

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA DA PUC GOIÁS / ENGENHARIA ELÉTRICA
Trabalho Final de Curso II

Carlos Leite de Camargo Junior
Genésio Osmani Maggi Filho

**PROTÓTIPO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO A PIVÔ CENTRAL POR ASPERSÃO
PARA CONTROLE DA VELOCIDADE DAS TORRES MÓVEIS**

Trabalho Final de Curso como parte dos requisitos para
obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica
apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Dr. Antônio Marcos de Melo Medeiros – Orientador. Pontifícia
Universidade Católica de Goiás.**

Prof. Dr. Bruno Quirino de Oliveira. Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Prof. Ms. Luís Fernando Pagotti. Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Goiânia, 8 de junho de 2022

PROTÓTIPO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO A PIVÔ CENTRAL POR ASPERSÃO PARA CONTROLE DA VELOCIDADE DAS TORRES MÓVEIS

Junior C. L. C., Filho G. O. M., Medeiros A.M.M., Oliveira B. Q., Pagotti L. F., PUC Goiás.

Resumo - A otimização da utilização de recursos hídricos na geração de alimentos tem alavancado os processos de produção. Diversas áreas da engenharia estão relacionadas neste processo de otimização de recursos para a produção de alimentos, desde a engenharia hidráulica para gestão e dimensionamento correto do sistema de irrigação, engenharia de solos para avaliar as necessidades do tipo do solo onde serão produzidos os alimentos, engenharia mecânica para o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos equipamentos, bem como a engenharia elétrica e de automação para prover este sistema por elementos e controladores que permitam um uso mais racional destes recursos. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema de automação para pivôs centrais de irrigação, com a finalidade de otimizar sua utilização no processo de movimentação dos componentes móveis do sistema. Para este objetivo foram realizados estudos dos processos envolvidos em sistemas de irrigação do tipo pivôs centrais, sistemas hidráulicos, sistemas de automação, e otimização de recursos, tornando possível a sua movimentação de forma linear.

Palavras chave – movimentação linear, PWM, aplicação de água; sistema de controle; rotação.

Abstract - The optimization of the use of water resources in the generation of food has leveraged the production processes. Several areas of engineering are involved in this process of optimizing resources for food production, from hydraulic engineering to the management and correct sizing of the irrigation system, soil engineering to assess the needs of the type of soil where food will be produced, engineering mechanics for the development and improvement of equipment, as well as electrical and automation engineering to provide this system with elements and controllers that allow a more rational use of these resources. This work aimed to develop an automation system for irrigation center pivots, in order to optimize its use in the process of moving the mobile components of the system. For this purpose, studies were carried out on the processes involved in central pivot irrigation systems, hydraulic systems, automation systems, and resource optimization, making it possible to move linearly.

Keywords - linear motion, PWM, water application; control system; rotation.

Junior C. L. C., aluno de graduação de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Av. Universitária 1.440, Setor Universitário CEP: 74605-010 - Goiânia, Goiás, Brasil. (e-mail: carlos.lcamargo@gmail.com).

Filho G. O. M., aluno de graduação de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Av. Universitária 1.440, Setor Universitário CEP: 74605-010 - Goiânia, Goiás, Brasil. (e-mail: osmaniasmina@gmail.com).

Medeiros, A. M. M., Professor de Graduação, Escola Politécnica da PUC Goiás, Pontifícia Universidade Católica de Goiás Av. Universitária 1.440, Setor Universitário CEP: 74605-010, Goiânia, Goiás, Brasil., (e-mail: amarcosmedeiros@gmail.com.br; marcsmelo@pucgoias.edu.br).

Oliveira B. Q., Professor de Graduação, Escola Politécnica da PUC Goiás, Pontifícia Universidade Católica de Goiás Av. Universitária 1.440, Setor Universitário CEP: 74605-010, Goiânia, Goiás, Brasil., (e-mail: brquirino@gmail.com).

Pagotti L. F., Professor de Graduação, Escola Politécnica da PUC Goiás, Pontifícia Universidade Católica de Goiás Av. Universitária 1.440, Setor Universitário CEP: 74605-010, Goiânia, Goiás, Brasil., (e-mail: luispagotti@gmail.com).

I. INTRODUÇÃO

A irrigação é utilizada desde as antigas civilizações. Os assírios, caldeus e babilônicos já utilizavam a técnica na Ásia em 4.500 a.C. [1]. A escassez de água é um problema mundial, diversos fatores contribuem para essa situação, pois, apesar de a maior parte do planeta ser constituído por água 70%, 97% dessa água é imprópria para o consumo [2]. Além disso, há uma preocupação com o consumo elevado, visto que a produção agrícola exige uma grande quantidade de água para o cultivo e desenvolvimento de lavouras. Portanto, há uma busca constante para que a produção agrícola continue se desenvolvendo, e de forma mais eficaz e sustentável, com menor utilização de recursos hídricos e redução do impacto ambiental.

