



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA – UFRR
NÚCLEO DE ESTUDOS DO EMPREENDEDORISMO, INOVAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - NEEDS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO - PROFNIT**

ARMSTRONG CAMPELO BATISTA

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA OTIMIZAÇÃO DO
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DESCARTADA POR
CONDICIONADORES DE AR**

BOA VISTA, RR

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA – UFRR
NÚCLEO DE ESTUDOS DO EMPREENDEDORISMO, INOVAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - NEEDS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO - PROFNIT**

ARMSTRONG CAMPELO BATISTA

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA OTIMIZAÇÃO DO
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DESCARTADA POR
CONDICIONADORES DE AR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação - PROFNIT, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Inovação Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio
Mendonça Alves Da Costa

BOA VISTA, RR

2019

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

B333d Batista, Armstrong Campelo.

Desenvolvimento de protótipo para otimização do aproveitamento de água descartada por condicionadores de ar / Armstrong Campelo Batista. – Boa Vista, 2019.

44 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Mendonça Alves Da Costa.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação - PROFNIT.

1 - Sistemas embarcados. 2 - Irrigação. 3 - Desenvolvimento sustentável. 4 - Inovação tecnológica. I - Título. II - Costa, Luiz Antônio Mendonça Alves Da (orientador).

CDU - 631.67

Ficha Catalográfica elaborada pela:
Bibliotecária/Documentalista: Maria de Fátima Andrade Costa - CRB-11/453-AM

TERMO DE APROVAÇÃO
ARMSTRONG CAMPELO BATISTA

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA OTIMIZAÇÃO DO
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DESCARTADA POR CONDICIONADORES
DE AR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação - PROFNIT, como requisito para obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação - PROFNIT. Defendida em 26 de fevereiro de 2019 e avaliada pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Luiz Antonio M. Alves Da Costa
Orientador/PROFNIT - UFRR

Profa. Dra. Cristina Gomes de Souza
PROFNIT - UFRJ

Prof. Dr. Celso Barbosa Carvalho
PPGEE - UFAM

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, José Batista (In memoriam) e Marieta Campelo, os grandes responsáveis por cada conquista em minha vida, os meus maiores incentivadores, aos meus irmãos Atmam, Marsolange, Márcia, Magna e Perla, pelo apoio e dedicação que me possibilitaram cumprir essa etapa a minha esposa Ingrid Daiane Lima e meus filhos Eduardo Davi e Abner.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde, determinação e persistência para alcançar meus objetivos.

À Universidade Federal de Roraima - UFRR, pela minha formação acadêmica.

Ao Dr. Luiz Antonio Mendonça Alves da Costa pelas contribuições no processo de orientação, pelos conhecimentos transmitidos, por toda confiança e oportunidade de desenvolver este trabalho. Agradeço a paciência nas nossas conversas e principalmente agradeço por sua amizade.

À Coordenação do Curso pelo apoio e incentivo. Aos professores, funcionários e colegas do programa de pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, que de alguma maneira estiveram envolvidos na minha caminhada.

Aos meus pais José Batista e Marieta Campelo, exemplos de seres humanos extraordinários, em seus corações o amor, carinho, respeito, a alegria e a honestidade sempre fizeram morada.

Aos meus irmãos Atmam, Marsolange, Márcia, Magna (Pepeta) e Perla pelos momentos de alegria, companheirismo e pela torcida de sempre; e a todos os demais familiares que sempre estiveram presentes, mesmo que em pensamento e com orações.

Aos meus sobrinhos William Luís, Luís Fernando, José Matheus, Sofia, Erica Milena, Bruna Léa, Ana Melina e a mais nova integrante da família, Nina Vitória, por serem meus momentos de alegria e paz;

À minha esposa Ingrid Daiane e aos meus filhos Eduardo Davi e Abner pelo amor, carinho e compreensão pelas ausências, e que certamente me motivaram a perseverar neste trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente no processo de construção deste trabalho, em especial à natureza.

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA OTIMIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DESCARTADA POR CONDICIONADORES DE AR

RESUMO

A água residual dos condicionadores de ar é produzida sem custos adicionais e pode ser aplicada em irrigação urbana como fonte alternativa contribuindo para a conservação das águas dos mananciais e favorecendo o microclima urbano. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um protótipo para otimizar o aproveitamento dessa água em irrigação microcontrolada, pois, apesar encontrar-se na literatura pesquisas que implementam sistemas de coleta desse líquido não se observou a implementação de sistemas a otimização do seu uso. Sua implementação foi realizada com a plataforma NodeMCU-ESP8266 e servidor Web compondo-se um sistema embarcado incorporado com o conceito de Internet das coisas como ferramenta de controle e monitoramento remoto. A água é coletada em reservatório apropriado e drenada por gravidade em até três setores de irrigação de acordo com a programação feita pelo usuário na aplicação Web e enviada ao ESP8266. Aplicação de novas tecnologias na confecção de protótipos contribui com ações de inovação para criação de produtos mais eficientes e funcionalidades adicionais que podem ser aproveitadas na promoção do desenvolvimento sustentável.

Palavras-Chave: Sistemas embarcados. Irrigação. Internet das coisas. Desenvolvimento sustentável. Inovação tecnológica

DEVELOPMENT OF PROTOTYPE FOR OPTIMIZATION OF THE USE OF WATER DISCARDET BY AIR CONDITIONERS

ABSTRACT

The residual water from air conditioners is produced no additional cost and can be applied urban irrigation as alternative source contributing to conservation springs water and favoring urban microclimate. The prototype developed aims to optimize the use that water in microcontrolled irrigation. Its implementation was accomplished with the platform NodeMCU-ESP8266 and Web server composing itself an embedded system incorporated with the concept of Internet of things like tool of control and remote monitoring. The water is collected in appropriate reservoir and drained by gravity in up to three irrigation sectors according to the programming done by the user in the Web application and sent to ESP8266. Application of new technologies in prototypes making has contributed to innovation actions creating more efficient products and additional functionalities that can be used to promote sustainable development.

Keywords: embedded systems, irrigation, Internet of things, sustainable development, technological innovation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes básicos de um sistema convencional de compressão de vapor.....	17
Figura 2 - Dendrograma com os grupos formados pelas capitais brasileiras....	18
Figura 3 - Gráfico de médias para umidade relativa anual para os grupos das capitais.....	18
Figura 4 - Gráfico de médias para temperatura média anual para os grupos das capitais.....	19
Figura 5 - Relações entre teor de umidade, temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa	19
Figura 6 - Modelo I – Mota, Oliveira e Inada (2011)	22
Figura 7 - Modelo II - Bastos e Calmon (2013).....	23
Figura 8 - Modelo III - Fortes, Jardim e Fernandes (2015)	24
Figura 9 - Modelo IV - Batista, Cezar e Nascimento (2015).	25
Figura 10 - Modelo V - Gomes e Reis (2016).....	26
Figura 11 - Diagrama em blocos - Metodologia.....	27
Figura 12 - Diagrama em blocos do sistema	28
Figura 13 - NodeMCU com ESP8266	29
Figura 14 - Tubo em PVC DN 100	32
Figura 15 - Componentes da distribuição	33
Figura 16 - Fluxograma do sistema.....	35
Figura 17 - Aplicação Web.....	36
Figura 18 - Protótipo	37
Figura 19 - Curvas de vazão do protótipo	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise físico-química da água condensada	20
Tabela 2 - Resultados de análises físicos- químicas da água condensada proveniente dos aparelhos de ar condicionado	20
Tabela 3 - Requisitos de hardware e plataformas pesquisadas	29
Tabela 4 - Comparativo de preço por metro linear e volume de tubos em PVC	32
Tabela 5 - Vazão do protótipo	40
Tabela 6 - Comparativo entre trabalhos correlatos e o trabalho desenvolvido .	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CSS - Cascading Style Sheets

GPIO - General-Purpose Input/Output

HTML - HyperText Markup Language

HTTP - HyperText Transfer Protocol

I2C - Inter-Integrated Circuit

IDE - Integrated Development Environment

IoT – Internet of Things

MHz - Mega Hertz

NTP – Network Time Protocol

OMS - Organização Mundial de Saúde

RAM – Random Access Memory

RF - Requisito funcional

RNF - Requisito não funcional

SCL - Serial Clock

SDA - Serial Data

UART - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

URL - Uniform Resource Locator

Vcc – Tensão em Corrente Contínua

Vca – Tensão em Corrente Alternada

Wi-Fi - Wireless Fidelity

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	JUSTIFICATIVAS	15
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1	SISTEMA DE AR CONDICIONADO.....	16
4.2	FONTE ALTERNATIVA DE ÁGUA.....	17
4.3	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO CONDENSADO	19
4.4	MODELOS UTILIZADOS PARA COLETA DE ÁGUA.....	21
4.4.1	Modelo I - Mota, Oliveira e Inada (2011)	21
4.4.2	Modelo II - Bastos e Calmon (2013)	22
4.4.3	Modelo III - Fortes, Jardim e Fernandes (2015)	24
4.4.4	Modelo IV - Batista, Cezar e Nascimento (2015)	24
4.4.5	Modelo V - Gomes e Reis (2016)	26
5	MATERIAIS E MÉTODOS	27
5.1	METODOLOGIA	27
5.2	VISÃO GERAL DO PROTÓTIPO	28
5.3	SUBSISTEMA DE HARDWARE.....	29
5.4	SUBSISTEMA DE SOFTWARE	30
5.5	SUBSISTEMA DE COLETA E ARMAZENAMENTO	31
5.6	SUBSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	33
5.7	SUBSISTEMA DE IRRIGAÇÃO	34
5.8	PROTÓTIPO	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A mitigação da escassez de água nas áreas urbanas exige ações de conservação da água nas quais se incluem: o uso racional, a minimização do consumo e utilização de fontes alternativas (EGITO, FONTANA, MORAIS, 2015). Em se tratando de fontes alternativas, tem-se a água descartada por condicionadores de ar, que apresenta grande potencial de aproveitamento contribuindo diretamente para a conservação da água (CARVALHO, CUNHA, FARIA, 2012).

