



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - UFPA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

RAFAEL DE SOUZA CAVALHEIRO

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO INTEGRADO A
SMART METER CONSTRUÍDO COM
ARDUINO**

Belém - PA

2018

RAFAEL DE SOUZA CAVALHEIRO

SISTEMA DE INFORMAÇÃO INTEGRADO A SMART METER CONSTRUÍDO COM ARDUINO

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Computação como requisito
para obtenção de título de bacharel em Siste-
mas de Informação.

Universidade Federal do Pará - UFPA
Instituto de Ciências Exatas e Naturais
Faculdade de Computação
Bacharelado em Sistemas de Informação

Orientador: Prof. Dr. Filipe de Oliveira Saraiva

Belém - PA

2018

RAFAEL DE SOUZA CAVALHEIRO

SISTEMA DE INFORMAÇÃO INTEGRADO A SMART METER CONSTRUÍDO COM ARDUINO

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Computação como requisito
para obtenção de título de bacharel em Siste-
mas de Informação.

Trabalho aprovado. Belém - PA, 21 de fevereiro de 2018:

Prof. Dr. Filipe de Oliveira Saraiva
Orientador

**Prof.^a Dra. Maria Emília de Lima
Tostes**
Convidado 1

Prof. Dr. Rodrigo Quites Reis
Convidado 2

Belém - PA
2018

Agradecimentos

Antes de agradecer a você que é uma pessoa importante nesta etapa da minha vida, gostaria de fazer uma pergunta: Como o acaso determina nossas vidas?

Uma vez li um livro de título “O andar do bêbado”, parece um título apropriado para uma pessoa com a minha personalidade e vícios, mas nesse livro Leonard Mlodinow apresenta um estudo probabilístico projetado no acaso que ronda a vida de qualquer ser humano, seja na tristeza, alegria, sucesso, fracasso... Como pode alguém tirar a vida de tantas pessoas, mas mesmo assim proporcionar o surgimento de outras tantas vidas incríveis? Como pode alguém fracassar tanto e numa última tentativa obter sucesso? Como pode um bêbado encontrar o caminho de volta para casa?

Na minha caminhada, via a Universidade Federal do Pará cercada de muros. Olhando do lado de fora, não conseguia ver o que acontecia dentro, não podia entrar, só imaginava que um dia queria participar do acontecia lá (Não me refiro ao “vadião”). Queria aprender mais, seguir meus estudos iniciados na escola. O certo é que o tempo foi passando e os muros só aumentavam, cada vez que eu tentava ficava ainda mais difícil enxergar por cima da parede de tijolos. Sendo assim desisti.

Anos mais tarde, por algum motivo, realizei cadastro para o vestibular, imprimi o boleto de pagamento, mas não paguei. Joguei o documento numa prateleira qualquer sabendo que aquilo não daria em nada mesmo. Minha mãe finalizando suas férias em Belém na época, depois de anos sem me visitar, perguntou se o papel deixado de lado tinha importância, se podia jogar no lixo, falei que sim, que era um boleto para o vestibular, mas que não iria pagar, era o último dia do prazo inclusive, sem que eu soubesse, minha mãe pagou o boleto. No dia antes de partir de volta ao Rio de Janeiro me disse que gostaria que eu fizesse a prova, que era um desejo dela, um conselho de mãe, e me entregou o documento pago.

Se eu fosse um pouco mais organizado o boleto já teria ido parar no lixo. Se a minha mãe não tivesse vindo me visitar ele não seria pago de qualquer forma. As possibilidades de destino em cima de um pedaço de papel eram inúmeras. No entanto, a ação da minha mãe alterou de fato o meu destino.

Se não fosse o acaso eu não passaria no vestibular, eu jamais teria ido à minha aula magna no auditório do ICEN e sentado do teu lado Francys, e ali não começaríamos uma amizade de anos. Quantas “roubadas” eu já te coloquei? E quanta história boa temos juntos agora. Onças e coqueiros.

Se não fosse o acaso, eu não teria na sala de aula rido tanto das palhaçadas do

Dannilo e depois, aos poucos, fomos criando nosso laço de amizade que hoje é tão forte né “parça”? Um amigo de verdade, desses de chorar de rir, e de chorar, e receber conforto. Galos e peras.

O Dannilo falava demais, o Roberto Jr de menos, mas mesmo assim com o tempo também criamos nosso laço de amizade. No início eu achava que tu eras um robô, Roberto, mas inteligência artificial não usa alargador, e não sabe o que é amizade, ou isso já é possível? No fim, só restou nós dois como colegas de classe, é claro que tu vais falar que é porque não teve escolha. Computação gráfica e ansiedade.

Se eu não tivesse ido mal em algumas disciplinas (me transformei no que jurei combater), minha grade não teria sido alterada e eu não teria que fazer algumas matérias que estavam atrasadas no turno da tarde, como análise de algoritmo. Sendo assim, não teria conhecido o Professor Doutor Filipe de Oliveira Saraiva que me orientou com maestria neste trabalho. A dificuldade foi enorme durante a pesquisa, muitos problemas pessoais interferiram no meu desempenho mas espero ter correspondido a altura do que era esperado. Professor, se eu não tivesse te conhecido, talvez, todas as minhas ideias para o TCC não passassem de loucura, talvez ainda sejam, mas agora está tudo seguindo normas ABNT. Filipe (com dois “ii”).

Nas idas e vindas do meu caminhar de bêbado, Ana Júlia continuava me encontrando...Uma vez por ano, o que significa que nos vimos umas 6 vezes desde que entrei na faculdade, mas continuo te amando. "Xuxu".

E falando em amor, não tem nada que represente mais o acaso que o amor, então João, eu já tinha visto toda minha vida a minha frente e já aceitara tudo, mas você não. Obrigado por alterar o destino, você me salvou, você já me salvou. Hoje eu tenho certeza de ser tudo o que tenho que ser e de fazer tudo o que deveria fazer. Agora eu sei qual é a resposta.

De todos os acontecimentos aleatórios que se passaram até agora, eu agradeço a todos os que me levaram a vocês, pois vocês tornaram o meu andar de bêbado extraordinário. Obrigado.

*"Sempre faço o que não consigo fazer para aprender o que não sei".
(Pablo Picasso)*

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo das técnicas utilizadas no desenvolvimento de um Sistema de Informação com requisitos característicos da concepção de um Smart Grid (Rede Elétrica Inteligente), integrado a um protótipo de Smart Meter (Medidor Inteligente) construído com Arduino, com o propósito de realizar um experimento com tecnologias que viabilizam um Smart Grid tomando como base uma camada de aplicação, onde diferentes modos de comunicação ocorrem utilizando recursos da Tecnologia da Informação. O sistema consiste em manipular dados de potência (W) coletados de uma rede elétrica residencial, monitorando cada equipamento eletrodoméstico que compõe o consumo dessa rede doméstica. A coleta dos dados é realizada pelo Smart Meter que transfere os dados via rede de computadores e os armazena em um banco de dados. A finalidade do sistema é informar consumo (kWh) e tarifa (R\$) de energia em tempo real e apresentar dados que auxiliem o usuário na tomada de decisão sobre o controle do consumo. A pesquisa apresenta o processo de criação de um sistema integrado a um Smart Meter, utilizando técnicas da engenharia de software e fundamentação teórica em Tecnologias da Informação, conduzindo um estudo interdisciplinar em Sistemas de Informação como uma tecnologia viabilizadora de Smart Grid.

Palavras-chaves: Smart Grid, Smart Meter, Tecnologia da Informação, Sistemas de Informação, Engenharia de Software, Arduino.

Abstract

This work presents a study of the techniques used in the development of an Information System with requirements for the design of a Smart Grid, integrated with a Smart Meter prototype built with Arduino, in order to perform an experiment with technologies that enable a Smart Grid based on an application layer, where different modes of communication occur using Information Technology resources. The system consists of manipulating power data (W) collected from a residential power grid, monitoring each household appliance that makes up the consumption of this home network. The data collection is performed by the Smart Meter that transfers the data via computer network and stores it in a database. The purpose of the system is to inform consumption (kWh) and tariff (R\$) of energy in real time and present data that assist the user in the decision making on consumption control. The research presents the process of creating a system integrated to a Smart Meter, using techniques of software engineering and theoretical foundation in Information Technologies, conducting an interdisciplinary study in Information Systems as an enabling technology of Smart Grid.

Key-words: Smart Grid, Smart Meter, Information Technology, Information Systems, Software Engineering, Arduino.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Componentes de um Smart Grid	24
Figura 2 – Medidor de energia convencional	26
Figura 3 – Modelo de Smart Meter	26
Figura 4 – Modelo de placa - Arduino Uno Rev3	37
Figura 5 – Visão geral placa Arduino Uno R3	40
Figura 6 – Visão esquemática da placa Arduino Uno R3	40
Figura 7 – Conexão lógica do Smart Meter	45
Figura 8 – Diagrama Esquemático do Smart Meter	45
Figura 9 – Foto do <i>Smart Meter</i> construído	46
Figura 10 – Foto do Smart Meter integrado aos componentes para monitoramento .	46
Figura 11 – Fluxo de coleta e envio de dados	47
Figura 12 – Diagrama de Casos de Uso do SISM	55
Figura 13 – Diagrama de Classes do SISM	57
Figura 14 – Diagrama de Atividades do SISM	58
Figura 15 – Protótipo de Tela de Login	63
Figura 16 – Protótipo de Tela inicial	64
Figura 17 – Área do Administrador	65
Figura 18 – Área do Usuário	65
Figura 19 – Protótipo para área de cadastro de equipamento	66
Figura 20 – Protótipo para tela de monitoramento	66
Figura 21 – Tela para geração de gráfico	67
Figura 22 – Identificando chave estrangeira	68
Figura 23 – Confirmação de conexão e dados salvos	70
Figura 24 – Tabela consumo com campos validados	70
Figura 25 – Fluxo de integrações SISM	71
Figura 26 – Tela de Login atual	72
Figura 27 – Tela da área do Administrador atual	72
Figura 28 – Área de cadastro de equipamento atual	73
Figura 29 – Lista de equipamentos cadastrados	73
Figura 30 – Validação de dados na tabela equipamento	74
Figura 31 – Tela de monitoramento atual	74
Figura 32 – Tela de pesquisa de monitoramentos por equipamento.	75
Figura 33 – Tela para geração de gráfico atual	76
Figura 34 – Filtro por consumo em kWh	76
Figura 35 – Filtro por tarifa em R\$	77
Figura 36 – Tela de login	77

Figura 37 – Opções de navegação	78
Figura 38 – Cadastrar equipamento	78
Figura 39 – Listar Monitoramento	79

Lista de tabelas

Tabela 1 – Características comuns entre Sistemas Distribuídos e Smart Grids . . .	29
Tabela 2 – Tabela Especificações técnicas Arduino Uno R3	39
Tabela 3 – Lista de componentes do Smart Meter	41

Lista de Quadros

5.1	Requisitos Funcionais	53
5.2	Requisitos Não-Funcionais	54
5.3	Principais Casos de Uso	54
5.4	Tabelas do banco arduino	59
5.5	Informações estruturais da tabela usuário	59
5.6	Informações estruturais tabela nivel de acesso	59
5.7	Informações estruturais tabela equipamento	60
5.8	Informações estruturais tabela arduino consumo	60
6.1	Resultados obtidos no experimento	79

Lista de abreviaturas e siglas

CSS	Cascading Style Sheets
CPS	Cyber-Physical System
DDS	Sistema de Apoio a Tomada de Decisão
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
GND	Graduated Neutral Density Filter
HTML	HyperText Markup Language
IDE	Integrated development Environment
IoT	Internet of Things
LABES-UFPA	Laboratório de Engenharia de Software da UFPA
MIS	Sistema de Informação Gerencial
PHP	Hypertext Preprocessor
SISM	Sistema Integrado a Smart Meter
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SI	Sistema de Informação
SQL	Structure Query Language

Lista de símbolos

A	Ampere
kWh	Quilowatt-hora
Ω	Letra grega Ômega
R\$	Símbolo do Real
W	Watt unidade de potência do Sistema Internacional de unidades
V	Volt unidade de tensão elétrica do Sistema Internacional de Unidades

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Justificativa	18
1.2	Motivação	19
1.3	Objetivos	20
1.3.1	Objetivo Geral	20
1.3.2	Objetivos Específicos	20
1.4	Metodologia	20
1.5	Organização do trabalho	21
2	SMART GRID	22
2.1	Conceito de Smart Grid	22
2.2	Características de uma Smart Grid	23
2.3	Tecnologias Viabilizadoras de Smart Grid	24
2.3.1	Smart Meter	25
2.3.2	Sistemas Distribuídos	27
2.3.3	Internet das Coisas	29
2.3.4	Considerações finais do capítulo	31
3	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: FUNDAMENTOS E APLICAÇÃO	32
3.1	Sistemas de informação	32
3.1.1	Recursos de um Sistema de Informação	32
3.1.2	Tipos de Sistemas de Informação	33
3.1.2.1	Sistemas de apoio a decisões	33
3.1.2.2	Sistemas de informação de negócios especializados	34
3.1.3	Engenharia de Sistemas	34
3.1.4	Resumo do capítulo	35
4	ELECTABUZZ: UM PROTÓTIPO DE SMART METER CONSTRUÍDO COM ARDUINO.	36
4.1	Arduino	36
4.1.1	Vantagens do Arduino	37
4.2	Esquema de Montagem	38
4.2.1	Detalhamento da placa Arduino	38
4.2.1.1	Especificações técnicas da placa Arduino Uno	39
4.2.2	Componentes do esquema de conexão	41
4.2.3	Funcionalidades dos componentes	41

4.2.4	Diagrama lógico e esquemático de conexão	44
4.2.5	Resumo do capítulo	47
5	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA	48
5.1	Fases do Desenvolvimento	48
5.2	Ambiente do Sistema	48
5.3	Ambiente de Desenvolvimento	49
5.3.1	Documentação	49
5.3.2	Recursos humanos e Interação dos membros	50
5.3.3	Gerenciamento de tarefas	50
5.3.4	Linguagem de programação e versionamento de código fonte	50
5.3.5	Componentes de hardware e Software	51
5.4	Requisitos	52
5.4.1	Lista de Requisitos	52
5.4.2	Casos de Uso	54
5.5	Arquitetura	56
5.5.1	Diagrama de Classes	56
5.5.2	Diagrama de Atividades	57
5.5.3	Banco de Dados	58
5.5.3.1	Algoritmos de Conexão	60
5.6	Desenvolvimento da Interface com Usuário do Sistema	62
5.6.1	Protótipos de Tela	63
5.6.2	Considerações finais do capítulo	67
6	RESULTADOS OBTIDOS	68
6.1	Resultados obtidos através de registros	68
6.1.1	Chave estrangeira	68
6.1.2	Cálculos para valores de consumo e tarifa	69
6.2	Resultados obtidos com Operações no sistema	70
6.2.1	Cadastrar equipamento	72
6.2.2	Visualizar monitoramento	74
6.2.3	Gerar gráfico de consumo	75
6.2.4	Resultado obtido com o experimento	79
7	CONCLUSÃO	80
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE A – DOCUMENTO DE ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS SISM	84

APÊNDICE B – LISTA DE REQUISITOS SISM	85
--	-----------

1 Introdução

O desenvolvimento de Sistemas de Informação avança e torna-se mais eficaz e popular conforme o surgimento de novas tecnologias computacionais. Os avanços em tecnologia de informação promovem transformações na vida de pessoas que se adaptam cada vez mais a informatização das coisas e aumentam as demandas do mercado de desenvolvimento de *software*, equipamentos de *hardware* e dispositivos móveis.

The Internet of Things (IoT) - traduzido para o português - A Internet das Coisas, é um paradigma novo que está ganhando terreno rapidamente no cenário de telecomunicações sem fio modernas. A ideia básica deste conceito é a presença generalizada à nossa volta de uma variedade de “coisas” ou objetos, como *tags* de identificação por radiofrequência (Radio Frequency IDentification - RFID), sensores, atuadores, telefones celulares, etc. - que, através de esquemas de endereçamento exclusivos, são capazes de interagir uns com os outros e cooperar com os seus vizinhos para alcançar metas comuns (ATZORI et al., 2010). Neste cenário onde o uso de *smartphones* é popular e a rede móvel é expandida em níveis gradualmente maiores, o anseio de otimização de tarefas projetam novas habilidades e competências aos desenvolvedores de sistemas. Na ideia em que sistemas de vendas discriminam o valor de um produto, a hora em que foi efetuada a compra e até a relação de produtos mais ou menos vendidos e o perfil de compra do cliente são manipulados e disponibilizados para consulta e tomada de decisão gerencial, dados de uma rede elétrica também são capazes de serem coletados, manipulados e apresentados num sistema de informação, empregando técnicas que possibilitem a obtenção dessa informação.

O avanço tecnológico e as inovações possibilitadas pela tecnologia da informação e sistemas de informação estão beneficiando o setor elétrico por tornar possível o gerenciamento da rede e consumidor. Essa possibilidade de comunicação em tempo real entre os diversos dispositivos da cadeia do setor elétrico, associada à tecnologias de automação, possibilita o desenvolvimento de uma das maiores inovações dos últimos tempos do setor elétrico mundial: o *Smart Grid* (SCHETTINO, 2014).

A concepção de *Smart Grid* é baseada nas técnicas empregadas na Tecnologia de Informação e comunicação e nos conceitos de dispositivos inteligentes. A infraestrutura elétrica é composta por inúmeros dispositivos que possibilitam a distribuição e controle de energia elétrica. Desta forma, um sistema elétrico inteligente necessita de infraestrutura que promova a obtenção de dados e a transforme em informação digital. Os Smart Meters, dispositivos inteligentes que permitem a comunicação de dados e outras funcionalidade, foram criados por meio da técnica de construção de hardware, componentes eletrônicos compatíveis com tecnologias de software, cujo objetivo é compartilhar dados com uma

central de controle, como as de distribuição energética e no caso deste trabalho com os equipamentos que compõem o projeto de sistema de gerenciamento concebido para os fins da pesquisa.

O *Smart Meter* utilizado nesta pesquisa é apresentado como um protótipo para medidor de energia residencial, usado para promover a coleta de dados do consumo de aparelhos domésticos. O medidor inteligente foi construído utilizando plataforma Arduino considerando as possibilidades de conexão e compatibilidade com outros dispositivos e ferramentas de desenvolvimento de *software*, além do custo, usabilidade e adaptabilidade.

Este trabalho de conclusão de curso apresenta as técnicas de Engenharia de *Software* usadas no desenvolvimento de sistemas, assumindo a importância da organização e qualidade para o projeto do software. A pesquisa que envolve a criação dessa solução enaltece as habilidades de um engenheiro de *software* ao manipular requisitos de demanda do setor elétrico e aborda competências interdisciplinares em Sistemas de Informação, de natureza econômica, financeira, gerencial, de otimização e interatividade.

1.1 Justificativa

Os estudos em Ciência da Computação possibilitaram transformações na coleta, processamento e compartilhamento de dados, proporcionando avanço nas tecnologias de informação. As arquiteturas do setor elétrico projetadas por engenheiros especialistas se adaptam às novas tecnologias computacionais de forma interdisciplinar gerenciando Redes Elétricas com auxílio de Sistemas de Informação, interligando a infraestrutura elétrica a recursos computacionais. A pesquisa e o desenvolvimento da solução proposta neste trabalho enfatizam a importância da característica interdisciplinar da Análise de Sistemas, remetendo a fatos de origem econômica e até ambiental, como a questão energética ligada ao consumo sustentável, e os contratos entre fornecedor e cliente.

A Internet das coisas (ou uso inteligente das coisas) indica a informatização de novos requisitos e dispositivos eletrônicos, propiciando o surgimento de sistemas inteligentes, como a concepção de *Smart Grid*, e a utilização de plataformas como o Arduino e seus recursos de prototipagem de hardware eletrônica.

Neste cenário há o questionamento quanto à liberdade do usuário que dispõe em maioria, apenas de plataformas oferecidas pelos sistemas desenvolvidos e gerenciados pelas concessionárias de energia. Este trabalho debate também sobre quesitos de avaliação do usuário quanto a relatórios, gráficos de consumo, que lhe são disponibilizados em caráter de faturamento, indicando que o acesso à informação tem objetivo tributário e entrega estratégias de economia de consumo tendenciosas ou pouco esclarecidas. Um fundamento do projeto apresentado neste trabalho é apresentar ao usuário opções interativas que discriminem a informação de forma fácil e visível do que foi e do que está sendo utilizado

na rede elétrica doméstica e que o cálculo do custo do serviço oferecido possa ser bem entendido.

A questão energética é tema de debate em diversas áreas de pesquisa. A necessidade de consumo sustentável desafia empresas e grupos científicos a criar tecnologias que não impactem o meio ambiente ou que diminuam agressões ambientais. No Brasil a maior fonte energética é renovável, utilizando principalmente hidrelétricas devido o grande potencial hídrico do país. O consumo de energia elétrica é espalhado por todas as regiões do Brasil, o que leva as concessionárias a criarem estratégias de gerenciamento de alocação de infraestrutura elétrica, coleta e controle de dados de consumo para diminuir perdas diretamente ligadas a fatores econômicos.

A internet das coisas ou informatização das coisas surge conforme os avanços em ciências da computação. Podem ser identificadas nas *Smart TVs*, *Smartphones*, entre outras. Além de dispositivos móveis e eletrodomésticos onde a aceitação é grande pelos consumidores, a tendência é que novas concepções inteligentes surjam, como sistemas inteligentes de segurança residencial, *Smart Grids* ou soluções para gerenciamento de consumo elétrico.

Smart Grids ou Redes Inteligentes são uma concepção onde uma infraestrutura trabalha como um sistema computacional. Uma característica do *Smart Grid* é a otimização das tarefas, onde a tomada de decisão relativa a grandes estruturas que necessitam de alocações e distribuições passam a ser gerenciadas rapidamente e informatizada. A ideia de uma rede elétrica interligada a um Sistema de Informação numa escala colossal ou menor (residencial), pode proporcionar melhor controle buscando interatividade na solução e na detecção de problemas, caracterizando assim Sistemas de Informação eficazes.

A plataforma Arduino é utilizada para criação de diversos protótipos, devido sua característica de multiplataforma, hardware eletrônico, custo e grande importância para testes na fase de programação em pesquisas. Neste estudo a plataforma Arduino promove a obtenção de leitura de corrente e potência de eletrodomésticos, essencial para a coleta de dados que serão requisitos no desenvolvimento do sistema proposto.

1.2 Motivação

A realização desse trabalho foi motivada pelos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Engenharia de *Software* e nas habilidades adquiridas durante o curso de graduação em Sistemas de Informação, projetados ao estudo de otimização em sistemas elétricos e soluções apresentadas como Sistemas de Informação. Bem como o incentivo de busca por soluções tecnológicas para resolver problemas reais usando técnicas da Análise de Sistemas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Prover um sistema que identifique e processe o consumo elétrico em kWh de eletrodomésticos com suporte de um *Smart Meter* e apresente consumo e tarifa em tempo real, possibilitando ao usuário acesso a dados informatizados numa interface gráfica que possibilite gerenciamento interativo que auxilie na tomada de decisão e estratégias de economia de energia para o usuário.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Apresentar a concepção de Redes Elétricas Inteligentes, seus conceitos e características.
- Apresentar a importância dos Sistemas de Informação, seus conceitos e aplicações.
- Elaborar um protótipo de Smart Meter em Arduino para coleta de dados na rede elétrica.
- Descrever as técnicas de Engenharia de software utilizadas no desenvolvimento do sistema.
- Desenvolver Sistema baseado no conceito de *Smart Grid* aplicado a nível do consumidor residencial que colete, manipule e informe dado de consumo elétrico com tarifação em tempo real, apresentando a informação de forma interativa em cenários estratégicos para tomada de decisão do cliente.
- Apresentar as funcionalidades do sistema.

1.4 Metodologia

Trata de um processo de criação de um *software* integrado a um protótipo de *Smart Meter*, formando um sistema de informação inspirado nas características de *Smart Grids*.

A fundamentação teórica deste trabalho aborda os conceitos e características das tecnologia que viabilizam a construção e funcionamento dos *Smart Grids*.

