

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-
GRANDENSE - CÂMPUS PASSO FUNDO
CURSO DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS PARA INTERNET**

MÁRCIO DA SILVA

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DO CONSUMO INDIVIDUAL DE
ÁGUA PARA EDIFÍCIOS COM MEDIDOR COLETIVO**

**Ricardo Vanni Dallasen
Maikon Cismoski dos Santos**

**PASSO FUNDO
2018**

MÁRCIO DA SILVA

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DO CONSUMO INDIVIDUAL DE
ÁGUA PARA EDIFÍCIOS COM MEDIDOR COLETIVO**

Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Câmpus Passo Fundo, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas para Internet.

Orientador (a): Ricardo Vanni Dallasen

Co-orientador (a): Maikon Cismoski dos Santos

PASSO FUNDO

2018

MÁRCIO DA SILVA

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DO CONSUMO INDIVIDUAL DE
ÁGUA PARA EDIFÍCIOS COM MEDIDOR COLETIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em ____/____/____ como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas para Internet

Banca Examinadora:

Nome do Professor(a) Orientador(a)

Nome do Professor(a) Convidado(a)

Nome do Professor(a) Convidado(a)

Coordenação do Curso

PASSO FUNDO

2018

DEDICATÓRIA

*A Deus e a minha Família,
por todo apoio e compreensão.*

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema para fazer o monitoramento do consumo de água em edifícios multifamiliares residenciais com ausência de medidor individual nos apartamentos. Os dados obtidos através das leituras dos sensores são exibidos sob forma de relatórios e gráficos em um sistema especialista. Foi desenvolvido um protótipo composto de um sensor de fluxo de água conectado ao microcontrolador Arduino. O sensor é introduzido na entrada de água do apartamento e as informações das leituras são gerenciadas e traduzidas pelo microcontrolador. Este envia os dados para o servidor através de uma rede de ethernet. As informações são guardadas e tratadas em um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) e expostas no sistema web.

Palavras-chave: Consumo, Água, Arduino, Rede de sensores, Internet das coisas.

ABSTRACT

The objective of this work was to develop a system to monitor water consumption in residential multifamily buildings with no individual meter in the apartments. Data can be obtained through the readings of the alerts are in the form of charts and graphs in a medical system. A prototype composed of a water flow sensor connected to the Arduino microcontroller was developed. The sensor is introduced into the water inlet of the apartment and information about the readings is managed and translated by the microcontroller. This sends the data to the server through an ethernet network. The information is stored and handled in a database management system (DBMS) and exposed in the web system.

Keywords: Consumption, Water, Arduino, Sensor network, Internet of things.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MEDIDOR DO TIPO TURBINA	19
FIGURA 2 - MEDIDOR ULTRA-SÔNICO POR EFEITO DOPPLER	20
FIGURA 3 - ROTÂMETROS PARA ÁGUA.....	21
FIGURA 4 - MEDIDOR ELETROMAGNÉTICO	22
FIGURA 5 - SENSOR DE EFEITO HALL.....	23
FIGURA 6 - HIDRÔMETRO RESIDENCIAL	24
FIGURA 7 - MEDIDOR DE VAZÃO COM SENSOR DE EFEITO HALL	29
FIGURA 8 - MEDIDOR DE VAZÃO CONECTADO AO ARDUINO	30
FIGURA 9 - ALGORITMO DE CAPTURA DE VAZÃO	32
FIGURA 10 - SHIELD DE ETHERNET W100	33
FIGURA 11- SCRIPT PHP PARA PERSISTIR NO BANCO DE DADOS.....	34
FIGURA 12 - PARTE DO CÓDIGO QUE GERA GRÁFICO.....	35
FIGURA 13 - MÉTODO DE ELICITAÇÃO E MODELAGEM DO CONHECIMENTO	36
FIGURA 14 - FLUXO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	38
FIGURA 15 - MODELO ENTIDADE-RELACIONAMENTO	38
FIGURA 16 - ESBOÇO DO PROTÓTIPO	39
FIGURA 17 - PROTÓTIPO DA INTERFACE DE MEDIÇÃO DE CONSUMO	40
FIGURA 18 - ALGORITMO UTILIZADO PARA ENVIAR DADOS AO SERVIDOR...	41
FIGURA 19 - TELA DE LOGIN.....	42
FIGURA 20 - TELA DE CONSUMO DO USUÁRIO	43
FIGURA 21 - RELATÓRIO DE CONSUMO MENSAL.....	43
FIGURA 22 - COMPARATIVO DE CONSUMO MENSAL POR APARTAMENTO	44
FIGURA 23 - TELA DE RATEIO DE VALORES.....	45
FIGURA 24 - HISTÓRICO DE FATURAS EM VALORES.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPU - central processing unit.
ER - Entidade Relacionamento
HTML - HyperText Markup Language
HTTP - HyperText Transfer Protocol
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IWA - International Water Association
IoT - Internet of Things.
ONU - Organização das Nações Unidas
ONU - Organização das nações unidas.
PHP - Hypertext Preprocessor
PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos.
RTC – Real time clock.
SE – Sistema especialista.
SGBD – Sistema de gerenciamento de banco de dados.
SINS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento.
SMI – Sistema de medição Individualizado.
SQL - Structured Query Language
WWF - World Wildlife Fund.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Tema.....	13
1.2	Problema de pesquisa	14
1.3	Hipótese.....	14
1.4	Objetivo geral.....	14
1.5	Objetivos específicos	14
1.6	Justificativa	15
1.7	Delimitação do trabalho	15
1.8	Estrutura do Trabalho	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	Fluídos	17
2.1.1	Vazão	17
2.2	Medidores de vazão.....	17
2.2.1	Medidor do tipo Turbina.....	19
2.2.2	Medidor ultrassônico por efeito Doppler	20
2.2.3	Rotâmetro.....	20
2.2.4	Medidor fluxômetro eletromagnético.....	21
2.2.5	Efeito Hall	22
2.2.6	Hidrômetro.....	23
2.3	Consumo	24
2.4	Gestão do recurso	26
2.4.1	Crise da água	27
2.5	Sistemas de medição de água.....	27
2.5.1	Sistema de medição individualizada de água.....	27
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	Medidor de vazão de água	29
3.1.1	Algoritmo para medição de vazão e consumo.....	31
3.1.2	Arduino Shield - Ethernet W5100	32
3.2	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD).....	33

3.3	Hypertext Preprocessor (PHP).....	33
4	DESENVOLVIMENTO	36
4.1	Definir ferramentas: Contextualização (Passo 1).....	36
4.2	Estudar as ferramentas: Contextualização (Passo 2).....	37
4.2.1	Fluxo de funcionamento	37
4.2.2	Modelo Entidade-Relacionamento (ER)	38
4.3	Fazer o esboço do protótipo: Contextualização (Passo 3).....	39
4.3.1	Prototipagem: Contextualização (Passo 4).....	40
4.4	O Sistema Web.....	41
4.4.1	O Sistema na visão do usuário.....	42
4.4.2	O Sistema no perfil de administrador.....	43
5	DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.....	46
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Internet das coisas (*Internet of things – IoT*) parece um conceito futurista, ainda distante da realidade. Representa a possibilidade de interação entre usuários e aparelhos eletrônicos através do envio ou recebimento de comandos. Segundo Oliveira (2017) a IoT é ainda mais ampla, pois, não possibilita apenas ligar ou desligar aparelhos, mas sim torna-los inteligentes, com a capacidade de coletar e processar informações dos ambientes ou das redes as quais estão conectados.

Segundo Mancini (2017), a IoT vem sendo uma evolução tecnológica em diversas áreas revolucionando a própria internet. Conectando outros equipamentos que não são operados por pessoas, mas sim por elas mesmas ou “coisas”. Ampliando o conceito original existente sobre tecnologia.

Estudos apontam um crescimento exponencial de dispositivos conectados na rede. Segundo trabalho apresentado por Evan (2011), em 2003, 500 milhões de dispositivos estariam conectados à rede, contra uma população de 6,3 bilhões de pessoas. Para 2020 a projeção chega a impressionantes 50 bilhões de dispositivos contra uma população de 7,6 bilhões.

A IoT também pode ajudar a sociedade como um todo a ter atitudes mais sustentáveis. Ela possibilita otimizar e eliminar possíveis desperdícios. É o caso dos recursos hídricos. Segundo o censo demográfico realizado em 2010, o número de pessoas no Brasil tem aumentado, mas os recursos naturais continuam os mesmos (IBGE, 2010).

Na prática não é fácil mensurar o quanto se consome de água no dia-a-dia das pessoas. Basicamente o consumo de água no mundo se divide em três categorias que estão em ordem decrescente de acordo com a quantidade de água consumida: agricultura, a mais consumidora deste recurso, seguido pela indústria e por último, o consumo urbano (BRITO; PORTO; SILVA, 2007).

Segundo Almanaque Brasil Socioambiental (2007), o Brasil possui a maior reserva de água do planeta. Aproximadamente 12% da água doce disponível no planeta. Apesar disso, muitas localidades ainda não têm acesso a quantidades de água com características de potabilidade adequadas às necessidades do consumo humano. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (2015), apenas 83,3% dos municípios possuem níveis de atendimento superiores à média brasileira total.

O Brasil é um dos campeões mundiais em desperdício de água. Esse desperdício se inicia na captação e segue nas adutoras, ligações clandestinas, tubulações deterioradas, vazamentos, falta de medições precisas e entre outros. Segundo a *International Water Association (IWA)*, as perdas são divididas em duas categorias: reais e aparentes (THORNTON; KUNKEL, 2002). As perdas reais são aquelas causadas por vazamentos. Já as perdas aparentes correspondem ao volume de água que é consumido e não faturado.

O desperdício é apontado hoje como um dos principais inimigos a serem combatidos, visto que a população de um modo geral não dá o devido valor ao “líquido da vida”, prevalecendo à ilusão de ser um bem inesgotável. Segundo Whately et al., (2008), uma residência com economia controlada apresenta consumo médio da ordem de 20 m³ mensais. Uma residência com hidrômetro danificado consome em torno de 30 m³, enquanto a que não tem medidor consome aproximadamente 60 m³ por mês.

O consumo de água deixou de ser assunto apenas em lugares onde a disponibilidade de captação de recursos é baixa. Governos e organizações em todo o mundo dedicam suas atenções para a criação de políticas que visam a redução e controle do consumo. Outro dado importante é que para cada mil litros de água utilizados, outros 10 mil são poluídos (FAUSTINO, 2010).

Gerenciar, segundo o Dicionário Aurélio (2018), tem o significado de “fazer a gestão de”. Seria possível juntar tal termo com as tecnologias hoje existentes a ponto de se gerir os recursos hídricos? Em relação a tal questionamento, as companhias de energia elétrica responderiam positivamente. Tais empresas vêm investindo fortemente em redes inteligentes de energia, chamadas *Smart Grids*. Estas possibilitam ao consumidor o acompanhamento e o controle diário do consumo.

Segundo Oliveira (1999) existem muitas alternativas que auxiliam na redução e controle do consumo de água. Assim, novos componentes tecnológicos vêm sendo instalados nas edificações visando o uso racional desse recurso natural. Entre eles está o Sistema de Medição Individualizada (SMI). Coelho (2004) diz que este sistema consiste na instalação de hidrômetros nos ramais de cada unidade habitacional para medir todo o seu consumo, racionalizar o uso da água e fazer a cobrança proporcional ao consumo individual.

Por muito tempo, a medição do consumo em sistemas de suprimento de água de edificações unifamiliares residenciais antigas vem sendo feitas de forma coletiva. Assim, a divisão dos custos é feita de forma que todos paguem a mesma quantia sobre o total consumido, o que demonstra um sistema falho, em que independente do consumo é realizado o mesmo pagamento.

O SMI se destaca por considerar o consumo de cada apartamento separadamente, fazendo com que cada usuário pague realmente o que consumiu somando o gasto em áreas comuns do edifício, resultando em uma cobrança mais justa para todos. Os moradores também passam a ter um incentivo ao uso mais consciente e racional da água potável.

A importância da água para a vida torna essencial que seu uso seja feito de maneira consciente. Para tanto, o presente trabalho de conclusão de curso, na tentativa de contribuir positivamente com a problemática exposta, propõe o desenvolvimento de um sistema computacional especialista – que é uma ferramenta da engenharia que emula o raciocínio humano e apoia a tomada de decisão – a fim de auxiliar na conscientização e gerenciamento do problema exposto.

