

DAS Departamento de Automação e Sistemas
CTC Centro Tecnológico
UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

Protótipo de Sistema de Rastreamento de Temperaturas e Localização em Transporte

*Relatório submetido à Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para a aprovação da disciplina:
DAS 5511: Projeto de Fim de Curso*

Heron Vitor Monteiro

Florianópolis, Janeiro de 2016

Banca Examinadora:

Diego Rodrigues Ferreira
Orientador na Empresa

Prof. Carlos Barros Montez
Orientador no Curso

Prof.
Responsável pela disciplina

Prof. Werner Kraus Junior, Avaliador

Marcus Aurélio Tavares, Debatedor

Marcelo Souza Menegol, Debatedor

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais pelo apoio e incentivo concedidos, e que foram fundamentais para eu conseguir esta etapa da minha vida. Agradeço aos meus irmãos pelas amizades que sempre foram importantes para mim. E aos amigos pelos momentos de diversão e trabalho compartilhados durante o curso.

Resumo

O estudo apresentado nesse documento foi desenvolvido durante o meu período de estágio final do curso de Engenharia de Controle e Automação, realizado na empresa Sensorweb. O trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de um produto comercializável para monitoramento de temperatura em caminhões refrigerados utilizados no transporte de alimentos. A empresa Sensorweb tem como principal área de atuação, o monitoramento na cadeia do frio na área da saúde. O monitoramento da cadeia do frio em transporte é um novo mercado que a empresa visa atender, e este projeto tem o propósito de permitir uma exploração dos desafios técnicos que envolvem esse trabalho. As atividades executadas englobam: a análise do problema; projeto do sistema; o desenvolvimento do equipamento utilizado para aquisição de temperatura e posição GPS do caminhão monitorado; além do desenvolvimento da aplicação responsável pela aquisição dos dados e apresentação ao usuário final. Tanto o software, quanto o hardware, foram desenvolvidos com base nas plataformas já utilizadas pela empresa no monitoramento para a área da saúde. Ao final do desenvolvimento, foram feitas as análises e discussões sobre os resultados alcançados, comparação das alternativas, e discussão dos problemas encontrados no desenvolvimento.

Abstract

The project presented in this paper was developed at the company Sensorweb during my final internship program necessary to obtain the title of Control and Automation Engineering by UFSC. The main objective was the prototype development of a new product for refrigerated trucks used in perishable food transportation. Sensorweb has healthcare temperature monitoring as its main operation, but it has been already serving this new area of food transport and this project provides an overview on some technical challenges involved in this activity. The executed tasks are: the study of the problem; the system's design; the development of the monitored trucks' systems used for temperature acquisition and GPS positioning; the development of the data acquisition and user interface system. Both the software and the hardware were developed based on the platforms already utilized in the company for healthcare monitoring. Test results were analysed, discussed and compared to other alternatives at the end of the paper.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Variação da temperaturas no interior do caminhão durante operações de carga e descarga.	18
Figura 2 – Diagrama Conceitual da Arquitetura do Sistema de Monitoramento . .	22
Figura 3 – Arquitetura do Software Sitewhere	27
Figura 4 – Tela Visualização das Rotas e Temperaturas	29
Figura 5 – Placa de Desenvolvimento para Internet das Coisas- Linkit One	34
Figura 6 – Placa para Equipamento de Telemetria em Desenvolvimento	34
Figura 7 – Central de Monitoramento da Sensorweb	35
Figura 8 – Módulo de navegação por satélites	37
Figura 9 – Conversor USB - Serial	37
Figura 10 – Arquitetura do software sitewhere	38
Figura 11 – Transdutor de Temperatura Ds18b20	39
Figura 12 – Equipamento de Telemetria com Todos o Componentes	40
Figura 13 – Foto de vários transdutores ligados no mesmo barramento.	44
Figura 14 – Mapa da rota percorrida com algumas localizações imprecisas.	45
Figura 15 – Mapa da rota percorrida com as localizações imprecisas descartadas. .	46
Figura 16 – Mapa aproximado da rota percorrida.	46
Figura 17 – Gráfico das temperaturas medidas durante o trajeto.	47

Lista de abreviaturas e siglas

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

GPS - Sistema de Posicionamento Global.

GSM - Sistema Global para Comunicações Móveis.

GPRS - Serviços Gerais de Pacote por Rádio.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivos	15
1.2	Escopo do projeto	15
1.3	Justificativa	16
2	MONITORAMENTO EM TRANSPORTE DE ALIMENTOS	17
2.0.1	Cadeia do Frio	17
2.0.2	Monitoramento em Caminhões Refrigerados	17
2.1	Internet das Coisas	18
3	EMPRESA E CONTEXTO DO PROJETO	19
3.1	Projetos Desenvolvidos	19
4	DETALHAMENTO DO PROJETO	21
4.1	Metodologia	21
4.1.1	O Modelo Espiral	21
4.2	Estrutura do Projeto	21
4.2.1	Software de Monitoramento	22
4.2.2	Equipamento de Telemetria	23
5	PROJETO DE SOFTWARE	25
5.1	Restrições do Projeto	25
5.2	Características Analisadas	25
5.2.1	Seleção dos Principais Candidatos à Escolha	26
5.2.2	Sitewhere	26
5.2.3	Hendrixx	27
5.2.4	Desenvolvimento da Aplicação	28
6	PROJETO DO EQUIPAMENTO DE TELEMETRIA	31
6.1	Detalhamento das Necessidades do Projeto de Hardware	31
6.1.1	Unidade de processamento	32
6.1.2	Sistema de medição de temperatura	32
6.1.3	Módulo de comunicação	32
6.1.4	Sistema de Alimentação	32
6.1.5	Módulo de Navegação	33
6.2	Configurações Candidatas	33
6.2.1	Alternativa 1	33

6.2.2	Alternativa 2	33
6.2.3	Alternativa 3	34
6.2.4	Alternativa 4	35
6.3	Escolha da Alternativas de Configuração	35
7	DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO DE TELEMETRIA	37
7.1	Módulo de Navegação por Satélite	37
7.2	Bateria e Circuito de Carregamento	38
7.3	Transdutor de Temperatura	38
7.3.1	Protocolo 1-Wire	39
7.3.2	Alternativas de Implementação	39
7.3.3	Integração Raspberry Pi e Sensor	40
7.4	Programação e Configuração do Equipamento de Telemetria	40
8	TESTES E RESULTADOS	43
8.1	Teste do Software	43
8.2	Testes do Equipamento de Telemetria	43
8.2.1	Testes de Integração com o Transdutor de Temperatura	43
8.2.2	Testes de Integração com o Módulo de Navegação	44
8.3	Prova de Conceito	44
8.3.1	Prova de Conceito	45
9	CONCLUSÃO	49
	Referências	51

1 Introdução

O presente trabalho foi desenvolvido no contexto do estágio de final de curso de Engenharia de Controle e Automação desenvolvido na empresa Sensorweb, que atua na área de serviços de monitoramento. O projeto desenvolvido foi de um protótipo de produto de monitoramento de temperatura e posição em transporte em caminhões refrigerados para a área de alimentos. O projeto surgiu da necessidade da empresa de explorar e avaliar o mercado de monitoramento da cadeia do frio na área de transportes. As atividades desenvolvidas englobaram a escolha da arquitetura do sistema, escolha da plataforma de software para servir de base para o desenvolvimento da aplicação de monitoramento, concepção da aplicação, e projeto e concepção do equipamento de telemetria ser instalado nos caminhões para a aquisição e envio dos dados para o software de monitoramento.

1.1 Objetivos

O objetivo do trabalho desenvolvido foi a de elaboração de um protótipo de sistema de monitoramento de temperatura e posição em caminhões refrigerados, utilizados para transporte de alimentos. No contexto da empresa, o desenvolvimento do protótipo seria uma primeira etapa de desenvolvimento de uma solução comercializável para atender o mercado de transporte em alimentos. Além disso, a concepção do protótipo, juntamente com a realização de testes e análise dos resultados, tem como objetivo evidenciar os aspectos técnicos mais críticos, além das vantagens e desvantagens associadas às escolhas de implementação no decorrer do desenvolvimento.

1.2 Escopo do projeto

Foi definido como escopo do projeto a elaboração de um sistema de monitoramento simples, mas com os componentes básicos para o funcionamento de um sistema comercializável. Para tal, foi planejado o desenvolvimento de um equipamento de telemetria e de um software de monitoramento, além da integração e configuração dos componentes do sistema para a realização de um ensaio como prova de conceito. Os resultados obtidos serão analisados a fim de descobrir falhas, pontos críticos, além das vantagens e desvantagens das abordagens escolhidas para concepção do sistema. Não foi definido no escopo do projeto, a implantação em um cliente, ou instalação do equipamento em um caminhão, para monitoramento em uma situação real, no entanto, essa possibilidade poderia se concretizar caso a empresa dispusesse de algum cliente com as características necessárias

para a implantação. Além disso, não foram priorizados no desenvolvimento, os aspectos mecânicos necessários em um sistema comercializável.