Será descrita a construção do protótipo *Smart Meter* com Arduino, dispositivo responsável pela leitura e coleta da energia (W) de um dado eletrodoméstico em uso. A placa Arduino será o componente capaz de interligar componentes de *hardware* e *software* a um computador. São utilizadas linguagens de programação para implementar códigos-fonte utilizados para solucionar problemas de conexão do *Smart Meter* ao servidor de banco de dados e para montar a interface gráfica do sistema.

Por fim são utilizadas técnicas de engenharia de software para o processo de desenvolvimento do sistema.

1.5 Organização do trabalho

Os primeiros capítulos propostos para este trabalho apresentam fundamentação teórica sobre *Smart Grids* e Sistemas de Informação. O objetivo é estabelecer conceitos técnicos e concepções abordadas nesta pesquisa para melhor compreensão sobre as etapas de arquitetura, tendo do *Smart Meter* que é uma tecnologia baseada em *Smart Grid* como o processo de desenvolvimento do sistema de informação que será integrado ao dispositivo construído.

Os capítulos finais abordam técnicas de prototipagem de *hardware* e técnicas de engenharia de *software*, bem como resultados e conclusões da pesquisa.

2 Smart Grid

2.1 Conceito de Smart Grid

Smart Grid, tradução para o português, Rede Elétrica Inteligente, foi apresentado inicialmente observando as funcionalidades de segurança, agilidade e robustez/sobrevivência de uma infraestrutura de fornecimento de energia em grande escala que enfrenta novas ameaças e condições imprevistas (AMIN; WOLLENBERG, 2005).

O conceito de *smart grid* relaciona a utilização de tecnologias computacionais em estruturas elétricas distribuídas, como redes de distribuição elétrica, sistemas com capacidade de automação, circuitos de proteção acionados por sensores, e diversas outras aplicações de grande abrangência. Grupos de pesquisa de diferentes universidades e empresas ao redor do mundo empreendem investigações para as modelagens, desenvolvimento e implementações de um novo tipo de sistema elétrico de potência. Essas diferentes propostas devem lidar com um requisito principal: a característica multidisciplinar necessária para o projeto desses sistema, que integram avanços tecnológicos de diferentes áreas, tais como computação, telecomunicações, sistemas computacionais distribuídos, inteligência artificial, economia, e outras, nos níveis de geração, transmissão e distribuição da energia elétrica (SARAIVA, 2015).

Existem várias denominações para referenciar os projetos com essa finalidade, entretanto a mais comumente utilizada hoje chama-se *smart grids* - as "redes elétricas inteligentes", chamadas assim por terem as características de monitoramento do estado da rede elétrica e terem alto nível de automação na tomada de decisão e consequente execução de funcionalidades do sistema elétrico (SARAIVA, 2015).

A expressão *Smart Grid* deve ser entendida mais como um conceito do que uma tecnologia ou equipamento específico (FALCÃO, 2010). Baseia-se na utilização intensiva de tecnologia de automação, computação e comunicações para monitoramento e controle da rede elétrica, as quais permitirão a implantação de estratégias de controle e otimização da rede de forma muito mais eficiente que as atualmente em uso.

Em síntese, e para as abordagens desta pesquisa, o *smart grid* visa aperfeiçoar produção, transmissão, distribuição, gerenciamento e controle do consumo de energia, adaptando novos componentes de sensoriamento na rede elétrica. O objetivo é proporcionar melhorias significativas na gestão, automação e qualidade no trato das informações sobre consumo, por meio de uma rede elétrica caracterizada pelo uso intensivo de recursos computacionais, eletrônicos e das tecnologias de informação e comunicação.

2.2 Características de uma Smart Grid

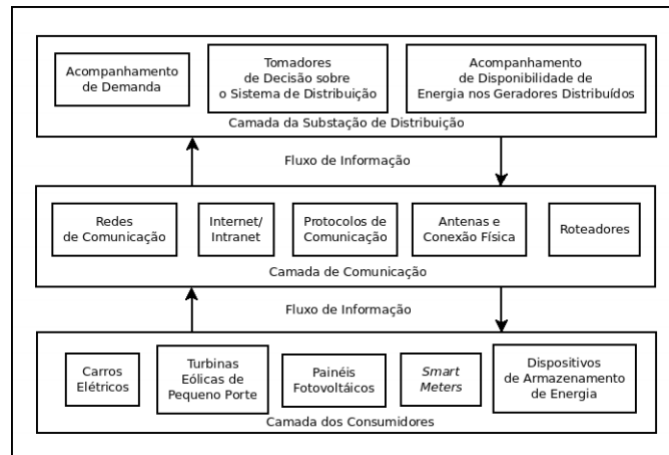
Algumas das características geralmente atribuídas a *Smart Grids* são (FALCÃO, 2010):

- Auto recuperação: capacidade de automaticamente detectar, analisar, responder e restaurar falhas na rede;
- Empoderamento dos Consumidores: habilidade de incluir os equipamentos e comportamento dos consumidores nos processos de planejamento e operação da rede;
- Tolerância a Ataques Externos: capacidade de mitigar e resistir a ataques físicos e cyber-ataques;
- Qualidade de Energia: prover energia com a qualidade exigida pela sociedade digital;
- Acomodar uma grande variedade de fontes e demandas: capacidade de integrar de forma transparente (*plug and play*) uma variedade de fontes de energia de várias dimensões e tecnologia;
- Reduzir o impacto ambiental do sistema produtor de eletricidade, reduzindo perdas e utilizando fontes de baixo impacto ambiental;
- Resposta da demanda mediante a atuação remota em dispositivos dos consumidores;
- Viabilizar e beneficiar-se de mercados competitivos de energia, favorecendo o mercado varejista e a microgeração.

Além das funcionalidades características de um *Smart Grid*, existem diversos equipamentos que compõem uma Rede Elétrica Inteligente. Em (SARAIVA; ASADA, 2012) os componentes de um *Smart Grid* são apresentados e divididos em 3 camadas: Camada de Subestação de Distribuição, Camada de Comunicação e Camada dos Consumidores.

A Figura 1 indica que todos os componentes se utilizam da Camada de Comunicação para troca de informações sobre medição do consumo, acompanhamento da geração, controle sobre o fornecimento de energia ao sistema de distribuição e comunicação entre os componentes.

Figura 1 – Componentes de um Smart Grid



Fonte:(SARAIVA; ASADA, 2012)

2.3 Tecnologias Viabilizadoras de Smart Grid

Considerando os conceitos e características de redes elétricas inteligentes abordadas neste capítulo, esta seção visa identificar as tecnologias que viabilizem a concepção, construção, otimização e uso de um *Smart Grid*, como por exemplo, dispositivos conversores, conectores, controladores, sensores distribuídos e comunicadores. Nesta seção também são utilizadas 3 (três) subseções consideradas como núcleo estratégico, interdisciplinar e essencial para viabilização de um *Smart Grid*: *Smart Meters*, Sistemas Distribuídos e Internet das Coisas.

Para a concepção de um *Smart Grids* é necessário o emprego de dispositivos baseados em eletrônica de potência, usados para conectar e controlar as possíveis fontes de geração e armazenamento de energia. Isto sugere o uso de tecnologia avançada para medição eletrônica, sensores distribuídos, comunicações digitais em computação, para que seja realizada supervisão, como controle da qualidade e confiabilidade do fornecimento de energia e os custos gerados com a produção.

A evolução do processo de implantação do *Smart Grid* deverá seguir os seguintes passos (FALCÃO, 2010):

- Instalação da infraestrutura de dispositivos inteligentes;
- Instalação da infraestrutura de comunicações;
- Integração e interoperabilidade;
- Disponibilização de ferramentas analíticas;
- Otimização operativa.

Em (FALCÃO, 2010) são descritas algumas das tecnologias já disponíveis que viabilizam a implantação do conceito de *Smart Grid*.

Geração Distribuída e Micro-geração: A tendência de incorporação de fontes de energia dispersas, particularmente as renováveis (fotovoltaica, eólica, etc.), conectadas aos sistemas de distribuição de energia elétrica, vem crescendo nos últimos anos, por razões de ordem ambiental, políticas governamentais e avanços tecnológicos.

Infra Estrutura Automática de Medição (AMI): Sistema de coleta automática de dados de medidores de energia e transferência para um sistema centralizado de processamento de dados. Permite analisar a demanda e influir na resposta da demanda através da disponibilização de sinais de preços e atuação em dispositivos nas instalações dos consumidores. Utiliza os chamados Smart Meters os quais são medidores eletrônicos com funcionalidade ampliada e capacidade de comunicação bidirecional.

Precificação Dinâmica: A disponibilidade de comunicação bidirecional entre as concessionárias e os consumidores permite a introdução de um sistema de precificação dinâmica. Nesse tipo de sistema, o preço da energia elétrica varia ao longo do dia como forma de incentivar políticas de melhoria do perfil da demanda e, conseqüentemente, redução do custo total de expansão e operação do sistema elétrico.

Equipamentos Prediais e Eletrodomésticos Inteligentes: Equipamentos elétricos para uso em residências e estabelecimentos comerciais estão sendo equipados com recursos de controle capazes de alterar sua demanda em função de sinais de preço ou relacionados com a confiabilidade do sistema elétrico.

IEDs: A utilização de tecnologia digital proporciona a convergência de tecnologias de proteção, controle e supervisão em equipamentos padronizados os quais recebem a denominação genérica de IEDs. Esses dispositivos são os elementos de interfaceamento da infraestrutura de comunicações e processamento de informação com o sistema de energia elétrica.

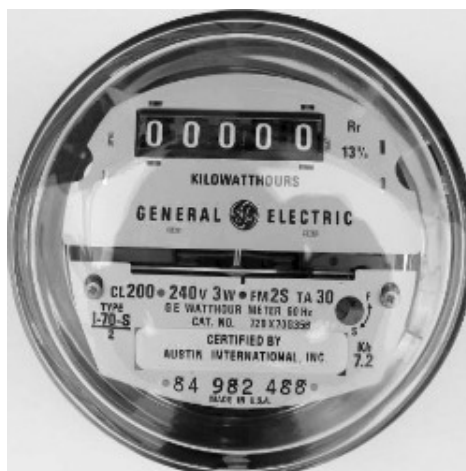
PMUs: Os dispositivos para Medição Fasorial Sincronizada (PMU na sigla inglesa) representam um avanço considerável na disponibilização de informações para a determinação do estado operativo do sistema elétrico em grandes áreas geo-elétricas.

2.3.1 Smart Meter

Um *Smart Meter* ou medidor inteligente (tradução para o português) é geralmente um medidor elétrico que registra o consumo de energia elétrica em intervalos de uma hora ou menos e comunica essas informações, pelo menos diariamente, de volta para a unidade de controle para fins de monitoramento e faturamento. Os medidores inteligentes permitem comunicação bidirecional entre o medidor e o sistema central (ZHENG et al., 2013). Na Figura 2 um exemplo de medidor de energia convencional obsoleto e na Figura

3 um modelo de *Smart Meter*.

Figura 2 – Medidor de energia convencional



Fonte: (SMART GRID CONSUMER COLLABORATIVE, 2017)

Figura 3 – Modelo de Smart Meter



Fonte: (SMART GRID CONSUMER COLLABORATIVE, 2017)

Pretendendo manipular um ambiente onde o consumo de energia elétrica poderá ser registrado e disponibilizado em tempo real junto com o valor da tarifa correspondente a cada determinado período do consumo residencial, os *Smart Meters* permitirão um monitoramento mais preciso do consumo para melhorar as opções estratégicas de economia de energia doméstica. Dependendo do conjunto de recursos, o *Smart Meter* poderia notificar o usuário de uma falha de energia ou até permitir que o mesmo ligue ou desligue remotamente o serviço de eletricidade.

Percebendo a composição da infraestrutura de um *Smart Grid*, os *Smart Meters* são os componentes de maior importância para concepção de uma rede elétrica como um Sistema de Informação Inteligente, analisando que a interpretação dos dados só é possível graças à coleta realizada de forma “inteligente” pelos *Smart Meters*, quando adaptados com os recursos computacionais necessários para compartilhamento do que é coletado ou lido.

Para atender os propósitos desta pesquisa, este subitem tem a finalidade de conceituar e exemplificar os *Smart Meters*. No capítulo 4 deste trabalho de conclusão de curso, serão abordadas técnicas para construção de um protótipo de *Smart Meter* usado para obtenção de dados para simulações e processamento na solução desenvolvida para os fins desta pesquisa.

2.3.2 Sistemas Distribuídos

O objetivo deste subitem é demonstrar como as funcionalidades de *Smart Grids* se assemelham a um Sistema Distribuído, e a importância do compartilhamento de recursos em um sistema computacional interligado.

Em (COULOURIS et al., 2013) um Sistema Distribuído é definido como aquele no qual os componentes de *hardware* ou *software*, localizados em computadores interligados em rede, comunicam-se e coordenam suas ações apenas enviando mensagens entre si. Essa definição simples abrange toda a gama de sistemas nos quais computadores interligados em rede podem ser distribuídos de maneira útil.

Os Sistemas distribuídos abrangem muitas tecnologias usadas atualmente. Por exemplo a computação ubíqua ou computação pervasiva, onde há o emprego de vários dispositivos computacionais pequenos e baratos, que estão presentes nos ambientes físicos dos usuários. O termo “pervasivo” se destina a sugerir que pequenos equipamentos de computação finalmente se tornarão tão entranhados nos objetos diários que mal serão notados, tendo seu comportamento computacional diretamente ligado a sua função física (COULOURIS et al., 2013). Com a crescente maturidade da infraestrutura dos sistemas distribuídos, diversas empresas estão promovendo o conceito dos recursos distribuídos como uma *commodity* ou serviço público, fazendo analogia entre recursos distribuídos e outros serviços públicos como água ou eletricidade (COULOURIS et al., 2013).

Baseando-se nos conceitos presentes em (COULOURIS et al., 2013), são destacadas algumas características essenciais de um Sistema Distribuído, que serão relevantes para as abordagens seguintes.

Concorrência: relacionada a uma rede de computadores onde um sistema é capaz de compartilhar recursos entre máquinas concorrentes. Tanto os serviços como os aplicativos fornecem recursos que podem ser compartilhados pelos clientes em um sistema distribuído.

Existe a possibilidade de que vários clientes tentem acessar um recurso compartilhado ao mesmo tempo.

Inexistência de relógio global: a coordenação de tarefas é feita por meio de trocas de mensagens. A coordenação frequentemente depende de uma noção de tempo compartilhada em que as ações dos programas ocorrem. Não existe uma noção global precisa do tempo correto.

Falhas independentes: falhas relacionadas ao isolamento dos computadores ligados em rede. As falhas em um Sistema distribuído são parciais. Alguns componentes falham, enquanto outros continuam funcionando.

Heterogeneidade: associada à variedade e diferença dos serviços e aplicações compartilhados em rede. Se aplica aos aspectos de rede, hardware de computador, sistemas operacionais, linguagens de programação e implementações de diferentes desenvolvedores.

Protocolo aberto de comunicação: baseados na estipulação de um mecanismo de comunicação uniforme e em interfaces publicadas para acesso aos recursos compartilhados.

Transparência: ocultação para o usuário final ou para o programador de aplicativos, da separação dos componentes em um sistema distribuído, de modo que o sistema seja percebido como um todo, em vez de uma coleção de componentes independentes.

Considerando os conceitos e características de um Sistema Distribuído, (SARAIVA; ASADA, 2012), propõem uma comparação entre as características desejadas de um *Smart Grid* e as presentes em um sistema distribuído computacional, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Características comuns entre Sistemas Distribuídos e Smart Grids

Sistemas Distribuídos	Smart Grid
1) Concorrência - processos sendo executados simultaneamente em máquinas diferentes	1) Concorrência - processos diferentes executados em máquinas diferentes do sistema de distribuição.
2) Heterogeneidade - diferença entre máquinas no mesmo sistema distribuído	2) Heterogeneidade - máquinas com funções distintas estarão alocadas na mesma rede de distribuição
3) Sem horário global - sistemas coordenam suas atividades a partir da troca de mensagens	3) Sem horário global - equipamentos do sistema usam camada de informação para coordenar tarefas
4) Falhas independentes - uma falha poderá afetar parte do sistema distribuído, sem necessariamente afetar o sistema inteiro	4) Falhas independentes - falha de equipamentos específicos de uma tarefa podem não afetar os relacionados a outra tarefa.
5) Protocolos abertos de comunicação - é necessário que os diversos componentes do sistema consigam comunicar-se entre si através de um protocolo comum.	5) Protocolos abertos de comunicação - os diferentes equipamentos alocados ao sistema devem utilizar um protocolo comum para troca de mensagens.

Fonte: (SARAIVA; ASADA, 2012)

2.3.3 Internet das Coisas

Este tópico relaciona às potencialidades de um *Smart Grid* as abrangências da Internet das Coisas (Internet of Things - IoT) no contexto de informatização de cenários e objetos, destacando as transformações nos domínios que adquiriram a capacidade de conexão inteligente. As potencialidades oferecidas pela IoT possibilitam o desenvolvimento de um grande número de aplicações, mas apenas uma parte muito pequena está atualmente disponível para a sociedade (ATZORI et al., 2010).

Muitos são os cenários e os ambientes nos quais novas aplicações provavelmente iriam melhorar a qualidade de vida: residências, hospitais, escolas, empresas. Atualmente estes ambientes são equipados com objetos de “inteligência” apenas primitiva, na maioria das vezes desprovidos da capacidade de intercomunicação. Dando a estes objetos a possibilidade de comunicação uns com os outros e elaborar a informação percebida a partir do ambiente implica ter diferentes ambientes onde uma gama muito ampla de aplicações pode ser implantada, como transporte, logística, saúde, pessoal e social. Um ambiente inteligente é o que tornar seu “emprego” fácil e confortável graças à inteligência de objetos contidos, seja num escritório, em uma casa, uma fábrica industrial ou um ambiente de lazer (ATZORI

et al., 2010).

A IoT é composta por uma coleção livre de redes diferentes e criadas para determinada finalidade (EVANS, 2011). Por exemplo, os carros atuais têm várias redes para controlar a função do motor, recursos de segurança, sistemas de comunicação e assim por diante. Os prédios comerciais e residenciais também têm vários sistemas de controle para aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC), serviços telefônicos, segurança e iluminação. À medida que a IoT evolui, essas redes e muitas outras estarão conectadas com mais recursos de segurança, análise e gerenciamento. Isso permitirá que a IoT se torne ainda mais poderosa com relação ao que pode fazer para ajudar as pessoas a obterem novas conquistas.

As transformações promovidas pela IoT podem ser ilustradas como no exemplo de planejamento urbano citado em (PRESSER et al., 2012), onde sensores de rua interativos reúnem dados sobre a cidade – a pulsação da cidade. Sensores em todos os postes da cidade medem dados de barulho, trânsito, meio ambiente, aglomerações, temperatura. Literalmente qualquer coisa. Os dados são transmitidos e processados e a informação é apresentada como infográficos dinâmicos mostrando detalhes interessantes sobre a cidade como um organismo vivo, como é usada pelas pessoas, fluxo de tráfego e impacto no meio ambiente. Por exemplo, pode-se ver um mapa mostrando a poluição em tempo real e seus dados históricos.

Analisando o exemplo de planejamento urbano descrito, um *Smart Grid*, assim como a cidade, também possui uma grande área que necessita de monitoramento. Os sensores de rua interativos, são *Smart Meters*, com a mesma finalidade de coleta de dados embora possam ser construídos com os recursos computacionais e eletrônicos que forem convenientes. Na descrição do exemplo também podem ser identificados a importância do compartilhamento de informações para entrega de dados e a manipulação da informação no fim disponibilizada na forma de gráficos.

A Internet das coisas segue evoluindo conforme as tecnologias de comunicação e informação avançam, e o *Smart Grid* é identificado neste contexto como uma demanda incentivada pela IoT, caracterizada como um domínio do setor elétrico que adquire atributos de um ambiente inteligente.

Em termos conceituais e de evoluções em IoT, é relevante abordar definições sobre Sistemas Cyber-físicos, do inglês, *Cyber-physical system* (CPS). Nos CPSs elementos de computação coordenam-se e comunicam-se com sensores, que monitoram indicadores virtuais e físicos, e atuadores, que modificam o ambiente virtual e físico em que são executados (ZANNI, 2015).

A IoT é uma tecnologia revolucionária que oferece o potencial para inovações e melhorias significativas a ambientes sociais e corporativos. Com tecnologias IoT, é possível

criar aplicativos adaptáveis e inteligentes que podem gerenciar melhor os recursos e fornecer sistemas mais eficientes. IoT e CPSs são projetados para dar suporte a aplicativos que possam gerenciar grandes quantidades de dados e uma ampla variedade de dados do ambiente (ZANNI, 2015).

2.3.4 Considerações finais do capítulo

No presente capítulo foram discutidos as concepções dos *smart grids* e as tecnologias que viabilizam sua operacionalidade. No capítulo seguinte será abordado fundamentos e aplicações em Sistemas de Informação que destaca o emprego de sistemas em diferentes áreas de pesquisa e que será relevante para o capítulo de desenvolvimento do sistema.

3 Sistemas de Informação: Fundamentos e Aplicação

3.1 Sistemas de informação

Neste capítulo são destacados os conceitos e as características principais de um Sistema de Informação, com o objetivo de contextualizar a importância dos sistemas desenvolvidos para atender demandas de gerenciamento atuais que abrangem tecnologias diversas e recursos computacionais avançados. A finalidade deste capítulo é identificar os *Smart Grids* como um Sistema de Informação Gerencial Elétrico.

Sistema de Informação (SI) é um conjunto de elementos ou componentes inter-relacionados que coleta (entrada), manipula (processo), armazena e disseminam dados (saída) e informações, e fornece reação corretiva (mecanismo de realimentação) para alcançar um objetivo. O mecanismo de realimentação é o componente que auxilia as organizações a alcançar seus objetivos, como aumentar os lucros ou melhorar os serviços ao cliente (STAIR; REYNOLDS, 2015).

Um SI pode ser definido tecnicamente como um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle, esses sistemas também auxiliam os gerentes e trabalhadores a analisar problemas, visualizar assuntos complexos e criar novos produtos (LAUDON; LAUDON, 2010).

3.1.1 Recursos de um Sistema de Informação

Sistemas de informação são capazes de executar distintas tarefas, gerenciar processos, prover aplicações, auxiliar pessoas a tomada de decisões, representando o laço da interação entre humano e computador. Nesta seção são apresentados alguns recursos e características de SI como entrada, processamento, saída, *feedback*, *hardware*, *software*, banco de dados, telecomunicações, pessoas e procedimentos, com base nos conceitos em (STAIR; REYNOLDS, 2015).

- Entrada: atividade de captar e reunir os dados brutos.
- Processamento: converter ou transformar dados em saídas úteis. O processamento pode envolver a realização de cálculos, comparação de dados e execução de ações alternativas e armazenamento de dados para utilização futura.

- Saída: produção de informações úteis, normalmente na forma de documentos e relatórios.
- *Feedback*: informação originada no sistema, utilizada para realizar mudanças na entrada ou nas atividades de processamento.
- *Hardware*: equipamentos de computador utilizados para efetuar as atividades de entrada, processamento, armazenagem e saída.
- *Software*: programas que controlam a operação do computador.
- Banco de dados: coleção organizada de fatos e informações, consistindo em dois ou mais arquivos de dados relacionados.
- Telecomunicações: transmissão eletrônica de sinais para comunicações, que permite às organizações realizarem seus processos e tarefas por meio de redes efetivas de computadores.
- Pessoas: são o elemento mais importante na maioria dos sistemas de informação baseados em computador. Elas fazem o sucesso e o fracasso da maioria das organizações. Inclui todos os profissionais que gerenciam, executam, programam e fazem a manutenção do sistema. Outras pessoas são os usuários que trabalham com sistemas de informação para obter resultados.
- Procedimentos: incluem estratégias, políticas, métodos e regras para utilizar um sistema de informação baseado em computadores, incluindo a operação, a manutenção e a segurança do computador.

3.1.2 Tipos de Sistemas de Informação

Esta seção apresenta alguns exemplos de Sistemas de Informação, como áreas de atuação, demandas especializadas, apoio à tomada de decisão nas organizações e aplicações como tecnologia de pesquisa.

