



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

LUCAS DE ARAÚJO WANDERLEY ROMEIRO

TÉCNICAS DE DESAGREGAÇÃO DE CONSUMO
D'ÁGUA A PARTIR DA DINÂMICA DE VAZÃO EM
RESIDÊNCIAS



SALVADOR
2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

LUCAS DE ARAÚJO WANDERLEY ROMEIRO

**TÉCNICAS DE DESAGREGAÇÃO DE CONSUMO
D'ÁGUA A PARTIR DA DINÂMICA DE VAZÃO EM
RESIDÊNCIAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Salvador - Bahia
2019

LUCAS DE ARAÚJO WANDERLEY ROMEIRO

**TÉCNICAS DE DESAGREGAÇÃO DE CONSUMO
D'ÁGUA A PARTIR DA DINÂMICA DE VAZÃO EM
RESIDÊNCIAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como requisito para a obtenção de título de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Cezar de Castro Lima

Co-orientador:

Prof. Dr. Cristiano Hora de Oliveira Fontes

Salvador - Bahia
2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Romeiro, Lucas de Araújo Wanderley
Técnicas de desagregação de consumo d'água a partir
da dinâmica de vazão em residências / Lucas de Araújo
Wanderley Romeiro. -- Salvador, 2019.
74 f. : il

Orientador: Antônio Cezar de Castro Lima.
Coorientador: Cristiano Hora de Oliveira Fontes.
Dissertação (Mestrado - Engenharia Industrial) --
Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica,
2019.

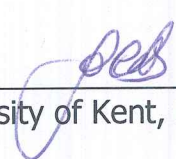
1. Desagregação de cargas. 2. Reconhecimento de
padrões. 3. Sistema embarcado. 4. Telemetria
residencial. I. Lima, Antônio Cezar de Castro. II.
Fontes, Cristiano Hora de Oliveira. III. Título.

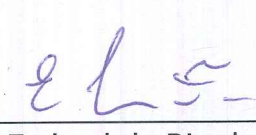
**TÉCNICAS DE DESAGREGAÇÃO DE CONSUMO D'ÁGUA A PARTIR DA
DINÂMICA DE VAZÃO EM RESIDÊNCIAS**

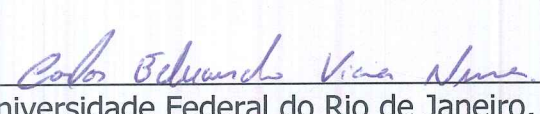
LUCAS DE ARAÚJO WANDERLEY ROMEIRO

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Dr. Antonio Cezar de Castro Lima 
Doutor em Electronic Engineering, pela University of Kent, INGLATERRA, 1994

Prof. Dr. Eduardo Furtado de Simas Filho 
Doutor em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, BRASIL, 2010

Prof. Dr. Carlos Eduardo Viana Nunes 
Doutor em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, BRASIL, 2016

Salvador, BA - BRASIL
Abril/2019

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, por conceder essa oportunidade e a minha família, pelos ensinamentos, apoio e estímulo.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sua presença e ensinamentos em minha vida.

Aos meus pais, irmãos e a toda minha família.

Ao Prof. Dr. Antônio Cezar de Castro Lima e ao Prof. Dr. Cristiano Hora de Oliveira Fontes pela orientação, ensinamentos, paciência, estímulo e confiança no desenvolvimento deste trabalho, obrigado pela inspiração.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Eficiência Energética em Sistemas Motrizes, pelo incentivo e apoio constantes, em especial, Nilmar Souza.

A todos os amigos e colegas que direta ou indiretamente contribuíram com este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PEI), da UFBA, pelo apoio, a infra-estrutura, a qualidade e a simpatia dos seus professores, pesquisadores e funcionários.

“Em todo o espaço há energia... é só uma questão de tempo até que os homens tenham êxito em associar seus mecanismos ao aproveitamento desta energia.”.

(Nikola Tesla)

RESUMO

A pesquisa, do tipo experimental, visa o desenvolvimento de técnica de separação de consumo d'água em uma residência, que equacione simplicidade, eficiência e adaptabilidade para instalações de baixo custo. Atualmente, os principais e mais difundidos estudos e procedimentos disponíveis em meio acadêmico voltados para o monitoramento da utilização de água em residências são ínfimos, inacessíveis e seus resultados não conseguem atingir por exemplo um consumidor de baixa renda. Este projeto consiste no desenvolvimento de uma técnica simples que possa ser incorporada a sistemas microcontrolados, capazes de estudar, desagregar (distinguir) cargas e identificar padrões de utilização de água. Durante o desenvolvimento, foi decidido utilizar metodologias simples para aquisição do sinal que reflete o deslocamento de fluido no interior da tubulação em direção às saídas, analisando assim o padrão de retorno dos pulsos emitidos por um sensor de efeito hall resultante desta vazão; assim sendo capaz de identificar e traduzir este deslocamento em informação digital. Com este procedimento foi concebida a impressão digital de cada ponto, que posteriormente será aplicada em tempo real num algoritmo que foi inspirado em uma regressão polinomial de segunda ordem, em conjunto com filtros de fluxos individuais para instituir diferenciações. Estudando e determinando a característica intrínseca e cada tipo de sinal, requerendo pouca informação e baixo poder de processamento; conseguindo como produto fim, uma solução extremamente simples, replicável e com baixo custo, concedendo a possibilidade para futura constituição de um produto comercial e acessível para consumidores de baixa renda.

Palavras-chave: Desagregação, vazão, identificação, sistemas embarcados.

ABSTRACT

The research, of the experimental type, aims at the development of technique of disaggregation of water consumption in a residence, which equates simplicity, efficiency and adaptability to low cost installations. Currently, the main and most widespread studies and procedures available in the academic environment aimed at monitoring the use of water in homes are small, inaccessible and their results can not reach for example a low income consumer. This project consists of the development of a simple technique that can be incorporated into microcontrolled systems, capable of studying, discharging loads and identifying patterns of water use. During development, it was decided to use simple methodologies to acquire the signal that reflects the displacement of fluid inside the pipe towards the outputs, thus analyzing the return pattern of the pulses emitted by a hall effect sensor resulting from this flow; thus being able to identify and translate this shift into digital information. With this procedure the fingerprint of each point, which will later be applied in real time in an algorithm that was inspired by a second-order polynomial regression, in conjunction with individual flow filters to institute differentiations. Studying and determining the intrinsic characteristic and each type of signal, requiring little information and low processing power; achieving as an end product an extremely simple, replicable and low cost solution, granting the possibility for the future constitution of a commercial and affordable product for low income consumers.

Keywords: Disaggregation, flow, identification, embedded systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem do comportamento da pressão na tubulação durante um acionamento	16
Figura 2 – Imagem do comportamento da pressão na tubulação durante múltiplos acionamentos	17
Figura 3 – Imagem ilustrativa do funcionamento de um sensor de efeito hall	23
Figura 4 – Imagem do sensor YF-S201	23
Figura 5 – Imagem do Node MCU	26
Figura 6 – Conexão do sensor de vazão no Node MCU	27
Figura 7 – Diagrama de <i>hardware</i>	28
Figura 8 – Estrutura de um POST HTTP	30
Figura 9 – Desenho prévio da planta de estudo	32
Figura 10 – Medidas da planta	33
Figura 11 – Posto de leituras	34
Figura 12 – Histograma do percentual de erros encontrados	36
Figura 13 – Proveta de 1 litro, utilizada para conferir o volume de água e comparar com o que o <i>software</i> registrou	37
Figura 14 – Torneira 1 (com limitador)	40
Figura 15 – Torneira 1 (sem limitador)	41
Figura 16 – Torneira 2 (com limitador)	41
Figura 17 – Torneira 2 (sem limitador).	41
Figura 18 – Torneira 3	42
Figura 19 – Chuveiro	42
Figura 20 – Descarga com filtro de 200 ms	43
Figura 21 – Descarga com filtro de 3000 ms	43
Figura 22 – Combinação de Torneira 1 (com limitador) e Torneira 3	44
Figura 23 – Combinação de Torneira 1 (com limitador) e Chuveiro	44
Figura 24 – Combinação de Torneira 3 e Chuveiro	45
Figura 25 – Combinação de Torneira 1 (com limitador), Torneira 3 e Chuveiro	45
Figura 26 – Combinação de Torneira 1 (com limitador) e Torneira 2 (com limitador)	45
Figura 27 – Combinação de Torneira 1 (sem limitador) e Torneira 2 (sem limitador)	46
Figura 28 – Avaliação de sinais utilizando algoritmo NSGA-II	46

Figura 29 – Assinatura dos sinais coletados por DeOreo, Heaney e Mayer	48
Figura 30 – Gráfico dos dados da combinação entre saídas	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de frequências do percentual de erros encontrados	37
Tabela 2 – Sinal do Chuveiro	39
Tabela 3 – Tabela de dados sobre a combinação de saídas	52
Tabela 4 – Tabela de pontos fortes e fracos	55
Tabela 5 – Tabela de experimentos e resultados	55

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO.....	VII
ABSTRACT	VIII
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO DO ESTADO DA ARTE.....	15
3.1 CARACTERIZAÇÃO DE CARGAS D'ÁGUA	15
3.2 DESAGREGAÇÃO DE CARGAS D'ÁGUA	16
3.3 ALGORITMOS DE APRENDIZADO	18
3.4 INTERNET DAS COISAS	19
3.5 COMUNICAÇÃO COM A NÚVEM (CLOUD)	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 REQUISITOS DO SISTEMA	21
4.2 MATERIAIS.....	22
4.2.1 Sensor de vazão.....	22
4.2.2 Node MCU	24
4.2.3 Diagrama do <i>Hardware</i>	28
4.3 O AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO	29
4.4 INTERFACES DE COMUNICAÇÃO.....	29
4.4.1 Envio de dados para o Dropbox e registro de software	29
4.5 PLANTA DE ESTUDO.....	31
4.6 EXPERIMENTOS E RESULTADOS.....	35
4.6.1 Aquisição de sinais para estudo	35
4.6.2 Estudos e resultados	46
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	56
5.1 CONCLUSÕES	56
5.2 SUGESTÕES.....	57
APÊNDICE A – ALGORITMO DE AQUISIÇÃO DE SINAIS	61
APÊNDICE B – LEITURAS COMPLETAS.....	68
APÊNDICE C – CERTIFICADO DO REGISTRO DE SOFTWARE	74

1 INTRODUÇÃO

Uma problemática bastante evidente hoje em dia, diz respeito ao consumo desenfreado de recursos naturais, que de forma inconsequente absorve a demanda por conforto, luxo e outras prioridades decorrentes do desenvolvimento socioeconômico, este que se sobrepõe ao desejo ou necessidade de preservação e moderação. Neste contexto, com o desenvolvimento intelectual e contínua escassez de bens naturais, tem começado a surgir de fato um forte senso de otimização e economia de recursos, que passou de um pensamento de necessidade financeira para uma concepção mais altruísta e benefício coletivo. A água é um destes recursos, fundamentais para a vida e que a cada dia se torna mais onerosa e decresce em volume potável. A média de consumo diário que a ONU recomenda é 110 litros por habitante/dia. Estudos apontam que essa quantidade é suficiente para suprir as necessidades básicas de uma pessoa. Porém não é isso que acontece, segundo dados do Instituto Trata Brasil o consumo médio brasileiro é de 166,3 litros por habitante/dia. O que fica 51% acima do recomendado Consumo (2018). Neste ponto, se evidencia a necessidade de um acompanhamento minucioso e constante do consumo familiar para identificar e promover oportunidade de mudança dos maus hábitos que impactam significativamente no volume mensal de água utilizada. Porém, para conseguir atingir essa meta, é não só importante, mas essencial o uso da tecnologia para identificar, desagregar e caracterizar o que está acontecendo na residência, de forma simples e principalmente barata, porque a acessibilidade e simplicidade são palavras chave para a difusão em todas camadas sociais, gerando o impacto desejado na reestruturação das rotinas de consumo.

Para a futura criação de um produto popular e eficiente, é imprescindível a utilização de sistemas, plataformas e componentes financeiramente mais acessíveis e desenvolver dentro deste ambiente algoritmos capazes de ler, identificar e avaliar as cargas d'água residenciais utilizando as técnicas que aqui serão desenvolvidas, para que através destas informações geradas pelos consumidores possam ser utilizadas para os orientar quanto ao perfil atual e sugerir mudanças simples de hábitos que ajustam o comportamento humano afim de os encaixar em outra faixa de consumo e premiar com uma fatura mais baixa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver sistema piloto laboratorial para modelar a caracterização e separação de cargas d'água em uma residência, com aquisição e processamento de dados em sistema embarcado de baixo custo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver, montar, testar e validar planta laboratorial para simulação de uma residência;
- Realizar ensaios de consumo para coletar o perfil dos sinais de vazão encontrados, afim de encontrar padrões que possam ser explorados no estudo comportamental que direcionará a pesquisa e o aprimoramento da técnica de reconhecimento;
- Avaliar e caracterizar as propriedades dos sinais encontrados para desenvolver técnicas que possam distingui-los;
- Desenvolver algoritmos que incorporem estas técnicas em uma solução embarcada de baixo custo.

3 REVISÃO DO ESTADO DA ARTE

3.1 CARACTERIZAÇÃO DE CARGAS D'ÁGUA

Para reconhecer e determinar um fluxo d'água como característico e decorrente da utilização de algum meio fim (como torneiras, máquinas de lavar, chuveiros, etc.) é necessário estudar o perfil destes meios, utilizando alguma técnica de análise. Estas técnicas utilizadas variam bastante, desde uso de sensores de fluxo, hidrômetros específicos, sensores de vibração, sensores sonoros e muitos outros, combinados com algum algoritmo heurístico, absorvendo técnicas de redes neurais ou até mesmo algoritmos híbridos.

Informações precisas sobre padrões de uso de água podem ser obtidas através da análise de sinais de fluxo obtidos a partir de hidrômetros residenciais adaptados com registradores de dados portáteis. Os sinais de fluxo são precisos o suficiente para que as assinaturas associadas a todas as principais categorias de uso de água possam ser identificadas (DEOREO; HEANEY; MAYER, 1996, p. 79, tradução nossa).

A pesquisa de Deoreo, Heaney e Mayer foi uma das primeiras formas de avaliação da utilização da água, que apesar de fazer uma análise simples e com baixa necessidade de processamento de dados, trás algumas falhas, como a não definição de cargas simultâneas ou cargas de acionamento rápido.

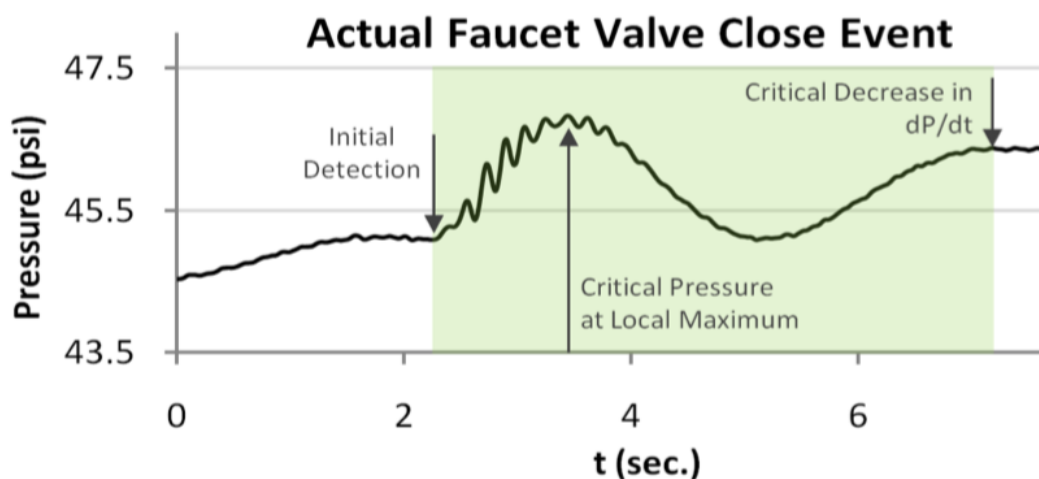
Posteriormente surgem estudos mais modernos como desenvolvido por Fogarty, Au e Hudson (2006) mostram que um modelo construído em sensores baseados em microfones que são colocados longe de fontes de ruído sistematicamente, pode identificar 100% do uso de lavadora de roupa, 95% do uso de lava-louças, 94% dos chuveiros, 88% da atividade da pia do banheiro, 73% da utilização do banheiro com duração de dez segundos ou mais, e 81% da atividade da pia da cozinha com duração de dez segundos ou mais. Também é capaz de reconhecer múltiplos usos, porém necessita de um estudo muito maior para o reconhecimento do padrão sonoro de cada finalidade e os separar com precisão, pois estes padrões vão variar de acordo com o ambiente instalado. E mesmo com um excelente estudo e alto processamento computacional não é possível determinar com precisão o volume de água utilizado em cada saída.

Com o passar do tempo novas técnicas são desenvolvidas e aprimoradas e Froehlich et al. (2009) desenvolveu uma técnica de detecção de atividades de consumo d'água em uma residência utilizando um único sensor de pressão, obtendo taxas de acerto por volta de 97,9%.

Especificamente, identificou-se utilizações de água individuais (por exemplo, um banheiro particular, uma pia de cozinha, um chuveiro particular) dentro de uma residência de acordo com as ondas de pressão únicas que se propagam para o sensor quando as válvulas são abertas ou fechadas. Também estimamos a quantidade de água sendo usada em uma instalação com base na magnitude da queda de pressão resultante na infraestrutura de água (FROELICH et al., 2009, tradução nossa).

Essa técnica consiste em identificar surtos de pressão na tubulação de água provenientes da abertura e do fechamento das válvulas, também chamado de golpe de aríete, este fenômeno gera uma onda de pressão transitória que pode chegar a altos níveis e danificar a tubulação ou algum equipamento conectado a mesma caso não haja uma atenção especial. Assim o sensor de pressão faz a leitura destes transientes e determina o que foi aberto ou fechado de acordo com a assinatura de pressão provocada ao acionar as válvulas. Uma amostra deste evento está elucidada na imagem abaixo. Vale ressaltar que esta técnica também pode ser utilizada para estimar a vazão nestes momentos, porém sem uma acurácia muito elevada.

Figura 1 – Imagem do comportamento da pressão na tubulação durante um acionamento.



Fonte: Froehlich et al. (2009).