1.3 Justificativa

A empresa Sensorweb tem como principal área de atuação a venda de soluções para monitoramento na cadeia do frio para a área da saúde. Seguiu o conceito de verticais para se consolidar como referência em monitoramento da cadeia do frio na área da saúde e, em seguida, avançar na exploração de outros mercados.

Atualmente, no Brasil, grande parte dos caminhões de transportes contam com sistemas de rastreamento de localização por GPS para monitoramento das rotas percorridas e prevenção do roubo de cargas. Algumas empresas oferecem em conjunto com o rastreamento de posição do caminhão, o monitoramento de temperatura. No entanto, esse não é o foco de atuação dessas empresas e, muitas vezes, elas não seguem especificações metrológicas exigidas para um monitoramento confiável. O monitoramento da cadeia frio exige competências para tomar as decisões que envolvem a escolha de transdutor apropriado, estudo dinâmica térmica do ambiente e material transportado, período de amostragem e calibração correta dos transdutores.

Nos últimos meses houve um aumento da procura desse tipo de solução nos canais comerciais da SensorWeb. Na maioria dos casos, empresas da área de alimentos que já contavam com monitoramento de temperatura, mas não confiavam nas medições realizadas pelo sistemas de rastreamento de carga. Outro fator que contribui para a procura desse tipo de solução é aumento do rigor na fiscalização e regulação pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a ANVISA.

Nesse contexto o mercado de monitoramento da cadeia do frio em transportes foi escolhido como um dos mercados a serem explorados nos projetos seguintes da empresa.

2 Monitoramento em Transporte de Alimentos

Soluções de monitoramento de temperatura que permitem comparar dados de registros dos materiais transportados já existem e geram economia. As tecnologias de monitoramento permitem que os dados recolhidos em cada ponto do trajeto/processo sejam enviados automaticamente para a sistemas conectados à internet, acoplados a outros registros relevantes. Com este monitoramento eficiente é possível gerar relatórios que auxiliem na tomada de decisões, tais como aceitar ou rejeitar carregamentos; determinar o prazo de validade para os produtos na loja e eventuais promoções; identificar problemas; melhorar o desempenho, possibilitando mais responsabilidade e transparência com todas as etapas da cadeia de frio e, como consequência, o aumento na segurança alimentar do consumidor final. [1]

2.0.1 Cadeia do Frio

A cadeia do frio compreende todo processo de armazenamento, conservação, distribuição, transporte e manipulação dos produtos, com o controle da baixa temperatura. Qualquer falha nesta cadeia pode comprometer a qualidade dos produtos, pois as velocidades das reações químicas, bioquímicas e microbiológicas são relacionadas diretamente com a temperatura, influenciando a sanidade, a qualidade nutricional e a qualidade sensorial dos produtos refrigerados. Portanto, manter uma cadeia do frio intacta, operando com temperaturas corretas desde o produtor até o consumidor final, é essencial. [2]

2.0.2 Monitoramento em Caminhões Refrigerados

A cadeia do frio pode ser afetada por diversos motivos, como a falha nos equipamentos e operações mal realizadas nas etapas de carga e descarga. Os equipamentos de refrigeração em caminhões não possuem capacidade instantânea suficiente para retirar a carga térmica proveniente da entrada do ar quente do ambiente externo entre uma abertura e outra durante as entregas. É essencial, assim, que a entrada de ar do ambiente externo seja evitada ao máximo, reduzindo-se o tempo e o número de abertura das portas.

Para exemplificar esse problema, na Figura 1 é apresentado um gráfico com os resultados de um estudo realizado com para avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos resfriados e congelados. Pelo gráfico podemos notar a grande variação de temperatura que ocorre nas etapas de carga e descarga, nesse contexto o monitoramento seria importante para garantir conservação correta dos alimentos.

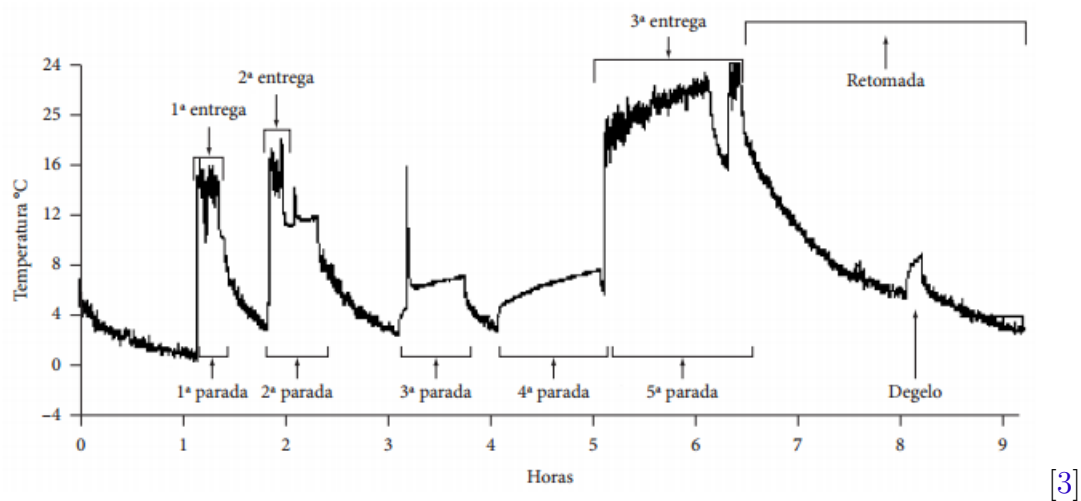


Figura 1 – Variação da temperaturas no interior do caminhão durante operações de carga e descarga.

2.1 Internet das Coisas

O termo Internet das Coisas, é utilizado para se referir à previsão de um mundo onde os mais diversos dispositivos estão conectados uns aos outros pela internet. Isso significa que os dispositivos que ainda não têm uma conexão de rede, podem estar conectados no futuro, quando é vantajoso fazê-lo. E essa ampliação da conectividade é particularmente útil para uma série de atividades rotineiras. Os objetos que estiverem em rede conseguirão fornecer dados para sistemas integrados e controlar uma série de atividades: desde de acender a lâmpada da casa, à acionar a dispensa da comida do cachorro.

3 Empresa e Contexto do Projeto

A Sensorweb tem um histórico de atuação na área de monitoramento e supervisão e foi criada por ex Alunos do Curso de Engenharia de Controle e Automação. A empresa foi responsável pelo desenvolvimento e manutenção do Projeto ScadaBR, que é um software supervisor de código aberto, e desenvolveu diversos sistemas de monitoramento e supervisão, nas áreas de saneamento, energia e saúde. Atualmente está focada em oferecer uma solução de monitoramento de temperatura para a área da saúde. A solução está presente vários hospitais referência do Brasil, para monitoramento de temperatura e umidade de medicamentos, insumos e materiais biológicos de grande valor agregado.

3.1 Projetos Desenvolvidos

Durante estágios anteriores realizados na empresa, participei do desenvolvimento de alguns projetos de monitoramento, dentre os quais destaco: o Sistema de Imunização Merial e o Projeto de Monitoramento de Sistema de Alimentação de Antenas de Transmissão. Ambos foram realizados a partir de parceria com a empresa Novus, fabricante nacional de equipamentos industriais para medição, controle e monitoramento.

O Sistema de Imunização Merial foi um projeto que foi criado para realizar o monitoramento de temperaturas de geladeiras que comportam vacinas em clínicas veterinárias clientes da fabricante de vacinas Merial. Nesse projeto, participei do desenvolvimento de uma aplicação baseada no ScadaBR, responsável por comunicar, via rede GRPS, com os equipamentos da Novus utilizados para medição das temperaturas. O software desenvolvido disponibiliza uma interface para visualização das temperaturas, criação de novas contas e gerenciamento das clínicas monitoradas. Atualmente encontra-se em operação para o monitoramento em cerca de 300 clínicas veterinárias distribuídas pelo Brasil.

O projeto de monitoramento de sistemas de alimentação para antenas de transmissão foi desenvolvido para a empresa americana Green Urban Energy, que vende soluções em geração de energia de fontes renováveis. Durante período do meu estágio obrigatório, participei do desenvolvimento da aplicação responsável pelo monitoramento das variáveis relacionadas ao sistema de geração de energia elétrica para antenas instaladas em locais remotos, sem disponibilidade de rede de fornecimento de energia. O sistema foi desenvolvido na plataforma de software de monitoramento na nuvem chama Exosite e encontra-se em operação, e atualmente é utilizado para monitorar cerca de 10 sistemas instalados em diversos países.

