (assim como mostrado no tópico anterior), é possível visualizar todos os dados que foram obtidos durante o trajeto feito pelo caminhão, assim como suas temperaturas capturadas dos sensores e seus *xbee's*, e suas posições caracterizadas pela latitude e longitude onde o caminhão se encontrava, assim melhor ilustrado pela figura a seguir.

Figura 6 - Relatório de rota do software.

Relatório de rota

Sensor 1	Sensor 2	Latitude	Longitude
16.59°C	15.62°C	23231359	15581423
16.10°C	15.62°C	52755548	82121989
16.10°C	15.62°C	79893974	87859808
15.62°C	15.62°C	91821872	71017462
15.62°C	15.62°C	5966431	17304676
15.62°C	15.62°C	89220048	47418136
15.62°C	15.62°C	27611362	96750056

CONTINUAR ROTA

INICIAR NOVA ROTA

Fonte: Do autor.

Esses dados são retirados direto do banco HSQLDB, por isso são confiáveis, e com este relatório pode ser acompanhado o trajeto do caminhão e saber se houve em algum momento, picos de temperatura mais elevada ou não, assim mostrando para a pessoa responsável pelo recebimento da mercadoria, se sua temperatura realmente foi respeitada em seus padrões.

Nessa mesma tela em que o software se encontra, existem dois botões, onde suas respectivas funções são continuar a mesma rota que estava, continuando com a captura dos dados dos sensores, ou finalizar a rota e iniciar uma nova, com novas capturas de dados.

5. Referências

BAPTISTA, P. e Venâncio, A., **Os Perigos para a Segurança Alimentar no Processamento de Alimentos**, Forvisão – Consultoria em Formação Integrada, Guimarães, Portugal, 2003

- BRONZATTI, Luiz Fernando Casarin. **Análise sobre a tecnologia de rede sem fio Zigbee**. 2013. 109 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Cap. 2.
- CAVALCANTI, Marly; MACHADO, Sivanilza Teixeira; SANTANA, Wansley Goncalves. **CADEIA LOGÍSTICA DO FRIO: UM ESTUDO DA QUALIDADE EM PORTOS SECOS BRASILEIROS**. 2010. Disponível em:
<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_wic_113_741_16040.pdf>.
Acesso em: 02 set. 2017.
- TEIXEIRA, Fernando; TOURNIER, Diego Riquero. **UTILIZAÇÃO DE TELEMETRIA PARA DIAGNOSTICO AUTOMOTIVO À DISTÂNCIA**. 2015. Disponível em:
<<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/simea2015/PAP110.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2017.
- DIAS, C, L. de A. e PIZZOLATO N. D. (2004) Demótica: Aplicabilidade e Sistemas de Automação residencial. Disponível em:
<<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/98/86>>. Acesso em: 13 set. 2017.
- EVANGELISTA, J. Tecnologia de Alimentos. São Paulo: Atheneu, 2008.
- DANTAS, Mario. **Redes de Comunicação e Computadores: Abordagem Quantitativa**. Florianópolis: Visual Books, 2010. 328 p.
- FERNANDES, Cláudio Socorro Caetano. **A Logística na Cadeia de Frio em Portugal: Transporte de Produtos Perecíveis Congelados**. 2013. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015. Cap. 2.
- MANUAL DE REDE DE FRIO**. Brasília: Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde - Ascom, jun. 2001. Disponível em:
<http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_rede_frio.pdf>. Acesso em: 03 set. 2017.
- MELO, Tatiana. **Transportar alimentos com segurança**. 2015. Disponível em:
<<http://www.solucoestransportes.com.br/blog/transportar-alimentos-com-seguranca/>>.
Acesso em: 21 jun. 2017.

