

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

IVAN DOS PASSOS
MURILO AUGUSTO CASTAGNOLI DE QUADROS
TIAGO GREGIO DE AVEIRO

**SISTEMA DE TELEMETRIA DE HIDRÔMETRO
RESIDENCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2015

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

IVAN DOS PASSOS
MURILO AUGUSTO CASTAGNOLI DE QUADROS
TIAGO GREGIO DE AVEIRO

SISTEMA DE TELEMETRIA DE HIDRÔMETRO RESIDENCIAL

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do Curso Superior de Engenharia de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Computação.

Orientador Prof. Dr. Luciano Scandelari.

CURITIBA
2015

Resumo

AVEIRO, Tiago Gregio de; PASSOS, Ivan dos; QUADROS, Murilo Augusto Castagnoli de. SISTEMA DE TELEMETRIA DE HIDRÔMETRO RESIDENCIAL. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento Acadêmico de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

O projeto consiste no desenvolvimento de um sistema de telemetria capaz de coletar os dados de consumo de um hidrômetro residencial, com objetivo de reduzir os erros de leituras. O projeto é composto por dois sistemas embarcados: o primeiro é um sistema fixo acoplado ao hidrômetro no consumidor e o segundo é um sistema móvel portátil que fica ao leiturista; e dois servidores de banco de dados, sendo um para descarga das leituras e outro para acesso a informação via internet. Utilizou-se módulos ZigBee para a comunicação sem-fio entre os sistemas embarcados.

Palavras-chave: Telemetria, consumo de água, hidrômetro.

Abstract

AVEIRO, Tiago Gregio de; PASSOS, Ivan dos; QUADROS, Murilo Augusto Castagnoli de. SISTEMA DE TELEMETRIA DE HIDRÔMETRO RESIDENCIAL. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento Acadêmico de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

This project presents the development of a telemetry system for Automatic Meter Reading of residential water consumption data. The purpose of this system is to reduce human errors in manual data collecting. The project is composed by two devices: The first one is attached to the customer's hydrometer. The second one is a mobile device for wirelessly receive the water consumption data from the first device; Additionally, two database servers were developed: one for downloading the data and another for internet access to information. ZigBee modules were used for providing wireless Communication between the embedded system.

Keywords: Telemetry, water consumption, hydrometer.

Lista de Figuras

2.1	Exemplo de hidrômetro com saída pulsada.	15
2.2	Diagrama de blocos do algoritmo de criptografia AES com chave de 128 <i>bits</i>	19
2.3	Exemplo de TFT Display.	20
2.4	Diagrama de blocos do RTC PCF8563.	21
2.5	RTC	21
3.1	Pirâmide de requisitos.	24
3.2	Diagrama de casos de uso do Sistema Embarcado Móvel.	29
3.3	Diagrama de casos de uso do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.	33
3.4	Diagrama de casos de uso do Servidor Base.	36
3.5	Diagrama de casos de uso do Servidor Web.	38
4.1	Diagrama de blocos da estrutura do sistema.	43
4.2	Diagrama de blocos do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.	46
4.3	Esquemático parcial do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.	47
4.4	Esquemático parcial do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.	48
4.5	Foto do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro fechado.	49
4.6	Foto do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro aberto.	49
4.7	Diagrama de estados do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.	51
4.8	Diagrama de blocos do Sistema Embarcado Móvel.	54
4.9	Esquemático parcial do Sistema Embarcado Móvel.	55
4.10	Esquemático parcial do Sistema Embarcado Móvel.	56
4.11	Foto do Sistema Embarcado Móvel.	57
4.12	Máquina de estados do Sistema Embarcado Móvel.	58
4.13	Tela do sistema desconfigurado.	60
4.14	Tela inicial do sistema.	60
4.15	Tela com as leituras recebidas.	61
4.16	Tela com os detalhes de uma leitura válida.	61
4.17	Tela com os detalhes de uma leitura inválida.	62
4.18	Diagrama de blocos do Servidor Base.	63
4.19	Janela de autenticação do usuário.	65
4.20	Diagrama Relacional.	66
4.21	Mensagens de Log.	67
4.22	Diagrama de Blocos do Servidor Web.	68
4.23	Login do Servidor Web.	68
4.24	Exemplo de página de consulta do Servidor Web.	69
4.25	Diagrama de Entidades.	77
4.26	Tela do Servidor Base para configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.	78
4.27	Tela do Servidor Base para configuração do Sistema Embarcado Móvel.	79

Lista de Tabelas

2.1	Comparação entre as diferentes tecnologias de comunicação sem fio.	23
3.1	Matriz de Relacionamento Entre as Necessidades e os Requisitos.	28
3.2	Caso de Uso: Fazer leitura do aparelho.	30
3.3	Caso de Uso: Ler dados.	31
3.4	Caso de Uso: Gravar dados no cartão SD.	31
3.5	Caso de Uso: Configurar Data e Hora.	32
3.6	Caso de Uso: Configurar Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.	32
3.7	Caso de Uso: Monitorar leitura do hidrômetro.	34
3.8	Caso de Uso: Enviar dados.	34
3.9	Caso de Uso: Configurar via Rádio.	35
3.10	Caso de Uso: Ler cartão.	36
3.11	Caso de Uso: Verificar consistência dos dados.	37
3.12	Caso de Uso: Guardar informações no banco de dados.	37
3.13	Caso de Uso: Log Erro.	38
3.14	Caso de Uso: Autenticar usuário.	39
3.15	Caso de Uso: Login.	39
3.16	Caso de Uso: Logout.	40
3.17	Caso de Uso: Visualizar dados.	40
3.18	Caso de Uso: Log Erro.	41
4.1	Características do STM32F100RTB6B.	44
4.2	Comparação entre os diferentes tipos de ZigBee.	45
4.3	Características do STM32F103RTB6.	53
4.4	Comparação entre os diferentes tipos de Displays LCD	53
4.5	Estrutura da Mensagem de Pedido de Leitura	70
4.6	Estrutura da Mensagem de Resposta Válida	71
4.7	Estrutura da Mensagem de Resposta Inválida	71
4.8	Estrutura da Mensagem de Confirmação de Leitura	72
4.9	Estrutura da Mensagem para Interfaceamento entre a Rede Sem Fio e USB	72
4.10	Estrutura da Mensagem para Configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	73
4.11	Estrutura da Mensagem para Requisição de Configuração Atual do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	73
4.12	Estrutura da Mensagem para Resposta com Configuração Atual do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	74
4.13	Estrutura da Mensagem para Confirmação de Configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	74
4.14	Estrutura da Mensagem para Configuração do Sistema Embarcado Móvel	75
4.15	Estrutura da Mensagem para Confirmação de Configuração do Sistema Embarcado Móvel	75
4.16	Descrição dos atributos do padrão <i>Timestamp</i>	77
6.1	Cronograma Preliminar	87

6.2	Cronograma Executado	89
6.3	Risco 1: Atraso na entrega de componentes pelos fornecedores.	91
6.4	Risco 2: Perda de componentes eletrônicos.	92
6.5	Risco 3: Custo do projeto exceder em muito ao custo estimado	92
6.6	Risco 4: Desistência de integrantes da equipe.	93
6.7	Risco 5: Atraso no cronograma do projeto.	93
6.8	Risco 6: Problemas de saúde de integrantes da equipe.	94
6.9	Tabela de preços dos componentes	95

Lista de Siglas

- AES** Advanced Encryption Standard (Padrão de Criptografia Avançada)
- API** Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicativos)
- BIT** BInary digiT (Dígito Binário)
- BYTE** BinarY TErm (Termo Binário)
- EUA** Estados Unidos da América
- GLCD** Graphic Liquid Crystal Display (Display de Cristal Líquido Gráfico)
- HTTP** HyperText Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Hipertexto)
- IEEE** Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
- I2C** Inter-Integrated Circuit (Circuito Inter-Integrado)
- LCD** Liquid Crystal Display (Display de Cristal Líquido)
- PHP** Hypertext Preprocessor, originalmente Personal Home Page
- PIC** Programmable Interrupt Controller (Controlador de Interrupção Programável)
- RTC** Real-Time Clock (Relógio de Tempo Real)
- SABESP** Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SANEPAR** Companhia de Saneamento do Paraná
- SCL** Serial Clock (Clock Serial)
- SD** Secure Digital
- SDA** Serial Data (Dado Serial)
- SPI** Serial Peripheral Interface (Interface Serial Periférica)
- SQL** Structured Query Language (Linguagem de Consulta Estruturada)
- UML** Unified Modeling Language (Linguagem de Modelagem Unificada)
- UTFPR** Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- WEB** Referência a World Wide Web

Sumário

1	Introdução	11
1.1	Justificativa	11
1.2	Objetivo Geral	12
1.3	Objetivos Específicos	12
1.4	Estrutura do Trabalho	12
2	Levantamento Bibliográfico	13
2.1	Situação da telemetria em hidrômetros residenciais	13
2.2	Trabalhos Correlatos	13
2.3	Hidrômetro e Reed Switch	14
2.4	Software	16
2.4.1	Linguagem Java	16
2.4.2	Linguagem C	16
2.4.3	Linguagem PHP	17
2.4.4	Linguagem SQL	17
2.4.5	NoSQL	17
2.4.6	Criptografia	18
2.5	Hardware	19
2.5.1	Display	19
2.5.2	RTC	20
2.5.3	Microcontrolador	22
2.5.4	Módulo de comunicação sem fio	22
2.6	Considerações do Capítulo	23
3	Requisitos do Sistema	24
3.1	Problema	24
3.2	Necessidades	25
3.3	Requisitos	25
3.3.1	Requisitos Funcionais do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	25
3.3.2	Requisitos Não-Funcionais do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	26
3.3.3	Requisitos Funcionais do Sistema Embarcado Móvel	26
3.3.4	Requisitos Não-Funcionais do Sistema Embarcado Móvel	26
3.3.5	Requisitos Funcionais do Servidor Base	27
3.3.6	Requisitos Não-Funcionais do Servidor Base	27
3.3.7	Requisitos Funcionais do Servidor Web	27
3.3.8	Requisitos Não-Funcionais do Servidor Web	27
3.3.9	Matriz de Necessidades x Requisitos	27
3.4	Diagramas de Casos de Uso	28
3.4.1	Diagrama do Sistema Embarcado Móvel	29
3.4.2	Diagrama do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	33
3.4.3	Diagrama do Servidor Base	35
3.4.4	Diagrama do Servidor Web	38

3.5	Considerações do Capítulo	41
4	Desenvolvimento	42
4.1	Estrutura do Sistema	42
4.2	Integração das Partes Eletrônicas	43
4.2.1	Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	43
4.2.1.1	Componentes	44
4.2.1.2	Firmware	49
4.2.2	Sistema Embarcado Móvel	52
4.2.2.1	Componentes	52
4.2.2.2	Firmware	57
4.2.2.3	Armazenamento de Dados	59
4.2.2.4	Telas	60
4.3	Desenvolvimento do Software	62
4.3.1	Software do Servidor Base	62
4.3.1.1	Conexão do dispositivo	63
4.3.1.2	Mapeamento de <i>Threads</i>	64
4.3.1.3	Padronização de arquivos	64
4.3.1.4	Autenticação	65
4.3.1.5	Persistência	66
4.3.1.6	Sistema de Log	66
4.3.1.7	Bloqueio de múltiplas instâncias	67
4.3.2	Software do Servidor Web	67
4.3.2.1	Autenticação	68
4.3.2.2	Multiplicidade de Sistemas Embarcados Acoplados aos Hidrômetros	69
4.4	Protocolo de Comunicação	69
4.4.1	Modelagem	70
4.4.1.1	Pedido de Leitura	70
4.4.1.2	Resposta ao Pedido de Leitura	70
4.4.1.3	Confirmação de Leitura	71
4.4.1.4	Interfaceamento entre a Rede Sem Fio e USB	72
4.4.1.5	Configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	73
4.4.1.6	Configuração do Sistema Embarcado Móvel	75
4.4.2	Implementação	75
4.4.2.1	Dados	76
4.4.2.2	Entidade	77
4.4.2.3	Configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	77
4.4.2.4	Configuração do Sistema Embarcado Móvel	78
4.4.2.5	Execução da Leitura	79
4.5	Considerações do Capítulo	79
5	Testes	81
5.1	Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro	81
5.1.1	Funcionalidades	81
5.1.2	Execução e Resultados	81
5.2	Sistema Embarcado Móvel	82
5.2.1	Funcionalidades	82

5.2.2	Execução e Resultados	82
5.3	Servidor Base	83
5.3.1	Funcionalidades	83
5.3.2	Execução e Resultados	83
5.4	Servidor Web	84
5.4.1	Funcionalidades	84
5.4.2	Execução e Resultados	84
5.5	Sistema Completo	84
5.5.1	Funcionalidades	85
5.5.2	Execução e Resultados	85
5.6	Considerações do Capítulo	85
6	Gestão	86
6.1	Cronograma Preliminar	86
6.2	Cronograma Executado	88
6.3	Análise de Riscos	90
6.4	Custos do Projeto	94
6.5	Considerações do Capítulo	95
7	Trabalhos Futuros	96
8	Considerações Finais	97

1 — Introdução

O hidrômetro é um dispositivo mecânico que tem como principal finalidade a medição do volume da água que passa por uma tubulação. Essa medição tem como propósito quantificar o volume de água que é distribuído para um estabelecimento.

O processo de coleta das informações do consumo, em geral, tem alguns pontos deficientes. Como exemplo, existem condomínios, verticais ou horizontais, em que a leitura de água não é feita de forma individual, sendo aferida apenas na entrada do imóvel e o valor é dividido entre os moradores. Existem ainda residências que impossibilitam o acesso do leiturista ao hidrômetro, impedindo a leitura, sendo identificadas como "portão fechado". A posição do medidor, seu estado de conservação e elementos a sua volta, como plantas, podem gerar erro na coleta do valor medido. Também devemos os fatores de segurança física do leiturista, como ataques de cachorros e cercas elétricas. Apesar desses problemas ocorrerem esporadicamente, quando acontecem geram cobranças de tarifas indevidas que não correspondem ao gasto de água real, o que gera prejuízo e incômodo tanto para o cliente como para a concessionária de águas.

A substituição da coleta manual do consumo de água por uma coleta automatizada, mitigaria as deficiências do sistema de coleta de dados atual.

1.1 Justificativa

Muitas vezes ocorrem erros de leitura, o que causa transtorno e prejuízo aos clientes e também à concessionária de águas. Utilizando-se do sistema proposto neste trabalho, isso poderia ser minimizado. Também é possível a individualização de custos em ambientes de consumo coletivo, como apartamentos e condomínios. Além de tornar o processo mais ágil, esta melhoria faria com que o leiturista não precisasse mais entrar na residência para realizar a coleta, proporcionando assim, maior comodidade e segurança ao cliente e ao leiturista.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é desenvolver um sistema para aquisição à distância do consumo registrado em um hidrômetro residencial, que é composto por um Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro, um Sistema Embarcado Móvel, um Servidor Base e um Servidor Web.

1.3 Objetivos Específicos

- Definir os componentes de hardware e software que serão utilizados no projeto;
- Integrar os componentes de hardware;
- Desenvolver o firmware do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro e do Sistema Embarcado Móvel;
- Desenvolver o software do Servidor Base e do Servidor Web;
- Desenvolver o protocolo de comunicação;

1.4 Estrutura do Trabalho

Tendo em vista a melhor compreensão deste projeto, optou-se pela divisão de atividades em diversos grupos, sendo eles:

- Levantamento Bibliográfico;
- Requisitos do Sistema;
- Desenvolvimento;
- Testes;
- Gestão;
- Trabalhos Futuros;
- Considerações Finais.

2 — Levantamento Bibliográfico

2.1 Situação da telemetria em hidrômetros residenciais

A ideia da utilização da telemetria em hidrômetros não é nova e já vem sendo aplicada no mercado, porém o seu maior enfoque está na medição industrial, visto que o volume de água é muito grande nesses casos e portanto, caso não haja um controle mais rígido, isto poderá acarretar em perdas financeiras. Essa tecnologia já vem sendo aplicada ao ambiente residencial, embora pouco difundida. Existem empresas como a LAO (2015), Acqua (2015), Tecmetra (2015) e outras que disponibilizam equipamentos de telemetria para hidrômetros residenciais no Brasil.

Segundo a Sabesp (2007) a empresa Arad apresentou seu sistema de medição que possibilita a coleta de dados, o controle de informações e o envio para o faturamento, tudo de forma automática em 2007 durante a 4ª Exposição e Conferência Internacional para Tecnologias da Água e Controle Ambiental (Watec - Israel).

De acordo com Arad Ltd. (2007), as vantagens do sistema desenvolvido por eles são: redução das perdas de água; medições precisas conforme altos padrões mundiais; alarmes para problemas com vazamentos; minimização dos gastos com gerenciamento da rede; controle e monitoramento do desempenho da rede de medidores.

Deste modo, pode ser utilizado tanto na indústria como em residências, cujo objetivo poderia ser também o de separar as faturas de um ambiente coletivo de habitação como apartamentos e condomínios.

2.2 Trabalhos Correlatos

A leitura remota de hidrômetro é uma das abordagens na telemetria, mas a sua aplicação é restrita ao alcance do sinal enviado. Uma solução para esse problema é a criação de uma rede entre os módulos de comunicação sem fio dos hidrômetros, de forma similar à rede Zigbee proposta por Tekkalmaz and Korpeoglu (2012). Esse tipo de rede

possui baixo consumo de energia e é projetado para baixa taxa de dados, o que aumenta a longevidade da rede e proporciona alcance muito superior ao de um único dispositivo. O roteamento entre diversos pontos ainda proporciona a redundância necessária para garantir o envio dos dados dentro dessa rede.

Em ambiente industrial é possível encontrar sistemas de medição e monitoramento que utilizam sistemas embarcados e comunicação sem fio, como projetado por Sung and Hsu (2011). Tais sistemas monitoram o funcionamento de todo o maquinário e de diversos sensores pertinentes e funcionam em tempo real em prol da segurança dos trabalhadores e do correto funcionamento da fábrica.

Sistemas para o acompanhamento on-line do monitoramento e controle remoto que utilizam sistemas embarcados para coletar os dados e transmitir para um PC são ainda outra forma adotada por sistemas de telemetria, como o proposto por Lima et al. (2011) para controlar a condutividade, a temperatura e o pH de um reservatório. Neste caso a transmissão dos dados se dá através da internet acabando com a restrição de alcance imposta pelas limitações da transmissão sem fio, mas a necessidade de um dispositivo capaz de acessar a internet restringe a sua aplicabilidade.

O acompanhamento em tempo real que a telemetria pode proporcionar ainda pode ser utilizado na automação residencial para controle do consumo de água e detecção de vazamentos. Tais sistemas como o apresentado por Barrera Durango et al. (2012) podem monitorar o consumo de água e alertar quando houver discrepância acentuada do padrão de consumo habitual ou quando houver consumo excessivo de água por períodos prolongados de tempo.

2.3 Hidrômetro e Reed Switch

Como dito anteriormente, o hidrômetro é um dispositivo mecânico que tem como principal finalidade a medição constante do volume da água que passa por uma tubulação. Essa medição tem como propósito principal quantificar o volume de água que é distribuído para um estabelecimento, seja ele residencial, comercial, industrial ou público, e consequentemente o volume de água que é consumida pelo mesmo, para que então o volume distribuído possa ser tarifado pelos órgãos responsáveis. (Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental)

Existem dois tipos principais de hidrômetros, o volumétrico e o taquimétrico. O hidrômetro taquimétrico possui uma turbina, uma hélice (ou outro mecanismo móvel acionado pela velocidade da água incidida sobre ele) e o volumétrico possui câmaras internas de volume conhecido que se enchem e se esvaziam (de Normas Técnicas, 2007).

Dentre os hidrômetros taquimétricos existem os modelos monojato, que possuem uma turbina que é acionada por um único jato do fluido que será medido, e o multijato, cuja turbina é acionada por diversos jatos que incidem tangencialmente sobre ela. A capacidade de vazão de um hidrômetro varia de acordo com o tipo de estabelecimento, podendo ter vazões nominais entre 0,5 e 25 m^3/h . (de Normas Técnicas, 2007)

Além do mostrador presente nos hidrômetros, o dispositivo ainda pode possuir uma saída analógica ou digital pulsada, um exemplo pode ser visto na Figura 2.1. Um dos métodos de gerar essa saída é a utilização de um interruptor (*Reed Switch*) (Mariner and Shlesinger Jr, 1977), que é ativado através de um campo magnético aplicado sobre ele. Esse sinal elétrico gerado como saída pode ser utilizado para a medição eletrônica do volume de água.



Figura 2.1: Exemplo de hidrômetro com saída pulsada.

Fonte: Autoria Própria

O hidrômetro multijato é o mais tradicional no Brasil, sendo produzido desde os anos 20. Esse hidrômetro é constituído de uma carcaça em liga de cobre que abriga um conjunto medidor. Nesse conjunto encontram-se: a câmara de medição, turbina ou rotor, placa separadora e a relojoaria com totalizador. (Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental)

2.4 Software

Nesta seção são levantadas as tecnologias de software estudadas para o projeto.

2.4.1 Linguagem Java

Segundo a Oracle (Sun Microsystems, Oracle, 2013), a linguagem de programação JAVA, é atualmente uma das linguagens de programação mais difundidas, o que fez com que fosse testada e aprovada por uma comunidade dedicada de mais de 6,5 milhões de desenvolvedores de software. JAVA atende todos os requisitos do projeto em questão com uma ótima qualidade, no que diz respeito a ferramentas, desempenho e expansibilidade.

Uma das maiores qualidades da linguagem JAVA é que pode-se criar um software em uma plataforma e executá-lo praticamente em qualquer outra, desde que possua a máquina virtual JAVA, o que faz com que o usuário tenha uma liberdade maior de escolha de seu sistema operacional. Além disso o Java fornece uma programabilidade de interfaces muito boa.

2.4.2 Linguagem C

Segundo Cocian (2004), a linguagem C tem sido utilizada em todos os possíveis tipos de problemas de programação. Tornou-se popular por sua versatilidade e devido ao fato de poder possuir características de “alto nível” e de “baixo nível” ao mesmo tempo, permitindo assim um controle total da máquina (hardware e software) por parte do programador. Sendo assim a linguagem C é indicada para casos em que o programador necessita do controle absoluto da máquina, podendo destacar neste conjunto os sistemas embarcados.