4 Detalhamento do Projeto

4.1 Metodologia

A metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto inspirada na proposta pelo Modelo espiral, alternando entre as fases de análise de requisitos, planejamento, implementação, testes de forma cíclica. Em algumas etapas o modelo não foi seguido com tanta rigidez e algumas das decisões e escolhas no processo de implementação foram baseadas simplesmente na experiência desenvolvida pela empresa nos projetos de monitoramento.

4.1.1 O Modelo Espiral

O modelo espiral foi proposto por Boehm. Um modelo espiral possui diversas atividades definidas pela engenharia, onde cada uma dessas atividades representa um segmento do caminho espiral. Sempre iniciamos pelo centro da espiral e prosseguimos no sentido horário. Os riscos são considerados à medida que cada evolução é realizada. A primeira atividade se dá com o desenvolvimento de uma especificação de produto, as próximas passagens podem ser usadas para desenvolver um protótipo e, assim sucessivamente vamos evoluindo para versões cada vez mais sofisticadas do software. Cada passagem pela parte de planejamento, por exemplo, resulta em ajustes no planejamento do projeto. O custo e o cronograma são sempre ajustados de acordo com o feedback obtido do cliente após uma entrega. Também teremos um ajuste no número de iterações planejadas para completar o software. [4]

4.2 Estrutura do Projeto

Com base na experiência de outros projetos similares desenvolvidos na empresa, foi definida a arquitetura básica do projeto, onde foram definidos, de forma genérica, os componentes básicos que deveriam compor o sistema. A estrutura foi criada para permitir o estudo e comparação dos diferentes componentes de hardware e software poderiam ocupar papel requerido para cada função.

Na Figura 2 é apresentado o esquema conceitual representando a arquitetura do sistema. A parte superior da figura representa a interface de usuário que pode ser acessada por dispositivos conectados na internet através de um navegador. No canto esquerdo, inferior está representado o servidor onde o software de monitoramento está instalado.

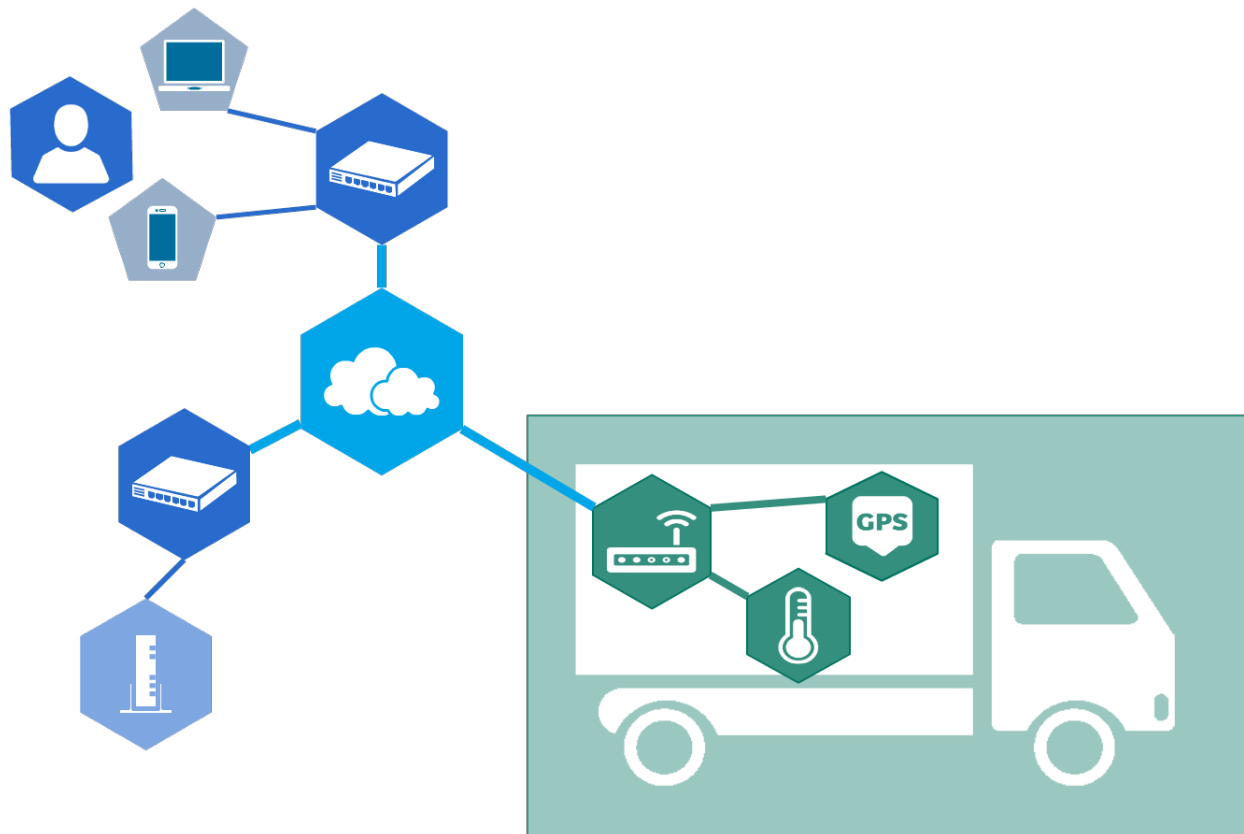


Figura 2 – Diagrama Conceitual da Arquitetura do Sistema de Monitoramento

Por fim, no lado direito está representado o equipamento de telemetria instalado em um caminhão, com aquisição de temperatura e posição geográfica.

Como é possível observar, o desenvolvimento do projeto pode ser dividido em duas frentes: a primeira diz respeito ao software responsável por gerenciar os dados enviados pelo equipamento em campo; e a segunda se refere ao desenvolvimento do dispositivo físico responsável pela aquisição dos dados no caminhão refrigerado.

4.2.1 Software de Monitoramento

O software de monitoramento tem função similar à um SCADA, com alguns requisitos específicos para esse projeto. Logo, as funções básicas do software de monitoramento no contexto desse projeto são as seguintes: fornecer os protocolos necessários para permitir a comunicação com o equipamento de medição; realizar a persistência dos dados adquiridos em um sistema de banco de dados; permitir o cálculo de variáveis compostas com base nos dados adquiridos; detecção de condições a partir dos dados para geração de eventos; envio de alertas; disponibilização de interface gráfica para o usuário; e permitir customização das funções disponíveis.

4.2.2 Equipamento de Telemetria

Nesse projeto, o dispositivo instalado no caminhão deverá realizar as seguintes funções: aquisição dos dados medidos pelo transdutor de temperatura; aquisição da posição do caminhão pelo sistema GPS; comunicação sem fio para envio dos dados para a o software de monitoramento.

5 Projeto de Software

Após a definição dos requisitos básicos do projeto e da arquitetura básica definida, a etapa seguinte foi a de escolha do software para servir de base para o desenvolvimento da aplicação que integrará o protótipo de monitoramento de temperatura em transportes. A pesquisa e a avaliação de alternativas de software foi necessária pois, a escolha prioritária, que seria a de utilizar o software batizado com o nome Hendrixx, que já é utilizado pela empresa para o monitoramento no mercado da saúde, também demandaria um esforço de trabalho considerável. Isso porque o software não conta com suporte a dados georreferenciados e seria necessária uma adaptação em seu código para adicionar essa funcionalidade. Essa etapa de escolha foi executada seguindo seguintes subetapas: levantamento dos requisitos e características importantes que o software deve dispor; seleção dos principais candidatos à escolha; avaliação de esforço, custos e tempo para o desenvolvimento utilizando cada candidato; escolha final.

5.1 Restrições do Projeto

O cronograma do projeto foi feito para permitir o desenvolvimento do protótipo no período de realização do estágio, em torno de 5 meses. O software escolhido não poderia requerer um tempo longo na compra nem no desenvolvimento ou adaptação para a aplicação específica do projeto. Além do tempo, o custo também é uma restrição no projeto, pois a escolha da pela concepção de um protótipo foi justamente para não gerar um grande custo inicial no desenvolvimento do projeto.

5.2 Características Analisadas

Com base no conhecimento adquirido no desenvolvimento de outros projetos na área de monitoramento, foram elencadas as características mais importantes que o só, que deveriam ser analisadas nas alternativas de software.