Em termos de qualidade, as características físico-químicas dessa água são compatíveis com a Portaria MS N.º 518/2004 do Ministério da Saúde (CARVALHO, CUNHA, FARIA, 2012) e também em concordância com parâmetros internacionais da Organização Mundial da Saúde - OMS (ABDULGHANI, 2014), podendo ser aproveitada em bateria de automóvel, no radiador, descarga de banheiros, indústria, lavagem de tecidos, cultura de peixes em aquário e irrigação (AKRAM et al., 2018).

A água na zona urbana é usada principalmente para o abastecimento humano e industrial, mas ela também atua em conjunto com a vegetação como regulador do microclima urbano, pois sua capacidade de armazenar calor propicia o resfriamento da temperatura, melhorando a qualidade ambiental urbana (OLIVEIRA FILHO, 2015).

Entretanto, não se observa na literatura o desenvolvimento de protótipos que otimizem o aproveitamento da água para aplicação em micro irrigação, em especial em edificações já construídas.

O presente trabalho objetivou, portanto, desenvolver um protótipo que otimiza o aproveitamento da água com um sistema embarcado de gerenciamento de irrigação automatizada e incorporado com o conceito de Internet das coisas, contribuindo dessa forma com o aproveitamento de água gerada por fontes não convencionais e conseqüentemente com o desenvolvimento sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um protótipo que propicie a otimização do aproveitamento da água descartada por condicionadores de ar em irrigação microcontrolada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Modelar subsistema para coleta e armazenamento de água;
- ii. Modelar subsistema para irrigação;
- iii. Modelar subsistema de distribuição;
- iv. Desenvolver hardware para comando e controle do sistema;
- v. Desenvolver software para gerenciamento do sistema;
- vi. Desenvolver o protótipo.

3 JUSTIFICATIVAS

A questão do abastecimento e uso consciente de água tem-se tornado um tema recorrente na comunidade científica. A crise no abastecimento de água do sistema Cantareira, e seu agravamento em 2014, tem contribuído para chamar atenção da população daquela região – São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, bem como da população brasileira de um modo geral acerca dos impactos ambientais que contribuíram na redução drástica dos níveis dos reservatórios naturais. Esse alerta trouxe um apelo forte por ações que contribuam com o desenvolvimento sustentável (JACOBI, CIBIM, LEAO, 2015).

O desenvolvimento sustentável pode ser definido como sendo o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, garantindo a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações (Organização das Nações Unidas, 1983). Uma aplicação global do conceito de desenvolvimento sustentável é feita pela Agenda 21, lançada na Rio-92. Ela considera que, em razão do aumento do consumo e sua grande escassez em algumas regiões, a água passou a ser considerada como um bem econômico e uma questão-chave relacionada com o clima mais quente, assim como o aumento da população e da poluição (AGENDA 21, 1992).

Nesse sentido, pesquisadores têm se concentrado esforços para reduzir o consumo de água dos mananciais disponíveis por meio de trabalhos que desenvolvam técnicas que promovem o reuso e utilização de fontes alternativas de água (GOMES, REIS, 2016).

A água produzida por condicionadores de ar se mostra como uma fonte alternativa. A produção média em condicionadores de ar de 12.000 btu é de 340 ml por hora, conforme levantamentos de campo realizados. Sendo mais vantajosa a captação desse líquido em regiões quentes e úmidas (ABDULGHNI, 2014).

A vegetação no meio urbano atua principalmente no sentido de melhorar as condições ambientais urbanas e beneficiar a saúde física e psíquica de seus habitantes, além de outras vantagens econômicas e sociais (ROCHA, 2017).

Outra vantagem do aproveitamento da água proveniente de aparelhos de ar condicionado é o benefício econômico, uma vez que é possível reduzir os

gastos com água tratada quando ocorre o reuso desse bem para fins menos exigentes. O retorno econômico, embora seja à médio prazo, considerando o investimento de implantação, é significativo pois uma vez implantado o sistema de aproveitamento, os benefícios se tornam permanentes (AKRAM et al., 2018).

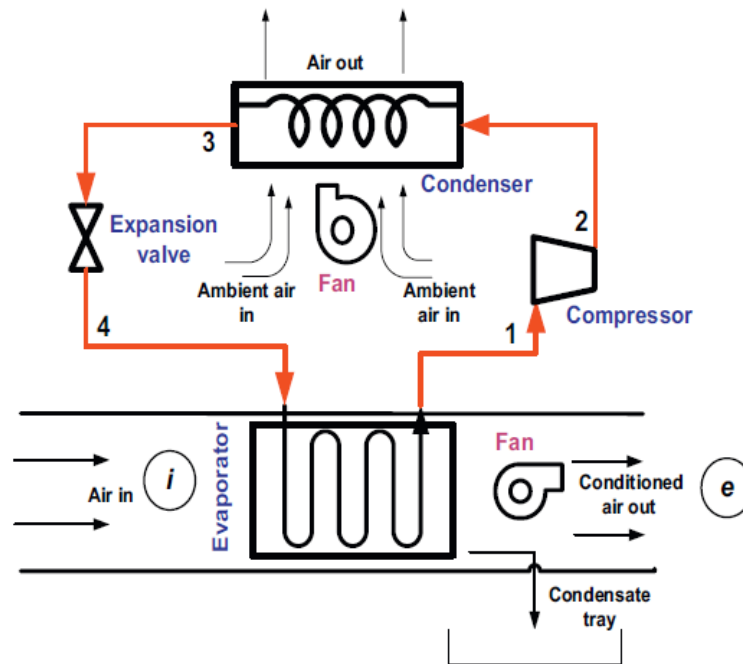
Levando-se em consideração que a maior concentração de condicionadores de ar está na área urbana, se contrapondo a baixa concentração de vegetação nas capitais do Brasil (ROCHA, 2017), foi desenvolvido um protótipo que otimiza o aproveitamento da água produzida em irrigação de pequenas proporções situadas em áreas urbanas.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 SISTEMA DE AR CONDICIONADO

O protótipo foi desenvolvido para sistemas de ar condicionado convencional de compressão de vapor do tipo split, mas pode ser adaptado em outros modelos. Esse sistema é composto por quatro componentes básicos: um compressor, um condensador, uma válvula de expansão e um evaporador conectado ao duto de ar, como mostrado na Fig. 1. Em uma operação do ciclo, a mistura de refrigerante absorve o calor do ar que passa pelo evaporador e sai como um saturado de vapor (estado 1). Quando a temperatura da superfície da bobina do evaporador está abaixo o ponto de orvalho do ar, a condensação de vapor de água ocorre (ABDULGHNI, 2014).

Figura 1 - Componentes básicos de um sistema convencional de compressão de vapor



Fonte: ABDULGHNI, 2014.

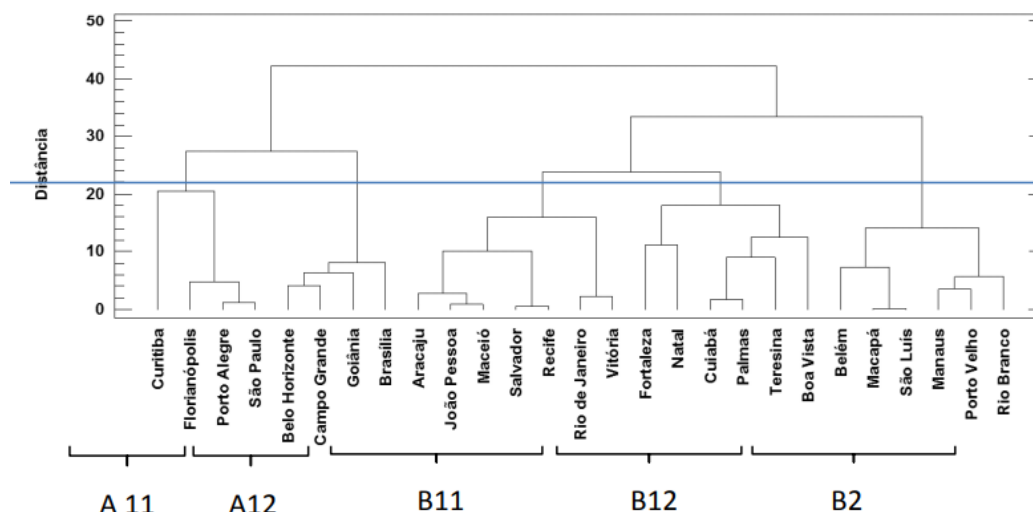
O vapor refrigerante é comprimido a pressão e temperatura mais altas (estado 2). O vapor superaquecido de alta pressão é resfriado no condensador pela corrente de ar circulante sai como um líquido (estado 3). O líquido de alta pressão refrigerante é expandido através de um tubo capilar onde a sua pressão cai (estado 4).

4.2 FONTE ALTERNATIVA DE ÁGUA

A água de condensação deve ser vista como uma fonte alternativa e não um reuso de água como observado nas literaturas pesquisadas: (AKRAN, 2018; PENGYU, 2015; MOTA, OLIVEIRA, INADA, 2011). A captação desse líquido se torna vantajosa principalmente em regiões quentes e úmidas, é o que conclui o trabalho desenvolvido por Abdulghni (2014) em Dhahran, Arábia Saudita, onde as temperaturas de bulbo seco e umidade relativa variam de 25 a 50 ° C e de 15 a 90%, respectivamente durante os meses de verão.

Características semelhantes são observadas em regiões específicas do Brasil, quando comparadas aos estudos de Fritzsos, Mantovani e Wrege (2017). Os autores subdividem as capitais em dois grupos e cinco subgrupos, Figura 2.