3.2 DESAGREGAÇÃO DE CARGAS D'ÁGUA

Assim como reconhecer o início e término do acionamento de alguma carga residencial requer certo nível de análise que permita categorizar determinada leitura, para

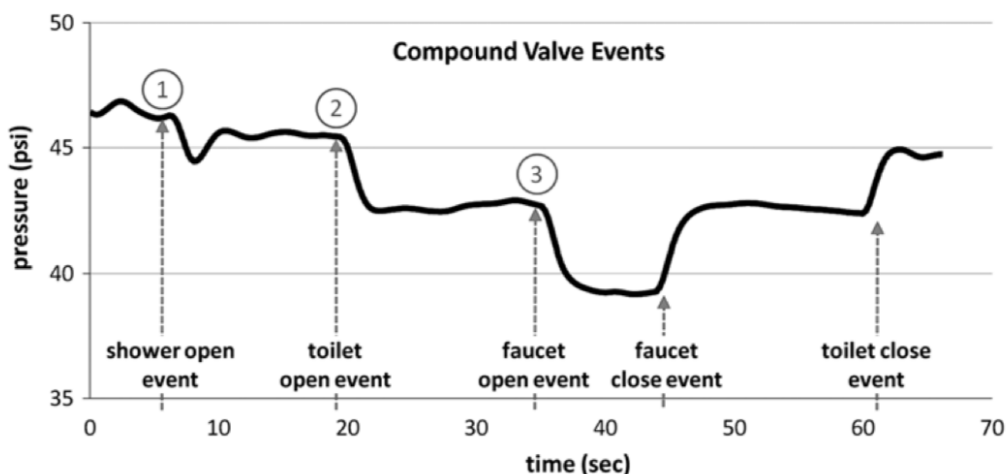
desagregar ou diferenciar cargas simultâneas é fundamental um estudo mais profundo nas características da instalação hidráulica e das variáveis disponíveis. Estes estudos sempre vão depender da técnica utilizada e das características intrínsecas.

Um evento combinado é formado por pelo menos dois eventos únicos simultâneos. Não há restrição quanto ao tempo de início e término de cada evento componente, desde que eles tenham um período sobreposto um com o outro. Essa sobreposição torna o problema extremamente complicado; nenhuma informação é dada sobre quantos eventos únicos contribuem para o evento combinado, ou quando cada um deles inicia ou termina. Portanto, é essencial explorar a formação de um evento combinado para estabelecer os critérios para o processo de separação (NGUYEN; STEWART; ZHANG, 2013, tradução nossa).

Como mostrado por Fogarty, Au e Hudson (2006), utilizando microfones ultrasensíveis para reconhecer múltiplos padrões, inferindo quais acionamentos simultâneos ocorriam no momento, para isso foi necessário retirar os ruídos, isolar o padrão de sons conhecidos (previamente catalogados nas diferentes frequências) e amplitudes que compõem o sinal sonoro do acionamento ou funcionamento de cada válvula / equipamento.

Algum tempo depois Larson et al. (2012) desenvolveu uma técnica semelhante, porém utilizando sensores de pressão inseridos na instalação hidráulica que acordo com a variação da pressão em seu interior, foi possível determinar um padrão de comportamento durante múltiplos acionamentos. Na imagem abaixo pode ser visto como ele identifica as utilizações simultâneas, efetuando a medição da pressão, estudando de forma heurística os momentos de acionamento e as características relevantes a se levar em consideração.

Figura 2 – Imagem do comportamento da pressão na tubulação durante múltiplos acionamentos.



Fonte: Larson et al. (2012).

Como evidenciado por Nguyen, Stewart e Zhang (2013), a principal dificuldade encontrada ao lidar com a desagregação de evento combinado é a distorção de padrão de todos os eventos únicos contribuintes, devido à pressão perdida no tubo, quando muitos eventos ocorrem simultaneamente. O resultado resulta em uma redução na precisão geral da desagregação.

Existe uma certa carência de projetos e pesquisas voltados a essa finalidade, é notável que existam lacunas a serem exploradas como a utilização de técnicas mais modernas, a exemplo do uso de redes neurais, perfeitamente aplicável ou algumas outras estratégias interessantes de *machine learning*. De qualquer modo, o campo é extenso e as possibilidades são muitas, a necessidade e a sede impulsionarão o ser humano a novas descobertas, principalmente com a popularização das linguagens de programação e de formas rápidas e práticas de prototipagem tem aguçado bastante o interesse dos jovens pela ciência.

3.3 ALGORITMOS DE APRENDIZADO

Aprendizado de Máquina é uma área de IA cujo objetivo é o desenvolvimento de técnicas computacionais sobre o aprendizado bem como a construção de sistemas capazes de adquirir conhecimento de forma automática. Um sistema de aprendizado é um programa de computador que toma decisões baseado em experiências acumuladas através da solução bem-sucedida de problemas anteriores (BARANAUSKAS; MONARD, 2005).

Os algoritmos de aprendizado têm se tornado muito comuns com o passar do tempo, o avanço da tecnologia e das necessidades humanas, que exigem cada vez mais automação, inteligência e eficiência nas soluções propostas. Também conhecido como *Machine Learning*, claramente tem como objetivo dotar alguma máquina de certo potencial decisório.

A quantidade de algoritmos e técnicas existentes com este objetivo é imensa e a cada dia surgem outras novas formas inovadoras, porém existem algumas técnicas mais conhecidas, como regressão linear, árvore de decisão, regressão logística, SVM (Support Vector Machine) e muitos outros, cujo funcionamento e resposta normalmente é inerente a uma finalidade restrita.

Entre as mais antigas bibliotecas de aprendizado de máquina está o Shogun, que nasceu em 1999 escrito em C++, mas que já não se limita apenas a trabalhar em C++ . Graças à biblioteca SWIG, a ferramenta pode ser usada de forma transparente em linguagens e ambientes como Java, Python, C#, Ruby, R, Lua, Octave e Matlab (CAVALCANTI, 2016).

3.4 INTERNET DAS COISAS

A internet das coisas é um conceito já não muito novo, mas vem crescendo bastante entre os amantes de tecnologia e por grande parte das empresas de automação e telemetria nesta última década. É um campo muito grande e em constante expansão, agregando tecnologia desde os utensílios domésticos, até segurança e transporte público.

A intercomunicação autônoma de objetos, dispositivos, em rede, sem a destinação final dos dados a humanos, tem crescido a ponto de surgir uma definição específica para este tema: Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things*) ou simplesmente *IoT*. A *IoT* vem sendo uma evolução tecnológica em diversas áreas revolucionando a própria internet com a conexão de outros equipamentos que não são operados por pessoas, mas sim por elas mesmas ou “coisas” (MANCINI, 2017).

Oliveira (2017, p. 17) descreve a Internet das Coisas em seu livro: “Internet das Coisas é muito mais que apenas ligar lâmpadas pelo smartphone. Não é somente ligar as “coisas” pela internet, mas também torna-las inteligentes, capazes de coletar e processar informações do ambiente ou das redes às quais estão conectadas.”.

Muitos projetos, incentivos e participações de empresas e governo estão impulsionando o desenvolvimento rumo a criar cidades inteligentes, onde tudo é interligado, carros, casas e eletrodomésticos, trazendo mais segurança, eficiência e comodidade dentro e fora de casa. Apesar do Brasil não ser celeiro de tecnologia, grande parte por falta de visão e incentivo governamental, existem algumas iniciativas como a própria *smart grid* que vem por alguns anos se arrastando no lento desenvolvimento e quase inexistente implantação no país. Mas, como dizem as pessoas; quando na china tiverem carros que voam, vão chegar no Brasil os carros autônomos.

Apesar de aparentar ser um tema atual e emergente, como esboçado neste artigo escrito em 2014, mostra uma grande preocupação do governo chinês em investir na tecnologia que desde 2011 já era visto como grande potencial para desenvolver a economia.

A China está acelerando o desenvolvimento da IoT e a define como um novo motor para o crescimento econômico. O governo lançou o 12º Plano Quinquenal para o desenvolvimento de IoT. Este plano é um programa resumido para o desenvolvimento da IoT de 2011 a 2015. O plano deu a meta e os objetivos do desenvolvimento futuro, e o plano propôs várias abordagens para atingir a meta. O plano também apresenta uma lista de métodos para apoiar e promover o desenvolvimento da indústria de IoT (CHEN et al., 2013, tradução nossa).

3.5 COMUNICAÇÃO COM A NÚVEM (CLOUD)

Nos últimos anos tem surgido uma grande onda de dispositivos móveis, eletrodomésticos inteligentes e programas de computador com backup automático, integrando várias plataformas, um exemplo disso é o Microsoft Office 360. Neste software o usuário pode editar um arquivo de texto em seu notebook e este arquivo pode ficar salvo em um repositório online e com isso, pode ser aberto no celular, iPad ou outra plataforma virtual com suporte, sem precisar fazer nada além de salvar e usar o mesmo usuário nos dispositivos de compartilhamento. Esse conceito usa o que é chamado de armazenamento na nuvem, em que determinados dados, sejam fotos, documentos, senhas e outros, ficam guardados em um servidor online e pode ser acessado de qualquer lugar do mundo. É o mesmo princípio que é usado por serviços como Dropbox, Google Drive e outras plataformas de backup.

No fundo, salvar um arquivo na nuvem tem o mesmo efeito de salvar em seu HD. A diferença é que, em vez de gravar a informação no seu HD pessoal, você irá gravá-la num HD a quilômetros de distância. A vantagem da nuvem é dar ao usuário a possibilidade de acessar seus arquivos (textos, fotos, vídeos, músicas, planilhas) a qualquer momento de qualquer lugar. Outro benefício é o custo: existem serviços de armazenamento gratuitos que saem mais barato do que ficar comprando HDs. Com a evolução da tecnologia, a nuvem deixou de servir apenas para guardar arquivos e hoje também abriga games, apps e softwares, que podem ser utilizados sem precisar ser baixados (CRUZ, 2018).

Com essa tecnologia o cliente pode ter guardado suas informações de forma automática, simples e acessível de qualquer lugar que tenha conexão com a internet, sem a necessidade de levar pendrive, HD externo, CD, DVD ou outra tecnologia de armazenamento local de dados. Empresas também estão migrando fortemente para este conceito, virtualizando seus servidores, para tornar mais dinâmico, acessível, e seguro contra danos físicos como um incêndio. Tudo mais fácil e intuitivo, porém, como tudo também existem pontos fracos deste sistema, como a vulnerabilidade das informações a crackers. É interessante pesar os prós e contras e decidir pelo melhor caminho antes de seguir cegamente a tendência, apesar do crescimento absurdo que o setor sofreu nos últimos 5 anos.

Em 2015, Mark Hurd, CEO da Oracle, previu que, até 2025, 80% das aplicações de negócios estariam rodando em cloud. Previsões sobre o futuro da tecnologia no ambiente corporativo são marcas das apresentações de Hurd durante cada edição do Oracle OpenWorld, conferência anual da companhia realizada em San Francisco, nos EUA, que recebe 60 mil pessoas, em sua maioria clientes e parceiros Borini (2018).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada será detalhada neste índice e se resume em 6 tipos de atividades:

- 1) Levantamento bibliográfico;
- 2) Concepção e montagem da planta de testes;
- 3) Concepção e montagem do circuito eletrônico;
- 4) Desenvolvimento dos algoritmos;
- 5) Leitura dos sinais;
- 6) Estudo dos sinais e elaboração de solução.

4.1 REQUISITOS DO SISTEMA

O sistema pela sua definição básica deverá ser desenvolvido de forma a ter capacidade de reconhecer diferentes tipos de padrões, para isso precisa-se de diversas fontes geradoras de sinais de consumo. Para proceder com o projeto de forma válida, estas fontes geradoras precisam ser conhecidas e constantes formando um ambiente controlado. Então foi acordado utilizar materiais simples e de uso residencial em todo estudo. Numa primeira análise, os requisitos foram: Reconhecer o padrão gerado pelo uso de uma torneira de jardim, uma torneira de lavanderia e um chuveiro. Porém em uma análise posterior e mais profunda, foi decidido elevar o grau de dificuldade e acrescentar outra torneira de jardim, idêntica a primeira e uma caixa de descarga. Com estas decisões, o estudo ficou mais complexo, contendo: duas torneiras de jardim idênticas e de mesmo fabricante, uma torneira de lavanderia, um chuveiro de água fria e uma caixa de descarga. Foi decidido usar os itens mais baratos e comuns encontrados no comércio local de Salvador. Será necessário utilizar uma caixa d'água simulando o ambiente comumente encontrado. Com estas definições é possível ter um cenário realista de consumo residencial.

Com o contexto de simulação pronto, é preciso definir que tipo de sensor utilizar para verificação dos perfis gerados ao abrir as torneiras. Após breve discussão e alguns dias de pesquisa, foi decidido pela utilização de um sensor de vazão também simples e barato, suficiente para aplicação por apresentar um desvio muito baixo nos testes efetuados. Então surge a necessidade de dimensionar um hardware para efetuar a leitura deste tipo de sensor. Essa tarefa é bem mais fácil, porque não existem grandes desafios no procedimento de leitura

do sensor, é simples e praticamente qualquer sistema computacional que disponha de uma entrada digital poderá efetuar essa aquisição sem depender de outras tecnologias. Porém, por outro lado o processamento dos dados deve ser rápido e eficiente para que a análise dos sinais de entrada seja feita de forma precisa, o que limita um pouco mais o campo de opções. Além disso devem ser levados em consideração os fatores preço, dimensões e disponibilidade, pois um dos objetivos se trata de ter uma solução embarcada simples e de baixo custo.

4.2 MATERIAIS

4.2.1 Sensor de vazão

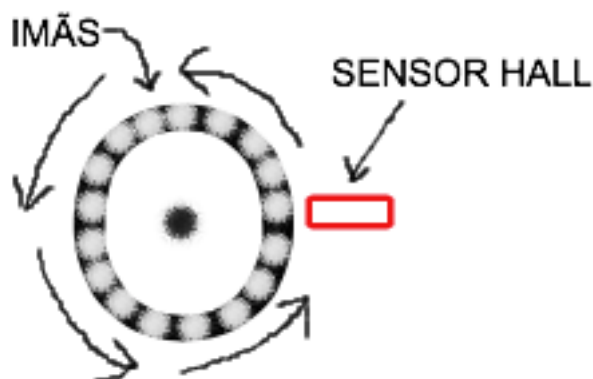
Após avaliar os requisitos para que o sistema funcione, é preciso definir quais materiais deverão ser utilizados para atender de forma total esta ambição. O primeiro ponto é definir qual sensor de vazão utilizar para que haja acurácia em sua leitura, acessibilidade tecnológica e seja financeiramente acessível. Foi verificado que existe uma vasta gama de possibilidades, porém o produto que melhor se encaixou nesta descrição, foi o sensor de efeito hall YF-S201, adotado como o mais conveniente para o corrente estudo, por atender melhor os requisitos propostos.

Um bom sensor é fundamentalmente a base do projeto, é ele que determina a clareza, confiabilidade ou precisão da leitura. Com uma tecnologia muito defasada também há a dificuldade quanto a continuidade do fornecimento deste tipo de equipamento, fadando a grandes dificuldades de produção e manutenção dos equipamentos que o possuem.

Rápidos, pequenos e baratos estes dispositivos denominados "de Efeito Hall" devem substituir os sensores tradicionais na maioria das aplicações práticas (BRAGA, 2018).

Este tipo de sensor é composto por duas partes, uma parte móvel com unidades de material ferro magnético (ímã) a segunda é um sensor magnético feito de um semicondutor capaz de detectar a presença de campos magnéticos. Seu princípio de funcionamento é relativamente simples e quando a peça composta por ímãs em sua superfície se desloca e passa pelo sensor de efeito hall, gera um sinal que é transmitido e através do perfil deste sinal é possível saber qual foi o deslocamento, pois é conhecida a quantidade de ímãs, portanto também é conhecida a quantidade de sinais lidos, assim sabendo o deslocamento angular ou linear. Abaixo uma ilustração mostra o funcionamento do sensor de efeito hall utilizado (YF-S201), onde dentro do seu involucro há o giro da peça que contém os ímãs, pela passagem do fluido no interior da tubulação, gerando então o sinal correspondente.

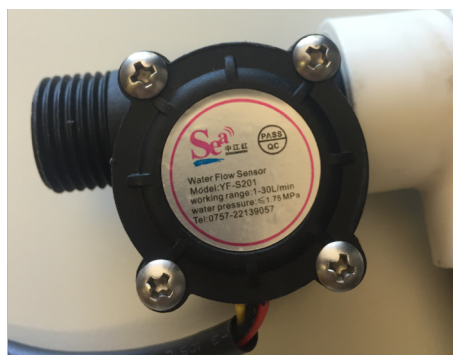
Figura 3 – Imagem ilustrativa do funcionamento de um sensor de efeito hall.



Com este pensamento, o sensor será responsável por medir o fluxo de água que passa por ele. Foi escolhido principalmente por ser um componente barato e que facilmente pode ser encontrado no comércio nacional e internacional. O preço deste sensor varia entre R\$10,00 e R\$60,00 nos sites mais populares de vendas virtuais. Ele tem por característica ler fluxos de água que variam entre 1 a 30 litros por minuto e tem um baixíssimo consumo de energia, apenas 15 mA em 5 V, também dispõe de conexão em rosca para tubulações de água cujo diâmetro é ½ polegada, ele deve ser instalado na horizontal, não exceder a pressão de 1.75 MPa e operar na faixa de 1 a 30 l/m, assim atendendo perfeitamente os requisitos do projeto, sendo capaz de reconhecer as variações de fluxo d'água em uma residência.

Logo abaixo, pode ser visualizada uma imagem real do sensor YF-S201 em que a saída se encontra conectada à tubulação e a entrada ainda desconectada, possibilitando observar a rosca de encaixe.

Figura 4 – Imagem do sensor YF-S201.



4.2.2 Node MCU

Todo circuito eletrônico voltado para telemetria e automação é dotado de inteligência e comandos predeterminados, tal tecnologia pode ser desenvolvida tendo como núcleo normalmente um microcontrolador que é um circuito integrado que possui diferentes dispositivos e periféricos internos, como um processador, conexões de entrada e saída e memória. Através de sua programação, um microcontrolador é capaz de controlar os sinais elétricos de suas saídas e ler valores de tensão em seus pinos estabelecidos como entrada. Talvez um dos maiores destaques dos microcontroladores seja a possibilidade de se obter informações e realizar ações no meio em que está inserido, com praticamente este único componente eletrônico (OKOPNIK, 2012).

O uso adequado de sensores para um sistema confiável é de extrema importância, visto que se algo for lido de forma equivocada pode gerar inúmeras falhas acarretando em problemas como ações inadequadas baseadas em dados inconsistentes. Por este motivo, é importante fazer uso de equipamentos confiáveis.

Um sistema embarcado é um sistema computacional projetado para um propósito específico e geralmente parte de uma aplicação maior, comumente usado para automação ou simplificação de atividades. Frequentemente, estes sistemas operam em tempo real e sem intervenção do usuário (MOROZ; JASINSKI; PEDRONI, 2012).

Um sistema embarcado é necessário para compor uma solução de telemetria, é o coração do projeto e deve ser feito de forma impecável. Segundo Moroz, Jasinski e Pedroni, (2012) Sistemas embarcados são compostos por hardware (processador, memórias e periféricos) e software. Dependendo da aplicação podem incluir interfaces de comunicação, sensores e atuadores.

As tecnologias mais modernas, contam cada vez mais com soluções que levam em consideração estes dispositivos, devido a popularidade e grande difusão que estes conceitos tem sofrido ao longo da última década. Com a popularização dos microcontroladores e massificação dos projetos eletrônicos, facilmente se encontra um tutorial ou esquema de como resolver os problemas mais comuns, desmistificando e simplificando a eletrônica e automação. Até as crianças já sabem lidar com essa tecnologia, que devido a sua facilidade tem sido cada vez mais comum encontrar escolas que contam com aulas de robótica.