- Protocolos e Aquisição - Comunicação para equipamentos e gateways de aquisição de dados. Essencial para coletar informações dos sensores, logística e ativos;
- Rastreabilidade GIS - Identificar geograficamente ativos e containeres através da cadeia do frio, podendo traçar e qualificar rotas de transporte;
- Alarmes, Detectores (Triggers), Eventos e Receitas (Scripts) - Possibilitam estipular limites e regras de operação para que outras ferramentas da plataforma atuem

notificando os clientes ou a operação do sistema.

- Notificações - E-mail, SMS e ferramentas de mensagem instantâneas. Entregam notificações de alarmes, triggers, eventos e receitas;
- Configuradores - Ferramentas de replicação de configuração do sistema. Possibilitam a equipe de operação agilidade na replicação de sistemas e clientes, visando o crescimento de escala do sistema.
- API - Interface de Programação de Aplicação que possibilita a integração da plataforma com softwares externos a plataforma e o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem no crescimento de escala e usabilidade da plataforma.

5.2.1 Seleção dos Principais Candidatos à Escolha

Um benchmark mantido pela empresa para elencar as plataformas de software para "internet das coisas" foi utilizado como base para avaliação e escolha das plataformas. Após avaliação do benchmark, verificou-se que a plataforma Axeda, Everything, Groovestreams, Seecontrol, Sensorcloud atenderam os requisitos funcionais requeridos para o projeto. No entanto, os preços das plataformas, assim como tempo para o desenvolvimento de uma relação comercial que tornasse o uso dessas plataformas viáveis financeiramente foram impeditivos. Realizei uma pesquisa de outras plataformas que não estavam listadas no benchmark. Na pesquisa, o software chamado Sitewhere foi encontrado e após avaliação inicial verificou-se que poderia atender os requisitos. Por ser um software livre, seu uso não teria as restrições orçamentárias. A escolha ficou reduzida entre dois principais candidatos: o Sitewhere e o Hendrixx. Uma avaliação mais aprofundada das características das duas alternativas foi realizada na etapa seguinte, assim como a avaliação de esforço no uso de cada escolha.

5.2.2 Sitewhere

O Sitewhere é uma plataforma de software para internet das coisas desenvolvida na linguagem Java. O software conta com arquitetura desenvolvida utilizando conceitos modernos para alcançar a escalabilidade no crescimento da aplicação. Entre as principais funcionalidades destaco; comunicação com dispositivos pelo protocolo MQTT, API Rest para consulta e configuração do software, banco de dados não relacional, suporte para envio de coordenadas de posição GPS.

O protocolo MQTT é um protocolo desenvolvido por um consórcio de empresas para a comunicação de dispositivos conectados na internet. O protocolo Mqtt foi desenvolvido para conseguir uma comunicação confiável sem a troca excessiva de dados. Para conseguir esse objetivo o Mqtt foi desenvolvido sobre o protocolo UDP, e conta com a sua própria

lógica de verificação de erros. No contexto desse projeto o uso do protocolo Mqtt poderia ser interessante para permitir baixo consumo do pacote de dados fornecido pela operadora telefônica.

A API Rest do programa seria importante para permitir o desenvolvimento rápido de uma interface visual customizada para o projeto. O uso de bancos de dados não relacionais teria um peso maior no caso de uma aplicação de grande escala, pois caso seja bem projetado, esse tipo de banco de dados permite uma performance maior nas operações de consulta e escrita se comparado com os bancos de dados relacionais, para um grande volume de dados.

O suporte para envio de coordenadas geográficas eliminaria a necessidade de adaptação para esse tipo de funcionalidade.

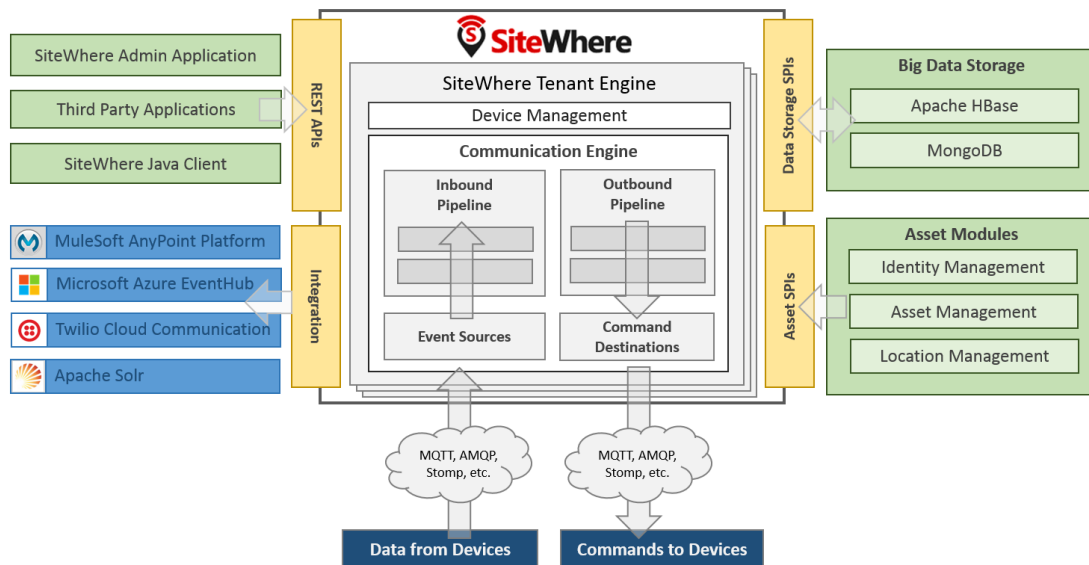


Figura 3 – Arquitetura do Software Sitewhere

5.2.3 Hendrixx

O Hendrixx é um software desenvolvido pela Sensorweb para monitoramento no mercado da saúde. Seu desenvolvimento foi feito com base no ScadaBR, a partir do qual foram adicionadas as funcionalidades e customizações necessárias para o uso comercial do software para monitoramento de temperatura na área da saúde. O desenvolvimento se dá de maneira contínua, de acordo com as necessidades que surgem no dia a dia de operação da empresa. Como os projetos desenvolvidos pela empresa sempre foram de monitoramento em ambientes estáticos, ou seja, monitoramento em um mesmo local, sem integração com informação de coordenadas geográficas do material monitorado, essa funcionalidade nunca foi integrada ao programa.

Entre as vantagens encontradas na escolha dessa alternativa, é possível destacar: a extensa experiência da equipe de desenvolvimento no uso e modificações no software, facilitando o desenvolvimento; possível continuidade do desenvolvimento das funcionalidades requeridas no projeto; validação já feita para o uso comercial e em escala. Entre as possíveis desvantagens levantadas são: o tempo de desenvolvimento para adaptação do software frente ao uso de um software que já conta com a funcionalidade nativa; possíveis problemas de performance após a adaptação.

5.2.4 Desenvolvimento da Aplicação

A partir do código fonte do software, escrito na linguagem Java, analisei as modificações que seriam necessárias para a implementação do projeto. Sendo elas as seguintes:

- Modificar a classe que guarda o valor dos dados adquiridos pelo software para que o valor possa ser associado à coordenada geográfica do local onde ocorreu a medição.
- Modificar o protocolo pelo qual o software recebe os dados enviados pelo equipamento para aceitar o envio do novo tipo de dados.
- A Criação de uma tela de visualização gráfica na interface de usuário para que possa ser feita a consulta da temperatura medida por cada equipamento.

A classe `PointValue`, que representa o valor de cada dado adquirido no sistema foi modificada para permitir que além do ponto de medição, pudesse ser associadas as coordenadas geográficas do local onde a aquisição foi feita. A partir dessa mudança, foi necessário modificar outras classes relacionadas à ela, como a classe responsável pela persistência no banco de dados.

O protocolo do software utilizado para recepção dos dados enviados do equipamento de telemetria é baseado em requisições HTTP GET e POST. A modificação no programa foi feita para permitir a recepção dos dados juntamente com a latitude e a longitude no momento da aquisição.

A Criação de uma tela de visualização gráfica foi pensada de forma a permitir a consulta da rota percorrida pelo caminhão monitorado, a temperatura medida, e os eventos gerados.