O Brasil, é um país eminentemente agrícola, sendo um dos maiores produtores de grãos do mundo, tendo conseguido aumentar seus índices de produção nos últimos anos através do aprimoramento dos seus métodos produtivos. Diversas áreas do conhecimento tem produzido avanços neste intuito, com estudos de aprimoramento genético buscando variedades de sementes e plantas mais resistentes às pragas, bem como busca por variedades de plantas mais adaptadas às particularidades de cada região, uma vez que o Brasil possui dimensões continentais, com diversas variedades de climas, podendo ir de climas frios com possibilidades de neve, semi-áridos, caatingas e florestas equatoriais. A irrigação é predominantemente nas regiões sul, sudeste e centro-oeste. Apesar do país possuir 31% de sua área terrestre cultivável, apenas 4,4% dessa área é equipada para irrigação.

É importante destacar a importância do controle da água. São diversas as situações em que ela é utilizada, como por exemplo produção de energia elétrica, abastecimento de casas e indústrias, consumo humano, uso medicinal, lazer e irrigação [3][4]. Devido ao crescimento populacional, cada vez mais é necessário a economia da água. Além disso, a maior parte da população mundial depende de produtos obtidos através da irrigação. [3]

Na busca por melhores índices de produtividades podemos destacar também melhoria dos processos de produção de alimentos, e uma otimização dos recursos humanos e hídricos, optou-se por desenvolver um sistema de automação de sistemas de irrigação, observando-se a relação custo benefício para que o sistema possa se tornar viável [5].

Contudo, devido ao elevado custo de implementação de um sistema de irrigação a pivô central, optou-se por desenvolvimento de um modelo em escala reduzida para que possa viabilizar sua construção para análise e estudo do mecanismo de movimentação. Uma vez que o modelo esteja desenvolvido, os conceitos e resultados obtidos poderão ser extrapolados para o desenvolvimento do sistema em escala real.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Foi realizado o estudo de referência bibliográficas que possibilitaram o estudo do sistema de irrigação e a realização do protótipo.

A. Tipos de Sistema de irrigação

A irrigação é uma técnica em que se fornece água artificialmente ao solo, com o objetivo de suprir as necessidades hídricas da região e tornar o solo adequado para a cultura. [6][7]

O uso da irrigação não é limitado apenas à agricultura, podendo também ser utilizado em jardinagem e em gramados esportivos.[13] Há Sistemas de Irrigação com características funcionais desenvolvidas para contextos diferentes de culturas, terrenos e disponibilidade de água conforme tabela 1. Os próximos itens tratam das características básicas dos sistemas de irrigação mais utilizados atualmente. [8][11]

TABELA I
TIPO DE IRRIGAÇÃO [13]

Tipos de irrigação	Características
Aspersão convencional	Bico aspersor, sistema mecânico pulverizando o jato de água molhando uma área circular pequena na superfície do terreno.
Microaspersão	Variação do gotejamento, possui uma eficiência maior que a aspersão convencional e com vazão melhor que o gotejamento, conhecida também como irrigação localizada.
Gotejamento	Irrigação sob pressão por tubos, tubos com furos, molhando diretamente a zona da raiz da planta, necessidade de bombeamento, alta eficiência.
Sulco	Irrigação por superfície canis de armazenamento de água irrigando através de sifonagem manual, terreno necessita de uma pequena inclinação. Sistema de baixa eficiência.

B. Irrigação a Pivô central

É um dos principais sistemas empregado na irrigação é o sistema por aspersão convencional, dentro deste sistema destaca-se o do tipo pivô central, que consistem em uma base conectada a uma adutora, peça central, com várias torres moveis articuladas que prende a tubulação aérea denominada linha central, conectando os aspersores que são os responsáveis pela irrigação, deste modo e permitida a rotação em torno do seu eixo central, formando uma área irrigada de forma circular conforme figura 1 [14].

A conexão da base com a torre e feita por anel coletor permitindo o eixo girar livremente, antes temos um relé fim de curso para ser executado algumas manobras, na conexão das torres temos uma base ligada a dois motores elétricos, um motor redutor responsável pela movimentação e outro motor redutor de roda.

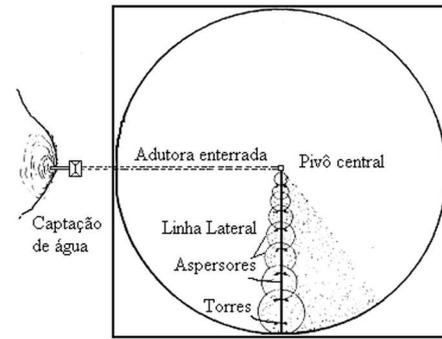


Fig. 1. Sistema de pivô central [14].

A captação de água pode ser feita através de bombas de água retirando de fontes naturais como rios, lagos, ou artificiais como poços, represas e reservatórios. Por ser o tipo mais utilizado em irrigação no Brasil, este sistema vem resultando em problemas de abastecimento de água em algumas regiões do país, em muitos casos causando racionamento.