Sistemas embarcado como os que estão no escopo deste projeto necessitam do controle total do equipamento, logo a linguagem C é uma boa escolha. Ainda, segundo Cocian (2004), a superioridade da linguagem C em relação ao Assembly está na eficiência para sistemas grandes e complexos. Além da pouca portabilidade do Assembly, já que ao usar esta linguagem dificilmente poderá exportar o código para outro microprocessador. Cocian também ressalta a eficiência dos compiladores C, capazes de gerar códigos de máquinas muito eficientes onde o ganho de desempenho para uma aplicação em relação à

velocidade de processamento e utilização de recursos de máquina é insignificante para os atuais microprocessadores.

2.4.3 Linguagem PHP

O PHP é uma linguagem de script *opensource* muito utilizada no desenvolvimento web devido a sua capacidade de ser embutida dentro de códigos HTML, proporcionando dinamismo aos códigos predominantemente estáticos do HTML. Uma das características que distinguem o PHP de outras linguagens semelhantes é a forma como é executado, onde os códigos são processados no lado do servidor e somente o HTML é enviado para o cliente, garantindo maior segurança para o sistema. (Achour et al., 2007)

2.4.4 Linguagem SQL

A linguagem SQL foi desenvolvida com o propósito de gerenciar informações em um sistema de banco de dados relacional e é baseada na álgebra relacional, um ramo da álgebra com semânticas bem fundamentadas e utilizada para modelagem de informações.(Date and Darwen, 1997)

Diversos servidores de banco de dados SQL são disponibilizados gratuitamente, entre eles podemos citar: MySQL, PostgreSQL, SQLServer Express, entre outros. Visto que todos utilizam a mesma linguagem como base, é possível a utilização de *frameworks* e/ou APIs para a independência do código desenvolvido em relação ao banco de dados SQL que venha a ser requisitado, desde que este provenha um drive de conectividade.

2.4.5 NoSQL

O banco de dados NoSQL utiliza mecanismos de armazenagem e reaquisição de informações modeladas de forma diferente dos utilizados pelos bancos de dados relacionais.(Stonebraker, 2010) Não existe relacionamento entre as entidades, o banco de dados funciona no modelo chave-valor. (Tiwari, 2011)

O NoSQL se apresenta como uma alternativa no armazenamento de informações capaz de manipular grande quantidade de dados, proporcionando a escalabilidade necessária para tanto. (Grolinger et al., 2013)

2.4.6 Criptografia

Garantir o sigilo dos dados é uma necessidade quando se utiliza a comunicação sem fio, principalmente quando se utiliza protocolos amplamente utilizados como o Zig-Bee. Assim, a criptografia se faz necessária para evitar que um dispositivo utilizando o mesmo protocolo de comunicação sem fio tenha acesso às informações referentes à leitura do hidrômetro ou possa forjar um sinal semelhante, com intuito de alterar a leitura ou corromper o sistema.

Existem diversos métodos de criptografia diferentes que podem ser utilizados nos dados para tornar a informação contida neles ilegível para todos aqueles que não possuam a palavra-chave para decodificar a mensagem, como o AES, DES, 3DES, RC4. (Trevisan et al., 2013)

De acordo com Trevisan et al. (2013), o AES (*Advanced Encryption Standard*) é um padrão de criptografia utilizado mundialmente e considerado um dos padrão mais seguros atualmente. Ele utiliza uma única chave simétrica de 128, 196 ou 256 bits para codificar e decodificar os dados.

Ainda segundo Trevisan et al. (2013), o AES possui quatro etapas que são repetidas várias vezes durante a execução do algoritmo:

1. *SubByte*: nessa etapa cada *byte* é substituído por outro *byte* de acordo com uma tabela de referência.
2. *ShiftRows*: nessa etapa cada linha do estado é deslocada de um determinado número de posições.
3. *MixColumns*: nessa etapa os quatro *bytes* de cada coluna são combinados usando uma transformação linear.
4. *AddRoundKey*: nessa etapa cada *byte* é combinado com a sub-chave.

Para uma chave de 128 *bits* o algoritmo executa inicialmente o *AddRoundKey*, depois ele executa todas as etapas 9 vezes e por fim executa as etapas uma última vez com exceção da etapa *MixColumns*, como mostra a Figura 2.2.

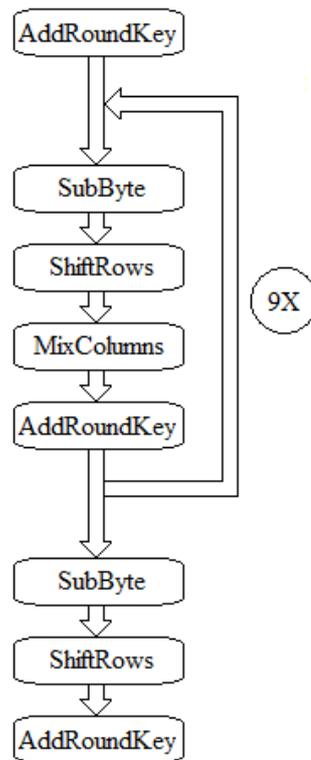


Figura 2.2: Diagrama de blocos do algoritmo de criptografia AES com chave de 128 *bits*.

Fonte: Adaptado de Trevisan et al. (2013)

2.5 Hardware

Nesta seção são levantadas as tecnologias de hardware estudadas para o projeto.

2.5.1 Display

Um display é um dispositivo capaz de mostrar informação ao usuário, de modo visual, podendo ser tátil ou não. Existem várias tecnologias de display, como LCD, LED e plasma.

O LCD é um display ótico-eletrônico que utiliza camadas de cristal para realizar chaveamento através de um componente de campo elétrico paralelo à camada de cristal líquido. (Baur et al., 1996)

A Figura 2.3 mostra a imagem de um TFT LCD.



Figura 2.3: Exemplo de TFT Display.

Fonte: Autoria Própria

2.5.2 RTC

O RTC (*Real-Time Clock*) (Maxim Integrated, 2010) é um circuito integrado dedicado a contabilização do tempo em formato de data e com capacidade de se comunicar com um microprocessador através de protocolos de comunicação, como por exemplo o SPI e o I2C. Deste modo é possível retirar esta função do microprocessador que apenas fará a requisição da data (incluindo dia, mês, ano, hora, minuto e segundo) para o RTC. O circuito de contagem de tempo utiliza uma fonte de energia externa (bateria separada) para poder marcar o tempo mesmo quando o sistema estiver em *stand by* ou desligado.

O diagrama de blocos do RTC PCF8563, da NPX *Semiconductors*, pode ser observado na Figura 2.4. Nele é possível observar que o RTC utiliza como base um sinal de oscilação de 32.768 kHz para a contagem de tempo e possui uma interface I2C para comunicação com um microcontrolador, onde é possível adquirir as informações de tempo e configuração de parâmetros de alarme.

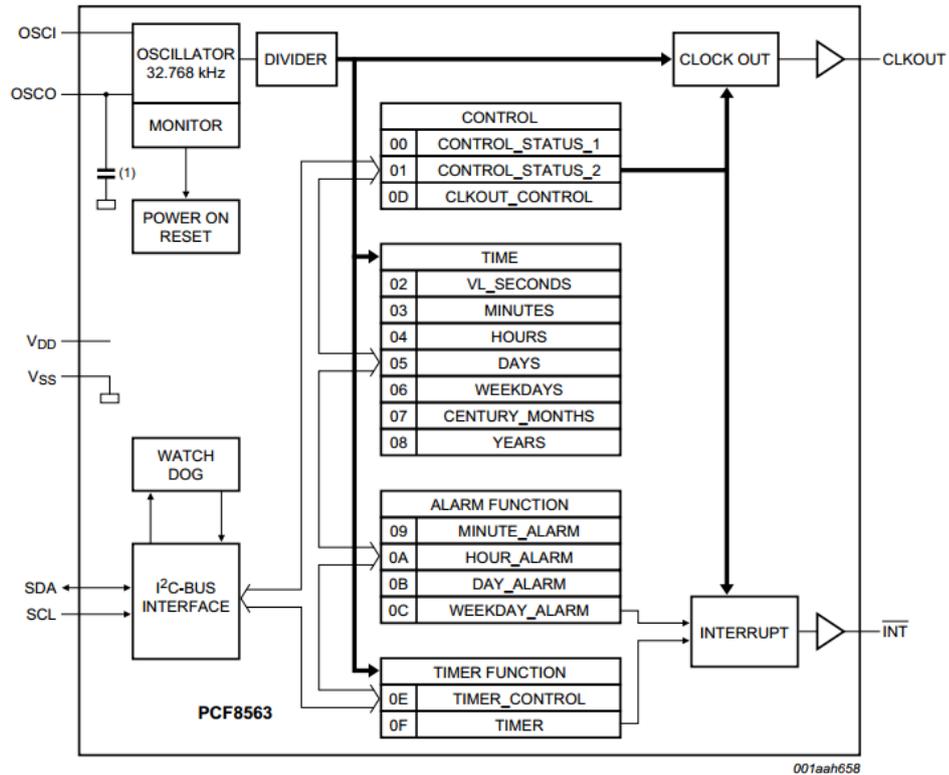


Figura 2.4: Diagrama de blocos do RTC PCF8563.

Anand K (2014)

A Figura 2.5 mostra um exemplo de aplicação de circuito RTC.

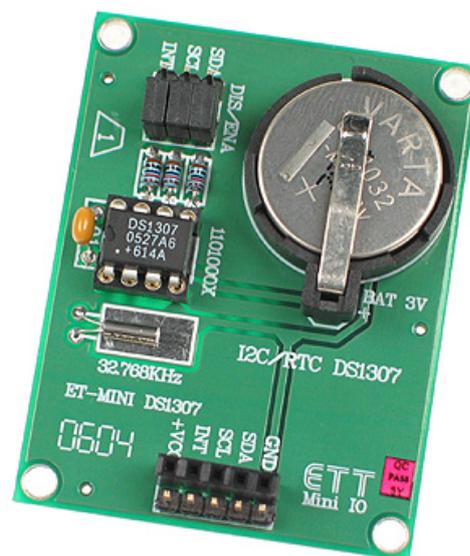


Figura 2.5: RTC

Fonte: Futurlec (2014)

2.5.3 Microcontrolador

Um microcontrolador é um chip integrado, contendo pelo menos um microprocessador, memória e periféricos de entrada/saída. Pode ser programado para funções específicas e são desenvolvidos para aplicações embarcadas.(Yiu, 2009)

2.5.4 Módulo de comunicação sem fio

Existem atualmente diversos padrões de rede sem fio no mercado, destacando-se o Bluetooth, ZigBee e o Wi-Fi. Todas podem operar na faixa de licença-livre, a ISM, em 2,4 GHz.

A tecnologia Bluetooth é uma especificação industrial para a comunicação em curta distância ponto a ponto, com um baixo custo e alta operabilidade. Esse protocolo alcança velocidades de até 723,1 kbit/s. (KOBAYASHI, 2004)

O ZigBee é a especificação para um conjunto de protocolos de comunicação de alto nível usado em redes sem fio, utilizado principalmente em ambientes que precisam de baixo consumo de energia e não precisem de altas taxas de transmissão. O ZigBee é baseado no padrão IEEE 802.15. É empregado em sistemas de controle e monitoramento sem fio. A taxa de transmissão de dados pode chegar a 250 kb/s. (Alliance, 2006)

A Wi-Fi segue a padronização da IEEE, e suas variações mais usadas são a 802.11b e a 802.11g. A conexão WI-FI 802.11b consegue taxas de transferência de até 11Mbps. Já a 802.11g atinge taxas de transferência que podem chegar a 54Mbps. (da Silveira, 2008)

A Tabela 2.1 mostra uma comparação entre as diferentes tecnologias sem fio.

Tabela 2.1: Comparação entre as diferentes tecnologias de comunicação sem fio.

	ZigBee TM 802.15.4	Bluetooth TM 802.15.1	Wi-Fi TM 802.11b	GPRS/GSM 1XRTT/CDMA
Aplicação	Controle & Monitoramento	Substituição de Cabos	Web, Vídeo, Email	Wan, Voz/Informação
Recursos do Sistema	4kB-32kB	250kB+	1MB+	16MB+
Vida da Bateria (dias)	100-1000+	1-7	1-5	1-7
Nós por Rede	255/65k+	7	30	1000
Largura de banda (kbps)	20-250	720	11000+	64-128
Alcance (metros)	1-75+	1-10+	1-100	1000+
Atributos Chave	Confiabilidade	Custo, Conveniência	Rapidez, Flexibilidade	Alcance, Qualidade

Adaptado de: Churchill (2007)

2.6 Considerações do Capítulo

O levantamento bibliográfico realizado no início do projeto foi fundamental para o melhor entendimento do problema a ser resolvido e das várias tecnologias que podem ser empregadas no seu desenvolvimento, bem como a integração necessária entre elas para o funcionamento do projeto.

3 — Requisitos do Sistema

Neste tópicos serão discutidos quais são os requisitos e as características do sistema definidas para o projeto.

As especificações são definições técnicas rigorosas de características, equipamentos ou materiais que deverão ser utilizados. Os requisitos do projeto são premissas que devem ser cumpridas para que o sucesso do mesmo.

Contudo, para a definição dos requisitos, é preciso primeiro fazer uma análise do problema a ser enfrentado, para então conhecer as necessidades que devem ser satisfeitas e com elas, detectar quais são os requisitos do projeto. Como base para o processo de levantamento de requisitos foi utilizado a técnica JAD, desenvolvida pela IBM. (Wood and Silver, 1995)

A Figura 3.1 ilustra a organização do método utilizado.

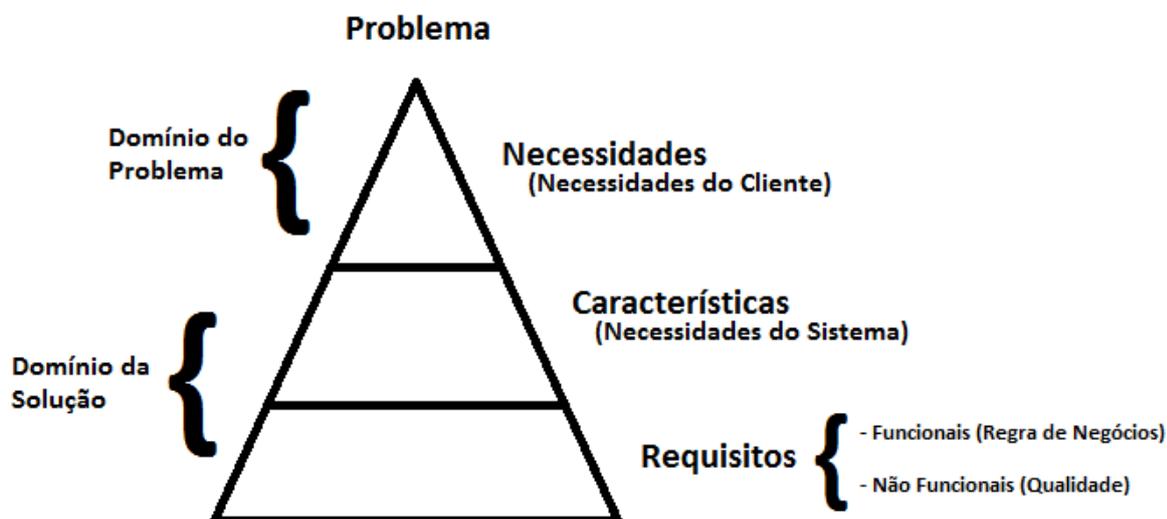


Figura 3.1: Pirâmide de requisitos.

Adaptado de: Leffingwell and Widrig (2000)

3.1 Problema

Os pontos deficientes no processo de coleta das informações de consumo, como a não automatização da leitura, "portão fechado", estado de conservação ruim do medidor

e falta de segurança física do leitorista, podem acarretar em leituras incorretas. Quando elas acontecem geram incômodos para o cliente e à concessionária.

3.2 Necessidades

NES001 - É necessário que o sistema colete informações de leitura de um hidrômetro residencial.

NES002 - É necessário que o sistema envie as informações coletadas do hidrômetro de forma segura para um banco de dados.

NES003 - É necessário que o sistema disponibilize as informações coletadas via internet para quem tiver a devida autorização.

NES004 - É necessário que o sistema colete as informação à distância de no mínimo 10 metros.

NES005 - É necessário que o sistema guarde apenas informações íntegras na base de dados.

NES006 - É necessário que o sistema possua interação com usuários.

3.3 Requisitos

Segundo Sommerville et al. (2003), os requisitos são exigências ou restrições estabelecidas por clientes e usuários que definem as diversas funções e propriedades do sistema. Tradicionalmente, os requisitos de software são separados em requisitos funcionais e não funcionais.

3.3.1 Requisitos Funcionais do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

REQ001 - O sistema deve acumular os pulsos emitidos pelo hidrômetro.

REQ002 - O sistema deve converter os sinais adquiridos em métrica de fluxo de água.

REQ003 - O sistema deve poder se comunicar com o Sistema Embarcado Móvel quando solicitado.

REQ004 - O sistema deve criptografar os dados que transmitir a outro aparelho.

3.3.2 Requisitos Não-Funcionais do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

REQ005 - O sistema deve ter baixo consumo de energia.

REQ006 - O sistema deve ter alimentação elétrica reserva à bateria.

REQ007 - O sistema deve ter resolução mínima de um litro.

REQ007.1 - O sistema não deve introduzir erros de medição adicionais ao erro padrão do hidrômetro.

3.3.3 Requisitos Funcionais do Sistema Embarcado Móvel

REQ008 - O sistema deve responder à interação do usuário.

REQ009 - O sistema deve poder se comunicar com o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro quando solicitado.

REQ010 - O sistema deve descriptografar os dados recebidos do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

REQ011 - O sistema deve armazenar os dados em uma memória flash removível.

REQ012 - O sistema deve contar o tempo em um relógio eletrônico.

REQ013 - O sistema deve mostrar a leitura obtida do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro para a verificação manual.

3.3.4 Requisitos Não-Funcionais do Sistema Embarcado Móvel

REQ014 - O sistema deve ser portátil.

REQ014.1 - O sistema deve ter largura máxima de 15cm.

REQ014.2 - O sistema deve ter comprimento máxima de 15cm.

REQ014.3 - O sistema deve ter espessura máxima de 5cm.

3.3.5 Requisitos Funcionais do Servidor Base

REQ015 - O sistema deve receber os dados coletados de uma memória flash.

REQ015.1 - O sistema deve verificar a consistência dos dados recebidos.

REQ016 - O sistema deve armazenar os dados recebidos em um banco de dados.

REQ017 - O sistema deve avisar ao usuário caso algum erro ocorra.

3.3.6 Requisitos Não-Funcionais do Servidor Base

REQ018 - O sistema deve possuir uma interface com o usuário.

REQ019 - O sistema deve garantir que informações corrompidas não sejam armazenadas no banco de dados.

3.3.7 Requisitos Funcionais do Servidor Web

REQ020 - O sistema deve autenticar o usuário.

REQ021 - O sistema deve buscar informações de consumo referentes à uma conta de usuário.

3.3.8 Requisitos Não-Funcionais do Servidor Web

REQ022 - O sistema deve possuir uma interface para a navegação dos usuários.

REQ023 - O sistema deve permitir o acesso através da internet.

3.3.9 Matriz de Necessidades x Requisitos

A matriz de relacionamento entre as necessidades e os requisitos mostra que todos os requisitos se originaram de pelo menos uma necessidade e não há necessidade que não tenha sido atendida por pelo menos um requisito.

Tabela 3.1: Matriz de Relacionamento Entre as Necessidades e os Requisitos.

	NES001	NES002	NES003	NES004	NES005	NES006
REQ001	x					
REQ002	x					
REQ003		x		x		
REQ004		x		x		
REQ005	x					
REQ006	x				x	
REQ007	x					
REQ008						x
REQ009	x			x		
REQ010		x				
REQ011		x				
REQ012					x	
REQ013					x	x
REQ014						x
REQ015		x			x	
REQ016		x			x	
REQ017						x
REQ018						x
REQ019					x	
REQ020			x			x
REQ021					x	x
REQ022						x
REQ023			x			

Fonte: autoria própria

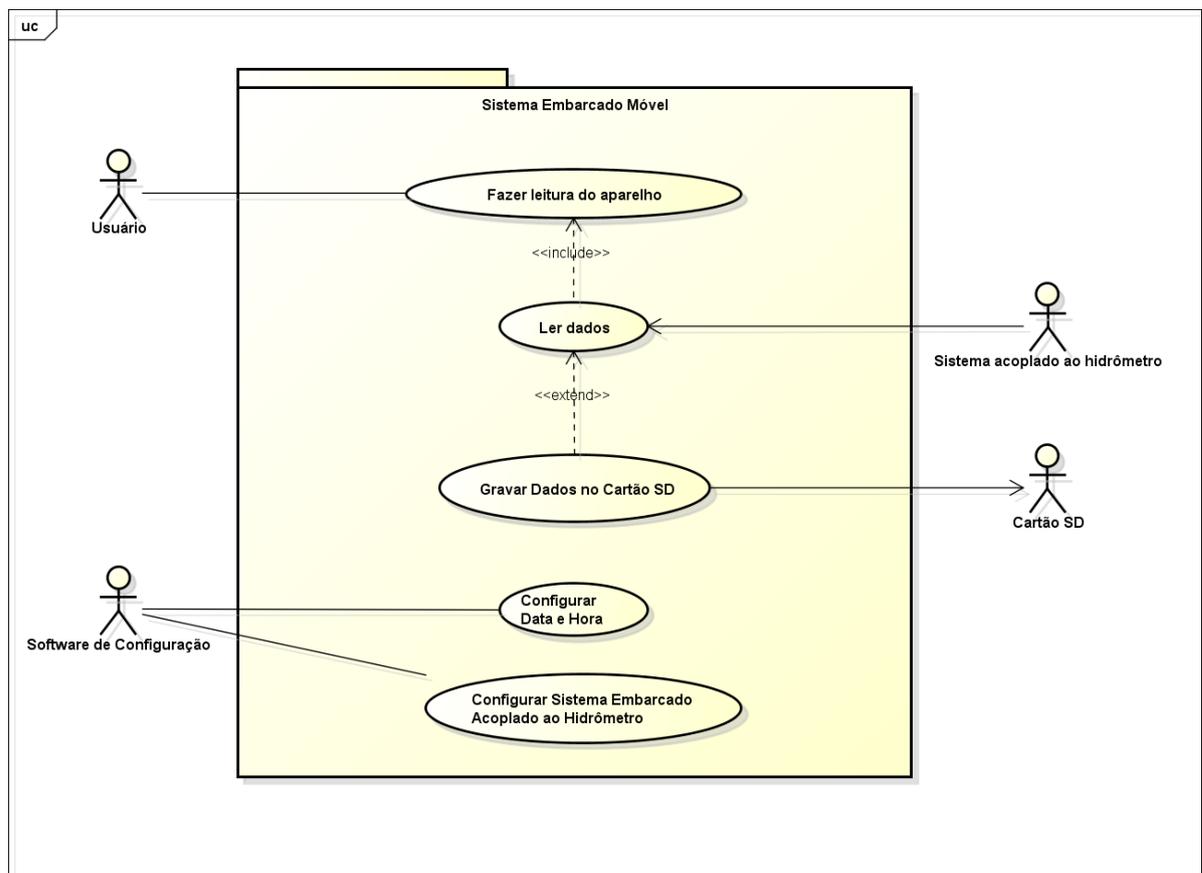
3.4 Diagramas de Casos de Uso

O diagrama de casos de uso é um diagrama UML que visa modelar as funcionalidades de um sistema de forma mais geral e informal, com base nas informações obtidas no levantamento de requisitos, e pode ser utilizado como base para outros diagramas mais

especializados. (Guedes, 2008)

3.4.1 Diagrama do Sistema Embarcado Móvel

A figura 3.2 mostra o diagrama de casos de uso do Sistema Embarcado Móvel e as Tabelas 3.2 à 3.6 detalham cada caso de uso.



powered by Astah

Figura 3.2: Diagrama de casos de uso do Sistema Embarcado Móvel.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.2: Caso de Uso: Fazer leitura do aparelho.