Nessa perspectiva, torna-se compreensível que a incorporação de novas tecnologias, tais como os sistemas especialistas, têm muito a contribuir para com os serviços de abastecimento de água em condomínios com o monitoramento dos mesmos, visto que vários aspectos e cenários julgados como negativos podem ser otimizados.

O presente estudo tem a finalidade de facilitar a percepção por parte do usuário de seu consumo de água em seu apartamento. Portanto, o plano de fundo deste trabalho é gerar uma cobrança mais justa sobre o consumo de água para os moradores, e despertar uma conscientização para o uso racional deste recurso. Isso será provado por meio de um protótipo que capta os dados de um determinado ponto de consumo e converte essas informações em gráficos e relatórios.

1.1 Tema

Monitorar o consumo individual de água em apartamentos como forma de apoio à tomada de decisões através de um protótipo para a obtenção dos dados e um sistema especialista.

1.2 Problema de pesquisa

O problema de pesquisa é a ausência de um mecanismo de monitoramento e controle do consumo de água em apartamentos que mostre ao usuário informações pertinentes ao seu consumo. Além da cobrança injusta, devido ao sistema de controle convencional utilizado não prover valores individuais aos moradores.

Neste sentido, a literatura aponta a necessidade de estudos que relacionem o conhecimento tácito e o explícito e sobretudo o seu modo de transferência, bem como explorem as tecnologias da inteligência artificial nas diversas áreas de domínio, como forma de apoiar a resolução de problemas práticos, tal como o apresentado no presente estudo.

Dado o problema de pesquisa exposto, será possível o desenvolvimento de um sistema especialista capaz de buscar informações pertinentes ao consumo de água e desta forma auxiliar e potencializar a gestão deste serviço?

1.3 Hipótese

Parte-se do princípio de que o sistema especialista é uma ferramenta adequada para a obtenção dos dados pertinentes ao consumo de água em apartamentos, visto a carência de tal tecnologia no processo da gestão de tal serviço. Neste sentido, o sistema promoverá melhorias e prestará informações importantes ao usuário.

1.4 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é desenvolver um sistema computacional especialista que faça o monitoramento do consumo de abastecimento de água em edifícios unifamiliares residenciais.

1.5 Objetivos específicos

- Mostrar o consumo de água para o usuário diariamente;

- Gerar relatórios e gráficos com as informações obtidas;
- Gerar valor mensal do consumo por apartamento;
- Desenvolver o modelo computacional especialista;
- Validar e testar o sistema especialista;

1.6 Justificativa

Atualmente a informação de consumo não está disponível em tempo real para o usuário, visto que a mesma só é observada na chegada da fatura mensal, sendo uma informação não tão clara e limitada de questionamento, no sentido de não trazer nenhuma informação adicional, com as quais se consiga identificar, por meio de questionamentos, qual mês do ano se obteve maior consumo, por exemplo. Outro indicador é a inclusão de novos processos e tecnologias neste cenário, já que o trabalho se propõe a fazer uso de ferramentas para atualizar o processo atual e obter maior eficiência no mesmo.

Abrirá portas para que empresas façam uso de tal tecnologia visando a redução e o controle dos valores gastos no processo de consumo de água. O processo será atualizado como um todo, abrirá muitas portas para implantações futuras pertinentes ao tema abordado.

Acredita-se que um sistema especialista que possa ser aplicado de forma rápida e eficiente pode melhorar a qualidade do serviço. O mesmo vai favorecer o acesso à informação expondo a mesma ao ser requisitada. Vai gerar uma cobrança mais justa já que será possível ter o valor do consumo de cada apartamento.

1.7 Delimitação do trabalho

O experimento a ser desenvolvido será aplicado em apartamentos com ausência de medidor individual e que possuam apenas uma entrada principal de água a fim de proporcionar acesso aos dados de consumo através de um sistema especialista.

1.8 Estrutura do Trabalho

Com o objetivo de orientar o leitor quanto aos assuntos tratados no trabalho, a seguir é apresentada a estrutura do trabalho.

O primeiro capítulo trata da parte introdutória do trabalho abordando assuntos pertinentes a uma melhor compreensão do trabalho.

No capítulo dois é descrito todas a fundamentação teórica, onde se expõe os estudos realizados para o desenvolvimento do trabalho.

O terceiro capítulo contém a metodologia, sessões reservadas para explicação e esclarecimento de métodos e materiais utilizados no desenvolvimento do trabalho.

No capítulo quatro contém o desenvolvimento do trabalho, mostrando a forma como tudo foi feito.

O quinto capítulo faz o fechamento do trabalho com as considerações e conclusões.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo contém embasamento teórico dos principais conceitos das tecnologias e ferramentas utilizadas para dar suporte ao desenvolvimento do sistema.

2.1 Flúidos

Especificamente, um fluído é uma substância que se deforma continuamente sob a aplicação de uma tensão de cisalhamento tangencial, não importando quão pequena ela possa ser (FOX, 2001. p. 2). São substâncias que são capazes de escoar e cujo volume toma a forma de seus recipientes.

A diferença entre os fluidos líquidos e gasosos é que os primeiros ocupam volumes definidos e têm superfícies livres, ao passo que uma dada massa de gás se expande até ocupar todo o volume de um recipiente (ROMA, 2003).

2.1.1 Vazão

A vazão pode ser definida como a relação entre o volume de fluido que atravessa a superfície e o tempo gasto nessa passagem. As unidades de vazão são obtidas pela divisão de unidade de volume por unidade de tempo (ROMA, 2003. p. 10).

Em hidráulica ou em mecânica dos fluídos, define-se vazão como a relação entre o volume e o tempo. Ela pode ser determinada a partir do escoamento de um fluído através de determinada seção transversal de um conduto livre, que pode ser um rio ou uma tubulação aberta. Isso significa que a vazão representa a velocidade com que um volume escoar.

2.2 Medidores de vazão

Medidores de vazão são instrumentos que determinam a quantidade de líquidos, gases e sólidos que irão passar por um determinado local em um determinado espaço de tempo. São capazes de apontar a quantidade total

movimentada neste mesmo intervalo. Os tipos de medidores de vazão são adotados de acordo com o tipo de aplicação desenvolvida. Existem algumas formas de classificar medidores de vazão, podendo ser divididos em quatro grupos de acordo com seu princípio de medição, conforme a (Tabela 1). Para cada um dos princípios de medição existem características específicas que limitam as aplicações, como faixas de diâmetros, de pressões, de temperaturas, de viscosidades e de teores de impurezas (DELMÉE 2003; MELO 2007).

Sabe-se que a gama de medidores utilizados para determinar a vazão de um determinado fluido é bastante ampla e abrange diversos serviços. A escolha dos mesmos para uma determinada aplicação deve considerar também a perda da carga introduzida pelo medidor na tubulação, ou seja, quando existe fluido de um determinado líquido de um determinado ponto até outro dentro de uma canalização, parte da energia contida neste líquido é dissipada em forma de calor, devido ao escoamento dos líquidos nas tubulações não acontecer sem que exista a perda de certa quantidade de energia (GUIMARÃES, 2007).

Tabela 1 - Classificação de princípios de medição de vazão – 2003.

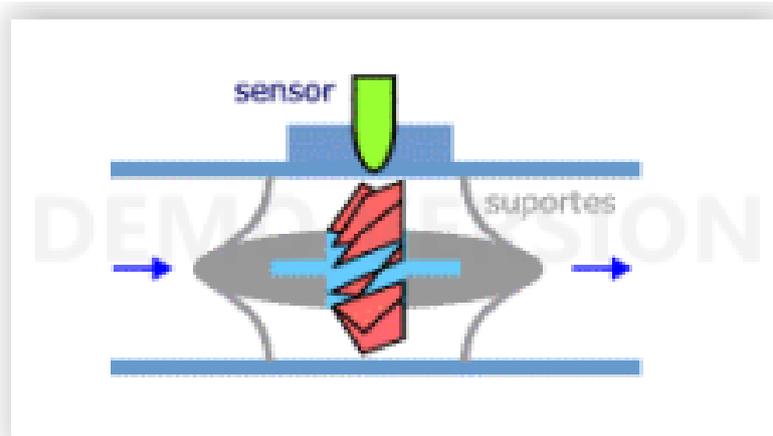
Geradores de Pressão diferencial	Medidores lineares	Volumétricos	Em canais abertos	Medidores especiais
Placa de orifício	Área variável	Diafragma	Calhas	Força
Bocal	Coriolis	Disco de	Vertedores	Correlação
Venturi	Eletromagnético	nutação		Laser
	Térmico	Palheta		
Inserção	Turbina	Pistão		
- Pitot	Ultrassônico	oscilante		
- Pitot de média	Vórtice	Pistões		
		recíprocos		
Especiais				
- Centrífugos		Rotor		
- Laminares		- Lóbulo		
- Jato		- Engrenagem		
		- Semi-imerso		

Fonte: adaptado (Delmée, 2003)

2.2.1 Medidor do tipo Turbina

O Medidor do tipo turbina consiste em uma hélice montada dentro de um tubo, que é girada pelo próprio escoamento do fluido. Este método de medida não requer penetrações ou gaxetas no duto. Podem ser empregados na medição de vazões de fluidos corrosivos ou tóxicos. Seu sinal elétrico pode ser mostrado, registrado ou integrado para fornecer informações completas do escoamento (FOX, 2001. p. 256). Na Figura 1 vemos o exemplo de um medidor do tipo turbina.

Figura 1 - Medidor do tipo turbina



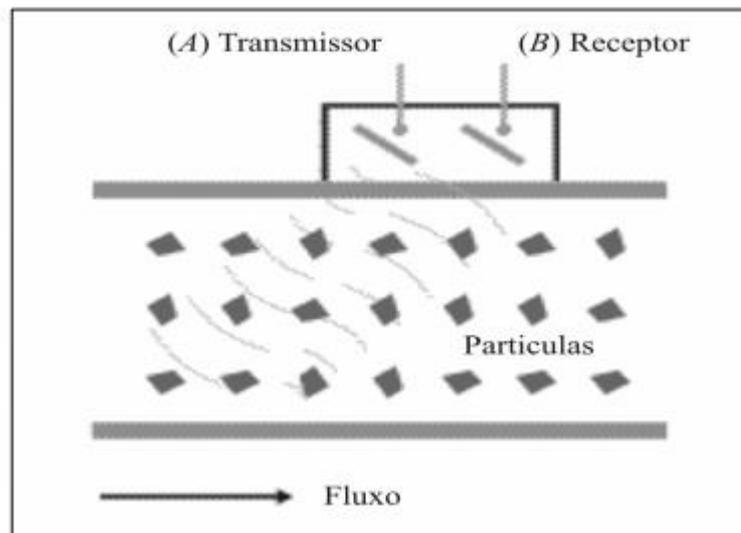
Fonte: FLUIDOS IIIA, 2007.

O medidor alvo consiste em um disco suspenso por um suporte imerso no escoamento. O arrasto do fluido no disco fará com que o suporte flexione levemente e a força do empuxo registrada poderá ser relacionada com a descarga. Geralmente são robustos. Algumas de suas características são: Linearidade melhor do que 0,5% para líquidos e 1% para gases, vazões de 0,08 a 2.800 m³/h para líquidos e 0,51 a 20.400 m³/h para gases, conexão ao processo: flangeadas, rosqueadas ou sanitárias, tempo de resposta baixo.

2.2.2 Medidor ultrassônico por efeito Doppler

A frequência de uma onda sonora sofre alterações quando existe movimento relativo entre a fonte transmissora e a receptora. Efeito Doppler é a variação da frequência em função da velocidade (CARR, 1998; CHRISTENSEN, 1988; DANTA, 2000). Este princípio é utilizado para a medição da velocidade média ou vazão em um tubo, desde que o fluido contenha partículas refletoras em quantidade suficiente, tais como sólidos ou bolhas de gás. O transmissor e o receptor de ultrassom acham-se alojados lado a lado, dentro de um cabeçote medidor. Assim um circuito eletrônico poderá medir as frequências e pela diferença obter a velocidade média no fluido. A Figura 2 retrata bem tal definição.

Figura 2 - Medidor ultra-sônico por efeito Doppler



Fonte: COLANTONIO, ROBSON. Estudo implementação medidor vazão eletromagnético para pesquisa área circulação assistida (2007)

2.2.3 Rotâmetro

Rotâmetro é um medidor construído em vidro transparente, acrílico, aço inox com ampla escala de medição, bastante utilizado nas medições de vazão de líquidos. Basicamente seu funcionamento se resume no deslocamento do líquido

partindo de sua base até o topo, elevando o cone de medição interno e, conseqüentemente aumentando a passagem do fluido. Assim, quanto maior a vazão, mais alto o cone de medição é elevado, o que permite a fácil leitura da escala métrica. Na Figura 3 que segue são apresentados modelos de rotâmetros.

