

# Ponto de Controle Final

## Sistema de irrigação automatizado para tomateiro residencial por gotejamento

Kevin Kuster

14/0044299

Faculdade do Gama

St. Leste Projeção A - Gama Leste, Brasília - DF, 72444-240

Email: kevinkiister0@gmail.com

Matheus Carvalho de Sousa dias

13/0126284

Faculdade do Gama

St. Leste Projeção A - Gama Leste, Brasília - DF, 72444-240

Email: matheuscarvalhounb@gmail.com

**Abstract** - Este projeto visa a criação de um sistema de irrigação doméstico por gotejamento, utilizando uma pequena cultura de tomates em um ambiente pequeno, de modo que possa ser controlada as condições de plantio, como vasos de plantas, a ser operado por um MSP430.

**Keywords** - MSP430, irrigação domestica, microcontroladores, tomates.

### I. INTRODUÇÃO

#### A. Sistema de gotejamento

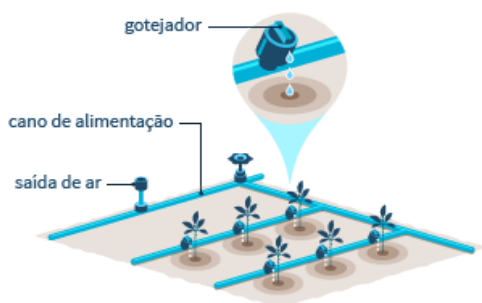


Fig.1 Sistema de gotejamento

O sistema de irrigação por gotejamento vem ganhando destaque nos últimos anos, como sendo um método de irrigação sustentável. Isso se deve ao fato de que sua distribuição de água ocorre de maneira concentrada, normalmente localizada próxima às raízes das plantas a serem irrigadas. Reduzindo a evaporação da água e a perda pelas correntes de vento, resultando em uma diminuição de até 80% do consumo inicial de

água, variando de acordo com a cultura a ser irrigada, que feito por algum outro meio, como por exemplo, por aspersão, que corresponde há um jato de água que simula uma chuva no local a ser irrigado.[3] [5]

#### B. Região centro-oeste

Na região centro-oeste esse sistema ganha uma importância ainda maior pelo fato de que a maior parte da região é caracterizada pelo clima semi-árido, que tem solos arenosos ocasionando uma falta de captação de nutrientes e elevados níveis de salinidade. A irrigação com continuidade faz com que haja uma alta umidade no solo, reduzindo assim os problemas de salinidade além de sempre manter a zona radicular das plantas umedecidas.

#### C. Tomateiro



Fig.2 Tomateiro

Para a realização do projeto optou-se pelo cultivo de tomates pelos seguintes motivadores, sua faixa de temperatura ideal se encontra entre 15 e 25 graus celsius que possibilita uma época de plantio durante todo o ano na região centro-oeste. Escolhido o hortifruti a ser plantado é necessário estimar o volume diário para cada gotejador. Para isso foi utilizado a cartilha do Embrapa com todas as especificações para os cálculos, de modo que foi utilizada a seguinte expressão:

$$V = ETo \left[ a + 0,15(1 - a) \right] \frac{As}{Cu} Kc \quad (1)$$

Onde:

V = volume aplicado por cada gotejador, em l/dia;

ETo = evapotranspiração do cultivo de referência, mm/dia;

a = fração da área molhada, em decimal;

As = área sombreada, em m<sup>2</sup>;

Cu = coeficiente de uniformidade de aplicação, em decimal;

Kc = coeficiente de cultura, adimensional;

Para encontrar o coeficiente de evapotranspiração foi utilizado o método de Blaney-Criddle onde de acordo com poucos dados do local pode se obter a evapotranspiração dele. Dada pela expressão:

$$ETo = P(0,46T + 8,13) \quad (2)$$

Onde:

P = horas de luz solar possível no mês, em relação ao total anual, em %;

T = Temperatura média, em °C;

Dada a temperatura média da cidade de Brasília como 22°C e de acordo com a tabela 2 do livro Manejo da irrigação em hortaliças, do Embrapa. Temos que a porcentagem média é de 9.01%, encontrando então um valor de ETo igual a:

$$ETo = 9,01(0,46 \times 22 + 8,13) = 164,43 \text{ mm/mês}$$

Calculado o valor de ETo substituindo-o na expressão 1 e obtendo-se o Kc1=0,45 Kc2=0,75 Kc3=1,15 e Kc4=0,65 onde cada Kc representa um estágio de maturação do cultivo.