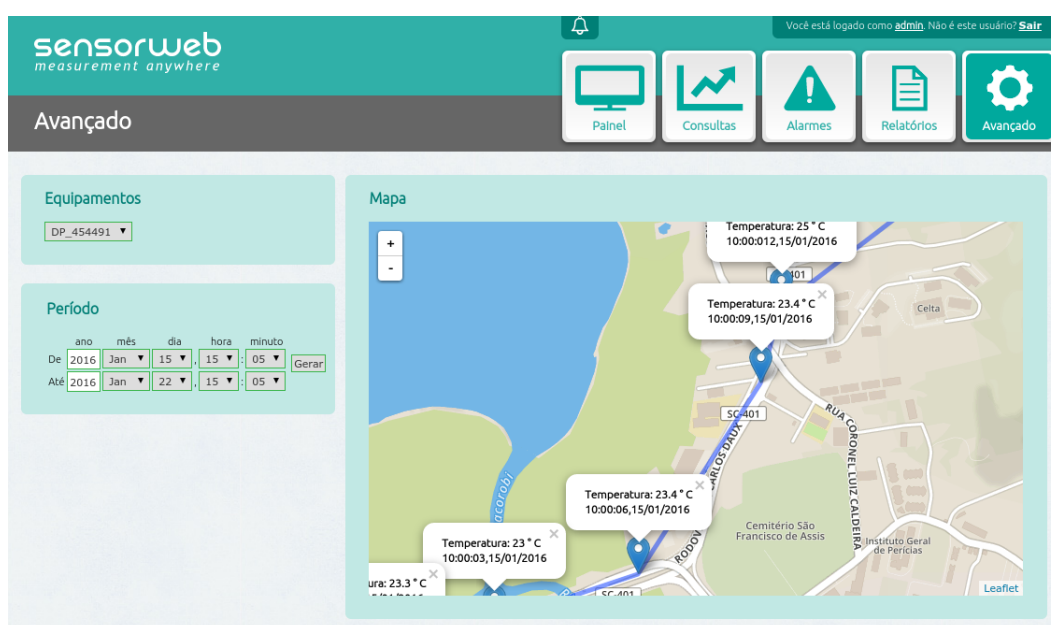


Figura 4 – Tela Visualização das Rotas e Temperaturas

6 Projeto do Equipamento de Telemetria

Nessa etapa do projeto foram levantadas e avaliadas as diferentes configurações de hardware do que permitiriam o desenvolvimento de o equipamento de telemetria responsável pela aquisição da temperatura e posição geográfica do caminhão monitorado. Para tornar isso possível, primeiramente, foi necessário detalhar melhor os componentes funcionais básicos do projeto do equipamento, além pesquisar sobre as soluções similares oferecidas por outras empresas.

6.1 Detalhamento das Necessidades do Projeto de Hardware

O dispositivo a ser desenvolvido deverá ser instalado no caminhão para medição contínua da temperatura nas rotinas de transporte, assim como realizar a aquisição das coordenadas geográficas e enviar dos dados para aplicação instalada em servidor remoto conectado à internet. O equipamento deverá ser capaz de armazenar as aquisições no caso haja falta de comunicação com o servidor, assim os dados poderão ser enviado quando a comunicação for restabelecida. Baseado nesses objetivos, foram avaliados os componentes funcionais básicos com que o equipamento deveria contar, os quais são listados a seguir:

- Unidade de processamento;
- Sistema de medição de temperatura;
- Módulo Navegação;
- Memória não volátil para persistência dos dados;
- Sistema de alimentação;
- Módulo de comunicação.

Cada um componentes funcionais listados não representam necessariamente uma separação física. Em muitos casos, essas funcionalidades podem ser desempenhadas por componentes eletrônicos agrupados em uma placa de circuito impresso ou em vários módulos e dispositivos diferentes. Nessa etapa de escolha de configuração do equipamento de telemetria foram levantadas os possíveis configurações construção que permitem.

6.1.1 Unidade de processamento

A unidade de processamento pode ser um Microcontrolador ou Computador responsável por comunicar com os dispositivos periféricos de acordo com o programa elaborado para realizar essas funções. Nos últimos anos houve um grande crescimento no número de alternativas em plataformas livres para prototipagem de produtos. Como exemplo, podemos citar o microcontrolador Arduino e a placa de desenvolvimento Raspberry Pi que ajudaram popularizar esse conceito e contam com grande documentação disponibilizada pela comunidade de usuários. O uso desses componentes foi priorizado por apresentar um baixo custo e facilidade na compra em pequenas quantidades, além da facilidade na busca de referências técnicas.

6.1.2 Sistema de medição de temperatura

É o conjunto responsável por medir e converter a temperatura para tipo de informação que pode ser lida pela unidade de processamento. Existem diversos tipos de transdutores, como termopares, termopares, termopares, termopares e transdutores digitais que poderiam ser utilizados para desempenhar essa função no projeto.

6.1.3 Módulo de comunicação

Parte do dispositivo que permite o envio das informações adquiridas para a internet. Em projetos anteriores realizados na Sensorweb, a tecnologia GPRS (Serviço de Rádio de Pacote Geral) foi utilizada para o envio dos dados para a internet através da rede GSM. Por conta do conhecimento prévio dessa tecnologia e pela facilidade de encontrar os componentes eletrônicos necessários para realizar esse tipo de comunicação, não foram levantados outros meios alternativos para realizar a comunicação do equipamento com o servidor, como rádio e outras tecnologias de comunicação móvel.

6.1.4 Sistema de Alimentação

O sistema de alimentação é responsável por fornecer energia elétrica para o funcionamento do equipamento. Nesse projeto, assim como em outros projeto de monitoramento a alimentação do equipamento deve ser confiável e com poucas possibilidades de falha. Caso o equipamento deixe de funcionar por conta de falta de energia, isso acarretará em uma interrupção do monitoramento, que em alguns casos pode gerar perdas ou colocar em dúvida se o processo de resfriamento ocorreu da forma correta. Após uma análise do problema, verificou-se que existem tres alternativas básicas para a configuração do sistema de alimentação. Na primeira, o equipamento contaria com bateria própria, com grande autonomia. Isso permitiria que o equipamento funcionasse por longos períodos, até que ao final da carga, a bateria fosse substituída. Para que isso seja possível é necessário que o

equipamento tenha o menor consumo de energia possível, compatível com a capacidade da bateria, para funcionamento por longos períodos. A segunda alternativa analisada foi a de utilizar somente o sistema de alimentação de energia do caminhão. Assim como nos automóveis comuns, o sistema é baseado em baterias de chumbo que são recarregadas por um alternador movido pelo motor a combustão do caminhão.

6.1.5 Módulo de Navegação

Dispositivo responsável pela comunicação com o sistema de navegação global por satélites para estimação das coordenadas geográficas do local.

6.2 Configurações Candidatas

A partir das funcionalidades requeridas para o equipamento na etapa anterior, foi feita uma pesquisa para avaliar que arranjo de componentes poderia permitir o cumprimento dos requisitos. Na pesquisa foram analisados tanto os equipamentos já utilizados dentro da empresa, quanto outros disponíveis para venda. Três alternativas foram analisadas detalhadamente para, posteriormente a escolha da alternativa mais viável para o projeto.

6.2.1 Alternativa 1

O primeiro protótipo proposto seria baseado na placa de desenvolvimento de aberto chamada Linkit One. O Linkit One placa de desenvolvimento de desenvolvimento aberto para prototipagem dispositivos da Internet das coisas . A placa conta com GPS, Wifi, modem GPRS, Circuito de carregamento de bateria, bateria, suporte para cartão de memória SD, e terminais de saídas digitais para comunicação com componentes periféricos. A programação é feita no mesmo ambiente de desenvolvimento do popular microcontrolador Arduino.

Essa alternativa é uma das mais em conta para o desenvolvimento do projeto, o preço de compra é em torno de US\$ 59,00. Todos os componentes funcionais requeridos para o equipamento de telemetria estão integrados em uma só placa, isso poderia eliminar algumas dificuldades de integração de componentes, se comparado com as configurações de equipamento baseada em módulos separados.

6.2.2 Alternativa 2

A alternativa 2 seria baseada na placa eletrônica que está sendo desenvolvida pela em um projeto da empresa em parceria com a fundação CERTI. A placa conta com módulo GPS, circuito de carregamento de bateria, modem GPRS com suporte para dois SIM Cards. A placa não conta com uma microcontrolador ou microprocessador mas foi

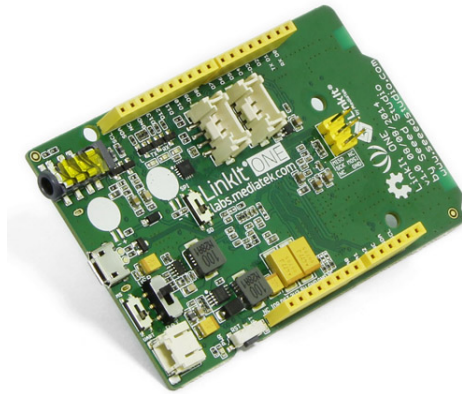


Figura 5 – Placa de Desenvolvimento para Internet das Coisas- Linkit One

feita para suportar a integração com a Raspberry Pi ou outra placa similar. A previsão é que este projeto seja a base dos futuros dispositivos de monitoramento desenvolvidos na empresa. Para que isso seja possível, o projeto está sendo feito de acordo com as normas que regulam os serviços na área da saúde e alimentos.