Nome:	Fazer leitura do aparelho.
Descrição:	Envia um pedido de leitura para um sistema acoplado ao hidrômetro e espera pela resposta contendo a leitura mais recente do hidrômetro.
Pré-condições:	- O dispositivo que será lido precisa estar na lista de dispositivos não lidos.
Pós-condições:	- Nenhuma.
Fluxo Básico:	<ul style="list-style-type: none"> - Enviar um pedido de leitura para um dispositivo não lido. - Espera a resposta do dispositivo por um período de tempo. - Recebe a resposta do dispositivo contendo a leitura do hidrômetro. - Lê dados. - Exibe para o usuário os dados recebidos e espera a confirmação de sua validade. - Após a confirmação, grava no cartão SD os dados criptografados.
Fluxo Alternativo:	<ul style="list-style-type: none"> - Enviar um pedido de leitura para um dispositivo não lido. - Espera a resposta do dispositivo por um período de tempo. - Após o término do período de tempo se não houve nenhuma resposta reenvia o pedido. - Espera novamente a resposta do dispositivo por um período de tempo. - Se a transmissão do pedido falhar três vezes, avisa ao usuário.
Fluxo Alternativo:	<ul style="list-style-type: none"> - Enviar um pedido de leitura para um dispositivo não lido. - Espera a resposta do dispositivo por um período de tempo. - Recebe a resposta do dispositivo contendo a leitura do hidrômetro. - Lê os dados. - Exibe para o usuário os dados recebidos e espera a confirmação de sua validade. - Se o usuário pedir uma releitura, refaz a leitura.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.3: Caso de Uso: Ler dados.

Nome:	Ler dados
Descrição:	Lê os dados recebidos do sistema acoplado ao hidrômetro e verifica a integridade das informações recebidas antes de gravar no cartão SD.
Pré-condições:	- Ter recebido os dados da leitura do hidrômetro.
Pós-condições:	- Nenhuma.
Fluxo Básico:	- Descriptografa a leitura recebida. - Verifica a integridade da mensagem para saber se ela não foi corrompida ou alterada. - Se os dados não estiverem corrompidos, exibe para o usuário os dados recebidos.
Fluxo Alternativo:	- Descriptografa a leitura recebida. - Verifica a integridade da mensagem para saber se ela não foi corrompida ou alterada. - Se os dados estiverem corrompidos envia um pedido de nova leitura.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.4: Caso de Uso: Gravar dados no cartão SD.

Nome:	Gravar dados no cartão SD
Descrição:	Grava os dados da leitura no cartão SD.
Pré-condições:	- Dados não corrompidos e aprovados pelo usuário.
Pós-condições:	- Nenhuma.
Fluxo Básico:	- Grava o arquivo no cartão SD. - Verifica se os dados foram gravados. - Se o arquivo foi gravado corretamente, avisa ao usuário.
Fluxo Alternativo:	- Grava o arquivo no cartão SD. - Verifica se o arquivo foi gravado corretamente. - Se não, tenta gravar novamente.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.5: Caso de Uso: Configurar Data e Hora.

Nome:	Configurar Data e Hora
Descrição:	Configura Data e Hora no RTC.
Pré-condições:	- Flag de RTC desconfigurado ativa.
Pós-condições:	- Flag de RTC desconfigurado desativada.
Fluxo Básico:	<ul style="list-style-type: none"> - Conecta o dispositivo ao computador - Seleciona no software de configuração a opção de Data e Hora. - Escolhe Data e Hora. - Salva Data e Hora.
Fluxo Alternativo:	<ul style="list-style-type: none"> - Erro de conexão com o dispositivo. - Exibe mensagem de erro. - Tenta novamente caso solicitado.

Fonte: Autoria Própria

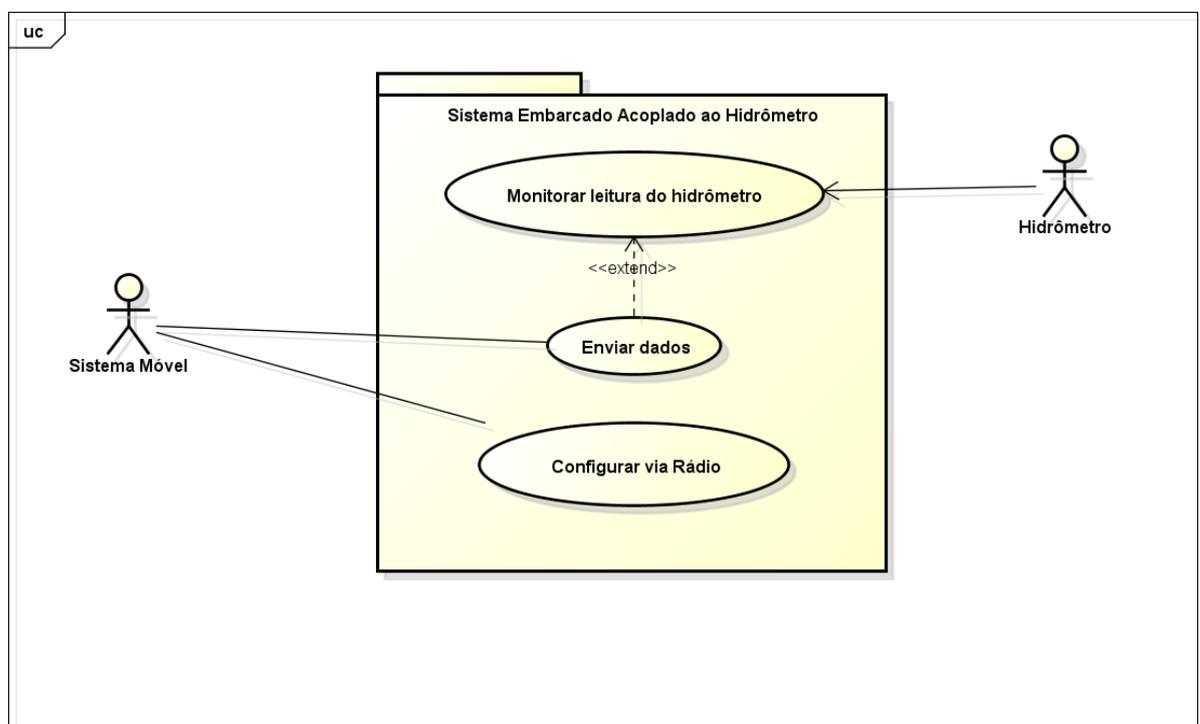
Tabela 3.6: Caso de Uso: Configurar Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

Nome:	Configurar Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro
Descrição:	Configura flag de validação, informações do usuário, valor de leitura inicial.
Pré-condições:	- Nenhuma.
Pós-condições:	- Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro configurado.
Fluxo Básico:	<ul style="list-style-type: none"> - Conecta o Sistema Embarcado Móvel ao computador. - Seleciona no software de configuração a opção de configurar o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro. - Seleciona a configuração desejada. - Salva Configuração.
Fluxo Alternativo:	<ul style="list-style-type: none"> - Erro de conexão com algum dos dispositivos. - Exibe mensagem de erro. - Tenta novamente caso solicitado.

Fonte: Autoria Própria

3.4.2 Diagrama do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

A Figura 3.3 mostra o diagrama de casos de uso do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro e as Tabelas 3.7 à 3.9 detalham os casos de uso.



powered by Astah

Figura 3.3: Diagrama de casos de uso do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.7: Caso de Uso: Monitorar leitura do hidrômetro.

Nome:	Monitorar leitura do hidrômetro
Descrição:	Monitora constantemente o consumo de água contabilizado pelo hidrômetro.
Pré-condições:	Nenhum.
Pós-condições:	Atualiza o consumo de água contabilizado pelo hidrômetro.
Fluxo Básico:	<ul style="list-style-type: none"> - Espera por um sinal elétrico da saída pulsada do hidrômetro. - Quando um pulso for detectado, incrementar o contador de consumo. - Volta a esperar por um novo pulso.
Fluxo Alternativo:	Não há fluxo alternativo.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.8: Caso de Uso: Enviar dados.

Nome:	Enviar dados
Descrição:	Envia os dados referentes à leitura do hidrômetro e os dados do dispositivo.
Pré-condições:	Nenhum.
Pós-condições:	Nenhum.
Fluxo Básico:	<ul style="list-style-type: none"> - Recebe o pedido de leitura. - Envia os dados da leitura do hidrômetro. - Espera a confirmação do recebimento dos dados. - Se a confirmação for recebida, marca a nova data como última leitura.
Fluxo Alternativo:	<ul style="list-style-type: none"> - Recebe o pedido de leitura. - Envia os dados da leitura do hidrômetro. - Espera a confirmação do recebimento dos dados. - Se a confirmação não for recebida, pede novamente pela confirmação.

Fonte: Autoria Própria

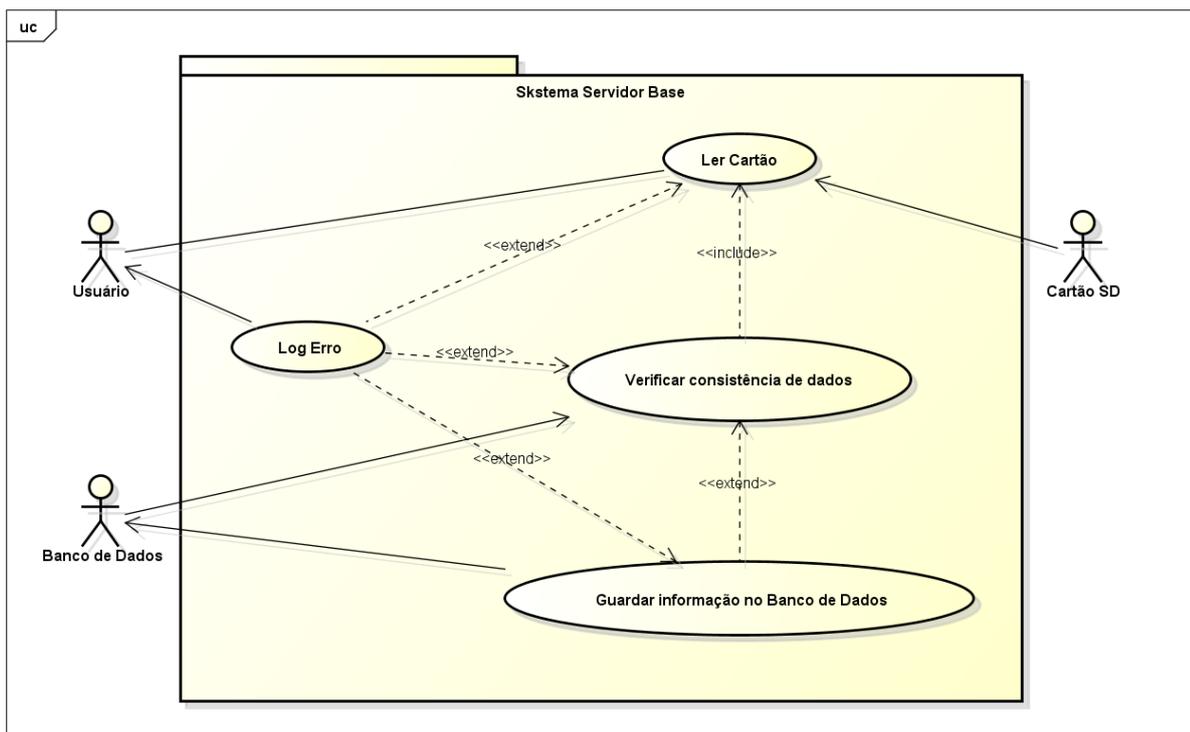
Tabela 3.9: Caso de Uso: Configurar via Rádio.

Nome:	Configurar via Rádio
Descrição:	Configura flag de validade, informações do usuário e valor inicial de leitura.
Pré-condições:	Sinal do Sistema Embarcado Móvel.
Pós-condições:	O Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro configurado.
Fluxo Básico:	<ul style="list-style-type: none"> - Recebe o pacote de configuração do Sistema Embarcado Móvel. - Configura como solicitado. - Envia ack de confirmação.
Fluxo Alternativo:	Não há fluxos alternativos.

Fonte: Autoria Própria

3.4.3 Diagrama do Servidor Base

A Figura 3.4 mostra o diagrama de casos de uso do Servidor Base e as Tabelas 3.10 à 3.13 detalham os casos de uso.



powered by Astah

Figura 3.4: Diagrama de casos de uso do Servidor Base.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.10: Caso de Uso: Ler cartão.

Nome:	Ler cartão
Descrição:	Lê todos os arquivos criptografados do cartão SD.
Pré-condições:	- Haver um cartão para leitura. - Haver um arquivo para leitura.
Pós-condições:	Nenhuma.
Fluxo Básico:	- O usuário seleciona o cartão SD que contém os arquivos. - O servidor procura pelo arquivo criptografado com os dados. - Se ele encontrar o arquivo, faz uma cópia para o servidor.
Fluxo Alternativo:	- O usuário seleciona o cartão SD que contém os arquivos. - O servidor procura pelo arquivo criptografado com os dados. - Se ele não encontrar o arquivo, faz um log de erro.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.11: Caso de Uso: Verificar consistência dos dados.

Nome:	Verificar consistência dos dados
Descrição:	Verifica se os dados do arquivo não foram corrompidos ou não pertencem ao sistema TDH2014.
Pré-condições:	- Dados gravados.
Pós-condições:	- Nenhuma.
Fluxo Básico:	- Verifica se os dados foram corrompidos. - Se os dados não foram corrompidos, envia para o banco de dados.
Fluxo Alternativo:	- Verifica se os dados foram corrompidos. - Se os dados foram corrompidos, gera um log de erro.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.12: Caso de Uso: Guardar informações no banco de dados.

Nome:	Guardar informações no banco de dados
Descrição:	Armazena os dados no banco de dados.
Pré-condições:	- Dados não corrompidos.
Pós-condições:	- Nenhuma.
Fluxo Básico:	- Tenta armazenar as informações no banco de dados. - Se as informações forem armazenadas com sucesso, informar ao usuário.
Fluxo Alternativo:	- Tenta armazenar as informações no banco de dados. - Se as informações não puderem ser armazenadas no banco de dados, gera log de erro.

Fonte: Autoria Própria

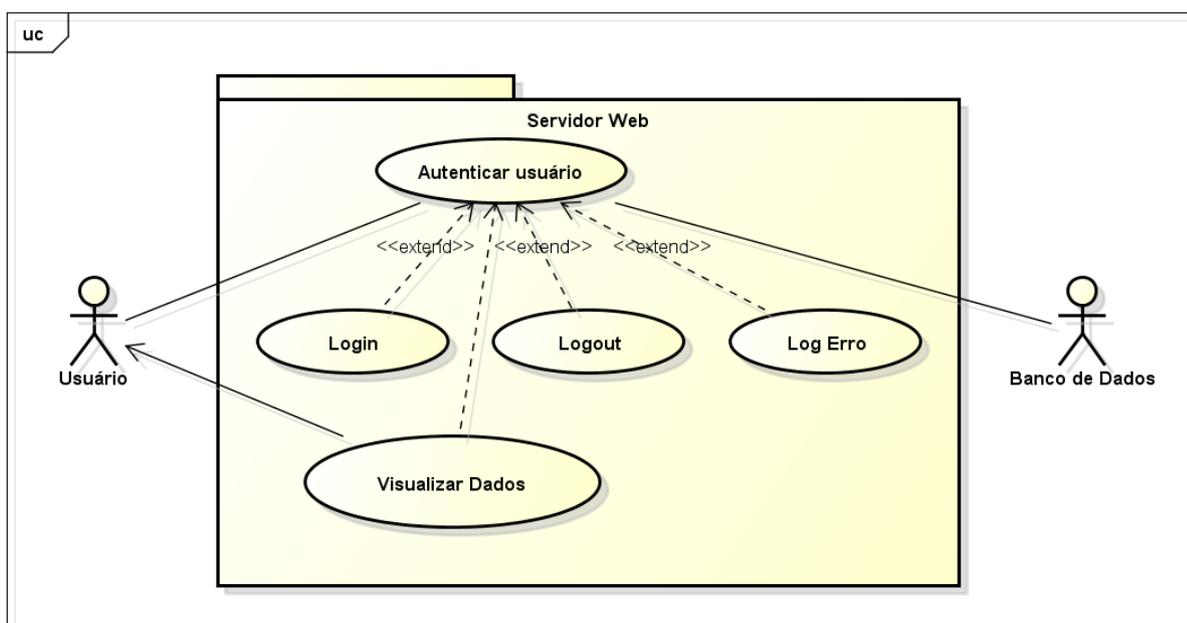
Tabela 3.13: Caso de Uso: Log Erro.

Nome:	Log Erro
Descrição:	Informa ao usuário qual o problema que ocorreu durante o processo e quais as possíveis soluções para o problema.
Pré-condições:	- Ocorrência de um problema.
Pós-condições:	- Usuário ciente do problema ocorrido e de uma possível solução.
Fluxo Básico:	- Encontra um problema em algum ponto do processo. - Procura a causa. - Busca uma solução. - Informa ao usuário sobre o problema, a sua causa e a sua possível solução.
Fluxo Alternativo:	- Não há fluxo alternativo.

Fonte: Autoria Própria

3.4.4 Diagrama do Servidor Web

A figura 3.5 mostra o diagrama de casos de uso do Servidor Web e as Tabelas 3.14 à 3.18 detalham cada caso de uso.



powered by Astah

Figura 3.5: Diagrama de casos de uso do Servidor Web.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.14: Caso de Uso: Autenticar usuário.

Nome:	Autenticar usuário
Descrição:	Autentica o usuário do servidor HTTP.
Pré-condições:	- Usuário precisa possuir uma conta no servidor HTTP.
Pós-condições:	- Nenhuma.
Fluxo Básico:	- Tenta autenticar o usuário. - Se o usuário for autenticado, permite que ele visualize os dados referentes a sua conta.
Fluxo Alternativo:	- Tenta autenticar o usuário. - Se o usuário não for autenticado, gera um log de erro.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.15: Caso de Uso: Login.

Nome:	Login
Descrição:	Efetua o login do usuário
Pré-condições:	- Ter uma conta no servidor HTTP.
Pós-condições:	- Nenhuma.
Fluxo Básico:	- Tenta efetuar o login do usuário. - Se o login for efetuado, permite ao usuário acessar as informações de sua conta.
Fluxo Alternativo:	- Tenta efetuar o login do usuário. - Se o login não puder ser efetuado, gera um log de erro.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.16: Caso de Uso: Logout.

Nome:	Logout
Descrição:	Efetua o logout do usuário.
Pré-condições:	- Usuário estar logado em sua conta.
Pós-condições:	- Nenhuma.
Fluxo Básico:	- Tenta efetuar o logout do usuário. - Se o logout for efetuado, o usuário desconecta do servidor.
Fluxo Alternativo:	- Não há fluxo alternativo.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.17: Caso de Uso: Visualizar dados.

Nome:	Visualizar dados
Descrição:	Exibe para o usuário as informações referentes ao consumo de sua conta.
Pré-condições:	- Usuário estar logado em sua conta.
Pós-condições:	- Nenhuma.
Fluxo Básico:	- Sistema busca pelas informações que o usuário tem permissão para visualizar. - Exibe ao usuário as informações.
Fluxo Alternativo:	- Não há fluxo alternativo.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.18: Caso de Uso: Log Erro.

Nome:	Log Erro
Descrição:	Informa ao usuário qual o problema que ocorreu durante o processo e quais as possíveis soluções para o problema.
Pré-condições:	- Ocorrência de um problema.
Pós-condições:	- Usuário ciente do problema ocorrido e de uma possível solução.
Fluxo Básico:	<ul style="list-style-type: none"> - Encontra um problema em algum ponto do processo. - Procura a causa. - Busca uma solução. - Informa ao usuário sobre o problema, a sua causa e a sua possível solução.
Fluxo Alternativo:	- Não há fluxo alternativo.

Fonte: Autoria Própria

3.5 Considerações do Capítulo

O levantamento dos requisitos do sistema permitiu definir melhor as funcionalidades e onde elas são aplicadas. Com isso foi possível construir os diagramas de casos de uso para o desenvolvimento do projeto.

Os diagramas de caso de uso permitiram visualizar as interações entre os atores e suas respectivas funções.

4 — Desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto foi dividido nas seguintes partes: construção da parte estrutural, integração das partes eletrônicas, desenvolvimento do software e modelagem e implementação do protocolo de comunicação entre os sistemas.

4.1 Estrutura do Sistema

Para desenvolver o sistema de telemetria do hidrômetro residencial foi desenvolvido a seguinte estrutura:

1. **Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro** é responsável por adquirir e acumular os pulsos e comunicar com o Sistema Embarcado Móvel e formar rede MESH com os demais aparelhos da rede.
2. **Sistema Embarcado Móvel** é utilizado pelo leitorista e é capaz de receber a informação do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro e guardá-la para envio ao servidor.
3. **Servidor Base** é responsável por receber toda informação lida pelo Sistema Embarcado Móvel e guardá-la em um banco de dados, fazendo com que todos os registros possam ser auditados e consultados posteriormente.
4. **Servidor Web** é responsável por disponibilizar o acesso a informação de consumo de água ao consumidor armazenado no Servidor Base.