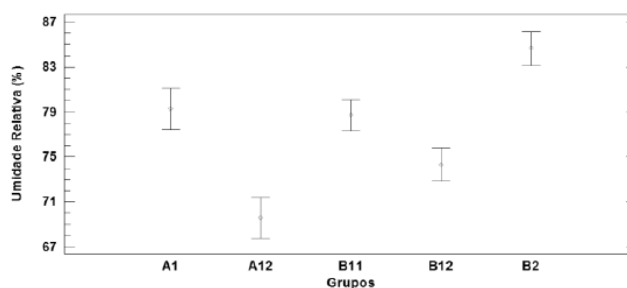
Figura 2 - Dendrograma com os grupos formados pelas capitais brasileiras



Fonte: Fritzsos, Mantovani e Wrege (2017)

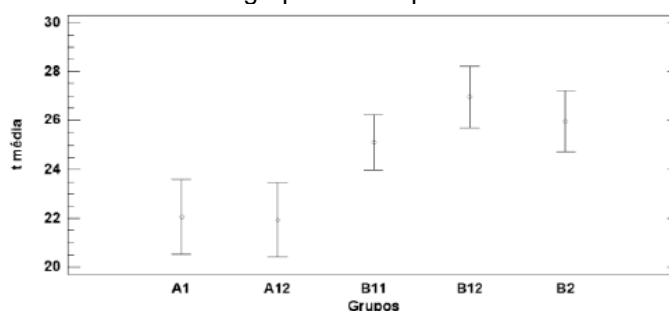
Em termos de umidade relativa, Figura 3, todos os subgrupos possuem valores dentro da margem observada por Abdulghni (2014). Entretanto os valores comparativos de temperatura, Figura 4, contemplam apenas os grupos B11, B12 e B2. Portanto as capitais desses subgrupos são as mais favoráveis ao aproveitamento da água descartada por condicionadores de ar.

Figura 3 - Gráfico de médias para umidade relativa anual para os grupos das capitais



Fonte: Fritzsos, Mantovani e Wrege (2017)

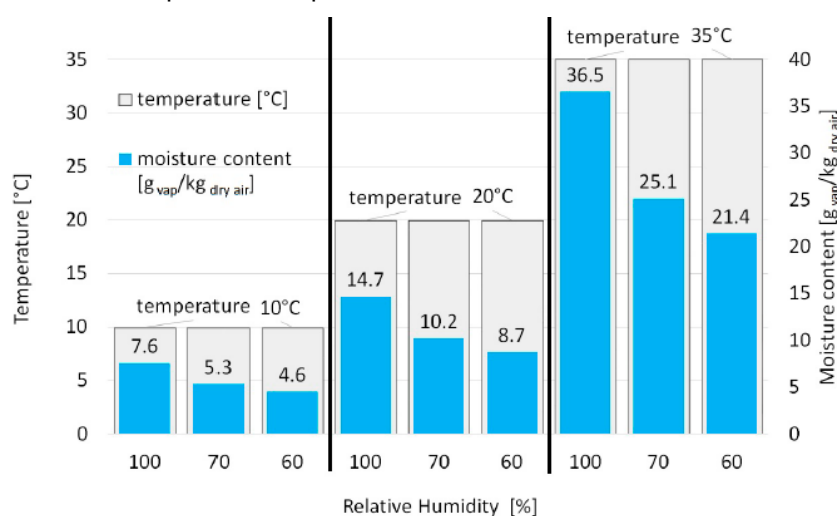
Figura 4 - Gráfico de médias para temperatura média anual para os grupos das capitais



Fonte: Fritzsos, Mantovani e Wrege (2017)

O teor de umidade no ar pode ser determinado por meio de três parâmetros: pressão total atmosférica, temperatura do ar e umidade relativa (MAGRINI et. al, 2017). Considerando-se a pressão atmosférica igual para 101.325 Pa, alguns valores da correspondência entre temperatura, umidade e umidade relativa estão representados na Figura 5.

Figura 5 - Relações entre teor de umidade, temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa



Fonte: MAGRINI et. al, 2017.

4.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO CONDENSADO

Estudos realizados demonstraram a boa qualidade da água produzida. Os testes químicos realizados por Abdulghni (2014) em uma amostra de condensado estão dispostos na Tabela 1. A análise inclui o total de sólidos dissolvidos (TDS), turbidez, pH, carbonatos e metais selecionados. Comparando os resultados com os valores máximos aceitos da Organização Mundial da

Saúde (OMS) revela que o condensado coletado pode ser usado como água potável depois de passar pelos processos microbianos requeridos (ABDULGHNI, 2014).

Tabela 1 - Análise físico-química da água condensada

Parameter	Condensate sample	Method detection limit	WHO guideline value
pH	6.52	–	6.5–8.5
Turbidity (NTU)	2.01	–	< 5
TDS (mg/l)	27	–	< 600
Cu (mg/l)	0.019	0.003	1
Fe (mg/l)	N/A	0.0001	0.3
Mn (mg/l)	0.007	0.0001	0.1
Mg (mg/l)	0.933	0.00005	N/A
Na (mg/l)	0.428	0.0003	N/A
Zn (mg/l)	0.02	0.002	5
Hg (mg/l)	N/A	0.001	0.001
Ca (mg/l)	5.08	0.00006	N/A
Cd (mg/l)	N/A	0.0009	N/A
Sr (mg/l)	0.023	0.00003	N/A
Chloride (mg/l)	0.7	–	250
Fluoride (mg/l)	N/A	–	1.5
Nitrate (mg/l)	1.71	–	10
Sulfate (mg/l)	5.38	–	400
Ba (mg/l)	0.01	–	N/A

Fonte: Abdulghni, 2014.

No Brasil, obtiveram-se resultados semelhantes e compatíveis com a Portaria MS518/2004, (CARVALHO, CUNHA, FARIA, 2012), Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados de análises físicos- químicas da água condensada proveniente dos aparelhos de ar condicionado

Parâmetros	Unidades	Valores Encontrados	Portaria MS518/04
pH	-	7,03 - 7,34	6,0 – 9,0
Alcalinidade	mg/l	1,0761	-
Dureza	mg/l	0,85 - 9,33	500
Cloretos	mg/l	0	250
Condutividade	µs/cm	20,76	-
Volume**	Litro	1,28	-

Fonte: Carvalho, Cunha, Faria, 2012.

Portanto, em termos de qualidade, as características físico-químicas dessa água podem ser aproveitada em bateria de automóvel, no radiador, descarga de banheiros, indústria, lavagem de tecidos, cultura de peixes em aquário e irrigação (AKRAM et al., 2018).

A água, analisada por Magrini et. al (2015), mostrou-se também vantajosa em regiões de clima quente e úmido. Entretanto, destacam os autores que a água é muito pobre em minerais, sendo imprópria para o consumo e que os poluentes atmosféricos externos, se não removidos, podem ser encontrados no condensado. Além disso onde a água é coletada geralmente é encontrado grande quantidade de bactérias. Para tornar a água potável é necessário filtração mecânica (não só para o ar), adsorção, irradiação germicida ultravioleta e mineralização (MAGRINI et. al, 2015).

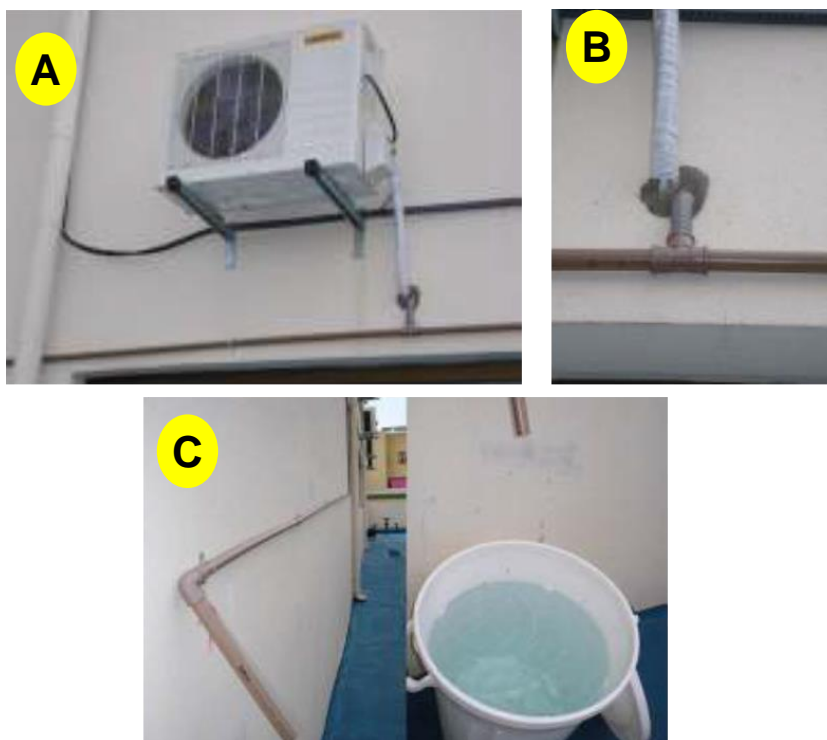
4.4 MODELOS UTILIZADOS PARA COLETA DE ÁGUA

O tema reuso de água desencadeou diversos trabalhos e pesquisas, principalmente em países com maior escassez desse líquido. Na maioria dos casos, o reaproveitamento se dá nas indústrias (HESPANHOL et al., 2005) e na agricultura recebendo um tratamento diferenciado dependendo do fim que se destina. O mercado da construção civil já deu sinais atrativos nesse seguimento evidenciando as vantagens de se construir de forma a obter redução de consumo e o engajamento na indústria verde (HESPANHOL et al., 2005).

4.4.1 Modelo I - Mota, Oliveira e Inada (2011)

O modelo proposto por Mota, Oliveira e Inada (2011), foi aplicado em uma escola de ensino médio. Consiste na captação de água e concentração em recipiente. Classifica a ação como solução ambiental sustentável o que contribui para a formação dos discentes. A água armazenada é usada para regar o jardim manualmente, lavar panos de limpeza e calçadas sem apresentar um protótipo específico para tais finalidades.