Sistemas embarcados estão presentes em, praticamente, todos os dispositivos eletrônicos, sendo encontrados em eletrodomésticos, carros e aviões. Estes dispositivos desempenham funções de controle ou monitoramento no ambiente ou equipamento em que

estão inseridos (MOROZ; JASINSKI; PEDRONI, 2012).

A essência física de uma unidade remota é um sistema embarcado que vai reunir inúmeros conceitos e tecnologias afim de formar um produto coeso, robusto e eficiente para coletar e transmitir de forma confiável as variáveis relevantes que forem encontradas, sem a necessidade de estar fisicamente no local. E para efetuar este tipo de comunicação pode ser usado um transmissor de radio frequência, que através de ondas eletromagnéticas faz o envio de informações sem fio.

Hoje já existem sistemas micro controlados que dispõem em seu interior de um módulo de rádio frequência para comunicação sem fio como o WI-FI, como o muito famoso esp8266, um microcontrolador mundialmente conhecido pela eficiência, versatilidade, preço e principalmente por ter um módulo WI-FI embutido em seu interior.

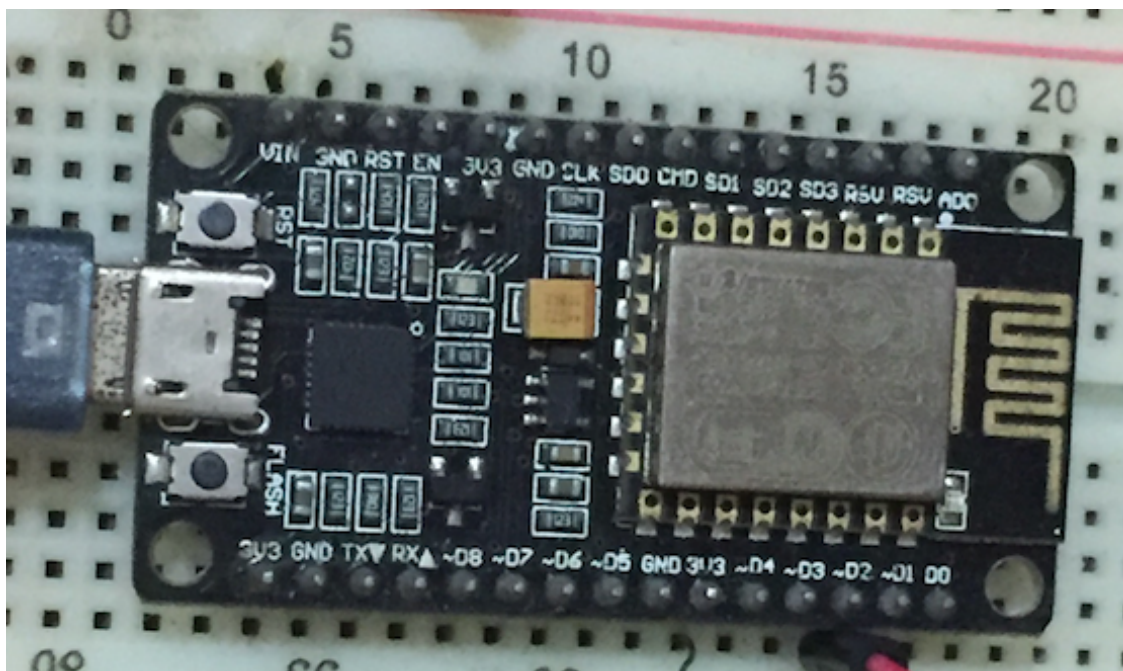
Essencialmente, a comunicação via rádio frequência acontece entre um transmissor, emissor de ondas eletromagnéticas que viajam praticamente à velocidade da luz, e um receptor, responsável por recebê-las. Este sistema de comunicação ocorre por ondas que oscilam em uma faixa de frequência que vai de 3 KHz até 300 GHz, esta inversamente proporcional ao seu comprimento de onda, e seu dimensionamento depende de duas características fundamentais. A primeira é o alcance no qual é possível se transmitir informação e a segunda é a quantidade de informação que é possível de ser enviada em um determinado período de tempo, estes dois fatores devem ser levados em consideração antes de projetar um sistema (BORGES e LIMA, 2014).

Atualmente, a banda ISM não licenciada (*Industrial Scientific and Medical*) 2,4 GHz tornou-se saturada devido a muitos padrões usados ao mesmo tempo. Começando com todos os padrões de rede WLAN, através de redes de área pessoal como *Bluetooth* ou *ZigBee* e por último, mas não menos importante, muitas transmissões sem fio não padronizadas, como telefones celulares, periféricos de computadores pessoais (PC) etc. A coexistência de diferentes redes sem fios na banda ISM é inevitável, e também é muito provável que haverá frequências portadoras sobrepostas (MAŠÍK, 2013, tradução nossa).

Após a definição do sensor utilizado, existe o requisito de *hardware* para ser atendido no que diz respeito a eletrônica. Neste ponto, após passar por alguns microcontroladores da família PIC, foi decidido utilizar um modulo conhecido como Node MCU. Se trata da junção de um microcontrolador chamado esp8266EX da Tensilica, com processador 32 bit e arquitetura RISC, cujo uso de energia é definido como extra baixa potência e dispões de WI-FI integrado, com uma memória SPI, alguns componentes passivos e a eletrônica básica para alimentação e conversão da comunicação TTL-USB. Esta decisão se deu pela perfeita junção

de diversos fatores, tais como: baixo custo, continuidade tecnológica, capacidade de integração, disponibilidade, memória e processamento. Uma imagem real deste módulo pode ser observada na foto abaixo.

Figura 5 – Imagem do Node MCU.

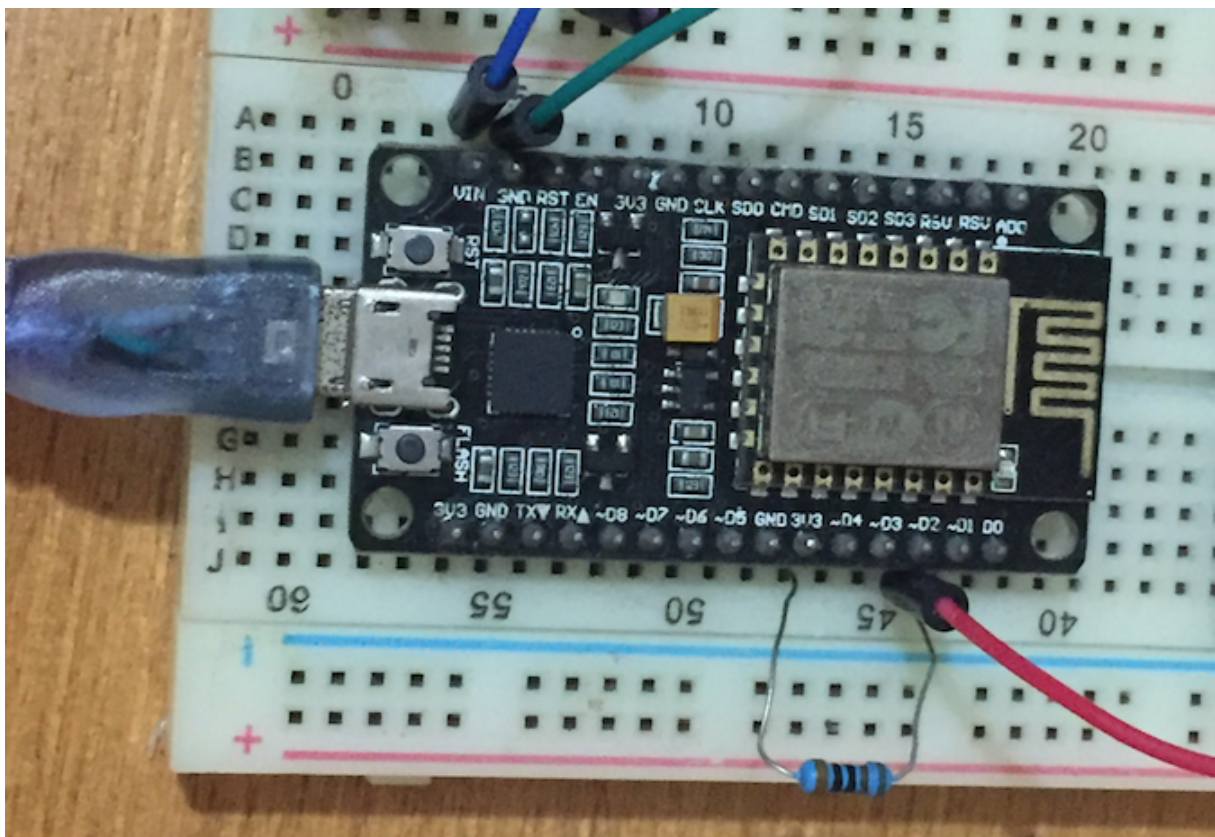


Para integração eletrônica entre o módulo Node MCU e o sensor de vazão YF-S201, é necessário conectar a alimentação do sensor nas portas de 5 V e GND do módulo, que fornecerão tensão e corrente necessários para o funcionamento interno do circuito eletrônico incumbido de identificar a passagem de fluido em seu interior e gerar uma resposta que reflete a respectiva entrada. Para haver a integração das características elétricas é necessário que ambos possam ser conectados ao mesmo potencial elétrico, para que sejam alimentados pela mesma fonte de tensão. Como ambos funcionam a 5 V e a soma da corrente elétrica em operação é inferior ao fornecido pela fonte, podem ser ligados juntos. A interface de saída do sensor, deverá ser conectada a alguma das portas digitais disponíveis no *hardware*, a única característica necessária é que a determinada entrada tenha função de interrupção de entrada, o que por exemplo não é possível conseguir na porta D8 (digital 8). Por estes motivos, escolhemos a entrada D2 (digital 2) para aquisição dos sinais gerados pelo sensor. Na foto abaixo pode ser apreciada a ligação com o sensor, onde o fio de cor azul representa +5 V, o fio de cor verde representa GND e o fio de cor vermelha representa sinal do sensor. A

alimentação do circuito vem através da porta USB que está conectada no computador e também pode ser visto na imagem.

Outro detalhe importante para que a leitura dos sinais possa ser feita com sucesso, é a utilização de um resistor externo de *pull-up*. Este resistor, ligado em paralelo com a entrada do sensor e conectado na referência de 3.3v, tem a função de referenciar o nível lógico alto do sinal gerado pelo sensor. Pois, para garantir uma ampla gama de integração do sensor com os diversos leitores disponíveis no mercado, o circuito interno responsável por gerar os pulsos de saída tem por característica ser *open drain*, utilizando um transistor NPN para isso. Portanto, para que possa ser lido o nível lógico alto na comunicação e não deixar a entrada flutuando, é essencial a inserção do resistor de *pull-up* que vai determinar qual será essa referencia. O valor do referido resistor não é algo rígido, mas normalmente é utilizado o valor de 10K ohm para este tipo de aplicação.

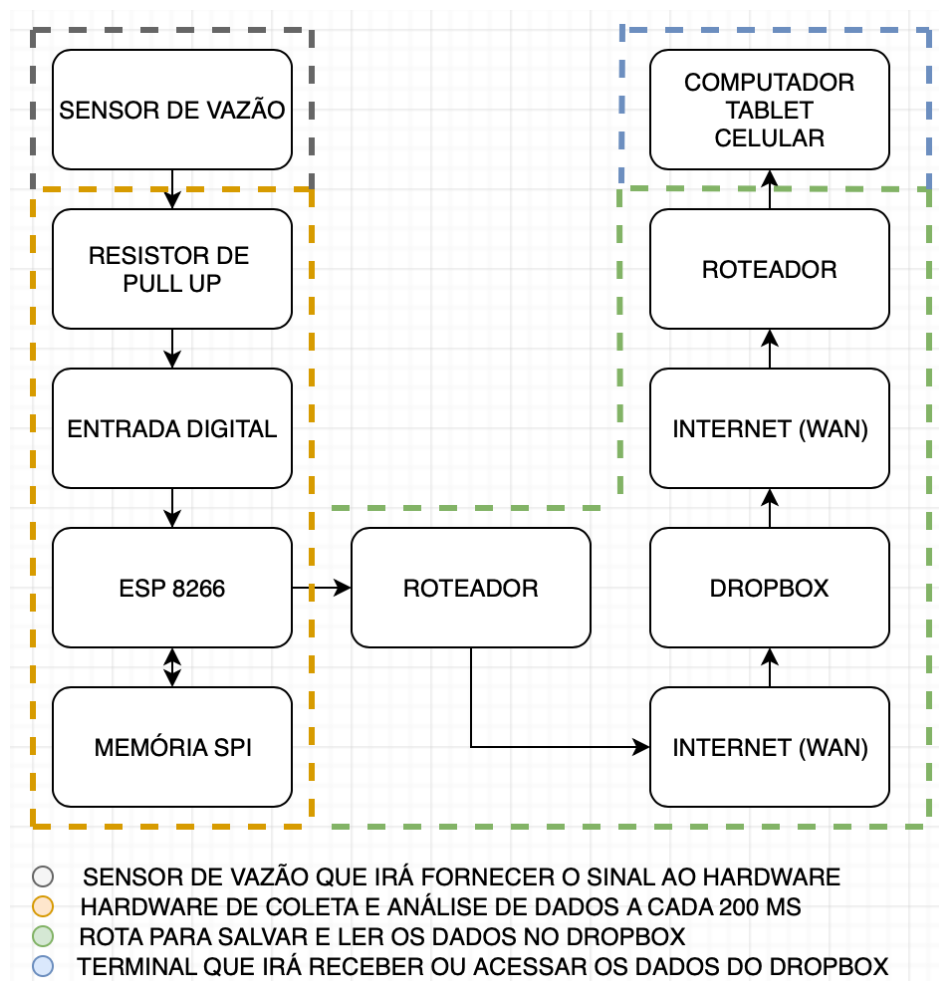
Figura 6 – Conexão do sensor de vazão no Node MCU.



4.2.2 Diagrama do *Hardware*

O diagrama geral do hardware utilizado para efetuar as leituras, estudos e processamentos está evidenciado abaixo, mostrando o fluxo das informações trafegadas no sistema. O início com a aquisição dos dados através do sensor e transformados em pulsos digitais, como mencionado anteriormente existe a necessidade de um resistor de *Pull-up* antes da entrada digital para constituir a referencia positiva no sinal gerado pelo sensor que é *open drain*, permitindo assim a leitura dos dois estados do sinal pela porta de entrada digital contida no Node MCU. O modulo faz o processamento destas informações e armazena em sua memória, aguardando o momento do envio destes dados para o Dropbox através de um roteador conectado na internet e posteriormente recebido em um computador pessoal em um arquivo no formato .txt.

Figura 7 – Diagrama de *hardware*.



4.3 O AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

A linguagem de programação escolhida para representar os algoritmos foi o “C”, utilizada no ambiente oficial Arduino para MAC OS. Esta decisão foi tomada em virtude da compatibilidade e também devido a sua difusão, facilidade de integração, simplicidade e padronização. Características estas que balizaram a escolha, além de proporcionar a facilidade de compreensão e difusão acadêmica deste experimento. A interface de desenvolvimento segue os padrões de programação ANSI e todas as diretrizes de boas práticas que facilitam a legibilidade, depuração e consequentemente encurtando o período de desenvolvimento. O *software* pode ser baixado gratuitamente no endereço virtual arduino.cc para ser utilizado em diversos sistemas operacionais e programar uma vasta opção de placas de desenvolvimento.

4.4 INTERFACES DE COMUNICAÇÃO

As interfaces de comunicação utilizadas foram pensadas para serem simples e funcionais, portanto, foi definido utilizar o terminal de comunicação serial fornecido pelo próprio compilador para troca de comandos entre o *hardware* e o computador, através da porta USB presente no módulo Node MCU.

4.4.1 Envio de dados para o Dropbox e registro de software

Uma etapa importante no processo de aquisição dos sinais, é a transferência destas informações de dentro do microcontrolador para um computador, para que possam ser feitas as devidas análises. Existem inúmeras formas de conseguir este resultado, uma delas é utilizar a comunicação serial já estabelecida pela porta USB, contudo, este processo é repetitivo, cansativo e passivo a erro. Observando estes aspectos surgiram duas opções: desenvolver um *software* que automatize a leitura serial, salvando em arquivos separados ou desenvolver alguma solução de transferência de arquivos utilizando a conexão WI-FI disponível no módulo para entrar na internet e transferir estes dados para o local desejado. Ficou decidido então, desenvolver um software capaz de transmitir estes dados através da internet para algum servidor de armazenamento de dados na nuvem, por ser a forma mais prática, simples e dispensa a necessidade de um computador no momento das leituras, pois elas podem ser adquiridas no celular, tablete ou outro dispositivo com acesso a internet.

Ao efetuar pesquisas entre os serviços de armazenamento em *cloud*, se destacaram o Google Drive, One Drive e Dropbox, ambos conhecidos e detém versões gratuitas. Foi decidido adotar o Dropbox como alvo, devido a maior intimidade com o uso desta plataforma. Após essa decisão, houve um curto tempo de pesquisa para absorver o protocolo de comunicação que este servidor exige para envio de arquivos; durante este período, se identificou que para tecer o envio, o *software* deve fazer um POST HTTP que obedeça aos critérios da API do Dropbox que utiliza oauth2 como procedimento de autenticação do usuário, permitindo a manipulação dos arquivos contidos na nuvem. Na imagem logo abaixo, pode ser observada a construção básica de um POST HTTP, requisição esta que é o coração da transferência de arquivos entre o microcontrolador e o serviço de armazenamento de informações na nuvem. Apesar de serem conceitos simples, exigem um extremo cuidado com os detalhes, pois cada caractere da comunicação deve necessariamente estar correto, senão haverá uma falha crítica na solicitação.

Figura 8 – Estrutura de um POST HTTP.



Fonte: Matoso (2017)

Obedecendo todos os critérios da documentação disponibilizada pela empresa escolhida, foi construído um software na linguagem C especificamente para Arduino, cujo tamanho ficou entre 300 e 400 linhas de comando.

Ao observar com mais cuidado este software foi constatado que não existia algo semelhante para esta plataforma, e com isso despertou o desejo de compartilhar este conhecimento com a comunidade, motivando o desenvolvimento de uma biblioteca que nada mais é que a padronização deste conhecimento de forma a ser utilizada facilmente por outros

pesquisadores. Assim foi feito e disponibilizado na internet sob o nome de DropboxManager e registrado no INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) sob o processo BR 51 2018 000773-2. O certificado deste registro se encontra disponível no Apêndice C.

4.5 PLANTA DE ESTUDO

Para que seja possível proceder com este estudo, é fundamental ter o ambiente propício que possibilite efetuar testes e simulações, afim de conceber, testar, lapidar e comprovar as técnicas pelas quais este experimento se propõe. Portanto, foi projetada e executada a construção de uma planta de estudos que possibilite criar um ambiente de testes.