A figura 2 mostra o sistema de captação onde o conjunto moto bomba que retira a água do reservatório e levando através de uma adutora subterrânea ao centro do pivô que por sua vez destruí por via aérea aos aspersores localizados nas torres moveis.

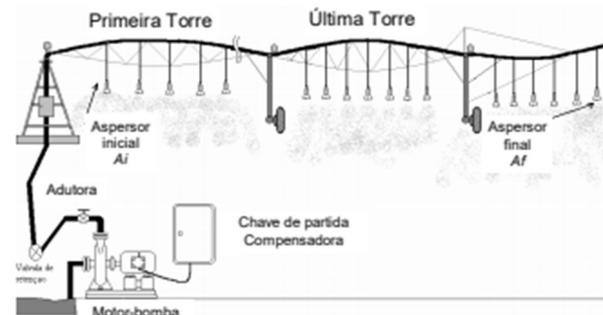


Fig. 2. Sistema típico de irrigação por aspersão tipo pivô central [5]

Parte da perda de água é devido a movimentação não uniforme que o pivô tem, o que pode acarretar a diminuição da eficiência de aplicação de água no sistema, na figura 3 mostras a movimentação do pivô central, onde podemos observar que a movimentação e feita por seções de torres provocando o desalinhamento.

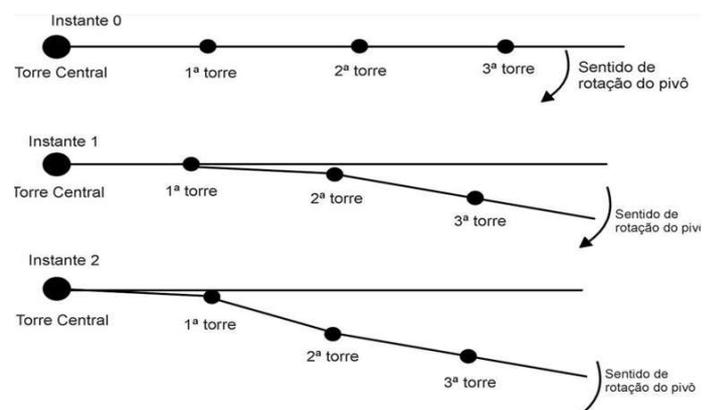


Fig. 3. Esquema ilustrativo do sistema de movimentação do Sistema de irrigação a pivô central [15]

Quando um pivô se move, ele é liderado pela Última Unidade de Acionamento Regular (Torre 3). O LRDU se move até que o braço da chave (chave final de curso), conectando o último vão à penúltima torre (torre 2), seja puxado para um ângulo que ativa a próxima torre (torre 2). Ambas as torres então se movem até que a próxima torre seja ativada (torre1), e isso continua pelo pivô até que todas as torres tenham se movido. À medida que os vãos externos se movem, a haste de controle gira a placa de came em direção ao microinterruptor de execução. À medida que a torre interna alcança a torre externa, a placa de came gira na direção oposta até que o microinterruptor de operação seja aberto parando a torre. Este processo é repetido à medida que a máquina caminha pelo campo.

Com a base conectada a adutora central conforme mostra a figura 4 ligando as torres de distribuição, essa ligação a adutora faz comunicação com o reservatório principal, distribuído a água para a plantação está vazão cria uma lâmina d'água que é determinada pela velocidade da movimentação do pivô.



Fig. 4. Base de um sistema pivô central [Fonte: <https://krebs.com.br/wp-content/uploads/2017/03/painel.jpg>]

O modelo tradicional, com suas torres articuladas conforme mostrado na figura 5 tem seu funcionamento comandado através do painel de controle localizado no centro. O painel de controle onde se localiza a parte de comando da máquina do pivô central. Esses painéis de controle são considerados o 'cérebro' da máquina, onde controlam a partida, parada, mudança de direção, a lâmina de água aplica. O painel de controle do pivô opera as principais funções da máquina. Dependendo de qual painel de controle o pivô possui, os controles serão diferentes, mas a maneira como o pivô opera é a mesma. [9].



Fig. 5: Torres de um sistema pivô central, parte móvel [Fonte: <https://revistaadnormas.com.br/2021/10/05/a-uniformidade-da-distribuicao-de-agua-em-irrigacao-com-sprayers-ou-aspersores>]

A área irrigada de um pivô central é circular conforme a figura 6, o primeiro sistema de pivô central foi construído por volta de 1950, no Estado de Nebraska (EUA), o inventor foi Frank Zybach. Este sistema foi patenteado em 1952 e sua produção em série começou um ano depois [13].



Fig. 6. Área irrigada por um sistema pivô central [fonte: <https://www.milkpoint.com.br/img/artigo/conteudo/37359/>. Foto: Mateus Caseta]

C. Princípios físicos de um movimento circular uniforme

O movimento circular uniforme (MCE) é quando uma força centrípeta perpendicular é aplicada em um corpo movendo com velocidade constante [16]. Analisando o processo de um sistema de irrigação a pivô central, nota-se que os conceitos físicos básicos de movimento circular uniforme regem o movimento das torres e aspersores do pivô central.