Figura 6 – Placa para Equipamento de Telemetria em Desenvolvimento

6.2.3 Alternativa 3

A alternativa 3 é baseada na central de monitoramento utilizada atualmente na solução de monitoramento de temperatura na área da saúde utilizada na Sensorweb. A central de monitoramento é composta por três componentes principais: a placa base; o modem GPRS; placa Raspberry Pi, visor LCD. A placa base é a placa eletrônica utilizada para integração física dos outros componentes que fazem parte da central, contendo os conectores e terminais para conexão dos componentes. A Raspberry Pi é o componente principal, que realiza as funções de um computador, e conta com saídas e entradas digitais para comunicação com os componentes periféricos em diversos protocolos.

Com a escolha dessa alternativa seria necessária a complementação do equipamento para adicionar as funcionalidades de aquisição da temperatura, módulo de navegação e sistema de alimentação com bateria.



Figura 7 – Central de Monitoramento da Sensorweb

6.2.4 Alternativa 4

A alternativa 4 é de compra de um equipamento de rastreamento de posição de veículos que pudesse ser adaptado ao ao projeto. Existem diversos produtos disponíveis para venda. Para que isso fosse possível, o produto deveria contar com a possibilidade de adaptação para adicionar a funcionalidade requerida de medição de temperatura com a confiabilidade e características metrológicas requeridas nesse tipo de monitoramento.

6.3 Escolha da Alternativas de Configuração

As vantagens, desvantagens e riscos em uma das configurações foram analisadas para escolha da alternativa mais apropriada para a execução do projeto.

Em uma primeira avaliação, a alternativa 2 foi descartada pois, por conta de atraso no cronograma, o projeto ainda está em fase de testes e somente um exemplar foi fabricado. Logo, o risco é grande de que algum defeito na placa impedisse o prosseguimento do desenvolvimento.

Após uma pesquisa pela internet em busca de produtos que pudessem satisfazer a alternativa 4, foram encontrados alguns produtos que contavam com uma entrada

analógica para ser conectada à um sensor de nível de combustível. Nenhum dos produtos encontrados contavam com entrada digital para conexão de um transdutor digital. O risco dessa alternativa foi avaliado com grande, por conta dos produtos não serem feitos com foco em metrologia, além de não contar com a possibilidade de adaptações no programa e na parte eletrônica do dispositivo.

As alternativas 1 e 3 se mostraram mais viáveis para o desenvolvimento do projeto. Inicialmente avaliou-se a possibilidade de realizar a implementação de duas versões do equipamento de telemetria, cada uma utilizando uma alternativa. Isso permitiria a comparação das duas abordagens na prática. A alternativa 3 foi priorizada frente a alternativa 1, e as vantagens consideradas na escolha foram: não necessitar de compra no exterior, eliminando possíveis atrasos no cronograma; ser baseada em um equipamento conhecido da equipe técnica da empresa, grande possibilidade de adaptações e modificações; e ter maior possibilidade de continuidade no desenvolvimento do projeto.

7 Desenvolvimento do Equipamento de Telemetria

A alternativa escolhida para o desenvolvimento do equipamento de telemetria foi a de adaptar a central de monitoramento utilizada atualmente na solução oferecida pela Sensorweb para monitoramento na área da saúde. O desenvolvimento tem o objetivo de complementar a central para com as funcionalidades listadas como requisito do projeto.

7.1 Módulo de Navegação por Satélite

Com o objetivo de adicionar a funcionalidade de rastreamento de posição, foi feita a pesquisa de componentes eletrônicos que poderia ser integrados ao equipamento de telemetria através das interfaces disponíveis na placa de desenvolvimento. São elas a uma porta USB e o barramento I2C. Ao final da pesquisa foi decidido o uso de um módulo de navegação da marca U-blox, chamado Neo-6m. O GPS possui uma interface somente possui uma interface de comunicação serial, logo foi necessário o uso de outro componente: um adaptador USB para serial.



Figura 8 – Módulo de navegação por satélites



Figura 9 – Conversor USB - Serial

7.2 Bateria e Circuito de Carregamento

A bateria escolhida para concepção do equipamento foi a mesma utilizada em equipamentos da fabricante de equipamentos chamada NOVUS em equipamentos que são utilizados em alguns projetos na empresa. A bateria já possui internamente um circuito de carregamento, isso permite que a bateria seja carregada da forma correta, apenas com uma alimentação de 12V. Após alguns testes realizados com a central, verificou-se que a autonomia da bateria é de cerca de 5 horas com a central em funcionamento.



Figura 10 – Arquitetura do software sitewhere

7.3 Transdutor de Temperatura

No entanto, após alguns tempo de experiência, a Sensorweb passou a priorizar o uso de sensores digitais pela praticidade na logística de calibração. Quando é necessária a calibração, é possível substituir a sonda antiga por uma com a calibração em dia. No caso do uso de sensores analógicos a calibração deve ser de todo o conjunto composto por sensor, circuitos condicionadores de sinal e conversor analógico-digital. Nesse caso, então, seria necessária a retirada do equipamento para calibração, ou a calibração deveria ser feita no local instalado. Isso aumenta o custo do processo.

O transdutor digital de temperatura escolhido foi o foi o DS1820. De acordo com especificação fornecida pelo fabricante, o componente pode ser utilizado para medir temperaturas entre -55 e 125 C, dentro das necessidades do projeto, assim como suas outras características metrológicas. A comunicação com o transdutor pode ser feita pelo protocolo One-Wire.

A escolha do sensor de temperatura foi feita seguindo a experiência da empresa no ramo da cadeia do frio. O DS1820 disponibiliza dois modos de operação: o modo parasita, em que o sensor é alimentado pelo mesmo cabo que o sensor utiliza para a comunicação; e o modo com alimentação de uma tensão entre 3 e 5.5V.

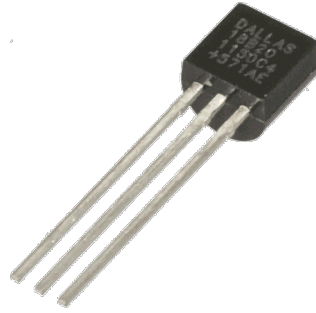


Figura 11 – Transdutor de Temperatura Ds18b20

7.3.1 Protocolo 1-Wire

O 1-wire é um protocolo de comunicação serial que utiliza uma conexão para troca de dados e outra como referência de terra. Nesse protocolo o mestre controla a comunicação com um ou mais dispositivos escravos 1-wire ligados barramento. Cada dispositivo escravo 1-Wire tem um código de identificação inalterável de 64 bits programado na fábrica, que serve como endereço de dispositivo no barramento. O código de identificação é composto subconjuntos identificam o tipo de dispositivo, funcionalidade e fabricante. Normalmente, os dispositivos escravos 1-wire funcionam e um intervalo de tensão de 2.8 até 5.25V. A maioria dos dispositivos 1-wire não têm pinos para alimentação; eles tomam a sua energia a partir do barramento 1-Wire.

7.3.2 Alternativas de Implementação

Através de pesquisa em materiais disponibilizados na internet pela comunidade que utiliza a placa Raspberry Pi para desenvolvimento, foram levantadas 4 alternativas para realizar a comunicação da placa de desenvolvimento com o transdutor de temperatura.

- Utilizar o suporte nativo da placa Raspberry Pi.
- Utilizar um módulo 1-wire que com interface I2C para se comunicar com o a placa Raspberry Pi.
- Utilizar um módulo 1-wire que com interface serial para se comunicar com o a placa Raspberry Pi.
- Utilizar um módulo 1-wire que com interface USB para se comunicar com o a placa Raspberry Pi.

A alternativa de utilizar o módulo com interface serial não se mostrou viável pois a interface serial da placa Raspberry Pi está em uso para comunicação com o modem GPRS utilizado no projeto. Após pesquisa em lojas de componentes, não foram encontrados

nenhum módulo USB a venda no Brasil e a compra do exterior levaria muito tempo para o cronograma dessa etapa do projeto. O módulo com interface I2C foi encontrado à venda no Brasil. A vantagem de utilizar esse módulo é de proporcionar uma comunicação mais robusta no protocolo 1-wire, mas após realizar testes com a comunicação do sensor utilizando o protocolo nativo da Raspberry Pi, não houve falhas ou problemas que justificassem o uso de um componente específico para este objetivo.