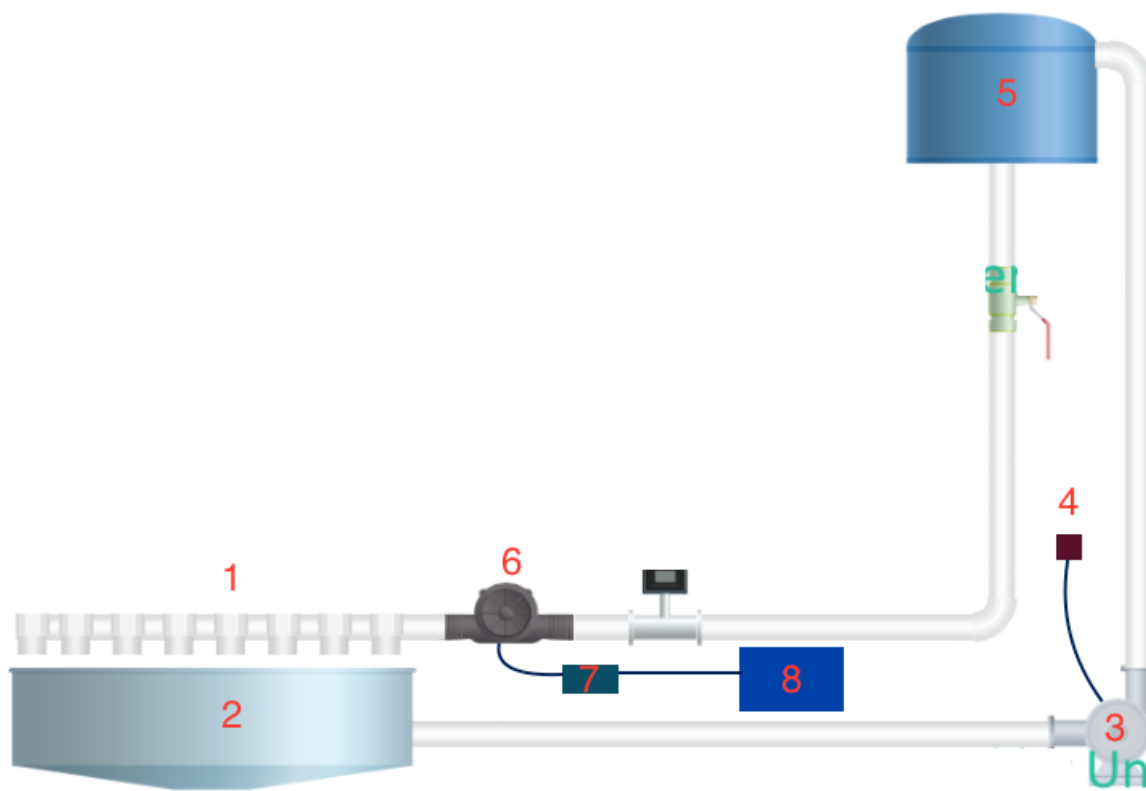
Os critérios básicos para a idealização foram:

1. Utilizar três torneiras, sendo duas iguais e uma diferente;
2. Utilizar um chuveiro;
3. Utilizar uma descarga;
4. Utilizar caixa d'água;
5. Utilizar recipiente de ao menos 100 L para captar a água após a torneira;
6. Utilizar bomba para retirar a água do recipiente inferior novamente para a caixa d'água;
7. Utilizar tubulação de PVC com $\frac{1}{2}$ polegada de diâmetro;
8. Ter distância mínima de 1,4 m entre a caixa d'água e as saídas.

Seguindo estes critérios, foi prosseguido com o processo de montagem. Esta etapa levou aproximadamente dois meses entre seleção de materiais, orçamentos e a construção em si. Por fim, na parte externa do Laboratório de Eficiência Energética em Sistemas Motrizes da escola politécnica da UFBA, ficou instalada a planta de estudos que pode ser apreciada no desenho abaixo.

Como pode ser observado no desenho, ela é composta por várias partes que estão enumeradas de 1 a 8, também está representado por meio de setas o sentido do fluxo de água.

Figura 9 – Desenho prévio da planta de estudo.

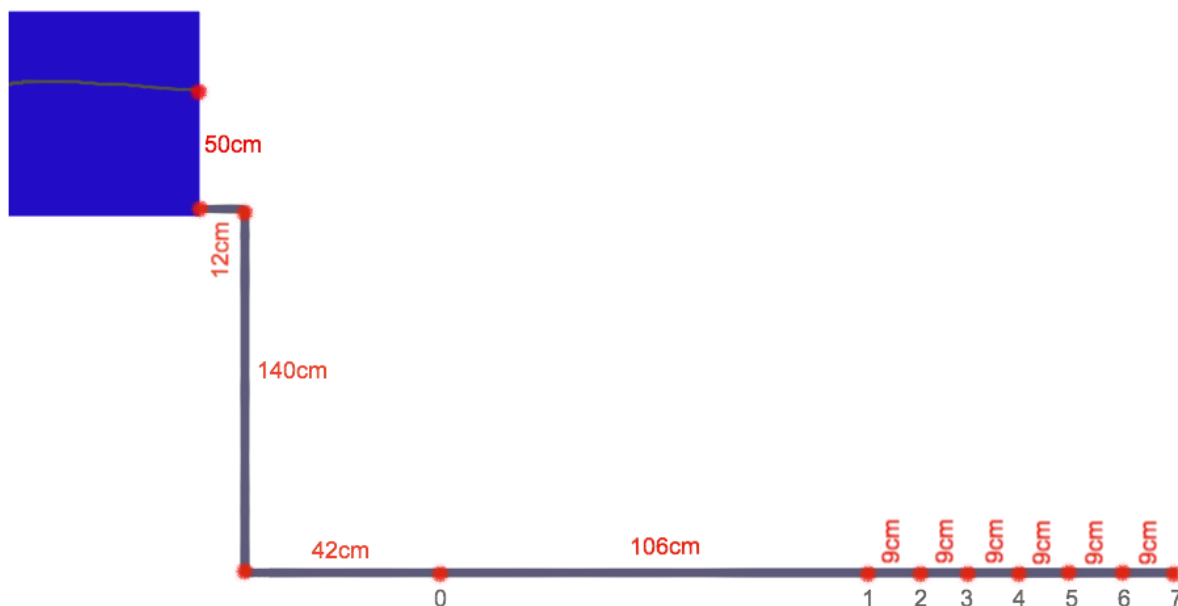


O significado de cada numeração é:

1. Unidades de saída, composta por 3 torneiras, um chuveiro e uma descarga;
2. Recipiente de recepção da água que sai das torneiras;
3. Bomba responsável por transferir a água do recipiente de recepção para a caixa d'água;
4. Disjuntor para acionamento elétrico da bomba;
5. Caixa d'água, responsável por armazenar a água para o experimento;
6. Sensor de fluxo d'água, instalado em série com a tubulação;
7. Circuito eletrônico para leitura do sensor e interface com o computador;
8. Computador.

As medidas utilizadas em cada trecho podem ser apreciadas na imagem abaixo:

Figura 10 – Medidas da planta.



As numerações que vão de zero a sete na imagem acima representam respectivamente:

0. Posição do sensor de vazão;
1. Posição da torneira de jardim;
2. Posição da segunda torneira de jardim, idêntica à primeira;
3. Posição da torneira de lavanderia;
4. Posição do chuveiro;
5. Posição livre;
6. Posição livre;
7. Posição da caixa de descarga.

Na foto abaixo, pode ser visto o posto de leituras, local destinado a manipulação das torneiras e interação com o circuito através do computador que se encontra ao lado, observando assim as variações do sinal em tempo real. A posição desta estação de trabalho para operação da planta é fundamental para acompanhar o comportamento das saídas ao

serem acionadas, permitindo identificar e corrigir rapidamente as anomalias encontradas no funcionamento do sistema, resultando numa rápida e eficiente evolução ao estudar as saídas e seus respectivos sinais.

Como mostra a foto logo abaixo, as saídas foram instaladas na mesma altura e com uma distância conhecida entre elas, utilizando materiais populares e de baixo custo, para facilitar a replicação deste experimento.

Este protótipo de testes não representa fielmente uma instalação residencial, pois em uma residência as saídas estão distribuídas entre os cômodos com distâncias distintas entre elas. O objetivo em fazer uma planta de testes neste perfil é conseguir fazer ajustes, testes rápidos e facilitar a compreensão dos cálculos; também ter um ambiente controlado para verificar e entender os fenômenos de forma mais isolada e a partir disso encontrar técnicas que possam ser utilizadas tanto no ambiente laboratorial quanto em uma residência com suas inúmeras variáveis que aqui serão abordadas.

Figura 11 – Posto de leituras.



4.6 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

4.6.1 Aquisição de sinais para estudo

O processo obtenção dos sinais gerados pelas saídas em utilização é feito por um *software* que foi desenvolvido especialmente para essa funcionalidade. O algoritmo deste programa desenvolvido para a mesma plataforma do projeto, funciona segundo as etapas sequenciais abaixo que inclui em seu escopo uma rotina de calibragem, comparando o volume identificado pelo sensor com o volume capturado na proveta:

- 1- Alimentar o *hardware* que por sua vez fica aguardando algum acionamento das saídas que é identificada através da interrupção externa promovida pelo sensor de vazão ao sentir a passagem de fluido no interior da tubulação;
- 2- Identificando a presença de vazão, o software inicia uma rotina de contagem dos pulsos retornados pelo sensor a cada 200 milissegundos, 5 coletas por segundo. Pois, após leituras sucessivas foi determinado heurísticamente que 5 Hz é a frequência ótima para que a análise não fique lenta, haja uma amplitude aceitável para caracterizar a forma do sinal e o software possa lidar sem perder a precisão entre as faixas de coleta estes foram os critérios utilizados;
- 3- Após cada registro da quantidade de pulsos naquele tempo, o software grava estas informações em um arquivo .TXT na memória interna do microcontrolador, se repetindo a cada 200 ms;
- 4- Ao detectar a ausência de vazão por um período superior a 3 segundos seguidos, o software infere que a saída foi fechada e não há mais o que ser registrado;
- 5- Neste momento o software solicita ao operador que identifique o volume de líquido capturado pelo recipiente graduado $\pm 1\%$ que se encontra abaixo da saída, para que o software compare com o registrado pelo sensor e salve no arquivo o erro entre as medidas para avaliação posterior;
- 6- O software fica pronto para uma nova leitura ou enviar estes dados para o *cloud* (Dropbox) ao apertar um botão de envio. Assim, o operador receberá em seu computador pessoal as informações armazenadas na memória do microcontrolador, através da biblioteca chamada DropboxManager que foi desenvolvida e registrada no

decorrer deste estudo, facilitando a transmissão das informações entre o sistema embarcado que efetua as coletas no campo e algum computador, celular ou *tablet* conectado a internet e com o aplicativo do Dropbox instalado.

No histograma representado na figura 12, fica visível a distribuição dos erros para intervalos de 0,518 que formam 10 categorias. A maioria dos erros se encontram na faixa entre 0,173% e 0,691% totalizando 45 ocorrências. Porém, das 144 coletas analisadas no histograma 123 se concentram em quatro das dez faixas, isso corresponde a 85,42% dos erros entre 0,173% e 2,245%, com média de 1,04% e desvio padrão de 0,729%. A distribuição de frequência também pode ser vista na tabela da tabela 1, com as respectivas ocorrências.

Figura 12 – Histograma do percentual de erros encontrados.

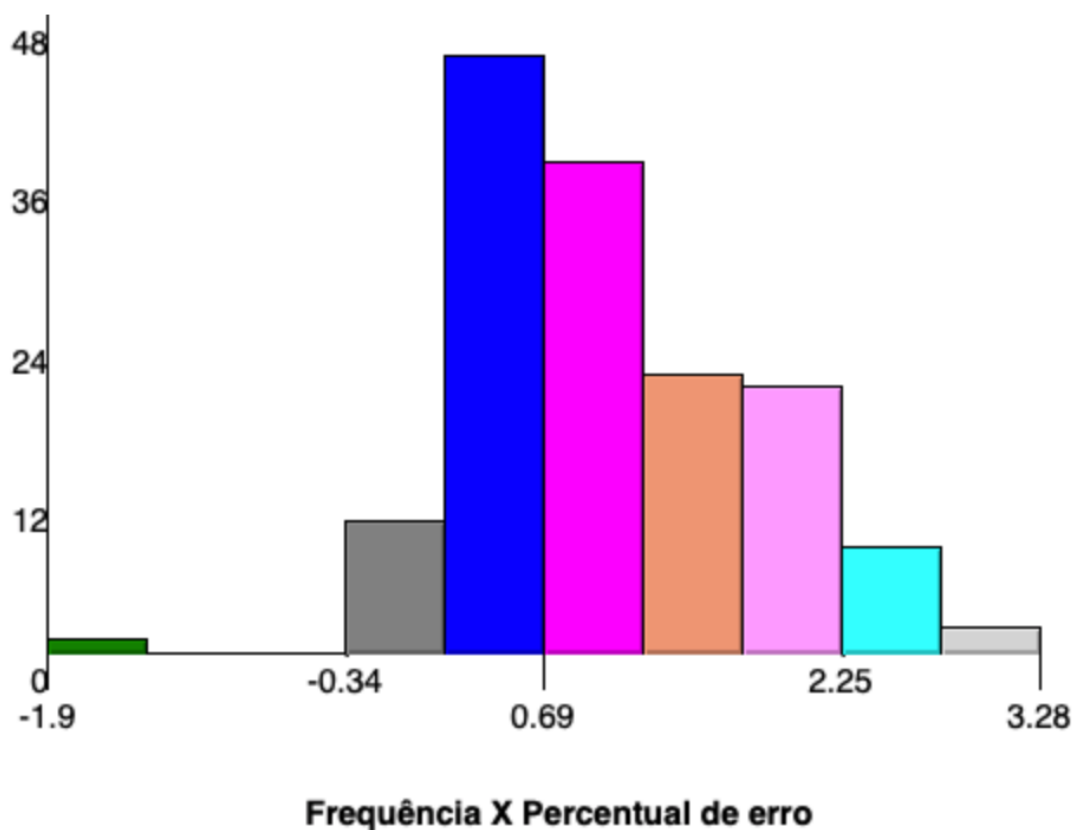
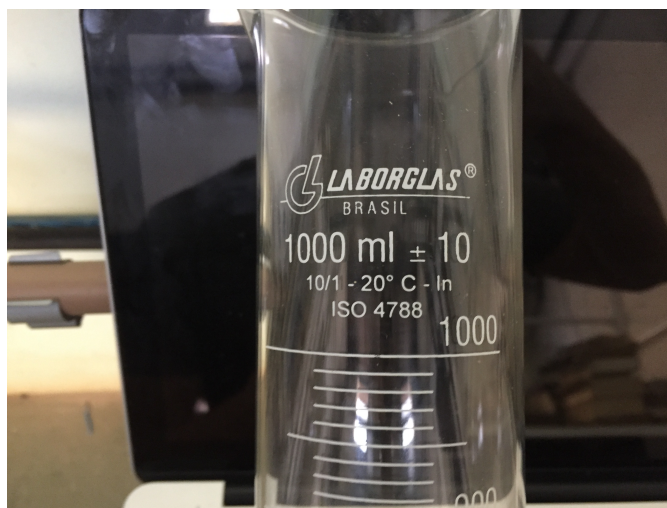


Tabela 1 – Tabela de frequências do percentual de erros encontrados.

Frequency Range	Hits
> -1.899 <= -1.381	1
> -1.381 <= -0.863	0
> -0.863 <= -0.345	0
> -0.345 <= 0.173	10
> 0.173 <= 0.691	45
> 0.691 <= 1.209	37
> 1.209 <= 1.727	21
> 1.727 <= 2.245	20
> 2.245 <= 2.763	8
> 2.763 <= 3.281	2

Figura 13 – Proveta de 1 litro, utilizada para conferir o volume de água e comparar com o que o *software* registrou.



Sucessivas e exaustivas leituras foram feitas para uma análise sólida dos padrões gerados e foi encontrado um desvio máximo de 3,02% entre a leitura feita pelo *software* e o registrado pela proveta. Investigando a causa deste desvio, ficou constatado que desvios maiores ocorrem em vazões maiores, que por sua vez refletem em comportamentos distintos do fluido que em baixa vazão é mais laminar e com uma vazão mais acentuada se torna mais

próximo a turbulento. Este fenômeno foi identificado como responsável pelas diferentes faixas de desvios entre as leituras devido ao padrão em que ocorriam.

Na planta desenvolvida foi utilizado cinco tipos de saída, sendo três torneiras, um chuveiro e uma descarga, imagens já foram evidenciadas anteriormente e abaixo seguem alguns detalhes sobre cada uma delas:

Torneira 1: Torneira de jardim, simples, na cor preta, material plástico, contém acessório roscável (bico para mangueira);

Torneira 2: Torneira de jardim, simples, na cor preta, material plástico, contém acessório roscável (bico para mangueira);

Torneira 3: Torneira de tanque e lavanderias, simples, na cor branca, material plástico;

Chuveiro: Simples, sem aquecimento, material plástico, cor branca;

Descarga: Simples, caixa suspensa, cor bege, material plástico, acionamento por corda.

Abaixo pode ser visto um exemplo de uma tabela de pulsos no tempo, construída a partir de uma das leituras do chuveiro que foi registrada pelo *software* de aquisição de sinais. Esta tabela é a base para o estudo do comportamento do chuveiro conforme sua utilização, etapa necessária para identificar o perfil do sinal gerado pelo chuveiro. Lembrando que cada pulso equivale a 2,25 ml, portanto na leitura apresentada abaixo os 420 pulsos registrados equivalem a 945 ml resultando numa vazão média de 0,09265 l/s.

Foi decidido utilizar nas análises a relação Pulso X Tempo para facilitar a compreensão e abstração do modelo por se tratar de um número inteiro.

Tabela 2 – Sinal do Chuveiro.

TEMPO (ms):	PULSOS:
0.20	2
0.40	2
0.60	3
0.80	5
1.00	5
1.20	5
1.40	6
1.60	9
1.80	10
2.00	10
2.20	11
2.40	11
2.60	11
2.80	12
3.00	11

3.20	12
3.40	12
3.60	11
3.80	12
4.00	12
4.20	11
4.40	12
4.60	11
4.80	12
5.00	11
5.20	12
5.40	12
5.60	11
5.80	12
6.00	12
6.20	11
6.40	12
6.60	11
6.80	12
7.00	11
7.20	12
7.40	10
7.60	10
7.80	9
8.00	9
8.20	7
8.40	6
8.60	3
8.80	2
9.00	2
9.20	1
9.40	2
9.60	0
9.80	1
10.00	0
10.20	1

Um comportamento comum no término das leituras, ou seja, no momento em que a vazão está diminuindo até chegar a zero, pode ocorrer de registrar alguns zeros intercalados com uma pequena leitura de vazão, conforme pode ser observado na tabela acima. Este fenômeno ocorre devido a sensibilidade do sensor para micro vazões, havendo a necessidade de passar ao menos 2,25 ml para que seja registrado o volume. Como essa vazão é muito baixa, pode ocorrer de passar mais de 200 milissegundos da janela de aquisição de amostra e não registrar a vazão mínima necessária para o reconhecimento. Este fenômeno deverá ser considerado no desenvolvimento.

Após a organização dos dados em tabelas, foram gerados gráficos para cada uma das saídas e a combinação entre elas, com a finalidade de facilitar a visualização quanto ao

comportamento ao longo do tempo. Essa visualização permitiu a melhor identificação dos padrões e desenvolver uma estratégia mais adequada ao comportamento encontrado.