Podemos observar a relação entre a velocidade linear (v) e a velocidade angular (ω) conforme figura 7, é dada pela equação 1.

$$v = \omega \cdot R \quad (1)$$

$v \rightarrow$ velocidade linear = metros/segundo [m/s]

$\omega \rightarrow$ velocidade angular = radianos/segundo = [rad/s]

$R \rightarrow$ raio da circunferência = metros [m]

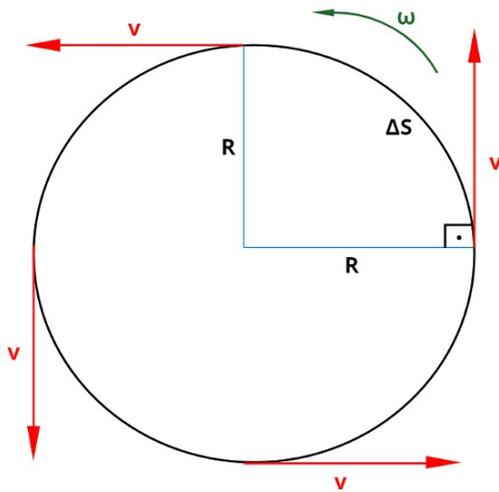


Fig. 7. Relação entre a velocidade linear (v) e velocidade angular (ω) e o raio (R) [16].

Considerando que o deslocamento em torno da circunferência é de um ângulo de 2π radianos e lembrando que o tempo necessário para darmos uma volta completa na circunferência é denominado período (T), teremos a seguinte relação, conforme equação 2:

$$\omega = 2\pi/T \quad (2)$$

Outra relação importante a ser considerada é que o número de voltas em um dado período é denominado frequência (f) sendo medida em hertz ($1 \text{ hz} = 1/\text{s}$).

Analisando e comparando o sistema de irrigação a pivô central com as relações do movimento circular, concluímos que uma vez que o pivô central se desloca com velocidade angular (ω) constante, a velocidade linear (v) varia com o raio (R).

Conclui-se que apesar da velocidade angular (ω) ser constante, a velocidade linear (v) das torres mais afastadas serão maiores que as das torres mais próximas devido à variação no raio (R).

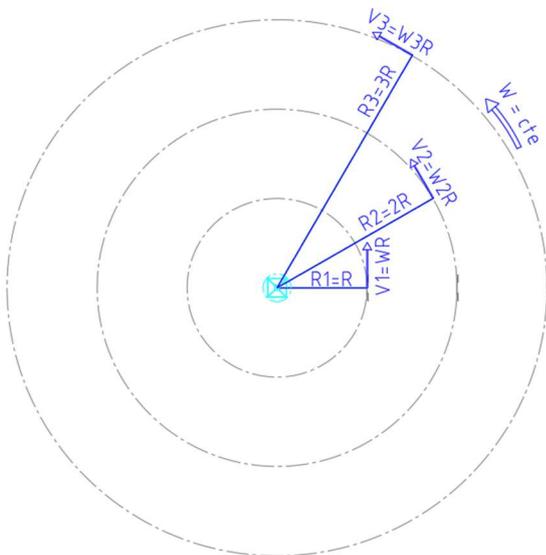


Fig. 8. Equação entre a velocidade linear (v) e velocidade angular (ω). [Fonte: própria]

Podemos observar através da figura 8 que a velocidade angular ω é constante para todos os trechos, contudo a velocidade linear de cada ponto extremo é diferente, sendo definida pelo raio do ponto. Logo, de acordo com a equação 3, 4 e 5:

$$V_1 = \omega R \quad (3)$$

$$V_2 = \omega \cdot (2R) = 2 \omega R = 2 \cdot V_1 \quad (4)$$

$$V_3 = \omega \cdot (3R) = 3 \omega R = 3 \cdot V_1 \quad (5)$$

Portanto, devemos observar que devido a esta diferença de velocidade a vazão de água para a irrigação deve possuir alguma forma de controle, evitando que determinados trechos recebam mais água e outros menos.

D. Princípios de Modulação em Largura de Pulso PWM (Pulse Width Modulation)

O PWM trabalha com a modulação por largura de pulso utilizado para controlar a tensão trabalha com sinal em dois níveis ($1 = \text{nível alto}$ e $0 = \text{nível baixo}$), esta modulação pode ser controlada em intervalos de tempo conforme mostra a figura 9. Hoje é empregado em diversas áreas da eletrônica, utilizado em fontes chaveadas, velocidade de motores, controle de luminosidade, controle de cervo motores, que através da largura de um pulso em onda quadrada e possível o controle de potência ou velocidade.