7.3.3 Integração Raspberry Pi e Sensor

Nos dois modos, o fabricante recomenda a utilização de um resistor de Pull-Up, para garantir um limiar de corrente ao componente. Nesse projeto o controlador foi utilizado no modo com alimentação, utilizando uma fonte de 3.3V disponível na placa de desenvolvimento Raspberry Pi. Foi necessária de alguns arquivos para permitir a troca da porta padrão utilizada pelo driver One-Wire.

7.4 Programação e Configuração do Equipamento de Telemetria

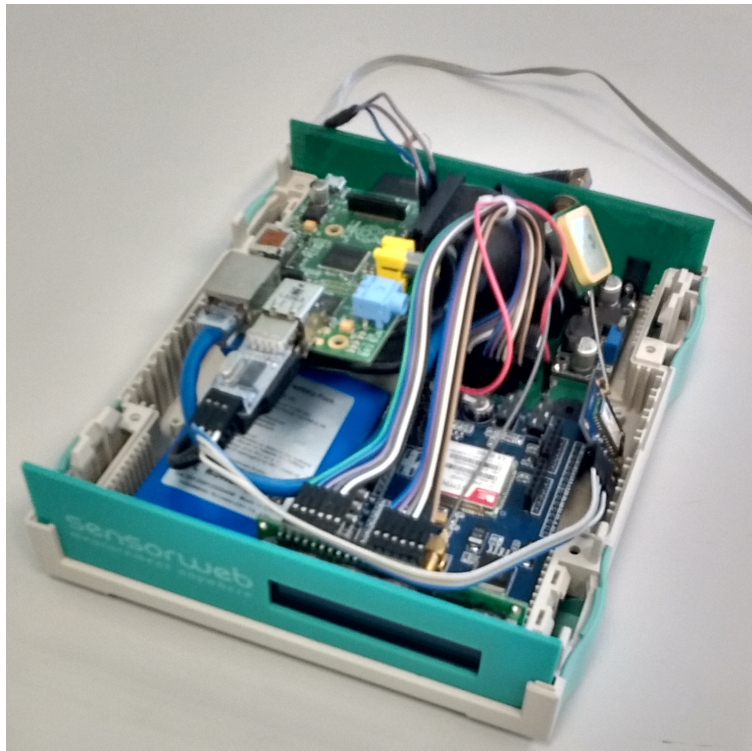


Figura 12 – Equipamento de Telemetria com Todos os Componentes

Um programa foi desenvolvido na linguagem de programação Python com os seguintes objetivos:

- Realizar a leitura e conversão valores de temperatura do transdutor;
- Ler e formatar as posições enviadas pelo módulo de navegação pela porta serial;
- Enviar os dados adquiridos para o servidor através de requisições HTTP.
- Guardar os dados adquiridos quando o modem GPRS estiver sem sinal para que possa ser enviado quando o sinal for restabelecido.

8 Testes e Resultados

A ultima etapa prevista na execução projeto é a de testes e análise dos resultados com os o equipamento de telemetria e do software de monitoramento. Primeiramente cada um dos dois foi testado separadamente, para possibilitar um teste de integração na etapa seguinte. Por fim, a prova de conceito foi feita para avaliar a abordagem de implementação do sistema.

8.1 Teste do Software

O testes das partes modificadas do software foram feitos em vários ciclos de desenvolvimento, como é definido no modelo espiral. Após o desenvolvimento completo, o programa foi instalado no servidor de desenvolvimento da Sensorweb. Utilizei o programa chamado Curl, para, a partir do meu computador gerar as requisições HTTP do tipo Get e Post similares às enviadas pelo equipamento. Nesse projeto, os registros de temperatura e localização são enviados como parâmetros da requisição HTTP, juntamente com a data e horário em que foi realizado cada registro. Não foi feito um teste de performance, para simular um sistema com vários equipamentos funcionando simultaneamente.

O resultado do teste foi positivo e o registro dos dados foi feito da maneira correta, assim como a visualização da interface de usuário funcionou completamente, indicando que a etapa seguinte de testes poderia ocorrer.

8.2 Testes do Equipamento de Telemetria

Os testes de do equipamento de telemetria foram feitos em cada etapa de desenvolvimento. Sendo elas as seguintes: integração do equipamento com o transdutor de temperatura; integração com o módulo de navegação; e teste do modem GPRS.

8.2.1 Testes de Integração com o Transdutor de Temperatura

Nessa etapa de desenvolvimento foi feito um teste para avaliar se o equipamento era capaz de realizar a comunicação com uma grande quantidade de transdutores conectados ao barramento 1-Wire. Cerca de 40 sensores foram agrupados no mesmo barramento, e em seguida foi feito um script na linguagem Python para adquirir a temperatura dos sensores de maneira cíclica. Para este número de transdutores não houve falhas. O programa levou em torno de 1 segundo para cada leitura. Para uma quantidade maior de transdutores, ocorreram algumas falhas, e alguns dos transdutores eram reconhecidos pelo equipamento

de forma intermitente, impossibilitando a aquisição da respetiva temperatura por alguns instantes. Dessa forma foi possível concluir que o limite de transdutores conectados ao barramento 1-Wire para que não ocorram problemas é em torno de 40 transdutores.

A foto abaixo foi capturada durante os testes, os transdutores foram posicionados em uma placa de prototipagem para realização dos testes.

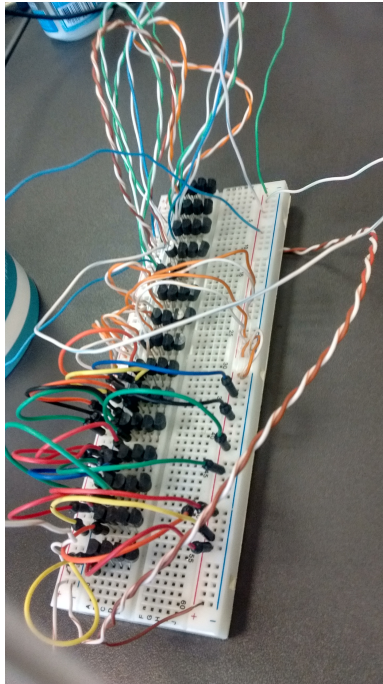


Figura 13 – Foto de vários transdutores ligados no mesmo barramento.

8.2.2 Testes de Integração com o Módulo de Navegação

Na etapa de integração com o módulo de navegação foi possível notar que o receptor GPS só funcionou quando o equipamento foi colocado próximo a janela da empresa, ou em local aberto, para que a antena pudesse ter boa recepção dos sinais dos satélites. Também foi possível observar que, após ser ligado, o tempo necessário para o módulo estimar posição com uma precisão satisfatória (menor do que algumas dezenas de metros) foi de cerca de 5 minutos. A comunicação através do módulo GPRS funcionou normalmente nessa etapa.

8.3 Prova de Conceito

De uma forma geral, uma prova de conceito consiste de uma implementação resumida ou incompleta, de um método ou de uma ideia, realizada com o propósito de verificar que o conceito ou teoria em questão é suscetível de ser explorado de uma maneira útil. No contexto do projeto a prova de conceito foi planejada para permitir o teste do

sistema todo, integrando o software e equipamento de telemetria. Em vez de instalar o equipamento em um caminhão refrigerado, o equipamento foi levado em um veículo para percorrer uma rota para verificar se sistema de monitoramento funcionou corretamente e fazer uma análise dos resultados.

8.3.1 Prova de Conceito

Na figuras abaixo são apresentados os resultados da prova de conceito. O primeiro mapa apresenta as posições estimadas pelo equipamento. É possível notar que há alguns pontos fora da rota. Nesses pontos o módulo de navegação não foi capaz de estimar a posição corretamente, resultando em localizações com baixa precisão. Em torno de 3% das posições adquiridas pelo sistema possuíam uma precisão muito baixa, e em alguns casos com erro de milhares de quilômetros, descaracterizando a visualização das rotas no mapa. Logo, no primeiro teste foi possível verificar a necessidade de definir um critério para aceitação dos registros de posição, baseado na precisão da estimativa fornecida pelo equipamento.