3.1.2.1 Sistemas de apoio a decisões

Estruturas organizacionais são grandes utilizadoras de sistemas de apoio a decisões, principalmente nos níveis estratégicos da organização, operando por exemplo um Sistema de Informação gerencial. Um sistema de informação gerencial é um conjunto organizado de pessoas, procedimentos, softwares, banco de dados e equipamentos que fornecem informações de rotina para gerentes e tomadores de decisão (STAIR; REYNOLDS, 2015).

Geralmente são utilizados nas áreas de manufatura, marketing, produção, finanças e outros setores funcionais com a função de produzir relatórios gerenciais.

Tomando como base os cenários organizacionais de tomada de decisão, um Sistema de apoio a decisão (DSS, sigla em inglês) é um conjunto organizado de pessoas, procedimentos, software, banco de dados e equipamentos utilizados para apoiar as tomadas de decisão em relação a um problema específico (STAIR; REYNOLDS, 2015).

3.1.2.2 Sistemas de informação de negócios especializados

Analisando as demandas das grandes organizações e a diversidade de áreas de atuação, soluções tecnológicas seguem um padrão de aprimoramento e expansão atendendo cada vez mais especialidades. Um exemplo pode ser identificado em Sistemas de Inteligência Artificial.

Um Sistema de Inteligência Artificial não é capaz somente de armazenamento e manipulação de dados, mas também da aquisição, representação, e manipulação de conhecimento. Esta manipulação inclui a capacidade de deduzir ou inferir novos conhecimentos, novas relações sobre fatos e conceitos, a partir do conhecimento existente e utilizar métodos de representação e manipulação para resolver problemas complexos que são frequentemente não-quantitativos por natureza (GINAPE, 2017).

Os Sistemas de Informação são desenvolvidos com requisitos cada vez mais complexos e que exigem conhecimento especializado, como por exemplo os requisitos que formam um *Smart Grid* que possui características de um Sistema de Informação Especialista. Sistemas especialistas fornecem ao computador a capacidade de dar sugestões e atuar como alguém especializado em um campo em particular, ajudando a aprimorar a experiência de usuários novatos (STAIR; REYNOLDS, 2015).

3.1.3 Engenharia de Sistemas

A Engenharia de Sistemas consiste na aplicação do conceito de sistema para realizar o estudo de um dado objeto de interesse, que pode ser uma empresa, uma área da empresa ou negócio, com vista de informatizá-lo (FURTADO; JR, 2010).

Para as finalidades desta pesquisa, a Engenharia de Sistemas ou Engenharia de Software é a técnica usada para projetar e criar o sistema baseado em *Smart Grid*, destacando as habilidades de um analista de sistemas na coleta e absorção dos conhecimentos necessários para o desenvolvimento do Sistema de Informação que atenda como exigência requisitos de um *Smart Grid*. É desejável que um analista de sistemas conheça a área em questão para a qual o sistema será desenvolvido: isto facilitará sobremaneira seu trabalho quanto à compreensão das questões desta área e o reconhecimento dos requisitos corretos (FURTADO; JR, 2010).

3.1.4 Resumo do capítulo

Neste capítulo foram abordados conceitos de Sistemas de Informação, com o objetivo de contextualizar essa tecnologia em diferentes áreas de atuação e destacar a importância desse estudo para o desenvolvimento do sistema apresentado neste trabalho de conclusão de curso.

No capítulo 5 deste trabalho serão abordadas técnicas de desenvolvimento de *software*, como conceitos e diagramas e documentação com requisitos especificados. No capítulo 4 será descrito o processo de construção do *smart meter* construído com arduino, conceitos, lista de componentes, esquemas de montagem, conexão e funcionalidades.

4 Electabuzz: um protótipo de *Smart Meter* construído com Arduino.

O propósito deste capítulo é apresentar como o *Smart Meter*, modelo batizado com o nome de Electabuzz, foi construído, quantos e quais componentes foram usados na montagem, quais técnicas foram utilizadas na montagem e como o protótipo funciona integrado com recursos computacionais.

Serão ilustradas todos os esquemas de conexão para que seja claro identificar o *Smart Meter* e componentes auxiliares e permitir a reprodução dos esquemas por quem possa interessar.

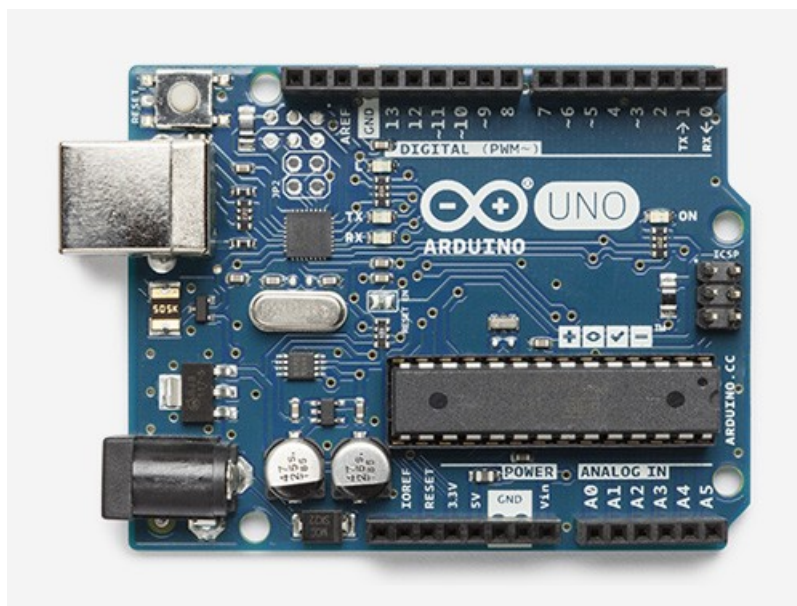
4.1 Arduino

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em *hardware* e *software* fácil de usar (Arduino, 2017a). É uma plataforma de computação física ou embarcada, onde um microcontrolador de placa única é capaz de programar e processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele (MCROBERTS, 2015).

O Arduino nasceu no *Ivrea Interaction Design Institute* como uma ferramenta fácil para prototipagem rápida, destinada a estudantes sem experiência em Eletrônica e Programação. Assim que atingiu uma comunidade mais ampla, o painel Arduino começou a mudar para se adaptar às novas necessidades e desafios, diferenciando sua oferta de placas simples de 8 bits para produtos e aplicativos de IoT, usáveis, impressões em 3D e ambientes incorporados.

As placas Arduino são completamente *open-source*, capacitando os usuários para construí-las de forma independente e, eventualmente, adaptá-las às suas necessidades particulares. O *software*, também, é de código aberto, e está crescendo através das contribuições de usuários em todo o mundo. A figura 4 mostra um modelo de placa Arduino comercializada atualmente.

Figura 4 – Modelo de placa - Arduino Uno Rev3



Fonte: (Arduino, 2017a)

4.1.1 Vantagens do Arduino

A escolha de uso do Arduino neste projeto se justifica pela capacidade multiplataforma oferecida pela tecnologia, além da compatibilidade com diversos sistemas operacionais e metodologia de estudo acessível. Considerando as características do uso do Arduino são listadas algumas vantagens relevantes para a escolha da plataforma neste trabalho.

- **Custo benefício:** as placas Arduino são relativamente baratas em comparação com outras plataformas de microcontroladores. A versão menos dispendiosa do módulo Arduino pode ser montada manualmente e até mesmo os módulos Arduino pré-montados custam menos de 50 dólares.
- **Cross-platform:** O *Arduino software* (IDE) é executado em sistemas operacionais *Windows*, *Macintosh OSX* e *Linux*. A maioria dos sistemas de microcontroladores são limitados ao *Windows*.
- **Ambiente de programação simples e claro :** o software Arduino (IDE) é fácil de usar para iniciantes, ainda que flexível o suficiente para usuários avançados aproveitarem também. Para os professores, é convenientemente baseado no ambiente de programação procedual, de modo que os alunos que aprendem a programar nesse ambiente estarão familiarizados com o funcionamento do Arduino IDE.
- **Software de código aberto e extensível:** o *software* Arduino é publicado como ferramentas de código aberto, disponível para extensão por programadores experientes.

O idioma pode ser expandido através de bibliotecas C++ e as pessoas que desejam entender os detalhes técnicos podem fazer o salto do Arduino para a linguagem de programação AVR-C em que se baseia. Da mesma forma, é possível adicionar código AVR-C diretamente em programas Arduino.

- *Hardware* de código aberto e extensível: os planos das placas Arduino são publicados sob uma licença *Creative Commons*, por isso os designers de circuitos experientes podem fazer sua própria versão do módulo, estendendo-a e melhorando. Mesmo os usuários relativamente inexperientes podem construir a versão *breadboard* do módulo para entender como funciona e economizar dinheiro.
- Comunidade e colaboradores: por conta da grande comunidade de colaboradores o Arduino tem diversas bibliotecas prontas para o uso nos mais diferentes fins como conexão com *internet*, banco de dados, etc.

4.2 Esquema de Montagem

Essa seção descreve o esquema de montagem do protótipo *Smart Meter* construído com Arduino, especificando o processo de montagem, exemplificando os componentes elétricos e conectores auxiliares do projeto. O esquema apresentado é baseado nas funcionalidades da plataforma Arduino e adaptado de projetos de medidores de energia disponibilizados na *internet*¹ considerando seus recursos como *hardware* e requisitos elétricos.

O esquema de montagem do *Electabuzz* é apresentado em três fases apresentadas como subseções deste capítulo 4: detalhamento da placa Arduino, componentes do esquema de conexão (incluindo softwares) e diagrama lógico e esquemático de conexão. A quarta fase, algoritmos de conexão, será detalhada no capítulo 5 deste trabalho, onde será apresentado junto as técnicas usadas no desenvolvimento do Sistema integrado ao *Smart Meter* na seção de banco de dados.

4.2.1 Detalhamento da placa Arduino

A placa Arduino será o componente central do *Smart Meter* proposto, considerando que ela será responsável por controlar os dados de leitura através de circuitos, sendo o elo interconector entre a potência coletada e o armazenamento dessa informação registrada a um computador com o auxílio de softwares.

Considerando as vantagens do Arduino anteriormente abordadas neste capítulo, o modelo de placa escolhido para o projeto deste protótipo *Smart Meter* é o Arduino Uno R3.

¹ Como o modelo disponível em: <http://blog.fazedores.com/construindo-um-medidor-de-consumo-de-energia-eletrica-com-arduino/>.

O Arduino Uno R3 é uma placa de microcontrolador baseada no ATmega328P (datasheet). Possui 14 pinos de entrada / saídas digitais (dos quais 6 podem ser utilizados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um cristal de quartzo de 16 MHz, uma conexão USB, uma tomada de energia, um cabeçalho ICSP e um botão de reinicialização (Arduino, 2017b).

4.2.1.1 Especificações técnicas da placa Arduino Uno

A tabela 2 abaixo apresenta as especificações da placa utilizada na construção do Smart Meter.

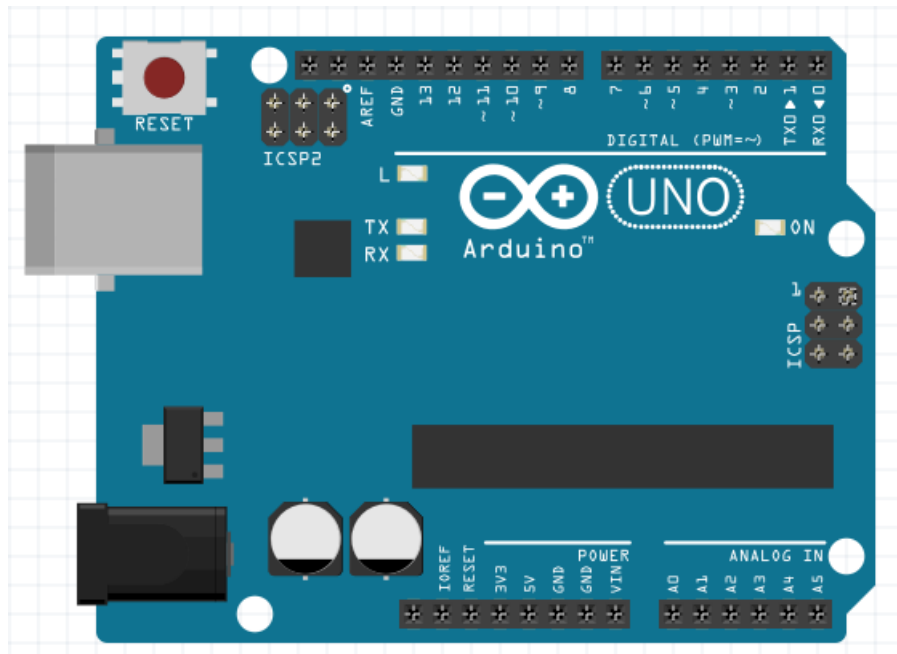
Tabela 2 – Tabela Especificações técnicas Arduino Uno R3

Item	Descrição	Especificação
1	Microcontrolador	ATmega328P
2	Tensão operacional	5V
3	Tensão de entrada (recomendada)	7-12V
4	Tensão de entrada (limite)	6-20V
5	Pinos E/S digitais	14 (6 saída PWM)
6	PWM Digital I / O Pins	6
7	Pinos de entrada analógicos	6
8	Corrente DC por pino I / O	20 mA
9	Corrente DC para Pin 3.3V	50 mA
10	Memória flash	32 KB (ATmega328P)
11	SRAM	2 KB (ATmega328P)
12	EEPROM	1 KB (ATmega328P)
13	Velocidade do relógio	16 MHz
14	LED BUILTIN	13
15	Comprimento	68,6 mm
16	Largura	53,4 mm
17	Peso	25 g

Fonte: (Arduino, 2017b)

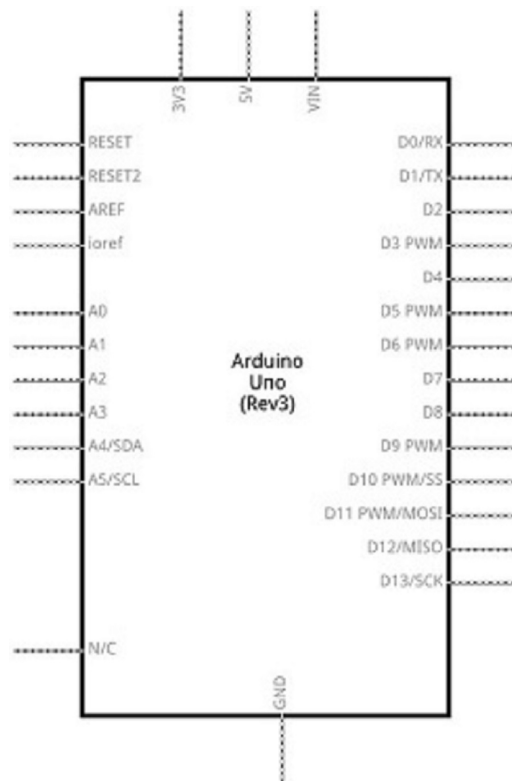
São ilustrados respectivamente nas figuras 5 e 6 a visão geral da placa Arduino com suas especificações e a representação esquemática.

Figura 5 – Visão geral placa Arduino Uno R3



Fonte: (Arduino, 2017a)

Figura 6 – Visão esquemática da placa Arduino Uno R3



Fonte: (Arduino, 2017a)

4.2.2 Componentes do esquema de conexão

Nesta seção são listados todos os componentes do esquema de conexão que formam a arquitetura física e lógica do *Smart Meter*, composta por equipamentos de hardware, conectores elétricos, dispositivos eletrônicos e softwares. Também são listados equipamentos de informática e aparelhos eletrônicos que auxiliam no teste e funcionamento do *Smart Meter*.

Os componentes serão descritos e apresentados conforme suas características e funcionalidades no protótipo. Posteriormente à realização das descrições e funções, todos serão identificados nas apresentações do protótipo ilustradas nesta seção.

Primeiramente será listado tudo o que compõe o projeto do *Smart Meter*. A tabela 3 enumera e mensura todos os componentes de construção do protótipo.

Tabela 3 – Lista de componentes do Smart Meter

Item	Descrição	Tipo	Qtd.
1	Placa Arduino Uno R3	Hardware	1
2	Ethernet Shield W5100	Hardware	1
3	Cabo USB	Conector	1
4	Fonte 9V 1A Plug P4	Conector Elétrico	1
5	Sensor de Corrente Não Invasivo SCT-013 20A	Conector elétrico	1
6	Display LCD 16x2 Backlight Azul	Hardware	1
7	Barra de Pinos 1x40 180 Graus	Conector	1
8	Protoboard 830 pontos	Conector	1
9	Potenciômetro Trimpot 10K	Componente Eletrônico	1
10	Resistor 10K 1/4W	Componente eletrônico	1
11	Capacitor 100 μ F 16V	Componente Eletrônico	1
12	Jumpers Macho-Macho	Conector Elétrico	21
13	Fio Paralelo 1,0mm 1m	Conector Elétrico	1
14	Plug Tomada Macho	Conector Elétrico	1
15	Plug Tomada Fêmea	Conector Elétrico	1
16	Conector Áudio Jack 3,5mm	Componente Eletrônico	1
17	Roteador Humax	Equipamento info	1
18	Computador	Equipamento info	1
19	Sistema Operacional Windows 10	Software	1
20	Arduino IDE 1.8.1	Software	1
21	Banco de dados MySQL 5.6	Software	1
22	Cabo Par Trançado rj45	Conector	1

4.2.3 Funcionalidades dos componentes

Listados todos os componentes que formam o protótipo, agora são especificadas suas respectivas funcionalidades e finalidades atribuídas no esquema operacional do Smart

Meter.

1. **Placa Arduino Uno R3:** a placa Arduino será o processador central do *Smart Meter*, utilizando seus recursos para coleta e processamento, acionando circuitos eletrônicos, por meio de conectores, onde serão identificadas as potências e as correntes elétricas dos equipamentos que venham a ser monitorados.
2. **Ethernet Shield W5100:** permite que a placa Arduino se conecte a rede local e internet. No esquema de conexão será o componente essencial para a transferência de dados e verificação de status e acesso ao banco de dados.
3. **Cabo USB:** componente responsável pela conexão da placa Arduino ao computador.
4. **Fonte 9 V 1A Plug P4:** responsável pela alimentação elétrica do Arduino.
5. **Sensor de Corrente Não Invasivo SCT-013 20A:** é utilizado para o monitoramento de corrente de até 20A e que não seja invasivo. Possui corrente de entrada: 0-20A, sinal de saída: Tensão/1 V, Material do Core: Ferrite, Dielétrico: 6000 V AC/1 min, Taxa antichama: UL94-V0, Plug de saída: 3,5 mm, dimensão abertura: 13 x 13 mm, Temperatura de trabalho: -25 a +70 °C, Comprimento do cabo: 150 cm. É o conector elétrico essencial para o funcionamento do Smart Meter já que é capaz de desenvolver uma tensão suficiente para conduzir completamente uma entrada de 5 V que é a utilizada nas placas Arduino.
6. **Display LCD 16x2 Backlight Azul:** conectado ao microcontrolador, auxilia no monitoramento das tarefas informando dados de leitura em tempo real. Possui especificações de Display LCD 16x2, Backlight: azul, cor dos caracteres: branco, controlador: HD44780, Adaptador display I2C integrado, Potenciômetro para ajuste do contraste, Tensão de operação: 5 V, linhas: 2, colunas: 16, Interface: I2C dimensões: 80 x 36 x 12 mm, Área visível: 64,5 x 16 mm. Utiliza pinos SDA, SCL, Vcc, GND.
7. **Barra de Pinos 1x40 180 Graus:** utilizado como conector. Função de fixação do display na protoboard. Comumente usado em placas de circuito impresso. Especificações de Espaçamento: 2,54 mm, conector: macho, número de Vias: 40, tipo de linha: simples, tipo de conector: 180 Graus, cor preta, dimensões: 11x102mm.
8. **Protoboard 830 pontos:** função de suporte a montagem e prototipagem dos circuitos que integram o Smart Meter. Possui 830 pontos com barras de distribuição demarcadas e a parte de trás é adesiva, permitindo assim colar em superfícies diversas. Especificações: 830 furos, faixa de Temperatura: -20 a 80 °C, para terminais e condutores de 0,3 a 0,8 mm (20 a 29 AWG), resistência de Isolamento: 100M Ω min. Tensão máxima: 500v AC por minuto. Dimensões: 165 mm x 57 mm x 10 mm.

9. **Potenciômetro Trimpot 10K:** é um componente eletrônico que cria uma limitação para o fluxo de corrente elétrica que passa por ele, e essa limitação pode ser ajustada manualmente, podendo ser aumentada ou diminuída. Utilizado para ajustes do Display.
10. **Resistor 10K 1/4 W:** possui funções diversas no protótipo como gerar calor, limitar a corrente elétrica e produzir queda de tensão. O funcionamento do Resistor 10K baseia-se na resistência que o mesmo apresenta quando da passagem de corrente elétrica, a qual pode ocasionar a criação de calor através do efeito Joule ou a queda da tensão em seus terminais. Protege os componentes aos quais está ligado. Especificações: padrão CR25, resistência de 10K Ohm, tolerância: $\pm 5\%$, potência de 1/4 W, comprimento total de 58 mm.
11. **Capacitor 100 μ F 16 V:** componente eletrônico aplicado comumente em placas de circuito impresso como filtro, sendo capaz de armazenar energia em um campo elétrico, acumulando internamente um desequilíbrio de carga elétrica. Utilizado na protoboard fixando corretamente o terminal negativo (menor) e positivo (maior). Especificações: tensão: 16 V, capacitância: 100 μ F (100mF), temperatura máxima de operação 105 °C, diâmetro de 5,1 mm, altura de 11,6 mm (ignorando-se os terminais), peso: 0,4 g.
12. **Jumpers Macho-Macho:** ligações móveis utilizadas entre dois pontos dentro de um circuito eletrônico. São fios metálicos, isolados por um material não condutivo, responsáveis pela condução de eletricidade tanto em placas de circuitos impressos (PCI) quanto em Protoboards. Função de desviar, ligar ou desligar o fluxo elétrico permitindo configurações específicas por meio físico do hardware do protótipo. Especificações: modelo Jumpers tipo Fio, comprimento variável de 10 cm a 22 cm, cores vermelho, azul, verde, branco, amarelo, preto e laranja. Peso: 38 g.
13. **Fio Paralelo 1,0mm 1m:** cabo elétrico condutor utilizado para criação de extensão com a finalidade de conexão junto ao aparelho eletrônico que será monitorado com o emprego do Sensor de Corrente Não Invasivo SCT-013 20A.
14. **Plug Tomada Macho:** ou simplesmente plug 2 pinos utilizado para implementar ligações elétricas de equipamentos elétricos e eletrônicos. Utilizado para formar extensão junto com o fio paralelo citado anteriormente.
15. **Plug Tomada Fêmea:** utilizada para implementar ligações elétricas. Utilizada para formar extensão junto aos itens anteriores. Conexão 2 pinos. Especificações elétricas: Tensão 250 v, corrente 10A.
16. **Conector Audio Jack 3,5 mm:** normalmente utilizado em projetos onde é necessária a conexão de fones de ouvido e caixas de som mas possui compatibilidade de

ligação com outros componentes eletrônicos. Neste projeto tem a função de conexão como o sensor de corrente não invasivo SCT-013 20A. Especificações: tensão máxima de operação de 30VDC, corrente máxima de operação de 0,5A, resistência dos contatos 30 miliohms, dimensões de 15 x 12 x 5 mm.