No gráfico da Torneira 1 com bico limitador de vazão, observado abaixo, tem um comportamento comum, partido de um momento em que não há vazão na tubulação, até um momento em que há uma vazão praticamente constante que cai quando a torneira começa a ser fechada. Devido a baixa resolução do sensor, o sinal construído não tem o perfil perfeitamente definido como utilizando um sensor industrial de custo elevado pode promover, mas é suficiente para a análise que aqui é proposta. O mesmo padrão se repete em todas torneiras e chuveiro, porém com uma vazão distinta em cada uma, gera um sinal diferente em seu valor médio, mas com mesmo comportamento inicial e final como pode ser visto nos próximos seis gráficos.

Como citado anteriormente, existem algumas problemáticas envolvidas no processo de reconhecimento que fogem ao controle, entre elas é o perfil de utilização que gera dificuldades se o usuário utilizar de formas diferentes a mesma torneira, hora abrindo 30% da sua capacidade, hora abrindo 100% e assim por diante... Desta forma não será possível identificar um padrão de utilização, problema este que se resolve com a utilização cada vez maior das torneiras de abertura $\frac{1}{4}$ de volta, desenvolvida para que seja aberta 100% com pouco movimento, permitindo seu uso quase exclusivamente de forma binária.

Outro aspecto que também foi citado anteriormente é o comportamento das duas torneiras iguais, como pode ser apreciado nos gráficos das torneiras 1 e 2. Estes gráficos claramente distinguem o perfil delas e este fato se dá por dois motivos. O primeiro é devido a construção interna da torneira plástica que varia entre si, mesmo sendo teoricamente idênticas; o segundo caso é devido a distância da primeira torneira para a segunda torneira, esta distância causa queda de pressão, consequentemente resultando em um perfil distinto.

Figura 14 – Torneira 1 (com limitador).

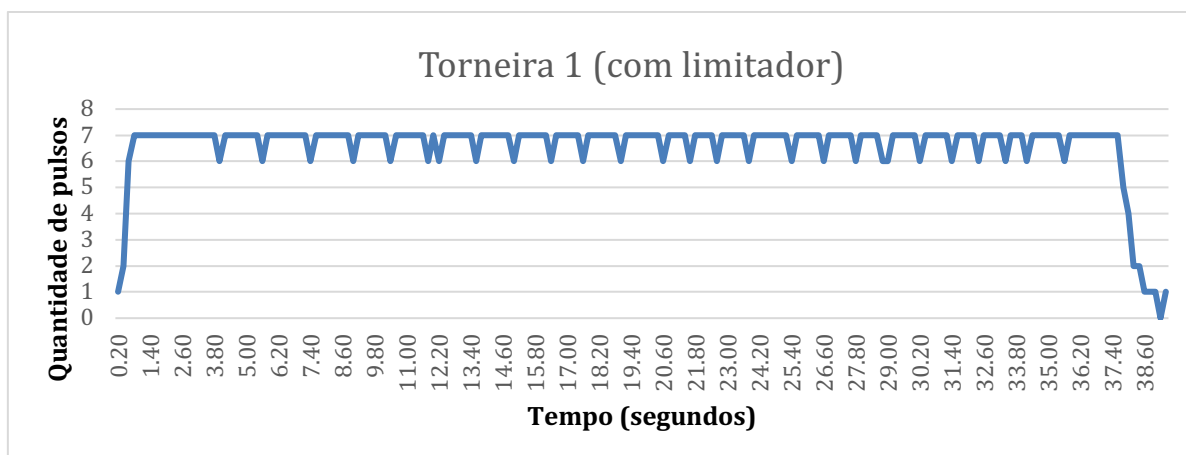


Figura 15 – Torneira 1 (sem limitador).

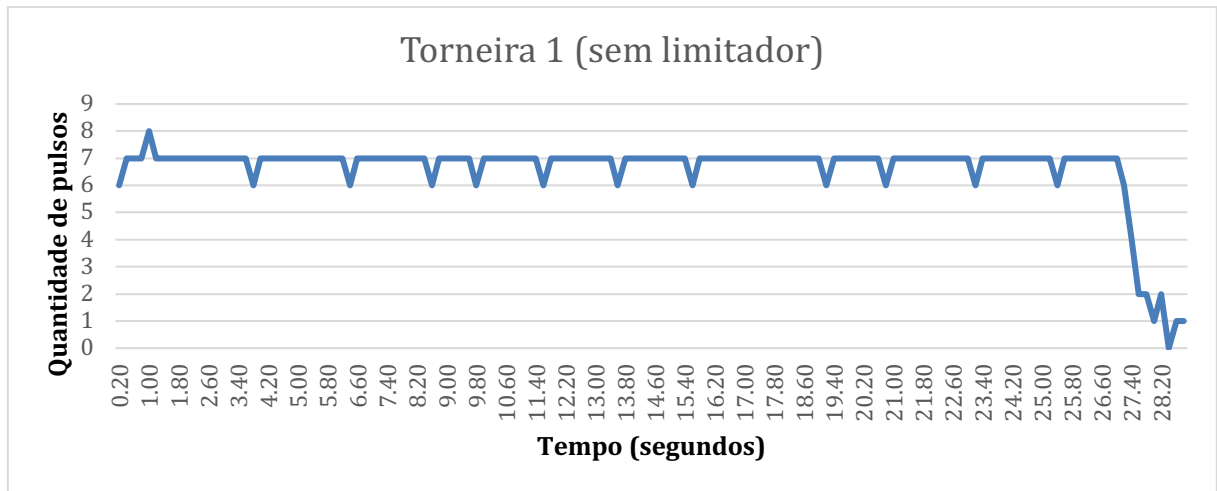


Figura 16 – Torneira 2 (com limitador).

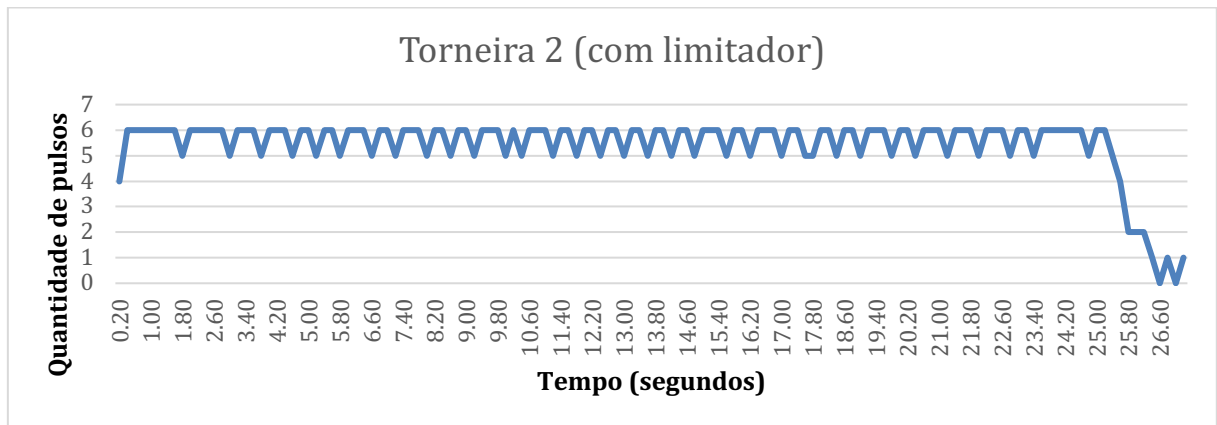


Figura 17 – Torneira 2 (sem limitador).

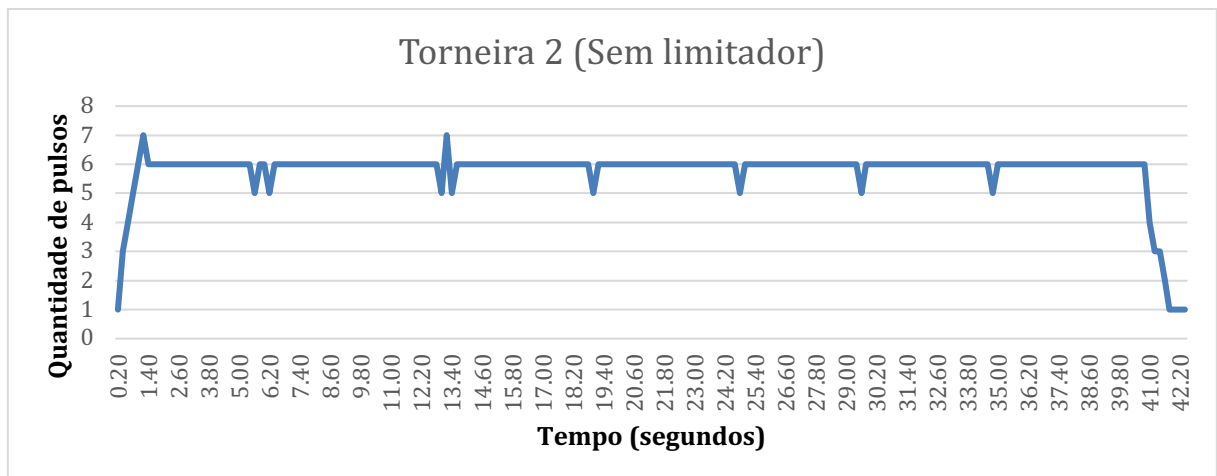


Figura 18 – Torneira 3.

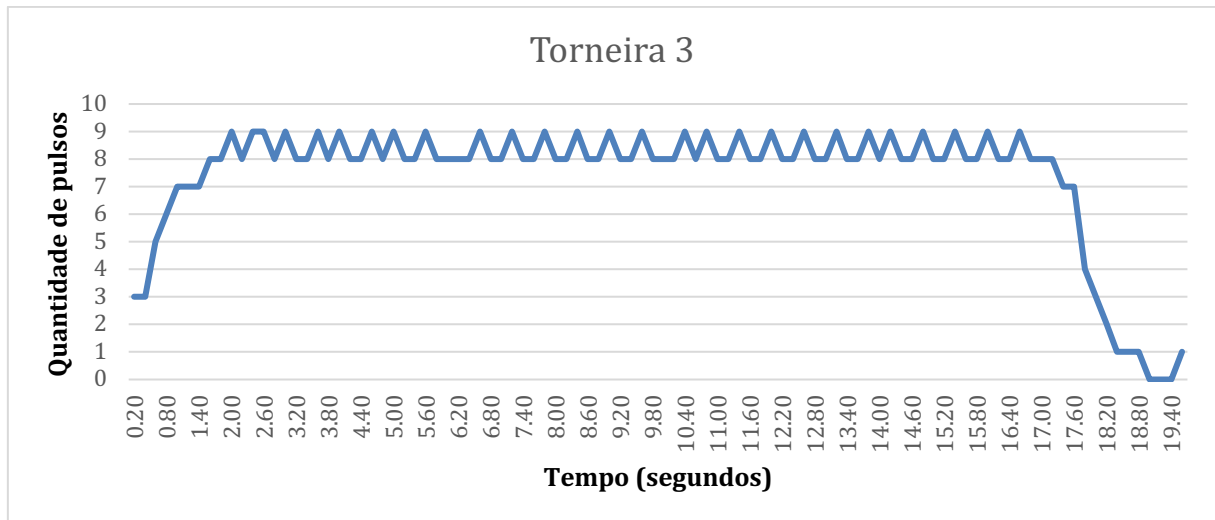
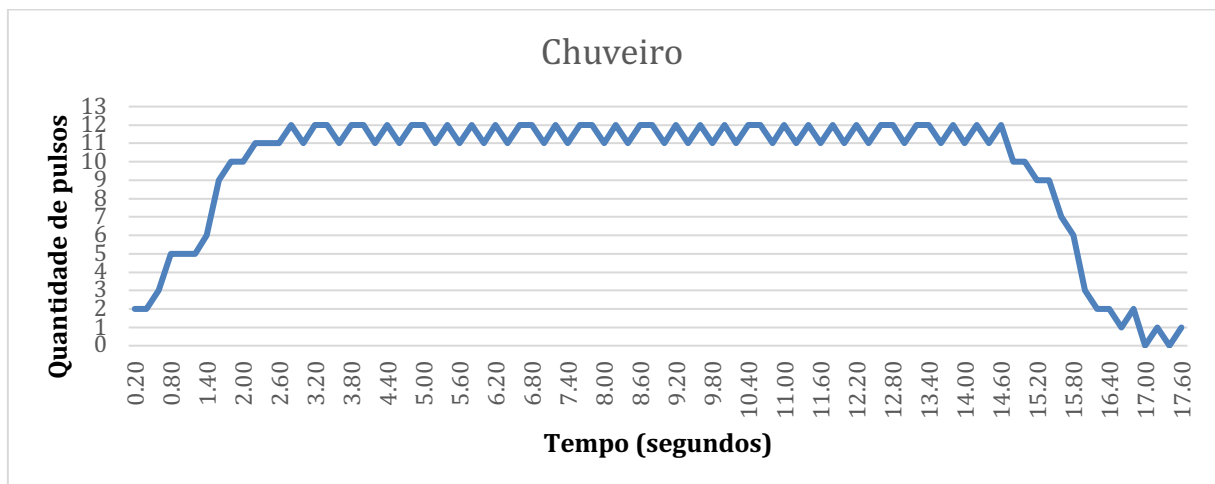


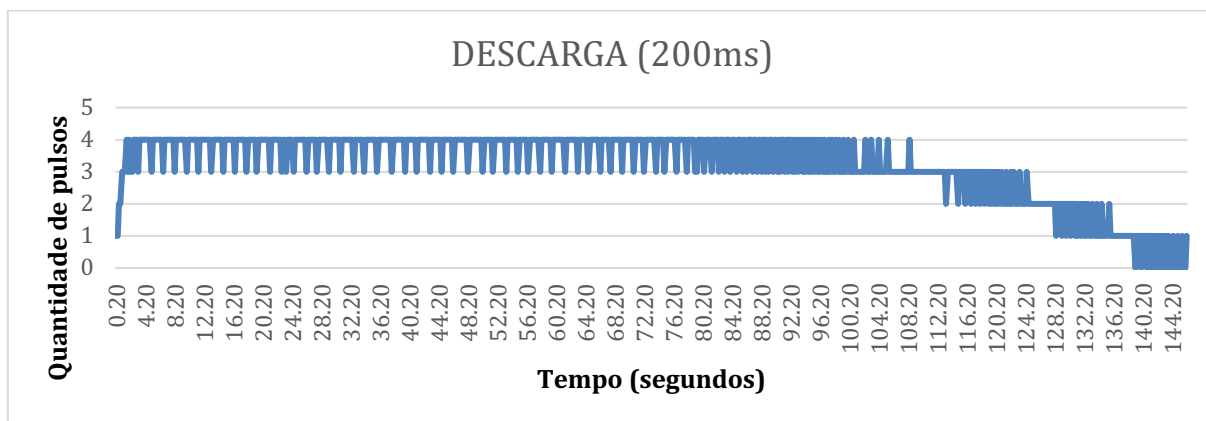
Figura 19 – Chuveiro.



O perfil encontrado na descarga chamou atenção por ser o único que não pode ser alterado conforme o tipo de usuário, pois é um acionamento com comportamento predeterminado, ou a descarga está ou não acionada, não existe descarga meio aberta ou meio acionada como é possível nas torneiras e chuveiros. Com este comportamento singular é possível gerar um gráfico também único que caracteriza a utilização da mesma. Como a descarga tem um acionamento rápido e uma longa recuperação, a coleta de dados a cada 200 ms é exagerada para a descarga e forma um gráfico estranho, mais difícil de ser analisado pela baixa variação entre os valores conforme pode ser visto logo abaixo, o que não é um problema para o algoritmo, um filtro de média móvel tornaria o gráfico mais amigável. Foi trabalhada a teoria de utilizar um padrão temporal para reconhecimento da descarga, mas este

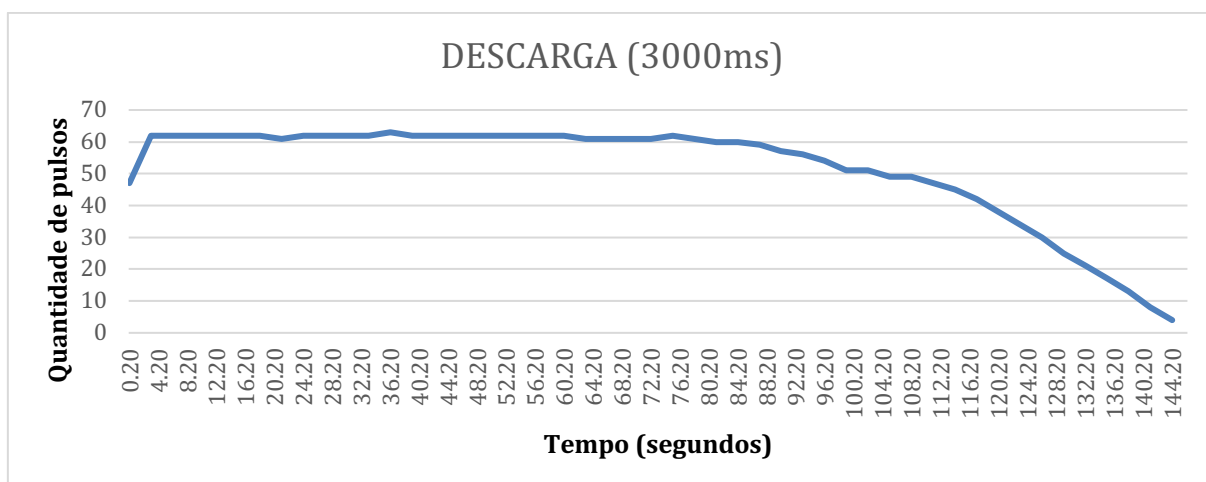
padrão temporal muda com a queda de pressão e vazão proporcionado por acionamentos múltiplos.

Figura 20 – Descarga com filtro de 200 ms.



Porém, aplicando um filtro que simplesmente faz aquisições acumuladas de 3 segundos (3000 ms), que é um tempo 15 vezes maior que o utilizado no gráfico anterior, gera o efeito de leituras efetuadas com a frequência de 0,333 Hz, por este motivo a escala de pulsos sofreu um ganho tão alto, proporcionando a amenização visual do sinal para que facilite o entendimento didático do que ocorre com a descarga e sua lenta recuperação, característica essa intrínseca ao seu funcionamento que através de uma boia limita a vazão da água até que o reservatório esteja cheio. Por esta razão a curva decrescente a partir do meio do gráfico, momento em que a boia começa a atuar na entrada de água que enche o recipiente para a próxima descarga. Lembrando que foi aplicado este filtro somente para elucidar o funcionamento do perfil da descarga por ser difícil análise visual em leituras a 5 Hz.

Figura 21 – Descarga com filtro de 3000ms.



Abaixo estão os testes de combinação entre as saídas, avaliando o uso de algumas saídas juntas, numa série de seis gráficos distintos seguindo o seguinte padrão de teste:

No gráfico da Torneira 1 com limitador e Torneira 3, a torneira 1 foi a primeira a ser aberta e a ultima a ser fechada, com um espaço de tempo entre as aberturas e fechamentos das duas torneiras, para que se possa caracterizar claramente no gráfico o momento em que o acionamento de cada uma é feito. Efeito este que poderá não ocorrer na utilização cotidiana em uma residência, pois pode ocorrer acionamentos simultâneos, sem tempo entre eles. No meio do gráfico está presente o momento em que ambas estão ligadas ao mesmo tempo. O mesmo padrão de testes se repete nos seis gráficos seguintes, seguindo a sequencia de abertura igual a sequencia apresentada no titulo do gráfico e a ordem de fechamento sempre é inversa a ordem de abertura como pode ser apreciado abaixo:

Figura 22 – Combinação de Torneira 1 (com limitador) e Torneira 3.