- PELEGRINI, Graciela Aparecida. **MODELO DE PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PARA CAMINHÕES DE CARGAS FRIGORIFICADAS**. 2013. 193 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2013. Cap. 2.
- PEREIRA, Daniela. **Importância da Cadeia de Frio na Segurança Alimentar de Produtos Congelados e Refrigerados**. 2011. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Alimentar e Segurança Alimentar, Escola Superior Agrária de Coimbra, Coimbra, 2011. Disponível em: <http://www.esac.pt/noronha/MEAL_Seg_Almem/10_11/Trabalho_Daniela_Exame.pdf>. Acesso em: 23 out. 2017.
- PEREIRA, VÍTOR DE FREITAS, ET AL. **Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos resfriados e congelados**. *Food Science and Technology*, Campinas, (2010).
- PEREIRA, Fernando Marcelo. **MEDIÇÃO DE CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS E ESTUDO DO MECANISMO DE ESTABILIZAÇÃO DE CHAMA EM QUEIMADORES POROSOS RADIANTES**. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Cap. 2. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH09/Fernando_Marcelo_Pereira_PRH09_UFSC_M.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2017.
- PESAVENTO, Douglas. **Transporte Frigorífico, Alimentos Congelados e a Cadeia do Frio**. Disponível em: <<http://www.sensorweb.com.br/blog/transporte-frigorifico-cadeia-do-frio/>>. Acesso em: 08 out. 2017.
- PINHEIRO, José Mauricio Santos. **As Redes com ZigBee**. 2004. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php>. Acesso em: 13 set. 2017.
- RIBEIRO, Clara. **5 cuidados no transporte de alimentos**. Disponível em: <<http://revistavivasau.de.uol.com.br/nutricao/5-cuidados-no-transporte-de-alimentos/4725/#>>. Acesso em: 08 out. 2017.
- ROCHA, A. **Conservação dos produtos ao longo do tempo. Segurança e qualidade alimentar - conservação dos alimentos**, Maio de 2008, p. 33 à 35.
- SOUSA, João Paulo. **Interface USB para recolha de dados de sensores remotos utilizando ZigBee e IEEE 802.15.4.2006**. 6 f. (Artigo Científico) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Porto, 2006. Cap. 2. Disponível em:

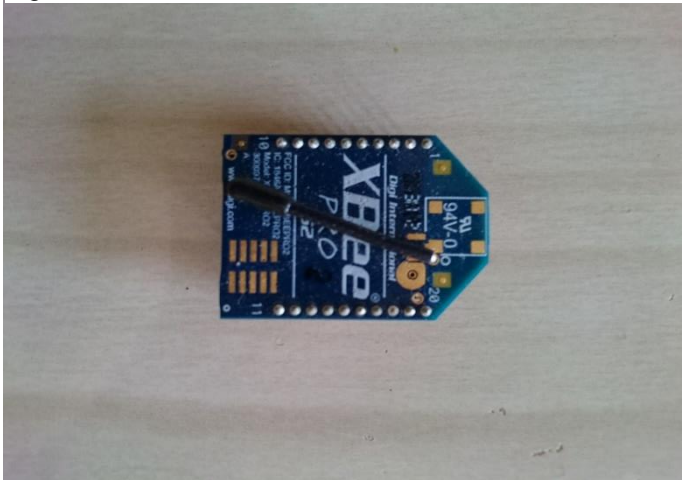
<https://www.researchgate.net/profile/Joao_Sousa25/publication/242725493_Interface_USB_para_recolha_de_dados_de_sensores_remosos_utilizando_ZigBee_e_IEEE_802154/links/56b37dc508ae1f8aa4534955.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2017.

ANEXO(S)

ANEXO A - CONFIGURAÇÃO DOS XBEE'S

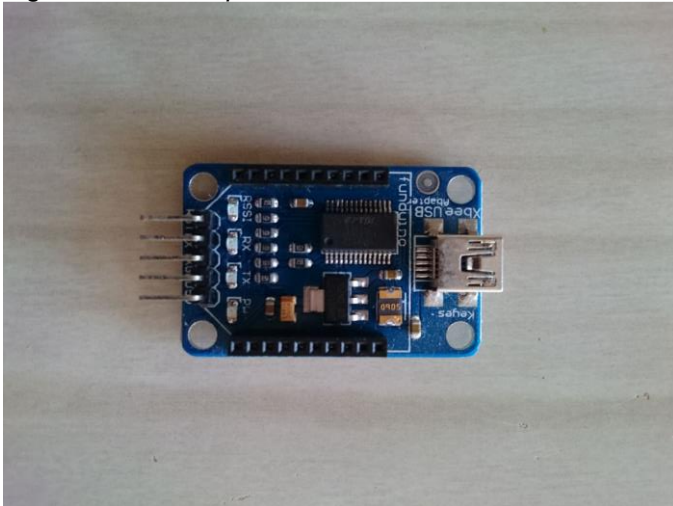
Assim, uma vez com o hardware escolhido, deu-se início ao desenvolvimento do projeto, sendo como primeira etapa, a configuração dos dispositivos *xbee's*.

Figura 7 - *Xbee Pro séries 2*.