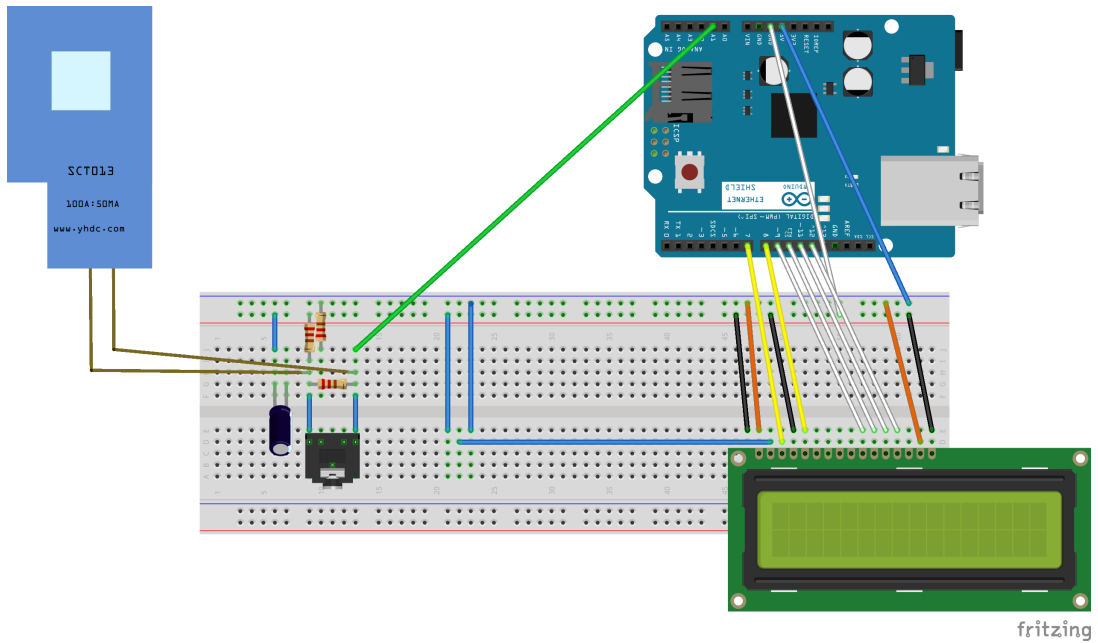
17. **Roteador HUMAX:** Router HUMAX modelo HG-100R, promove o envio remoto de dados utilizando o Ethernet Shield do Arduino junto ao banco de dados. É usado também para obter informações da rede local para escolha de endereços de IP válidos exigidos nos parâmetros de conexão.
18. **Computador:** utilizado para administrar os relatórios do Smart Meter, além de manter as aplicações de banco de dados e os recursos de software. O modelo utilizado neste experimento foi um notebook Positivo Stilo XCi3650, com memória de 4GB e HD de 500GB.
19. **Sistema Operacional:** software compatível com os componentes e requisitos do Smart Meter. Nesta pesquisa foi utilizado o sistema operacional Windows 10.
20. **Arduino IDE 1.8.1:** software do Arduino utilizado para desenvolver os algoritmos de conexão com a placa. Versão 1.8.1 (versão atual disponível até o início do trabalho).
21. **Banco de dados MySQL:** software de banco de dados utilizado para armazenar os dados em forma de leitura conduzida e pelo Smart Meter com auxílio de ferramentantes de conexão. Neste trabalho é utilizado o banco de dados MySQL Workbench versão 5.6 (Versão compatível com a biblioteca MySQL Connector usada para conexão a base de dados com arduino).
22. **Cabo Par Trançado RJ45:** utilizado para conexões usando DHCP. Cabo UTP categoria simples velocidades até 100Mbps. Acoplado ao *Ethernet Shield*. Essencial para o envio de dados do protótipo ao computador central.

4.2.4 Diagrama lógico e esquemático de conexão

Nesta subseção serão apresentados os diagramas lógicos e esquemáticos de conexão. A finalidade de ilustrar a composição do *Smart Meter* é identificar cada componente anteriormente apresentado e visualizar o Smart Meter de forma geral.

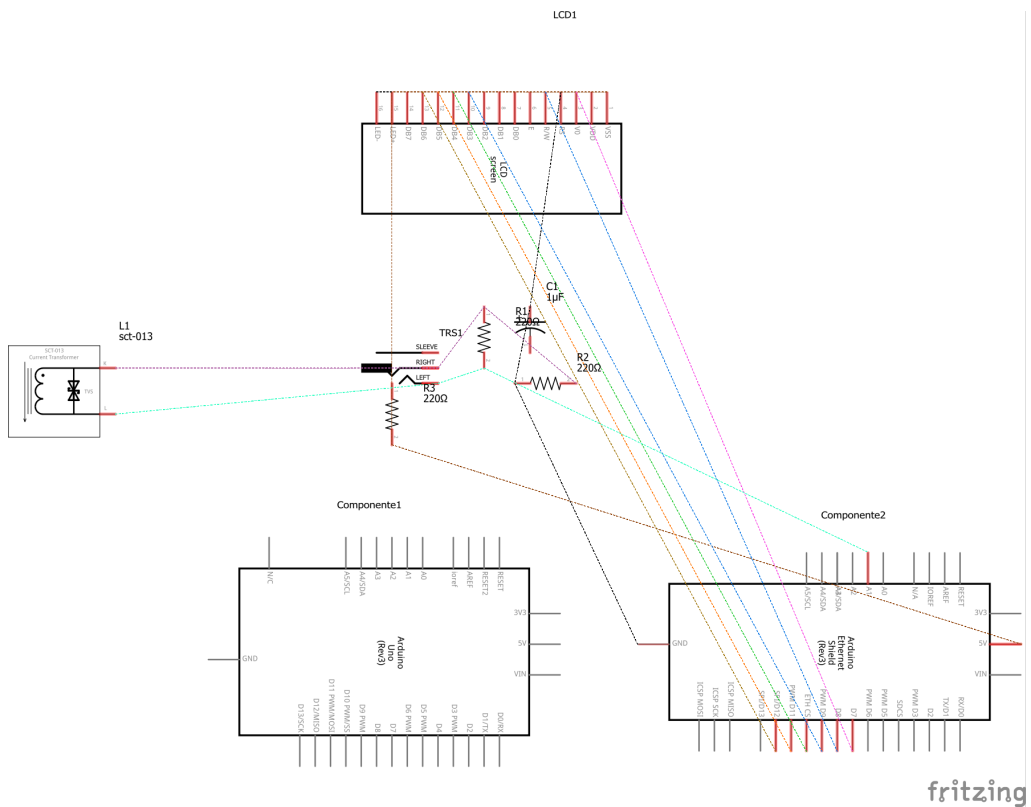
A figura 7 representa a conexão lógica do *Smart Meter* e a figura 8 o esquemático da conexão. Na figura 8 é observado dois componentes que indicam a placa Arduino Uno R3 e o componente *Ethernet Shield* que é acoplado a placa Arduino, e portanto não pode ser identificada na ilustração de conexão lógica.

Figura 7 – Conexão lógica do Smart Meter



Fonte: Próprio Autor

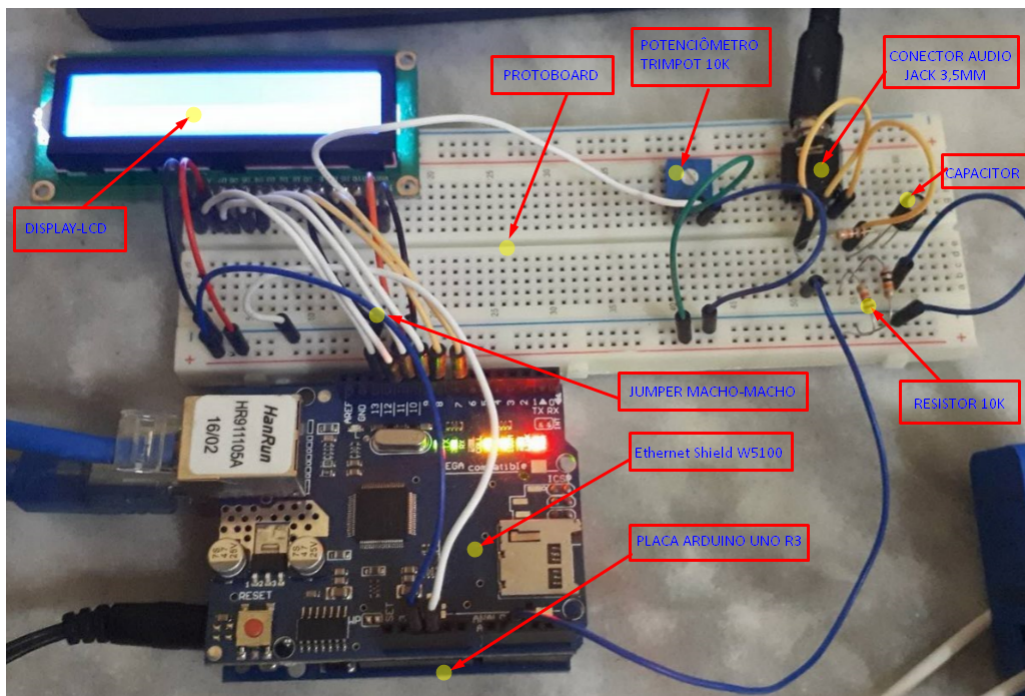
Figura 8 – Diagrama Esquemático do Smart Meter



Fonte: Próprio Autor

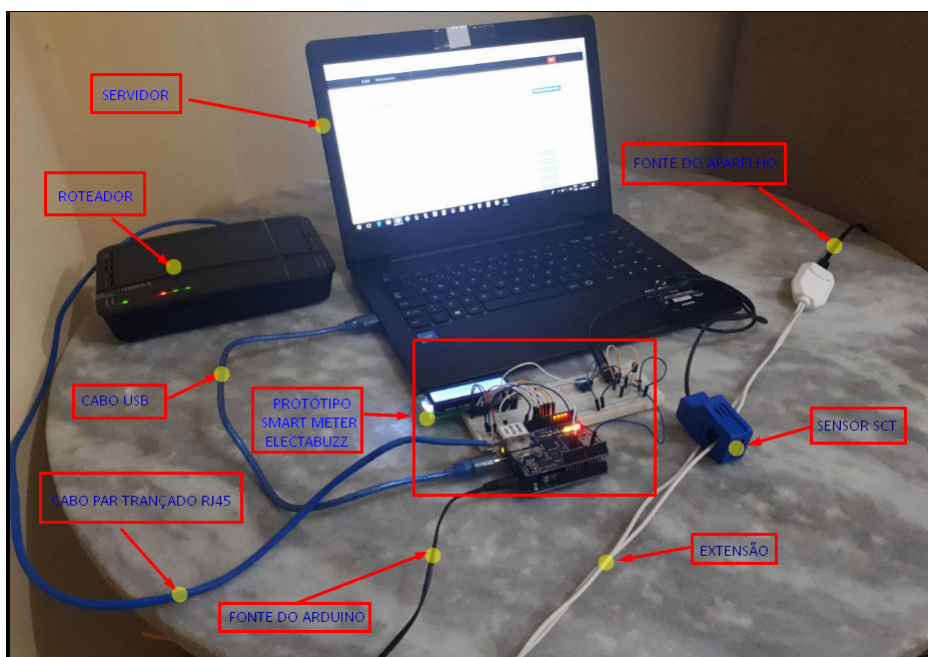
Em sequência as figuras 9 e 10 representam respectivamente o *Smart Meter* criado e todo esquema de funcionamento integrado a outros componentes e recursos de *software*.

Figura 9 – Foto do *Smart Meter* construído



Fonte: Próprio Autor

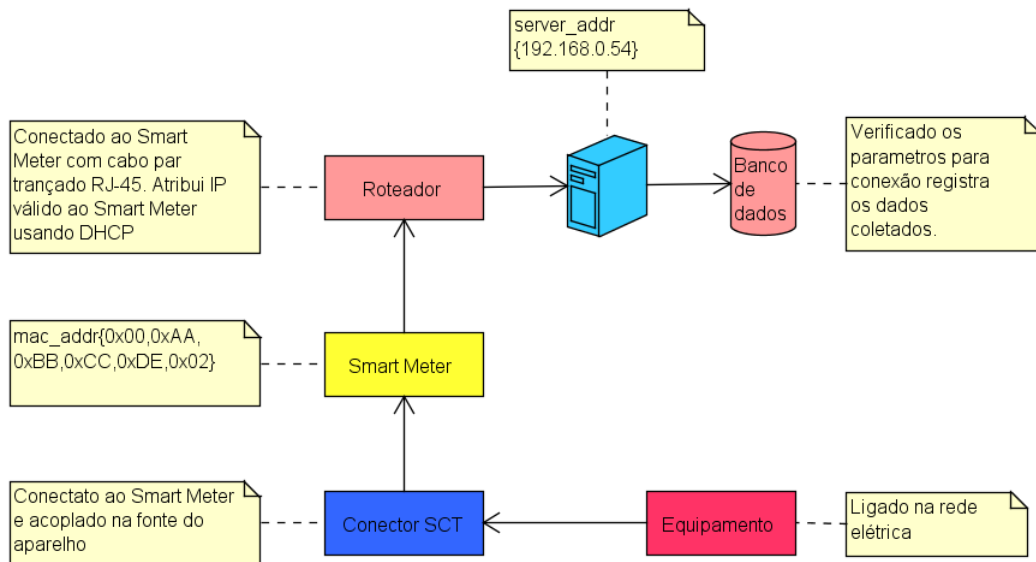
Figura 10 – Foto do Smart Meter integrado aos componentes para monitoramento



Fonte: Próprio Autor

Para finalizar este capítulo, na figura 11 consta a representação do fluxo de coleta e envio de dados realizados pelo do *Smart Meter* e seus componentes.

Figura 11 – Fluxo de coleta e envio de dados



Fonte: Próprio Autor

4.2.5 Resumo do capítulo

O capítulo 4 abordou as técnicas de prototipagem de *hardware* usando placas arduino e componentes conectores que juntos a recursos de *software* formam a etapa de construção do *smart meter* Electabuzz. No próximo capítulo será abordado a fase de desenvolvimento do sistema que será integrado ao protótipo de *smart meter* criado.

5 Desenvolvimento do Sistema

Neste capítulo são apresentadas as fases de desenvolvimento do Sistema de Informação Integrado ao Smart Meter (**SISM**). O objetivo deste capítulo é completar o experimento de construção do *Smart Meter* integrando-o a um *software* compatível com seus requisitos.

Além de compor a metodologia planejada para esta pesquisa, o capítulo 5, lista não apenas as técnicas de Engenharia de *Software* usadas para desenvolvimento desta etapa do trabalho, mas também documenta a criação do *software* e ratifica o referencial teórico abordado nesse estudo, demonstrando nas fases do desenvolvimento deste Sistema de Informação o emprego de uma tecnologia viabilizadora de *Smart Grids* ao nível do usuário final residencial, descrevendo assim um Sistema Elétrico Inteligente.

5.1 Fases do Desenvolvimento

Nesta seção são sequenciadas as fases de desenvolvimento do Sistema Integrado ao *Smart Meter* e as técnicas de Engenharia de *Software* que compete a cada fase. Não foi feito uso de metodologias ágeis no desenvolvimento deste *software*. Optou-se por uma metodologia tradicional, voltada para documentação do software.

O documento de Especificação de Requisitos produzido para o *software* apresentado neste capítulo segue o modelo apresentado em (FURTADO; JR, 2010) e é listado como **Apêndice A** deste trabalho de conclusão de curso.

As fases de desenvolvimento seguem as sequências das seções seguintes, onde serão identificados o ambiente do sistema, o ambiente de desenvolvimento e suas tecnologias para desenvolvimento da aplicação, requisitos, arquitetura do *software* e apresentação da interface do sistema.

5.2 Ambiente do Sistema

O sistema desenvolvido apresenta características de um *Smart Grid* (Sistema Elétrico Inteligente) voltado para monitoramento doméstico (considerando gerência da rede por um sistema computacional). Considera-se que o usuário possui um *Smart Meter* protótipo Electabuzz que é compatível com este Sistema Integrado desenvolvido. O operador do sistema é livre para escolher qual eletrodoméstico deseja monitorar, e quanto tempo o monitoramento dura. Neste cenário a pessoa que opera o sistema é identificada como Usuário.

O *software* contém dois níveis de acesso para usuários, o Usuário normal e o Administrador. O Usuário normal cadastra um perfil de acesso para acessar na interface de gerenciamento do *software*, onde poderá realizar cadastro de equipamentos, acompanhar monitoramentos e gerar gráfico de consumo. O perfil de Administrador foi criado para gerenciar contas de usuário e alterar níveis de acesso quando necessário e listar usuários cadastrados.

Os equipamentos cadastrados podem ser de diversos tipos e classes energéticas: geladeiras, Tvs, ventiladores, máquinas de lavar. Para cada equipamento cadastrado é gerado um código de equipamento que será armazenado no banco de dados. Quando o usuário iniciar o monitoramento, o equipamento deverá ser identificado por código e os dados do monitoramento serão atribuídos ao código do equipamento existente.

O sistema atualiza os dados de monitoramento em tempo real, permitindo que o usuário acompanhe os status da operação. Quando o usuário desliga o *Smart Meter*, o monitoramento é finalizado. Os dados armazenados em banco de dados podem ser acessados pelo usuário através de busca por equipamento ou através de uma lista geral de dados de consumo do usuário.

O sistema permite que o usuário possa gerar e consultar gráfico de consumo de equipamentos monitorados e obter dados como cálculos de tarifa baseado em consumo.

5.3 Ambiente de Desenvolvimento

Nesta seção são listados os componentes do ambiente de desenvolvimento do SISM, como ferramentas auxiliares usadas na execução de trabalhos de codificação e na documentação do software, o gerenciamento das tarefas, os recursos humanos e recursos de *software* e *hardware* envolvidos no processo de desenvolvimento.

5.3.1 Documentação

Foram produzidos os seguintes documentos:

- Lista de requisitos.
- Documento de especificação de requisitos.
- Diagrama de caso de uso.
- Diagrama de Classes.
- Diagrama de Atividades.

A lista de requisitos utiliza o *template* fornecido pelo Laboratório de Engenharia de Software da UFPA (LABES-UFPA). A lista de requisitos com o *template* fornecido e controle de versões do documento bem como a identificação dos responsáveis pela coleta de requisitos, conta como **APÊNDICE B** deste trabalho de conclusão de curso. O documento de especificação de requisitos como citado anteriormente, segue o modelo disponível em (FURTADO; JR, 2010). Os diagramas foram redigidos utilizando a ferramenta Astah UML.

Toda documentação produzida incluindo diagramas exportados em formatos de imagens e em extensões “asta”, foram centralizadas e mantidas nas ferramentas *Google Drive* e *GitLab*.

5.3.2 Recursos humanos e Interação dos membros

Os recursos humanos envolvidos nesta etapa são compostos por duas pessoas:

- Um professor: orientador da pesquisa.
- Um aluno: autor da pesquisa.

A interação da equipe foi realizada por meio de reuniões semanais e pelo uso de ferramentas de comunicação como *Telegram* (integrado ao *GitLab*) e e-mail. O *GitLab* também foi usado como ferramenta de comunicação visto que a lista de tarefas (*issues*) era gerenciada pela ferramenta.

5.3.3 Gerenciamento de tarefas

As tarefas foram gerenciadas com auxílio das ferramentas *Telegram* e *GitLab*.

5.3.4 Linguagem de programação e versionamento de código fonte

A principal linguagem de programação usada foi o PHP (Hypertext Preprocessor) e também C++ biblioteca expandida no arduino que se baseia em AVR-C, que é a linguagem de programação utilizada pelo Arduino. Como o sistema é projetado para uma aplicação *Web*, utiliza-se também o *framework front-end Bootstrap* e as linguagens *JavaScript*, *HTML*, *Cascading Style Sheets* (CSS). O banco de dados do sistema utiliza linguagem *SQL* (*Structure Query Language*).

Para gerenciar conflitos de alterações e manter a equipe com versões atualizadas do código-fonte, foi criado um repositório na ferramenta *GitLab*, auxiliando também no controle das atualizações de cada tarefa.

Também é utilizada biblioteca auxiliar que compõe a seção de banco de dados, já que possui a função de conectar o *Smart Meter* com o *MySQL Workbench*. A biblioteca

MySQL Connector Arduino é disponibilizada por (BELL, 2017) e é identificada na subseção de algoritmos de conexão.

5.3.5 Componentes de hardware e Software

Finalizando o ambiente do sistema, são listados os recursos de *hardware* e *software* exigidos no desenvolvimento do SISM.

Hardware:

- 1 computador com 4GB de memória.
- 1 *Smart Meter* protótipo Electabuzz.
- 1 roteador de *internet*.

Software:

- Sistema Operacional Windows 10.
- IDE Arduino 1.8.
- Banco de dados MySQL Workbench 5.6.
- PHP.
- WampServer.
- Apache Webserver.
- Astah Professional.
- Notepad++.
- C++.
- JavaScript.
- HTML.
- CSS.
- Framework Bootstrap.

5.4 Requisitos

Esta unidade aborda os requisitos do sistema, identificando seus atores potenciais e como os requisitos se co-relacionam aos casos de uso do sistema. O documento de Especificação de Requisitos elaborado para esta pesquisa é listado como **Apêndice A** deste trabalho.

Requisitos são, além de funções, objetivos, propriedades, restrições que o sistema deve possuir para satisfazer contratos, padrões ou especificações de acordo com o usuário. De forma mais geral um requisito é uma condição necessária para satisfazer um objetivo (DEV MEDIA, 2017).

A técnica de coleta de requisitos usada neste trabalho é baseada nas referências bibliográficas da pesquisa desenvolvida sobre *Smart Grids* e na amostragem de desempenho do *Smart Meter* modelo de protótipo Electabuzz.

5.4.1 Lista de Requisitos

A lista de requisitos com todos as restrições e requisitos validados do sistema é reproduzida nos quadros seguintes, divididos em requisitos funcionais e requisitos não funcionais.

O documento lista de requisitos foi usado desde a fase de coleta e atualizado em versões onde requisitos foram priorizados e descartados, conforme foram avaliadas a exequibilidade de cada requisito, redundância e resoluções de conflitos. O quadro 5.1 lista 19 requisitos funcionais do sistema e o quadro 5.2 listas 5 requisitos não funcionais.

Quadro 5.1: Requisitos Funcionais

Nº	Descrição	Prioridade	Status
RF 01	O Sistema deve processar e apresentar dados referentes ao consumo de energia elétrica de um dado eletrodoméstico monitorado por um Smart Meter.	Alta	Validado
RF 02	O Sistema deve ser integrado a um Smart Meter.	Alta	Validado
RF 03	O Sistema deve ser integrado a um banco de dados.	Alta	Validado
RF 04	O Sistema deve apresentar os dados inseridos no banco dados monitorados pelo Smart Meter.	Alta	Validado
RF 05	O Sistema deve ser desenvolvido para plataforma web.	Alta	Validado
RF 06	O Sistema deve processar os dados de consumo em kWh	Alta	Validado
RF07	O Sistema deve apresentar gráficos de consumo em kWh.	Alta	Validado
RF08	O Sistema deve calcular a tarifa de consumo de energia em kWh de cada aparelho eletrodoméstico monitorado.	Alta	Validado
RF09	O Sistema deve permitir o cadastro de usuários. Os dados para cadastro são: Nome, E-mail, Login, Senha, Nível de acesso (Administrador ou Usuário normal)	Alta	Validado
RF10	O Sistema deve identificar usuários cadastrados de acordo com o nível de acesso.	Alta	Validado
RF 11	O Sistema deve permitir que o usuário crie (defina) monitoramentos.	Alta	Validado
RF12	O Sistema deve permitir que o usuário cadastre equipamentos que serão monitorados. Podendo definir no ato do cadastro: O nome do equipamento A marca do equipamento O consumo de energia em kWh (Informado pelo fabricante) A voltagem do equipamento A classificação energética (A, B, C, D, E)	Alta	Validado
RF13	O Sistema deve permitir que o usuário informe (limite) o tempo de monitoramento do aparelho.	Alta	Cancelado
RF14	O Sistema deve permitir que o usuário cancele um monitoramento em andamento.	Alta	Validado
RF15	O Sistema deve permitir que o usuário exclua um monitoramento finalizado.	Baixa	Validado
RF16	O Sistema deve apresentar ao usuário informações de processamento durante e após o término do monitoramento. Por exemplo: Cenário 1: O usuário visualiza os dados monitorados em tempo real. [ID/Descrição do aparelho/Consumo KWH/Tarifa R\$/Hora:Data] Cenário 2: O usuário visualiza o processo finalizado. [ID/Descrição do aparelho/Total do Consumo KWH/Tarifa Total R\$/Hora:Data Final]	Alta	Validado
RF17	O Sistema deve apresentar histórico de monitoramentos realizados.	Alta	Validado
RF18	O sistema deve parear um monitoramento criado com um Smart Meter para permitir que os dados lidos sejam salvos corretamente.	Alta	Validado
RF19	Um monitoramento removido deve liberar que o Smart Meter utilizado possa ser cadastrado para outro monitoramento.	Alta	Validado

Quadro 5.2: Requisitos Não-Funcionais

Nº	Descrição	Prioridade	Status
RNF 01	O Sistema deve se comunicar com o banco de dados MySQL Workbench.	Alta	Validado
RNF 02	O Sistema deve ser desenvolvido em linguagem PHP.	Alta	Validado
RNF 03	O Sistema deve ser compatível com um modelo de Smart Meter construído em plataforma Arduino.	Alta	Validado
RNF 04	O Sistema deve utilizar o serviço de conexão MySQL Server 5.6 para integração com Smart Meter e banco de dados.	Alta	Validado
RNF 05	O Sistema não permitirá monitoramento simultâneo de aparelhos eletrodomésticos. O Smart Meter utiliza um monitoramento por vez.	Alta	Cancelado

5.4.2 Casos de Uso

O objetivo desta seção é identificar os casos de uso do **SISM**. São apresentados os principais casos de uso e o diagrama gerado correspondente. A descrição dos casos de uso, identificação dos atores primários, precondições, fluxos principais, fluxos alternativos, pós-condições, prioridade de desenvolvimentos e frequência de uso são registradas no documento de especificação de requisitos que consta como **Apêndice A** deste trabalho de conclusão de curso.