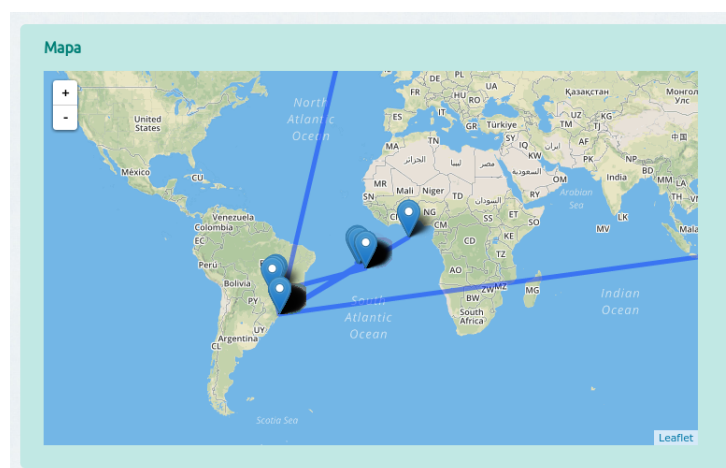


Figura 14 – Mapa da rota percorrida com algumas localizações imprecisas.

Nas duas figuras seguintes são apresentados os mapas das rotas percorridas, descartando-se as localizações cujo erro máximo da posição seja maior que 30 metros. Dessa forma o resultado obtido no teste foi satisfatório e foi possível consultar a rota percorrida de maneira clara. Cada marcador apresentado no mapa representa um registro de temperatura e posição. Ao clicar no marcador os registros são apresentados em um balão, juntamente com a data de aquisição.

No mapa é possível observar a rota percorrida, com partida da sede da empresa na trindade, chegando até o trapiche da beira mar e em seguida retornando para as proximidades da UFSC.

Na figura 17 é apresentado o gráfico das temperaturas medidas durante o trajeto.

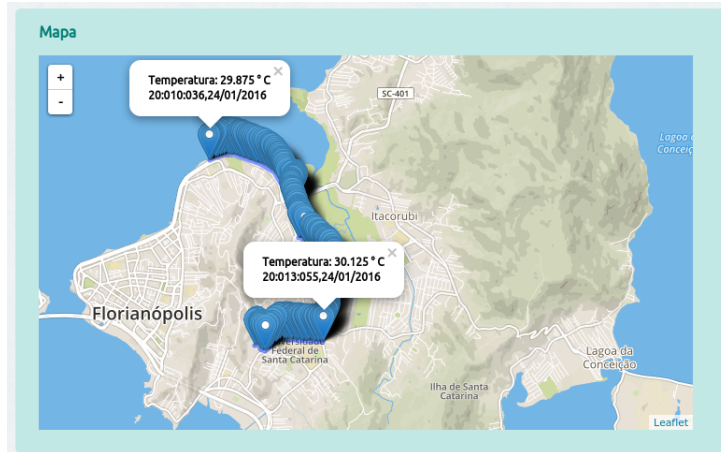


Figura 15 – Mapa da rota percorrida com as localizações imprecisas descartadas.

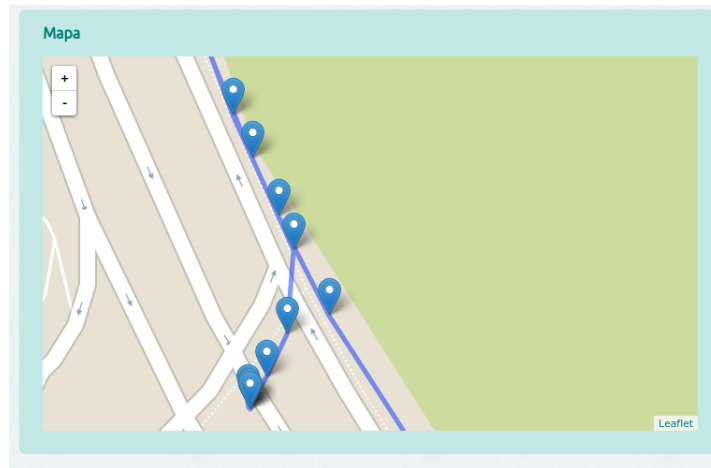


Figura 16 – Mapa aproximado da rota percorrida.

A temperatura teve uma variação crescente por conta de o sensor estar localizado próximo do equipamento que aqueceu levemente durante o trajeto. Na parte final do gráfico nota-se a aquisição da temperatura não ocorreu durante alguns intervalos. Possivelmente isso ocorreu por conta de falha na comunicação com o transdutor de temperatura, ocasionada por mal contato entre o transdutor e a placa Raspberry Pi revelando a necessidade de melhoria na conexão física entre os componentes.

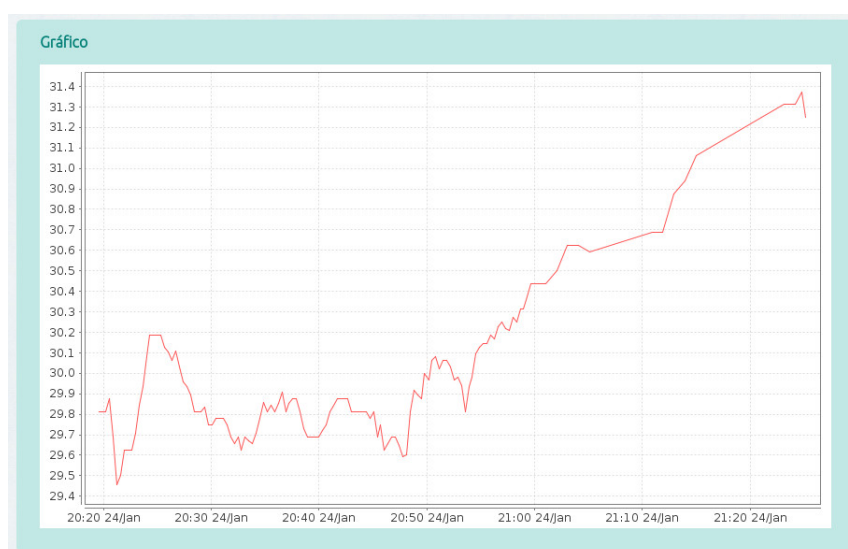


Figura 17 – Gráfico das temperaturas medidas durante o trajeto.

9 Conclusão

Ao analisar os resultados, as principais dificuldades encontradas se relacionam com a falha na recepção do sinal de GPS, resultando na estimação de alguns pontos de localização imprecisos. Esse resultado evidenciou que o projeto do equipamento de telemetria deve contar com uma antena externa para instalação em um local com boa recepção do sinal GPS. Além disso, poderia ser avaliada a possibilidade do uso de algoritmos para analisar as posições adquiridas, juntamente com as informações relacionadas às rotas e estradas para obtenção de informações úteis, como: detecção de desvio da rota; os pontos e etapas do trajeto os desvios de temperatura acontecem com maior frequência; estimar o tempo de chegada nos destinos. Essas informações mais elaboradas poderiam ser mais úteis para otimização dos processos relacionados ao transporte.

Transmissão dos dados pelo modem GPRS ocorreu sem grandes falhas, mas deve-se destacar que a prova de conceito foi realizada somente no perímetro urbano, onde é menos frequente a ocorrência problemas ocasionados por falta de sinal da rede GSM. No entanto, baseado em experiências com o uso de transmissão de dados por GPRS em outros projetos, destaco que no projeto do sistema de monitoramento para uso comercial, deve-se considerar que muitos locais do Brasil que não contam com boa cobertura da rede de telefonia móvel.

Uma das dificuldades que encontrei no desenvolvimento, é que o projeto não foi orientado pelos requisitos de um cliente real. Isso aconteceu por se tratar de uma fase inicial de desenvolvimento, e a instalação do protótipo em um cliente seria uma das formas de construir a relação com um cliente para permitir o levantamento de informações que poderiam orientar a elaboração do produto completo. Dessa forma, foi necessário um esforço para tentar entender que informações poderiam ser importantes para para os usuários do sistema.

O estágio de final de curso foi importante para consolidar o conhecimento adquirido durante o decorrer do curso de Engenharia de Controle e Automação. O ambiente de desenvolvimento da Sensorweb é muito rico, por contar com uma equipe com experiência no desenvolvimento de diversos sistemas de monitoramento.

Referências

- 1 MORO, R. *Tecnologia e Conectividade Conservando Seus Insumos*. 2015. Disponível em: <<http://www.sensorweb.com.br/blog/rededefrio-seguranca-alimentos/>>. Citado na página 17.
- 2 PEREIRA, V. de F. et al. Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos resfriados e congelados. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, SciELO Brasil, v. 30, n. 1, p. 158–165, 2010. Citado na página 17.
- 3 DINIZ, E. H. Internet das coisas. *GVexecutivo*, v. 5, n. 1, p. 59. Citado na página 18.
- 4 MEDEIROS, H. *Introdução aos Processos de Software e o Modelo Incremental e Evolucionário*. 2015. Disponível em: <<http://www.devmedia.com.br/introducao-aos-processos-de-software-e-o-modelo-incremental-e-evolucionario/29839>>. Citado na página 21.