Fonte: Do autor.

Figura 8 - *Xbee Explorer*.

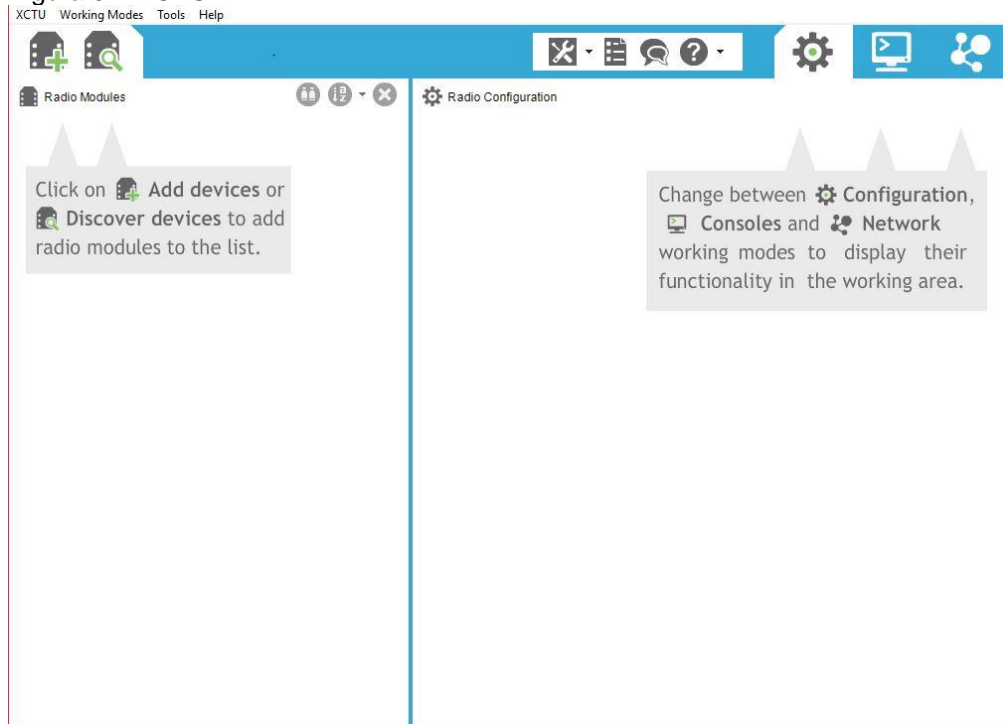


Fonte: Do autor.

Para que a configuração seja feita, é necessário o uso do XCTU, um software gratuito da DIGI Internacional (empresa que por curiosidade também é fabricante dos dispositivos *xbee*), que possui versões para múltiplos sistemas operacionais. Nele, é onde será inserido os dados de cada módulo de *xbee*, como irão funcionar, e de qual rede participarão. A seguir, serão explicados todos os passos para a configuração do mesmo.

O software XCTU pode ser encontrado para download disponível no link <https://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/xctu-software/xctu#productsupport-utilities>. Após sua instalação, se dá início a sua configuração.

Figura 9 – XCTU.



Fonte: Do autor.

Para início, conectado ao computador com seu respectivo xbee (figura 1) acoplado, o *xbee explorer* (figura 2) é o responsável por fazer a ponte entre os dados de configuração que irão vir do computador e serem escritos no *xbee*, além disso, posteriormente ele será usado para receber os dados que virão dos *xbee's* para o computador.

Já com o dispositivo *xbee explorer* conectado ao computador, insere-se suas configurações por meio do XCTU, onde primeiro, deve-se encontrar o dispositivo *xbee* que está conectado, clicando no botão de pesquisa dos módulos *xbee*. A seguir, deve-se selecionar a porta serial onde o mesmo está conectado, e as configurações de taxa de transmissão, bits, pareamento e etc. Após isso, o software fará uma breve busca do dispositivo, para verificar se o mesmo está conectado.

Figura 10 - XCTU – Seleção de porta serial.

Select the ports to scan

Select the USB/Serial ports of your PC to be scanned when discovering for radio modules.

Select the ports to be scanned:

<input type="checkbox"/>	COM1	Porta de comunicação
<input checked="" type="checkbox"/>	COM4	USB Serial Port

Refresh ports Select all Deselect all

< Back **Next >** Finish Cancel

Fonte: Do autor.

Figura 11 - XCTU – Seleção de configuração do xbee.