Um caso de uso especifica o comportamento de um sistema ou de parte de um sistema e é uma descrição de um conjunto de sequências de ações, incluindo variantes realizadas pelo sistema para produzir um resultado observável do valor de um ator. Graficamente, o caso de uso é representado como uma elipse (BOOCH et al., 2005).

O quadro 5.3 reproduz os principais casos de uso do sistema. São enumerados e descritos 06 (seis) casos de uso, destacando os relacionamentos com os requisitos apresentados nas seções anteriores.

Quadro 5.3: Principais Casos de Uso

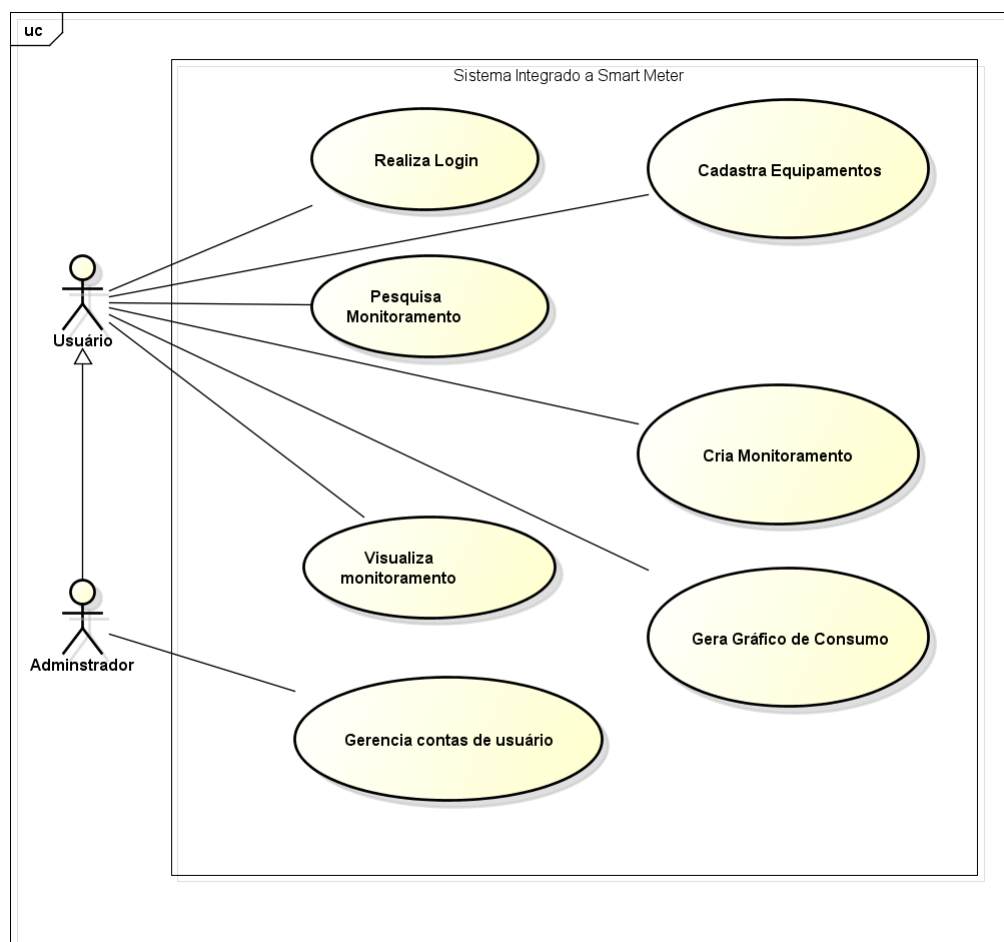
UC	Descrição do Caso de Uso	Requisitos Relacionados
UC 01	O usuário deve acessar o sistema por meio de autenticação (logon).	RF05, RF09, RF10
UC 02	O usuário cadastra equipamentos.	RF01, RF02, RF03, RF06, RF07, RF11, RF12
UC 03	O usuário cria monitoramentos.	RF01, RF02, RF03, RF11, RF14, RF16, RF18, RF19
UC 04	O usuário lista monitoramentos.	RF01, RF05, RF06, RF11, RF12 RF16, RF17
UC 05	O usuário realiza filtros de monitoramentos por equipamento.	RF12, RF17
UC 06	O usuário gera gráfico de consumo.	RF04, RF06, RF07, RF08

Neste sistema, há apenas dois atores interagindo: o ator Usuário e o ator Administrador.

- Ator Usuário: usuário que dispõe de um *Smart Meter* compatível com o Sistema e utiliza a interface de monitoramento do software de integração.
- Ator Administrador: administrador do sistema responsável pela gerência e controle de contas de usuários.

Um diagrama de caso de uso é um diagrama que mostra um conjunto de casos de uso e atores e seus relacionamentos. São importantes para visualizar, especificar e documentar o comportamento de um elemento. Esses diagramas fazem com que sistemas, subsistemas e classes fiquem acessíveis e compreensíveis, por apresentarem uma visão externa sobre como esses elementos podem ser utilizados no contexto (BOOCH et al., 2005). A figura 12 destaca o Diagrama de caso de uso do SISM.

Figura 12 – Diagrama de Casos de Uso do SISM



Fonte: Próprio Autor

5.5 Arquitetura

Nesta etapa será desenvolvida a fase de arquitetura do sistema direcionada para uma visão de casos de uso, identificando as correspondências entre classes, implementação do banco de dados do sistema, pré-requisitos e lógicas de conexão e também os protótipos da interface do sistema reproduzindo esboços de tela promovendo o comparativo com as telas da interface implementada do SISM.

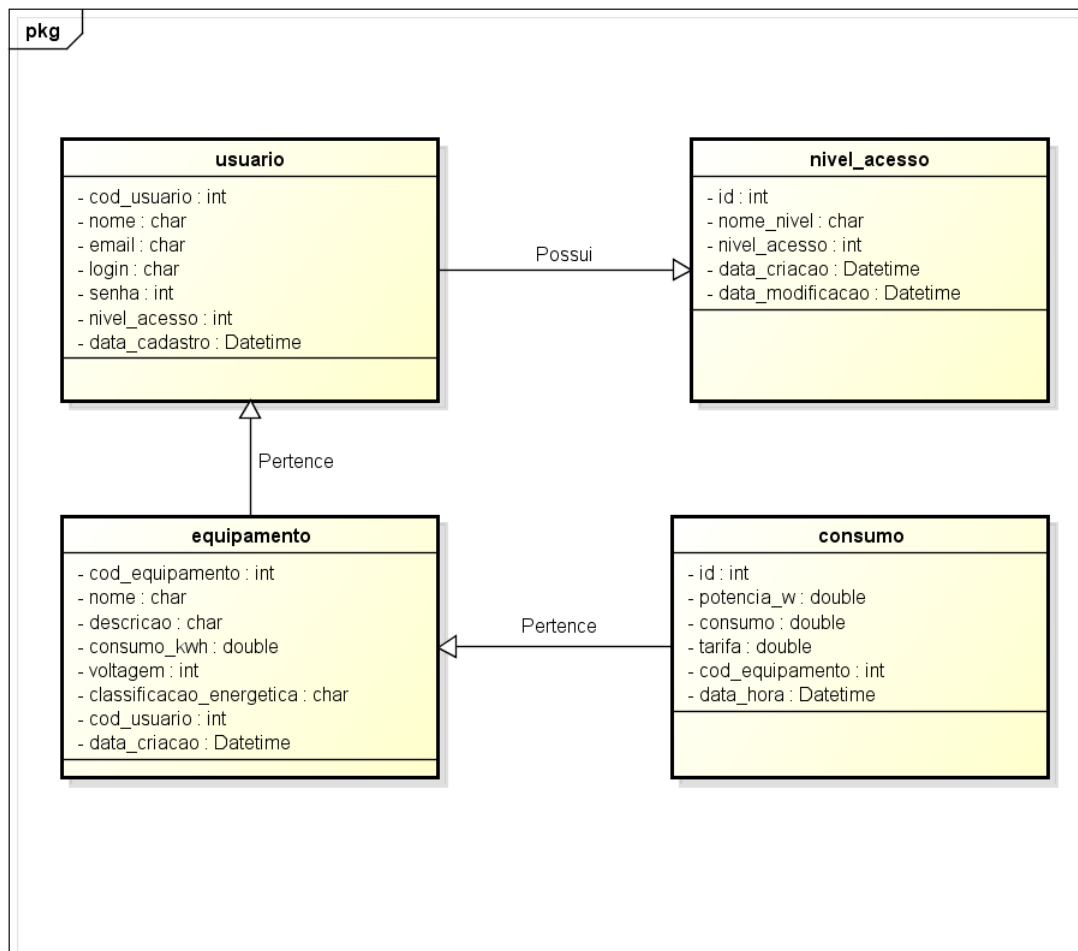
A arquitetura de *software* deve modelar a estrutura de um sistema, bem como a maneira por meio da qual os dados e os componentes procedurais colaboram entre si. É uma representação que nos permite analisar a efetividade do projeto no atendimento dos requisitos declarados, considerar alternativas de arquitetura em reduzir riscos associados a construção do software (PRESSMAN; MAXIM, 2016).

5.5.1 Diagrama de Classes

Um diagrama de classe é um diagrama que mostra um conjunto de classes, interfaces, colaborações e seus relacionamentos. Eles são importantes não só para a visualização, especificação e documentação de modelos estruturais, mas também para a construção de sistemas executáveis por intermédio de engenharia de produção e reserva (BOOCH et al., 2005).

Na figura 13 é apresentado o diagrama de classe do SISM. O objetivo do diagrama é realizar a apresentação gráfica da visão do projeto num aspecto de interação com o banco de dados que será abordado na subseção seguinte.

Figura 13 – Diagrama de Classes do SISM



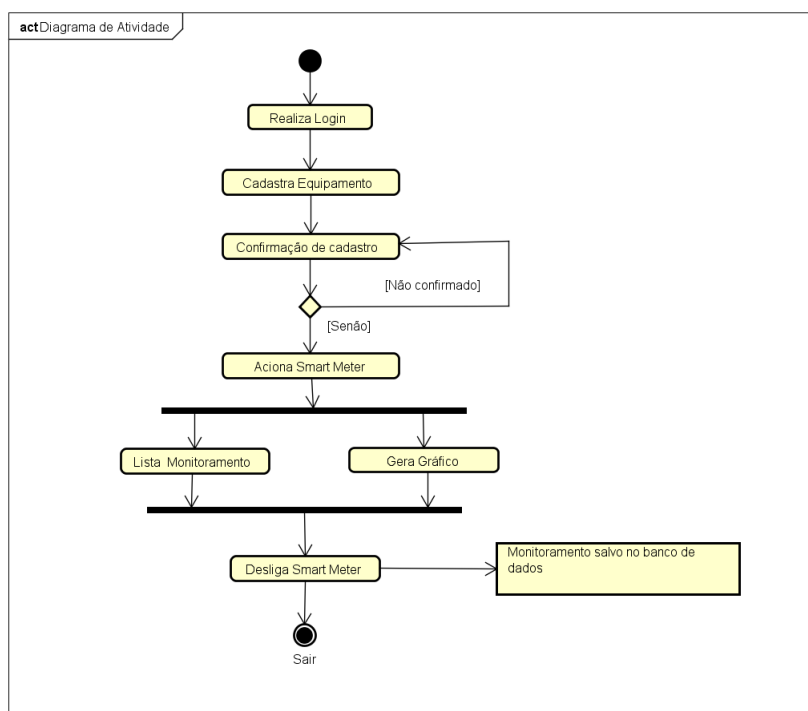
Fonte: Próprio Autor

5.5.2 Diagrama de Atividades

Um diagrama de atividades mostra o fluxo de uma atividade para outra. Uma atividade é uma execução em andamento não atômica em uma máquina de estados. As atividades resultam em alguma ação, formada pelas computações executáveis atômicas que resultam em uma mudança de estado do sistema ou retorno de um valor (BOOCH et al., 2005).

Na figura 14 é registrado o fluxo de atividades do SISM.

Figura 14 – Diagrama de Atividades do SISM



Fonte: Próprio Autor

5.5.3 Banco de Dados

Para atender as necessidades de armazenamento, organização e recuperação de dados do **SISM**, esta subseção configura o banco de dados do sistema e suas características, bem como técnicas para resolver problemas de conexão com o *Smart Meter* Electabuzz e efetuar cálculos para validação de dados de consumo de energia.

SGBD, sigla de Sistema Gerenciador de Banco de Dados (do inglês, DBMS – DataBase Management System), é um sistema responsável pela segurança e proteção dos dados de um banco (MILANI, 2006). O SGBD escolhido para esta fase do trabalho é o MySQL.

O MySQL é um servidor e gerenciador de banco de dados que além de armazenar dados, provê todas as características de multiacesso a estes, entre outras funcionalidades de um SGBD, como gerenciamento de acesso, integridade dos dados e relacional, concorrência e transações (MILANI, 2006).

O banco de dados do SISM é nomeado de “arduino”. O método de armazenamento é do tipo InnoDB, que permite o uso de transações com propriedades ACID (Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade) e é recomendado para bancos de dados de grande porte. O banco “arduino” possui 4 tabelas conforme o quadro 5.4 abaixo.

Quadro 5.4: Tabelas do banco arduino

Item	Tables_in_arduino
1	arduino_consumo
2	nivel_acesso
3	tabela Equipamento
4	tabela_usuario

A tabela, “tabela_usuario”, possui a função de armazenar dados de cadastro e definir o perfil do usuário. No quadro 5.5 abaixo é possível visualizar todas as informações estruturais das colunas dessa tabela.

Quadro 5.5: Informações estruturais da tabela usuário

Campo	Tipo	Nulo	Key	Padrão	Extra
cod_usuario	int(11)	N	PRI	NULL	auto_inc
nome	varchar(45)	N		NULL	
email	varchar(45)	N		NULL	
login	varchar(45)	N		NULL	
senha	varchar(45)	N		NULL	
nivel_acesso	int(11)	N		NULL	
data_cadastro	datetime	S		CURRENT_TIMESTAMP	
data_modificacao	datetime	S		CURRENT_TIMESTAMP	

O quadro com as informações estruturais da tabela usuário possui um campo extra com a sigla auto_inc (AUTO_INCREMENT) que permite que um número exclusivo seja gerado automaticamente quando um novo registro é inserido em uma tabela. A tabela do banco "arduino", “nivel_acesso”, complementa a tabela anterior armazenando o tipo de acesso do usuário, se administrador ou usuário normal. Nas tabelas, “tabela_equipamento” e “arduino_consumo”, são registrados o tipo de equipamento monitorado e seus valores de leituras (consumo em kWh). Os quadros 5.6, 5.7 e 5.8 discriminam suas informações estruturais das tabelas citadas respectivamente.

Quadro 5.6: Informações estruturais tabela nivel de acesso

Campo	Tipo	Nulo	Key	Padrão	Extra
id	int(11)	N	PRI	NULL	auto_inc
nome_nivel	varchar(45)	S		NULL	
data_criacao	datetime	S		NULL	
data_modificacao	datetime	S		CURRENT_TIMESTAMP	

Quadro 5.7: Informações estruturais tabela equipamento

Campo	Tipo	Nulo	Key	Padrão	Extra
cod_equipamento	int(11)	N	PRI	NULL	auto_inc
nome	varchar(45)	N		NULL	
descricao	varchar(45)	N		NULL	
consumo_kWh	double	N		NULL	
voltagem	int(11)	N		NULL	
classificacao_ener	varchar(45)	N		NULL	
cod_usuario	int(11)	N	MUL	NULL	
data_criacao	datetime	S		CURRENT_TIMESTAMP	

Quadro 5.8: Informações estruturais tabela arduino consumo

Campo	Tipo	Nulo	Key	Padrão	Extra
id	int(11)	N	PRI	NULL	auto_inc
potencia_w	double	N		NULL	
consumo	double	N		NULL	
tarifa	double	N		NULL	
cod_equipamento	int(11)	N		NULL	
data	datetime	S		CURRENT_TIMESTAMP	

No capítulo 6, onde se concentram os resultados obtidos nesta pesquisa, serão apresentadas as tabelas do banco de dados do sistema com dados armazenados, onde será possível identificar melhor os atributos de cada tabela e visualizar os tipos de dados armazenados.

5.5.3.1 Algoritmos de Conexão

Durante o funcionamento do sistema serão realizadas diversas requisições ao banco de dados, buscas, atualizações, inserções. No entanto, os dados essenciais para o objetivo do sistema são os dados de leitura fornecidos pelo *Smart Meter* Electabuzz.

No decorrer da pesquisa foram encontrados diversos problemas para conectar o *Smart Meter* ao banco de dados. A dificuldade de comunicação foi solucionada através da utilização da biblioteca *MySQL Connector*, onde os parâmetros de acesso ao banco de dados foram padronizados, respeitando a compatibilidade com a placa Arduino (componente processador do Electabuzz) para executar alterações em bases de dados MySQL, enviando diretamente os comandos SQL (SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE) do Arduino, usando o *Ethernet Shield*, para acessar o servidor MySQL na rede local, e processando a resposta, sem precisar de intermediários ou configurações especiais externas.

No algoritmo 1 abaixo é realizada a conexão direta ao SGBD do SISM. O código implementado utiliza linguagem PHP, utilizado para as requisições realizadas na interface do sistema. Logo as únicas exigências para a conexão seria usar os parâmetros de acesso

ao servidor MySQL, que são o endereço do *host*, o nome do usuário do banco de dados, a senha para acesso e o nome do banco que será acessado. É o administrador do SGBD que configura os parâmetros para acesso do banco de dados ativo.

Algoritmo 1: Algoritmo de conexão requisições WEB

```
<?php
$host = "endereço";           //Servidor do mysql
$user = "nome";               //Usuário do banco de dados
$password = "senha";         //senha do banco de dados
$db = "nome_banco";          //banco de dados

// Verifica a conexão
mysql_connect($host, $user, $senha) or die (mysql_error());
mysql_select_db($db) or die (mysql_error());
?>
```

Já no algoritmo 2 é necessário utilizar a biblioteca *MySQL Connector* na IDE do arduino, respeitando também os parâmetros de acesso ao banco de dados. No algoritmo 3 é executado a *query* no banco de dados.

Algoritmo 2: Algoritmo de conexão Smart Meter com SGBD

```
#include <MySQL_Connection.h>
#include <MySQL_Cursor.h>

byte mac_addr[] = { 0x00, 0xAA, 0xBB, 0xCC, 0xDE, 0x02 };
IPAddress server_addr(192,168,0,54);           //IP do terminal servidor
char user[] = "nome";                         //login
char password[] = "senha";                    // senha
EthernetClient client;
MySQL_Connection conn((Client *)&client);
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  while (!Serial); // aguardando conexão com a porta serial
  Ethernet.begin(mac_addr);
  Serial.println("Conectando...");
  if (conn.connect(server_addr, 3306, user, password)) {
    delay(1000);
  }
  else
    Serial.println("Falha na conexão.");
}
```

Algoritmo 3: Algoritmo de conexão Smart Meter com SGBD executando query

```

char prepend_INSERT_SQL[] = "Insert into arduino.arduino_consumo
    (potencia_w,consumo,tarifa)
values (";
char INSERT_SQL[100];
char charray[12];
double potenciaf = Irms*rede;
dtostrf(potenciaf , 8,4, charray);

strcpy(INSERT_SQL, prepend_INSERT_SQL);
strcat(INSERT_SQL, charray);
strcat(INSERT_SQL, ",potencia_w *0.038/1000,consumo*0.59);");

Serial.println(INSERT_SQL);
Serial.println(charray);

Serial.println("Recording data.");
// Initiate the query class instance
MySQL_Cursor *cur_mem = new MySQL_Cursor(&conn);
// Execute the query
cur_mem->execute(INSERT_SQL);
// Note: since there are no results, we do not need to read any data
// Deleting the cursor also frees up memory used
delete cur_mem;
delay(70000);

```

Sem a utilização da biblioteca a transferência de dados gerados pelo Smart Meter não seria possível utilizando um banco MySQL.

5.6 Desenvolvimento da Interface com Usuário do Sistema

O conceito de interface do sistema abordado nesta pesquisa é entendido como a tela de comandos apresentada por este programa, que promove a interação entre o SISM e o usuário, ou seja, a interface gráfica do *software*.

Serão apresentados os principais protótipos de telas desenvolvidos para o SISM com o objetivo de facilitar o entendimento dos requisitos deste sistema e apresentar suas funcionalidades.

Os protótipos de tela são essenciais para o entendimento e melhoria da qualidade visual e interativa das telas finais deste sistema.

As telas definitivas (para esta versão) do SISM são apresentadas no capítulo de resultados obtidos (capítulo 6) para comparar o que foi planejado e executado e também apresentar o sistema na forma de interface gráfica.

5.6.1 Protótipos de Tela

Esta subseção reproduz a técnica de prototipagem de telas desenvolvidas para o SISM, listando as telas de forma priorizada, ou seja, nesta pesquisa serão listadas apenas as telas de maior destaque na interação do usuário com o SISM.

A figura 15 representa o protótipo desenvolvido para a tela de login do SISM. É apresentada uma breve identificação do sistema e os campos exigidos para autenticação de *login*, nesse caso, nome e senha para acesso.

Nessa primeira versão do SISM o administrador é o usuário "raiz" do sistema, responsável pelo cadastro de novos acessos ao sistema, portanto não é exigido área de cadastro para novos usuários nesta etapa de prototipagem.