Figura 6 - Modelo I – Mota, Oliveira e Inada, 2011: A. Unidade externa. B. Dreno. C. Reservatório

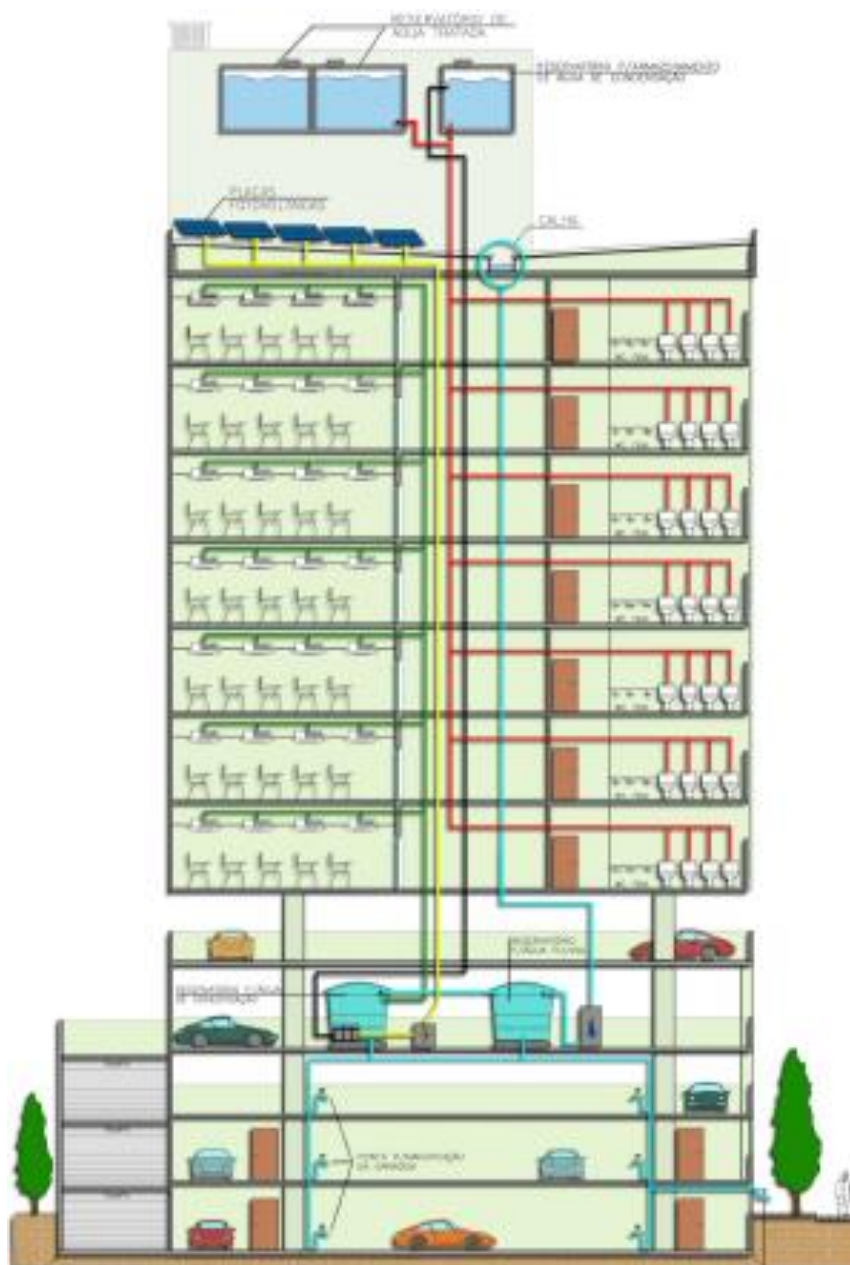


Fonte: Mota, Oliveira e Inada (2011)

4.4.2 Modelo II - Bastos e Calmon (2013)

O aproveitamento da água descartada pelos condicionadores de ar também pode ser planejado ainda na fase de projeto das edificações. Há uma tendência nesse sentido na construção de novos empreendimentos dando enfoque ao desenvolvimento sustentável. Quando as edificações atendem requisitos pré-estabelecidos podem ser contemplados com certificados que atestam o uso de conceitual do desenvolvimento sustentável, o que tende a valorizar os imóveis.

Figura 7 - Modelo II - Bastos e Calmon, 2013



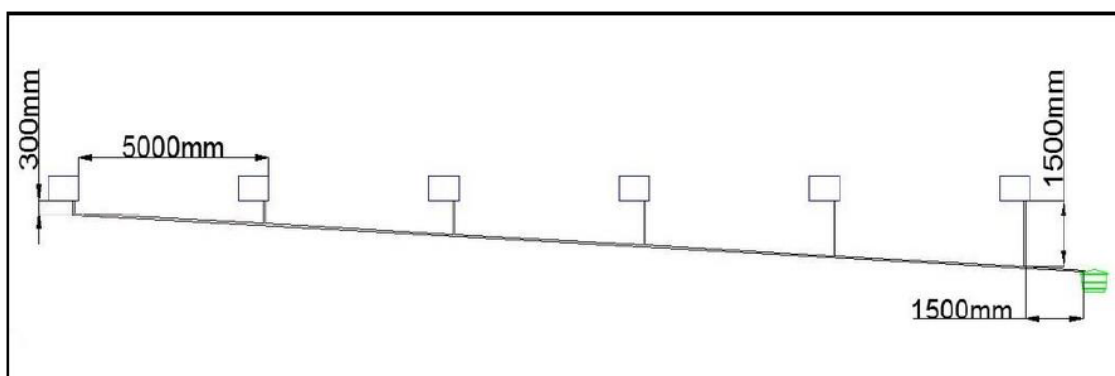
Fonte: Bastos e Calmon, 2013.

Nesse sentido, Bastos e Calmon (2013), propuseram um sistema de coleta, armazenamento e aproveitamento de água descartada por condicionadores de ar juntamente com águas pluviais, Figura 7. Inclui-se ao modelo o bombeamento de água com energia proveniente de painéis fotovoltaicos. O uso da água é direcionado ao sistema de descarga sanitária da edificação. Estima-se uma economia de R\$ 5.415,60 e retorno de investimento em 4,37 anos (BASTOS e CALMON, 2013).

4.4.3 Modelo III - Fortes, Jardim e Fernandes (2015)

Fortes, Jardim e Fernandes (2015), propõe um sistema para aproveitamento de água residual de condicionadores de ar concentrando esse líquido em reservatório para posterior uso em lavagem, jardinagem, dentre outros. Faz uso da pesquisa de Mota, Oliveira e Inada (2011), acerca da qualidade da água para justificar o uso apropriado na jardinagem. Segundo esse modelo tem-se um investimento inicial estimado de R\$ 818,10, com período de retorno do investimento de aproximadamente 6,76 anos. Entretanto, não fora construído um protótipo para tal finalidade e sim um sistema composto por tubos, conexões e reservatórios.

Figura 8 - Modelo III - Fortes, Jardim e Fernandes (2015)



Fonte: Fortes, Jardim e Fernandes (2015)

4.4.4 Modelo IV - Batista, Cezar e Nascimento (2015)

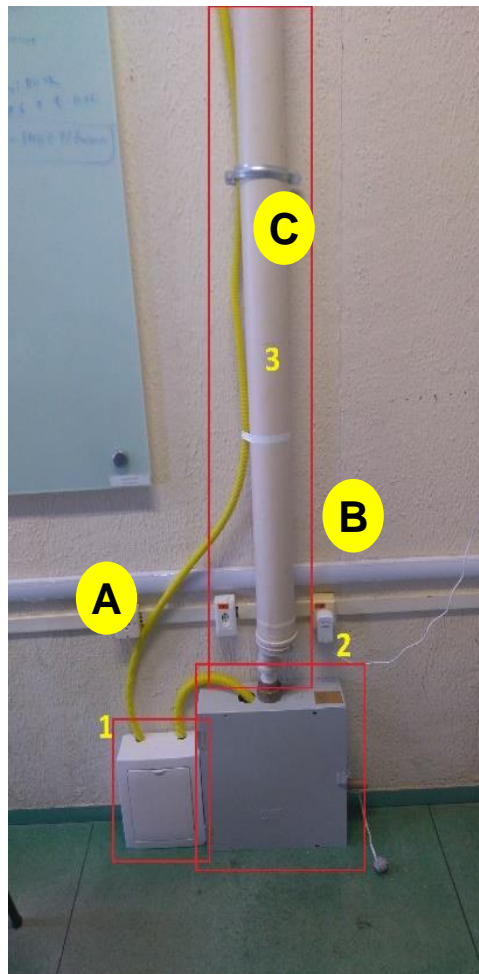
A água produzida condicionadores de ar é resultado do processo de condensação das partículas de água existente no ar ambiente. Apesar de ser uma pequena quantidade, 340 ml por hora em aparelhos de 12.000 BTU, não é desprezível (CEZAR, NASCIMENTO, BATISTA, 2015). Em uma residência pode ser produzido em média 3.900,8 litros, ou seja, aproximadamente 3,9 m³ de água anualmente, considerando-se 2 (dois) equipamentos trabalhando 8 horas diárias, segundo a equação 1.

$$Q_a = 365 \times n \times h \times v \quad [1]$$

Onde:

- Q_a – quantidade de água produzida em um ano;
- n – número de equipamentos;
- h – horas diárias de funcionamento;
- v – volume produzido por equipamento por hora.

Figura 9 - Modelo IV - Batista, Cezar e Nascimento (2015). A. Unidade Lógica. B. Controle de Acionamentos. C. Reservatório



Fonte: Batista, Cezar e Nascimento (2015).

O valor do protótipo funcional proposto por Batista, Cezar e Nascimento (2015), foi de R\$ 237,80. Considerando-se R\$ 2,81 o valor do metro cúbico médio da água tratada cobrado no Brasil e somados a taxa de esgoto, 80% desse valor, tem-se R\$ 5,05 por metro cúbico. A economia por ano seria, neste caso de R\$ 19,70. Desta forma tem-se um retorno de investimento em aproximadamente 12 anos.

Observa-se uma quantidade significativa produzida em um ano, 3.900 litros. O valor do protótipo funcional ainda se mostra elevado, além de possuir limitações quanto a instalação e manutenção (CEZAR, NASCIMENTO, BATISTA, 2015).