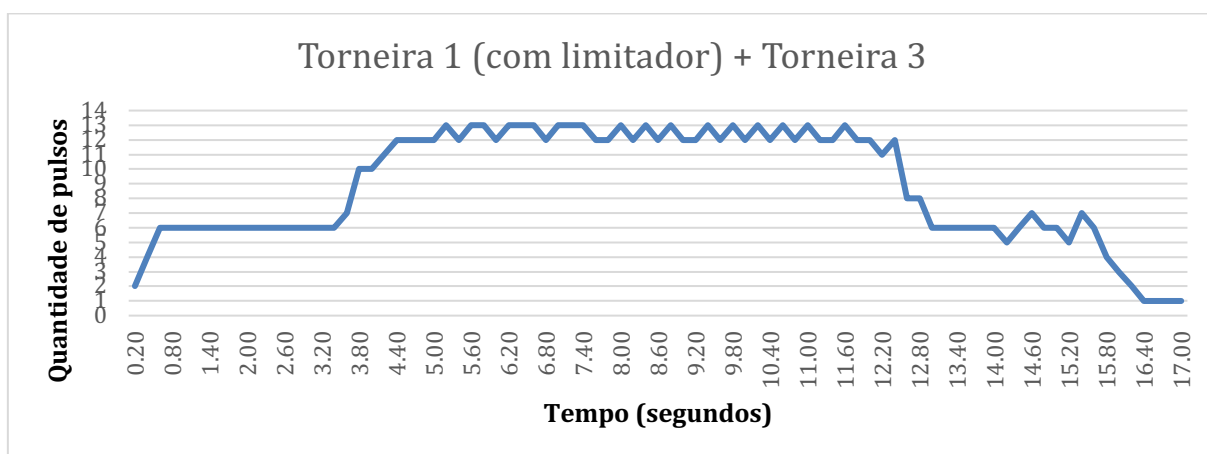


Figura 23 – Combinação de Torneira 1 (com limitador) e Chuveiro.

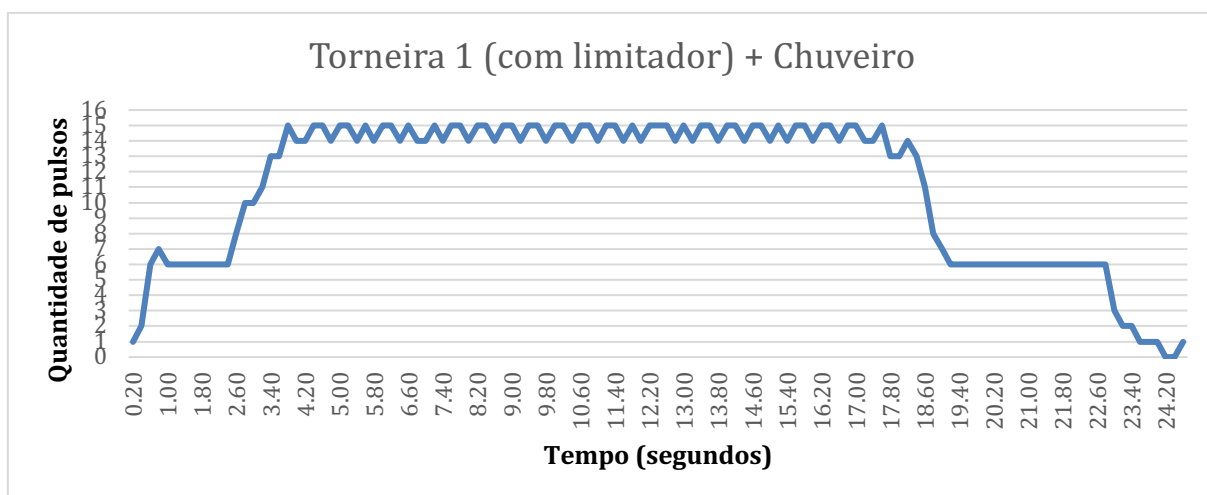


Figura 24 – Combinação de Torneira 3 e Chuveiro.

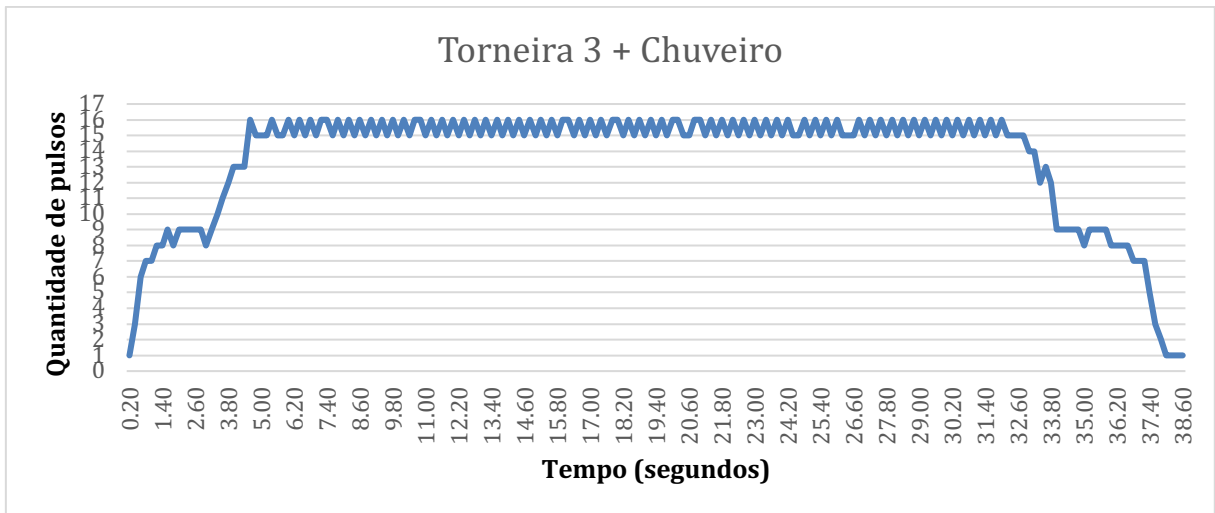


Figura 25 – Combinação de Torneira 1 (com limitador), Torneira 3 e Chuveiro.

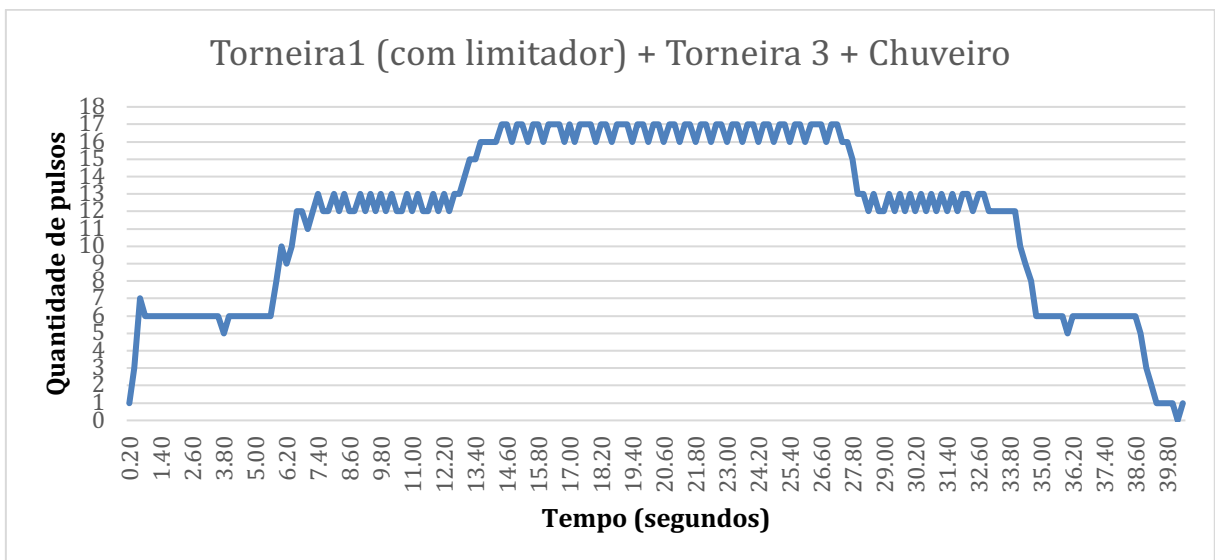


Figura 26 – Combinação de Torneira 1 (com limitador) e Torneira 2 (com limitador).

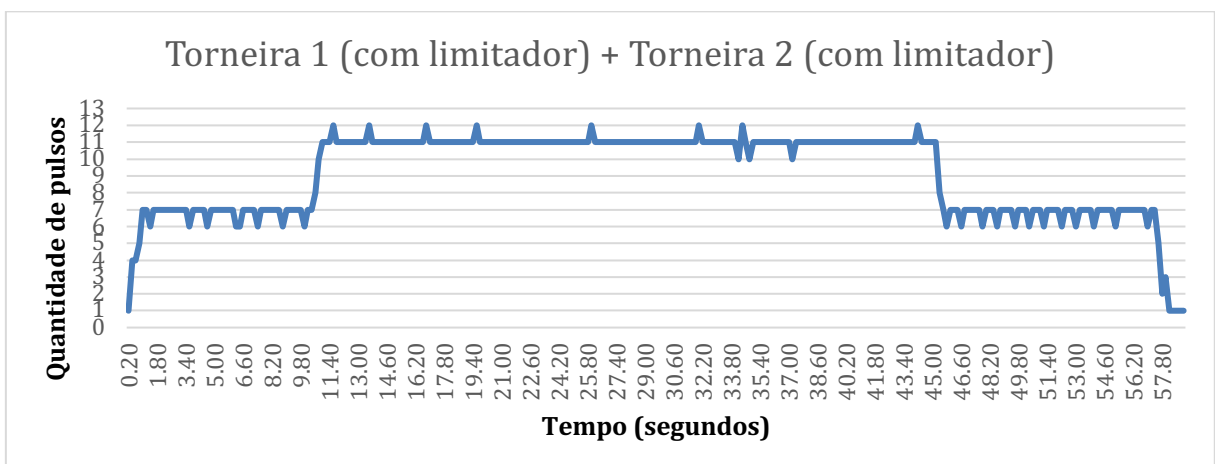
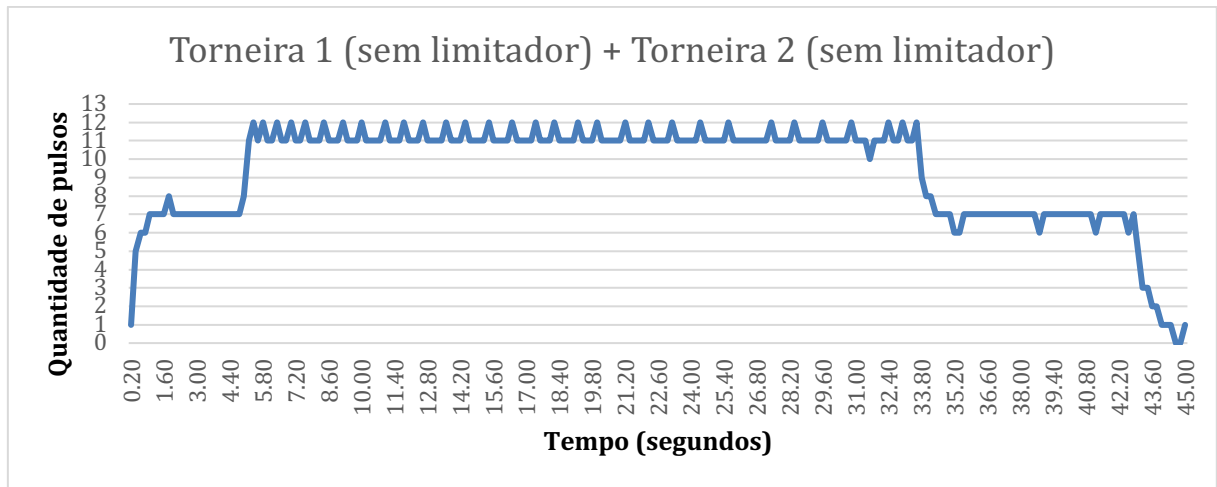


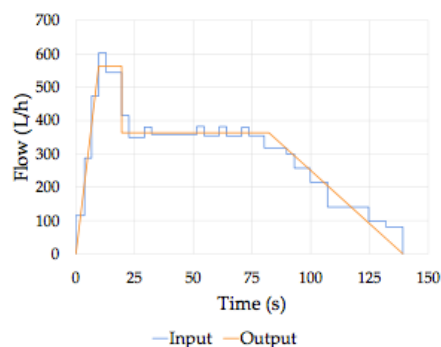
Figura 27 – Combinação de Torneira 1 (sem limitador) e Torneira 2 (sem limitador).



4.6.2 Estudos e resultados

Normalmente as pesquisas voltadas para este campo são feitas para indústria e utilizam grandes vazões, com sensores extremamente precisos, possibilitando assim identificar toda a topologia do sinal lido, utilizando técnicas normalmente multiparamétricas ou análises mais complexas de *machine learning*, inteligência artificial e outras técnicas mais particulares como *Elitist Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm* - NSGA-II utilizada para técnicas computacionais de desagregação de cargas d'água por Pastor Jabaloyes, Arregui e Cobacho (2018), muito mais sofisticada, aplicando filtros complexos e diversas ponderações que refinam bastante a análise, como pode ser observado na imagem abaixo.

Figura 28 – Avaliação de sinais utilizando algoritmo NSGA-II.



Fonte: Pastor Jabaloyes, Arregui e Cobacho (2018)

No caso deste experimento, devido a sua finalidade residencial e baixo custo, não é possível utilizar um sensor industrial com extrema precisão em sua leitura, portanto dificulta a utilização de técnicas mais sofisticadas que analisam toda superfície do sinal lido como a apresentada logo acima. Pois, somente um sensor ultra preciso fornece mais dados e detecta as pequenas variações de vazão, possibilitando tecer análises mais profundas.

Analisando os sinais adquiridos nos experimentos da etapa anterior, pode se observar claramente uma distinção entre eles. O que pode ser identificado claramente em um cenário real. Com estas informações é possível encontrar o padrão desta distinção e aplicar no sistema. A primeira estratégia utilizada foi criar uma identidade individual para cada saída que em um primeiro momento se deu pela média entre os dois pulsos mais frequentes que por exemplo no gráfico da Torneira 1 (com limitador) são os números 5 e 6, portanto a identidade ou impressão digital desta torneira é o número 5,5. Contudo, após uma análise mais criteriosa dos gráficos num espaço maior de tempo, ficou clara a necessidade de uma técnica mais precisa nos casos que se tem inúmeras torneiras, para tornar pequena a variação entre elas. A solução encontrada para este caso foi o uso de uma média ponderada que aplicada no mesmo caso citado acima resultou na seguinte identidade, supondo 3 períodos de 5 pulsos e 6 períodos de 6 pulsos, numa média ponderada:

$$\frac{(5*x + 6*y)}{x+y} = \frac{(15+36)}{9} = 5,66666. \quad (4.1)$$

Desta forma foi criada uma identidade singular para aquela saída, em casos em que a instalação tenha 5 ou mais torneiras; contudo este método necessita de um tempo maior de amostragem para que possa ser feita uma análise mais precisa.

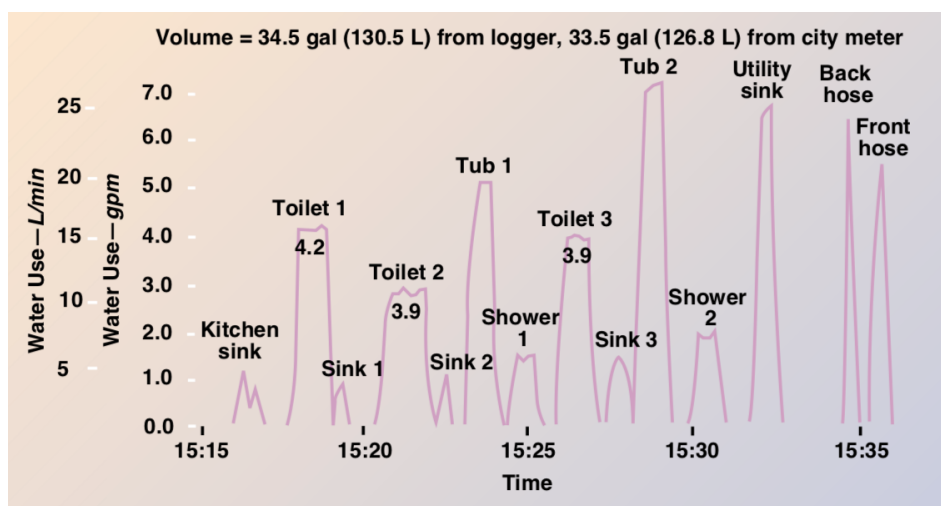
Sempre que somente esta saída for acionada vai refletir a leitura da mesma identidade. Para que o software possa detectar a abertura, no modelo de media simples, leva em torno de 1 a 2 segundos, já para ter dado suficiente para avaliar com a precisão da média ponderada o ideal é uma leitura superior a 5 segundos, pois quanto maior o intervalo de análise, mais criterioso será o resultado.

As duas estratégias citadas acima foram testadas e validadas na planta desenvolvida, executando 50 (cinquenta) leituras/ativações para avaliar o comportamento de cada saída disponível no modelo proposto, conseguindo discriminar as cargas em 100% das análises

efetuadas no segundo modelo, quanto ao primeiro modelo que possui uma avaliação menos criteriosa falhou em 27% dos casos na diferenciação das torneiras 1 e 2 por serem vazões muito próximas.

Técnica parecida é utilizada por DeOreo, Heaney e Mayer (1996), como já citado anteriormente, ela faz medições com frequência de 10 segundos e compara estes dados com vazões lidas e registradas anteriormente. Como pode ser visto na imagem abaixo, eles conseguem diferenciar diversos tipos de sinais, baseando a análise na vazão computada pelo hidrômetro digital instalado na residência estudada em relação ao tempo.

Figura 29 – Assinatura dos sinais coletados por DeOreo, Heaney e Mayer.



Fonte: DeOreo, Heaney e Mayer (1996)

Esta técnica não se mostra apropriada para acionamentos rápidos, com tempo menor que 10 segundos (que é a frequência da coleta de dados), também devido a baixa frequência de análise haverá a incerteza de mais ou menos 10 segundos para início e término dos eventos. Outro ponto negativo é o valor necessário para a instalação, pois um hidrômetro digital com um leitor portátil custa ao menos alguns milhares de reais, inviabilizando para uma família de baixa renda por exemplo. Outro ponto a se considerar é o fato desta solução diferenciar somente acionamentos não simultâneos, criando um grande gargalo em sua utilização.