Figura 15 – Protótipo de Tela de Login

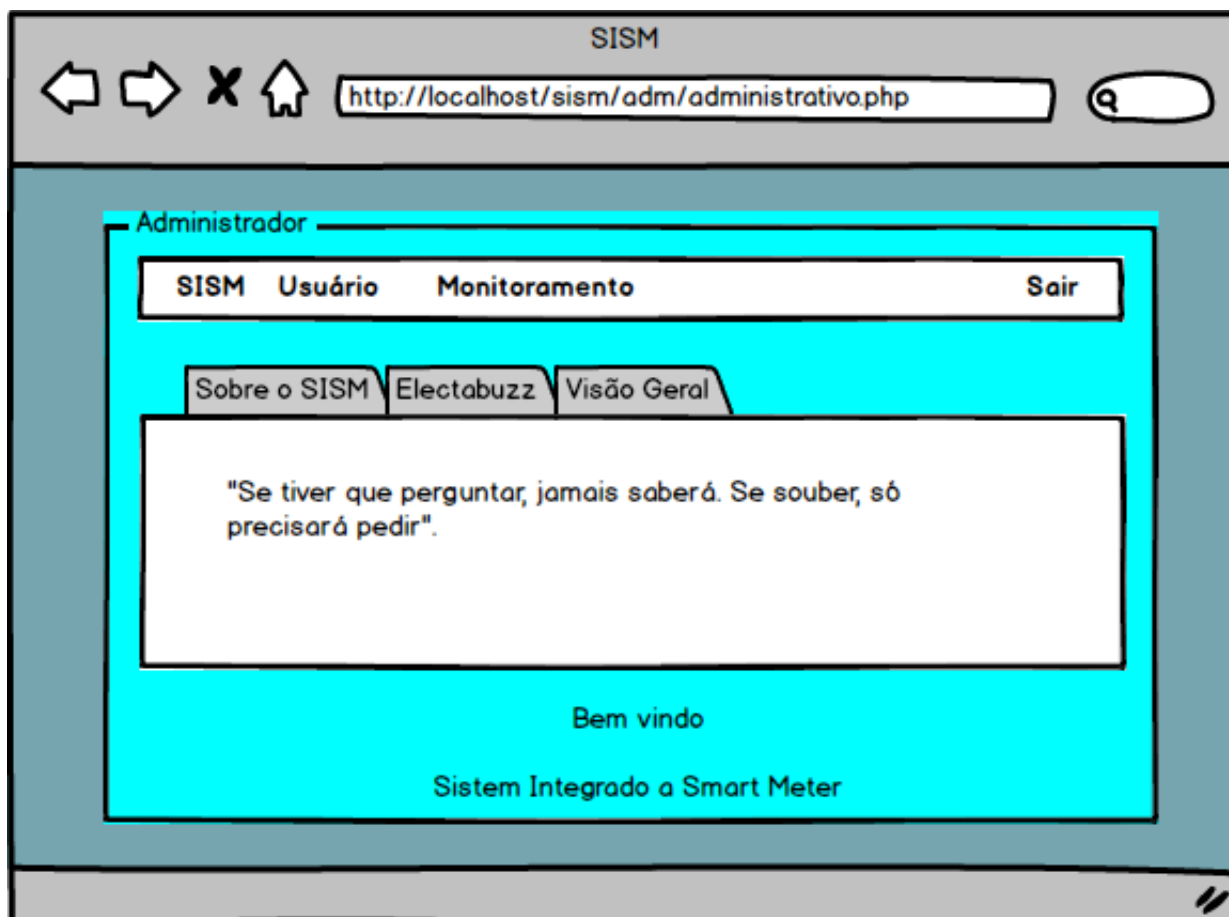


Fonte: Próprio Autor

Em seguida, a figura 16 é a proposta para a tela inicial (*Home*) do sistema.

A apresentação é feita por uma série de abas navegáveis (um breve menu de navegação), onde são descritos informações do SISM, aspectos do *Smart Meter* e visão geral do sistema.

Figura 16 – Protótipo de Tela inicial



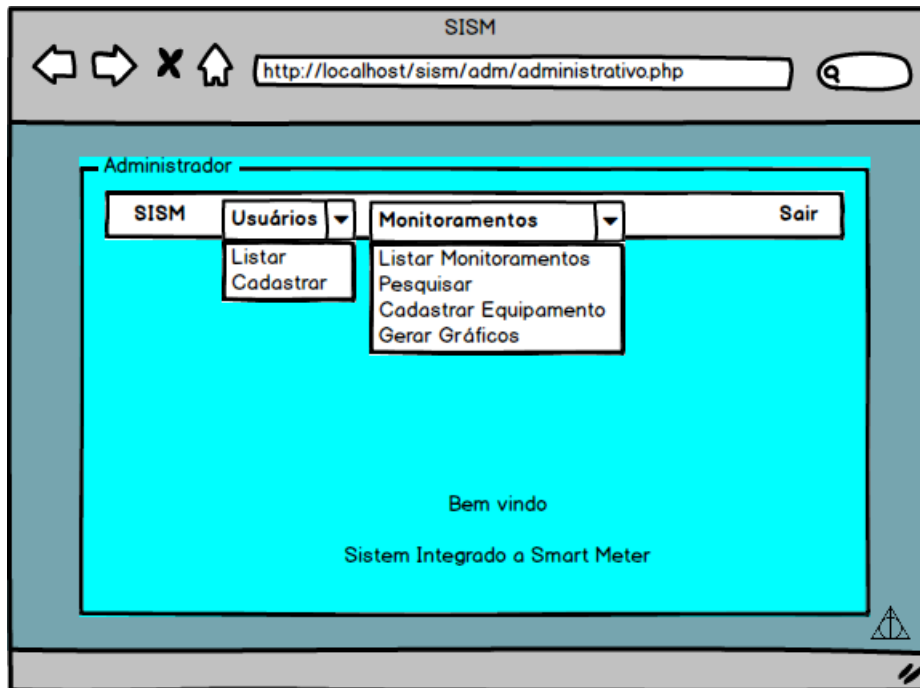
Fonte: Próprio Autor

Prosseguindo, a figura 17 reproduz os protótipos de tela para área do administrador e a figura 18 do usuário.

Esta comparação tem a finalidade de identificar que o que difere na interface de ambos atores do sistema é a tarefa de gerenciar contas de usuários.

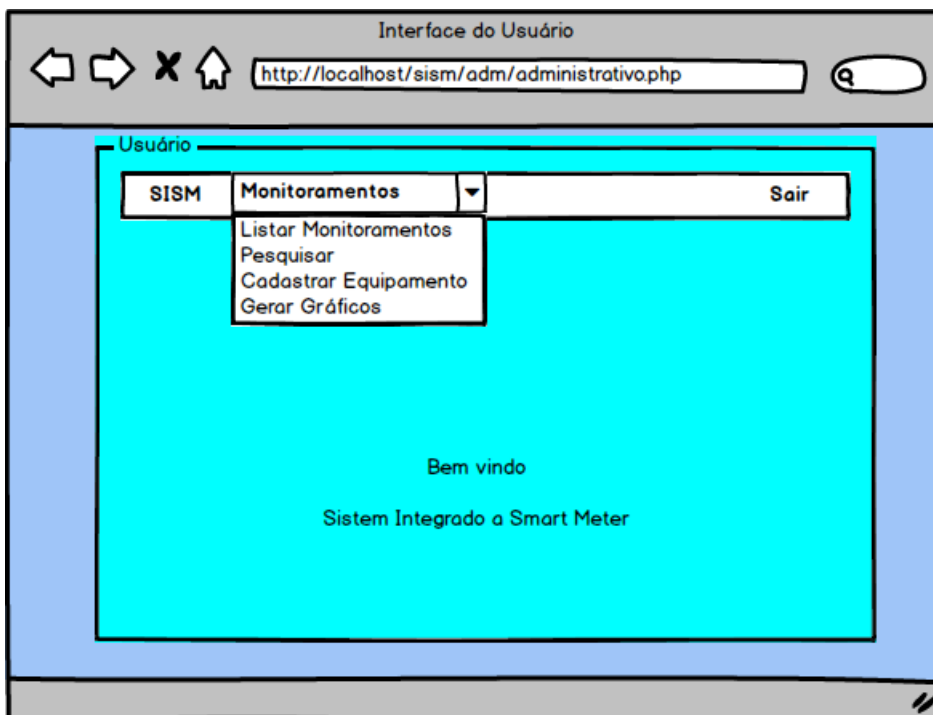
As demais funcionalidades do sistema são comuns aos perfis de acesso ao SISM. Logo, como tela atual do sistema será ilustrado como exemplo apenas a área do Administrador.

Figura 17 – Área do Administrador



Fonte: Próprio Autor

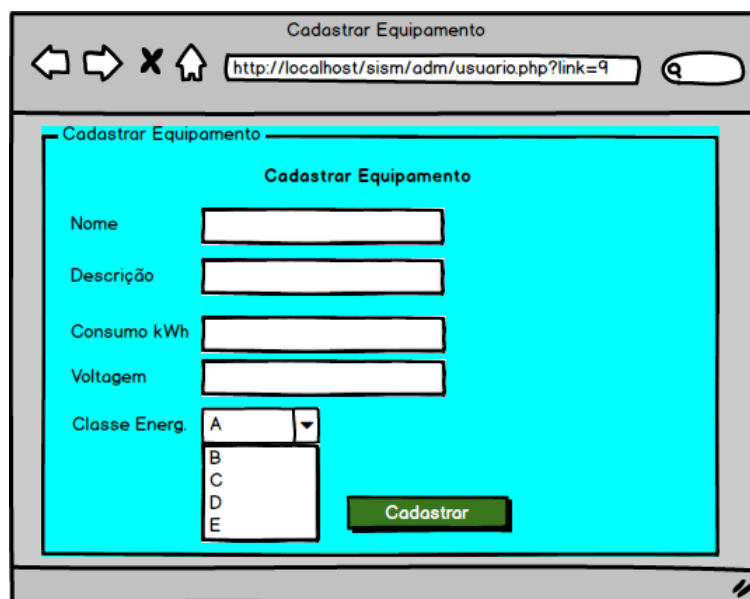
Figura 18 – Área do Usuário



Fonte: Próprio Autor

A figura 19 representa o protótipo para cadastro de equipamento.

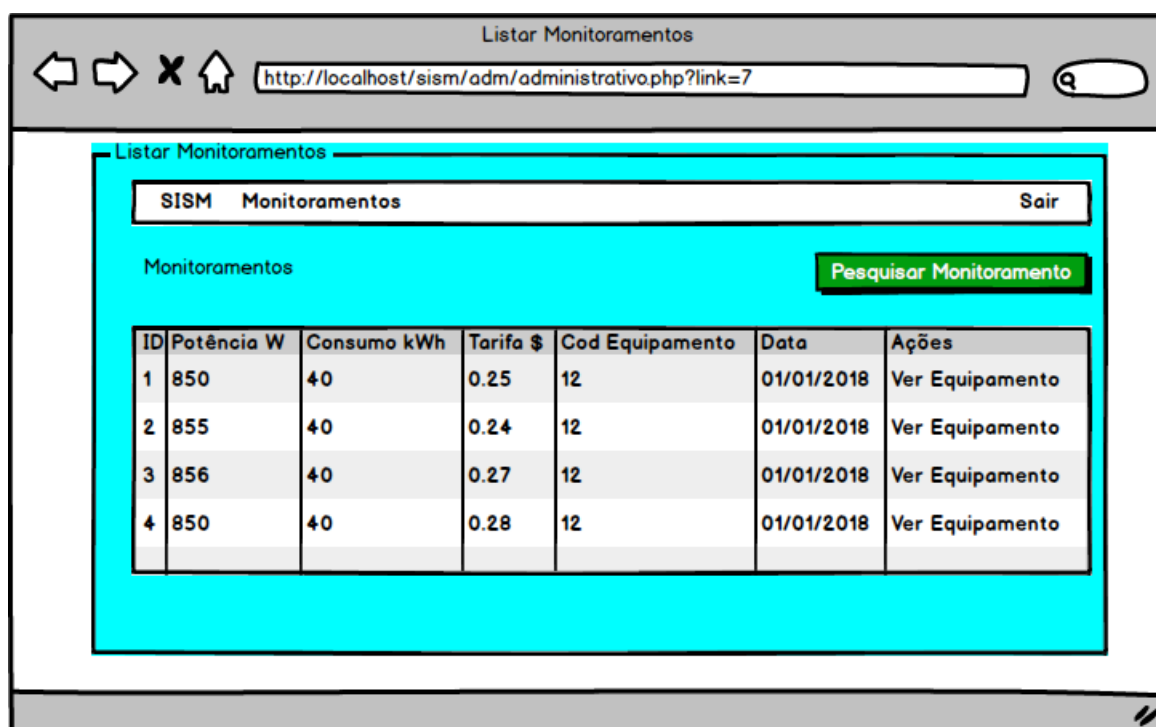
Figura 19 – Protótipo para área de cadastro de equipamento



Fonte: Próprio Autor

Na etapa seguinte foi criado um modelo para atender a tela de monitoramento. A figura 20 apresenta o protótipo desenvolvido.

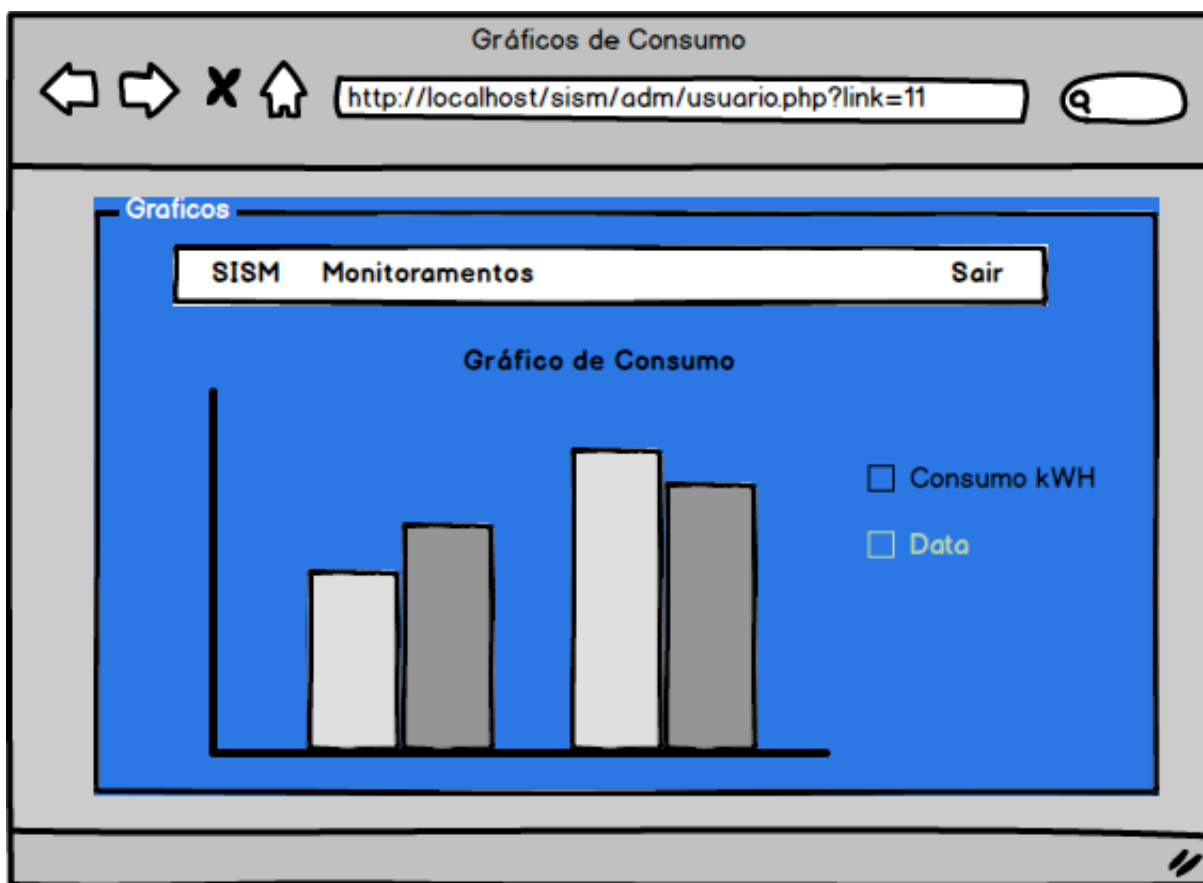
Figura 20 – Protótipo para tela de monitoramento



Fonte: Próprio Autor

Para finalizar, a figura 21 indica o modelo para plotar gráfico de consumo.

Figura 21 – Tela para geração de gráfico



Fonte: Próprio Autor

5.6.2 Considerações finais do capítulo

Este capítulo apresentou as técnicas de engenharia de *software* utilizadas para documentação, especificação de requisitos e identificação de casos de uso, bem como a implementação de códigos-fonte e prototipagem de telas. As telas apresentadas neste capítulo apresentam uma breve abordagem em IHC (Iteração Humano Computador) com a finalidade de simular a ação do usuário na interface do sistema a fim de garantir melhor experiência no acesso.

6 Resultados Obtidos

Os resultados apresentados neste capítulo serão abordados da seguinte forma:

- Como o SGBD do SISM valida os dados coletados via *Smart Meter* Electabuzz. Essa etapa será chamada de registros.
- Como as requisições feitas ao SGBD via SISM retornam para o usuário tomando como referência os casos de uso do sistema. Essa etapa será definida como operações no sistema.

6.1 Resultados obtidos através de registros

Na primeira fase de apresentação dos resultados, serão ilustradas as tabelas do banco de dados com a função de armazenar as leituras de consumo. Nessas tabelas os resultados obtidos são identificados por meio de uso de técnicas de chave estrangeira configuradas no SGBD e de cálculos implementados na programação do *Smart Meter* para solucionar problemas de valores de consumo em kWh e de tarifa.

6.1.1 Chave estrangeira

Para relacionar registros entre tabelas, existem as chaves estrangeiras (do inglês, FK – *Foreign Key*). Esse termo é utilizado para caracterizar as colunas de uma tabela que possam armazenar somente valores de uma chave primária de outra tabela (MILANI, 2006).

Utilizando esse tipo de chave, é possível resolver o problema de relacionamento entre as tabelas do SGBD do SISM. No contexto de relacionamento entre as tabelas usuário e equipamento, cada usuário possui um código de identificação e cada usuário é responsável por cadastrar os equipamentos que serão monitorados pelo *Smart Meter*. Neste caso a coluna `cod_usuario` da tabela equipamento está encarregada somente de armazenar o número do código do usuário. Na tabela equipamento o campo `cod_usuario` é chave estrangeira, pois tem origem em outra tabela, como mostra a figura 22.

Figura 22 – Identificando chave estrangeira

cod_equipamento	nome	descricao	consumo_kwh	voltagem	classificacao_energetica	cod_usuario	data_criacao
1	HDTV-Monitor	Samsung	40	127	B	1	2018-01-20 15:09:34
2	Ventilador	Mondial	50	220	A	1	2018-01-20 17:11:18
3	Conversor Digital	Net	50	127	A	1	2018-01-21 16:23:25
4	TV DIGITAL LED	CEE	60	127	B	2	2018-01-22 15:26:20
5	Geladeira	Esmaltec	120	127	A	2	2018-01-22 15:26:50
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Fonte: Próprio Autor

6.1.2 Cálculos para valores de consumo e tarifa

A implementação de cálculos será responsável por efetuar operações que satisfaçam as seguintes situações.

- Cálculo do consumo em kWh.
- Cálculo da tarifa (em reais R\$) sobre o consumo.

O *Smart Meter* Electabuzz em seu funcionamento, realiza a leitura da corrente e potência em W (Watt) produzida durante o uso do aparelho. Logo os dados enviados e armazenados no banco de dados correspondem apenas a coleta da potência de um aparelho, sendo necessário que o valor referente ao consumo e tarifa resultante deste aparelho seja calculado.

Consumo é o resultado da multiplicação da potência em W pelo tempo em horas de funcionamento de um aparelho elétrico dividido por 1000 (Mil). É necessário realizar a divisão para que seja satisfeita a transformação do valor obtido em Wh (Watts hora) para kWh (quilo Watts hora).

Logo, o campo responsável pelo registro do consumo em kWh deve armazenar um valor que corresponda a seguinte equação:

$$\text{Consumo}(kWh) = \text{Potencia}(W) \times \text{Tempo}(horas) \div 1000 \quad (6.1)$$

Definido o valor do consumo, podemos efetuar o cálculo da tarifa em reais (R\$), usando a seguinte equação:

$$\text{Tarifa}(R\$) = \text{Consumo}(kWh) \times \text{Tarifa_base}(R\$) \quad (6.2)$$

O valor da tarifa, ou seja, o que seria pago pelo usuário, corresponde a energia consumida em kWh multiplicada pela tarifa base ou vigente (período de 07/08/2017 a 06/08/2018) estipulados pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), no caso R\$ 0,59 centavos por kWh.

Para que ocorra o processamento das equações acima, foram inseridas na *query* de inserção, identificada no algoritmo 3 do capítulo 5 deste trabalho, as operações de cálculos realizadas nas próprias colunas da tabela de monitoramento (“arduino_consumo”) que necessitam dos valores da coluna anterior mais os cálculos específicos para gerar um dado válido. O valor 0.038 corresponde ao tempo do ciclo de leituras (2 minutos e 30 segundos) realizadas pelo Smart Meter. É o resultado da transformação de minuto em hora, para atender a equação (6.1). Sendo assim será processado:

- Na coluna “consumo”: $potencia_w * 0.038/1000$.
- Na coluna “tarifa”: $consumo * 0.59$.

A figura 23 representa o resultado obtido com a confirmação dos dados salvos com mensagem positiva na porta serial arduino que é utilizada pelo *Smart Meter*. Já a figura 24 complementa a informação anterior sendo possível visualizar o registro dos dados nas tabelas do SGBD.

Figura 23 – Confirmação de conexão e dados salvos

```

COM3 (Arduino/Genuino Uno)
Connecting...
Connected to server version 5.6.37-log
Corrente : 41.61 Potencia : 5284.83
Insert into arduino.arduino_consumo (potencia_w,consumo,tarifa,cod Equipamento) values (5284.8335,ROUND(potencia_w *0.038/1000,4),consumo*0.59,6);
5284.8335
Recording data.
Corrente : 41.44 Potencia : 5262.39
Insert into arduino.arduino_consumo (potencia_w,consumo,tarifa,cod Equipamento) values (5262.3867,ROUND(potencia_w *0.038/1000,4),consumo*0.59,6);
5262.3867
Recording data.
Corrente : 41.43 Potencia : 5262.09
Insert into arduino.arduino_consumo (potencia_w,consumo,tarifa,cod Equipamento) values (5262.0908,ROUND(potencia_w *0.038/1000,4),consumo*0.59,6);
5262.0908
Recording data.
    
```

Fonte: Próprio Autor

Figura 24 – Tabela consumo com campos validados

	id	potencia_w	consumo	tarifa	cod Equipamento	data
	127	4910.2056	0.1866	0.11009399999999...	3	2018-01-21 18:58:21
	128	4930.9595	0.1874	0.110566	3	2018-01-21 19:00:43
	129	4869.4028	0.185	0.10915	3	2018-01-21 19:03:04
	130	4849.5869	0.1843	0.10873699999999...	3	2018-01-21 19:05:26
	131	4950.7178	0.1881	0.110979	3	2018-01-21 19:07:47
	132	4950.2358	0.1881	0.110979	3	2018-01-21 19:10:09
	133	5284.8335	0.2008	0.118472	6	2018-01-22 23:45:41
	134	5262.3867	0.2	0.118	6	2018-01-22 23:48:03
	135	5262.0908	0.2	0.118	6	2018-01-22 23:50:24
	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Fonte: Próprio Autor

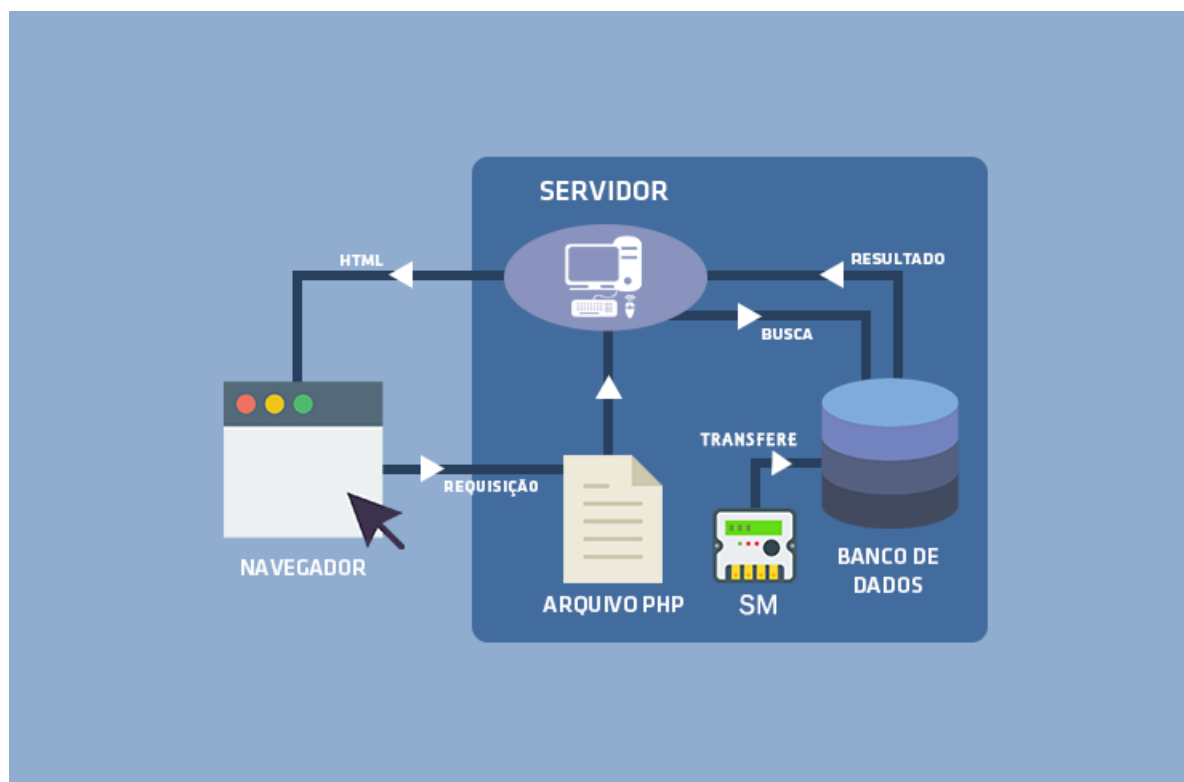
6.2 Resultados obtidos com Operações no sistema

Na primeira fase de apresentação dos resultados da pesquisa foram abordadas as execuções de trabalhos processados parte pelo *Smart Meter* parte pelo SGBD do sistema, essa etapa valida e concentra dados que promovem a execução da segunda fase de apresentação de resultados.