Estado 1: Plantio, que se inicia no plantio e vai até 10% do desenvolvimento;

Estado 2: Desenvolvimento, que vai do final do estado 1 até 80% do desenvolvimento (início do florescimento).

Estado 3: Maturação que vai do final do estado 2 até o início da fase final, chamada de Colheita.

Estado 4: Colheita, que vai do final do estado 3 até a colheita.

Os outros parâmetros da expressão 1 são parâmetros de projeto e devem ser adequados de acordo com a necessidade do projetista. Tendo isso em vista, começando com o conceito de uniformidade de distribuição ou aplicação (Cu), em geral se utiliza valores altos, acima de 90% por se tratarem de sistemas com alta eficiência hídrica, pelo projeto ser de pequenas dimensões iremos adotar Cu= 0,95.

Estimando como 40% a fração de área molhada por gotejamento, temos que a=0,4. As dimensões do vaso onde será efetuado o plantio são de 50cm de largura e 17cm de comprimento, tendo uma área total de 0,085m<sup>2</sup>, utilizando 80% dessa área como área sombreada, obtemos uma área As=0,068m<sup>2</sup>. Tendo em mãos esses dados é possível agora estimar o volume de água que deve ser distribuído em cada gotejador, de acordo com a época específica em que se encontra o tomateiro:

$$V_1 = 164,43 \left[ 0,4 + 0,15(1 - 0,4) \right] \frac{0,068}{0,95} \times 0,45 \cong 2,61 \text{ l/dia}$$

$$V_2 = 164,43 \left[ 0,4 + 0,15(1 - 0,4) \right] \frac{0,068}{0,95} \times 0,75 \cong 4,32 \text{ l/dia}$$

$$V_3 = 164,43 \left[ 0,4 + 0,15(1 - 0,4) \right] \frac{0,068}{0,95} \times 1,15 \cong 6,63 \text{ l/dia}$$

$$V_4 = 164,43 \left[ 0,4 + 0,15(1 - 0,4) \right] \frac{0,068}{0,95} \times 0,65 \cong 3,75 \text{ l/dia}$$

Para um desenvolvimento adequado do tomate, foi estipulado a seguinte lógica de comportamento para o irrigador. Ele será desenvolvido com 4 estados de operação, um para cada estágio da planta, com o intuito de suprir as necessidades hídricas do tomate. Como a mudança para o próximo estágio não é algo que depende somente do tempo, ela será operada pelo usuário, sendo ele quem deve determinar em qual dos 4 estágios se encontra o cultivo. Isso deverá ser controlado em um painel com display. Tendo em vista que, durante alguns meses como em julho e agosto a umidade do ar tende a diminuir no centro-oeste e principalmente em Brasília, o sistema compreende um sensor de umidade do solo, onde uma vez abaixo do adequado para tomate é acionado uma interrupção, onde é acionado um ciclo extra de água, para manter as melhores condições de cultivo, mesmo durante período de pouca umidade.

## II. OBJETIVOS

Construir um sistema de irrigação para tomates autômato capaz de se adequar às necessidades de cada período do cultivo, passando desde a fase do plantio à colheita. Tendo como principal objetivo a redução dos gastos com água e com energia, isso se reflete tanto no modelo de irrigação utilizado, como no modelo do microcontrolador.