Pode-se observar a estrutura do sistema no diagrama de blocos na figura 4.1.

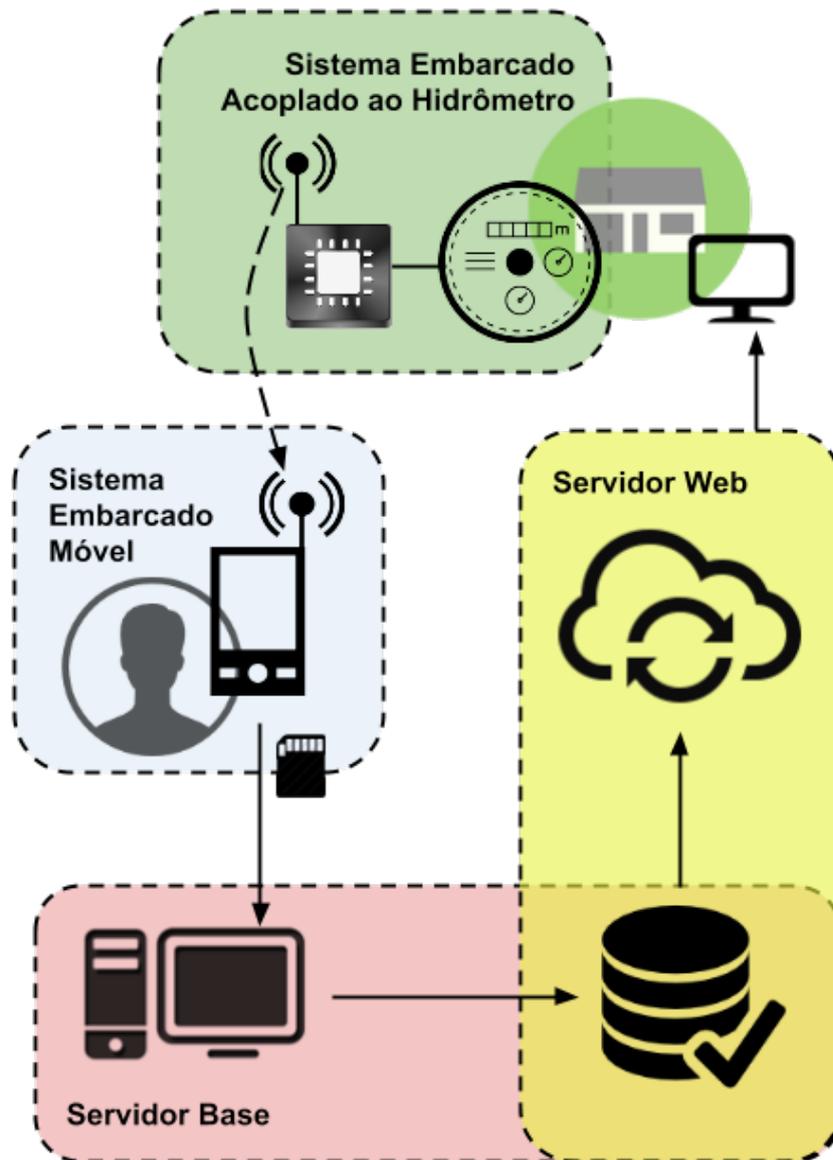


Figura 4.1: Diagrama de blocos da estrutura do sistema.

Fonte: Autoria Própria

4.2 Integração das Partes Eletrônicas

A integração foi dividida em duas partes, uma para cada sistema embarcado.

4.2.1 Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Essa parte do sistema tem como objetivo contar os pulsos gerados durante o consumo, de forma a converter o volume aferido pelo hidrômetro analógico em uma in-

formação digital e enviar os dados de leitura ao Sistema Embarcado Móvel.

4.2.1.1 Componentes

Para o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro foram escolhidos os seguintes componentes:

Um hidrômetro multijato Delta MTF de vazão nominal de $1,5 \text{ m}^3/h$ com saída Reed Switch, atendendo aos requisitos REQ001 e REQ007.1. Foi escolhido dentre as demais opções do mercado por possuir um custo mais baixo buscando evitar o Risco 3 apresentado na Tabela 6.5 e por ser distribuído nacionalmente buscando evitar o Risco 1 apresentado na Tabela 6.3.

Um kit de desenvolvimento STM32VLDISCOVERY que inclui um microcontrolador STM32F100RTB6B, detalhado na Tabela 4.1, o qual atende aos requisitos REQ001, REQ002, REQ003 e REQ005. Foi escolhido entre as demais opções do mercado, pois além de atender tecnicamente, foram cedidas três unidades gratuitamente à equipe pelo orientador, evitando o Risco 3 apresentado na Tabela 6.5 e o Risco 2 apresentado na Tabela 6.4.

Tabela 4.1: Características do STM32F100RTB6B.

Parâmetro	Valor
Tipo de Memória de Programa	<i>Flash</i>
Memória de Programa (KB)	128
Velocidade da CPU (DMIPS)	30
Bytes de RAM	8k
Periféricos de Comunicação Digital	DMA, PDR, POR, PVD, PWM, Sensor de Temperatura, WDT
<i>Timers</i>	9 x 16-bit, 2 <i>watchdogs</i> , 1 x <i>Systick</i> 24-bits contador regressivo
ADC	16 canais, 1 x 12-bit
Faixa de Temperatura (C)	-40 to 85
Faixa de Tensão (V)	2 to 3.6
Número de Pinos	64

Fonte: STM32F100RxB STMicroelectronics (2012)

Um módulo de comunicação que utiliza o protocolo ZigBee, pois como pode-se observar na Tabela 2.1 é o que melhor atende ao requisito REQ005. Este módulo também atende aos requisitos REQ003, REQ004 e REQ005. Dentre os possíveis módulos levantados na Tabela 4.2 o Xbee foi escolhido por ser a opção de menor custo ajudando a evitar o Risco 3 apresentado na Tabela 6.5 e como é distribuído no Brasil ajuda a evitar o Risco 1 apresentado na Tabela 6.3.

Tabela 4.2: Comparação entre os diferentes tipos de ZigBee.

	XBee	XBee Pro	UBee Max
Potência	1, 25mW	63mW	150mW
Alcance	1, 2km	3, 6km	1, 3km
Corrente de transmissão	45mA	215mA	300mA
Corrente de Recepção	50mA	55mA	30mA
Sensibilidade	-92dBm	-100dBm	-102dBm

Fonte: Alliance (2006)

Uma bateria reserva portátil Power Bank que atende ao requisito REQ006. Foi escolhida dentre as demais opções de mercado devido aos integrantes da equipe já possuírem previamente este equipamento. Evita o Risco 1 apresentado na Tabela 6.3 e o Risco 3 apresentado na Tabela 6.5.

A Figura 4.2 mostra a integração dos componentes do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

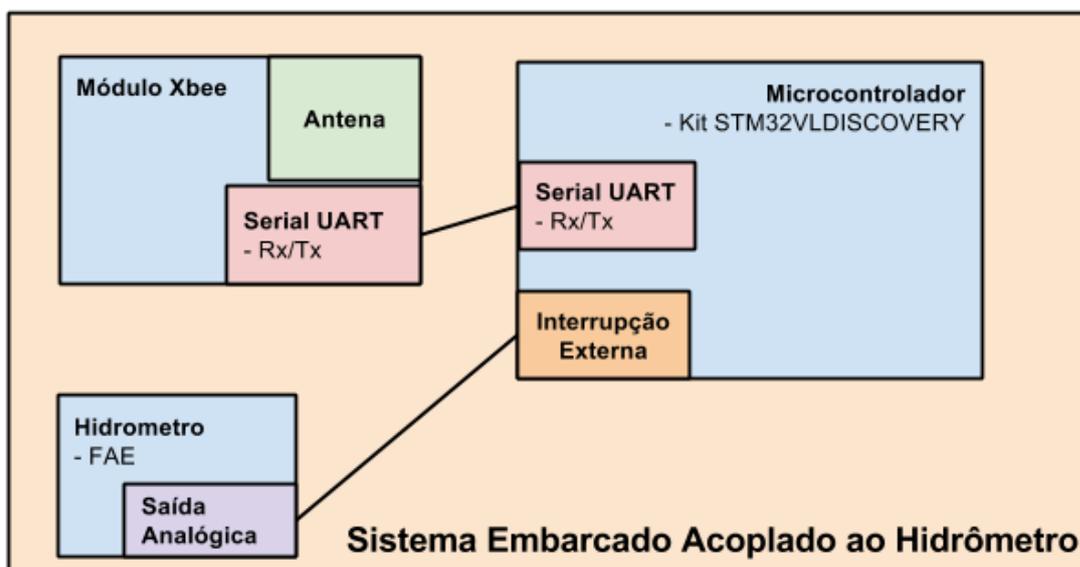


Figura 4.2: Diagrama de blocos do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

Fonte: Autoria Própria

No esquemático, apresentado na Figura 4.3, é possível visualizar a forma como o Reed Switch do hidrômetro e o módulo XBee foram integrados ao kit de desenvolvimento.

A chave magnética foi ligada em paralelo a um botão já existente no kit de desenvolvimento, pois nesse circuito já existia um resistor de *Pull-Down*.

O XBee é alimentado através do kit de desenvolvimento e para a comunicação, foram interligadas as portas da interface serial dos dois módulos.

A bateria auxiliar foi conectada ao Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro, intermediando a fonte de alimentação AC/DC e o kit de desenvolvimento, conforme mostra o esquemático na Figura 4.4.

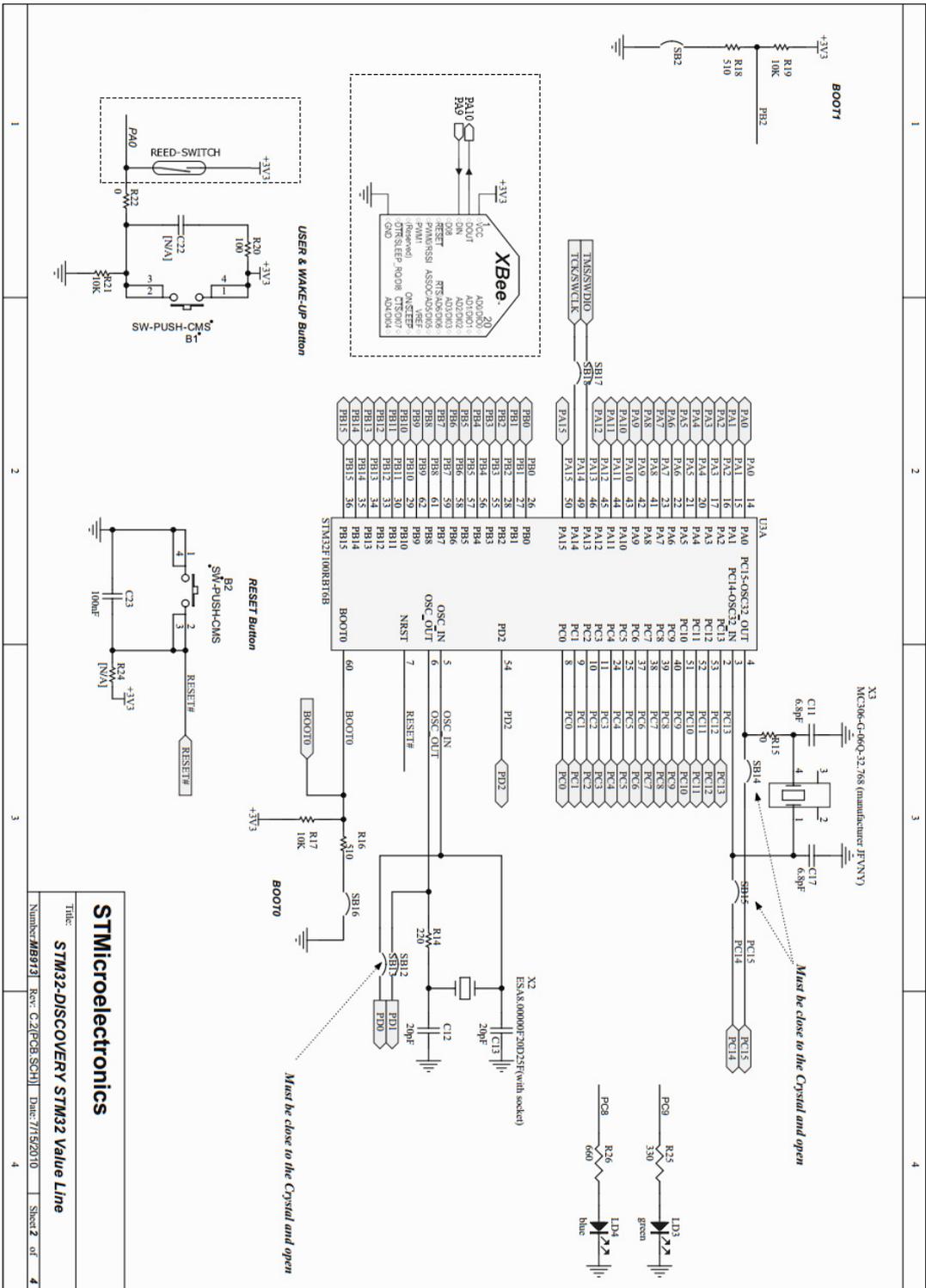


Figura 4.3: Esquemático parcial do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

Fonte: Adaptado de STMicroelectronics (2011)

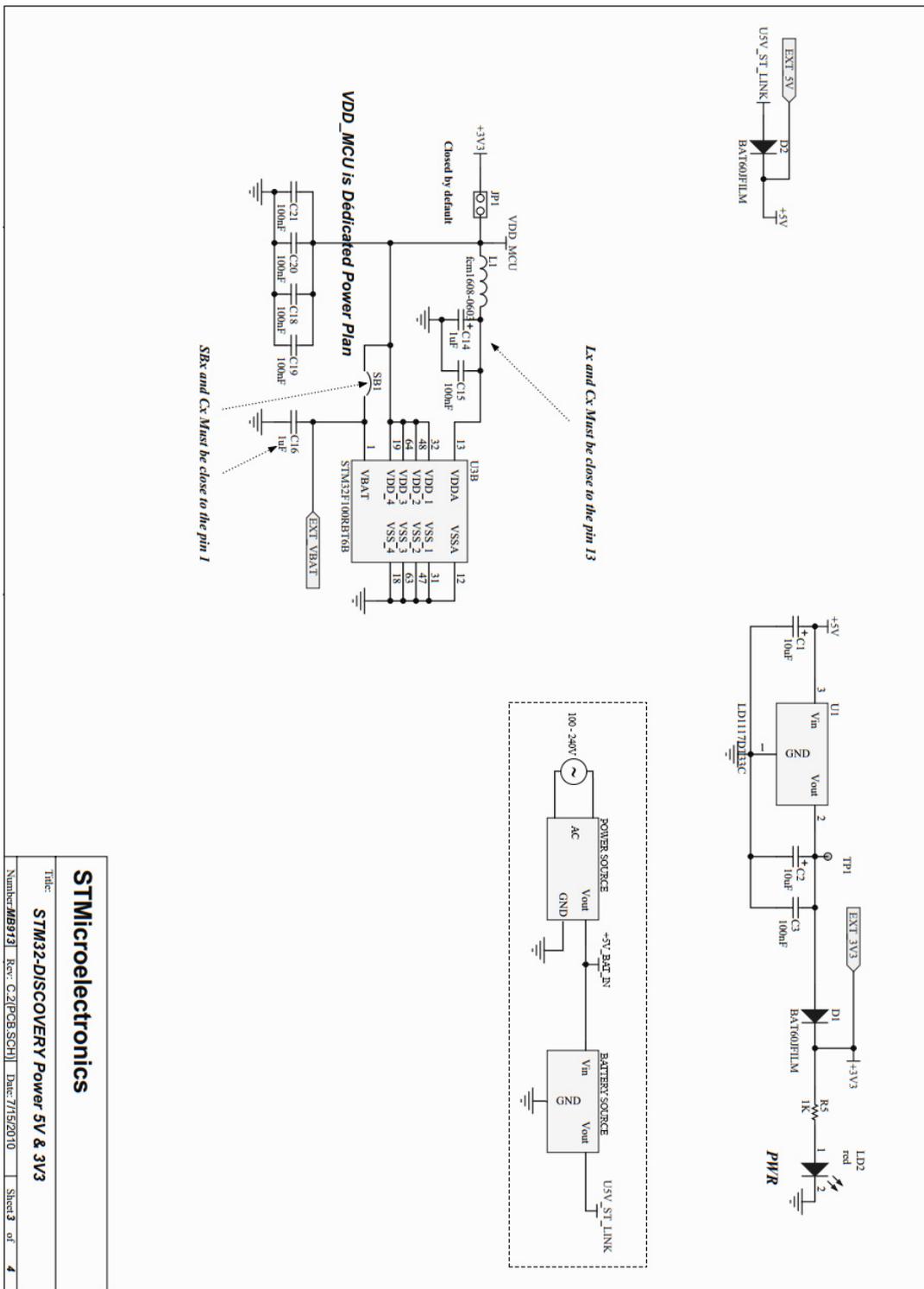


Figura 4.4: Esquemático parcial do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

Fonte: Adaptado de STMicroelectronics (2011)

As Figuras 4.5 e 4.6 mostram o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.



Figura 4.5: Foto do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro fechado.

Fonte: Aatoria Própria

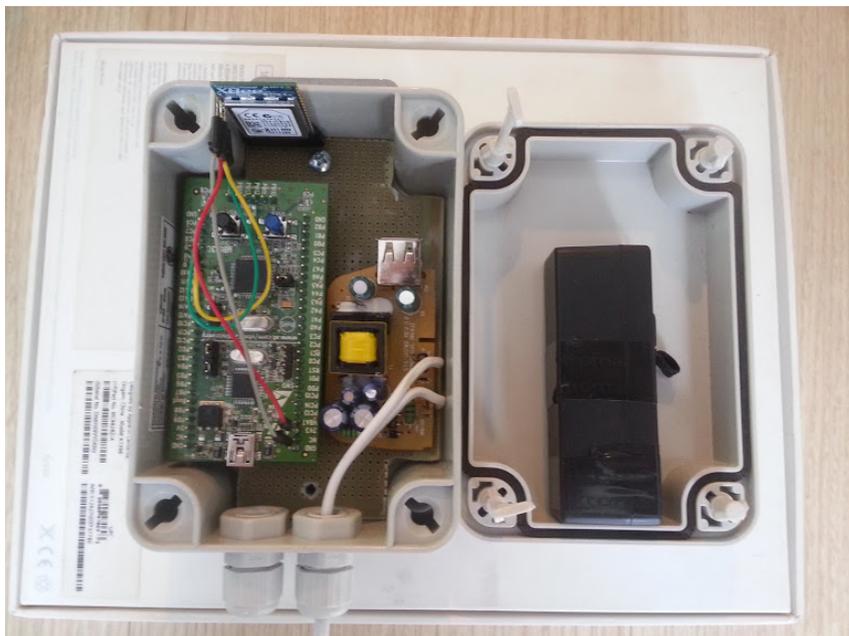


Figura 4.6: Foto do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro aberto.

Fonte: Aatoria Própria

4.2.1.2 Firmware

Para o desenvolvimento do firmware do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro foi escolhida a linguagem C a fim de reduzir o Risco 5 apresentado na Tabela 6.7, pois a

equipe já está familiarizada com essa linguagem.

Para que o dispositivo atenda aos requisitos REQ001, REQ002 e REQ003 foram programadas as seguintes funcionalidades do microcontrolador:

- Uma interface de comunicação serial (UART);
- Pinos de entrada/saída (GPIO) e Interrupções;
- *Timers*.

Para configuração do microcontrolador e afim de evitar o Risco 5 apresentado na Tabela 6.7 foram utilizadas bibliotecas padrão de periféricos (*Standard Peripheral Library*) disponibilizadas pelo próprio fabricante, o que facilita a configuração dos registradores que controlam os periféricos embutidos. Foi configurado para utilizar um oscilador externo de 8MHz e utilizado o multiplicador interno para trabalhar na frequência de 72MHz.

A interface serial foi configurada para trabalhar com *baud rate* (taxa de bit) 9600 bps, 8 bits de *word length* (tamanho da palavra), 1 *stop bit* (bit de parada), sem paridade e sem controle de fluxo. Foi habilitada a interrupção dessa interface, a qual foi configurada para que seja tratada quando a fila de recepção receba algum byte, quando o último byte da fila de transmissão for enviado e quando o periférico detectar algum erro. Para o funcionamento da serial foi desenvolvido um *buffer* circular para os dados a serem enviados e outro para os dados recebidos.

Foi utilizado o *timer SysTick* para determinar o fim de um pacote quando não receber nenhum novo byte após 40 milissegundos. A detecção de fim de pacote foi programada dessa forma, pois não foi definido um preâmbulo no protocolo de comunicação.

Após receber o pacote são verificados os últimos dois bytes para confirmar a integridade dos dados recebidos e somente após a verificação são analisados os dados do pacote e realizada a rotina específica, podendo ser a de envio de leitura, registro do *timestamp* da última leitura salva ou registro dos dados do consumidor que utilizará o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

Para a detecção dos pulsos gerados pelo hidrômetro foi configurado um pino de entrada/saída. Para trabalhar como uma entrada, foi habilitado uma interrupção externa e configurada para ser chamada quando o pino de entrada mudar de nível. Como trata-se de um sinal e o mesmo pode sofrer ruídos, foi escrito um software *debounce*. A cada pulso gerado é incrementado um contador em memória volátil.

Apenas para fins de diagnóstico visual, foi programado para que um LED mude de estado a cada pulso recebido.