As operações no sistema representam a ação do usuário no sistema, requisitando dados e operações que resultem informações que possam auxiliar sua tomada de decisão ou que satisfaçam uma ação como operador do sistema.

Durante a pesquisa é observado que o funcionamento de um *Smart Grid* compreende uma série de integrações com componentes elétricos, *softwares* e *hardwares*. Como resultado esperado, o SISM deve apresentar características semelhantes. Afim de levantar semelhanças com *Smart Grids*, a figura 25 indica o fluxo de integrações e transações pertinentes ao SISM.

Figura 25 – Fluxo de integrações SISM



Fonte: Próprio Autor

Por meio dessa ilustração é possível representar várias operações feitas no sistema e indicar como os resultados são obtidos pelo usuário. Representando que a origem dos dados iniciam na operacionalidade do *Smart Meter* e que todas as transações gerenciais podem ser requisitadas pelo usuário acessando a aplicação Web do SISM, de forma informatizada e interativa, identificando assim que o SISM apresenta duas camadas, uma operacional elétrica automatizada e outra de ambiente computacional. Como camada de interação computacional serão apresentadas 3 (três) operações.

Para representar o SISM de uma forma visual, para que se tenha uma concepção de familiaridade com a interface do sistema, são representados nas figuras 26 e 27 os resultados obtidos para telas de login e área principal respectivamente, tomando como referências os protótipos listados como figuras 15 e 17 no capítulo 5.

Figura 26 – Tela de Login atual



Fonte: Próprio Autor

Figura 27 – Tela da área do Administrador atual



Fonte: Próprio Autor

Nas subseções seguintes serão apresentadas 3 operações principais que ocorrem no SISM.

6.2.1 Cadastrar equipamento

A área de cadastro de equipamento é representada pela figura 28. Na imagem é possível identificar os campos de preenchimento com as informações pedidas. Após confirmar os dados que deseja salvar, o usuário aciona o botão “cadastrar”, em seguida é apresentada mensagem de status da operação. Após confirmação do cadastro o usuário é

direcionado para a página que lista equipamentos cadastrados. A figura 29 indica o último equipamento salvo.

Figura 28 – Área de cadastro de equipamento atual

SISM Usuários ▾ Monitoramentos ▾ Sair

Cadastrar Equipamento

Antes de iniciar um monitoramento!
Cadastre o equipamento que deseja monitorar. Após o cadastro informe o código do equipamento gerado na IDE do Arduino.

Equipamento: Ventilador

Descrição: Ultra

Consumo em kWh: 45

Voltagem: 110

Classificação Energética: B

Cadastrar

Fonte: Próprio Autor

Figura 29 – Lista de equipamentos cadastrados

SISM Usuários ▾ Monitoramentos ▾ Sair

Equipamentos

Pesquisar Monitoramento

COD	NOME	DESCRIÇÃO	CONSUMO KWH	VOLTAGEM	CLASS. ENERGÉTICA	COD_USUÁRIO	DATA CRIAÇÃO	
1	HDTV-Monitor	Samsung	40	127	B	1	2018-01-20 15:09:34	Ver Equipamento
2	Ventilador	Mondial	50	220	A	1	2018-01-20 17:11:18	Ver Equipamento
3	Conversor Digital	Net	50	127	A	1	2018-01-21 16:23:25	Ver Equipamento
4	TV DIGITAL LED	CEE	60	127	B	2	2018-01-22 15:26:20	Ver Equipamento
5	Geladeira	Esmaltec	120	127	A	2	2018-01-22 15:26:50	Ver Equipamento
6	Ventilador	Ultra	45	110	B	1	2018-01-22 20:05:47	Ver Equipamento

Fonte: Próprio Autor

Na figura 30 é identificado o registro na tabela do SGBD, portanto a operação realizada obteve sucesso. O resultado obtido nesta operação não se reflete somente no registro dos dados salvos, mas também na interface atual da tela de cadastro de equipamento que foi desenvolvida com base na tela de protótipo figura 19 abordada no capítulo 5.

Figura 30 – Validação de dados na tabela equipamento

cod Equipamento	nome	descricao	consumo_kwh	voltagem	classificacao_energetica	cod_usuario	data_criacao
1	HDTV-Monitor	Samsuno	40	127	B	1	2018-01-20 15:09:34
2	Ventilador	Mondial	50	220	A	1	2018-01-20 17:11:18
3	Conversor Digital	Net	50	127	A	1	2018-01-21 16:23:25
4	TV DIGITAL LED	CEE	60	127	B	2	2018-01-22 15:26:20
5	Geladeira	Esmaltec	120	127	A	2	2018-01-22 15:26:50
6	Ventilador	Ultra	45	110	B	1	2018-01-22 20:05:47

Fonte: Próprio Autor

6.2.2 Visualizar monitoramento

Na operação para visualizar monitoramento é feito uma requisição de busca. Como resultado esperado o usuário deverá visualizar os dados de monitoramento em tempo real, junto com os cálculos dos valores totais registrados. Logo, como a figura 24 já ilustra a tabela do banco de dados referente as informações de consumo com dados válidos, a figura 31 representa a tela de visualização de monitoramentos. A tela apresentada aqui também é um resultado obtido através da técnica de prototipagem de tela, figura 20 do capítulo 5, e como resultado obtido temos a correspondência de informações requisitadas e apresentadas ao usuário.

Figura 31 – Tela de monitoramento atual

The screenshot shows a web interface for SISM. At the top, there are navigation links for 'SISM', 'Usuários', and 'Monitoramentos', along with a 'Sair' button. The main heading is 'Monitoramentos'. Below this, there are several summary cards: 'Atualizar Valores' (green), 'Consumo Total KWh: 103.0708' (green), 'Tarifa Total R\$: 61.55' (yellow), 'Monitoramento Iniciado em: 2018-01-20 15:56:26' (blue), and 'Monitoramento Encerrado em: 2018-01-26 19:52:37' (red). A 'Filtrar Monitoramento' button is located on the right. Below the cards is a table with the following data:

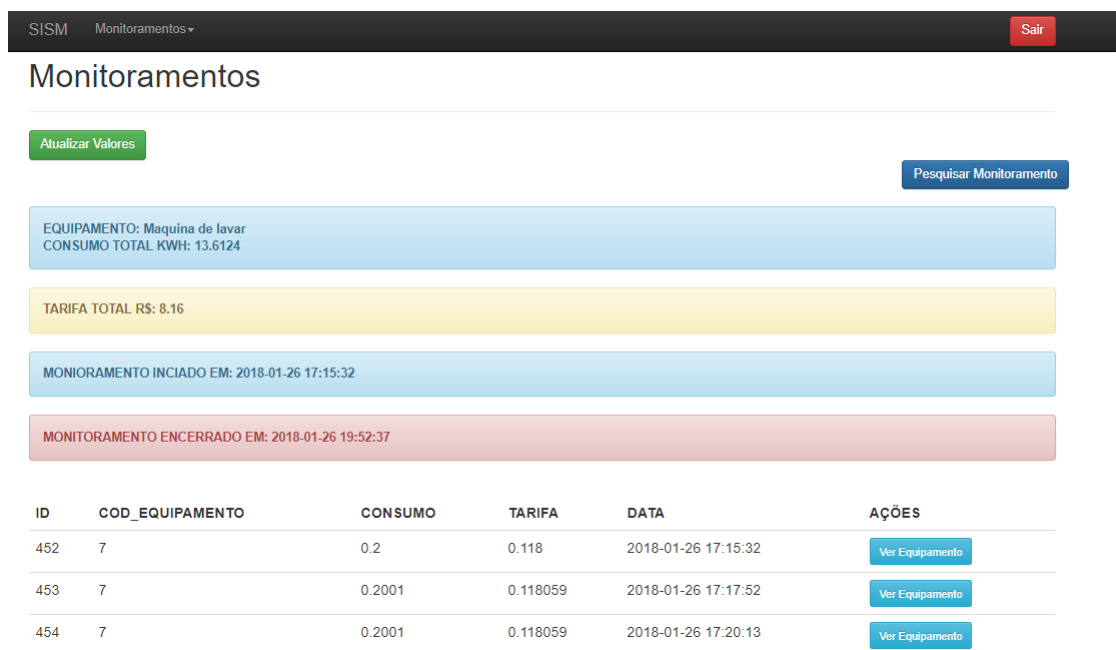
ID	POTÊNCIA W	CONSUMO KWH	TARIFA \$	COD EQUIPAMENTO	DATA	AÇÕES
1	5256.6406	0.1998	0.117882	1	2018-01-20 15:56:26	Ver Equipamento
2	5257.1367	0.1998	0.117882	1	2018-01-20 15:58:48	Ver Equipamento
3	5257.0498	0.1998	0.117882	1	2018-01-20 16:01:09	Ver Equipamento

Fonte: Próprio Autor

Os monitoramentos são listados de forma geral e ordenados por "id". Na opção "filtrar monitoramento", o usuário obtém mais liberdade para obter informações específicas. Nesta

opção o usuário realiza filtro por nome de equipamento. O resultado obtido é ilustrado na figura 32.

Figura 32 – Tela de pesquisa de monitoramentos por equipamento.



Fonte: Próprio Autor

6.2.3 Gerar gráfico de consumo

O gráfico de consumo tem o objetivo de representar visualmente estatísticas simplificadas, para facilitar a leitura e a compreensão de informações monitoradas. Portanto como resultado obtido, é apresentado variações de consumo entre equipamentos, utilizando dados válidos, ou seja, que correspondem aos históricos de consumo do usuário, promovendo uma experiência mais interativa na obtenção de informações gráficas.

É observado na figura 33 a reunião de informações monitoradas e também a comparação com a tela de protótipo, figura 21 proposta no capítulo 5.

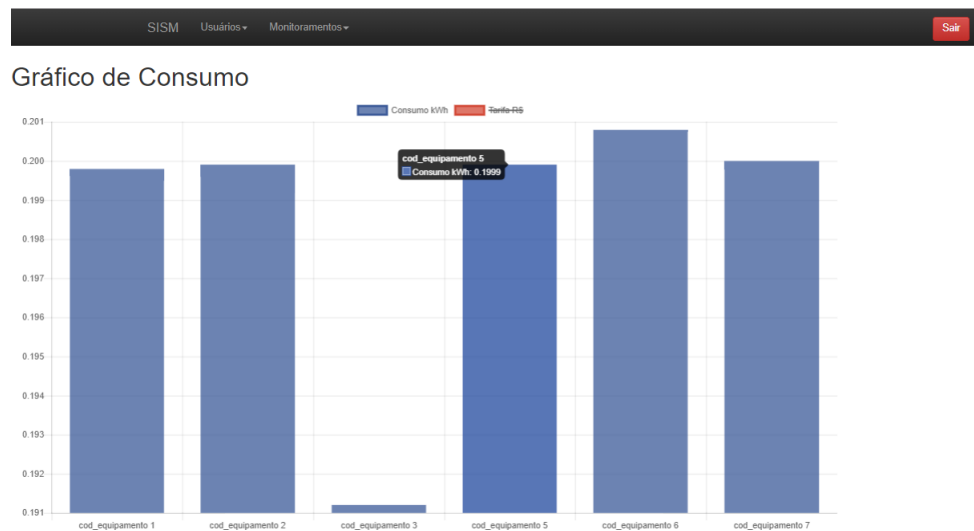
Figura 33 – Tela para geração de gráfico atual



Fonte: Próprio Autor

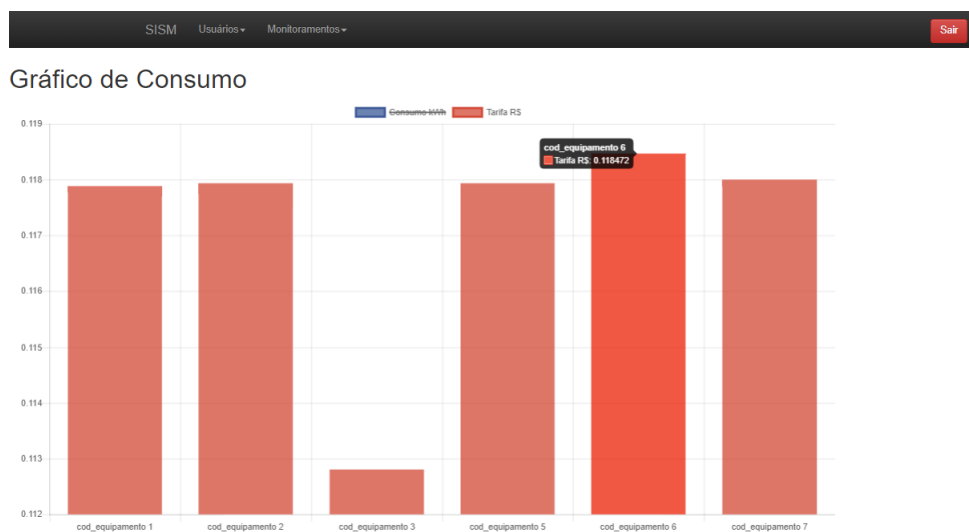
O usuário pode filtrar a forma de visualização dos gráficos. A figura 34 ilustra um filtro de consumo por aparelho e a figura 35 filtro de tarifa por aparelho respectivamente.

Figura 34 – Filtro por consumo em kWh



Fonte: Próprio Autor

Figura 35 – Filtro por tarifa em R\$



Fonte: Próprio Autor

Na etapa de prototipagem de telas não foram criados protótipos para aplicação móvel. O uso do *framework Bootstrap* durante o desenvolvimento da interface gráfica do SISM foi estratégico. O *Bootstrap* é responsivo, ou seja, se adapta para acesso realizado por outros terminais como dispositivos móveis sem perda de qualidade das informações. As figuras 36, 37, 38 e 39 apresentam alguns dos resultados obtidos no teste de acesso do SISM por um *smartfone*.

Figura 36 – Tela de login

SISM - SISTEMA INTEGRADO A SMART METER

Este Sistema de Informação foi desenvolvido para integração com Smart Meter Electabuzz 1.0 construído em plataforma Arduino.

Acesso

Entre com nome de usuário e senha:

Nome...

Senha...

Entrar!

Fonte: Próprio Autor

Figura 37 – Opções de navegação



Fonte: Próprio Autor

Figura 38 – Cadastrar equipamento

A imagem mostra a tela de cadastro de equipamento do sistema SISM. No topo, há o nome 'SISM' e um ícone de menu. O título da tela é 'Cadastrar Equipamento'. Abaixo do título, há um aviso em um box azul: 'Antes de iniciar um monitoramento! Cadastre o equipamento que deseja monitorar. Após o cadastro informe o código do equipamento gerado na IDE do Arduino.' Abaixo do aviso, há um formulário com os seguintes campos: 'Equipamento' (Nome), 'Descrição' (Fornecedor - Modelo), 'Consumo em kWh' (Consumo kWh), 'Voltagem' (Voltagem V) e 'Classificação Energética' (A). Um botão 'Cadastrar' em verde está no canto inferior direito do formulário.

Fonte: Próprio Autor

Figura 39 – Listar Monitoramento

The screenshot shows the SISM monitoring interface. At the top, there are buttons for 'Atualizar Valores' and 'Filtrar Monitoramento'. Below these are summary cards for 'CONSUMO TOTAL KWH: 103.0708', 'TARIFA TOTAL R\$: 61.55', 'MONITORAMENTO INICIADO EM: 2018-01-20 15:56:26', and 'MONITORAMENTO ENCERRADO EM: 2018-01-26 19:52:37'. The main part of the interface is a table with the following data:

ID	POTÊNCIA W	CONSUMO KWH	TARIFA \$	CÓD. EQUIPAMENTO	DATA	AÇÕES
1	5256.6406	0.1998	0.117882	1	2018-01-20 15:56:26	Ver Equipamento
2	5257.1367	0.1998	0.117882	1	2018-01-20 15:58:48	Ver Equipamento
3	5257.0498	0.1998	0.117882	1	2018-01-20 16:01:09	Ver Equipamento
4	5257.6792	0.1998	0.117882	1	2018-01-20 16:03:31	Ver Equipamento
5	5256.3501	0.1997	0.11782299999999999	1	2018-01-20 16:05:52	Ver Equipamento

Fonte: Próprio Autor

6.2.4 Resultado obtido com o experimento

O quadro 6.1 apresenta os resultados coletados durante o experimento do funcionamento do SISM monitorando equipamentos de uma residência.

Quadro 6.1: Resultados obtidos no experimento

Item	Equipamento	Descrição	Consumo kWh	Tarifa R\$	Início	Final
1	HDTV-Monitor	Samsung	7.3928	4.44	15:56:26 20.01.18	17:21:03 20.01.18
2	Ventilador Mondial	Mondial	4.9758	2.98	17:23:10 20.01.18	18:15:06 20.01.18
3	Conversor Digital	Net	13.3129	7.70	16:27:18 21.01.18	19:10:09 21.01.18
4	Geladeira	Esmaltec	24.7796	14.87	17:04:25 25.01.18	21:50:28 25.01.18
5	Ventilador	Ultra	38.9973	23.40	23:45:41 22.01.18	07:22:33 22.01.18
6	Maquina de lavar	Eletrolux	13.6124	8.16	17:15:32 26.01.18	19:52:37 26.01.18
TOTAL			103.0708	61.55		

7 Conclusão

No referencial teórico sobre *Smart Grid* foi compreendido que além da importância dessa tecnologia aplicada as áreas da engenharia elétrica, geralmente utilizada para soluções de segurança, controle e eficiência operacional, também é identificado a abordagem dessa tecnologia ou termo, aplicado em tecnologias de informação e comunicação, quando observado o uso de recursos computacionais inseridos no conceito de *Smart Grid*, podemos encontrar o uso desse termo em soluções aplicadas a internet das coisas, cidades inteligentes e computação distribuída.

A conclusão para que se conceba um *Smart Grid* ou para que se compreenda o termo, se dá na identificação de quais tecnologias viabilizam uma rede elétrica como inteligente. É esperado que sistemas inteligentes imitem aspectos do comportamento humano, tais como: aprendizado, percepção, raciocínio, evolução e adaptação. Mas graças aos avanços das pesquisas em ciência da computação, existem sistemas ou *software* capazes de reproduzir esses aspectos.

Desta forma, esta pesquisa conclui que *Smart Grid* é um conceito obtido na manipulação de uma rede elétrica integrada a recursos computacionais de processamento e conexão remota, gerenciados por um computador. Portanto um *Smart Grid* só é concebido quando uma rede elétrica é também composta por pelo menos duas tecnologias viabilizadoras de "inteligência", um medidor inteligente, com capacidade de transmissão de dados de uma rede elétrica via rede de computadores e um sistema de informação capaz de interpretar o dado enviado e transforma-lo e informação computacional.

Nessa pesquisa a rede elétrica escolhida para estudo é compreendida como uma rede elétrica doméstica, utilizada para suprir necessidades energéticas para uma residência. Neste cenário, o experimento para tornar esta rede doméstica um *Smart Grid*, é baseado na solução de dois problemas: coletar as informações de consumo elétrico da residência e processar essas informações computacionalmente, de forma que os dados processados possam ser acessados de forma remota e compreendidos de forma intuitiva, automatizada.

Para solução do problema, considerando tecnologias que viabilizam um *Smart Grid*, foram produzidos um *Smart Meter*, dispositivo usado em *Smart Grid* para acesso e distribuição de dados remotamente, e um Sistema de Informação, caracterizado por um *software* responsável por gerenciar dados de coleta produzidos por um *Smart Meter* acoplado em condutores de corrente elétrica.

Como resultado obtido, o *Smart Meter* foi capaz de coletar dados de consumo dos equipamentos componentes da rede elétrica doméstica, utilizando os recursos do arduino interligado com conectores elétricos, concentrando assim os dados de leitura em um banco

de dados, reproduzindo a técnica de envio de informações da corrente elétrica produzida na rede para uma central de registro utilizando recursos computacionais como rede de computadores e servidor centralizado.

O *software* desenvolvido realizou o processamento dos dados registrados no banco de dados, manipulando essas informações e apresentando ao usuário por meio de um programa de computador. Logo, a rede elétrica doméstica integrada a essas duas tecnologias que viabilizam um *Smart Grid* adquiriu aspectos de otimização e de recurso computacional inteligente, com aspectos de percepção de correntes elétricas, lógica para cálculo e adaptação para melhor reproduzir os dados em uma interface gráfica.

Como consideração final deste trabalho é identificado o caráter interdisciplinar em Sistemas de Informação. A pesquisa utiliza técnicas e compreende habilidades, não apenas dos componentes curriculares obrigatórios do curso, mas também na solução de problemas reais que ocorrem durante a utilização e integração de novas tecnologias e no entendimento de novos termos relacionados a pesquisas em computação. Na etapa de Engenharia de *Software* proposta nesse trabalho é observado a importância da documentação do software, mesmo quando se utiliza aspectos de metodologia tradicional, mas que foi capaz de apresentar práticas desejáveis em metodologias de engenharia de *software*.

Recursos como o arduino foram essenciais para o desenvolvimento de um protótipo de equipamento similar a modelos mais complexos, e que geralmente são desenvolvidos com técnicas de engenharia elétrica e de produção mais sofisticadas. Entretanto o protótipo operou de forma robusta, garantindo validação dos dados junto a utilização de componentes auxiliares e técnicas de programação.

O SISM é uma proposta de solução sistêmica capaz de entregar em tempo real, informações de valor para o usuário que depende de um serviço tarifado. Tendo nas informações de consumo e cálculos de tarifa uma forma de auxílio para pessoas que utilizam técnicas de economia de energia pouco eficazes ou menos interativas.

Como trabalhos futuros o conteúdo desta pesquisa pode ser utilizado para educação em robótica, construindo equipamentos como Electabuzz para atuar em outros aspectos, ou efetuar conexão com outros tipos de rede, como via *Wireless*. O protótipo também pode ser reproduzido em várias cópias para assim realizar um experimento de otimização espalhado por toda uma residência, e também tentar solucionar o problema de pareamento de vários dispositivos integrados a um único sistema. Melhorias na interface, desempenho, escalabilidade e implementação de novos requisitos no SISM também são considerados como trabalhos futuros a serem realizados.