Figura 3 - Rotâmetros para água

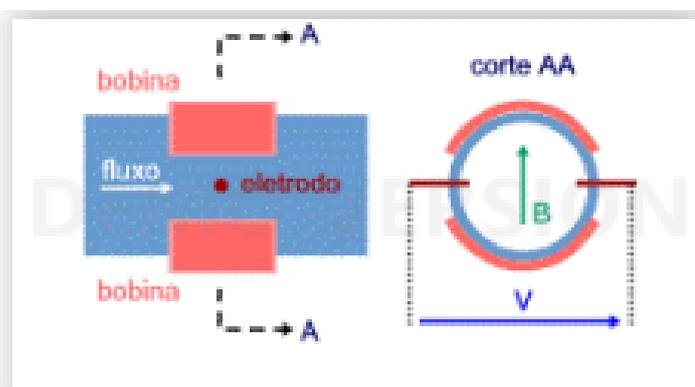


Fonte: O autor

2.2.4 Medidor fluxômetro eletromagnético

O medidor fluxômetro eletromagnético é um dispositivo não intrusivo, sem contato com o fluido e sem perfurar a tubulação. Quando o líquido passa através do campo magnético gerado pelas bobinas, cria-se uma tensão induzida proporcional ao escoamento. A técnica eletromagnética para medição de vazão é uma das mais flexíveis e universais dentre os métodos disponíveis. Sua perda de carga é equivalente a um trecho reto de tubulação, já que não possui qualquer obstrução. Sua aplicação estende-se desde saneamento até indústrias químicas, papel e celulose mineração e indústrias alimentícias (DELMÉE, 2003). Na Figura 4 vemos um exemplo de medidor eletromagnético.

Figura 4 - Medidor Eletromagnético



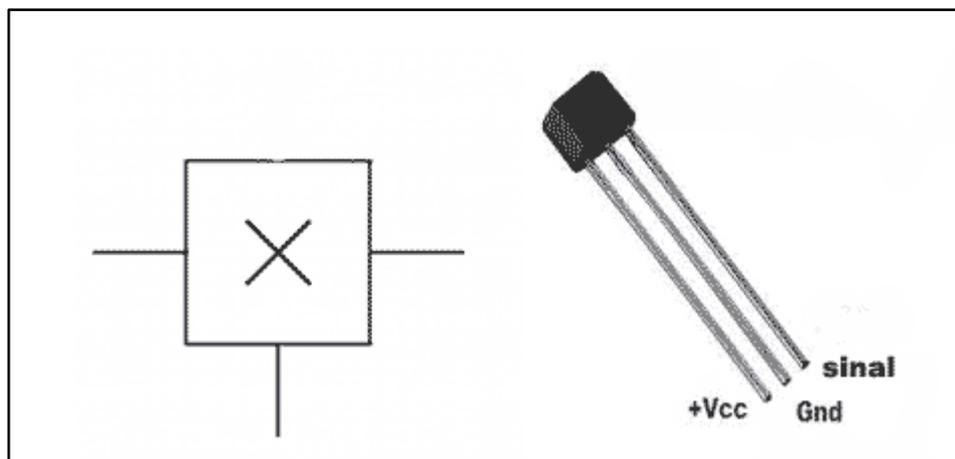
Fonte: FLUIDOS IIIA, 2007.

No geral o funcionamento dos medidores de vazão indica que o fluido se desloca no interior da tubulação acionando um rotor montado axialmente dentro do medidor. Um sensor magnético acoplado ao corpo do medidor, tem seu campo magnético alterado a cada passagem de uma das pás do rotor, gerando um pulso elétrico. Cada pulso representa um volume distinto de fluido que passou pelas pás do rotor. O pulso gerado então, é uma forma exata de medição do fluido. Um indicador digital, por exemplo, interpreta este sinal proporcionando a visualização da vazão instantânea, bem como a sua totalização no tempo (OMEGA, 2007).

2.2.5 Efeito Hall

Em 1879, durante experiências feitas para se medir diretamente o sinal dos portadores de carga de um condutor, percebeu-se que surgiram regiões com carga negativa e outra positiva no condutor, criando um campo magnético perpendicular ao campo gerado pela corrente principal. Surgiu assim o efeito *hall*. Sempre que uma carga é posta sobre influência de um campo magnético, esta sofre uma interação que pode alterar seu movimento. Basicamente um sensor de efeito *hall* tem a aparência física de um pequeno transistor, mas pode variar muito de acordo com sua utilização. Na Figura 5 que segue é mostrado sua representação em um desenho no esquema eletrônico e sua pinagem.

Figura 5 - Sensor de efeito Hall



Fonte: O autor

Quando um condutor é colocado em um campo magnético perpendicular à direção dos elétrons, que irá ser defletida a partir de um caminho linear. Como consequência, um plano do condutor irá tornar-se carregado negativamente e o lado contrário irá tornar-se carregado positivamente. A tensão entre eles é chamada de tensão *hall*. Basicamente, existem dois tipos de sensores de efeito *hall*. Uma é linear, o que significa a saída de tensão linearmente depende da densidade do fluxo magnético, e o outro é chamado limiar que significa que haverá uma diminuição acentuada da tensão de saída com a densidade de fluxo magnético.

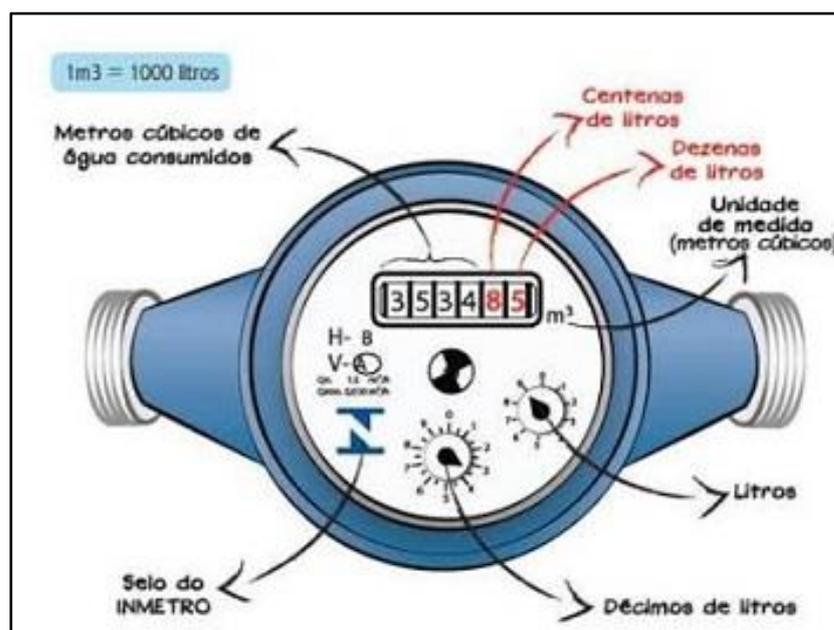
Uma de suas vantagens é que não sofre desgastes de contatos, ou qualquer fadiga mecânica porque é construído em estado sólido como os diodos e transistores. Outra vantagem é que não são afetados por contaminantes ambientais. Isso porque o sensor está em um encapsulamento selado e sem contato com o ar, por isso pode ser utilizado em condições severas.

2.2.6 Hidrômetro

Hidrômetro é uma sofisticada ferramenta medidora de precisão utilizada para medir a velocidade, o peso, a força e abundância de líquidos. É construído de um recipiente de vidro que compreende uma haste fina graduada e uma ampola. Dentro desta possui um pouco de mercúrio ou chumbo que flutua com a passagem do

líquido que será medido. Já a haste possui a escala que indica a densidade. Ele tem a aparência de um relógio e conforme o fluido passa, faz subir o valor de modo a mostrar o consumo da água. Na Figura 6 é apresentado a imagem de um hidrômetro residencial detalhando suas partes.

Figura 6 - Hidrômetro residencial



Fonte: O autor

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

2.3 Consumo

O termo consumo designa o ato econômico que permite caracterizar a satisfação de determinada necessidade através da utilização de determinado bem. Uma das principais distinções de tipos de consumo é quanto à finalidade do próprio consumo. O estudo do consumo como fenômeno sociocultural, apreendido desde o campo da comunicação, permite indagar sobre a emergência de uma nova

reflexibilidade na vida sociocultural contemporânea e investigar as brechas, os diferentes usos, apropriações e resistências, muitos além do ato de compra ou de uso.

A água é uma substância de alta polaridade com ponto de solidificação a 0°C, atingindo sua densidade máxima a 4°C (MANO, PACHECO, 2005). Ela é considerada um solvente universal, sendo sua qualidade alterada através das mais diversas ações humanas e naturais (SPERLING, 2007).

Depois do oxigênio, a água é o elemento que o corpo mais sente falta durante uma ausência (LINDEMANN; SERAFIM; VIEIRA, 2004). A composição corpórea do ser humano é mais de 60%. Este elemento é responsável pela manutenção da nossa temperatura corpórea, transporte de nutrientes por todo nosso corpo. Como o nosso organismo perde essa substância de maneira significativa, a mesma precisa ser repostada frequentemente, seja bebendo a mesma no estado pura, ou através de bebidas que possuem água em suas composições.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU) mais de um bilhão de pessoas no mundo não tem acesso a água potável e cerca de 4 mil crianças morrem diariamente em todo o globo em função de doenças relacionadas a água. Uma grande parte do esgoto do Brasil é jogado nos corpos hídricos sem tratamento, contaminando tanto os cursos d'água, como também os lençóis freáticos.

Segundo Briscoe (1985) intervenções ambientais sistêmicas, como o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, apresentam efeitos a longo prazo sobre a saúde substancialmente superiores aos de intervenções médicas. Reforçando esta ideia encontra-se uma divulgação do IBGE (2003) que, segundo a Associação Nacional dos Serviços Municipais – Assemae, para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, o setor público economiza R\$ 4,00 em medicina curativa, um importante ganho econômico e social.

Atualmente, a luta pela preservação dos recursos naturais é uma questão que vem sendo tema de vários debates da ONU, principalmente quando se refere à água, que é um recurso muito importante, um bem de inestimável valor, patrimônio da humanidade, e deve ser preservada e utilizada de forma inteligente, sem desperdícios.

Para isso, faz-se necessário de consciência por parte da população repensando e reorganizando o uso da água, diminuindo seu consumo e desperdício,

entendendo que a água é a mais importante riqueza natural da humanidade, primordial e essencial a todas as formas de vida do nosso planeta.

De acordo com Miranda (2004, p. 25), “ a água não se encontra por igual neste planeta”. Ela se encontra em diferentes lugares, mesmos nos mais remotos, distanciados ou inacessíveis ao ser humano, a água se faz presente, mostrando toda sua imponência e beleza. Por isso o desperdício e o descaso deste bem deve ser levado em consideração.

2.4 Gestão do recurso

A palavra gestão vem do latim, *gerentia, de gerere*, com o significado de fazer, ato de gerir. Em termo gerais, gerenciar se refere à ação e ao efeito de administrar, dirigir, governar, dispor, organizar e pôr em ordem para conseguir os objetivos propostos. É uma tarefa que requer muita consciência, esforço e dedicação para ter um resultado satisfatório.

Tucci (2001) ressalta que a gestão dos recursos hídricos é um dos assuntos mais relevantes do século XXI, dada à condição finita desse bem, a água, que se submetem as crescentes demandas sociais e a padrões de exigências, ao mesmo tempo em que consomem os mananciais.

Para Tucci (2001), o aumento da procura e o uso dos recursos hídricos torna a água um bem escasso, transformando-a em um recurso natural com valores econômicos, estratégicos e sociais. Christofidis (2002) cita que a política nacional de recursos hídricos como ferramenta de gestão deve controlar a oferta e fiscalizar a utilização, de modo que os benefícios possam ser equitativos para o meio ambiente e para sociedade, atingindo o maior número de pessoas, evitando o desperdício e a poluição, garantindo, assim, a proteção e sustentabilidade a água.

Para Cunha (et. al, 2006), “o que mais falta no Brasil não é água, mas determinado padrão cultural que agregue ética e melhore a eficiência de desempenho político dos governantes, da sociedade organizada, das ações públicas e privadas, promotoras do desenvolvimento econômico, em geral, e da sua água doce, em particular”.

2.4.1 Crise da água

A falta de água é uma realidade vivida em muitas regiões do mundo. Para (CLARKE; KING, 2005), a carência de água é a principal barreira ao desenvolvimento e uma das razões primordiais que impedem a diminuição da pobreza nos países.