Se for observado o gráfico da torneira 1 ou torneira 2 com limitador (bico) e o gráfico da mesma torneira sem o limitador fica perceptível a diferença entre os dois modelos. Enquanto uma média simples identificaria ambos sinais como pertencentes a mesma torneira, o modelo utilizado na média ponderada consegue diferenciar claramente o comportamento da torneira com ou sem o acessório limitador de vazão.

Após proceder com testes, foi verificado que o comportamento de uma mesma torneira pode variar bastante conforme a instalação hidráulica e a queda pressão na linha ao acionar mais de uma torneira ao mesmo tempo. Então, sempre que houverem alterações na rede hidráulica da residência, será necessário efetuar novamente o ajuste das saídas para refazer a caracterização de cada uma. Com estes princípios em mente e observando os gráficos expostos anteriormente, fica bem clara essa percepção quando se ligam as torneiras 1 e 2 separadamente e quando é acionado ao mesmo tempo. A queda de pressão na linha, fenômeno natural e esperado, fica melhor evidenciado neste instante, pois a torneira 1 tem uma impressão de média simples com valor de 6,5, a torneira 2 de 5,5 e a combinação entre elas 11,5. Evidencia uma pequena queda de pressão, queda esta que é mais acentuada e perceptível ao aplicar o modelo de média ponderada.

Observando os dados da planta, foi necessário calcular o numero de *Reynolds* para tubos circulares que é dado pela seguinte relação:

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu} \text{ ou } Re = \frac{DV}{\nu} \quad (4.2)$$

Através do resultado que é conhecido como número de *Reynolds*, um valor adimensional, pode ser determinado o regime de escoamento no interior da tubulação estudada.

Dados da planta para cálculo do regime de escoamento:

Diâmetro externo da tubulação: 20 mm (1/2")

Diâmetro interno da tubulação: 17 mm (0,017 m)

$\rho = 1000 \text{ Kg} / \text{m}^3$

$\mu = 1,0030.10^{-3} \text{ Pa.s}$

Fazendo o uso de várias saídas ao mesmo tempo para calcular o número de *Reynolds* máximo, chega-se ao resultado de 2856.27, caracterizando claramente um regime transitório; já a análise da menor vazão resulta em um número de *Reynolds* mínimo de 1176.1, caracterizando um regime laminar.

O escoamento laminar ocorre quando as partículas de um fluido se movimentam ao longo de trajetórias bem definidas, apresentando lâminas ou camadas (daí o nome laminar), que preservam suas características durante o escoamento. Nesse tipo de escoamento, a viscosidade age no fluido no sentido de amortecer a tendência de surgimento da turbulência. Sendo que este escoamento ocorre geralmente a velocidades baixas e em fluidos que apresentem grande viscosidade (COELHO, 2018).

Como evidenciado anteriormente, quanto maior a vazão, maior foi o erro nas leituras obtidas, erro este que não comprometeu as análises por ser baixo (no pior caso foi de 3,08%, como mostrado anteriormente), valores estes que não perturbaram o modelo a ponto de serem considerados. Existe uma relação direta desta variação com o regime do fluido no momento da coleta, enquanto em um regime laminar foram encontrados erros menores que 1%, com o aumento da vazão, maior foi o número de *Reynolds* e por consequência afetou numa intensidade maior as leituras, proporcionalmente ao aumento da vazão decorrente de mais saídas abertas ao mesmo tempo.

Para avaliar a perda de carga de uma saída para a outra, efeito este acumulativo e decorrente das características hidráulicas do local; primeiro é calculada a perda de carga normal através da equação de Darcy-Weisbach que considera vários fatores como densidade do fluido, rugosidade do tubo, comprimento, etc. e somar com a perda de carga localizada.

Cálculo da perda de carga normal (h_n) pela equação de Darcy-Weisbach:

$$h_n = f \frac{LV^2}{D2g} \Rightarrow h_n = 0,025 \frac{(0,09)(0,16852)^2}{(0,01905)(2)(9,80665)} \Rightarrow h_n = 0,000171 \text{ m} \quad (4.3)$$

Cálculo da perda de carga localizada (h_{loc}) pela equação de Darcy-Weisbach:

$$h_{loc} = K l \frac{V^2}{2g} \Rightarrow h_{loc} = 2 \frac{0,16852^2}{2(9,80665)} \Rightarrow h_{loc} = 0,002896 \text{ m} \quad (4.4)$$

Perda de carga mínima entre as saídas se dá pela soma da perda de carga total e a perda de carga localizada:

$$hl = hn + hloc \Rightarrow hl = 0,003067 \text{ m} \quad (4.5)$$

Portanto, existe uma perda de carga mínima entre as saídas de 0,003067 m, esse tipo de comportamento acrescido de outros fatores físicos como a construção interna das válvulas é o que permite diferenciar mesmo torneiras idênticas na mesma linha, como pode ser visto nos gráficos das torneiras 1 e 2 adquiridos anteriormente. Porém em casos em que uma mesma instalação, possua duas torneiras que possam ter eventualmente a mesma impressão digital, uma forma de identificar esta saída é colocando no interior desta torneira o que é chamado de restritor interno de vazão, uma peça normalmente plástica que restringe parte do fluido. Desta forma muda a impressão digital da referida torneira.

Avaliando todo o cenário exposto, existe um sensor com baixa resolução, baixas vazões, quedas de pressão, uso residencial e demais variáveis constatadas até o momento, é conclusivo de que o modelo avaliado que melhor se adequa a este propósito de identificação e desagregação, permitindo uma solução extremamente simples que se mostrou eficiente nos testes, é a utilização de uma regressão. Método este classificado como um algoritmo supervisionado muito usado em *machine learning*, se destacou de forma promissora ao representar o comportamento das saídas combinadas, correlacionadas com as impressões digitais individuais. Após alguns testes, a utilização de uma regressão polinomial de segunda ordem atendeu muito bem ao propósito, obtendo sucesso em todos os testes, permitindo a diferenciação. O ponto negativo observado nos testes, é a lenta resposta devido a necessidade de avaliar uma quantidade de dados maior para inferir algo. Este atraso está entorno de dois segundos e durante este período de transição a leitura é imprecisa, devido a mudança progressiva ou regressiva da vazão ao manusear alguma saída, influenciando nos dados analisados de acordo com o modo de operação intrínseco ao usuário.

Para validar esta ideia, foi feito um teste com a combinação entre três saídas (torneira 2, torneira 3 e chuveiro), utilizando a primeira estratégia de análise que seria o pior caso, com possibilidade de terem combinações iguais na residência, resultando na seguinte tabela:

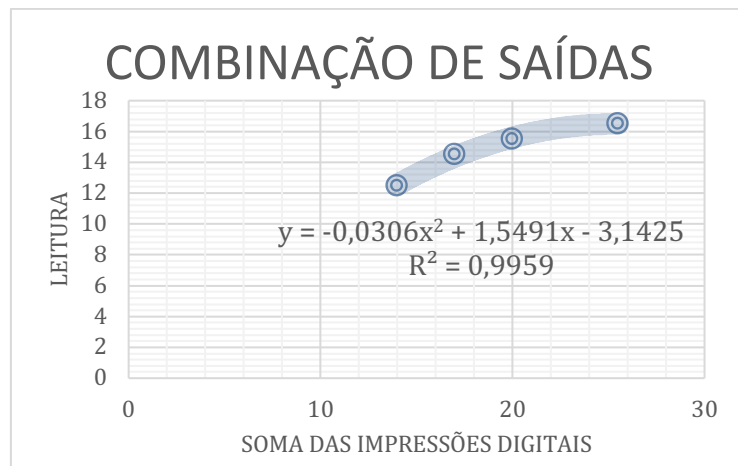
Tabela 3 – Tabela de dados sobre a combinação de saídas.

Combinação:	Leitura da combinação:	Soma das impressões digitais:
Torneira 2 + Torneira 3	12,5	14
Torneira 2 + Chuveiro	14,5	17
Torneira 3 + Chuveiro	15,5	20
Torneira 2 + Torneira 3 + Chuveiro	16,5	25,5

Condensando estes dados em um gráfico, onde o eixo X representa a soma das impressões individuais de cada uma das saídas envolvidas no instante e o eixo Y é o valor lido pelo sensor para o acionamento destas mesmas saídas. Vale destacar que o valor lido é sempre menor que a soma das impressões individuais, devido ao fenômeno explicado anteriormente que proporciona queda na vazão pelas limitações físicas da dinâmica do fluido, comportamento este perfeitamente representado pela regressão polinomial de segunda ordem aplicada. Este fenômeno foi avaliado exhaustivamente em cinquenta leituras para cada uma das saídas em questão, se mostrando coerente em 100% das análises, apresentando desvios menores que 2%. Vale lembrar também que a intensidade deste efeito varia de acordo com as características da instalação hidráulica, podendo haver uma queda maior ou menor de acordo com variáveis como:

1. Altura da caixa d'água;
2. Volume da caixa d'água;
3. Nível da caixa d'água;
4. Diâmetro da tubulação;
5. Material da tubulação;
6. Comprimento da tubulação;
7. Quantidade e tipos de junções;
8. Distância entre as saídas;
9. Etc.

Figura 30 – Gráfico dos dados da combinação entre saídas.



O gráfico acima é a representação da tabela imediatamente anterior, em que no eixo X é a soma das impressões digitais individuais de cada saída e o eixo Y a leitura da combinação entre elas determinado pelo software de aquisição para as duas torneiras e o chuveiro, resultando nas quatro combinações esboçadas no gráfico. Ou seja, esta etapa busca obter e validar a forte relação entre a soma das combinações individuais e a leitura feita pelo software de todas saídas ao mesmo tempo, onde claramente deveria representar uma maior queda de vazão e pressão. Plotando a linha da função polinomial ajustada para os valores lidos, visualmente já é possível perceber o comportamento dos dados que corrobora as investigações feitas e discutidas até o momento. Normalmente se usa o método dos mínimos quadrados para estimar os parâmetros da regressão. Essa função resulta num R^2 de 0,9959, também chamado de coeficiente de determinação, significa que se elimina 99,59% de erro na previsão, aproximando bastante o ideal para este modelo. A precisão do modelo varia de acordo com o número de cargas abertas, se houverem na residência dez torneiras e o ajuste for feito somente com duas torneiras será impossível determinar com a mesma exatidão de um ajuste feito usando cinco torneiras. Portanto, foi analisado o comportamento dos dados e foi desenvolvido um algoritmo para que essa solução seja utilizada sem a necessidade de fazer todas as combinações possíveis, o que tornaria inviável quando se tem muitas saídas. O algoritmo de aprendizado supervisionado faz previsões com base em um conjunto de exemplos fornecidos pelo usuário.

Etapas do modelo:

- 1- Solicitar o numero de saídas existentes ao usuário;

- 2- Solicitar que abra individualmente cada saída por 20 segundos, conforme ordem indicada;
- 3- Formular impressão digital de cada saída;
- 4- Solicitar que abra a combinação das duas menores cargas;
- 5- Solicitar que abra a combinação das duas cargas intermediárias;
- 6- Solicitar que abra a combinação das duas maiores cargas;
- 7- Solicitar que abra todas as saídas;
- 8- Se houver variação maior que 20% entre as leituras das combinações vizinhas, efetuar leituras intermediárias entre estas combinações, até que não haja mais essa diferença;
- 9- Enviar ao servidor estes dados para processamento e identificação da equação polinomial ou processar localmente;
- 10- Receber a função correspondente e processar os ajustes;
- 11- Identificar pela vazão exata (impressão digital), a abertura das torneiras que foram individualmente;
- 12- Para as demais torneiras, ligadas em combinações, aplicar a equação da regressão polinomial de segunda ordem para desagregar as informações.

No entanto existem algumas problemáticas que durante os estudos foram encontradas que interferem diretamente no processo. As variáveis identificadas como pontos de problema foram:

- 1- Abrir a torneira de forma lenta ou rápida;
- 2- Abrir a torneira pela metade;
- 3- Uso de mangueiras;
- 4- Torneiras com restritor removível (bico para encaixe de mangueira);
- 5- Nível de água no reservatório;
- 6- Desgaste da torneira;

7- Impressões digitais idênticas na técnica 1.

Estas variáveis afetam diretamente as leituras, fazendo com que o sinal gerado seja diferente, por exemplo se o usuário abrir a torneira lentamente, o perfil do sinal gerado será diferente de quem abre a torneira de forma mais rápida, isso pode ser diferenciado para cada indivíduo e também mudará conforme humor ou idade do mesmo, outras variáveis como uso de restritores, mangueiras ou outras peças removíveis, torna mais complexa a análise.

Na tabela 4 está evidenciado alguns pontos fortes e fracos do sistema proposto:

Tabela 4 – Tabela de pontos fortes e fracos.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
Baixo processamento	Não identifica bem o uso da descarga
Baixo custo	
Simples implementação	
Menor número de ações	
Boa precisão na leitura	
Amostragem em tempo reduzido	

Na tabela 5, estão dispostos os resumos de alguns experimentos e seus respectivos resultados.

Tabela 5 – Tabela de experimentos e resultados.

Experimento:	Resultado:
50 ativações individuais para teste da estratégia 1 (200 no total).	73% de acerto ao diferenciar torneiras iguais e 100% nas demais.
50 ativações individuais para teste da estratégia 2 (200 no total).	100% de acerto em todos os casos.
50 ativações conjuntas entre: Torneira 1, Torneira 3 e Chuveiro. Para teste da desagregação.	100% de acerto.
50 ativações da descarga.	Identificação somente em 60% do tempo (área linear).

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho, foi possível conhecer a relevância e carência de projetos e pesquisas voltadas para caracterização e desagregação de cargas d'água utilizando sensores de baixo custo ou iniciativas residenciais. Também existe um déficit de estudos na área, resultando em ínfimas disposições de técnicas voltadas a esta finalidade.

Através da etapa de desenvolvimento da lógica de reconhecimento, ficou claro que um dos fatores da praticamente inexistência de pesquisas neste contexto é a falta de um sensor de baixo custo e alta acurácia, o que possibilitaria aplicar muitas outras estratégias de reconhecimento de sinais ou desenvolvimento de técnicas próprias com um nível de análise e precisão muito maior no que foi chegado usando o sensor disponível atualmente.

As técnicas aqui desenvolvidas se mostraram satisfatórias e suficientes para o uso residencial proposto, tornando uma solução simples, fácil de ser replicada, baixa necessidade de processamento, utiliza material de baixíssimo custo e fácil de ser utilizada ou adaptada. Entretanto, comparada com modelos industriais cujos sensores permitem análises mais robustas se mostra inferior na exatidão dos resultados e na detecção mais sensível de anomalias.

Um dos anseios alcançados que motivaram este desenvolvimento foi o intuito de futuramente resultar em um produto popular e eficiente, capaz de ler, identificar e avaliar os sinais promovidos pelas cargas d'água residenciais que refletem a rotina de uso dos moradores. Assim, através destas informações, orientar o consumidor sugerindo mudanças simples de hábitos que ajustam o comportamento humano e evitam desperdícios, afim de os encaixar em outra faixa de consumo, premiando com uma fatura economicamente e ecologicamente mais viável. Contando também, com a possibilidade de identificar padrões de vazamentos que podem ocorrer de forma oculta. Por fim, resultar de forma geral na contribuição com a comunidade científica e a sociedade ao mesmo tempo. Para que isso seja possível, em trabalho futuro será necessário efetuar estudos em uma residência real, para analisar lapidar e melhorar este estudo.

5.2 SUGESTÕES

Com o desenvolvimento deste experimento foram constatadas algumas necessidades, e ficam algumas sugestões para pesquisas e desenvolvimentos futuros, a primeira é o desenvolvimento de sensores mais precisos e de baixo custo para proporcionar análises mais completas e precisas, também é necessário o desenvolvimento de sensores não invasivos para facilitar a implantação de sistemas, outro ponto interessante é a criação de técnicas para detectar vazamentos em residências analisando o padrão dos sinais, nessa mesma linha também detectar consumos anormais, outro tema interessante é a criação de um sensor de passagem de ar junto com a água, pois é um problema muito grave que onera bastante os consumidores, um outro ponto importante é embarcar estas técnicas em um produto comercial que auxilie os moradores a gerir melhor seus recursos; por fim fica uma ideia mais ambiciosa, baseada no estudo da curva de abertura e fechamento das torneiras para definir o perfil do usuário ou até mesmo identificação e progresso de doenças degenerativas como o mal de Parkinson, Esclerose Múltipla, Fibromialgia, Tendinite, LER, etc. A sociedade pode usufruir muito com estas pesquisas, tornando o consumo de água cada vez mais eficiente e justo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARANAUSKAS, José Augusto; MONARD, Maria Carolina. Conceitos sobre aprendizado de máquina. In: REZENDE, Solange Oliveira. **Sistemas Inteligentes Fundamentos e Aplicações**. Barueri-SP: Manole, 2005. cap. 4, p. 89-107.

BORGES, B. S. ; LIMA, J. C. M. . **CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS DE TELEMETRIA DE MÚLTIPLOS TRANSMISSORES**. Revista da Graduação , v. 7, p. 1, 2014.

BORINI, Guilherme. **O que esperar do futuro pós-cloud?**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://computerworld.com.br/2018/10/24/o-que-esperar-do-futuro-pos-cloud/>. Acesso em: 17 fev. 2019.

BRAGA, Newton C. **Como funcionam os sensores de Efeito Hall (ART1050)**. Disponível em: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/6640-como-funcionam-os-sensores-de-efeito-hall-art1050>. Acesso em: 06 set. 2018

CAVALCANTI, Vitor. **Onze ferramentas abertas de machine learning para facilitar sua vida**. 2016. Disponível em: <https://computerworld.com.br/2016/10/12/ferramentas-abertas-para-machine-learning-que-podem-facilitar-sua-vida/>. Acesso em: 04 out. 2018.

CHEN, Shanzhi *et al.* A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective. **IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL**, [S. l.], 2014. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6851114>. Acesso em: 16 fev. 2019.

COELHO, Pedro. **NÚMERO DE REYNOLDS**. Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/10/numero-de-reynolds.html>. Acesso em: 23 set. 2018.

CONSUMO e desperdício de água. 2018. Disponível em: <http://www.eosconsultores.com.br/consumo-e-desperdicio-de-agua/>. Acesso em: 18 set. 2018.

CRUZ, Felipe. **Como funciona o armazenamento em nuvem?**. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-o-armazenamento-em-nuvem/>. Acesso em: 07 set. 2018.

DEOREO, William Butler; HEANEY, James Patrick; MAYER, Peter W. Flow trace analysis to assess water use. **American Water Works Association**, [S. l.], n. 88, p. 79-90, 1 jan. 1996.

FOGARTY, James; AU, Carolyn; HUDSON, Scott E. Sensing from the Basement: A Feasibility Study of Unobtrusive and Low-Cost Home Activity Recognition. **ACM symposium on User interface software and technology**, [S. l.], n. 19, p. 91-100, 18 out. 2006.

FROEHLICH, Jon *et al.* HydroSense: Infrastructure-Mediated Single-Point Sensing of Whole-Home Water Activity. **Proceedings of the 11th International Conference on Ubiquitous Computing - Ubicomp**, [S. l.], 2009. Disponível em: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1620581>. Acesso em: 15 fev. 2019.