Referências

- AMIN, S. M.; WOLLENBERG, B. F. Toward a smart grid. 2005. Citado na página 22.
- Arduino. Arduino - introduction. 2017. Access date: 1 jul. 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>>. Citado 3 vezes nas páginas 36, 37 e 40.
- Arduino. Arduino uno rev3 - overview. 2017. Access date: 24 jul. 2017. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Citado na página 39.
- ATZORI, L. et al. The internet of things: A survey. In Computer Networks, 2010. Citado 3 vezes nas páginas 17, 29 e 30.
- BELL, C. Mysql connector arduino. 2017. Access date: 11 dez. 2017. Disponível em: <https://github.com/ChuckBell/MySQL_Connector_Arduino>. Citado na página 51.
- BOOCH, G. et al. *UML: guia do usuário*. 2ª. ed. [S.l.]: Elseviers, 2005. Citado 4 vezes nas páginas 54, 55, 56 e 57.
- COULOURIS, G. et al. *Sistemas Distribuídos: conceitos e projetos*. 5ª. ed. [S.l.]: Bookman, 2013. Citado na página 27.
- DEVMEDIA. Introdução a requisitos de software. 2017. Access date: 19 dez. 2017. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/introducao-a-requisitos-de-software/29580>>. Citado na página 52.
- EVANS, D. A internet das coisas: como a próxima evolução da internet está mudando tudo. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), 2011. Citado na página 30.
- FALCÃO, D. M. Integração de tecnologias para viabilização da smart grid. 2010. Citado 4 vezes nas páginas 22, 23, 24 e 25.
- FURTADO, A. B.; JR, J. V. da C. *Prática de Análise e Projeto de Sistemas*. 1ª. ed. [S.l.]: Belém: abfurtado.com.br, 2010. Citado 3 vezes nas páginas 34, 48 e 50.
- GINAPE. Visão geral sobre inteligência artificial. 2017. Access date: 15 set. 2017. Disponível em: <<http://www.nce.ufrj.br/GINAPE/VIDA/ia.htm>>. Citado na página 34.
- LAUDON, K.; LAUDON, J. *Sistemas de Informação Gerenciais*. 9ª. ed. [S.l.]: Pearson, 2010. Citado na página 32.
- MCROBERTS, M. *Arduino Básico*. 2ª. ed. [S.l.]: Novatec, 2015. Citado na página 36.
- MILANI, A. *MySQL: guia do programador*. 1ª. ed. [S.l.]: Novatec Editora, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 58 e 68.
- PRESSER, M.; OTHERS. *Inspirando a internet das coisas*. Edição brasileira do 'comic book' internet of things. [S.l.]: Alexandra Institute and Agns Gráfica e Editora LTDA, 2012. Citado na página 30.

- PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. *Engenharia de Software: uma abordagem profissional*. 8^a. ed. [S.l.]: AMGH, 2016. Citado na página 56.
- SARAIVA, F. de O. *Aplicações híbridas entre sistemas multiagentes e técnicas de inteligência artificial para redes inteligentes de distribuição de energia elétrica*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, São Carlos, 2015. Citado na página 22.
- SARAIVA, F. de O.; ASADA, E. N. Modelando sistemas multiagentes para simulação computacional de redes elétricas inteligentes. IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2012. Citado 4 vezes nas páginas 23, 24, 28 e 29.
- SCHETTINO, S. *Smart Grid: tendências de sua implantação no Brasil*. 1^a. ed. [S.l.]: Editora Appris, 2014. Citado na página 17.
- SMART GRID CONSUMER COLLABORATIVE. *Smart Meters*. Disponível em: <http://www.whatissmartgrid.org/smart-grid-101/smart-meters>, 2017. Citado na página 26.
- STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. *Princípios de Sistemas de Informação*. 11^a. ed. [S.l.]: Cengage Learning, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 32, 33 e 34.
- ZANNI, A. Sistemas cyber-físicos e cidades inteligentes. Copyright IBM, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.
- ZHENG, J. et al. Smart meters in smart grid: An overview. In Proceedings of the 2013 IEEE Green Technologies Conference, 2013. Citado na página 25.

APÊNDICE A – Documento de Especificação de Requisitos SISM

Sistema de Informação Integrado a *Smart Meter*

Documento de Especificação de Requisitos

Responsável: Rafael Cavalheiro

1. Introdução

Este documento contém a especificação de requisitos para o Sistema de Gerenciamento Integrado a Smart Meter, com a utilização da técnica de modelagem de Casos de Uso.

O propósito do sistema é gerenciar informações de consumo elétrico de uma residência, como um Sistema de Informação Elétrico (características adaptadas do conceito de Smart Grid ou Sistemas Elétricos Inteligentes), onde dados em kWh são coletados via Smart Meter (Medidor Inteligente) quando acoplado a um aparelho eletrodoméstico e interligado a um computador. O Smart Meter consiste em um protótipo construído em plataforma Arduino com capacidade de adaptação a recursos de *hardware* e *software*.

2. Ambiente do Sistema

O sistema desenvolvido apresenta características de um Smart Grid (Sistema Elétrico Inteligente) voltado para monitoramento doméstico. Considera-se que o usuário possui um Smart Meter compatível com o Sistema Integrado. O usuário é livre para escolher qual eletrodoméstico deseja monitorar, e quanto tempo o monitoramento dura. Neste cenário a pessoa é identificada como Usuário.

O *Software* conte dois níveis de acesso para usuários. O Usuário normal e o Administrador. O Usuário normal cadastra um perfil de acesso para logar na interface de gerenciamento do *Software*, onde poderá realizar cadastro de equipamentos, acompanhar monitoramentos e gerar gráficos de consumo. O perfil de Administrador foi criado para gerenciar contas de usuário e alterar níveis de acesso quando necessário e listar usuários cadastrados.

Os equipamentos cadastrados podem ser de diversos tipos e classes energéticas: geladeiras, Tvs, ventiladores, máquina de lavar. Para cada equipamento cadastrado é gerado um código de equipamento que será armazenado no banco de dados. Quando o usuário iniciar o monitoramento o equipamento deverá ser identificado e os dados do monitoramento serão atribuídos ao código do equipamento gerado.

O sistema atualiza os dados de monitoramento em tempo real, permitindo que o usuário acompanhe o andamento da monitoração. Quando o usuário desliga o Smart Meter o monitoramento é finalizado. Os dados armazenados em banco de dados podem ser acessados pelo usuário através de busca por equipamento ou através de uma lista geral de dados de consumo do usuário.

O sistema permite que o usuário possa gerar e consultar gráficos de consumo de equipamentos monitorados e obter dados como cálculos de tarifa baseado em consumo.

3. Objetivos do Produto

Este sistema objetiva realizar um experimento abordando o conceito de Smart Grid como um Sistema de Informação Elétrico. Onde dados de corrente e potência elétrica são entradas possíveis ao sistema por meio da utilização de um Smart Meter. O sistema também tem a finalidade de auxiliar a tomada de decisão do usuário apresentado dados de consumo em tempo real, possibilitando estratégias de consumo mais sustentáveis ou mais rentáveis baseados em valores de tarifa e promovendo comparação com os serviços oferecidos pelas concessionárias de energia para fins residenciais.

4. Benefícios do produto

As seguintes funcionalidades serão consideradas no sistema a ser desenvolvido:

- Identificação de Smart Meter (pode ser usado um ou mais aparelhos).
- Cadastro de usuários (inclusão, exclusão, visualização, edição, consulta).
- Cadastro de equipamentos (inclusão, exclusão, visualização, edição, consulta).
- Criar monitoramentos
- Listar Monitoramento (baseado nos registros gerados)
- Gerar gráficos de consumo

5. Modelo de Casos de Uso

Neste sistema, há apenas dois atores interagindo: o ator Usuário e o Ator Administrador.

- Ator Usuário: usuário que dispõe de um Smart Meter compatível com o Sistema e utiliza a interface de monitoramento do software de integração.
- Ator Administrador: administrador do sistema responsável pela gerência e controle de contas de usuários.

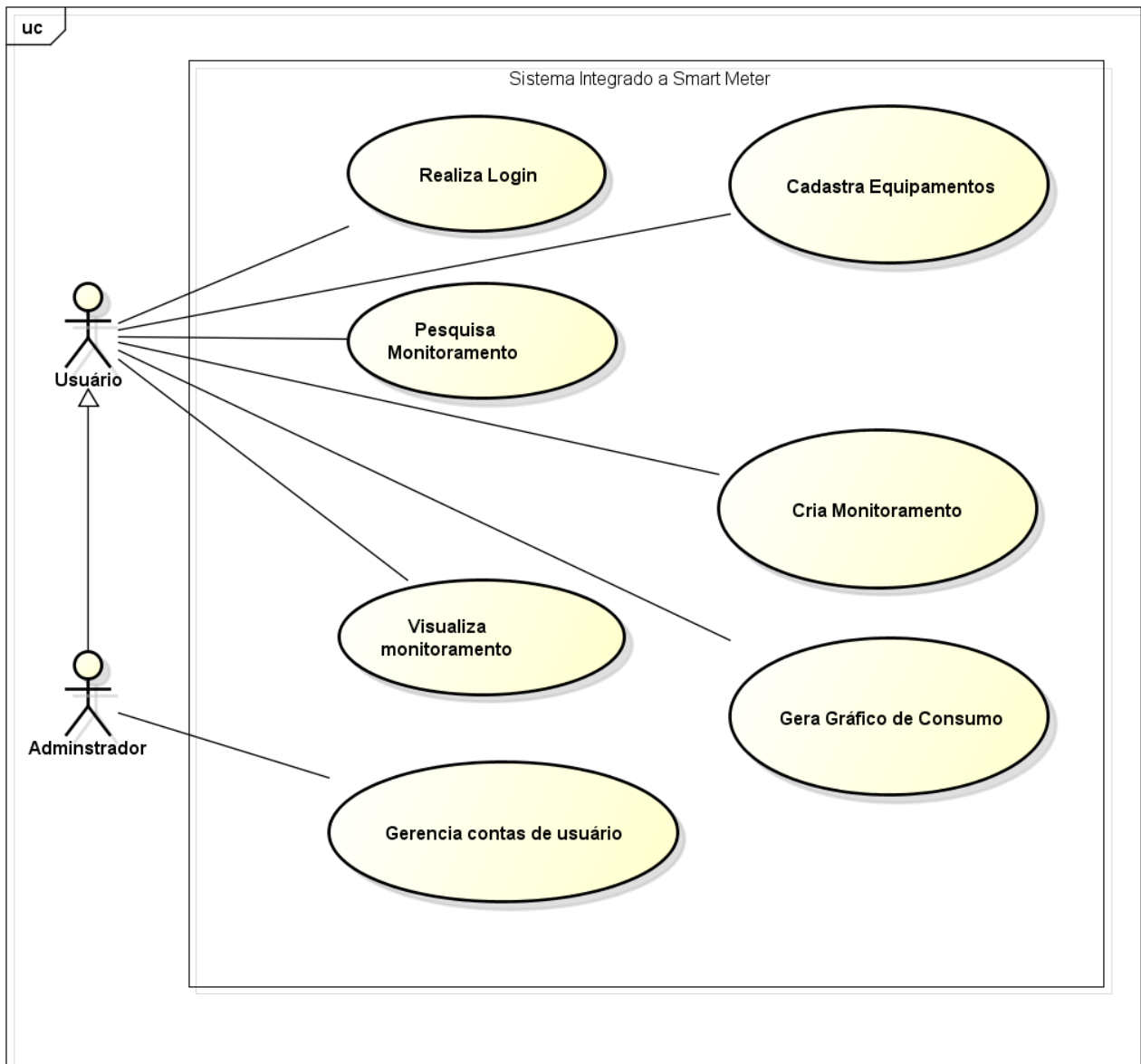


Figura 1 Diagrama de Casos de Uso – SISM

• CASO DE USO 01: AUMENTAÇÃO DE USUÁRIO

Descrição: O perfil de acesso é identificado por nível de usuário (Usuário normal ou Administrador) ao logar no sistema.

Ator Primário: Usuário/Administrador.

Precondições: O usuário foi cadastrado no sistema.

Fluxo Principal:

1. O usuário seleciona a opção cadastrar perfil.
2. O usuário é direcionado para página de cadastro.
3. O usuário realiza cadastro com restrição de nível de acesso de usuário normal.
4. O Administrador “raiz” do sistema altera o nível de acesso de 2 (Usuário Normal) para 1 (Administrador) quando necessário.
5. O Administrador é autenticado com nível 1 e o Usuário normal nível 2.

Fluxo alternativo (4): Mudança de nível de acesso.

- a. O usuário solicita perfil de acesso de Administrador.
- b. O Administrador lista os perfis de usuário.
- c. O Administrador edita o perfil do solicitante.

Pós-condições: O sistema verifica no novo logon do usuário, se for identificado como Administrador, o perfil terá acesso à interface de controle de contas de usuário.

Prioridade de desenvolvimento: 1

Frequência de uso: diário.

• **CASO DE USO 02: CADASTRO DE EQUIPAMENTOS**

Descrição: O usuário cadastra um equipamento para monitoração.

Ator Primário: Usuário.

Precondições: O usuário foi autenticado pelo sistema.

Fluxo Principal:

1. O usuário seleciona a opção cadastrar equipamento.
2. O usuário é direcionado para página de cadastro de equipamento.
3. O usuário informa os dados do equipamento: nome, descrição/marca, consumo em kWh, voltagem, classe energética.
4. O usuário aciona o botão “Cadastrar”.

Pós-condições: O sistema armazena os dados do equipamento na tabela “Equipamentos” no banco de dados e atribui um código para o equipamento criado.

Prioridade de desenvolvimento: 2

Frequência de uso: eventual.

• **CASO DE USO 03: CRIAR MONITORAMENTO**

Descrição: O usuário define um equipamento para iniciar um monitoramento no sistema.

Ator Primário: Usuário.

Precondições: O usuário cadastrou um equipamento no sistema e o usuário possui um Smart Meter compatível com o sistema.

Fluxo Principal:

1. O usuário acopla o Smart Meter ao equipamento que será monitorado.
2. O Smart Meter verifica na memória EEPROM se existe um código de pareamento armazenado.
 - 2.1 Caso positivo, o código é verificado no banco de dados. Se o código for encontrado, o Smart Meter inicia o monitoramento para equipamento já cadastrado.
 - 2.2 Caso negativo, um novo código para pareamento é gerado e apresentado no leitor LCD do Smart Meter, e a leitura será feita para um equipamento novo.
3. O sistema exibe uma lista de equipamentos cadastrados pelo usuário no sistema com opções de operações: ver equipamento, criar novo monitoramento.
4. O usuário aciona o botão iniciar gerenciamento.

Fluxo alternativo (2): Listar equipamentos

- a. O sistema exibe uma lista com todos os equipamentos cadastrados pelo usuário ativo (logado).
- b. O usuário escolhe a opção ver equipamentos (mostrar dados do equipamento) que deseja.
- c. O usuário escolhe a opção de “iniciar monitoramento” para o equipamento que deseja.

Pós-condições: O sistema inicia o monitoramento e armazena os dados de consumo do aparelho no banco de dados. O monitoramento finaliza quando o usuário desliga o Smart Meter.

Prioridade de desenvolvimento: 3

Frequência de uso: diário.

• **CASO DE USO 04: LISTAR MONITORAMENTO**

Descrição: O usuário visualiza em uma lista todos os monitoramentos realizados por ele.

Ator Primário: Usuário.

Precondições: O usuário realizou pelo menos um monitoramento no sistema.

Fluxo Principal:

1. O usuário seleciona a opção listar monitoramentos.
2. O usuário é direcionado para página de monitoramentos.
3. O usuário tem acesso ao histórico de todos os monitoramentos.

Pós-condições: O sistema exibe todos os monitoramentos realizados pelo usuário, informando as datas de realização e os equipamentos usados.

Prioridade de desenvolvimento: 4

Frequência de uso: diário

- **CASO DE USO 05: FILTRAR MONITORAMENTO POR EQUIPAMENTO**

Descrição: O usuário realiza uma busca filtrada.

Ator Primário: Usuário.

Precondições: O perfil do usuário possui pelo menos um equipamento monitorado.

Fluxo Principal:

1. O usuário seleciona a opção listar monitoramentos.
2. O usuário é direcionado para página de monitoramentos.
3. O usuário aciona o botão “Buscar equipamento”.
4. O usuário informa o nome do equipamento.

Pós-condições: O sistema filtra os históricos de monitoramento apenas para o equipamento informado.

Prioridade de desenvolvimento: 5

Frequência de uso: eventual.

- **CASO DE USO 06: GERAR GRÁFICO DE CONSUMO**

Descrição: O usuário visualiza gráfico do consumo calculado pelos monitoramentos.

Ator Primário: Usuário.

Precondições: O perfil de usuário possui pelo menos um monitoramento realizado.

Fluxo Principal:

1. O usuário seleciona a opção gerar gráfico de consumo.
2. O usuário é direcionado para página que plota o gráfico na interface.

Pós-condições: O sistema apresenta o gráfico com os cálculos de consumo em kWh, tarifa, data dos monitoramentos. O gráfico é apresentado em interface interativa (responde com interações do mouse).

Prioridade de desenvolvimento: 6

Frequência de uso: diário.

6. Requisitos Não Funcionais

6.1 Segurança: O sistema deve prover facilidade de acesso para autenticação do Administrador e do Usuário normal, mediante digitação de senha para acesso.

6.2 Desempenho: As operações devem ser apresentadas em tempo real.

6.3 Interface: A interface do sistema deve respeitar os padrões de usabilidade exigidas esperas na Interação Humano Computador. O sistema deve apresentar interface responsiva de forma geral e interface interativa quando utilizar dados gráficos.

6.4 Portabilidade: O sistema deve permitir ser executado em navegadores diversos.

6.5 Confiabilidade: Os relatórios de monitoramentos devem apresentar os mesmo dados gerados pelo Smart Meter. Os cálculos de média de consumo e cálculos de tarifa devem apresentar consistência para tomada de decisão dos usuários.

7. Restrições do Software

O sistema é desenvolvido para Sistema Operacional Windows; a linguagem de programa PHP foi escolhida para o desenvolvimento do sistema voltado para Web. A linguagem é compatível com conexão ao banco de dado MySQL versão 5.6 (Restrita para conexão serial do Arduino). O Sistema é compatível com o protótipo de Smart Meter (Electabuzz – protótipo desenvolvido em pesquisa de TCC) construído com plataforma Arduino. Obrigatório uso da IDE Arduino 1.8 e bibliotecas de leitura e calculo de corrente Emonlib, bibliotecas de Conexão com banco de dados MySQL Connector compatível com versões series 5.X do MySQL, WampServer, JavaScript, templates Bootstrap para aplicações Web e biblioteca de gráficos Chart.js.

APÊNDICE B – lista de Requisitos SISM



Lista Inicial de Requisitos

Órgão:		
Faculdade de Computação - UFPA		
Título do Projeto:	Nº Solicitação:	Dt. Emissão:
Sistema de Informação Integrado a Smart Meter	0001	13.09.2017
Responsável:	Unidade Organizacional:	Sub-Unidade:
Rafael Cavalheiro	ICEN	FACOMP

VERSÕES E REVISÕES DESTE DOCUMENTO				
Data	Versão	Comentários	Autor	Revisor
13/092017	1.1	Definição dos requisitos iniciais do Sistema	Rafael Cavalheiro	Filipe Saraiva
19/11/2017	1.2	Cancelamento dos requisitos RF13 e RNF 05. Validação dos RF 01 à RF 07/ RF 09, RF 10, RF 12, RF 16, RF 17 e RNF 01, RNF 02, RNF 03.	Rafael Cavalheiro	Filipe Saraiva
29/11/2017	1.3	Adição dos requisitos funcionais RF 18 e RF19	Filipe Saraiva	Rafael Cavalheiro
30/11/2017	1.4	Versão final da lista de requisitos. Requisitos validados	Rafael Cavalheiro	Filipe Saraiva

1 REQUISITOS FUNCIONAIS

REQUISITOS FUNCIONAIS			
Nº	Descrição	Prioridade	Status
RF 01	O Sistema deve processar e apresentar dados referentes ao consumo de energia elétrica de um dado eletrodoméstico monitorado por um Smart Meter.	Alta	Validado
RF 02	O Sistema deve ser integrado a um Smart Meter.	Alta	Validado
RF 03	O Sistema deve ser integrado a um banco de dados.	Alta	Validado
RF 04	O Sistema deve apresentar os dados inseridos no banco dados monitorados pelo Smart Meter.	Alta	Validado
RF 05	O Sistema deve ser desenvolvido para plataforma web.	Alta	Validado
RF 06	O Sistema deve processar os dados de consumo em kWh	Alta	Validado
RF07	O Sistema deve apresentar gráficos de consumo em kWh.	Alta	Validado
RF08	O Sistema deve calcular a tarifa de consumo de energia em kWh de cada aparelho eletrodoméstico monitorado.	Alta	Validado
RF09	O Sistema deve permitir o cadastro de usuários. Os dados para cadastro são:	Alta	Validado

	<ul style="list-style-type: none"> a) Nome b) E-mail c) Login d) Senha e) Nível de acesso (Administrador ou Usuário normal) 		
RF10	O Sistema deve identificar usuários cadastrados de acordo com o nível de acesso.	Alta	Validado
RF 11	O Sistema deve permitir que o usuário crie (defina) monitoramentos	Alta	Validado
RF12	<p>O Sistema deve permitir que o usuário cadastre equipamentos que serão monitorados. Podendo definir no ato do cadastro:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) O nome do equipamento b) A marca do equipamento c) O consumo de energia em kWh (Informado pelo fabricante) d) A voltagem do equipamento e) A classificação energética (A, B, C, D, E) 	Alta	Validado
RF13	O Sistema deve permitir que o usuário informe (limite) o tempo de monitoramento do aparelho.	Alta	Cancelado
RF14	O Sistema deve permitir que o usuário cancele um monitoramento em andamento.	Alta	Validado
RF15	O Sistema deve permitir que o usuário exclua um monitoramento finalizado.	Baixa	Validado
RF16	<p>O Sistema deve apresentar ao usuário informações de processamento durante e após o término do monitoramento. Por exemplo:</p> <p>Cenário 1: O usuário visualiza os dados monitorados em tempo real.</p> <p>[ID/Descrição do aparelho/Consumo KWH/Tarifa R\$/Hora:Data]</p> <p>Cenário 2: O usuário visualiza o processo finalizado.</p> <p>[ID/Descrição do aparelho/Total do Consumo KWH/Tarifa Total R\$/Hora:Data Final]</p>	Alta	Validado
RF17	O Sistema deve apresentar histórico de monitoramentos realizados.	Média	Validado
RF18	O sistema deve pairar um monitoramento criado com um Smart Meter para permitir que os dados lidos sejam salvos corretamente.	Alta	Validado
RF19	Um monitoramento removido deve liberar que o Smart Meter utilizado possa ser cadastrado para outro monitoramento.	Alta	Validado

2 REQUISITOS NÃO-FUNCIONAIS

REQUISITOS NÃO-FUNCIONAIS			
Nº	Descrição	Prioridade	Status
RNF 01	O Sistema deve se comunicar com o banco de dados MySQL Workbench.	Alta	Validado
RNF 02	O Sistema deve ser desenvolvido em linguagem PHP.	Alta	Validado
RNF 03	O Sistema deve ser compatível com um modelo de Smart Meter construído em plataforma Arduino.	Alta	Validado
RNF 04	O Sistema deve utilizar o serviço de conexão MySQL Server 5.6 para integração com Smart Meter e banco de dados.	Alta	Validado
RNF 05	O Sistema não permitirá monitoramento simultâneo de aparelhos eletrodomésticos. O Smart Meter utiliza um monitoramento por vez.	Alta	Cancelado

3 PRINCIPAIS CASOS DE USO

PRINCIPAIS CASOS DE USO		
UC	Descrição do Caso de Uso	Requisitos Relacionados
UC 01	O usuário deve acessar o sistema por meio de autenticação (logon).	RF05, RF09, RF10
UC 02	O usuário cadastra equipamentos.	RF01, RF02, RF03, RF06, RF07, RF11, RF12
UC 03	O usuário cria monitoramentos.	RF01, RF02, RF03, RF11, RF14, RF16, RF18, RF19
UC 04	O usuário lista monitoramentos.	RF01, RF05, RF06, RF11, RF12, RF16, RF17
UC 05	O usuário realiza filtros de monitoramentos por equipamento.	RF12, RF17
UC 06	O usuário gera gráfico de consumo.	RF04, RF06, RF07, RF08