Segundo o relatório da *World Wildlife Fund* (WWF) de 2006, a maioria dos países retira um volume de água muito superior do que aquele suportado pelo ambiente, pressionando os ecossistemas de água doce. Um indicador utilizado para fazer tal medição, é o nível de estresse hídrico. É feita a relação entre o nível de captações de água e sua disponibilidade. Quanto maior o nível de estresse, maior a pressão nos ecossistemas de água doce.

Além dos aspectos quantitativos relacionados ao uso abusivo da água, o comprometimento da qualidade dos recursos hídricos também é um fator contribuinte para a crise da água, representando grandes prejuízos à população e o ambiente. Nos países em desenvolvimento, cerca de 80% de todas doenças são disseminadas pela água, sendo que 4 milhões de pessoas são afetadas anualmente por diarreia, a maioria são crianças, que morrem em consequência da desidratação (WWC, 2000).

2.5 Sistemas de medição de água

O Sistema de medição de água tradicional consiste na instalação de hidrômetro geral na entrada da tubulação de suprimento de água da concessionária no edifício, o qual medirá o abastecimento que irá suprir todas as unidades de forma conjunta. Desta forma, a cobrança do consumo é dividida entre os apartamentos de forma igualitária, resultando em um recolhimento injusto dos valores para as unidades que consomem menos água. Em contraposição o Sistema de medição individualizado (SMI) de água consiste na instalação de um medidor para cada apartamento de um condomínio ou unidade consumidora.

2.5.1 Sistema de medição individualizada de água

De acordo com Yamada, Prado e Ioshimoto (2001), este sistema também leva em consideração fatores sociais, culturais e financeiros dos usuários, pois estas características estão diretamente conectadas aos comportamentos e procedimentos de utilização da água. Coelho e Maynard (1999, p. 17) conceituam a medição individualizada de água como a instalação de um hidrômetro em cada unidade habitacional, de modo que seja possível medir o seu consumo com a finalidade de emitir contas individuais.

Entre todos os benefícios associados a implantação do SMI de água em edifícios, pode-se citar que os seus administradores veem este sistema como uma ferramenta fundamental para uma gestão mais justa, pois além de induzirem a uma racionalização do consumo, também resolvem em parte a inadimplência nas taxas de condomínio referente às tarifas de água e esgoto.

Em relação aos agentes consumidores o SMI favorece aos usuários que consomem menos água e, que pagam pelo mau uso alheio. Ele gera uma cobrança mais adequada e compatível para os agentes que possuem hábitos esbanjadores de consumo de água, ação que motiva a um consumo mais racional e induz a redução do desperdício de água gerado pelos mesmos.

Em contrapartida, segundo Foletto (2008), uma das principais desvantagens do SMI, em especial nos andares mais elevados, está relacionada à redução da pressão dinâmica na rede de distribuição de água. Esta configuração pode resultar em perdas de carga elevadas, que variam de acordo com a vazão do projeto de cada unidade, podendo ser necessário a implementação de dispositivos pressurizadores para os últimos andares.

Um dos problemas que atrasa uma maior disseminação da medição individualizada de água é a distribuição de responsabilidades. Existe divergência entre quem deve realizar a leitura no medidor, emitir a conta e responsabilizar-se por todo o processo. Isso ocorre porque essas responsabilidades geram um custo alto (HOLANDA, 2006, p. 12).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os métodos e algumas das ferramentas utilizadas para a confecção do hardware e software do trabalho proposto.

3.1 Medidor de vazão de água

O medidor de vazão de água funciona de acordo com o princípio do efeito *hall*. De acordo com este efeito, uma diferença de tensão é induzida em um condutor transversal à corrente elétrica e ao campo magnético perpendicular a ela. No medidor de vazão, o efeito *hall* é utilizado usando um pequeno rotor em forma de ventilador / hélice, que é colocado no caminho do fluxo do líquido. O líquido empurra as pás do rotor fazendo com que ele gire. O eixo do rotor é conectado ao sensor, o qual é um arranjo de uma bobina de fluxo de corrente e um ímã conectado ao eixo do rotor. Assim, quando o líquido passa pelo rotor, faz com que ele rotacione, gerando assim uma tensão / pulso que é induzida à medida que este rotor gira (SANJEEV, 2018).

Neste medidor específico de vazão que foi utilizado no desenvolvimento da camada de *hardware* do projeto, para cada litro de líquido que passa, equivale a cerca de 516 pulsos. Isso deve-se à alteração do campo magnético causado pelo ímã ligado ao veio do rotor, como se pode ver na imagem abaixo. O número de pulsos foi medido utilizando um microcontrolador Arduino e calculando a vazão em litros. Sua precisão é de aproximadamente 88% e tem a capacidade de trabalhar a uma vazão de 30L por minuto. Na Figura 7 é mostrado o medidor de vazão com sensor de efeito *hall*.

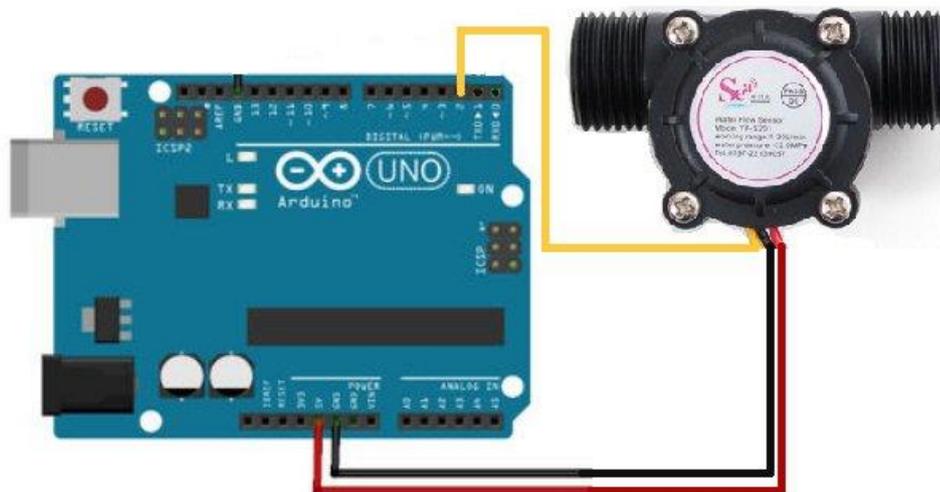
Figura 7 - Medidor de vazão com sensor de efeito



Fonte: O autor

Para conectar-se ao Arduino, este medidor de vazão utiliza 3 fios vindos do sensor: O 5V ou VCC (fio vermelho), que conduz a alimentação elétrica, o GND (fio preto) que é o terra, ou ponto neutro e a linha de sinal / pulso (fio amarelo) por onde passa o sinal de pulso do sensor. As conexões VCC e GND são conectadas nas entradas de mesma nomenclatura no Arduino. Já a linha de pulso do sensor geralmente é conectada ao pino digital 2 do Arduino que serve como um pino de interrupção externo. Na Figura 8 pode-se observar as conexões do medidor de vazão à placa Arduino Uno.

Figura 8 - Medidor de vazão conectado ao Arduino



Fonte: O autor

O Arduino é uma plataforma de código aberto com embasamento na ideia de ter *hardware* e *software* fáceis de utilizar. O microcontrolador da placa recebe um conjunto de instruções as quais dizem para o Arduino o que deve ser feito. Tais instruções são criadas em linguagem para programar no Arduino e *software* IDE próprio para isso. Pode-se dizer que o Arduino é o cérebro de milhares de projetos.

A escolha do Arduino para o trabalho desenvolvido, foi por ser fácil de utilizar e pela grande quantidade de material de estudo que se encontra disponível na própria documentação e em projetos na internet. Além disso as placas Arduino são relativamente baratas, o *software* Arduino IDE pode ser executado na maioria dos sistemas operacionais e a placa permite o acoplamento de vários sensores e módulos.

3.1.1 Algoritmo para medição de vazão e consumo

Utilizou-se da IDE do Arduino para se desenvolver o algoritmo utilizado para medir a vazão de água que passaria pelo sensor. Este algoritmo utiliza uma interrupção externa no pino digital 2 do Arduino, o qual é utilizado para ler os pulsos vindos do medidor de vazão. Quando o Arduino detecta o pulso, ele imediatamente aciona a função que é responsável pela contagem dos pulsos. O consumo é dado pela divisão da contagem de pulsos pelo valor de 516, informação que foi encontrada na documentação do medidor de vazão. O resultado é armazenado em uma variável que é responsável por fazer o acumulo do valor, aguardando o momento em que tal valor é enviado para o servidor. Na Figura 9 é mostrado parte do algoritmo que faz a captura da vazão: 2 variáveis do tipo *float* são responsáveis pela contagem de pulsos do sensor e armazenamento da contagem de litros que passaram pelo mesmo. O valor de *delay* é o tempo de leitura do sensor até a interrupção, no caso da imagem abaixo, o tempo do intervalo de leitura é de 60 segundos.

Figura 9 - Algoritmo de captura de vazão

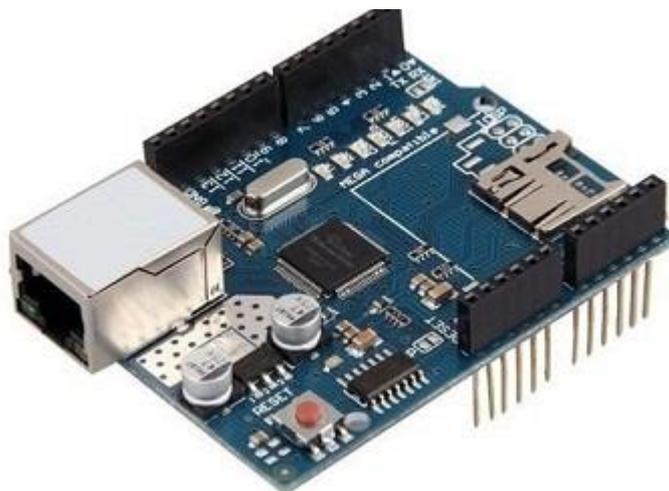
```
arduino$  
float Pulso;  
float cont = 0; //Variável para contagem  
  
void loop(void) {  
  
    Pulso = 0; //Começa do 0 variável para contar os giros das pás internas,ek segundos  
    sei(); //liga interrupção  
    delay(60000); //tempo de leitura do sensor  
    cli(); //Desliga interrupção  
    cont = Pulso / 516; //Converte para Litros|  
  
    envia(cont);  
  
}  
  
void envia(float cont) {  
  
    if (clienteArduino.available()) {  
        char dadosRetornados = clienteArduino.read();  
        Serial.print(dadosRetornados);  
    }  
}
```

Fonte: o autor

3.1.2 Arduino Shield - Ethernet W5100

Para conectar-se na rede e poder gravar as informações obtidas pelo sensor de fluxo no servidor de banco de dados, escolheu-se um componente para ser conectado na placa Arduino e que se suprisse tal necessidade. O Componente escolhido foi a *Shield Ethernet w5100*. Essa *Shield* fica conectada sobre a placa Arduino e possui entrada para conector de rede RJ45 por onde passa a comunicação via rede. Na Figura 10 podemos ver a *shield* mais detalhadamente.

Figura 10 - Shield de Ethernet W100



Fonte: O autor

3.2 Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD)

O sistema de gerenciamento de banco de dados é um conjunto de *softwares* responsáveis pelo gerenciamento de um banco de dados (SILBERSCHATZ, 1999). Tem o objetivo disponibilizar uma interface para os usuários, dando-lhe recursos que possibilitam a execução de inclusões, alterações e consultas através da execução de comandos na linguagem *SQL* nos dados armazenados. No desenvolvimento do trabalho, utilizou-se do banco de dados *Mysql* e para seu gerenciamento o aplicativo *web* de código livre *phpMyAdmin*.

3.3 Hypertext Preprocessor (PHP)

Segundo (Manual do PHP, 2018) o PHP é uma linguagem de programação *open source* de uso geral, muito utilizada, especialmente para o desenvolvimento *web* e que pode ser embutida dentro do HTML. As páginas PHP contêm HTML em código mesclado, e seu código é delimitado pelas instruções de processamento, também chamadas de *tags* de início e fim `<? php` e `?>` que permitem a entrada e saída do modo de edição da linguagem. A linguagem foi utilizada em todo o desenvolvimento da camada de *software* do trabalho, como é demonstrado na

Figura 11 que mostra o código responsável por gravar as informações do consumo e nome do apartamento vindas do sensor, além da data e hora atual no banco de dados.