A Figura 4.7 mostra o diagrama de estados do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

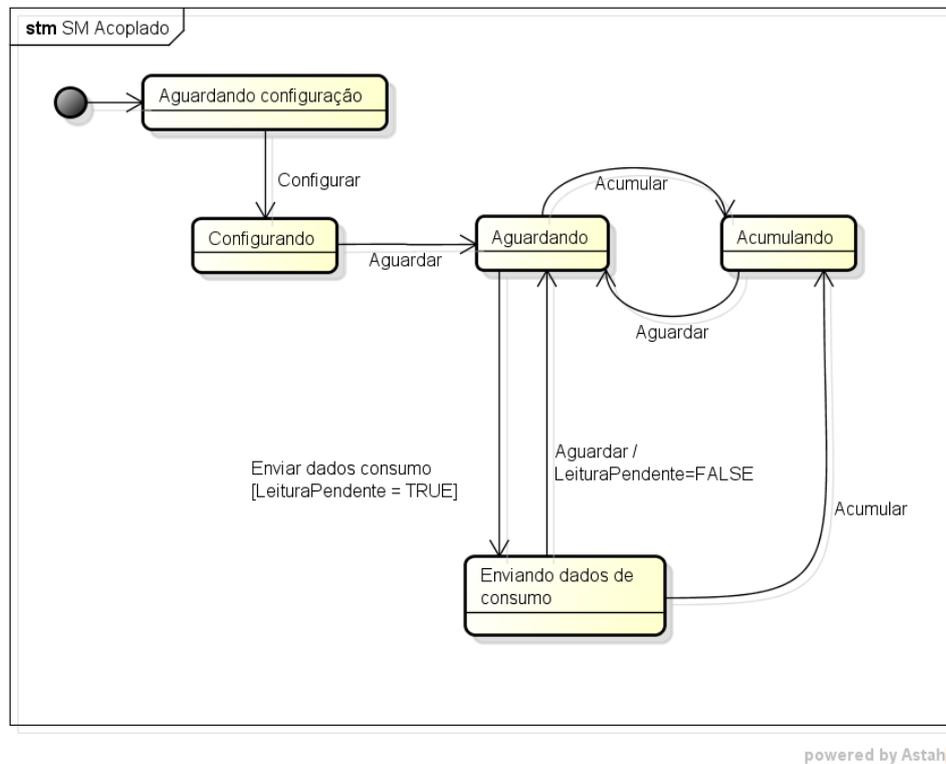


Figura 4.7: Diagrama de estados do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

Fonte: Autoria Própria

Quando o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro é iniciado, ele entra no estado Aguardando Configuração, onde aguarda o envio de suas configurações: o ID do consumidor, o endereço e o valor da leitura registrada pelo relógio do hidrômetro em número de pulsos.

Após o recebimento dessas informações, o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro passa para o estado Configurando, enquanto armazena as informações na memória.

Depois que a inicialização do dispositivo é concluída, o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro entra no estado Aguardando, onde aguarda por dois tipos de eventos diferentes: a interrupção gerada pelo pulso do hidrômetro e a requisição de envio para o Sistema Embarcado Móvel.

Quando o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro recebe o pulso gerado, ele passa para o estado Acumulando, onde acumula o pulso ao número de pulsos registrados

na memória. Em seguida ele retorna ao estado Aguardando.

Caso o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro receba uma requisição de leitura, a variável `LeituraPendente` se torna `TRUE` e, quando o estado do sistema for `Aguardando`, o estado passa a ser `Enviando Dados de Consumo`. Após o término do envio dos dados, a variável `LeituraPendente` volta a ser `FALSE` e o estado passa a ser `Aguardando` novamente.

Se um pulso ocorrer durante o estado `Enviando Dados de Consumo`, o envio é interrompido e o sistema vai para o estado `Acumulando`, onde o pulso é contabilizado, e retorna para o estado `Aguardando` e depois para o estado `Enviando Dados de Consumo`, onde o envio é retomado.

4.2.2 Sistema Embarcado Móvel

O objetivo deste sistema é facilitar ao leiturista o acesso aos dados, os quais serão coletados através de rede sem fio e, posteriormente, descarregados no Servidor Base.

4.2.2.1 Componentes

Para o Sistema Embarcado Móvel foram escolhidos os seguintes componentes:

Um kit de desenvolvimento que inclui um microcontrolador `STM32F103RTB6`, detalhado na Tabela 4.3, um TFT LCD, cuja comparação de preço com outros displays semelhante pode ser encontrada na Tabela 4.4, uma interface para cartão `microSD` e um RTC. O kit de desenvolvimento atende aos requisitos `REQ008` e `REQ013`, devido ao TFT LCD, ao `REQ011`, por sua interface para cartão `microSD`, ao `REQ012`, pelo módulos RTC, e seu formato compacto também contribui significativamente ao requisito `REQ014`. A sua distribuição nacional reduz o Risco 1, listado na Tabela 6.3, e a integração entre diversos componentes de hardware necessários para o projeto reduz o Risco 5, mostrado na Tabela 6.7, porém essa mesma integração aumenta significativamente o impacto do Risco 2, apresentado na Tabela 6.4.

Tabela 4.3: Características do STM32F103RTB6.

Parâmetro	Valor
<i>Tipo de Memória de Programa</i>	<i>Flash</i>
Memória de Programa (KB)	128
Velocidade da CPU (DMIPS)	90
Bytes de RAM	20k
Periféricos de Comunicação Digital	DMA, Controle de Motor PWM, PDR, POR, PVD, PWM, Sensor de Temperatura, WDT
<i>Timers</i>	1 x 16-bit PWM, 3 x 16-bit, 2 <i>watchdogs</i> , 1 x <i>Systick</i> 24-bits <i>downcounter</i>
ADC	16 canais, 2 x 16-bit
USB (canais, velocidade)	1, <i>Full Speed</i> USB 2.0
Faixa de Temperatura (°C)	-40 to 85
Faixa de Tensão (V)	2 to 3.6
Número de Pinos	64

Fonte: STM32F103Rx6 STMicroelectronics (2013)

Tabela 4.4: Comparação entre os diferentes tipos de Displays LCD

	Tempo de entrega	Localização	Custo
LCD 16x2	1 dia	Brasil	R\$30,00
LCD 16x2	15-45 dias	EUA	R\$23,00
GLCD 160x80	3 dias	Brasil	R\$130,00
GLCD 160x80	15-45 dias	EUA	R\$70,00
GLCD 320x240	15-45 dias	EUA	R\$90,00
TFT LCD 320x240 2.8"	15-45 dias	EUA	R\$85,00

Fonte: Autoria Própria

Um módulo de comunicação XBee foi escolhido para o Sistema Embarcado Móvel também, pois ele atende aos requisitos REQ009 e REQ010. E, como apresentado na seção 4.2.1.1 ele ajuda a evitar os Riscos 1 e 3, apresentados nas Tabelas 6.3 e 6.5 respectivamente.

Uma bateria portátil Power Bank foi escolhida pelos motivos citados na seção 4.2.1.1.

A estrutura do Sistema Embarcado Móvel pode ser observada no diagrama de blocos da Figura 4.8.

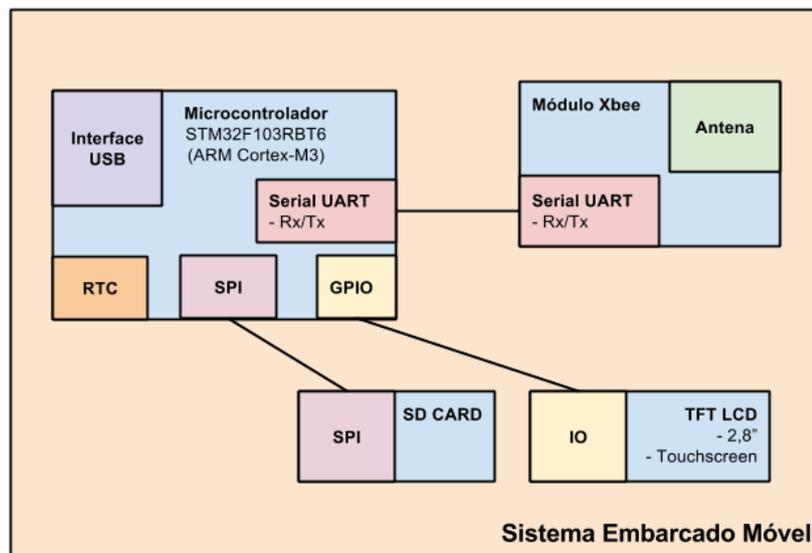


Figura 4.8: Diagrama de blocos do Sistema Embarcado Móvel.

Fonte: Aatoria Própria

Na Figura 4.9 é possível visualizar como os pinos do microcontrolador estão identificados e na Figura 4.10 consegue-se ver onde esses pinos estão conectados.

Como o Display TFT está em uma placa diferente do microcontrolador os pinos para comunicação com o Display e com o circuito responsável pelo reconhecimento do toque na superfície estão sendo conectados a uma barra de pinos (J1).

Para fazer a comunicação com o computador, a interface serial escolhida passa por um componente (U2) que converte o sinal enviado pelo microcontrolador para enviar pela USB.

O XBee é alimentado através do kit de desenvolvimento e para a comunicação, foram interligadas as portas da interface serial dos dois módulos.

O cartão de memória é ligado diretamente no microcontrolador, através do *socket* já montado na placa. O cartão está conectado nos mesmos pinos da interface *touchscreen* (SP1_MOSI, SP1_MISO e SP1_SCK) e é possível definir com quem está se comunicando através do pino de *chip select*.

No kit de desenvolvimento há outros componentes e funcionalidades que não são

tão relevantes ao projeto, como a memória EEPROM, botões e um divisor resistivo para usar com um conversor analógico digital do microcontrolador.

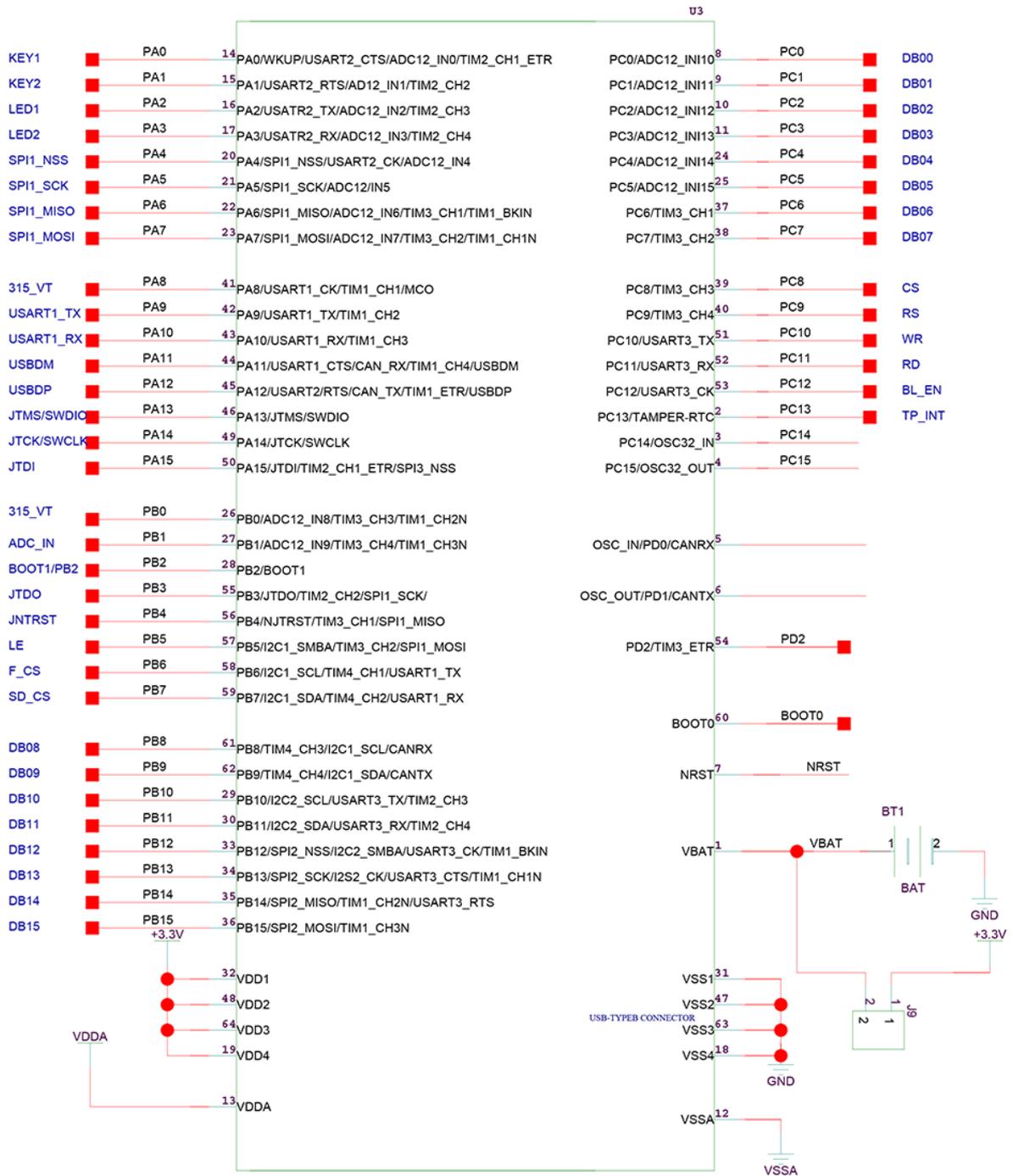


Figura 4.9: Esquemático parcial do Sistema Embarcado Móvel.

Adaptado do documento fornecido pelo distribuidor

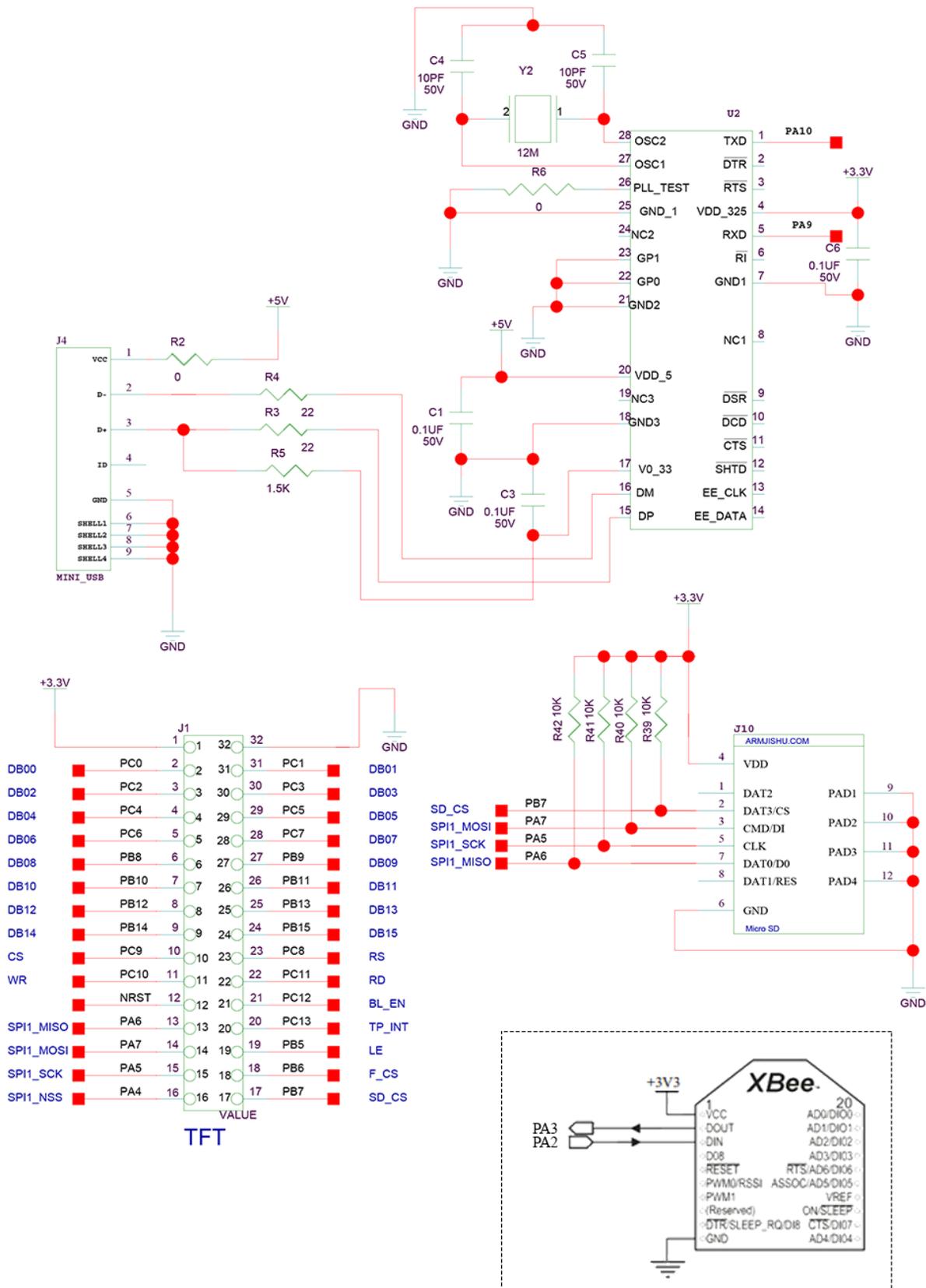


Figura 4.10: Esquemático parcial do Sistema Embarcado Móvel.

Adaptado do documento fornecido pelo distribuidor

A Figura 4.11 mostra o Sistema Embarcado Móvel.

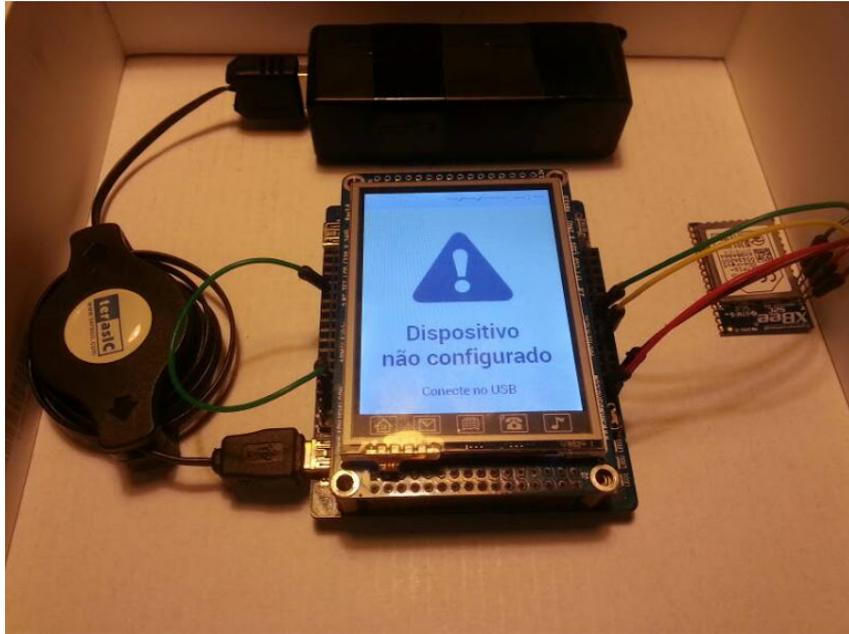


Figura 4.11: Foto do Sistema Embarcado Móvel.

Fonte: Autoria Própria

4.2.2.2 Firmware

Para que todos os periféricos funcionem foram configurados no microcontrolador os seguintes periféricos:

- Duas interfaces de comunicação serial (UART);
- Uma interface SPI;
- Pinos de entrada e saída (GPIO);
- Interrupções.

Foi utilizada uma biblioteca já desenvolvida para codificação do microcontrolador e assim facilitar a configuração de registradores e dos periféricos. Também foram usadas bibliotecas para trabalhar com a interface *touchscreen*, com o *display* LCD e com o cartão de memória. A primeira foi disponibilizada pelo fabricante STMicroelectronics, para o *display* e para a interface *touchscreen* as bibliotecas acompanharam o kit e para trabalhar com sistemas de arquivos e com o cartão SD utilizamos a biblioteca ChaN (2011).

A comunicação entre o microcontrolador e o LCD foi realizada via comunicação paralela, e com o cartão SD foi realizada via SPI, onde o microcontrolador está em modo mestre e o SD em modo escravo.

A comunicação com a módulo XBee é realizada via UART e a transmissão sem fio utiliza-se do protocolo de comunicação ZigBee com uma camada adicional, a qual será detalhada na seção 4.4.

A Figura 4.12 mostra o diagrama de estados do Sistema Embarcado Móvel.

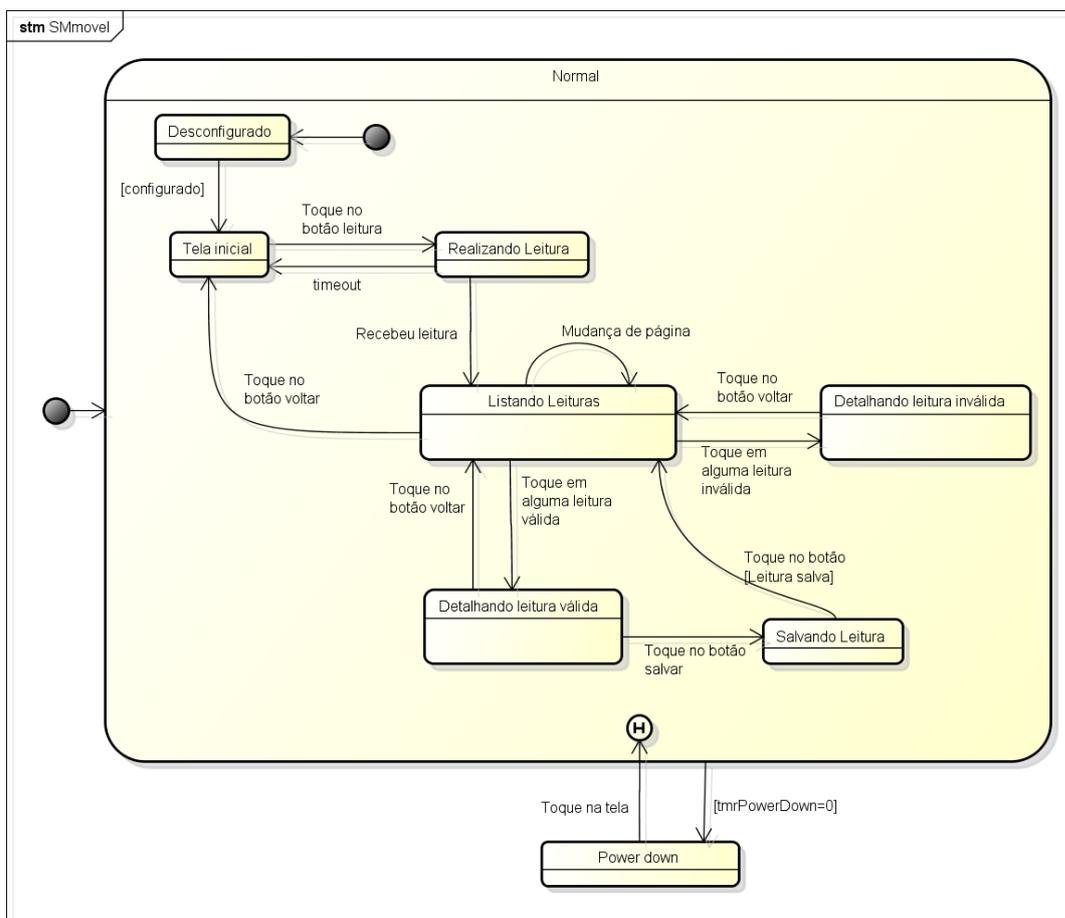


Figura 4.12: Máquina de estados do Sistema Embarcado Móvel.