4.4.5 Modelo V - Gomes e Reis (2016)

O estudo desenvolvido por Gomes e Reis (2016), constatou que a produção de água descartada por condicionadores de ar, num total de 36 unidades e diferentes modelos, corresponde a aproximadamente 20 m³. Para esse caso seria gerado uma economizaria de cerca de R\$ 272,00 por mês ou R\$3.264,00 por ano somente para este quantitativo de aparelhos. O estudo, entretanto, não abordou a elaboração de protótipo para o aproveitamento da água produzida.

Figura 10 - Modelo V - Gomes e Reis, 2016



Fonte: Gomes e Reis, 2016.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 METODOLOGIA

A metodologia adotada para consecução dos objetivos foi realizada com a apropriação do conhecimento científico por meio de pesquisa bibliográfica e pesquisa experimental realizada em laboratório na construção de modelos e posterior validação.

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica acerca de água produzida por condicionadores de ar, buscando-se na literatura trabalhos que tragam indicativos da qualidade da água, quantidade produzida e maneiras de aproveitamento já propostas.

Levantou-se, então, os requisitos do sistema e materiais necessários para implementação. Construiu-se os subsistemas de coleta e armazenamento, distribuição e irrigação que com a implementação do módulo de controle formaram o protótipo para validação em testes de bancada e instalação em campo. A figura 1 ilustra o diagrama em blocos da metodologia adotada.

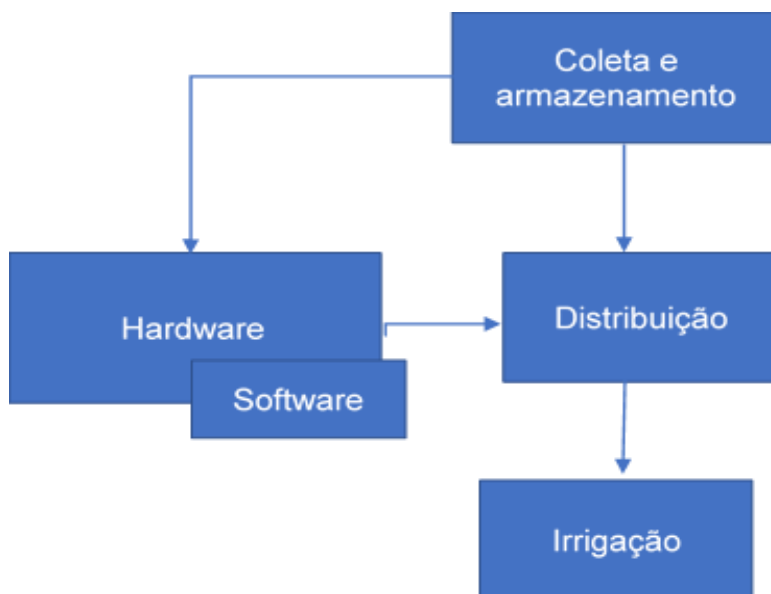
Figura 11 - Diagrama em blocos - Metodologia



5.2 VISÃO GERAL DO PROTÓTIPO

Funcionalmente o protótipo pode ser dividido em 5 subsistemas: Hardware, Software, Coleta e armazenamento, Distribuição e Irrigação. Os subsistemas se interligam conforme diagrama em blocos da Figura1.

Figura 12 - Diagrama em blocos do sistema



O fluxo de água na irrigação é mantido pelo subsistema de distribuição que tem suas válvulas controladas pelo hardware e software de acordo com a configuração parametrizada pelo usuário. O subsistema de coleta e armazenamento compreende o reservatório e as tomadas de água do condicionador de ar e de outra fonte convencional, água da torneira ou pluvial, a fim de suprir uma demanda de água não atendida pela pequena quantidade produzida pelos condicionadores de ar, sendo essa última controlada de acordo com o nível de água no reservatório. Não há sistema de bombeamento, a irrigação é efetuada por gravidade. A seguir será descrita a constituição de cada subsistema.

5.3 SUBSISTEMA DE HARDWARE

Referente ao Hardware de supervisão e controle tomou-se para seleção as plataformas de desenvolvimento de sistemas embarcados listadas na Tabela 3 das quais foi selecionada para o desenvolvimento do sistema a NodeMCU. Trata-se de uma plataforma de desenvolvimento baseada no microcontrolador Esp8266 e pode ser programado na IDE Arduino (HERRERA, MAMANI, VILLALOBOS, 2017).

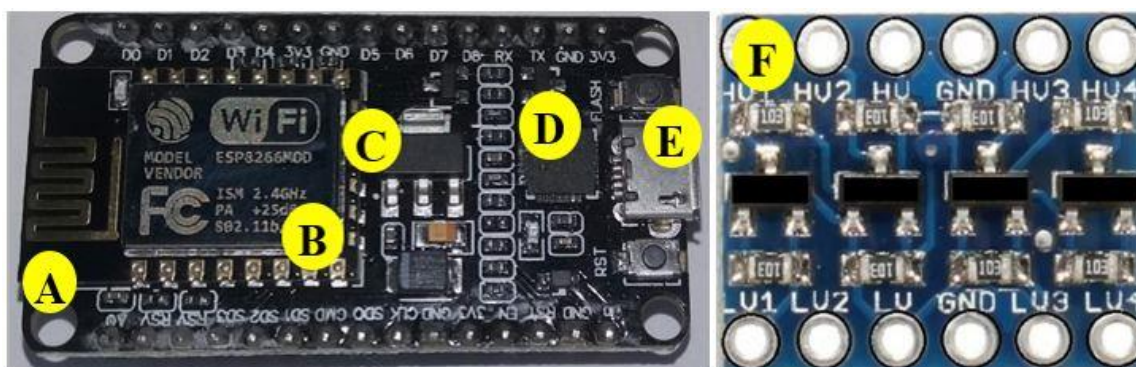
Tabela 3 - Requisitos de hardware e plataformas pesquisadas

Requisitos da plataforma de desenvolvimento	Arduino UNO	PIC-GEDS	NodeMCU ESP8266	ESP-01	Raspbarray Pi3
Processador: 32-bit	-	-	X	X	X
Processamento 40 MHz (mínimo)	-	X	X	X	X
Memória FLASH 4MB (mínimo)	-	-	X	X	X*
Memória RAM 128 kB (mínimo)	-	-	X	X	X
Número de GPIO (4 no mínimo)	X	X	X	-	X
Servidor web incorporado	-	-	X	X	X
Desenvolvimento em linguagem C	X	X	X	X	X
Wi-Fi nativo padrão 802.11b/g/n	-	-	X	X	-
Alcance rede Wi-Fi: 50 m (mínimo)	*	*	X	X	*
Antena Wi-Fi integrada	-	-	X	X	-
Comunicação: Serial (TX/RX)	X	X	X	X	X
Comunicação: TCP e UDP	*	*	X	X	X
Tensão de alimentação 5 Vcc	X	X	X	-	X
Nível de tensão GPIO 5 Vcc	X	X	-	-	X
Preço médio (04/2018)	32,50	128,00	35,70	21,80	218,35

*necessitam de periféricos externos para implementação do requisito.

O módulo NodeMCU, Figura 2, quando comparado com as demais plataformas de desenvolvimento, se mostrou a mais apropriada em razão de possuir, integrado na própria placa, os seguintes periféricos: Antena Wi-Fi; Módulo ESP8266; Regulado de tensão 3,3Vcc, Conversor USB/serial e Conector mini-USB para programação e alimentação. Essa integração contribuiu para a construção de um protótipo mais compacto.

Figura 13 - NodeMCU com ESP8266: A. Antena Wi-Fi; B. Módulo ESP8266; C. Regulador de tensão 3,3Vcc; D. Conversor USB/serial; E. Conector mini USB tipo b; F. Conversor de tensão 5 Vcc/3,3 Vcc



Além da redução no tamanho do protótipo, a integração de periféricos permite uma melhor confiabilidade durante a fase de desenvolvimento principalmente porque minimiza os erros causados por falhas de mau contato.

As portas GPIO (General Purpose In Out) do NodeMCU, num total de 13, funcionam com nível de tensão de 3,3 Vcc drenando até 15 mA. Para acionamento das válvulas de controle de vazão foi necessário um módulo relé, que opera em nível de tensão de 5 Vcc, nesse caso foi necessário uso de um conversor 5 Vcc/3,3 Vcc, Figura 5F, fazendo o acoplamento elétrico entre os dispositivos.

5.4 SUBSISTEMA DE SOFTWARE

O software do sistema pode ser dividido em dois módulos: gerenciamento de hardware e aplicação Web. O primeiro foi desenvolvido em linguagem de programação C e o segundo também em C em conjunto com HTML e CSS aplicadas respectivamente na marcação de hipertexto e formatação da interface Web.

O módulo de gerenciamento de hardware foi desenvolvido, na plataforma Arduino IDE. Essa plataforma possui amplo uso no desenvolvimento de sistemas embarcados e ainda diversos trabalhos de pesquisa desenvolvidos na comunidade acadêmica (CORREIA, RISSINO, ROCHA, 2016; ISHIKAWA et al., 2017; MAMANI, HERRERA, VILLALOBOS, 2017). Contribuiu ainda para escolha dessa plataforma sua distribuição gratuita e facilidade de uso em razão das bibliotecas de gerenciamento de periféricos disponibilizadas, contribuindo assim com um menor tempo de desenvolvimento.

Para o desenvolvimento da aplicação Web utilizou-se o a plataforma Bootstrap. Desenvolvido pela equipe do Twitter, o Bootstrap é um framework open-source compatível com HTML e CSS que foi criado para auxiliar no desenvolvimento de web sites responsivos (COSTA, 2014).

O contador interno do ESP8266 juntamente com a aplicação do Network Time Protocol - NTP permitiram a implementação de um relógio calendário via software, eliminando o uso do Real Time Clock – RTC, periférico externo

normalmente utilizado em sistemas embarcados para referência de tempo do sistema.

O inconveniente de se usar o RTC via hardware é que além de ser um item adicional, aumentando em volume, faz-se necessário a adição de outro mecanismo para realizar o ajuste do mesmo, dificultando o uso do sistema pelo cliente. A implementação do RTC via software, juntamente com o NTP, possibilita o ajuste de horário no momento em que o sistema é energizado, podendo inclusive, sofrer atualizações de horário periodicamente conforme definido pelo programador.