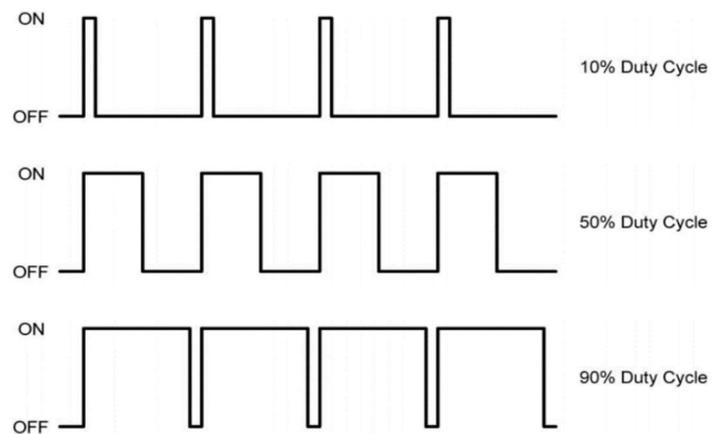


Fig. 9. Forma de onda e largura de pulso [12]

III. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

Foi proposto para o desenvolvimento do protótipo do sistema de automação para pivôs central de irrigação a fim de controlar a movimentação dos seus braços que compõem suas torres, o controle por pulso PWM [10] através de um microcontrolador arduino com entrada analógica transformando em digital.

A. Arduino Duemino

O Arduino utilizado foi o Duemilanove ("2009") figura 10, é uma placa com o microcontrolador baseada no ATmega168 ou ATmega328. Possui 14 pinos de entrada / saída digitais (dos quais 6 podem ser usados como saídas

PWM), 6 entradas analógicas, um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão USB, uma tomada de energia, um cabeçalho ICSP e um botão de reset.

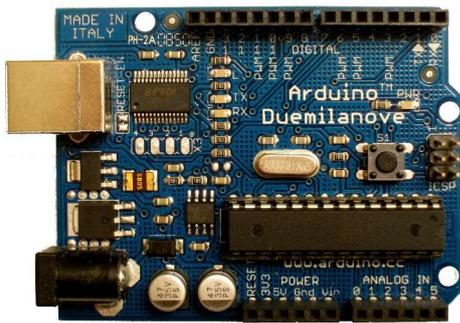


Fig. 10. Arduino Duemilanove [12]

Ele contém todos os componentes necessários para suportar o microcontrolador, simplesmente conecte a um computador pela porta USB ou alimente com uma fonte ou com uma bateria e tudo pronto para começar. "Duemilanove" significa 2009 em italiano e recebeu o nome do ano de seu lançamento.

B. Placa controladora dos motores de corrente contínua

A função principal da placa figura 11 é comunicar com o Arduino através de uma entrada analógica e receber o sinal PWM passando este sinal aos motores fazendo com que eles movimentem de forma linear com o ângulo constante mais com a velocidade diferente mantendo uma linearidade. Para sua confecção foi utilizado uma placa perfurada dupla face, um potenciômetro com resistência elétrica ajustável com três terminais atuando como um divisor de tensão para o controle da velocidade dos motores. Foi utilizado dois diodos permitindo a passagem de corrente elétrica em um só sentido evitando a corrente de reversão nos transistores, foi utilizado duas resistências na base dos transistores para a polarização dos mesmos como chave. Foram utilizados dois transistores NPN (BJT) para comandar os dois motores DC 3V-6V para movimentação das duas torres feita de alumínio.

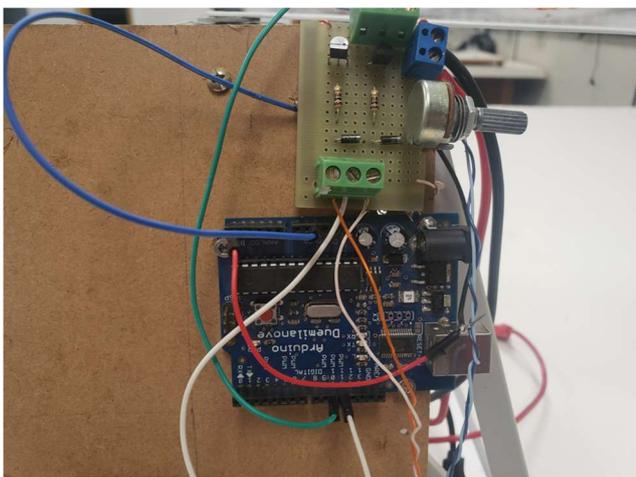


Fig. 11. Placa controladora montado na estrutura. [Fonte: própria]

Motor DC 3V - 6V com caixa de redução e roda

Para o desenvolvimento do sistema móvel do projeto será utilizado um motor de corrente contínua comum figura 14,

com caixa de redução e eixo duplo, utilizado em desenvolvimentos de projetos de robótica, conforme as especificações abaixo:

- Eixo duplo;
- Tensão de operação: 3 a 6 V;
- Redução: 1:48
- Corrente sem carga: 200 mA (6 V) e 150 mA (3 V);
- Velocidade sem carga: 200 rpm (6 V) e 90 rpm (3 V);
- Especificação das rodas: Diâmetro 68 mm, largura 26 mm, furo central 5,3mm x 3,66 mm (semicírculo), peso 50g. ([13] MATOS – 2019).