Fonte: Autoria Própria

Quando o Sistema Embarcado Móvel é inicializado, ele entra no estado Desconfigurado, onde permanece até ser configurado pelo Servidor Base e seguir para o estado Tela Inicial.

No estado Tela Inicial, o Sistema Embarcado Móvel aguarda até uma leitura ser requisitada, através do botão leitura. Quando essa requisição ocorre, o estado passa a ser

Realizando Leitura e o sistema aguarda a chegada de uma leitura ou um limite de tempo.

Se uma leitura for recebida o estado passa a ser Listando Leituras. Mas se o limite de tempo é esgotado, o estado retorna para Tela Inicial.

No estado Listando Leituras são exibidos na tela quatro leituras e podem ocorrer três eventos: o botão Voltar ser pressionado, o botão Mudança de página ser pressionado e alguma leitura ser selecionada.

Quando o botão Voltar é pressionado o estado volta a ser Tela Inicial. Quando o botão Mudança de página é pressionado, as leituras exibidas são alteradas, mas o estado permanece como Listando Leituras.

A leitura selecionada pode ser válida ou inválida. Se ele for válida, o estado passa a ser Detalhando Leitura Válida e são exibidas na tela as informações desta leitura, que pode ser salva no cartão SD, levando ao estado Salvando Leitura. Ainda é possível retornar ao estado Listando Leituras quando o botão Voltar é pressionado.

Para a leitura ser salva o botão Salvar precisa ser pressionado e o estado passa a ser Salvando Leitura, que grava as informações no cartão SD e aguarda o toque no botão para retornar ao estado Listando Leituras.

Se uma leitura selecionada for inválida, o estado passa a ser Detalhando Leitura Inválida, onde são exibidas na tela as informações da leitura, mas não é fornecida a opção de salvar a leitura, apenas a opção de retornar para o estado Listando Leituras.

A qualquer momento da execução, o sistema pode entrar no estado Power Down para economizar energia. O sistema entra nesse estado após alguns segundos de inatividade e quando detecta um toque na tela, ele retorna para o último estado em que se encontrava.

4.2.2.3 Armazenamento de Dados

Para que o software do servidor reconheça as leituras, estas devem estar em um formato específico de arquivos. Utilizando-se da biblioteca em C, FatFs, e a comunicação SPI, com o cartão SD, pode-se montar o cartão de forma a utilizar um sistema FAT padrão que os sistemas operacionais possam reconhecer.

É importantíssima a compatibilidade dos arquivos do SD entre o microcontrolador e qualquer sistema operacional, visto que a extração dos dados é realizada no Servidor Base. Os formatos de arquivos e padrões de gravação serão detalhados na seção 4.3.1.3.

4.2.2.4 Telas

A Figura 4.13 exibe a tela do Sistema Embarcado Móvel antes de ser configurado.

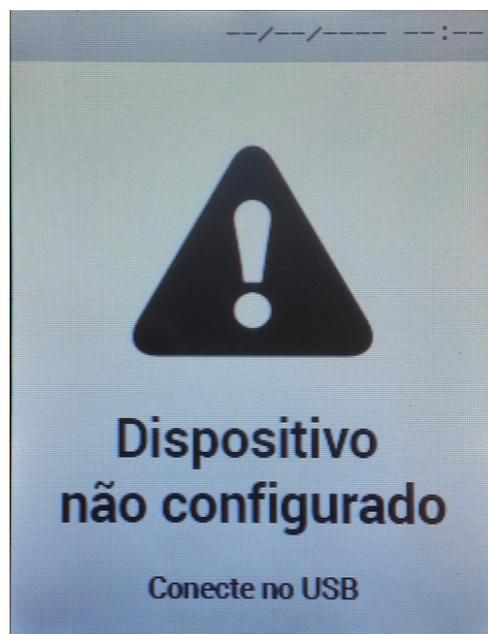


Figura 4.13: Tela do sistema desconfigurado.

Fonte: Autoria Própria

A Figura 4.14 mostra a tela inicial do Sistema Embarcado Móvel configurado, onde o sistema aguarda o toque do leitorista para efetuar o pedido de leitura.



Figura 4.14: Tela inicial do sistema.

Fonte: Autoria Própria

A Figura 4.15 apresenta a tela listando as leituras realizadas e aguarda a seleção de uma leitura ou o retorno à página inicial.

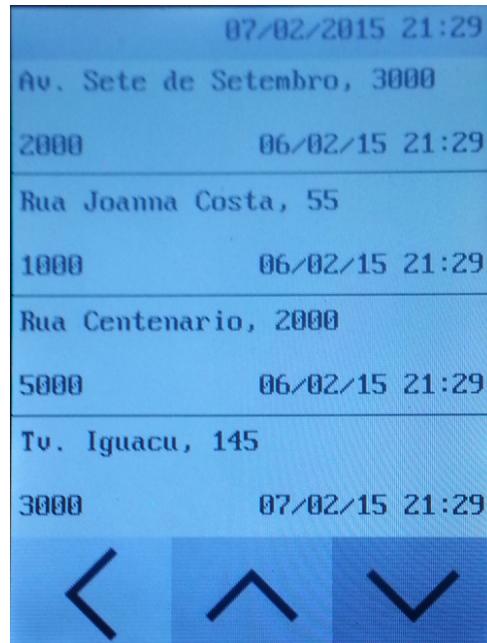


Figura 4.15: Tela com as leituras recebidas.

Fonte: Autoria Própria

A Figura 4.16 exibe a tela com os detalhes de uma leitura válida, fornecendo a opção de salvar a leitura.

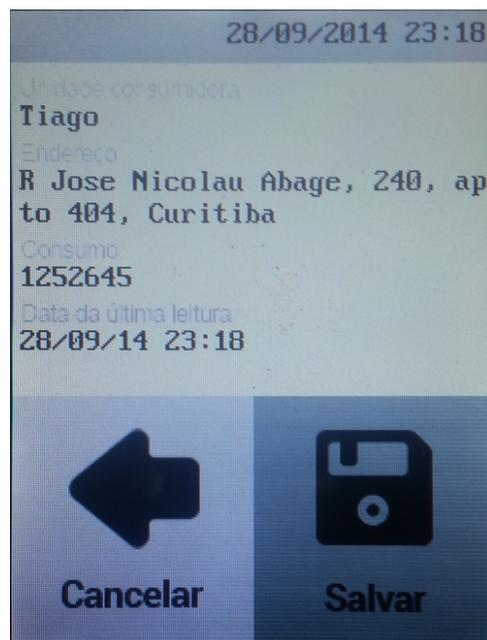


Figura 4.16: Tela com os detalhes de uma leitura válida.

Fonte: Autoria Própria

A Figura 4.17 mostra a tela com os detalhes de uma leitura inválida e, por isso, não existe opção para salvar a leitura.

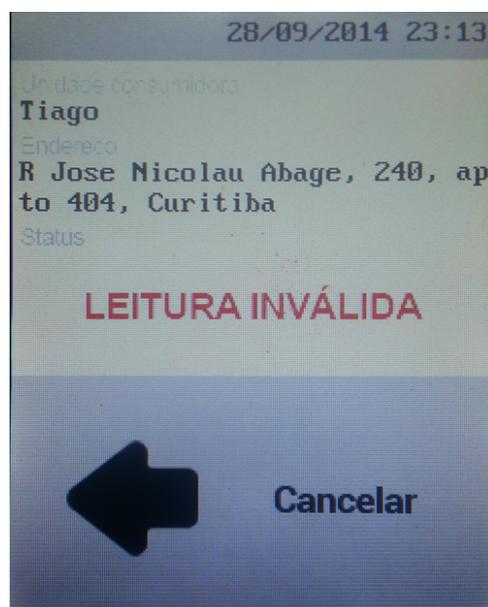


Figura 4.17: Tela com os detalhes de uma leitura inválida.

Fonte: Autoria Própria

4.3 Desenvolvimento do Software

A construção do software foi dividida em duas partes principais: O Servidor Base responsável pela troca de informações com o banco de dados e o software do Servidor Web responsável por disponibilizar a informação ao usuário.

4.3.1 Software do Servidor Base

O software do Servidor Base serve para descarregar as informações do Sistema Embarcado Móvel para o banco de dados, verificar e autenticar os dados, persistí-los em banco de dados e por fim liberar a memória flash do dispositivo móvel.

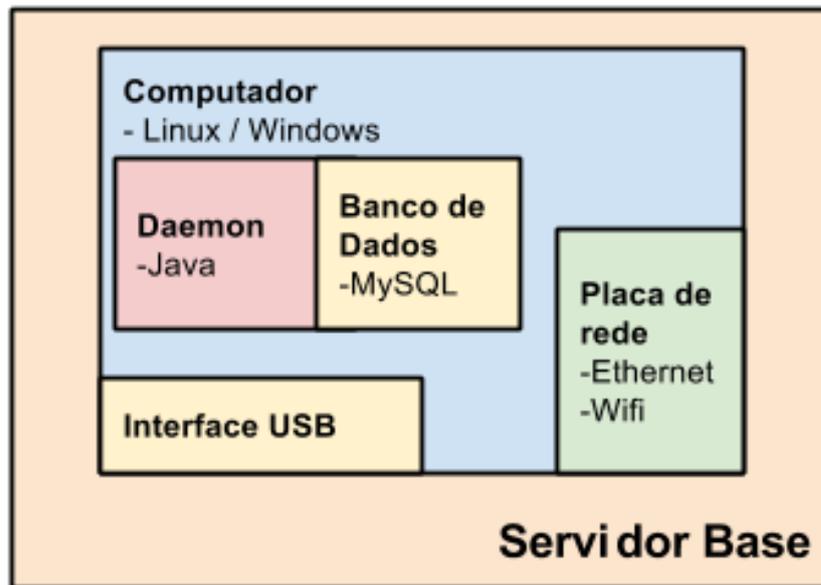


Figura 4.18: Diagrama de blocos do Servidor Base.

Fonte: Autoria Própria

4.3.1.1 Conexão do dispositivo

Para a captação de dados, o Servidor Base deve estar com o software em execução, o qual roda em segundo plano. A função de captação consiste em monitorar qualquer inserção de discos removíveis no servidor. A partir da identificação da conexão, o sistema operacional se encarrega de nomear o dispositivo externo com um caminho de acesso representado por uma letra, como por exemplo: 'D:'. A observação desse processo é comum a qualquer usuário de Windows, até para os mais leigos.

O software captura a informação do caminho gerado pelo sistema operacional, assim fica fácil para acessar o sistema de arquivos do dispositivo conectado.

O primeiro passo é identificar se o dispositivo conectado ao Servidor Base é um dispositivo de interesse para o software. Isso é possível graças ao padrão de arquivos adotado nesse sistema, a qual foi nomeado TDH2014, que será descrito posteriormente na seção 4.3.1.3.

O software consegue gerenciar N entradas de dispositivos simultâneas, onde N é o número de conexões possíveis para o hardware do servidor. Para que isso seja possível, o software executa cada conexão em uma *thread* diferente.

4.3.1.2 Mapeamento de *Threads*

A *thread* principal da aplicação inicia uma outra *thread* chamada FindDrive responsável por identificar as conexões com dispositivos, mas também mapeá-los antes de executar uma *thread* de tratamento para cada conexão.

O mapeamento evita a duplicação de processos de tratamento para um mesmo dispositivo. Por exemplo, caso um usuário insira o plug na porta USB e trema um pouco a mão na hora de conectar é comum o sistema operacional identificar duas ou mais conexões, e neste caso o software executaria dois ou mais processos de tratamento para um mesmo dispositivo, o que ocasionaria problemas de acesso entre os processos, de maneira indesejada.

Por isso as *threads* são mapeadas antes de executar o processo de tratamento, baseando-se no caminho gerado pelo sistema operacional, o qual servirá de chave e a *thread* será o valor dessa chave. Só é possível iniciar outro processo de tratamento quando o valor da chave for inexistente ou quando a *thread* associada a ele não estiver mais em execução.

4.3.1.3 Padronização de arquivos

O sistema de padronização de arquivos desenvolvido para este trabalho foi denominado TDH2014 e tem como objetivo ser simples e funcional.

O arquivo de identificação de dispositivo deve ficar localizado na raiz da memória e deve ser chamado de device, possuir extensão info. Sendo assim: 'device.info'. Nele estão contidas informações de cada dispositivo. Como no exemplo:

```
system=TDH2014
id=a69645e0-c911-11e3-9c1a-0800200c9a66
```

Os atributos system e id são obrigatórios para todos os dispositivos, system serve para identificar o sistema ao qual o dispositivo pertence (neste trabalho todos serão TDH2014) caso haja atualizações posteriores e dispositivos diferentes tenham que ser tratados de forma diferente pelo software, esse identificador deve ser modificado. Cada atributo deve ocupar uma linha do arquivo.

O id é o identificador único de cada equipamento e também é obrigatório, no sistema TDH2014 usa-se o formato padrão UUID de identificação.

No caso do sistema TDH2014 apenas system e id são atributos obrigatórios para a identificação de dispositivo.

Na raiz do cartão SD existe também uma pasta obrigatória do sistema TDH2014 chamada *measures* a qual é responsável por guardar os arquivos de medições, cada qual gera um arquivo dentro desta pasta. A nomenclatura dos arquivos é baseada no horário em que a leitura foi salva, nomeando o arquivo com o *timestamp* deste horário. Ex: Na data 25/10/2014 às 18:58 o valor será 01414263.510

Os arquivos de medição devem possuir no mínimo 4 atributos. São eles: *customer*, *value*, *date* e *address*. Assim como no arquivo de identificação de dispositivo, cada atributo deve ocupar uma linha do arquivo de medição e estes são obrigatórios.

4.3.1.4 Autenticação

Quando um dispositivo é detectado como pertencendo ao sistema TDH2014, uma janela de autenticação é apresentada ao usuário.

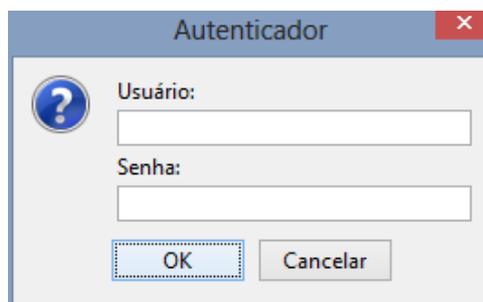


Figura 4.19: Janela de autenticação do usuário.

Fonte: Autoria Própria

Ao realizar a autenticação, os dados das leituras serão vinculados ao usuário. Os usuários estão em uma tabela no banco de dados. Deste modo é possível vincular as leituras realizadas a quem as fez. Cada leitura será guardada também em uma tabela do banco de dados. Como as leituras só podem ser guardadas depois da autenticação pode-se ter um campo definindo o usuário como chave estrangeira dentro do modelo relacional. Caso a autenticação seja cancelada o processo é abortado.

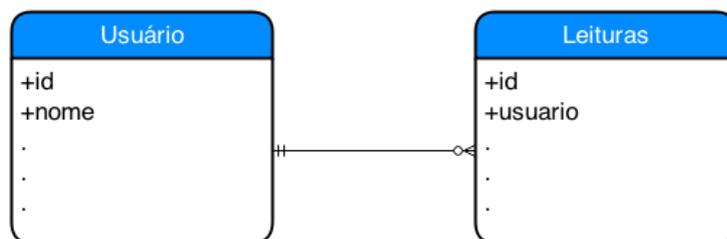


Figura 4.20: Diagrama Relacional.

Fonte: Autoria Própria

4.3.1.5 Persistência

Após a autenticação do usuário responsável, todos os arquivos do diretório *measures* serão lidos e transformados em objetos JAVA, para então serem validados. A validação serve para identificar possíveis campos faltantes e valores inconsistentes. Um objeto validado é então persistido no banco de dados, transformando-se em uma linha da tabela de leituras, conforme o mapeamento objeto-relacional estabelecido pelo sistema. Quando um objeto é inválido, ele é ignorado pelo sistema, portanto o arquivo vinculado a ele continuará na memória do dispositivo. Porém, quando o objeto é persistido no banco de dados ele é apagado da memória, sendo assim apenas as leituras com algum problema e arquivos incompatíveis são mantidos. Um exemplo de arquivo inconsistente seria a presença de um arquivo de imagem dentre as leituras, o sistema simplesmente ignora o arquivo que não corresponde ao formato TDH2014.

4.3.1.6 Sistema de Log

Para acompanhar o andamento do processamento do software existe um sistema de log, onde um arquivo é atualizado toda vez que o sistema inicia. E para cada etapa de processamento são salvas mensagens neste arquivo. O formato do arquivo é HTML, podendo ser observado em navegador de qualquer natureza. Para maior facilidade de visualização foi gerado uma página web que carrega através de Javascript o arquivo de log gerado pelo sistema e periodicamente é atualizado.

Level	Time	Logger Name	Method	Thread Id	Log Message
INFO	Set 15.2014 21:33	class core.Boot	<init>	1	Database status: connected
INFO	Set 15.2014 21:33	class drive.FindDrive	run	17	waiting for devices...
INFO	Set 15.2014 21:33	class drive.FindDrive	run	17	Drive G has been unplugged
INFO	Set 15.2014 21:33	class drive.FindDrive	run	17	Drive G has been plugged in
INFO	Set 15.2014 21:33	class drive.Handler	run	19	Handling G: /
INFO	Set 15.2014 21:33	class drive.Handler	run	19	Device connected
INFO	Set 15.2014 21:33	class core.System	<init>	19	Valid device: starting processing

Figura 4.21: Mensagens de Log.

Fonte: Autoria Própria

4.3.1.7 Bloqueio de múltiplas instâncias

Não é desejado que o servidor execute várias instâncias da aplicação ao mesmo tempo. Como o JAVA não possui nenhuma ferramenta de controle de instâncias de aplicação se fez necessária a utilização de uma técnica que ocupa uma porta do servidor. Sendo assim quando uma instância da aplicação é iniciada um *socket* reserva a porta 65000 com o único objetivo de bloquear uma inicialização posterior. Ou seja, quando uma segunda instância da aplicação tentar abrir a porta 65000, ocorrerá uma exceção devido a ela já estar em uso e não será possível dar continuidade com a execução da segunda instância da aplicação. O problema desta técnica é que se outro serviço estiver usando a mesma porta, será impossível iniciar a aplicação.

4.3.2 Software do Servidor Web

O Servidor Web disponibilizará aos consumidores os dados de leitura coletados referentes ao seu consumo. Para visualizar tais dados, é necessário realizar a autenticação do usuário. O Servidor Web foi desenvolvido para fins demonstrativos e não foi o foco desse projeto.

A Figura 4.22 apresenta o diagrama de blocos do Servidor Web.

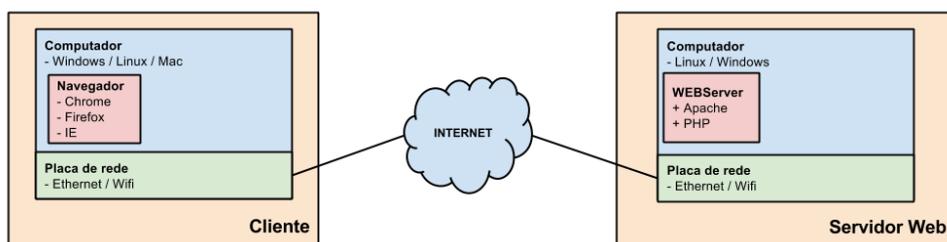


Figura 4.22: Diagrama de Blocos do Servidor Web.

Fonte: Autorial Própria

4.3.2.1 Autenticação

Para controle de acesso, foi desenvolvido um sistema de login, assim, é possível restringir o acesso aos dados e distinguir os usuário pela sua identificação no banco de dados.

A Figura 4.23 mostra a tela de login do Servidor Web.



Figura 4.23: Login do Servidor Web.

Fonte: Autorial Própria

4.3.2.2 Multiplicidade de Sistemas Embarcados Acoplados aos Hidrômetros

Um usuário pode ter mais de um Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro registrado em seu nome, assim o Servidor Web precisa exibir para os usuários todas as leituras de todos os Sistemas Embarcados Acoplados aos Hidrômetros. Para isso, o Servidor Web separa as leituras persistidas no banco de dados em dispositivo e data da leitura.

A Figura 4.24 ilustra um exemplo da página de consulta do Servidor Web.

Logout

Dados do Cliente	
Identificador:	0102030405
Nome:	teste
Número de dispositivos:	4

Dispositivos	
Identificador: 0102030405	- Sete de Setembro, 1522
Identificador: 1234567890	- Tv Iguacu, 145
Identificador: 5556668888	- Jose Nicolau Abage, 240
Identificador: 89898767670	- Professor Brandao, 290

Leituras	
Data:	17/12/2014 00:00:00
Data:	01/01/2015 00:00:00

Detalhes da Leitura	
Data:	17/12/2014 00:00:00
Consumo:	154000 litros

Figura 4.24: Exemplo de página de consulta do Servidor Web.

Fonte: Autoria Própria

4.4 Protocolo de Comunicação

Para a comunicação entre os sistemas foi modelado e desenvolvido um protocolo de comunicação, baseado no protocolo Modbus (2004) o qual alguma vezes será encapsulado pelo protocolo ZigBee, quando a comunicação for sem fio.

4.4.1 Modelagem

Nessa sessão serão apresentadas todas as estruturas de mensagens que compõe o protocolo desenvolvido.

4.4.1.1 Pedido de Leitura

O pedido de leitura é feito pelo Sistema Embarcado Móvel aos Sistemas Embarcados Acoplados aos Hidrômetros seguindo a estrutura de mensagem da Tabela 4.5. Esta é encapsulada pelo protocolo ZigBee, pois se trata de uma comunicação sem fio.

Tabela 4.5: Estrutura da Mensagem de Pedido de Leitura

Pedido de leitura				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x20	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x00	1	Numérico	Identificador de subcomando

Fonte: Autoria Própria

4.4.1.2 Resposta ao Pedido de Leitura

Assim que os Sistemas Embarcados Acoplados aos Hidrômetros processam o pedido de leitura eles enviam a resposta com a leitura para o Sistema Embarcado Móvel que fez a requisição. Podendo ser de dois tipos: válida e inválida.