A aplicação do protocolo NTP incluiu o requisito de acesso ao sistema de gerenciamento de tempo, que pode ser local ou agregado a sites governamentais específicos para tais funções. Adotou-se para o protótipo construído o acesso via Internet.

5.5 SUBSISTEMA DE COLETA E ARMAZENAMETO

Dentre as opções de material para confecção do subsistema de coleta e armazenamento optou-se por componentes em PVC já existentes no mercado. Essa escolha baseou-se no tempo e na forma facilitada de construção do protótipo, no tipo de material e numa concepção de produto que após finalizado necessitará ser compatível com outros itens disponíveis no mercado para que se tenha todas as funcionalidades atendidas.

O reservatório foi construído em tubo de PVC 100 mm fabricado para esgoto. Esse componente se mostrou mais apropriado em razão dos seguintes fatores:

- a) Características técnicas de pressão máxima 6 mca e temperatura máxima 45°C;
- b) Menor preço, metro linear X capacidade volumétrica, tabela 2;
- c) Tê de inspeção 100 X 75 mm, bitola existente no comércio;
- d) Limitação no modo de instalação embutido.

Tabela 4 - Comparativo de preço por metro linear e volume de tubos em PVC

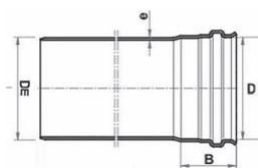
Tubo em PVC para esgoto	Volume linear (litros/m)	Preço* (R\$/m)	Preço /Volume (R\$/m)
Tubo PVC esgoto 75mm	4,41	7,35	1,66
Tubo PVC esgoto 100mm	7,85	8,02	1,02
Tubo PVC esgoto 150mm	17,66	21,29	1,21
Tubo PVC esgoto 200mm	31,40	49,85	1,59

*Levantamento feito em setembro de 2018.

A capacidade volumétrica útil do reservatório é determinada pela altura h , que compreende a coluna de água formada entre saída de água para o subsistema de distribuição e a tomada de água do dreno do condicionador de ar.

Figura 14 - Tubo em PVC DN 100

Tubo PVC Esgoto Condominial 6m JE



DIMENSÕES (mm)	
Cotas	DN 100
B	55
D	102,1
DE	101,6
E	2,5
Peso (g)	7,280
Código	11056563

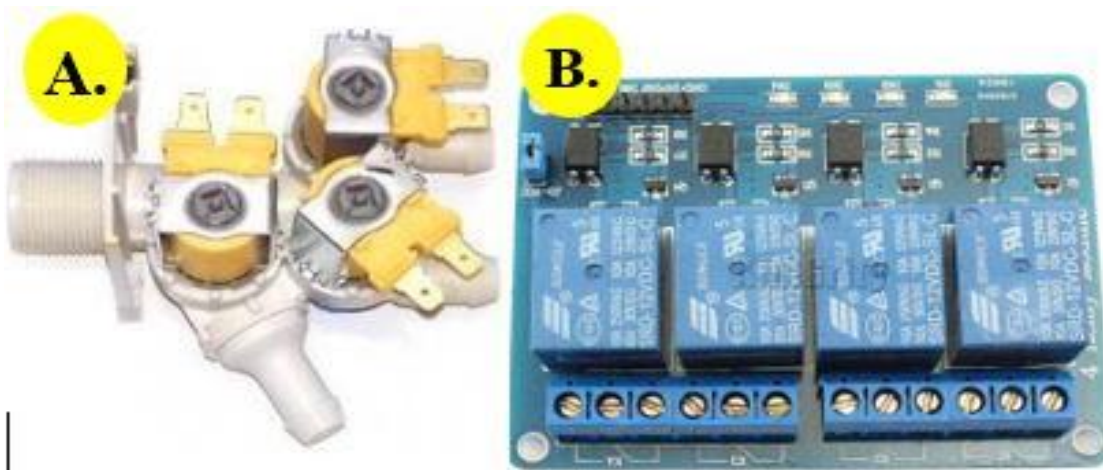
Fonte: ct-infraestrutura-saneamento_esgoto.pdf

O subsistema conta com duas tomadas de água distintas, sendo uma a água coletada do dreno dos condicionadores de ar e a outra coletada de fonte convencional. O reservatório pode ser instalado sobreposto à alvenaria ou embutido. Entretanto, quando instalado embutido, seu diâmetro fica limitado a 100 mm, pois, as paredes em alvenaria possuem, em média, 150 mm, incluindo o embuço.

5.6 SUBSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

A distribuição de água é regulada por válvulas eletrônicas, Figura 3A., acionadas de acordo com os horários programados, quando o sistema opera em modo automático ou controladas diretamente pelo usuário, quando em modo manual. As válvulas estão agrupadas num conjunto de três, figura 5, possibilitando operacionalizar até três setores de irrigação. Sua tensão de funcionamento é de 127 V.

Figura 15 - Componentes da distribuição: A. Válvula eletrônica 3 vias; B. Módulo relé 4 canais



Fonte A: www.casaeleтроpecas.com.br/painel-eletrica/valvulas.
<https://pt.dhgate.com/product/4-channels-12v-relay-module-for-arduino-arm/388477030.html>

Fonte B:

Para acionamento das válvulas foi utilizado um módulo de potência, Figura 3B., implementado com 4 relés, os quais são acionados pelo microcontrolador ESP8266 via conversor de tensão já destacado anteriormente.

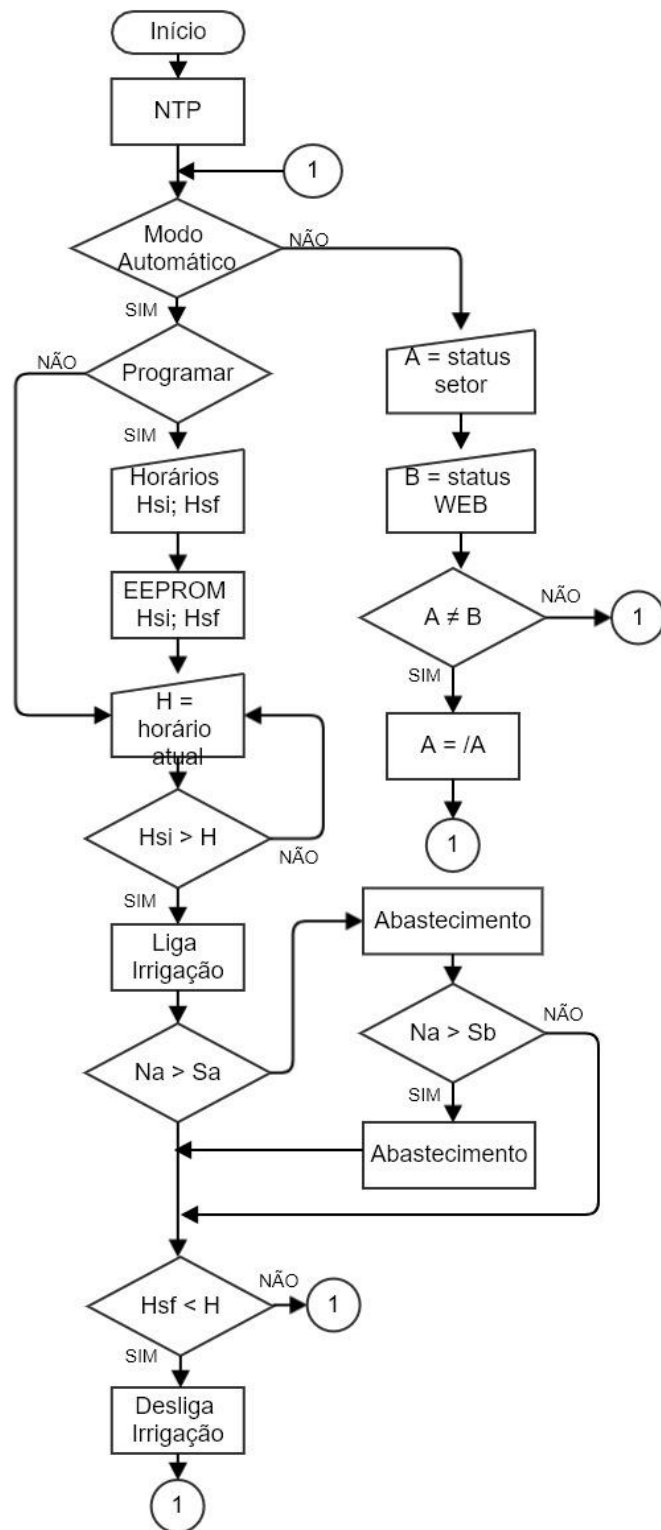
5.7 SUBSISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Para o subsistema de irrigação foram adotadas mangueiras de 5/8" a fim de facilitar o acoplamento das mesmas às saídas do sistema de distribuição levando a água até o ponto de entrega. A água pode ser aplicada diretamente na área de concentração das raízes das plantas.