LARSON, Eric *et al.* Disaggregated water sensing from a single, pressure-based sensor: An extended analysis of HydroSense using staged experiments. **Pervasive and Mobile Computing**, [S. l.], 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574119210000842>. Acesso em: 16 fev. 2019.

MOROZ, Maiko; JASINSKI, Ricardo ; PEDRONI, Volnei . REQUISITOS PARA ADOÇÃO DE SISTEMAS OPERACIONAIS EMBARCADOS. **Revista Visión Electrónica** , [S.l.], v. 5, n. 2, p. 90-97, jun. 2012.

OKOPNIK, Deividson Luiz. **SOLUÇÃO ELETRÔNICA MICROCONTROLADA PARA A DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE MILHO**. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Computação, Automação e Gestão de Dados em Agricultura)- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, PONTA GROSSA, 2012. Disponível em: http://www.bicentede.uepg.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=850. Acesso em: 12 ago. 2018.

OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino, e Raspberry PI**. São Paulo, SP, 2017: Novatec, 2017.

MANCINI, Mônica. **Internet da Coisas: História, Conceitos, Aplicações e Desafios**. Project Management Institute SP, São Paulo - SP, 2017. Disponível em: <https://pmisp.org.br/documents/acervo-arquivos/241-internet-das-coisas-historia-conceitos-aplicacoes-e-desafios/file>. Acesso em: 06 de setembro 2018.

MAŠÍK, Ilja. Reliability of ZigBee transmission in agriculture production. **agriculture journals**, [S.l.], v. 59, n. 4, p. 153-159, jan. 2013.

MATOSO, Douglas. **Básico de HTTP para Desenvolvedores Frontend**. 2017. Disponível em: <https://blog.dmatoso.com/básico-de-http-para-desenvolvedores-frontend-954fa3688c87>. Acesso em: 30 set. 2018.

NGUYEN, Khoi Anh; STEWART, Rodney; ZHANG, Hong. An intelligent pattern recognition model to automate the categorisation of residential water end-use events. **Environmental Modelling & Software**, [S. l.], 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815213001084?via%3Dihub>. Acesso em: 17 fev. 2019.

PASTOR JABALOYES, Laura; ARREGUI, Francisco; COBACHO, Ricardo. Water End Use Disaggregation Based on Soft Computing Techniques. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute**, [S.l.], p. 1-21, jan. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322349481_Water_End_Use_Disaggregation_Based_on_Soft_Computing_Techniques. Acesso em: 27 out. 2018.

APÊNDICE A – Algoritmo de aquisição de sinais

```
#include <ESP8266WiFi.h>

#include <DropboxManager.h>

#include <Ticker.h>

#include <FS.h>


DropboxMan myDrop;

Ticker interrupcaoSegundo;

#define PWM_IN D2

#define LED_pin 2

#define botao 0

//Wi-Fi Network identification

const char* ssid = "flow";

const char* password = "12345678";


volatile int flow_frequency;

uint32_t PulsosSomados=0;

int qtLeituras=0;

float erro;

unsigned int timeout_leitura;

bool tempo=0;

bool bool_led;

uint32_t piscaLed=0;

float tempoLeitura=0;

void interrupcao(){
```

```

tempo=1;
timeout_leitura++;
}

void flow () {
    flow_frequency++;
    timeout_leitura=0;
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(10);

    pinMode(PWM_IN, INPUT);
    attachInterrupt(PWM_IN, flow, RISING); // Setup Interrupt

    Serial.println();
    Serial.println();
    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    WiFi.begin(ssid, password);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
}

```

```

Serial.println("");

Serial.println("WiFi connected");

Serial.println("IP address: ");

Serial.println(WiFi.localIP());


// Mounting SPIFFS

SPIFFS.begin();

piscaLed=millis();

pinMode(2, OUTPUT);//Pino led
}

void loop() {

while(true){

if(flow_frequency){//comecou leitura

interrupcaoSegundo.attach_ms(200, interrupcao);

File carregaArquivos = SPIFFS.open("/vazao.txt","a");

carregaArquivos.println(" ");

carregaArquivos.println("-=NOVA LEITURA=-");

qtLeituras++;

Serial.println(qtLeituras);

Serial.println("Leitura Iniciada!");

while(timeout_leitura<4){//Grava leitura

yield();

ESP.wdtFeed();

if(tempo){

tempoLeitura=tempoLeitura+0.2;

carregaArquivos.println(String(tempoLeitura)+"-"+flow_frequency);

```

```

    bool_led = !bool_led;

    PulsosSomados=PulsosSomados+flow_frequency;

    flow_frequency=0;

    tempo=0;

    if (bool_led){

        digitalWrite(LED_pin,HIGH);

    }

    else{

        digitalWrite(LED_pin,LOW);

    }

}

}

}

Serial.print("Digite o volume medido em ml:");

String volumeMedido;

while(!Serial.available()){

}

volumeMedido=Serial.readStringUntil('\r');

Serial.println(volumeMedido);

carregaArquivos.println("-=FIM LEITURA=-");

carregaArquivos.println("Volume Calculado;" +String(int(PulsosSomados*2.5)));

carregaArquivos.println("Volume Medido;" +volumeMedido);

erro=(((PulsosSomados*2.5)-volumeMedido.toInt())/volumeMedido.toInt()*100);

carregaArquivos.println("Erro;" +String(erro));

carregaArquivos.println("-=FIM=-");

carregaArquivos.println(" ");

carregaArquivos.close();

interrupcaoSegundo.detach();

```

```

flow_frequency=0;

tempoLeitura=0;

PulsosSomados=0;

Serial.println("ERRO:"+String(erro)+"%");

Serial.println("FIM da leitura!");

Serial.println("");

}

```

```

if(!digitalRead(botao)){

    digitalWrite(LED_pin,HIGH);

    myDrop.begin("zEPj2kcII3wsAAAAAAAHOKS6yvFg62y8_QiYDOZO02Z9DuFz_c-
2nwuVcQws");

    if(myDrop.fileUpload("/vazao.txt","/NIWM/Leituras/vazao.txt",1)){

        Serial.println("File Sent!");

        SPIFFS.begin();

        SPIFFS.remove("/vazao.txt");

        digitalWrite(LED_pin,LOW);

        delay(200);

        digitalWrite(LED_pin,HIGH);

        delay(200);

        digitalWrite(LED_pin,LOW);

        delay(200);

        digitalWrite(LED_pin,HIGH);

        delay(200);

        digitalWrite(LED_pin,LOW);

        delay(200);

        digitalWrite(LED_pin,HIGH);
    }
}

```

```

    delay(200);
    digitalWrite(LED_pin,LOW);
    delay(200);
} else {
    Serial.println("ERRO!");
    digitalWrite(LED_pin,LOW);
    delay(1500);
    digitalWrite(LED_pin,HIGH);
    delay(1500);
    digitalWrite(LED_pin,LOW);
    delay(1500);
    digitalWrite(LED_pin,HIGH);
    delay(1500);
    digitalWrite(LED_pin,LOW);
    delay(1500);
    digitalWrite(LED_pin,HIGH);
    delay(1500);
    digitalWrite(LED_pin,LOW);
    delay(1500);
}
}
if (bool_led){
    digitalWrite(LED_pin,HIGH);
}
else{
    digitalWrite(LED_pin,LOW);
}

```

```
if(piscaLed+1000<millis()){  
    bool_led = !bool_led;  
    piscaLed=millis();  
}  
yield();  
ESP.wdtFeed();  
}  
}
```

APÊNDICE B – Leituras completas

Torneira 1 (com limitador)		Torneira 1 (Sem limitador)		Torneira 2 (com limitador)		Torneira 2 (sem limitador)	
TEMPO:	PULSOS:	TEMPO:	PULSOS:	TEMPO:	PULSOS:	TEMPO:	PULSOS:
0.20	4	0.20	1	0.20	1	0.20	6
0.40	6	0.40	3	0.40	2	0.40	7
0.60	6	0.60	4	0.60	6	0.60	7
0.80	6	0.80	5	0.80	7	0.80	7
1.00	6	1.00	6	1.00	7	1.00	8
1.20	6	1.20	7	1.20	7	1.20	7
1.40	6	1.40	6	1.40	7	1.40	7
1.60	6	1.60	6	1.60	7	1.60	7
1.80	5	1.80	6	1.80	7	1.80	7
2.00	6	2.00	6	2.00	7	2.00	7
2.20	6	2.20	6	2.20	7	2.20	7
2.40	6	2.40	6	2.40	7	2.40	7
2.60	6	2.60	6	2.60	7	2.60	7
2.80	6	2.80	6	2.80	7	2.80	7
3.00	5	3.00	6	3.00	7	3.00	7
3.20	6	3.20	6	3.20	7	3.20	7
3.40	6	3.40	6	3.40	7	3.40	7
3.60	6	3.60	6	3.60	7	3.60	7
3.80	5	3.80	6	3.80	7	3.80	6
4.00	6	4.00	6	4.00	6	4.00	7
4.20	6	4.20	6	4.20	7	4.20	7
4.40	6	4.40	6	4.40	7	4.40	7
4.60	5	4.60	6	4.60	7	4.60	7
4.80	6	4.80	6	4.80	7	4.80	7
5.00	6	5.00	6	5.00	7	5.00	7
5.20	5	5.20	6	5.20	7	5.20	7
5.40	6	5.40	6	5.40	7	5.40	7
5.60	6	5.60	5	5.60	6	5.60	7
5.80	5	5.80	6	5.80	7	5.80	7
6.00	6	6.00	6	6.00	7	6.00	7
6.20	6	6.20	5	6.20	7	6.20	7
6.40	6	6.40	6	6.40	7	6.40	6
6.60	5	6.60	6	6.60	7	6.60	7
6.80	6	6.80	6	6.80	7	6.80	7
7.00	6	7.00	6	7.00	7	7.00	7
7.20	5	7.20	6	7.20	7	7.20	7
7.40	6	7.40	6	7.40	6	7.40	7
7.60	6	7.60	6	7.60	7	7.60	7

7.80	6	7.80	6	7.80	7	7.80	7
8.00	5	8.00	6	8.00	7	8.00	7
8.20	6	8.20	6	8.20	7	8.20	7
8.40	6	8.40	6	8.40	7	8.40	7
8.60	5	8.60	6	8.60	7	8.60	6
8.80	6	8.80	6	8.80	7	8.80	7
9.00	6	9.00	6	9.00	6	9.00	7
9.20	5	9.20	6	9.20	7	9.20	7
9.40	6	9.40	6	9.40	7	9.40	7
9.60	6	9.60	6	9.60	7	9.60	7
9.80	6	9.80	6	9.80	7	9.80	6
10.00	5	10.00	6	10.00	7	10.00	7
10.20	6	10.20	6	10.20	7	10.20	7
10.40	5	10.40	6	10.40	6	10.40	7
10.60	6	10.60	6	10.60	7	10.60	7
10.80	6	10.80	6	10.80	7	10.80	7
11.00	6	11.00	6	11.00	7	11.00	7
11.20	5	11.20	6	11.20	7	11.20	7
11.40	6	11.40	6	11.40	7	11.40	7
11.60	6	11.60	6	11.60	7	11.60	6
11.80	5	11.80	6	11.80	6	11.80	7
12.00	6	12.00	6	12.00	7	12.00	7
12.20	6	12.20	6	12.20	6	12.20	7
12.40	5	12.40	6	12.40	7	12.40	7
12.60	6	12.60	6	12.60	7	12.60	7
12.80	6	12.80	6	12.80	7	12.80	7
13.00	5	13.00	5	13.00	7	13.00	7
13.20	6	13.20	7	13.20	7	13.20	7
13.40	6	13.40	5	13.40	7	13.40	7
13.60	5	13.60	6	13.60	6	13.60	6
13.80	6	13.80	6	13.80	7	13.80	7
14.00	6	14.00	6	14.00	7	14.00	7
14.20	5	14.20	6	14.20	7	14.20	7
14.40	6	14.40	6	14.40	7	14.40	7
14.60	6	14.60	6	14.60	7	14.60	7
14.80	5	14.80	6	14.80	7	14.80	7
15.00	6	15.00	6	15.00	6	15.00	7
15.20	6	15.20	6	15.20	7	15.20	7
15.40	6	15.40	6	15.40	7	15.40	7
15.60	5	15.60	6	15.60	7	15.60	6
15.80	6	15.80	6	15.80	7	15.80	7
16.00	6	16.00	6	16.00	7	16.00	7
16.20	5	16.20	6	16.20	7	16.20	7

16.40	6	16.40	6	16.40	6	16.40	7
16.60	6	16.60	6	16.60	7	16.60	7
16.80	6	16.80	6	16.80	7	16.80	7
17.00	5	17.00	6	17.00	7	17.00	7
17.20	6	17.20	6	17.20	7	17.20	7
17.40	6	17.40	6	17.40	7	17.40	7
17.60	5	17.60	6	17.60	6	17.60	7
17.80	5	17.80	6	17.80	7	17.80	7
18.00	6	18.00	6	18.00	7	18.00	7
18.20	6	18.20	6	18.20	7	18.20	7
18.40	5	18.40	6	18.40	7	18.40	7
18.60	6	18.60	6	18.60	7	18.60	7
18.80	6	18.80	6	18.80	7	18.80	7
19.00	5	19.00	5	19.00	6	19.00	7
19.20	6	19.20	6	19.20	7	19.20	6
19.40	6	19.40	6	19.40	7	19.40	7
19.60	6	19.60	6	19.60	7	19.60	7
19.80	5	19.80	6	19.80	7	19.80	7
20.00	6	20.00	6	20.00	7	20.00	7
20.20	6	20.20	6	20.20	7	20.20	7
20.40	5	20.40	6	20.40	7	20.40	7
20.60	6	20.60	6	20.60	6	20.60	7
20.80	6	20.80	6	20.80	7	20.80	6
21.00	6	21.00	6	21.00	7	21.00	7
21.20	5	21.20	6	21.20	7	21.20	7
21.40	6	21.40	6	21.40	7	21.40	7
21.60	6	21.60	6	21.60	6	21.60	7
21.80	6	21.80	6	21.80	7	21.80	7
22.00	5	22.00	6	22.00	7	22.00	7
22.20	6	22.20	6	22.20	7	22.20	7
22.40	6	22.40	6	22.40	7	22.40	7
22.60	6	22.60	6	22.60	6	22.60	7
22.80	5	22.80	6	22.80	7	22.80	7
23.00	6	23.00	6	23.00	7	23.00	7
23.20	6	23.20	6	23.20	7	23.20	6
23.40	5	23.40	6	23.40	7	23.40	7
23.60	6	23.60	6	23.60	7	23.60	7
23.80	6	23.80	6	23.80	6	23.80	7
24.00	6	24.00	6	24.00	7	24.00	7
24.20	6	24.20	6	24.20	7	24.20	7
24.40	6	24.40	6	24.40	7	24.40	7
24.60	6	24.60	6	24.60	7	24.60	7
24.80	5	24.80	5	24.80	7	24.80	7

25.00	6	25.00	6	25.00	7	25.00	7
25.20	6	25.20	6	25.20	7	25.20	7
25.40	5	25.40	6	25.40	6	25.40	6
25.60	4	25.60	6	25.60	7	25.60	7
25.80	2	25.80	6	25.80	7	25.80	7
26.00	2	26.00	6	26.00	7	26.00	7
26.20	2	26.20	6	26.20	7	26.20	7
26.40	1	26.40	6	26.40	7	26.40	7
26.60	0	26.60	6	26.60	6	26.60	7
26.80	1	26.80	6	26.80	7	26.80	7
27.00	0	27.00	6	27.00	7	27.00	7
27.20	1	27.20	6	27.20	7	27.20	6
		27.40	6	27.40	7	27.40	4
		27.60	6	27.60	7	27.60	2
		27.80	6	27.80	6	27.80	2
		28.00	6	28.00	7	28.00	1
		28.20	6	28.20	7	28.20	2
		28.40	6	28.40	7	28.40	0
		28.60	6	28.60	7	28.60	1
		28.80	6	28.80	6	28.80	1
		29.00	6	29.00	6		
		29.20	6	29.20	7		
		29.40	6	29.40	7		
		29.60	5	29.60	7		
		29.80	6	29.80	7		
		30.00	6	30.00	7		
		30.20	6	30.20	6		
		30.40	6	30.40	7		
		30.60	6	30.60	7		
		30.80	6	30.80	7		
		31.00	6	31.00	7		
		31.20	6	31.20	7		
		31.40	6	31.40	6		
		31.60	6	31.60	7		
		31.80	6	31.80	7		
		32.00	6	32.00	7		
		32.20	6	32.20	7		
		32.40	6	32.40	6		
		32.60	6	32.60	7		
		32.80	6	32.80	7		
		33.00	6	33.00	7		
		33.20	6	33.20	7		
		33.40	6	33.40	6		

33.60	6	33.60	7
33.80	6	33.80	7
34.00	6	34.00	7
34.20	6	34.20	6
34.40	6	34.40	7
34.60	6	34.60	7
34.80	5	34.80	7
35.00	6	35.00	7
35.20	6	35.20	7
35.40	6	35.40	7
35.60	6	35.60	6
35.80	6	35.80	7
36.00	6	36.00	7
36.20	6	36.20	7
36.40	6	36.40	7
36.60	6	36.60	7
36.80	6	36.80	7
37.00	6	37.00	7
37.20	6	37.20	7
37.40	6	37.40	7
37.60	6	37.60	7
37.80	6	37.80	5
38.00	6	38.00	4
38.20	6	38.20	2
38.40	6	38.40	2
38.60	6	38.60	1
38.80	6	38.80	1
39.00	6	39.00	1
39.20	6	39.20	0
39.40	6	39.40	1
39.60	6		
39.80	6		
40.00	6		
40.20	6		
40.40	6		
40.60	6		
40.80	6		
41.00	4		
41.20	3		
41.40	3		
41.60	2		
41.80	1		
42.00	1		

42.20	1
42.40	1

APÊNDICE C – Certificado de registro de software



INPI INSTITUTO
NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério Da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial
Diretoria de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

Certificado de Registro de Programas de Computador

Processo nº: BR 51 2018 000773-2

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de Registro de Programas de Computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de Publicação: 20 de maio de 2018, em conformidade com o parágrafo 2º, artigo 2º da Lei Nº 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: **Cloud File Manager For Arduino ESP8266**

Data de Criação: 10 de maio de 2018

Data de publicação: 20 de maio de 2018

Titular(es): LUCAS DE ARAÚJO WANDERLEY ROMEIRO

Autor(es): ANTÔNIO CEZAR DE CASTRO LIMA
/ CRISTIANO HORA DE OLIVEIRA FONTES
/ LUCAS DE ARAÚJO WANDERLEY ROMEIRO

Linguagem: C

Campo de Aplicação: TC-03

Tipo Programa: CD-01, TI-03

Algoritmo Hash: SHA-512

Resumo Digital: F3A31EC54B47C74095E689626D67C8D2E34D67FC7EB22F8FB55B83DC0DD2A3083EE633DFFB7518
8BC3C695DDD474CED3CB02F4C426F5A71CC9CD567F144766B4

Expedido em: 29 de maio de 2018

Aprovado por Julio Cesar Castelo Branco Reis Moreira



UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA
CEP: 40.210-630
Telefone: (71) 3283-9800
E-mail: pei@ufba.br
Home page: <http://www.pei.ufba.br>