Figura 11- Script PHP para persistir no banco de dados

```
<?php
include_once '../base/includes/db.php';
$fluxo = filter_input(INPUT_GET, 'consumo', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT);
$numero = '';
if(isset($_GET['consumo'])){
    $fluxo = $_GET['consumo'];
}
if(isset($_GET['numero'])){
    $numero = $_GET['numero'];
}

$query = "INSERT INTO consumo (consumo, id_ap, data) VALUES ({$fluxo}, '{$numero}', now());";
$result = mysqli_query($con, $query);
echo $query;
?>
```

Fonte: O autor

Para a confecção dos gráficos de comparações de consumo mensal, utilizou-se da biblioteca *chart.js* versão 2.7.3, que permitiu desenhar o gráfico com informações vindas de consulta realizada no banco de dados. As informações são tratadas através de variáveis e convertidas no formato do gráfico escolhido graças a biblioteca referenciada no arquivo. Na Figura 12 encontra-se uma parte do código que gera o gráfico do sistema desenvolvido no trabalho. Uma função *js* chama via ajax o arquivo responsável por fazer a busca das informações que são inseridas no gráfico. Desta chamada é montado um gráfico de linhas.

Figura 12 - Parte do código que gera gráfico

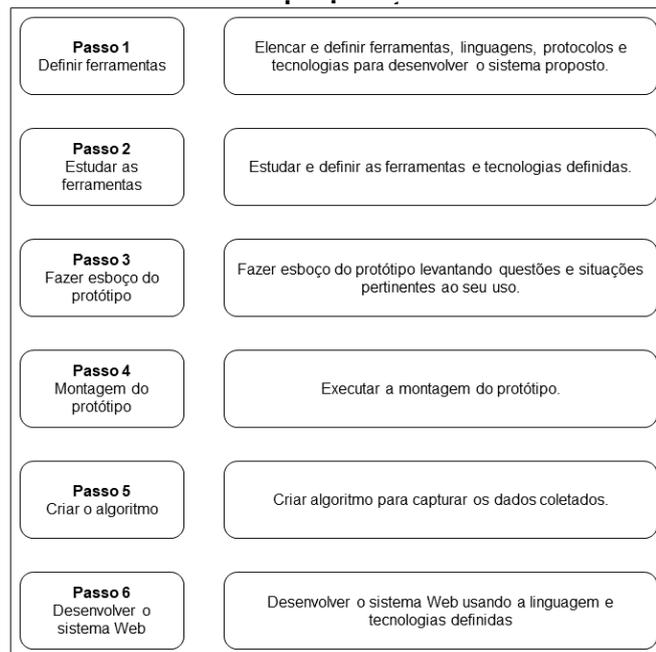
```
$.ajax({  
  type: 'POST',  
  url: 'relatorios/processar.php',  
  data: 'year='+year,  
  dataType: 'JSON',  
  success: function(response) {  
    var Datos = {  
      labels : ['Janeiro', 'Fevereiro', 'Março', 'Abril', 'Maio', 'Junho', 'Julho', 'Agosto',  
      datasets : [  
        {  
          fillColor : "rgba(151,187,205,0.5)",  
          strokeColor : "rgba(151,187,205,1)",  
          pointColor : "rgba(151,187,205,1)",  
          pointStrokeColor : "#fff",  
          data : response  
        }  
      ]  
    }  
    var contexto = document.getElementById('grafico').getContext('2d');  
    window.Barra = new Chart(contexto).Line(Datos, { responsive : true });  
    Barra.clear();  
  }  
});  
return false;
```

Fonte: O autor

4 DESENVOLVIMENTO

Para obter e representar o conhecimento especialista humano adaptou-se um método de elicitación e modelagem pesquisando na literatura, Nazário (et al., 2012, p. 514), representado na Figura 13.

Figura 13 - Método de elicitación e modelagem do



Fonte: Adaptado de Nazário (et al., 2012, p. 514).

Primeiramente analisou-se o cenário atual existente, a fim de se contextualizar o ambiente em que o sistema computacional especialista desenvolvido foi desenvolvido com o objetivo de expor a problemática a ser solucionada e justificativa para tanto. As informações e conhecimentos foram levantados pelo engenheiro de conhecimento, aqui representado pelo próprio autor, e posteriormente, transcritos e convertidos em protocolos para análise.

4.1 Definir ferramentas: Contextualização (Passo 1)

A definição das ferramentas e tecnologias abordadas no trabalho seguiram critérios que asseguram o êxito do desenvolvimento proposto. Dentre todas as que existem, as que se destacaram serão elucidadas a seguir.

As ferramentas de *hardware* utilizadas foram: placa microcontroladora Arduino UNO, sensor de fluxo de água, módulo *Ethernet W5100*, *Jumpers* de conexão macho-macho. Quanto ao que se compete ao *software*, bibliotecas e protocolos, as tecnologias utilizadas são: SGBD *phpMyadmin*, linguagem de programação para Arduino, linguagem de programação PHP e bibliotecas – protocolos – serviços para *web*.

4.2 Estudar as ferramentas: Contextualização (Passo 2)

A palavra estudar vem do binômio estudo-trabalho e está sujeito a diversas circunstâncias. Estudar é agregar conhecimento, com a finalidade de alcançar algum objetivo proposto (CONCEITOS, 2016).

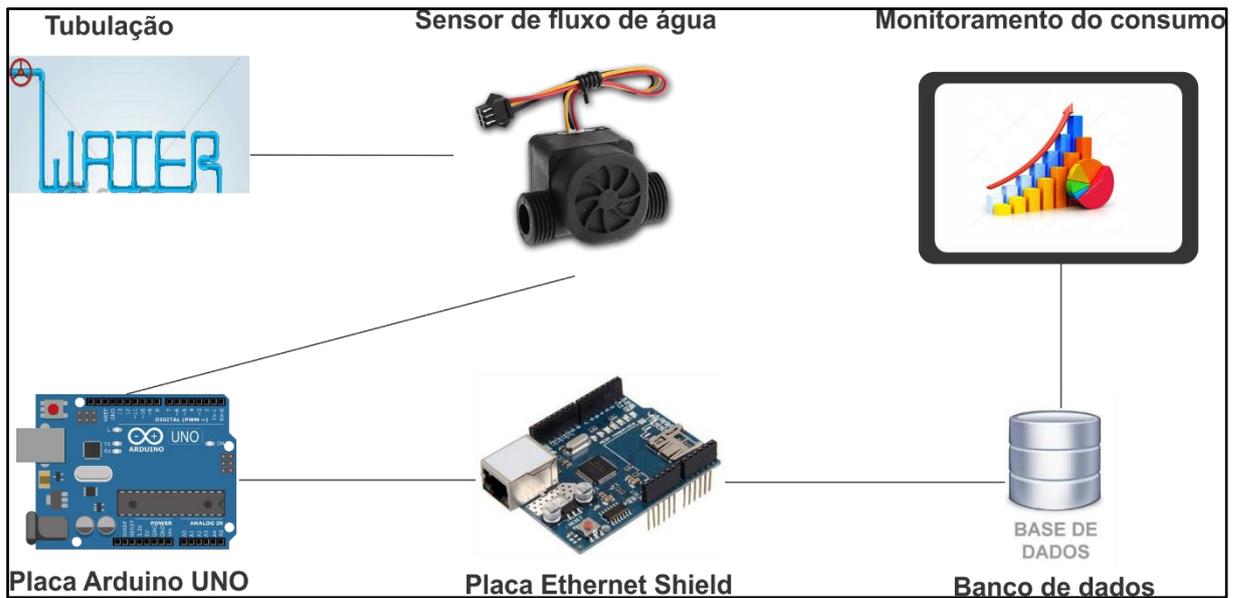
4.2.1 Fluxo de funcionamento

O funcionamento do protótipo proposto em conjunto com o sistema computacional especialista acontece da seguinte forma:

- O sensor de fluxo de água é instalado na entrada principal de água do apartamento. O mesmo é conectado na placa microcontroladora Arduino UNO.
- A vazão da água será medida em pulsos ao passar pelo sensor, e convertida para L através de algoritmo desenvolvido.
- As informações de vazão são captadas pelo sensor e gerenciadas pelo microcontrolador Arduino que envia os dados para o servidor.
- Uma vez armazenados no banco de dados, estes dados ficam à disposição para eventuais consultas e análises.
- Os dados são tratados e apresentados no sistema *web* com resultados em forma de gráficos e relatórios.

Na Figura 14 é esboçado de forma simples uma ilustração do funcionamento do sistema. Servirá como auxílio visual para melhor compreensão do estudo realizado.

Figura 14 - Fluxo de funcionamento do sistema

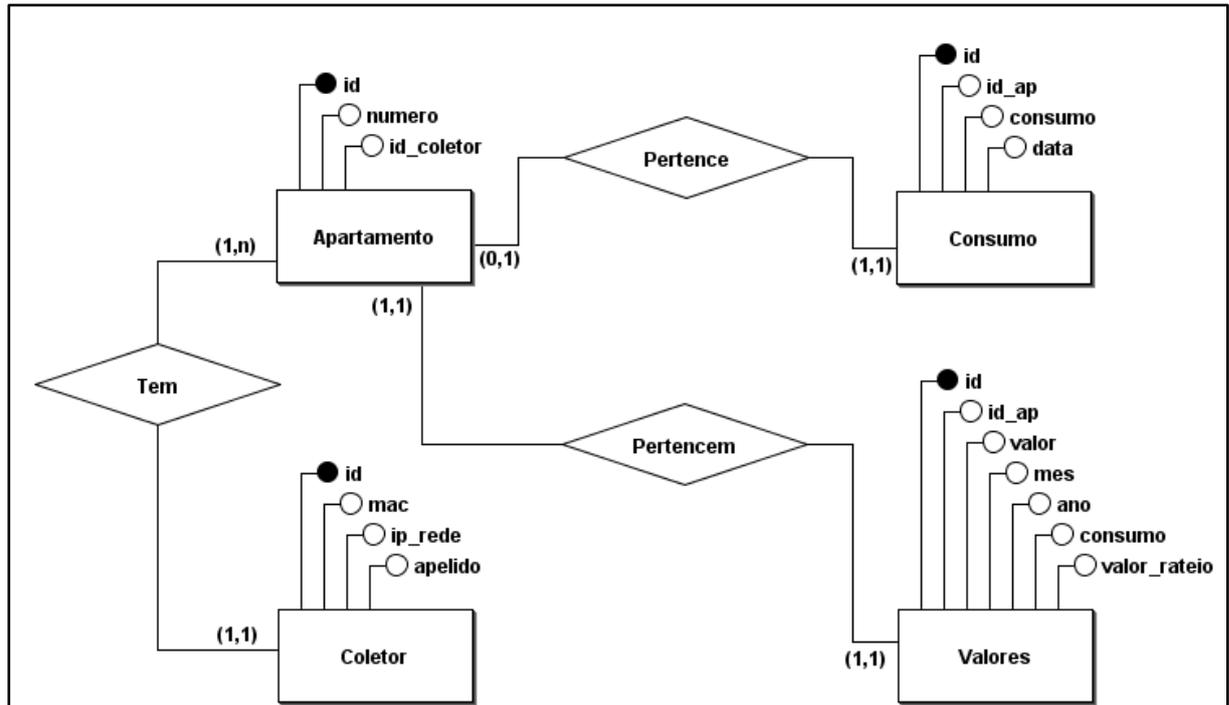


Fonte: O autor.

4.2.2 Modelo Entidade-Relacionamento (ER)

O modelo de dados Entidade-Relacionamento (ER), também conhecido como modelo de dados de alto nível ou conceitual é baseada no modelo Entidade-Relacionamento que foi introduzido por Peter Pin-Shan Chen, em 1976. É uma das técnicas de modelagem semântica mais conhecidas e, possivelmente, uma das mais utilizadas. DATE (2004, p. 355). Tal modelagem também foi escolhida para utilização no desenvolvimento do trabalho proposto. Na figura 15 podemos observar o desenho do modelo Entidade-Relacionamento utilizado para estruturar o banco de dados do sistema.