A figura 12 apresenta o tipo de motor corrente contínua a ser utilizado no projeto.



Fig. 12. Motor DC 3V – 6V [Fonte: Própria]

C. Montagem

O esboço para a montagem do protótipo em escala reduzida do sistema automatizado de irrigação está demonstrado nas figuras 13, 14, 15, 16, 17. Para este propósito foi construído uma torre em formato piramidal em estrutura de alumínio e as partes móveis, em estrutura de alumínio, onde serão fixados os motores DC – 6V, responsáveis pela movimentação do sistema.

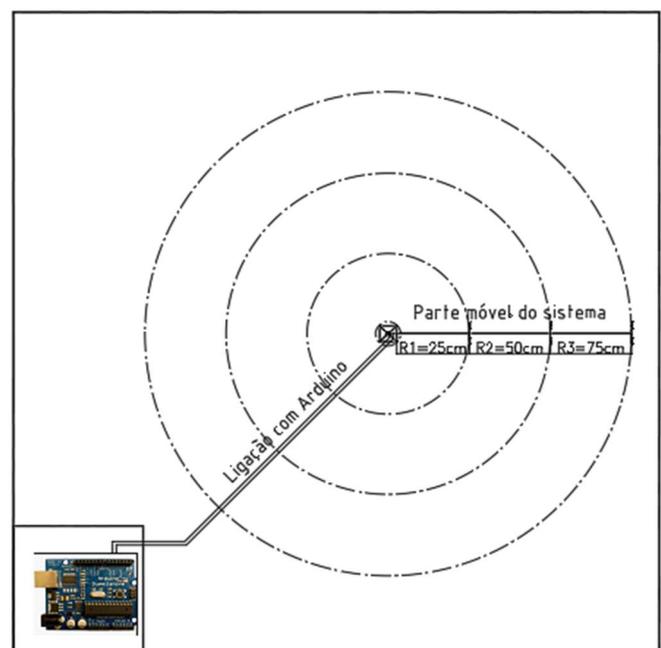


Fig. 13. Detalhe do protótipo de automação do sistema de irrigação visto em planta. [Fonte: própria]

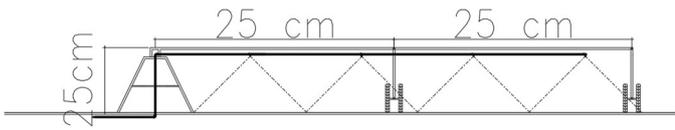


Fig. 14. Detalhe do protótipo de irrigação em vista. [Fonte: própria]

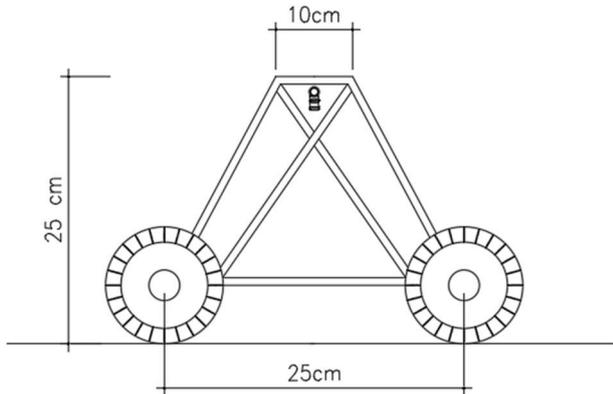


Fig. 15. Detalhe do protótipo do sistema móvel em vista. [Fonte: própria]



Fig. 16. Detalhe da montagem do protótipo. [Fonte: própria]

Durante o processo de montagem do protótipo observou-se a necessidade de ajustes nas dimensões dos componentes, devido a condições físicas de montagem, peso reduzido dos equipamentos, interferência entre as partes mecânicas da estrutura com os componentes elétricos e eletrônicos a serem utilizados. Após todas as análises preliminares chegamos as dimensões iniciais do protótipo conforme apresentado nas figuras 13,14 e 15, que nos permitiram dar andamento na implementação do projeto de automação do sistema.

A figura 17 apresenta os testes iniciais do protótipo após as correções nas dimensões para solucionar os problemas encontrados no processo de montagem inicial. Teve-se que aumentar a distância da parte móvel à parte fixa, para que tivéssemos a força necessária para se colocar o conjunto em movimento fosse reduzida, de maneira que permitisse os motores DC 3V – 6V conseguissem movimentar o conjunto.



Fig. 17. Detalhe da montagem do protótipo. [Fonte: própria]

A figura 18 apresenta os testes para a montagem dos dois conjuntos de partes móveis acoplados e articulados. A partir deste protótipo montado, passou-se para a implementação do sistema de automação da velocidade do protótipo.



Fig. 18. Detalhe da montagem do protótipo. [Fonte: própria]

O desenvolvimento das placas foi realizado com o auxílio do software tinkercad, pelo endereço <https://www.tinkercad.com/>, conforme mostrado na figura 19.