Set port parameters

Configure the Serial/USB port parameters to discover radio modules.

Baud Rate:

- 1200
- 2400
- 4800
- 9600
- 19200
- 38400

Data Bits:

- 7
- 8

Parity:

- None
- Even
- Mark
- Odd
- Space

Stop Bits:

- 1
- 2

Flow Control:

- None
- Hardware
- Xon/Xoff

Select all Deselect all Set defaults

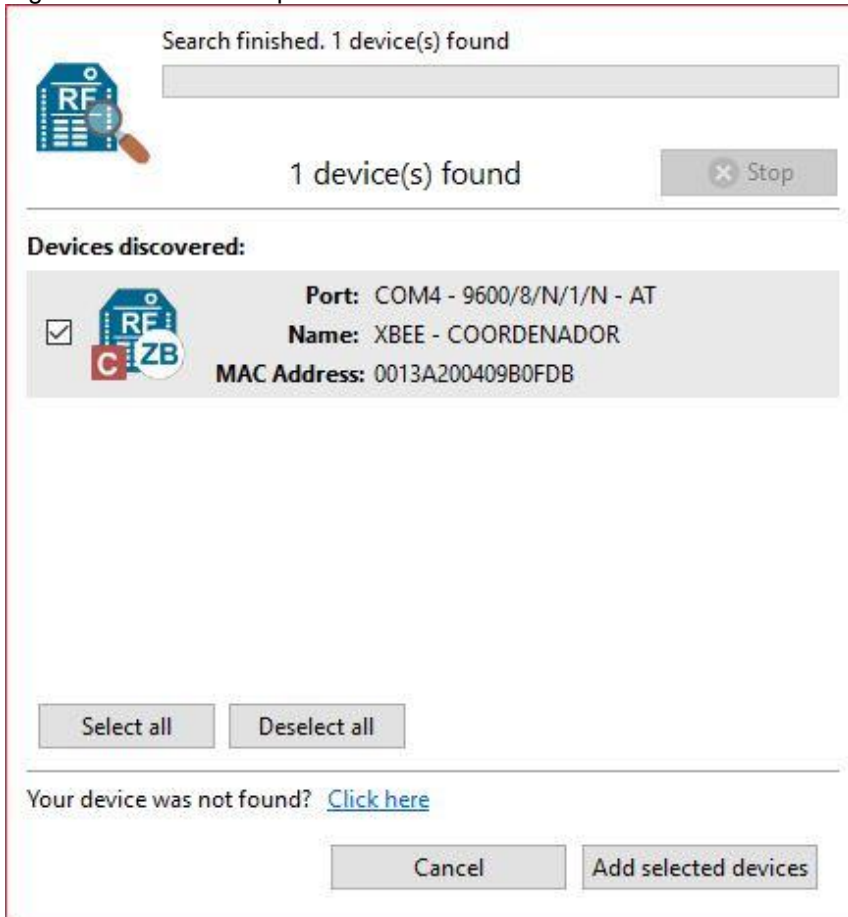
Estimated discovery time: 00:10

< Back Next > **Finish** Cancel

Fonte: Do autor.

Assim, o próximo passo será encontrar o dispositivo *xbee* conectado, e adicioná-lo para ser configurado.

Figura 12 - XCTU - Dispositivo *xbee* encontrado.



Fonte: Do autor.

Assim que selecionado o *xbee*, será aberto uma serie de configurações, onde para esta rede, será configurado apenas o PAIN ID (ID), o *Destination Address High* (DH), *Destination Address Low* (DL), e o *Node Identifier* (NI).

Figura 13 - XCTU - Configuração xbee.

Radio Configuration [XBEE - COORDENADOR - 0013A200409B0FDB]

Read Write Default Update Profile

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	x 1 sec	
OP Operating PAN ID	FF		
OI Operating 16-bit PAN ID	8F97		
CH Operating Channel	14		
NC Number of Remaining Children	A		

▼ Addressing
Change addressing settings:

SH Serial Number High	13A200		
SL Serial Number Low	409B0FDB		
MY 16-bit Network Address	0		
DH Destination Address High	0		
DL Destination Address Low	FFFF		
NI Node Identifier	XBEE - COORDENADOR		
NH Maximum Hops	1E		
BH Broadcast Radius	0		
AR Many-to-One Route Broadcast Time	FF	x 10 sec	
DD Device Type Identifier	30000		
NT Node Discovery Backoff	3C	x 100 ms	
NO Node Discovery Options	0		

Fonte: Do autor.