Figura 15 - Modelo Entidade-Relacionamento

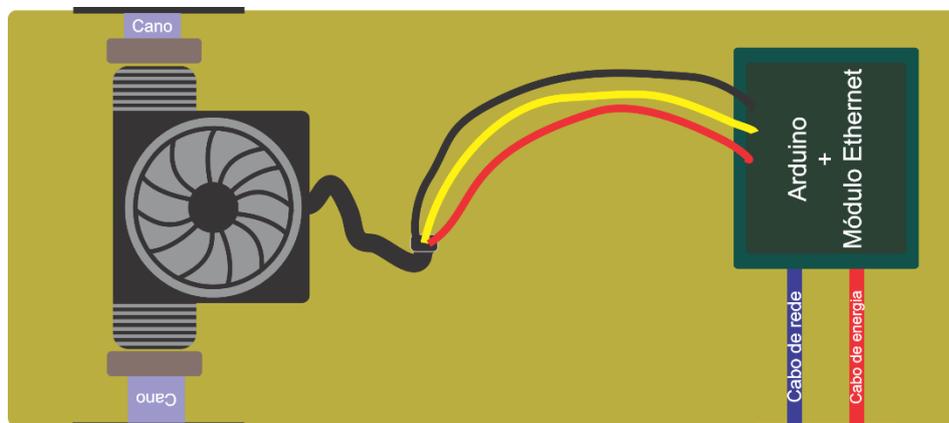


Fonte: O autor

4.3 Fazer o esboço do protótipo: Contextualização (Passo 3)

Na figura 16 é esboçado o desenho do protótipo a ser construído detalhando as todas as suas ligações.

Figura 16 - Esboço do protótipo



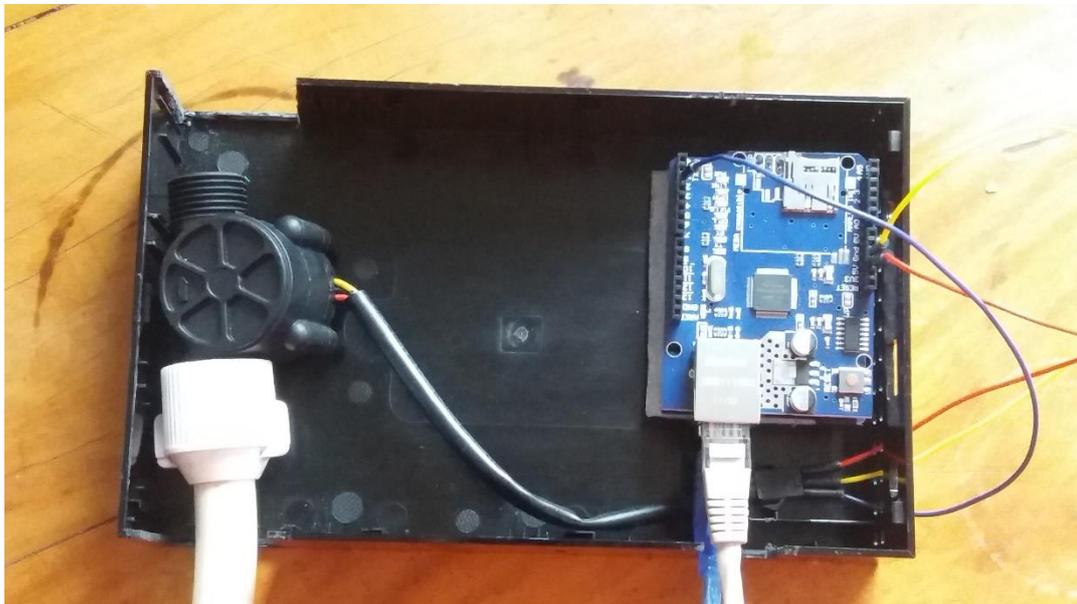
Fonte: O autor

4.3.1 Prototipagem: Contextualização (Passo 4)

Prototipagem é uma técnica, não simplesmente uma ferramenta. O uso da criatividade na construção de protótipos pode dispensar maiores esforços na implementação. Segundo Pressman (2016), a prototipação costuma ser a melhor escolha de abordagem quando o cliente não consegue identificar de forma detalhada os requisitos para funções e recursos, o desenvolvedor encontra-se inseguro quanto à eficácia de um algoritmo, ou quando existe dúvida quanto à forma em que deve ocorrer a interação homem/máquina. Usando como base a definição do contexto citado pelo autor, neste trabalho faz-se uso da prototipagem com o intuito de elucidar e simular uma real implementação do sistema na problemática citada no trabalho.

Na Figura 17 é mostrado a imagem do protótipo da interface de medição de consumo.

Figura 17 - Protótipo da interface de medição de consumo

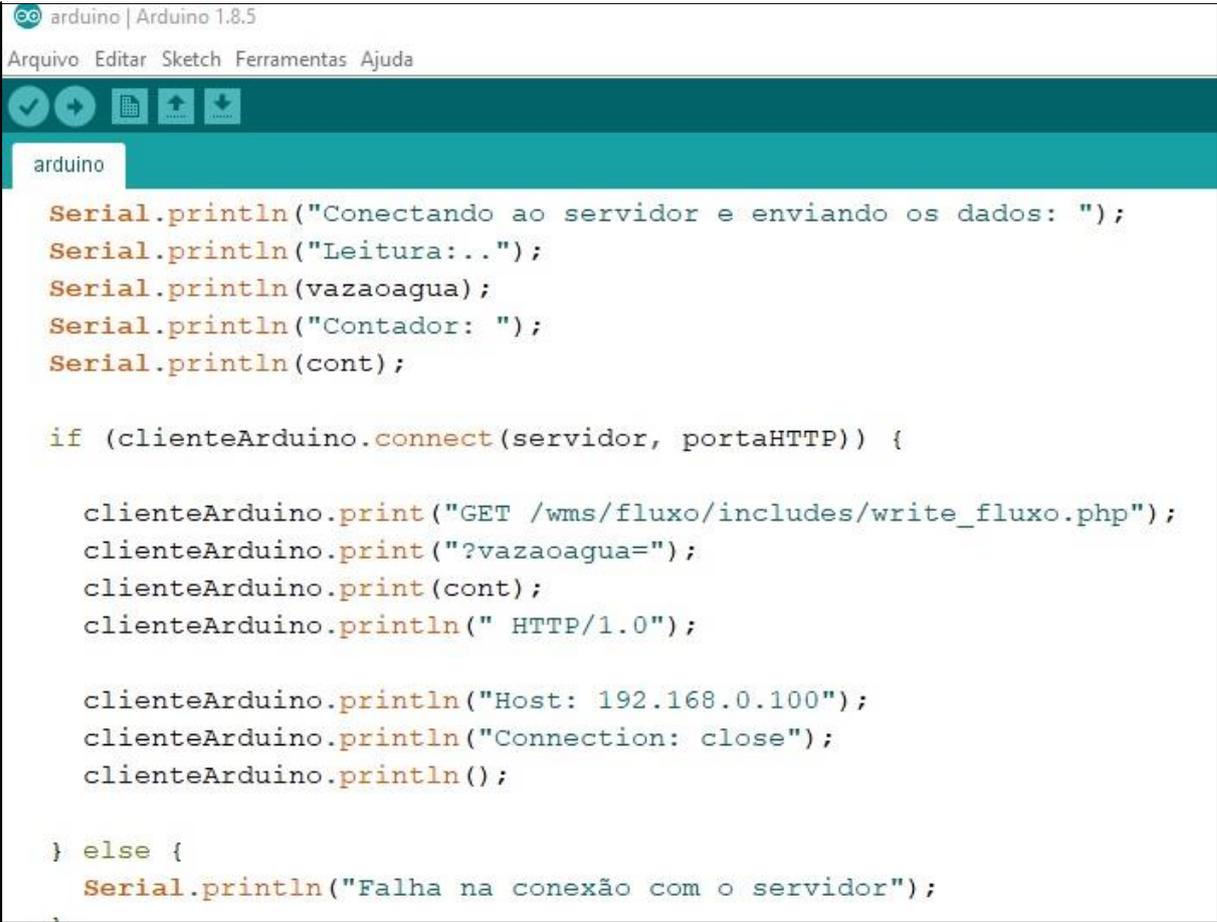


Fonte: O autor

As coletas das informações vindas do sensor de fluxo de água foram tratadas e ajustadas através de um algoritmo desenvolvido em linguagem própria para o Arduino e dentro de sua própria IDE. Este algoritmo identifica a vazão que está passando pelo sensor e acumula a quantidade de pulsos recebida, após isso faz a

conversão desse valor para litros. Ainda no mesmo algoritmo é feita a atribuição de um endereço de IP da rede para a placa Arduino e é aberta uma conexão com o servidor para poder transmitir o valor do consumo acumulado. Na Figura 18 pode-se ver mais detalhadamente parte do código que faz o envio de dados ao servidor. A conexão é feita através do protocolo *http* pelo método *get* enviando os dados de consumo para o endereço do servidor.

Figura 18 - Algoritmo utilizado para enviar dados ao servidor



```
arduino | Arduino 1.8.5
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

arduino

Serial.println("Conectando ao servidor e enviando os dados: ");
Serial.println("Leitura:..");
Serial.println(vazaoagua);
Serial.println("Contador: ");
Serial.println(cont);

if (clienteArduino.connect(servidor, portaHTTP)) {

    clienteArduino.print("GET /wms/fluxo/includes/write_fluxo.php");
    clienteArduino.print("?vazaoagua=");
    clienteArduino.print(cont);
    clienteArduino.println(" HTTP/1.0");

    clienteArduino.println("Host: 192.168.0.100");
    clienteArduino.println("Connection: close");
    clienteArduino.println();

} else {
    Serial.println("Falha na conexão com o servidor");
}
```

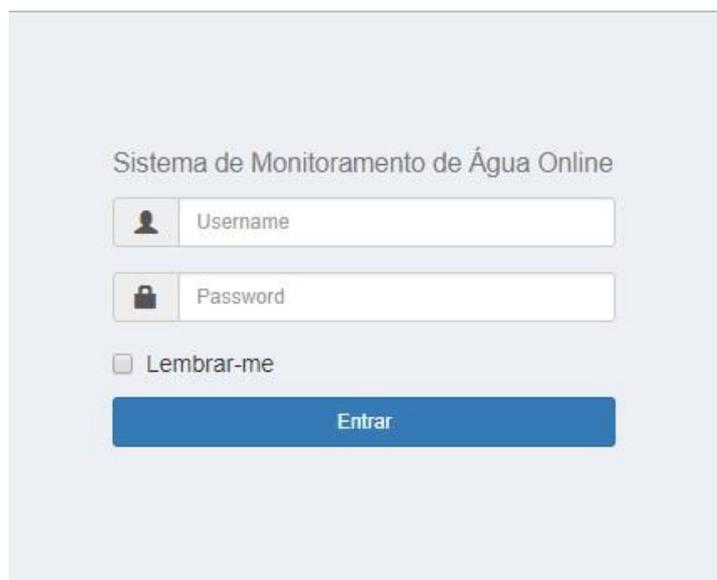
Fonte: O autor

4.4 O Sistema Web

Com o intuito de facilitar o acesso as informações geradas pelo protótipo e de permitir ampliar tais informações, desenvolveu-se o sistema *web* em linguagem de programação PHP e bibliotecas *Java Script* para confecção dos gráficos e *dashboards*. O sistema possui uma tela de *login* como mostra a imagem abaixo, onde separa o acesso de cada usuário e suas permissões. Os acessos se dividem

em dois: os moradores dos apartamentos e a pessoa responsável (administradora) em gerir o sistema e fazer o rateio do valor das faturas. Na Figura 19 é apresentado a tela de *login* do sistema.