### III. VANTAGENS

- Economia no consumo de água;
- Economia no consumo de energia;
- Aumento da produção com base na maleabilidade do projeto;
- Diminuição da salinidade do solo;
- Maior uniformidade de aplicação de água e fertilizantes;
- Redução do custo de mão de obra;
- Adaptável a qualquer topologia;
- Controle de umidade através de sensores;
- Diminui a erosão do solo;

### IV. DESVANTAGENS

- Custo inicial elevado;
- Não é eficiente no caso de gramados e jardins;

### V. JUSTIFICATIVA

Hodiernamente vem se preocupando cada vez mais com a questão ambiental e a escassez de recursos, de modo que, ações vêm sendo tomadas para diminuir os gastos de água nas grandes cidades, ocasionados normalmente por escassez de chuvas, um crescimento urbano desordenado e a falta de investimentos no setor hídrico. Nas cidades satélites e em Brasília, desde de o dia 17 de janeiro de 2017 foi iniciado o racionamento de água.[4] Com o intuito de reforçar a ideia de que, o recurso hídrico deve ser usado com responsabilidade, e tendo em vista também que a questão de alimentos, frutas e verduras, é essencial para população. Foi pensado o desenvolvimento de um sistema de irrigação doméstico para tomates, que visa reduzir os gastos de água, além de garantir um excelente desenvolvimento da fruta.

### VI. Estrutura

Para realização do projeto, decidiu-se a implementação do sistema em um vaso, de dimensões 50x17x25cm, por ser de fácil acesso e também se adequar ao escopo do projeto.



Fig.3 Vaso de planta.

### VII. REQUISITOS

Para realização do projeto deve-se atender aos seguintes requisitos:

- Controle da umidade do solo através de um umidostato;
- Controle do ciclo no qual a planta se encontra;
- Controle do fluxo de água de acordo com ciclo da planta;

### VIII. HARDWARE

#### A. Lista de componentes:

- MSP430-G2553;
- Sensor de umidade do solo;
- Módulo relé;
- Motobomba de aquário;
- Recipiente de armazenamento;

#### B. Descrição de Hardware:

**-Módulo relé:** O módulo relé será utilizado para acionar a válvula solenoide a partir de um sinal ativado pelo MSP. Esse sinal será mantido em alta durante os ciclos hídricos, e a sua duração depende de em qual dos 4 estados de irrigação estiver ativado ;

**-Sensor de umidade do solo(Umidostato):** O sensor de umidade tem como função captar continuamente dados de umidade do solo, através de uma diferença de potencial entre as suas extremidades. Esse sinal deve ser atualizado periodicamente, com intuito de detectar a necessidade de acionar um ciclo extra de irrigação;

**-Motobomba de aquário:** A motobomba de aquário, tem a função principal de transferir água de um lugar para o outro, ou seja, de transferir água do recipiente de armazenamento para o local que se deseja fazer a irrigação, nesse caso o vaso da planta, outra função importante da motobomba de aquário é manter o baixo consumo de energia do sistema;

**Recipiente de Armazenamento:** esse recipiente tem a função de armazenar água para a alimentação do sistema de irrigação.

## IX. Software

Para um melhor aproveitamento do sistema como um todo, optou-se por um código que abrange-se a necessidade de controle do fluxo de água utilizado pelo sistema e ainda assim atendesse as necessidades hídricas da planta de modo que não houvesse perda de produtividade. Para isso utilizou-se um clock auxiliar onde sua frequência correspondente era de 1Hz, com isso mais uma função tempo onde fazia-se o sistema permanecer na mesma ação durante o tempo armazenado no vetor estado.

Outra parte muito importante do código é a máquina de estados, onde é ordenado o tempo de acionamento do motor para cada estágio de irrigação. Cada um dos estados funcionam como um ciclo de 8 horas de duração, onde o motor funciona por volta de 4 a 6 minutos de modo que possibilita uma vazão de água de aproximadamente 200ml/min, após o ciclo de oito horas é feita uma verificação referente a umidade do solo, através de um conversor AD onde é comparado o valor obtido com conversor com um valor de referência e de acordo com o valor é feito um ciclo de irrigação com o dobro do tempo de modo a evitar com que avarias com aumentos inesperados da temperatura e também diminuição da umidade.