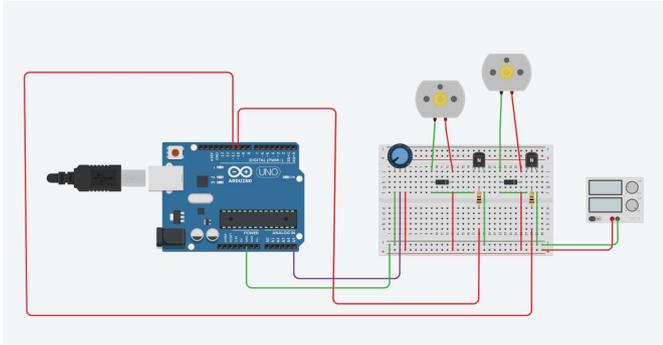


Fig. 19. Esquema montagem do software tinkercad [Fonte: própria]

A figura 20 demonstra o projeto pela vista esquemática, contendo todos os componentes eletrônicos utilizados.

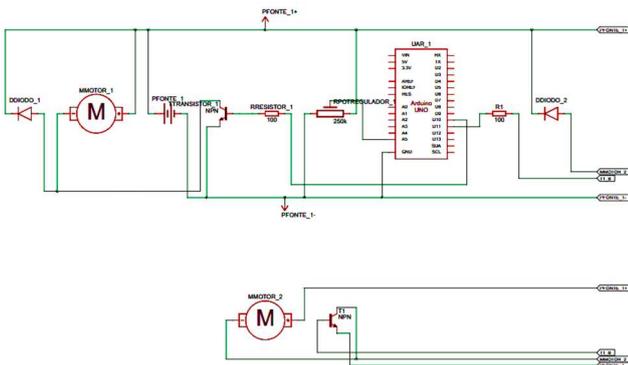


Fig. 20. Vista esquemática do projeto de controle dos motores por sinal PWM [Fonte: própria]

D. Código fonte implementado no Arduino

Foi feito o código na plataforma IDE do Arduino, código fonte em linguagem C++ desenvolvida para controle dos motores do protótipo.

```
// C++ code
//

int valor=0; //declarada a variavel valor
int valor2=0; //declarada a variavel valor2

void setup()
{
  Serial.begin (9600); //iniciando a porta serial com velocidade
  9600
}

void loop()
{
  valor = map(analogRead(A5),0,1023,0,255); //escreve na
  variavel valor a conversão de 0 a 5V para a a 255
  Serial.print("Valor Lido"); //escreve no monitor serial
  Serial.println(valor); //escreve no monitor serial
  analogWrite(10,valor); //escreve de forma PWM no pino 10.
  analogWrite(11,(valor*2)); //escreve de forma PWM no pino
  11.
  delay(1000); //dá um tempo de 1 seg
}

```

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No desenvolvimento do experimento foram necessárias algumas adaptações para o seu devido funcionamento, na parte da movimentação das torres junto a base é necessário o uso do anel coletor para interligar os motores a caixa de comando, no experimento o fio que conecta o motor passando pela torre até a base estava enrolando com o giro do pivô, foi substituído o parafuso comum por um parafuso vazado com rosca tornando a movimentação possível conforme a figura 21.

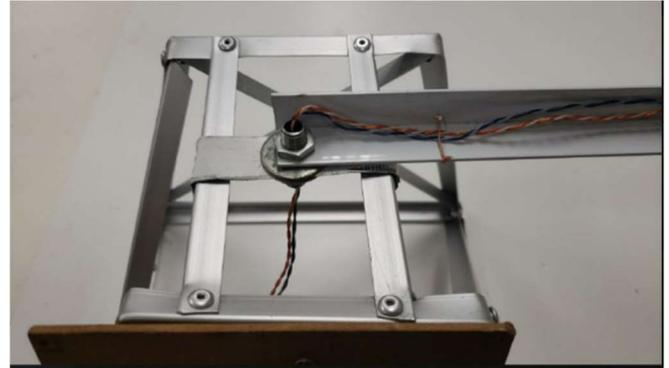


Fig. 21. Detalhe da montagem do protótipo – Parte fixa com parafuso oco com rosca externa. [Fonte: própria]

Toda estrutura foi feita em alumínio conforme figura 22, necessitando de um peso para melhorar a movimentação, tendo em vista o piso muito liso e com falhas as rodas não tracionava, com o uso do potenciômetro foi possível o controle da velocidade juntamente com o tempo total para se realizar uma volta completa.



Fig. 22. Detalhe do protótipo do sistema móvel implementado em vista. [Fonte: própria]

Embora o foco do trabalho é o movimento sincronizado dos motores em malha aberta, é possível em estudos futuros o desenvolvimento de sensores para alinhamento automaticamente em caso de atolamento de uma das rodas sistema em malha fechada, tração independente das rodas, implementação de bico aspersor com controle por válvula solenoide para o controle de vazão além da velocidade de movimentação, a comunicação direta e integrada com outros equipamentos de monitoramento tendo resultados mais precisos do sistema.