Figura 19 - Tela de login



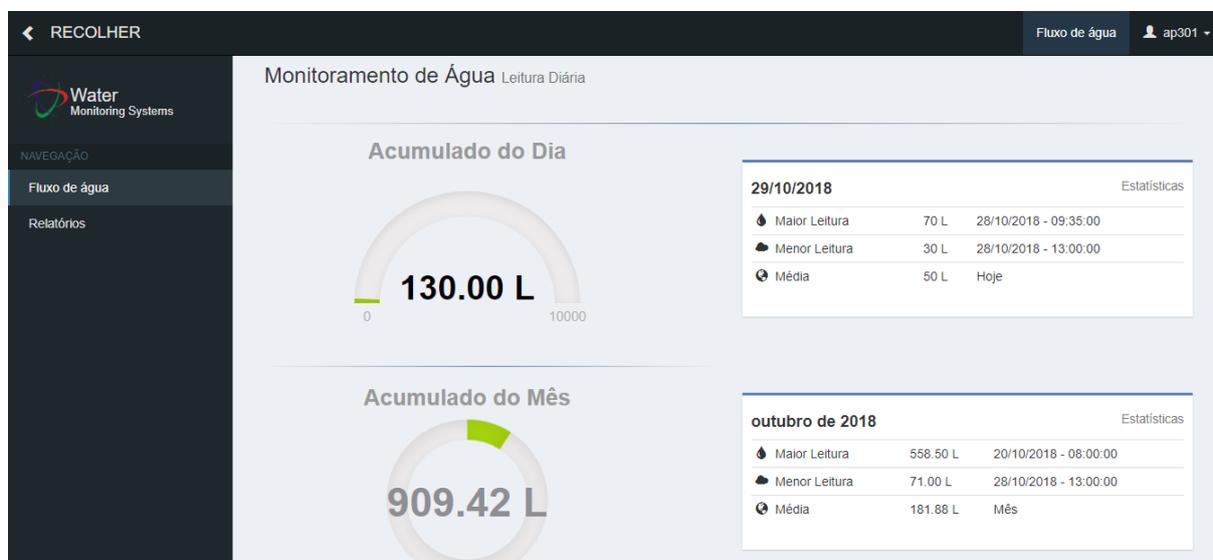
A imagem mostra a interface de login do sistema. No topo, o título "Sistema de Monitoramento de Água Online" é exibido. Abaixo dele, há dois campos de entrada: "Username" com um ícone de usuário e "Password" com um ícone de cadeado. Abaixo dos campos, há uma opção "Lembrar-me" com uma caixa de seleção desmarcada. No final, há um botão azul com o texto "Entrar".

Fonte: O autor

4.4.1 O Sistema na visão do usuário

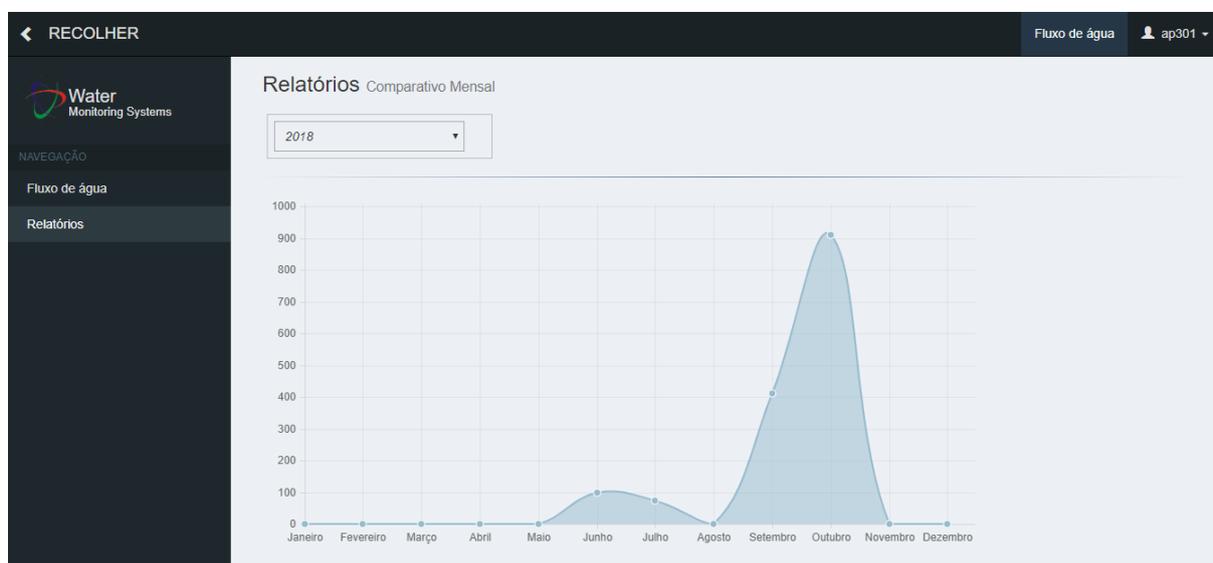
Para o usuário comum, o acesso se restringe a um aspecto informativo com telas que mostram informações do consumo, de gênero comparativo e explicativo. Na tela inicial existem informações do consumo acumulado do dia e do mês, qual foi o dia e hora em que se obteve o maior e menor consumo, além da média de consumo diária e mensal. Quanto aos gráficos demonstram o consumo acumulado do dia e do mês, como é mostrado na Figura 20. A segunda tela permite ao usuário fazer um comparativo de consumo mês a mês filtrando apenas o ano em que se quer analisar, isso é apresentado na Figura 21 onde os meses estão no eixo "x" e o consumo no eixo "y".

Figura 20 - Tela de consumo do usuário



Fonte: O autor

Figura 21 - Relatório de consumo mensal



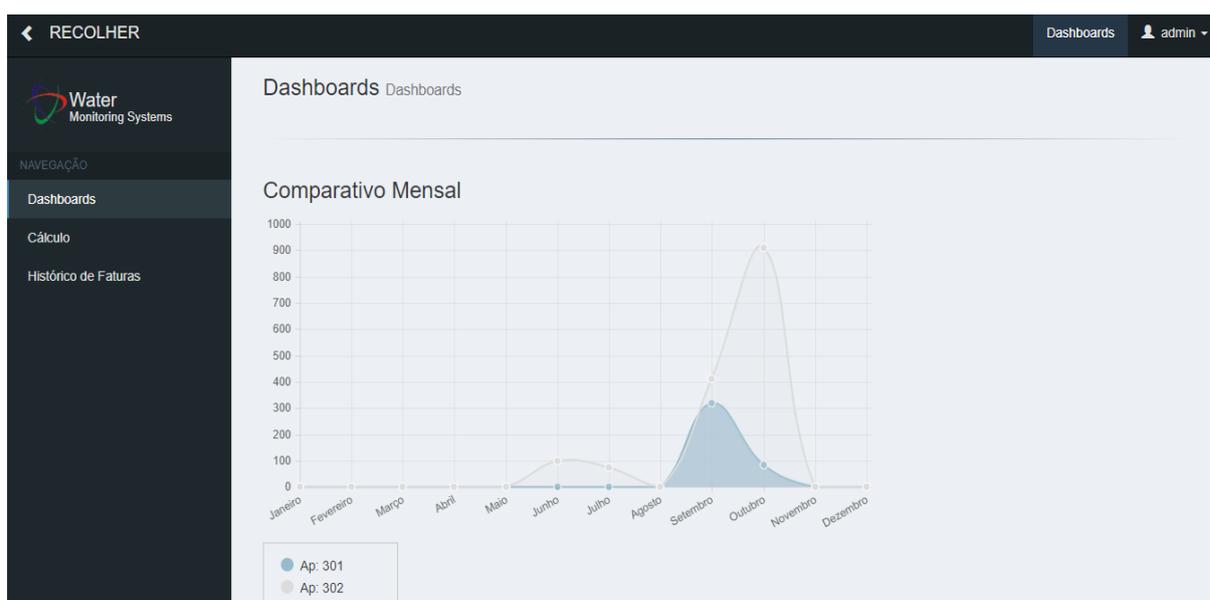
Fonte: O autor

4.4.2 O Sistema no perfil de administrador

O administrador do sistema, ou pessoa responsável por administrar o sistema, terá acesso a uma visão diferente, deixando de olhar o individual para

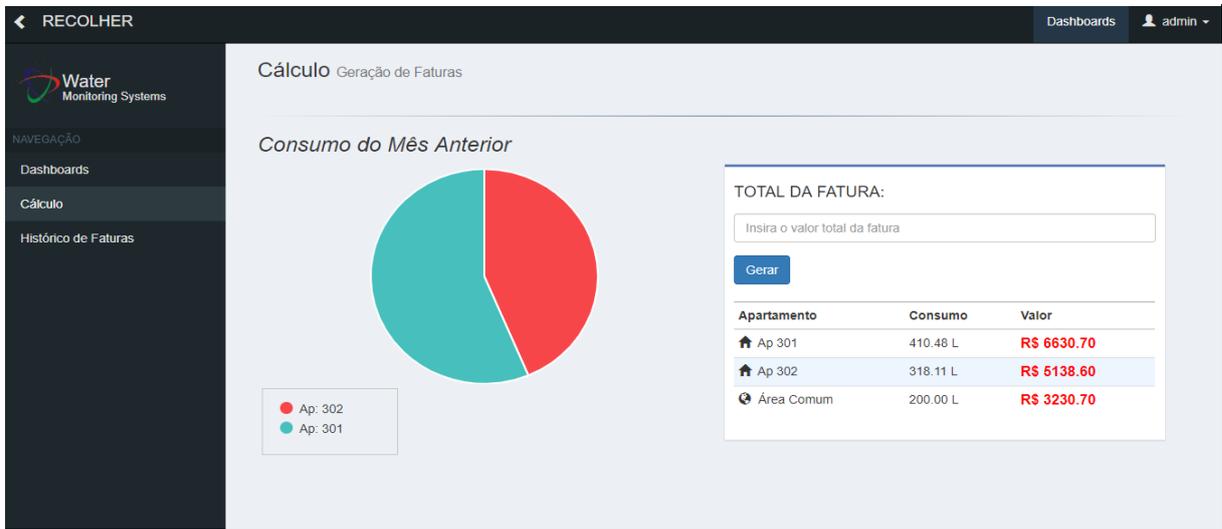
enxergar o coletivo. Neste âmbito seu acesso tem uma amplitude maior permitindo ter um comparativo de consumo mensal por apartamento, onde os meses estão no eixo “x” e o consumo no eixo “y”, isso é demonstrado na Figura 22. Além desta, mais duas telas fazem parte do seu plantel de acesso: a primeira, Figura 23, mostra o consumo do mês anterior dos apartamentos e permite introduzir o valor da fatura de água do prédio todo gerando assim, para cada apartamento, o valor a ser pago de acordo com o consumo de cada um. A última tela, Figura 24, dá acesso ao histórico de faturas mensal em valores de cada apartamento. Todos os dados foram experimentais, fictícios, fomentados para suprir a necessidade de informações para se gerar resultados de relatórios. Com ressalva dados ressesntes que provém de testes feitos com protótipo desenvolvido.

Figura 22 - **Comparativo de consumo mensal por apartamento**



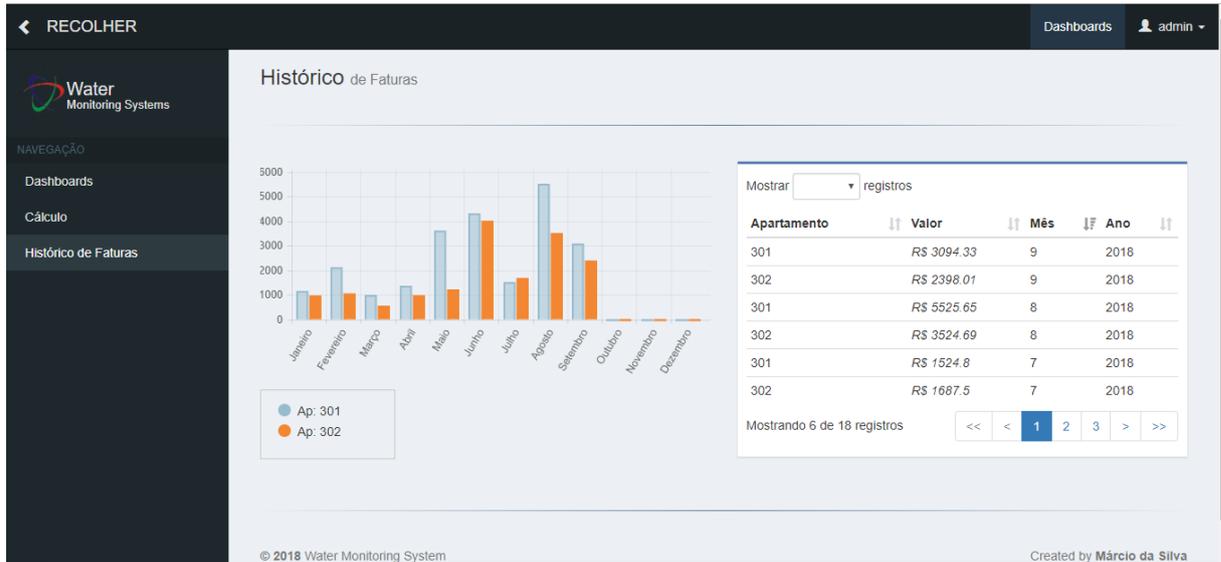
Fonte: O autor

Figura 23 - Tela de rateio de valores



Fonte: O autor

Figura 24 - Histórico de faturas em valores



Fonte: O autor

5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A medição individualizada de água afeta direta e indiretamente diversas áreas, tais como o meio ambiente, por induzir o usuário, ainda que inconscientemente a controlar e reduzir seu consumo, tendo em vista que o próprio consumidor, por ter uma cobrança mais justa no valor de sua fatura mensal, passa a se conscientizar. Ainda o administrador do condomínio que consegue gerir com facilidade o rateio da fatura com o uso do sistema desenvolvido.