Os xbee's serão configurados de duas formas, pois é necessário de um que funcione como coordenador da rede (O *Coordinator AT* - Esse será o xbee que ficará com a função de receber os dados no computador, vindos dos demais xbee's que possuirão os sensores de temperatura), e os outros dois ficarão como roteadores

(Router AT - Esses são os que enviarão os dados de temperatura para o *xbee* coordenador no computador). Inicialmente, foi configurado o *xbee* coordenador, que clicando no botão Update do XCTU (assim como ilustrado na figura 7), pode ser atualizado com o *Firmware* Coordenador AT na versão mais atualizada. No ID, foi colocado o dado FF, que no caso é o ID da rede (onde é de grande importância que sejam iguais para todos os dispositivos *xbee*'s da rede). Nos DH e DL, no coordenador, foi colocado 0, pois ele estará recebendo os dados de todos os outros *xbee*'s. Para o *xbee* coordenador, a configuração já está feita, finalizando-se com a escrita dos dados que foram citados.

Na configuração dos dois *xbee*'s roteadores, a diferença encontrada é que no para atualizar o Firmware do dispositivo, ao invés de Coordenador AT, foi colocado Roteador AT na versão mais nova, e no DH e DL, ao invés de 0, foi colocado os endereços que se encontram localizados atrás do *xbee* coordenador, como ilustrado na figura 8.

Figura 14 - Endereço Xbee Coordenador.



Fonte: Do autor.

Com os dispositivos *xbee*'s configurados da maneira demonstrada, finaliza-se a parte dos *xbee*'s. Na sequência, o próximo passo para a implementação do projeto é a programação dos *Arduinos*, que são os responsáveis pelo envio da temperatura captada dos sensores, pelo dispositivo *xbee*.

```
int dado;|
int ledPin = 13;

void setup()
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{

  if(Serial.available() > 0){

    dado = Serial.read();

    if(dado == '1'){
      digitalWrite(ledPin, HIGH);
    }
    if(dado == '2'){
      digitalWrite(ledPin, LOW);
    }
  }
}
```

```

private void initialize() {
    try {
        //Define uma variável portId do tipo CommPortIdentifier para realizar a comunicação serial
        CommPortIdentifier portId = null;
        try {
            //Tenta verificar se a porta COM informada existe
            portId = CommPortIdentifier.getPortIdentifier(this.portaCOM);
        } catch (NoSuchPortException npe) {
            //Caso a porta COM não exista será exibido um erro
            JOptionPane.showMessageDialog(null, "Porta COM não encontrada.",
                "Porta COM", JOptionPane.PLAIN_MESSAGE);
        }
        //Abre a porta COM
        SerialPort port = (SerialPort) portId.open("Comunicação serial", this.taxa);
        serialOut = port.getOutputStream();

        serialImp = new BufferedReader(new InputStreamReader(port.getInputStream()));
        port.setSerialPortParams(this.taxa, //taxa de transferência da porta serial
            SerialPort.DATABITS_8, //taxa de 10 bits 8 (envio)
            SerialPort.STOPBITS_1, //taxa de 10 bits 1 (recebimento)
            SerialPort.PARITY_NONE); //receber e enviar dados
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
}

/**
 * Método que fecha a comunicação com a porta serial
 */
public void close() {
    try {
        serialImp.close();
        serialOut.close();
    } catch (IOException e) {
        System.out.println("PORTA NÃO FOI FECHADA.");
    }
}
}

```

```
package aplicacao.modelo;

import java.util.Random;

public class GerarCoordenadas {

    int coordenadaLat, coordenadaLong;
    Random gerador = new Random(999999999);

    public int getCoordenadaLong() {

        coordenadaLong = gerador.nextInt(999999999);

        return coordenadaLong;

    }

    public int getCoordenadaLat() {

        coordenadaLat = gerador.nextInt(999999999);

        return coordenadaLat;

    }

}
```

```
int dado;  
int pinoSensor = 0;  
int valorLido = 0;  
float temperatura = 0;  
  
void setup()  
{  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop()  
{  
  
  if(Serial.available() > 0){  
  
    dado = Serial.read();  
  
    if(dado == '1'){  
      valorLido = analogRead(pinoSensor);  
      temperatura = (valorLido * 0.00488);  
      temperatura = temperatura * 100;  
      Serial.println(temperatura);  
    }  
  }  
}
```