5.8 PROTÓTIPO

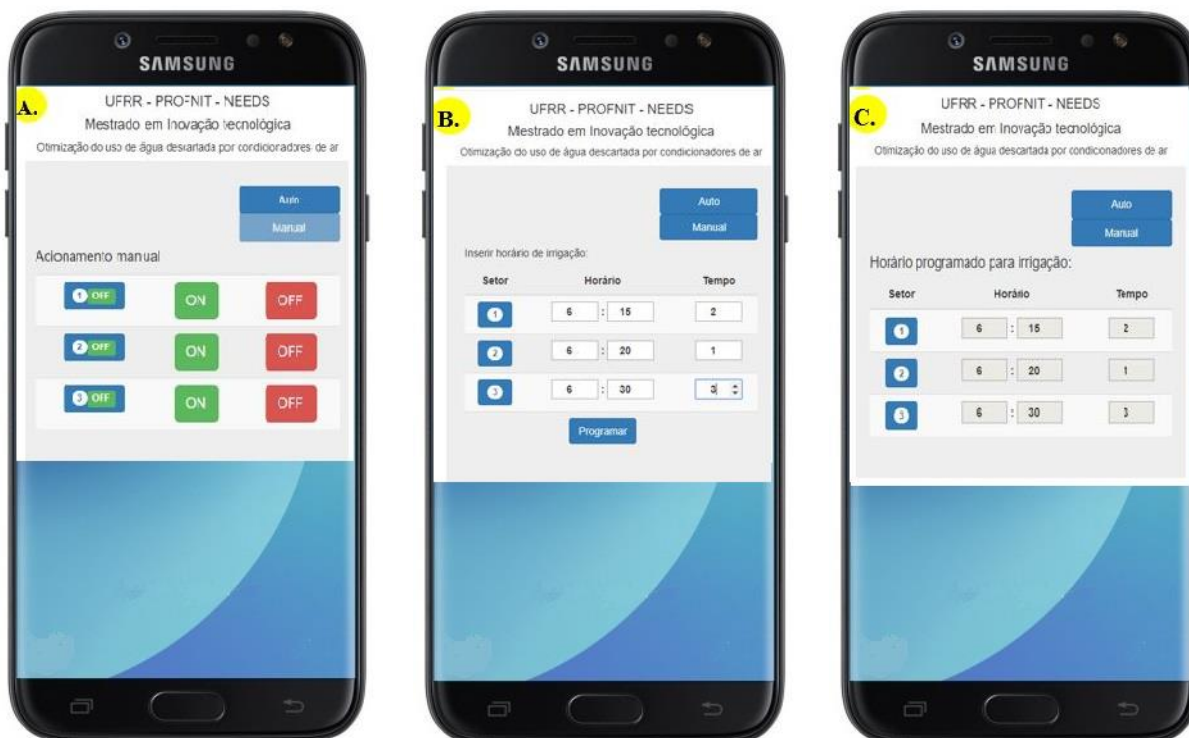
A Figura 4 descreve o fluxograma de funcionamento do sistema. Ao ser inicializado, são feitas as configurações de data e hora via protocolo NTP com acesso ao site de Internet previamente configurado.

Figura 16 - Fluxograma do sistema



Verifica-se, então, o modo de funcionamento setado pelo usuário, podendo ser modo manual, Figura 5A, ou automático, Figura 5C.

Figura 17 - Aplicação Web: A. Modo manual; B. Programação; C. modo automático



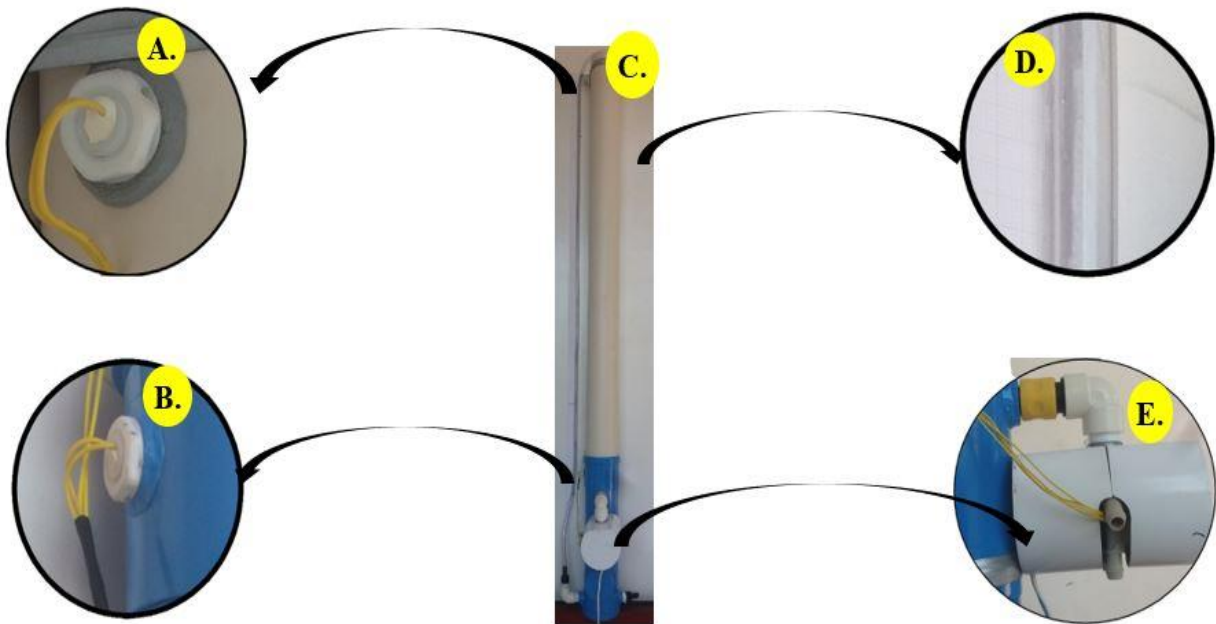
No modo automático, o usuário insere os horários programados de irrigação definidos por setor, via interface disponibilizada na aplicação Web, Figura 8B, acessada de seu dispositivo móvel ou PC. Esses horários são enviados ao servidor Web e, então, armazenados em memória EEPROM emulada pelo ESP8266, isso mantém as informações salvas mesmo após um desligamento do sistema.

O sistema efetua a comparação de horários programados com a hora do sistema, fazendo os acionamentos de irrigação. Caso a água no reservatório esteja abaixo do nível mínimo de funcionamento das válvulas de saída, é acionada válvula de entrada de água da fonte convencional, mantendo-se aberta até que esse nível atinja o sensor de nível superior, Figura 6A.

A Figura 6C. ilustra o protótipo montado e instalado. A montagem dos componentes dos subsistemas foi feita tirando proveito de itens já industrializados, disponíveis no comércio e compatíveis fisicamente entre si. As

peças de PVC 100 mm foram interconectadas com cola adesiva para pvc ou encaixadas fazendo-se uso de anéis de vedação indicado pelos fabricantes. As buchas de redução foram fixadas ao tê de inspeção com massa epóxi, Figura 6C. Foi ainda adaptado ao tê de inspeção uma tampa confeccionada em PVC e fixada em sua base também com massa epóxi.

Figura 18 - Protótipo: A. Sensor de nível superior; B. Sensor de nível inferior; C. montagem completa; D. Mangueira de nível; E. Distribuição



6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A plataforma NodeMCU escolhida como hardware se mostrou uma boa escolha atendendo os requisitos de número de GPIO necessários, baixa incidência de falhas de mau contato em razão da integração de periféricos na própria placa o que também contribuiu para construção de um protótipo mais compacto.

Entretanto, as portas GPIO dessa plataforma, funcionam com nível de tensão de 3,3 Vcc, incompatível com o nível de tensão para acionamento das válvulas de controle de vazão. Foi necessário um módulo relé, que opera em nível de tensão de 5 Vcc em conjunto com um conversor 5 Vcc/3,3 Vcc, fazendo o acoplamento elétrico entre os dispositivos.

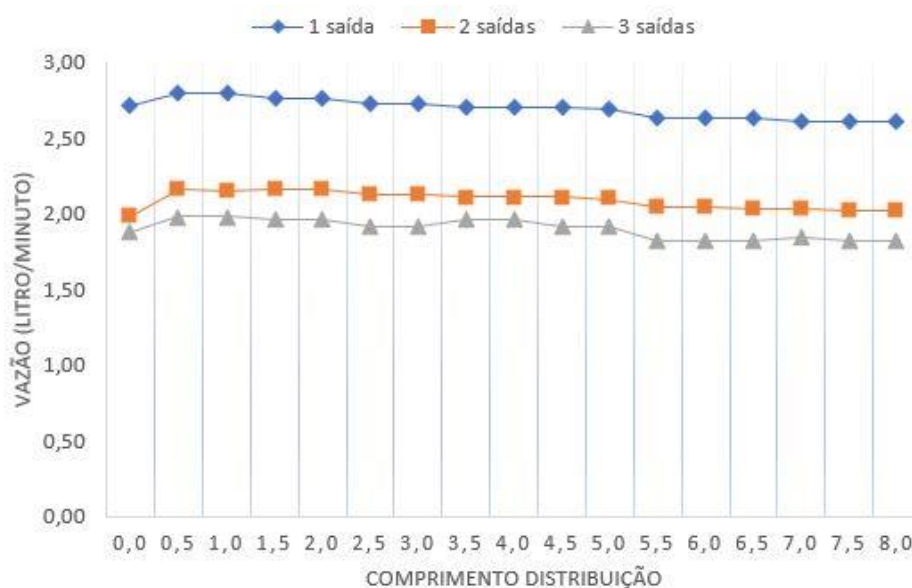
O sistema WiFi já integrado no NodeMCU possibilitou o ajuste de horário do sistema via protocolo NTP, descartando assim o uso de relógios de tempo real como base de tempo do sistema. Com a utilização do NTP o ajuste de horário foi programado para ser realizado na energização do protótipo.

A escolhas de componentes de PVC do protótipo conforme disponíveis no comércio traz uma boa aproximação desse a um possível produto comercializável no diz respeito a suas características físicas.

A massa epóxi apresentou boa aplicação no protótipo. Na fixação dos itens, mostrou-se eficiente na rigidez mecânica e vedação, não apresentando infiltrações durante a realização dos testes funcionais do mesmo.

O fluxo de água é inversamente proporcional ao comprimento da mangueira utilizada, devendo o usuário determiná-lo de acordo com a variação da água no indicador de nível do subsistema de coleta e armazenamento ou ainda fazer uso do gráfico 1, onde o fluxo de água foi determinado experimentalmente.

Figura 19 - Curvas de vazão do protótipo



A Figura 19 mostra um gráfico que representa a vazão de água do sistema como função do comprimento da mangueira utilizada para irrigação. De acordo como o levantamento experimental realizado, observou-se que a vazão por saída é dependente do número de saídas acionadas simultaneamente, sendo 2,69, 2,09 e 1,90 l/min as vazões médias por saída quando acionadas respectivamente com 1, 2 e 3 saídas ao mesmo tempo, conforme apresentado na tabela 5. Observou-se ainda que a variação da vazão em relação ao comprimento da mangueira foi em torno de 7,6% no intervalo de 0,5 a 8 metros. Esse resultado se mostra favorável a escolha da mangueira de 5/8" adotada.