Este trabalho buscou avaliar o impacto do sistema em um processo cotidiano de um condomínio, que é o consumo de água, no que diz respeito ao seu uso. E propôs uma nova alternativa para o rateio de valores pagos pela utilização deste serviço.

Ao término do mesmo, verifica-se que os objetivos foram alcançados. Através do protótipo desenvolvido, o qual simula o consumo de água em um apartamento de um condomínio, e do sistema *web*, cuja finalidade é explanar dados do consumo e atribuir valores monetários às faturas dos moradores por meio de rateio, chegou-se à conclusão de que o trabalho criado, atendeu a necessidade do problema proposto. Levando-se em consideração os gráficos gerados por meio de simulações de consumo, observou-se que as informações são de grande utilidade, tanto para moradores, como para o administrador do condomínio. Sendo assim conseguiu-se fazer uma análise coerente do sistema como um todo, e se alcançou o objetivo proposto que era o desenvolvimento de um sistema computacional que tivesse a capacidade de fazer o monitoramento do consumo de água em condomínios.

Podemos destacar dois importantes pontos que se alcançou ao findar deste trabalho: uma cobrança mais justa da fatura de consumo de água para os moradores, e a possibilidade de redução do consumo com um todo por parte dos moradores. Isto porque uma vez este sistema implantado, o valor do pagamento das faturas será feito com base no consumo real de cada apartamento. Sabendo que o valor pago tem relação com o consumo obtido, cada morador terá a liberdade e autonomia de reorganizar seu consumo com o intuito de reduzi-lo ao máximo que puder.

Em um contexto geral atingiu-se o resultado esperado para o objetivo proposto, e ao mesmo tempo, se abriu possibilidades para novos estudos dentro da área proposta, suprimindo arestas do problema levantado com um todo, que não foram

tratadas no trabalho realizado pois são alheias ao objetivo traçado. Entre tantas, podemos citar: identificar problemas de vazamentos nas tubulações, desenvolvimento de um aplicativo do sistema, identificar partes do apartamento que consomem mais água, limitar o uso excessivo da mesma, mostrar informações de valores para o morador, entre outras. Tais estudos ficarão para trabalhos futuros, onde poderão ser estruturados e incorporados ao trabalho atual.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Maria Conceição Rodrigues de; MAZZORCA, Antonio Carlos M.; SILVA, Mirtes Moreira. Meio ambiente e cidadania: a educação ambiental como instrumento de resgate da identidade e auto-estima de uma comunidade, na busca pela melhoria da qualidade de vida – uma experiência com alunos de ensino fundamental, numa escola municipal da zona leste de São Paulo. Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 6, 2002, Vitória. Biblioteca Virtual em Saúde, 2002, p. 1-21. Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/ccxxiv.pdf>>. Acesso em: junho 2018.

ALMANAQUE BRASIL SOCIOAMBIENTAL, p. 297. Disponível em <<https://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/publicacoes/10297.pdf>> Acesso em: dezembro 2018.

Ashton, K. (2009). That 'internet of things' thing. *RFID Journal*, 22(7):97–114.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15538/2007:Hidrometros para água fria - Ensaio para avaliação de desempenho de hidrômetros em alta e baixa vazões em hidrômetro até 25 m³/h de vazão nominal para água fria. ABNT, 2007.

BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos. 12.ed. Porto: Porto, 2003.

BORSOI, Zilda; TORRES, Solange. A Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil. [bndes.com.br](http://www.bndes.com.br). 1997. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev806.pdf>>. Acesso em: junho 2018.

BRISCOE, J. Evaluating water supply and other programs: short-run vs long-run mortality effects. *Public Health*, v.99, n.3, p. 142-145, 1985.

BRITO; L. T. L; PORTO, E. R; SILVA, A. S. Disponibilidade de água e gestão dos recursos hídricos. Embrapa Semi Árido. Petrolina. PE. 2007. Disponível

em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36533/1/OPB1514.pdf>>
Acesso em: 11 junho 2018.

Bourdieu, P. (1977). Outline of a theory of practice. Cambridge, England: Cambridge University Press.

CAMPBELL, Donald T.; STANLEY, Julian C. Delineamentos experimentais e quase experimentais de pesquisa. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1979.

CARVALHO, Mauricio Feo Pereira Rivello de. Automação e controle residencial via internet utilizando arduino. In: SEMANA DE EXTENSÃO, 1. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: [online], 2011. Disponível em: <http://portal.cefetrij.br/files/extensao/outros/livro_sem_ext_2011.pdf#page=34>. Acesso em: junho, 2018.

CASTELLS, M. 1999. La Era de la informacion: economía, sociedad y cultura. México: Siglo Veintiuno Editores, 1999.

CEMIG. A CEMIG e o futuro – Inovação e Sustentabilidade. Disponível em: <<https://goo.gl/09X1R4>>. Acesso em: 11 de junho de 2018.

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. In: THEODORO, S.H. (org.) Conflitos e Uso sustentável dos Recursos Naturais. Rio de Janeiro: Ed. Garamond. 2002.

CLARKE, R; KING, J. O Atlas da Água: O mapeamento completo do Recurso Mais Precioso do Planeta. São Paulo - SP: Publifolha, 2005. 128p.CNRH. Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. Brasília, 2003.

COELHO, A. C. Medição de água individualizada: manual do condomínio. Olinda: Luci Artes Gráficas, 2004.

DELMÉE, G. J. Manual de Medição de Vazão. 3.^a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.ISBN 85-212-0321-7.

DICIONARIO AURÉLIO, 2018. <<https://dicionariodoaurelio.com/gerenciar>> Acesso em: dezembro 2018.

EDITORIAL CONCEITOS, Estudar e Trabalhar, São Paulo, outubro de 2016. Disponível em: < <https://conceitos.com/estudar-trabalhar/>> Acesso em dezembro 2018.

ELMASRI, R. & NAVATHE, S. B. Sistemas de Banco de Dados. 6ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

EVAN, D. A Internet das Coisas: Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. White paper Cisco, abril de 2011. Disponível em: <http://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf>. Acesso em: 11 de junho 2018

FAUSTINO, F.; Dia Mundial da Água. Revista Meio Ambiente Industrial, São Paulo: Editora Tocalino LTDA, 2010.

FIGUEIREDO, Antônio Macena de; SOUZA, Soraia Riva Goudinho de. Como elaborar projetos, monografias, dissertações e teses: da redação científica à apresentação do texto final. – 4. ed. – Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2011.

FOLETTTO, T. B. Projeto de instalações hidráulicas com medição individualizada em edifícios residenciais. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

FOX, Robert W; McDonald, Alan T. Introdução à Mecânica dos Fluidos 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

FOX, Robert W; McDonald, Alan T. Introdução à Mecânica dos Fluidos 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

FREIRE, Paulo; HORTON, Myles. O Caminho se faz caminhando – Conversas sobre educação e mudança social. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 2003.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GILES, Randal V. Mecânica dos Fluidos e Hidráulica – São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982. 106p.

GOMES, Daniela Vasconcellos. Educação para o consumo ético e sustentável. Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental. Rio Grande do Sul, v.16, p.18-31 jan. /jun. 2006. Disponível em: <<http://www.remea.furg.br/edicoes/vol16/art02v16.pdf>>. Acesso em: junho 2018.

GUIMARÃES, A. B. Medidor de Vazão Proporcional para a Quantificação do Consumo de Água na Irrigação. 2007. 79 p. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

HOLANDA, A. Medição individualizada de água em apartamentos: uma questão de justiça. Revista Saneas. São Paulo, v.2,n.22,p.8-13,mar.2006.

IBGE, 2010. Censo Demográfico de 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso em 06-2018.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Síntese dos Indicadores Sociais. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em dezembro 2018.

JACOBI, Pedro. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. Cadernos de Pesquisa. N. 118, p 189-206. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cp/n118/16834.pdf> > Acesso em: junho 2018.

KENSKI, Vani Moreira. Educação e tecnologias – 2ª Edição. Local Campinas, Papirus, 2007.

LEVY, P. As tecnologias da inteligência. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1993.

LINDEMANN; I. L.; SERAFIM, A.L.; VIEIRA, E. L. Importância da água no organismo humano. Janeiro/Junho. 2004. Disponível em: <<http://sites.unifra.br/Portals/35/Artigos/2004/41/importancia.pdf> > Acesso em: 17 junho 2018.

Lévy, P. (1996). O que é o virtual (P. Neves, trad.). São Paulo, SP: Editora 34.

MACHADO, Carlos. Water resources and citizenship in Brazil: limitations, alternatives and challenges. Ambient. soc. [online], vol. 6, no. 2, p. 121-136, 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414753X2003000300008&script=sci_arttext&lng=pt. Acesso em: junho 2018.

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: 11 de junho 2018

MANUAL PHP, 2018. O que é o PHP?. Disponível em: <https://secure.php.net/manual/pt_BR/intro-what-is.php> Acesso em dezembro 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MATTAR, F. N. Pesquisa de marketing. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MELO, F. B. Avaliação Metrológica da Incerteza na Medição de Vazão Mássica de Gases com Tecnologias Volumétrica e Pressão Diferencial. 2007. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MILAGRES, Marcos. Questionário Internet das coisas. Sete Lagoas, 03 de junho de 2015.

MIRANDA, Evaristo Eduardo de. A água na natureza e na vida dos homens – Aparecida, SP: ideias e Letras. 2004.

OLIVEIRA, L. H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. Tese de doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OMEGA, Turbine and Paddle Wheel Flowmeters: Technical Reference Section. Disponível em: http://www.omega.com/toc_asp/frameset.html?book=Green&file=TURBINE_PADDLE_REF. Acesso em 16 de junho de 2018

Oliveira, Sergio (2017). Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI. São Paulo: Novatec.

POTTER, Merle C. Mecânica dos Fluidos – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. 221p.

QUEBÉC. Water. Our Life. Our future. Québec Water Policy. Quebec, 2002.

ROMA, Woodrow Nelson L. Fenômenos de transporte para engenharia. São Carlos: RiMa, 2003.

SACO, D. Cybering democracy: public space and internet. London: Electronic Mediations, 2002.

SANJEEV, Arvind. Make an Arduino flow rate sensor to measure water flow for a variety of applications, 2018. Disponível em: < <https://maker.pro/arduino/tutorial/how-to-interface-arduino-with-flow-rate-sensor-to-measure-liquid/> > Acesso em dezembro 2018.

SANTANA, Ivan. Questionário Internet das coisas. Sete Lagoas, 03 de junho de 2015.

SELLTIZ, C.; WRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. W. Métodos de pesquisa das relações sociais. São Paulo: Herder, 1965.

SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, Henry F.; SUDARSHAN, S. Sistema de banco de dados. São Paulo: MaKron Books do Brasil, 1999.

SILVA, Daniel. O Espírito da Lei Brasileira das Águas: Lei Federal 9.433/97. Canadá, 2005. 20p. Trabalho não publicado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento 2015. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: fevereiro 2017.

SOUZA, D.J. Desbravando o PIC: Ampliado e Atualizado para PIC 16F628A. 6 ed. São Paulo: Érica, 2003.

SPERLING, Marcos Von. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 1. ed. Volume 7. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

Serres, M. (1994). Atlas. Paris, France: Julliard.

THORNTON, J.; KUNKEL, G. Understanding the types of water loss. In: THORNTON J. Water loss control manual. Unites States: Mc Graw-Hill, 2002. 645 p. Disponível em:

<<http://www.mhprofessional.com/product.php?isbn=0071500642&promocode=WTG OOG&fromgoogle=yes#>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

TUCCI, Carlos E. M. Gestão da água no Brasil. Brasília: UNESCO, 2001. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001298/129870POR.pdf> Acesso em: 17 junho 2018

Whately, M., Blauth, F. e Weis, B. (2008), "Água nas metrópoles, o risco da escassez", Le Monde Diplomatique Brasil.

YAMADA, E.; PRADO, R. e IOSHIMOTO, E. Os impactos do sistema individualizado de medição de água. Boletim técnico – Escola Politécnica da Usp. São Paulo. 2001.

ZURITA, M. Microcontroladores. 2012. Disponível em: <http://www.ufpi.edu.br/subsiteFiles/zurita/arquivos/files/UFPI-Microcontroladores_5-Microcontroladores-v1_1.pdf>. Citado na página 19.