A Tabela 4.6 apresenta a estrutura de mensagem válida e a Tabela 4.7 apresenta a estrutura de mensagem inválida.

A mensagem é considerada inválida quando o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro não está configurado.

Tabela 4.6: Estrutura da Mensagem de Resposta Válida

Resposta válida do pedido de leitura				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x20	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x01	1	Numérico	Identificador de subcomando
Valor	-	4	Numérico	Valor do dado de consumo expresso em número de pulsos
CustomerID	-	30	String	Identificador do dispositivo
Address	-	50	String	Endereço
Timestamp	-	4	Numérico	Data e hora do recebimento da última confirmação de leitura

Fonte: Autoria Própria

Tabela 4.7: Estrutura da Mensagem de Resposta Inválida

Resposta inválida do pedido de leitura				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x20	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x02	1	Numérico	Identificador de subcomando
Valor	-	4	Numérico	Valor do dado de consumo expresso em número de pulsos
CustomerID	-	30	String	Identificador do dispositivo
Address	-	50	String	Endereço
Timestamp	-	4	Numérico	Data e hora do recebimento da última confirmação de leitura

Fonte: Autoria Própria

4.4.1.3 Confirmação de Leitura

Após o Sistema Embarcado Móvel gravar a leitura com sucesso, uma confirmação é enviada para o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro que enviou a informação. Essa mensagem inclui a data e hora da confirmação, como apresentado na Tabela 4.8.

Tabela 4.8: Estrutura da Mensagem de Confirmação de Leitura

Confirmação de leitura				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x20	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x03	1	Numérico	Identificador de subcomando
Timestamp	-	4	Numérico	Data e hora da confirmação de leitura

Fonte: Autoria Própria

4.4.1.4 Interfaceamento entre a Rede Sem Fio e USB

Para configurar o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro é necessário conectar o Sistema Embarcado Móvel ao computador via USB e utilizar a rede sem fio dele, pois essa é a única forma de comunicação do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro. Para isso foi desenvolvida uma estrutura de mensagem que repassa as informações vindas do computador para o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro, como apresentado na Tabela 4.9.

Tabela 4.9: Estrutura da Mensagem para Interfaceamento entre a Rede Sem Fio e USB

Encaminhar à rede sem fio				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x21	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x00	1	Numérico	Identificador de subcomando
ID	-	2	Numérico	ID do dispositivo para qual deverá ser encaminhado a mensagem
Tamanho	-	2	Numérico	Quantidade de bytes presentes na mensagem que será encaminhada
Mensagem	-	Variável	Variável	Mensagem que será encaminhada

Fonte: Autoria Própria

4.4.1.5 Configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Para configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro foi utilizada a estrutura de mensagem apresentada na Tabela 4.10. E para requisição das configurações atuais foi utilizada a estrutura de mensagem apresentada na Tabela 4.11.

Tabela 4.10: Estrutura da Mensagem para Configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Configurar Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x22	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x01	1	Numérico	Identificador de subcomando
Valor	-	4	String	Valor inicial do consumo em litros
CustomerID	-	30	Numérico	ID do dispositivo referente ao consumidor
Endereço	-	50	String	Endereço onde está localizado o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Fonte: Autoria Própria

Tabela 4.11: Estrutura da Mensagem para Requisição de Configuração Atual do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Requisição de Configuração Atual do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x22	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x00	1	Numérico	Identificador de subcomando

Fonte: Autoria Própria

As estruturas das respostas das requisições são similares às de Configuração apresentadas na Tabela 4.10, pois retornam à configuração atual do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro como pode-se observar na Tabela 4.12 e na Tabela 4.13

Tabela 4.12: Estrutura da Mensagem para Resposta com Configuração Atual do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Configurar Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x22	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x11	1	Numérico	Identificador de subcomando
Valor	-	4	Numérico	Valor inicial do consumo em litros
CustomerID	-	30	String	ID do dispositivo referente ao consumidor
Endereço	-	50	String	Endereço onde está localizado o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Fonte: Autoria Própria

Tabela 4.13: Estrutura da Mensagem para Confirmação de Configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Configurar Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x22	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x11	1	Numérico	Identificador de subcomando
Valor	-	4	Numérico	Valor inicial do consumo em litros
CustomerID	-	30	String	ID do dispositivo referente ao consumidor
Endereço	-	50	String	Endereço onde está localizado o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Fonte: Autoria Própria

4.4.1.6 Configuração do Sistema Embarcado Móvel

Com o Sistema Embarcado Móvel conectado via USB a um computador é possível configurá-lo via software para definir os valores do relógio interno o qual servirá de base para data e hora das leituras realizadas. A estrutura de mensagem para configurar o Sistema Embarcado Móvel está descrita na Tabela 4.14. A confirmação de configuração está descrita na Tabela 4.15.

Tabela 4.14: Estrutura da Mensagem para Configuração do Sistema Embarcado Móvel

Configurar Sistema Embarcado Móvel				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x23	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x00	1	Numérico	Identificador de subcomando
Segundos	-	4	Numérico	Valor do timestamp em segundos

Fonte: Autoria Própria

Tabela 4.15: Estrutura da Mensagem para Confirmação de Configuração do Sistema Embarcado Móvel

Configurar Sistema Embarcado Móvel				
Nome	Valor	Tamanho (Bytes)	Tipo	Função
Cmd	0x23	1	Numérico	Identificador de comando
Subcmd	0x10	1	Numérico	Identificador de subcomando

Fonte: Autoria Própria

4.4.2 Implementação

Através da interface ZigBee e do protocolo especificado na seção 4.4. Podem-se realizar leituras em uma determinada área, cujo alcance varia com o alcance do sinal nos dispositivos de comunicação sem fio, neste caso o dispositivo usado é o XBee, proporcionando 1,2km aproximadamente de cobertura de sinal.

Para que a leitura aconteça, o Sistema Embarcado Móvel envia uma requisição para todos os Sistemas Embarcados Acoplados aos Hidrômetros e cada dispositivo na

área de alcance responde com a identificação, endereço, leitura e se ela é válida ou não. A partir da identificação pode-se saber qual endereço enviou o sinal e então selecionar o consumidor desejado para que ocorra a leitura.

Caso não seja válida, é exibida uma mensagem de erro referente a alguma violação ou erro no Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro. Caso seja válida, a informação de leitura chega ao dispositivo móvel e é mostrada ao leiturista que deve confirmar o dado recebido, isto serve para evitar alguma leitura claramente inconsistente. Deste modo o leiturista pode conferir o relógio pessoalmente, se assim desejar, para conferir se houve ou não um possível erro.

Caso o leiturista ache que a leitura está incorreta ele pode refazer o processo e obter uma nova leitura. Se tudo estiver correto, ele deve selecionar a opção para salvar a leitura. Esta então é persistida no cartão SD no formato especificado pelo sistema como será apresentado na seção 4.3.1.

Feita a persistência em arquivo, o Sistema Embarcado Móvel envia um sinal para o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro, que grava quando foi a sua última leitura na memória RAM interna.

4.4.2.1 Dados

Para a realização da leitura definiu-se quatro parâmetros importantes: customer (identificador do cliente), date (data e hora da medição), value (valor medido), address (endereço do cliente). Com esses dados é possível armazenar e realizar as leituras com segurança. O identificador do cliente deve estar previamente cadastrado no banco de dados. Um cliente pode ter mais de um identificador de dispositivo, mas nunca o contrário.

A data de medição está num padrão conhecido como *Timestamp*, podendo ser descrito como yyyy-MM-dd HH:mm:ss, seguindo a descrição da Tabela 4.16.

Tabela 4.16: Descrição dos atributos do padrão *Timestamp*

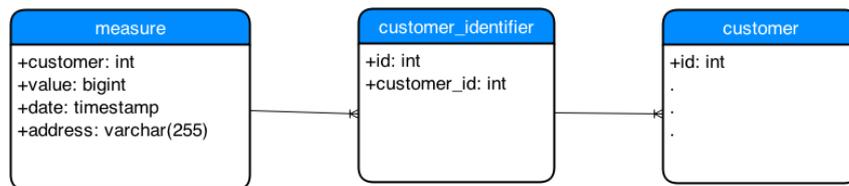
yyyy	Quatro dígitos representando o ano
MM	Dois dígitos representando o mês
dd	Dois dígitos representando o dia
HH	Dois dígitos representando a hora
mm	Dois dígitos representando os minutos
ss	Dois dígitos representando os segundos

Fonte: Autoria Própria

O valor lido é salvo no formato *big integer*, com 64 bits de armazenamento.

O endereço é salvo no formato brasileiro com abreviatura do tipo de logradouro opcional. Este campo serve para identificação da localidade para o leitorista.

4.4.2.2 Entidade

**Figura 4.25:** Diagrama de Entidades.**Fonte: Autoria Própria**

measure.customer é chave estrangeira de *customer_indentifier.id*.

customer_indentifier.customer_id é chave estrangeira de *customer.id*.

4.4.2.3 Configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

A configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro é realizada via software Java, utilizando o Sistema Embarcado Móvel como roteador, possibilitando a realização da comunicação utilizando a rede sem fio. Seguindo a estrutura de mensagem da Tabela 4.9, o Sistema Embarcado Móvel retransmite a mensagem da porta USB para o Xbee ou do Xbee para porta USB. As mensagens roteadas da porta USB para o Xbee devem estar no formato da estrutura de mensagem apresentada na Tabela 4.10 ou na apresentada na Tabela 4.11 e as mensagens toteadas do Xbee para a porta USB devem

estar no formato da estrutura de mensagem apresentada na Tabela 4.12 ou a apresentada na Tabela 4.13.

Para a utilização do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro é necessário que ele esteja previamente configurado para o devido cliente.

A Figura 4.26 mostra a tela para configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

Configuração do Sistema Embarcado ao Hidrômetro

Configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Id do dispositivo: 0x8

Porta Serial: COM14

Id do cliente: 0102030405

Endereço: Av Sete de Setembro, 3161

Consumo (m³): 3206.71

Atualizar Portas Desconectar Ler Configurar

Figura 4.26: Tela do Servidor Base para configuração do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.

Fonte: Autoria Própria

4.4.2.4 Configuração do Sistema Embarcado Móvel

Para que o sistema funcione adequadamente algumas configurações devem ser feitas no Sistema Embarcado Móvel antes de usá-lo. Via software, deve ser corrigido o horário do RTC para que sirva como referência de tempo para as leituras realizadas. Então, o programa enviará uma mensagem com a estrutura definida na Tabela 4.14 e irá aguardar a confirmação descrita na Tabela 4.15. Também é necessário que o sistema de arquivos do SD esteja no padrão especificado do TDH2014, o qual está detalhado na seção 4.3.1. É necessário também que o Sistema Embarcado Móvel possua um identificador único de dispositivo para que se possa identificar qual dispositivo fez as leituras.

A Figura 4.27 apresenta a tela de configuração do Sistema Embarcado Móvel.

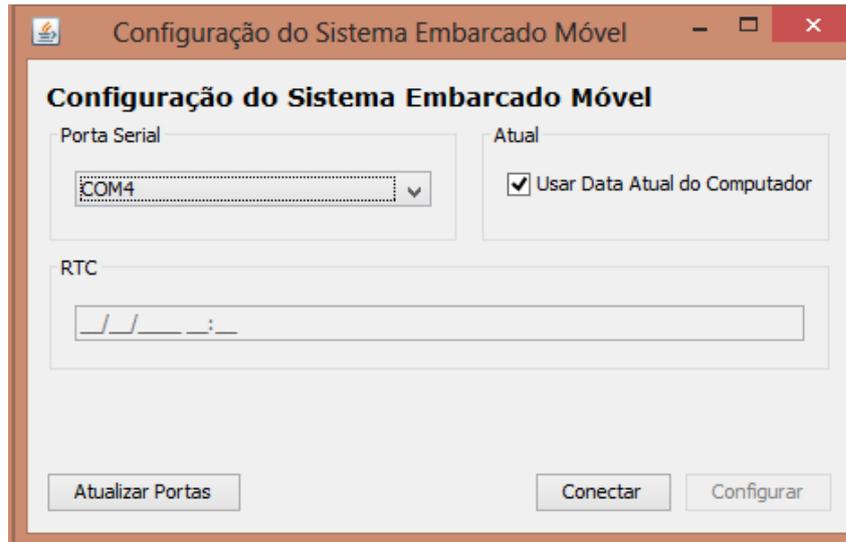


Figura 4.27: Tela do Servidor Base para configuração do Sistema Embarcado Móvel.

Fonte: Autoria Própria

4.4.2.5 Execução da Leitura

O leitorista inicia o processo de leitura solicitando que mesmo inicie através de um botão digital que se encontra na tela principal do sistema. O processo inicia com uma requisição do Sistema Embarcado Móvel tentando se comunicar com todos os Sistemas Embarcados Acoplados aos Hidrômetros da região, recebendo assim a resposta com a leitura de todos os dispositivos no alcance de atuação do XBee. É então listada na tela do leitorista as leituras realizadas, mostrando-as em ordem de chegada. A lista é reorganizada deixando as leituras já realizadas separadas no final.

Na memória do Sistema Embarcado Móvel, uma tabela mostra quais leituras já foram salvas. O leitorista deve então conferir e salvar as leituras desejadas. Ao selecionar a leitura e clicar na opção Salvar, um arquivo com a leitura é gerado como especificado na seção 4.3.1.

4.5 Considerações do Capítulo

A etapa de desenvolvimento foi a mais longa e a que apresentou os maiores desafios para a equipe durante o trabalho.

O desenvolvimento do software ocorreu sem muitos problemas, devido à familiaridade que os integrantes da equipe tinham com as tecnologias empregadas. A comunicação

entre Servidor Base e o Sistema Embarcado Móvel, tanto para a aquisição das leituras armazenadas no SD quanto para a configuração do Sistema Embarcado Móvel e do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro, se mostrou problemática em algumas situações, mas dentro do esperado.

A modelagem dos protocolos de comunicação foi relativamente simples, porém a sua implementação se mostrou um pouco problemática em alguns casos.

A integração da parte eletrônica foi a que mais contribuiu para o atraso no cronograma. O desenvolvimento do firmware para que seja feita a leitura e escrita no cartão SD, a exibição das informações no Display e o reconhecimento do ponto tocado na tela foram os maiores desafios desse projeto.

5 — Testes

Neste capítulo, são apresentados os testes realizados no sistema completo e em cada uma de suas partes isoladamente, assim como os resultados obtidos destes testes.

5.1 Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro

Os teste realizados no Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro se focaram na coleta e transmissão das leituras.

5.1.1 Funcionalidades

Para o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro as funcionalidades testadas foram:

1. O Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro necessita registrar corretamente os pulsos gerados pelo hidrômetro.
2. O Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro necessita transmitir corretamente os dados ao Sistema Embarcado Móvel quando solicitado.
3. O Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro necessita poder ser configurado via software.
4. O Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro necessita resetar a *flag* de validação de leitura e o *timestamp* da última leitura quando ocorrer falta de energia, impedindo a leitura.

5.1.2 Execução e Resultados

O resultados obtidos nos testes do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro foram:

1. Foi conectado ao Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro a saída pulsada do hidrômetro e verificou-se que os pulsos correspondiam à leitura analógica fornecida pelo hidrômetro.

2. Foi simulado uma requisição de leitura ao Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro e verificado que a resposta obtida correspondia ao valor esperado.
3. O Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro foi efetivamente configurado via software, alterando corretamente o identificador do dispositivo, o endereço e o valor do consumo.
4. Foi desligado o fornecimento de energia ao Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro com a bateria desconectada e verificado que o sistema reinicia impedindo leituras futuras.

Em todos os testes o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro se comportou de maneira esperada.

5.2 Sistema Embarcado Móvel

Os teste do Sistema Embarcado Móvel englobaram o processo de coleta e armazenamento de leituras dos Sistemas Embarcados Acoplados aos Hidrômetros .

5.2.1 Funcionalidades

Para o Sistema Embarcado Móvel as funcionalidades testadas foram:

1. O Sistema Embarcado Móvel necessita requisitar as leituras para todos os Sistemas Embarcados Acoplados aos Hidrômetros na área de alcance da rede.
2. O Sistema Embarcado Móvel necessita recuperar corretamente todas as leituras recebidas.
3. O Sistema Embarcado Móvel necessita salvar as leituras quando requisitado pelo usuário.
4. O Sistema Embarcado Móvel necessita poder configurar o RTC via software.

5.2.2 Execução e Resultados

Os resultados obtidos nos testes do Sistema Embarcado Móvel foram:

1. Foi simulado requisições intermitentes para um Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro e verificado que a área de alcance em ambiente rua/residência é de aproximadamente 450 metros e que o sistema respondia de forma esperada.
2. Foi simulado respostas de leituras em sequência e o Sistema Embarcado Móvel conseguiu tratar 32 corretamente, pois seu limite de memória é de 32 leituras, sendo 16 para novas e 16 para já realizadas. Logo o resultado está dentro do esperado.
3. Foi realizada uma leitura e utilizado o comando de salvar, o arquivo foi salvo com todas as informações da leitura.
4. Foi possível definir uma data e hora no RTC do Sistema Embarcado Móvel através do software.

Em todos os testes o Sistema Embarcado Móvel se comportou de maneira esperada.

5.3 Servidor Base

Os testes do Servidor Base se concentraram na recuperação e persistência das leituras armazenadas no cartão SD.

5.3.1 Funcionalidades

Para o Servidor Base as funcionalidades testadas foram:

1. O Servidor Base necessita fazer o login do leitorista.
2. O Servidor Base necessita detectar quando o cartão SD do Sistema Embarcado Móvel for inserido.
3. O Servidor Base necessita obter as leituras do cartão SD do Sistema Embarcado Móvel, persistí-las no banco de dados e apagá-las do cartão SD.

5.3.2 Execução e Resultados

O resultados obtidos nos testes do Servidor Base foram:

1. Foi realizado o login do leitorista no Servidor Base, após o cartão SD ser inserido.
2. O cartão SD foi detectado quando inserido no Servidor Base.
3. O Servidor Base obteve com sucesso as leituras armazenadas no cartão SD, após o login do leitorista, e as persistiu no Banco de Dados, o que pode ser verificado através do Servidor Web , e apagou essas leituras do cartão SD.

Em todos os testes o Servidor Base se comportou de maneira esperada.

5.4 Servidor Web

Os testes do Servidor Web se limitaram a exibição dos dados ao usuário.

5.4.1 Funcionalidades

Para o Servidor Web as funcionalidades testadas foram:

1. O Servidor Web necessita fazer o login do usuário.
2. O Servidor Web necessita buscar as leituras referentes ao usuário e mostrá-las.

5.4.2 Execução e Resultados

O resultados obtidos nos testes do Servidor Web foram:

1. O Servidor Web efetuou o login do usuário com sucesso, utilizando o CPF e a senha.
2. O Servidor Web conseguiu recuperar os dados armazenados no banco de dados corretamente, mostrando apenas os dados do proprietário.

Em todos os testes o Servidor Web se comportou de maneira esperada.

5.5 Sistema Completo

Os testes do Sistema Completo envolvem o funcionamento de todas as outras partes em conjunto.

5.5.1 Funcionalidades

Para o Sistema Completo a funcionalidade testada foi:

1. O Sistema necessita executar o processo completo, desde o registro do consumo pelo Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro, até a exibição dos dados pelo Servidor Web.

5.5.2 Execução e Resultados

O resultado obtido no teste do Sistema Completo foi:

1. Os dados da leitura, contabilizados pelo Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro, foram recebidos pelo Sistema Embarcado Móvel e armazenados no cartão SD, através do qual foram descarregados no Servidor Base e persistidos no banco de dados, permitindo o acesso do Servidor Web a eles.

No teste realizado, o Sistema Completo se comportou de maneira esperada.

5.6 Considerações do Capítulo

A etapa de testes foi crucial na identificação e resolução de problemas no sistema completo e em cada uma de suas partes isoladamente.

A separação dos testes em diferentes tópicos permitiu isolar os problemas encontrados durante os testes e suas possíveis causas, facilitando a sua resolução.

6 — Gestão

Neste capítulo, são apresentados os cronogramas, a análise de risco e o custo do projeto.

6.1 Cronograma Preliminar

O cronograma preliminar, apresentado na Tabela 6.1, foi dividido em etapas, cada uma delas contendo duração, início e fim.

Tabela 6.1: Cronograma Preliminar

	Nome da Tarefa	Duração	Início	Fim
1	Levantamento de Requisitos	60 dias	jun.2013	out.2013
1.1	Estudo das tecnologias empregadas	30 dias	jun.2013	jul.2013
1.2	Levantamento de Requisitos	15 dias	ago.2013	set.2014
1.3	Elaboração dos Casos de Uso	15 dias	set.2014	out.2014
2	Escrita da Monografia	180 dias	jun.2013	abr.2014
2.1	Introdução	15 dias	jun.2013	jul.2013
2.2	Levantamento Bibliográfico	45 dias	ago.2013	set.2013
2.3	Desenvolvimento	75 dias	nov.2014	jan.2014
2.4	Testes	15 dias	jan.2014	fev.2014
2.5	Gestão	15 dias	fev.2014	mar.2014
2.6	Revisão	15 dias	ago.2014	set.2014
3	Desenvolvimento do Sistema	150 dias	out.2013	abr.2014
3.1	Integração da Parte Eletrônica	75 dias	out.2013	fev.2014
3.1.1	Desenvolvimento do <i>Firmware</i>	60 dias	nov.2013	fev.2014
3.2	Desenvolvimento do Software	60 dias	out.2013	dez.2013
3.3	Elaborar o Protocolo de Comunicação	15 dias	out.2013	nov.2013
4	Testes e Ajustes	45 dias	mar.2014	abr.2014
4.1	Testar as partes individualmente	15 dias	mar.2014	mar.2014
4.2	Testar o Sistema Completo	15 dias	mar.2014	abr.2014
4.3	Realizar ajustes necessários	15 dias	abr.2014	abr.2014

Fonte: Autoria Própria

A duração de cada etapa foi prevista em números de dias e a data para início e fim foram definidos em mês e ano, de forma a flexibilizar o cronograma.

As etapas do cronograma são:

- 1. Levantamento de Requisitos:** Nesta etapa são estudadas todas as tecnologias necessárias e os componentes que serão utilizadas no desenvolvimento do sistema. Também são levantados os requisitos do sistema a partir de um conjunto de necessidades que precisam ser atendidas e elaborados os diagramas de casos de uso para

definir o escopo do projeto e a metodologia que será utilizada.

2. **Escrita da Monografia:** Esta etapa permeia todo o trabalho. A monografia é escrita paralelamente às outras etapas e compreende a documentação de todo o processo de desenvolvimento do projeto e dos estudos que o precedem.