Junto com o sistema foi implementada uma interrupção de modo a contabilizar as transições ocasionadas pelo botão, de modo que após o término do ciclo é contabilizado em qual estado se encontra o sistema.

## REFERÊNCIAS

- [1] Embrapa, Manejo da Irrigação em Hortaliças.
- [2] Desenvolvimento do MSP430 Texas Instrument <<http://www.ti.com/lit/an/slaa024/slaa024.pdf>>
- [3] Funcionamento do sistema de gotejamento <<http://www.hidrosistemas.com/irrigacao-agricola/gotejamento/>>
- [4] Falta de recursos hídricos no DF <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-01/distrito-federal-convive-com-acionamento-de-agua-ha-um-ano>>
- [5] Relação entre sistema de gotejamento e produtividade <<http://www.canalrural.com.br/noticias/agric>

ultura/irrigacao-por-gotejamento-reduz-gastos-pode-dobrar-produtividade-67435>

## Anexo 1: Código do projeto

```
#include<msp430g2553.h>
#include <legacymsp430.h>
#include<intrinsics.h>

#define VALVULA BIT4+BIT6
#define SENSOR BIT5
#define BTN BIT3
#define LED0 BIT7 //Plantio
#define LED1 BIT1 //Desenvolvimento
#define LED2 BIT2 //Maturacao
#define LED3 BIT0 //Colheita
#define LEDS (BIT7+BIT8+BIT1+BIT2+BIT4+BIT6+BIT0)
volatile int j; //Numero de estados de tempo
unsigned int umidade;

void tempo (volatile int i){

    while (i>0){ //Tempo em alta -1
        if((TA0CTL&TAIFG)==1){
            i--;
            TA0CTL &= ~TAIFG;
        }
    }
    i==0;
}

int main (void){

    int estado[4][3] =
    {{260,28540,LED0},{432,28368,LED1},{663,28137,LED2},
    {365,28435,LED3}}; // Vetor de tempo que representa
    // o período em 10ms em que o irrigador fica ligado e
    desligado

    WDTCTL = WDTPW | WDTHOLD;
    BCSCTL1 = CALBC1_1MHZ;
    DCOCTL = CALDCO_1MHZ;
    P1OUT |= LEDS;
    P1DIR |= LEDS;
    P1DIR &= ~BTN;
    P1REN |= BTN;
    P1OUT |= BTN;
    P1IES |= BTN;
    P1IE |= BTN;
    _BIS_SR(GIE);

    ADC10CTL1 = INCH_5 + ADC10DIV_3;
```

```
// Canal 5 ADC10CLK/4
ADC10CTL0 = SREF_0 + ADC10SHT_3 + ADC10ON
+ADC10IE;
//VCC E VSS como referencia;
ADC10AE0 |= SENSOR;
//P1.5 para leitura adc
```

```
TA0CCR0 = 62500-1;//TIME DE 1 SEG
TA0CCR1 = 62500-1;
TA0CCTL0 = OUTMOD_7;
TA0CTL = TASSEL_2 + ID_3 + MC_3;
j = 0;
```

```
_BIS_SR(GIE);
```

```
while(1){
```

```
P1OUT &= ~LEDS; //Desliga as Sidas
P1OUT |= estado[j][2]; //Liga o Led Vermelho
P1OUT |= VALVULA; //Liga motor
tempo(estado[j][0]);
```

```
P1OUT &= ~LEDS; //Desliga as Sidas
P1OUT |= estado[j][2]; // Liga o Led
tempo(estado[j][1]);
```

```
ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC;
umidade = ADC10MEM; // Variavel umidade
recebe a conversao analogica
```

```
if (umidade > 700) { // solo seco
P1OUT &= ~(LEDS+VALVULA);
P1OUT |= estado[j][2]+VALVULA;
tempo(estado[j][0]); // tempo de operacao
}
```

```
}
```

```
}
```

```
interrupt(PORT1_VECTOR) Interrupcao_P1(void)
```

```
{
if ((P1IN&BTN)==0){
j++;
while((P1IN&BTN)==0){}
```