Para que seja garantido a irrigação de forma correta é necessário que o fluxo da entrada de água convencional seja maior que o fluxo de água na saída das válvulas de distribuição.

Tabela 5 – Vazão do protótipo

Comprimento mangueira	Número de saídas acionadas		
	1 saída	2 saídas	3 saídas
0,0	2,71	1,99	1,88
0,5	2,80	2,16	1,98
1,0	2,80	2,14	1,98
1,5	2,76	2,16	1,96
2,0	2,76	2,16	1,96
2,5	2,73	2,13	1,91
3,0	2,73	2,13	1,91
3,5	2,70	2,11	1,96
4,0	2,70	2,11	1,96
4,5	2,70	2,11	1,91
5,0	2,69	2,09	1,91
5,5	2,63	2,05	1,82
6,0	2,63	2,05	1,82
6,5	2,63	2,03	1,82
7,0	2,61	2,03	1,84
7,5	2,61	2,01	1,82
8,0	2,61	2,01	1,82
Média	2,69	2,09	1,90

A Tabela 6 apresenta um comparativo entre as principais características dos trabalhos correlatos e do trabalho desenvolvido.

Tabela 6 - Comparativo entre trabalhos correlatos e o trabalho desenvolvido

Características	Modelos da literatura					Protótipo desenvolvido
	I	II	III	IV	V	
Coleta de água de condicionador de ar	X	X	X	X	X	X
Aplicação Otimizada da água captada	-	X	-	X	-	X
IoT	-	-	-	-	-	X
Utilização da água por gravidade	-	-	-	X	-	X
Desenvolvimento de protótipo – Otimizar aproveitamento	-	X	-	X	-	X
Instalação facilmente adaptável	X	-	X	X	X	X

I – Mota, Oliveira e Inada (2011)

II – Bastos e Calmon (2013)

III – Fortes, Jardim e Fernandes (2015)

IV – Batista, Cezar e Nascimento (2015)

V – Gomes e Reis (2016)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta apresentada se mostra como uma alternativa de otimização do aproveitamento da água descartada contribuindo diretamente para a conservação da água associando-a a pratica de irrigação localizada contribuindo também com o microclima urbano.

Apesar de existirem vários estudos sobre aproveitamento de água descartada por condicionadores de ar, não se observam propostas de modelos de protótipos que otimizem o uso desse líquido, já que as propostas para a utilização da água destes estudos são pouco eficientes sendo necessária a intervenção humana para se fazer uso da água, enquanto que no protótipo desenvolvido neste trabalho o usuário pode gerenciar o uso da água de forma automatizada.

O desenvolvimento do protótipo com materiais disponibilizados no comércio e compatíveis com a aplicação do produto contribuiu com a redução de tempo para sua construção e poderá servir de modelo para análise de futuros investidores corroborando com uma possível transferência de tecnologia.

REFERÊNCIAS

AKRAM, W., et al. **Recycling of Condensed Water from an Air Conditioning Unit**. 2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2), Rajshahi - Bangladesh, 2018. pp. 1-5. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/323280047>>. Acesso em: 19 de novembro de 2018.

ABDULGHANI, A., et al. **Condensate as a water source from vapor compression systems in hot and humid regions**. Desalination n. 349, p. 60 - 67, 2014, ISSN: 0011-9164. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00119164>>. Acesso em: 02 de abril de 2019.

BASTOS, C.; CALMON, J. **Uso de água residual do ar condicionado e de água pluvial como gestão da oferta em uma edificação comercial: estudo de caso**. Habitat Sustentable, v. 3, n. 2, p. 66-74, 31 dez. 2013. Disponível em: < <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/436>>. Acesso em: 8 de outubro de 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 518/2004**: Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde ISBN 85-334-0935-4 MS – OS 2005/0358: 28p. 2005. Disponível em: < http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=891>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2018.

CARVALHO, M. T. C.; CUNHA, S. O.; FARIA, R. A. P. G. **Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2012. Disponível em: < <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/IX-002.pdf>>. Acesso em: 12 de fev. de 2018.

CORREIA, G. R.; RISSINO, S. D., ROCHA, H. R. O.; **Automação de sistema de irrigação com monitoramento via aplicativo Web**. Revista Engenharia na Agricultura - REVENG, [S.l.], v. 24, n. 4, p. 314-325, out. 2016. ISSN 2175-6813. Disponível em: <<https://reveng.ufv.br/index.php/reveng/article/view/675/441>>. Acesso em: 18 out. 2018.

COSTA, F. F. **Design Responsivo para Web com Bootstrap**. Disponível em: <<http://blog.fimes.edu.br/fernando/files/2014/05/Design-responsivo-para-WEB-comBootstrap.pdf>>. Acesso em: 25 de jan. 2018.

DE MORAES, E. C.; MAGRO, F. V. G. **Eficiência energética com foco no conjunto dos condicionadores de ar de um hospital veterinário em Maringá**. Revista Uningá Review, [S.l.], v. 29, n. 1, jan. 2017. ISSN 2178-2571. Disponível em: <<http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1940>>. Acesso em: 04 set. 2018.

EGITO, T. B., FONTANA, M. E., MORAIS, D. C. **Seleção de alternativas de conservação de água no meio urbano utilizando abordagem multicritério**. Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental - REGET, V. 19, N. 3, SEPT.-DEC., 2015. Disponível em: <

<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/17935/0>>. Acesso em: 28 de novembro de 2018.

FORTES, E.; JARDIM, P.; FERNANDES, J. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**. XII Simpósio de excelência em gestão e tecnologia - SEGeT. Resende, RJ, 2015. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/37822430.pdf> > Acesso em: 23 de ago. de 2017.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E., WREGE, M. S. **Os biomas e o clima das capitais do Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n.4 (2017) 1152-1160. ISSN:1984-2295. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1074431/1/2017M.WregeRBGFOsbiomas.pdf>>. Acesso em: 2 de março de 2019.

ISHIKAWA, R. H., et. al. **Sistema de irrigação automática com arduino**. Revista Univap on-line, v. 22, n. 40, 2016. Disponível em: <<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/1054>>. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEAO, R. S. **Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil**. Estud. av., São Paulo, v. 29, n. 84, p. 27-42, agosto de 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142015000200027&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 de março de 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200003>.

MAGRINI, A., et al. **Production of water from the air: the environmental sustainability of air-conditioning systems through a more intelligent use of resources. The advantages of an integrated system**. Energy Procedia n. 78 1153 – 1158, 2015. The 6th International Conference on Applied Energy – ICAE2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215011741>. Acesso em: 02 de abril de 2019.

MAGRINI, A., et al. **Integrated systems for air conditioning and production of drinking water – Preliminary considerations**. Energy Procedia n. 75, p. 1659 – 1665, 2015. The 7th International Conference on Applied Energy – ICAE2015. Disponível em: <. Acesso em: 02 de abril de 2019.

MAGRINI, A., et al. **Water Production from Air Conditioning Systems: Some Evaluations about a Sustainable Use of Resources**. Sustainability, n. 9, 1309, 2017.doi:10.3390/su9081309. Disponível em: < www.mdpi.com/journal/sustainability. Acesso em: 02 de abril de 2019.

MAMANI, M.; VILLALOBOS, M.; HERRERA, R. **Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola**. Ingeniare. Rev. chil. ing., Arica , v. 25, n. 4, p. 599-618, dic. 2017. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052017000400599&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 17 de maio 2018.

MEDINA, B. E. **Internet das coisas em edifícios inteligentes: desenvolvimento de uma rede de sensores e atuadores sem fio para o controle de sistemas de climatização**. Campinas: Tese (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica

e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2017. Disponível em: < <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/330652>>. Acesso: 30 de maio de 2018.

MOTA, T. R. **Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no município de Umuarama-PR.** Anais Eletrônico, VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. Centro Universitário de Maringá – CESUMAR. Editora CESUMAR, Maringá, Paraná, Brasil. 2011. ISBN 978-85-8084-055-1.

OLIVEIRA FILHO, P. C. de et al. **Análise da Influência do Uso da Terra no Microclima Urbano: Caso Irati-PR. Floresta Ambiente.** Seropédica , v. 22, n. 4, p. 465-471, Dec. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872015000400465&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17 julho de 2018

ONU. **Relatório Brundtland – Nosso Futuro Comum.** Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas – DESA, Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD. New York: ONU, 1987. Disponível em: <<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2019.

PEREIRA, D. et al. **Comparação de técnicas de prototipagem tradicional manual e sua importância para o design.** DATJournal Design Art and Technology, [S.l.], v. 2, n. 2, dec. 2017. ISSN 2526-1789. Disponível em: <<http://ppgdesign.anhemi.br/datjournal/index.php/dat/article/view/62>>. Acesso em: 27 agosto 2018.

POLONI, C. M. M., et al **Caracterização hidráulica de emissores microspray em diferentes pressões de serviço.** *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, [S.l.], v. 4, n. 3, p. 0345-0348, jul. 2018. ISSN 2527-1075. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/ojs/jcec/article/view/2532>>. Acesso em: 17 de novembro de 2018.

ROCHA, M. F. **Cobertura vegetal na região central das capitais brasileiras.** 2017, 86p Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Paraná. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/48575>>. Acesso em 3 de abril de 2019.

RELVAS, C. A. M.; **Processos de prototipagem rápida no fabrico de modelos de geometria complexa: Estudo realizado sobre modelo anatômico da mão.** 2002, 121p Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10216/13395>>. Acesso em: 23 de março de 2018.

SILVA, L. M. V. et al. **Proposta de reaproveitamento da água proveniente de aparelhos de ar condicionado para implantação de sistema sustentável no bloco “D” do Centro Universitário Tiradentes de Maceió.** Cadernos de Graduação Ciências exatas e tecnológicas, Alagoas, v. 5, n.1, p. 205-218, Novembro 2018, periodicos.set.edu.br ISSN: 2357-9919. Disponível em: < <https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/view/6072>>. Acesso em 18 de dezembro de 2018.