3. **Desenvolvimento do Sistema:** A etapa de desenvolvimento consiste na construção do sistema proposto.

4. **Testes e Ajustes:** Nesta etapa são realizados os teste para garantir o correto funcionamento do sistema, bem como o funcionamento de cada uma de suas partes. Também são realizados os ajustes necessários para corrigir quaisquer erros encontrados durante os testes.

Porém, por ser um cronograma preliminar, algumas mudanças ocorreram no decorrer do projeto, tais mudanças estão destacadas na Seção 6.2.

6.2 Cronograma Executado

A Tabela 6.2 apresenta o cronograma executado.

Tabela 6.2: Cronograma Executado

	Nome da Tarefa	Duração	Início	Fim
1	Levantamento de Requisitos	60 dias	jun.2013	out.2013
1.1	Estudo das tecnologias empregadas	30 dias	jun.2013	jul.2013
1.2	Levantamento de Requisitos	15 dias	ago.2013	set.2014
1.3	Elaboração dos Casos de Uso	15 dias	set.2014	out.2014
2	Escrita da Monografia	180 dias	jun.2013	abr.2014
2.1	Introdução	15 dias	jun.2013	jul.2013
2.2	Levantamento Bibliográfico	45 dias	ago.2013	set.2013
2.3	Desenvolvimento	90 dias	abr.2014	jan.2015
2.4	Testes	15 dias	jan.2015	fev.2015
2.5	Gestão	15 dias	jan.2015	fev.2015
2.6	Revisão	15 dias	jan.2015	fev.2015
3	Desenvolvimento do Sistema	150 dias	abr.2014	fev.2015
3.1	Integração da Parte Eletrônica	75 dias	abr.2014	jan.2015
3.1.1	Desenvolvimento do <i>Firmware</i>	60 dias	abr.2014	jan.2015
3.2	Desenvolvimento do Software	60 dias	abr.2014	nov.2014
3.3	Elaborar o Protocolo de Comunicação	15 dias	jun.2014	set.2014
4	Testes e Ajustes	30 dias	jan.2015	fev.2015
4.1	Testar as partes individualmente	15 dias	jan.2015	jan.2015
4.2	Testar o Sistema Completo	8 dias	jan.2015	fev.2015
4.3	Realizar ajustes necessários	7 dias	fev.2015	fev.2015

Fonte: Autoria Própria

As principais diferenças que ocorreram ao cronograma durante o decorrer do projeto foram:

- 1. Levantamento de Requisitos:** Esta etapa não sofreu atrasos, mantendo o cronograma preliminar.
- 2. Escrita da Monografia:** Esta etapa sofreu atrasos em decorrência de sua dependência das outras etapas do projeto. Isso resultou no acúmulo de tarefas da

escrita da monografia no final do projeto.

3. **Desenvolvimento do Sistema:** Esta foi a etapa que sofreu mais alterações. O desenvolvimento do sistema se mostrou mais complexo do que inicialmente havia sido levantado, causando o atraso, não só no desenvolvimento, como também na etapa de escrita e de testes. Para contornar esse problema, a data de entrega foi alterada e o tempo dedicado aos testes e ajustes foi reduzido.

4. **Testes e Ajustes:** Esta etapa foi bastante prejudicada pelos atrasos na etapa de desenvolvimento, por isso, o tempo desta etapa foi reduzido.

É importante salientar que houve um intervalo de um semestre durante o desenvolvimento do projeto em que os integrantes da equipe cessaram as atividades de desenvolvimento do sistema, esse período não é contabilizado como atraso no cronograma.

6.3 Análise de Riscos

O desenvolvimento do projeto está sujeito a diversos riscos que podem prejudicar ou atrasar o seu avanço. Dessa forma, os principais riscos foram levantados previamente ao início do projeto, buscando ações para preveni-los ou mitigá-los, reduzindo assim o impacto que tais eventos possam causar ao projeto.

Os principais riscos levantados estão listados nas tabelas 6.3 à 6.8.

Tabela 6.3: Risco 1: Atraso na entrega de componentes pelos fornecedores.

1ª Etapa: Identificação de Risco

Denominação do risco: Atraso na entrega de componentes pelos fornecedores.

Descrição do risco: Os componentes adquiridos para o desenvolvimento do projeto podem sofrer atrasos em sua entrega por diversos fatores, principalmente os componentes importados.

2ª Etapa: Avaliação de Risco

Impacto: O5(alto) - **O4(médio/alto)** - O3(médio) - O2(médio/baixo) - O1(baixo)

Probabilidade: O5(alto) - O4(médio/alto) - **O3(médio)** - O2(médio/baixo) - O1(baixo)

3ª Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar o impacto e/ou probabilidade):

Prevenir: Comprar os componentes com antecedência, preferencialmente de fornecedores nacionais.

Mitigar: Optar por componentes que possuam várias opções de fornecedores confiáveis.

Aceitar: Redefinir o cronograma do projeto para refletir o atraso na entrega dos componentes.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 6.4: Risco 2: Perda de componentes eletrônicos.

1ª Etapa: Identificação de Risco

Denominação do risco: Perda de componentes eletrônicos.

Descrição do risco: Durante o desenvolvimento do projeto os componentes eletrônicos podem ser danificados por diversos fatores, comprometendo o seu funcionamento.

2ª Etapa: Avaliação de Risco

Impacto:O5(alto) - O4(médio/alto) - O3(médio) - O2(médio/baixo) - O1(baixo)

Probabilidade:O5(alto) - **O4(médio/alto)** - O3(médio) - O2(médio/baixo) - O1(baixo)

3ª Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar o impacto e/ou probabilidade):

Prevenir: Verificar cuidadosamente se todos os componentes eletrônicos estão sendo utilizados corretamente antes de ligá-los.

Mitigar: Adquirir unidades sobressalentes para os componentes essenciais para o caso de perda do mesmo.

Aceitar: Caso um componente pare de funcionar corretamente, tentar buscar a origem do problema e, caso seja possível, consertá-lo.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 6.5: Risco 3: Custo do projeto exceder em muito ao custo estimado

1ª Etapa: Identificação de Risco

Denominação do risco: Custo do projeto exceder em muito ao custo estimado.

Descrição do risco: O custo final do projeto pode exceder em muito o custo estimado, inviabilizando a sua conclusão.

2ª Etapa: Avaliação de Risco

Impacto:O5(alto) - **O4(médio/alto)** - O3(médio) - O2(médio/baixo) - O1(baixo)

Probabilidade:O5(alto) - O4(médio/alto) - O3(médio) - **O2(médio/baixo)** - O1(baixo)

3ª Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar o impacto e/ou probabilidade):

Prevenir: Optar por componentes de menor custo que se adequem ao projeto, comparando os preços em diversos fornecedores diferentes.

Mitigar: Reduzir o escopo do projeto e buscar soluções alternativas para reduzir o gasto com componentes.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 6.6: Risco 4: Desistência de integrantes da equipe.

1ª Etapa: Identificação de Risco

Denominação do risco: Desistência de integrantes da equipe.

Descrição do risco: Um ou mais integrantes da equipe podem abandonar o desenvolvimento do projeto antes de sua conclusão por diversos motivos.

2ª Etapa: Avaliação de Risco

Impacto:O5(alto) - **O4(médio/alto)** - O3(médio) - O2(médio/baixo) - O1(baixo)

Probabilidade:O5(alto) - O4(médio/alto) - O3(médio) - O2(médio/baixo) - **O1(baixo)**

3ª Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar o impacto e/ou probabilidade):

Prevenir: Evitar conflitos internos que possam ocasionar a desistência de um ou mais integrantes.

Aceitar: Redistribuir as tarefas entre os integrantes restantes.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 6.7: Risco 5: Atraso no cronograma do projeto.

1ª Etapa: Identificação de Risco

Denominação do risco: Atraso no cronograma do projeto.

Descrição do risco: O tempo gasto para o desenvolvimento do projeto pode exceder o tempo definido no cronograma preliminar, podendo comprometer a sua conclusão.

2ª Etapa: Avaliação de Risco

Impacto:O5(alto) - **O4(médio/alto)** - O3(médio) - O2(médio/baixo) - O1(baixo)

Probabilidade:O5(alto) - **O4(médio/alto)** - O3(médio) - O2(médio/baixo) - O1(baixo)

3ª Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar o impacto e/ou probabilidade):

Prevenir: Elaborar o cronograma levando em conta os possíveis atrasos que podem ocorrer no decorrer do desenvolvimento, superestimando o tempo para as tarefas mais cruciais.

Aceitar: Redefinir o cronograma e o escopo do projeto para refletir a disponibilidade de tempo restante.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 6.8: Risco 6: Problemas de saúde de integrantes da equipe.

1ª Etapa: Identificação de Risco

Denominação do risco: Problemas de saúde de integrantes da equipe.

Descrição do risco: Um ou mais integrantes da equipe podem ter sua saúde comprometida, atrasando o desenvolvimento do projeto.

2ª Etapa: Avaliação de Risco

Impacto:O5(alto) - O4(médio/alto) - **O3(médio)** - O2(médio/baixo) - O1(baixo)

Probabilidade:O5(alto) - O4(médio/alto) - **O3(médio)** - O2(médio/baixo) - O1(baixo)

3ª Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar o impacto e/ou probabilidade):

Prevenir: Não se expor a fatores de risco que possam comprometer a integridade física do integrante.

Mitigar: Redistribuir as tarefas entre os outros integrantes para não atrasar o cronograma do projeto

Fonte: Autoria Própria

Dentre os riscos levantados o único que ocorreu foi o Risco 5, descrito na Tabela 6.7. O atraso no cronograma ocorre por problemas descritos na Seção 6.2. O impacto foi reduzido redefinindo o cronograma, reduzindo o tempo gasto em etapas menos importantes.

6.4 Custos do Projeto

A Tabela 6.9 lista o preço dos principais componentes utilizados no desenvolvimento do sistema na data de elaboração deste trabalho.

Tabela 6.9: Tabela de preços dos componentes

Equipamento	Quantidade	Preço	Subtotal
Hidrômetro com Reed Switch	1	R\$255,00	R\$255,00
XBee	2	R\$85,00	R\$170,00
Kit de Desenvolvimento STM32F103RTB6	1	R\$180,00	R\$180,00
Kit de Desenvolvimento STM32VLDISCOVERY	2	R\$85,00	R\$170,00
Cartão SD	1	R\$20,00	R\$20,00
Bateria Power Bank	2	R\$30,00	R\$60,00
Total			R\$855,00

Fonte: Autoria Própria

O custo dos componentes do sistema é de R\$855,00, sem levar em conta o custo de componentes sobressalentes e da mão de obra dos integrantes da equipe.

O custo real do projeto foi reduzido devido ao empréstimo de componentes, como o Kit de Desenvolvimento STM32VLDISCOVERY, e da utilização de componentes que os integrantes da equipe dispunham. Isso reduziu significativamente o custo real do projeto, para R\$605,00, uma economia de aproximadamente 30%.

6.5 Considerações do Capítulo

O cronograma se mostrou o maior problema na gestão do projeto. Devido aos atrasos ele teve que ser refeito, mesmo não sendo definidas datas específicas para cada uma das tarefas.

A análise de risco foi fundamental na definição do escopo do projeto e contribuiu também para a escolha dos componentes e tecnologias utilizadas.

Para que o projeto seja viável comercialmente, é necessária uma análise de redução de custos, possível para projetos em larga escala (mas não para um projeto piloto). Porém, este estudo não compõe o escopo do projeto.

7 — Trabalhos Futuros

Melhorias no projeto são possíveis, assim como abordagens diferentes para o mesmo problema. Algumas sugestões para trabalhos futuros estão listadas a seguir:

- **Módulo de Comunicação sem fio:** Para o projeto foi utilizado o módulo XBee para a comunicação sem fio. Porém, outros módulos de comunicação poderiam ser utilizados na tentativa de reduzir o custo de produção do sistema e tornar a sua comercialização mais viável.
- **Autonomia Energética:** O Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro tem como fonte de energia a rede elétrica, utilizando a bateria apenas para continuar a medição em caso de falta de energia. Um projeto futuro poderia estudar a utilização de baterias de longa vida ou fontes alternativas de energia para manter a longevidade do Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro.
- **Segurança:** Durante o trabalho são aplicadas técnicas de criptografia para garantir a anonimidade dos dados durante a sua transmissão. Porém, um estudo mais aprofundado da segurança do sistema pode ser abordado em projetos futuros, bem como a aplicação de outros métodos para garantir o sigilo dos dados.
- **Integridade da Leitura:** A leitura do hidrômetro se baseia na sincronia entre o relógio e a saída pulsada, precisando ser recalibrado manualmente quando ocorre uma dessincronização. Um projeto futuro poderia estudar meios de garantir a congruência dos dados coletados do relógio e da saída pulsada de forma automática, mesmo quando a fonte de alimentação é interrompida.
- **Rede Mesh:** Uma outra possível abordagem para a leitura dos hidrômetros é o desenvolvimento de uma rede sem fio englobando todos os Sistemas Embarcados Acoplados aos Hidrômetros, permitindo a coleta das leituras de forma distribuída.

8 — Considerações Finais

O objetivo do projeto foi desenvolver um sistema capaz de adquirir à distância informações de consumo de um hidrômetro residencial e armazená-las em um servidor para acesso via Internet. Tudo isso para tentar mitigar alguns pontos deficientes encontrados no processo de medição atual: dificuldade de acesso, não individualização das leituras em ambientes coletivos, erros de leitura. Com o sistema desenvolvido é possível atingir o objetivo. Para isso, fazem parte desse sistema o Sistema Embarcado Móvel, o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro, o Servidor Web e o Servidor Base.

Para o desenvolvimento do sistema foram elencadas as necessidades a partir do problema, e a partir disso foi possível identificar os requisitos funcionais e não funcionais baseados no processo de levantamento de requisitos, chamado JAD. Nos testes realizados foi possível verificar que o sistema desenvolvido satisfaz os requisitos propostos. No teste apresentado na Seção 5.5, foi possível visualizar o funcionamento de maneira global; o Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro acumulando os pulsos gerados pelo hidrômetro; o Sistema Embarcado Móvel fazendo a requisição dessa leitura e salvando no cartão SD; o Servidor Base efetuando a leitura do cartão e registrando na base de dados apenas as leituras válidas; o Servidor Web exibindo essas informações para o consumidor final.

Este projeto pode ser utilizado em paralelo ao processo de coleta já existente. O Sistema Embarcado Acoplado ao Hidrômetro deve ser instalado em residências onde há dificuldade de leitura e ambientes coletivos. O leiturista continua fazendo sua rota e usa o Sistema Embarcado Móvel para adquirir leituras das residências que possuem essa necessidade, citadas acima.

Durante o desenvolvimento do projeto foram encontradas dificuldades em todas as áreas. Muitas estavam dentro do esperado, mas não contávamos com grandes problemas no gerenciamento do projeto e na integração das bibliotecas no desenvolvimento do firmware do Sistema Embarcado Móvel. Pelo fato da equipe ainda não ter trabalhado no gerenciamento de projetos semelhantes, houve erros na especificação de prazos, na previsão das tarefas e na divisão delas entre os integrantes. Para o Sistema Embarcado Móvel, foi necessário o uso de três bibliotecas e foram utilizadas versões não compatíveis, sendo necessárias adaptações no código para que funcionassem de acordo. Na biblioteca

fornecida pelo distribuidor do kit foram encontrados muitos *bugs*, atrasando o desenvolvimento com a dificuldade de encontrá-los e arrumá-los.

Foram usados kits de desenvolvimento com a intenção de fazer a prototipagem da solução. A confecção de placas específicas para cada sistema embarcado traria melhoras para o projeto. Algumas delas seriam: facilitar o acesso ao cartão de memória, reduzir o consumo de energia e reduzir o custo.

Vislumbra-se, para versões futuras, o desenvolvimento de um rádio de baixo custo capaz de formar uma rede em malha. Ao fazer uma distribuição ordenada desses equipamentos seria possível realizar as leituras das residências através de um único ponto, como por exemplo a sede da concessionária.

O desenvolvimento desse trabalho proporcionou, além do material desenvolvido, o aprendizado em diversas áreas. Muito do que foi aplicado, foi ensinado em sala de aula durante a graduação, mas foi possível aprender mais devido à prática. Com isso é possível afirmar que o projeto como um todo foi um sucesso, gerando resultados tecnológicos e oportunidade de ensino.

Referências Bibliográficas

- Mehdi Achour, Friedhelm Betz, Antony Dovgal, Nuno Lopes, Hannes Magnusson, Georg Richter, Damien Seguy, and Jakub Vrana. Manual do php. *PHP Documentation Group*. Disponível em, 2007.
- Acqua, 2015. URL <http://www.acquaservicos.com.br>. Acesso: 18 jan. 2015.
- ZigBee Alliance. Zigbee specification. *Document 053474r06, Version, 1*, 2006.
- Lakshmi Anand K, 2014. URL <http://www.ustudy.in/node/9875>. Acesso: 10 ago. 2014.
- Arad Ltd. Water Automatic Meter Reading (AMR) & Advanced Metering Infrastructure (AMI) Solutions, 2007. URL <http://arad.co.il/>. Acesso: 10 ago. 2013.
- Melisa Barrera Durango, Nelson Londoño Ospina, Jorge Carvajal, and Alejandro Fonseca. Analysis and design of a low cost home automation prototype system. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (63):117–128, 2012.
- G. Baur, W. Fehrenbach, B.W. Staudacher, F. Windscheid, and R. Kiefer. Liquid crystal switching elements having a parallel electric field and β_0 which is not 0° or 90° , November 19 1996. URL <http://www.google.com/patents/US5576867>. US Patent 5,576,867.
- ChaN. FatFs - Generic FAT File System Module, 2011. URL http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html. Acesso: 1 fev. 2015.
- Sam Churchill. MaxStream ZigBee Module, 2007. URL <http://www.dailywireless.org/2007/04/03/maxstream-zigbee-module/>. Acesso: 10 ago. 2014.
- Luis Fernando Espinosa Cocian. *Manual Da Linguagem C*. Ulbra, 1 edition, 2004.
- Sérgio Amadeu da Silveira. Convergência digital, diversidade cultural e esfera pública. *além*, page 31, 2008.

- Christopher John Date and Hugh Darwen. *A guide to the SQL standard: a user's guide to the standard database language SQL*. Addison-Wesley, 1997.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 15538/2007:Hidrômetros para água fria - Ensaios para avaliação de desempenho de hidrômetros em alta e baixa vazões em hidrômetro até 25 m³/h de vazão nominal para água fria*. ABNT, 2007.
- Futurlec. DS1307 Real Time Clock Mini Board, 2014. URL http://www.futurlec.com/Mini_DS1307.shtml. Acesso: 10 ago. 2014.
- Katarina Grolinger, Wilson A Higashino, Abhinav Tiwari, and Miriam AM Capretz. Data management in cloud environments: Nosql and newsql data stores. *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, 2(1):22, 2013.
- Gilleanes TA Guedes. *UML: uma abordagem prática*. Novatec Editora, 2008.
- Carlos Yassunory KOBAYASHI. *A tecnologia bluetooth e aplicações*. USP. São Paulo, 2004.
- LAO. LAO INDÚSTRIA - Hidrômetros, Medidores de Gás, Soluções em Medição, Central de Medição, 2015. URL <http://www.laoindustria.com.br/cmi.asp>. Acesso: 18 jan. 2015.
- Dean Leffingwell and Don Widrig. *Managing software requirements: a unified approach*. Addison-Wesley Professional, 2000.
- Renato Sousa Lima, Vagner Bezerra dos Santos, Thiago Brito Guerreiro, Mário César Ugulino de Araújo, and Edvaldo da Nóbrega Gaião. A microcontrolled system for monitoring of ph, conductivity and temperature of water at on-line, in situ and remote way. *Química Nova*, 34(1):135–139, 2011.
- Charlie Dwain Mariner and B Edward Shlesinger Jr. Magnetic reed switch, August 2 1977. US Patent 4,039,985.
- Maxim Integrated. DS1302 - Trickle-Charge Timekeeping Chip, 2010. URL <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1302.pdf>. Acesso: 10 ago. 2013.
- IDA Modbus. Modbus application protocol specification v1. 1a. *North Grafton, Massachusetts (www.modbus.org/specs.php)*, 2004.

- Sabesp. Gestão de telemetria na leitura, 2007. URL <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=371>. Acesso: 10 ago. 2013.
- Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. URL <http://www.aesbe.org.br/conteudo/8590>. Acesso: 18 jan. 2015.
- Ian Sommerville, Selma Shin Shimizu Melnikoff, Reginaldo Arakaki, and Edilson de Andrade Barbosa. *Engenharia de software*, volume 6. Addison Wesley São Paulo, 2003.
- STMicroelectronics. UM0919 User Manual, 2011. URL http://www.st.com/st-web-ui/static/active/jp/resource/technical/document/user_manual/CD00267113.pdf. Acesso: 1 fev. 2015.
- STMicroelectronics. Datasheet STM32F100xB, 2012. URL <http://www.farnell.com/datasheets/1730126.pdf>. Acesso: 1 fev. 2015.
- STMicroelectronics. Datasheet STM32F103xB, 2013. URL <http://www.farnell.com/datasheets/1730126.pdf>. Acesso: 1 fev. 2015.
- Michael Stonebraker. Sql databases v. nosql databases. *Communications of the ACM*, 53(4):10–11, 2010.
- Sun Microsystems, Oracle, 2013. URL http://java.com/pt_BR/download/faq/whatis_java.xml. Acesso: 10 ago. 2013.
- Wen-Tsai Sung and Yao-Chi Hsu. Designing an industrial real-time measurement and monitoring system based on embedded system and zigbee. *Expert Systems with Applications*, 38(4):4522–4529, 2011.
- Tecmetra, 2015. URL <http://www.tecmetra.com.br>. Acesso: 18 jan. 2015.
- Metin Tekkalmaz and Ibrahim Korpeoglu. Psar: power-source-aware routing in zigbee networks. *Wireless Networks*, 18(6):635–651, 2012.
- Shashank Tiwari. *Professional NoSQL*. John Wiley & Sons, 2011.
- Diogo Fernando Trevisan, Rodrigo P Sacchi, and Lino Sanabria. Estudo do padrão avançado de criptografia aes—advanced encryption standard. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, 20(1):13–24, 2013.

Jane Wood and Denise Silver. *Joint application development*. John Wiley & Sons, Inc., 1995.

Joseph Yiu. *The definitive guide to the ARM Cortex-M3*. Newnes, 2009.