**Anexo 3:Esquemático do funcionamento lógico do sistema de irrigação:**

```
if (j == 4){
j=0;
}
}
tempo(1); // Debounce
P1IFG &= ~BTN;
}
```

**Anexo 2 : Esquemático do sensor de umidade.**

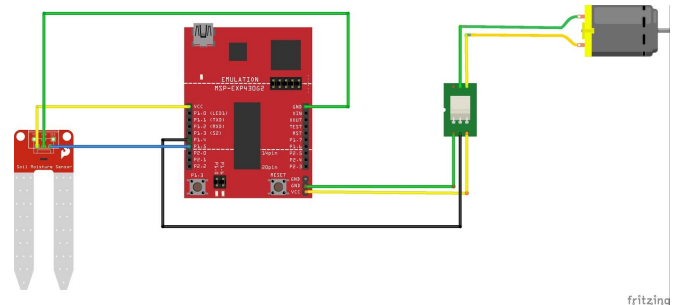


Fig4. Esquemático da montagem do sensor.

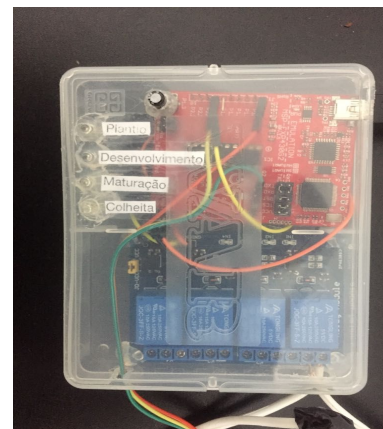


Fig5. Módulo do Irrigador.

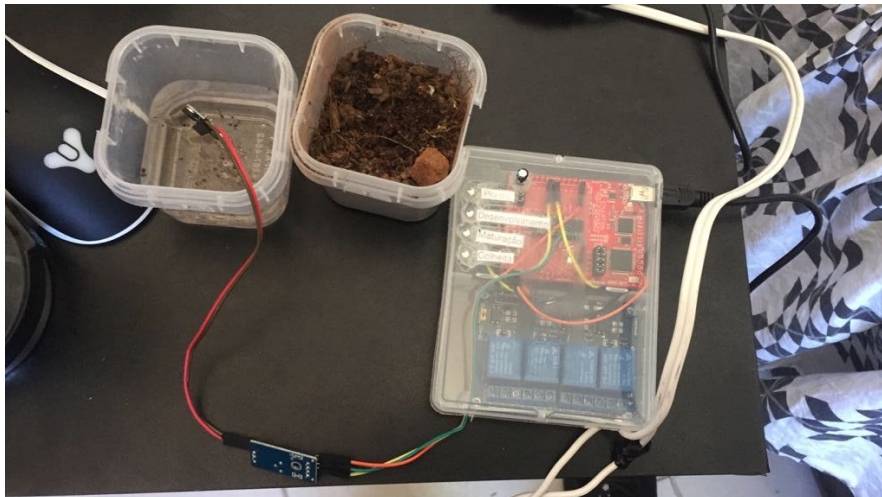
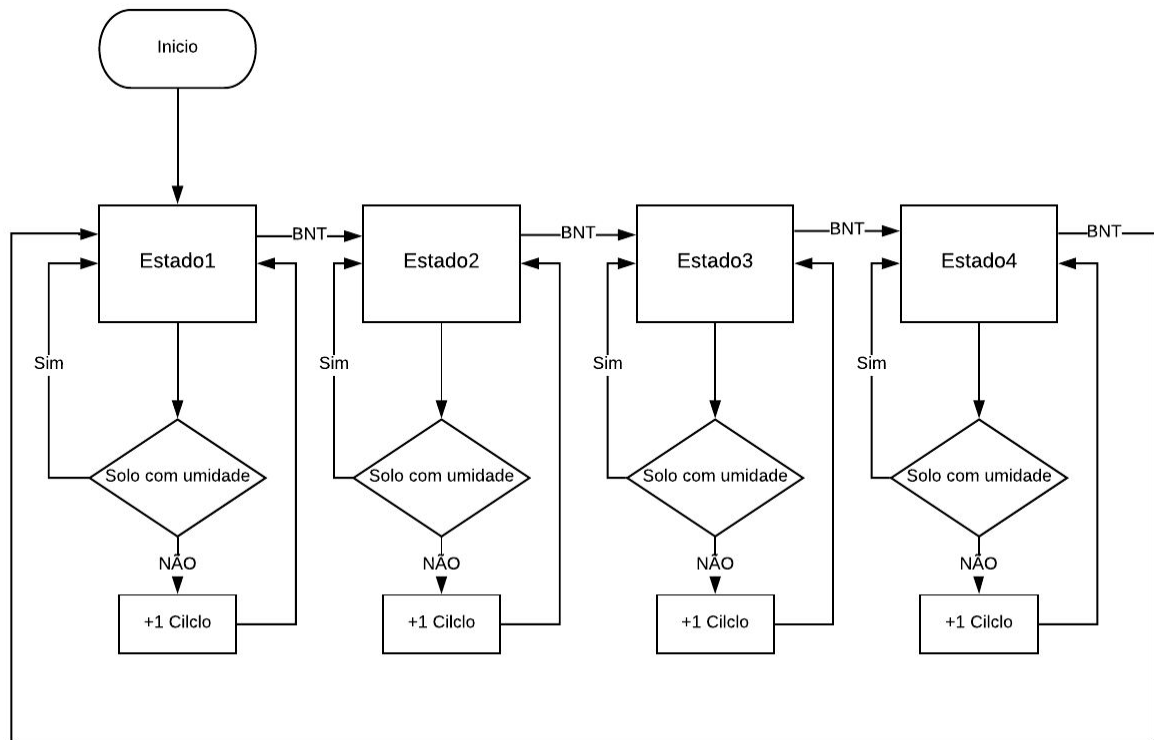


Fig6. Teste do irrigador utilizando terra e água.

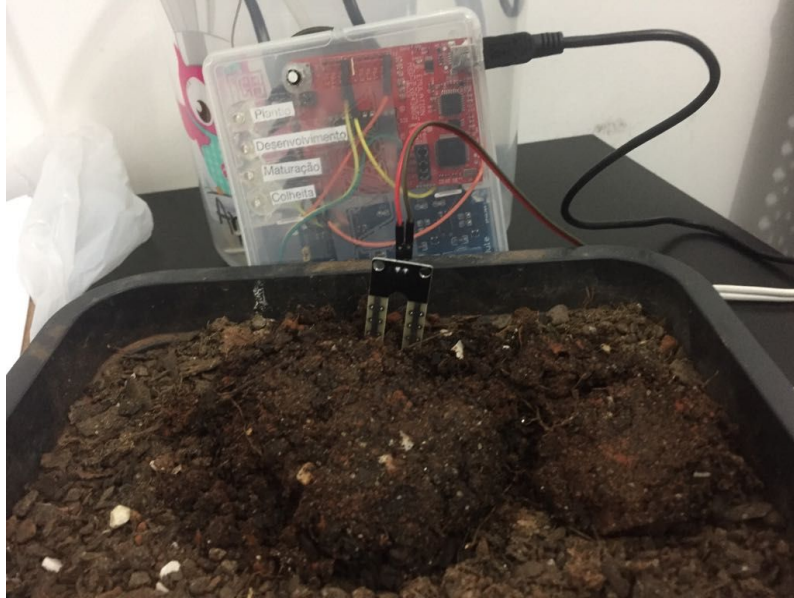


Fig7. Teste feito utilizando o vaso de planta.