V. CONCLUSÃO

Com o protótipo montado pode-se observar o seu funcionamento na movimentação circular em laboratório, o qual foi observado o movimento sincronizado dos motores das torres indicando que a equação utilizada no software funcionou adequadamente em malha aberta, foi possível aumentar e diminuir a velocidades da torre através do controle PWM. atuando no potenciômetro da entrada analógica do Arduino. Foi observado que as vezes ocorria um desalinhamento das torres provocada pela falta de tração dos motores, como sugestão para trabalhos futuros a colocação de sensores de posicionamentos que possam ser utilizados com um sistema de malha fechada, para a correção em caso de desalinhamento das torres.

VI. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao prof. Dr. Antônio Marcos de Melo Medeiros pelo apoio dado aos alunos de TFC2, pela dedicação à tarefa de orientador, pela disponibilidade em compartilhar informações.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Neto, José Giacóia, **História e Evolução da Irrigação**. Este volume: Semiárido: problemas e soluções caminham lado a lado. / [organização de] Urbano da Costa Lins. Bimestral. (broch.). Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco – v. 13, n. 13 (set. / out. 2017). – Recife: CREA-PE, 2017- v. ISSN 2526-2556
- [2] Fetter, C.W. **Applied Hydrogeology**. 4th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2001.
- [3] Lima, J. E. F. W.; Ferreira, R. S. A. ; Christofidis, D. O, **Uso da irrigação no Brasil**. In: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas; ANEEL; OMM; SRH/MMA. (Org.). O Estado das Águas no Brasil - 1999: Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. 1ªed.: , 1999, v. , p. 73-82.
- [4] Milton Hênio. **A importância da água**. Gazeta de Alagoas, p.1, 2015.
- [5] Medeiros, A. M. de M. **Otimização de sistema de irrigação por aspersão pivô central**. 2010. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
- [6] Marchetti, D., **Irrigação por Pivô Central**, EMBRAPA·ATA, Circular técnica 1. DF, Brasília. 1983, 23p.
- [7] Biscaro, G. A., **Sistemas de irrigação por aspersão**. Dourados, MS: Editora da UFGD, 2009. 134p. ISBN 978-85-61228-35-4
- [8] Santos, Clemlison Costa dos. **Plataforma de controle sem fio para irrigação de precisão**. 2013. 178 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2013.
- [9] Vilela, L.A.A, **Metodologia para dimensionamento de um sistema de pulverização acoplável a pivô central**. 2002. 127 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- [10] RASHID, Muhammmad H. **Eletrônica de potência: dispositivos, circuitos e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Pearson

- [11] Santos, D., “**Vantagens e desvantagens dos principais tipos de irrigação**”. Agrosmart cultivo inteligente. 2016, Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/blog/vantagens-tipos-de-irrigacao/>>, Acesso em: 21 de maio de 2020.
- [12] McRoberts, Michael, **Arduino básico** Michael, tradução Rafael Zanolli, São Paulo: Novatec Editora, 2011.
- [13] Bernardo, S.; Soares, A.A.; Mantovani, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- [14] A. M. M. Medeiros, **Potencial de Economia de Energia Elétrica em Sistemas de Irrigação a Pivô Central com Uso de Inversor de Frequência no Estado de Goiás**, Dissertação de Mestrado, Coordenação Pós-Graduação da Escola de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Federal de Goiás, 2005.
- [15] Essi, Ricardo. **Caracterização Físico - Hídricas das Áreas Irrigadas por Pivô Central no Município de Manoel Viana, RS**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IF Farroupilha) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Alegrete, RS, Brasil. 2016
- [16] RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; WALKER, J. Fundamentos de física I. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante GENÉSIO OSMANI MAGGI FILHO
do Curso de ENG. ELÉTRICA, matrícula 2015.2.0038.0137-1,
telefone: 62-99997-1256 e-mail genesiomaggi@gmail.com
na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei
dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás)
a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
PROTOTIPO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO APIVÔ CENTRAL POR ASPERSÃO PARA CONTROLE DA
VELOCIDADE DAS TORRES MOVÍIS, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos,
conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de
computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção
científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 08 de JUNHO de 2022.

Assinatura do autor: Genésio Osmani Maggi Filho

Nome completo do autor: Genésio Osmani Maggi Filho

Assinatura do professor-orientador: Antônio Marcos de Melo Mendes

Nome completo do professor-orientador: Antônio Marcos de Melo Mendes

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante CARLOS LEITE DE CAMARGO JUNIOR
do Curso de ENG. ELÉTRICA, matrícula 2016.2.0038.0005-4,
telefone: 62-98197-0749 e-mail carlos.camargo@gmail.com
na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei
dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás)
a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
PROTO TIPO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO A PIVÔ CENTRAL POR ASPERSÃO PARA CONTROLE DA
VELOCIDADE DAS TORRES MOVÉIS, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos,
conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de
computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção
científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 08 de JUNHO de 2022.

Assinatura do autor:

Nome completo do autor:

Assinatura do professor-orientador:

Nome completo do professor-orientador: