

# ***BATHnatic.***

## ***Banheiro público com descarga automática, sensor de presença e controle de iluminação.***

Alexandre Henrique Pires Rocha

Engenharia Eletrônica - Faculdade do Gama  
Universidade de Brasília  
Brasília, Brasil  
alexandre.hpr@outlook.com

Bruna Medeiros da Silva

Engenharia Eletrônica - Faculdade do Gama  
Universidade de Brasília  
Brasília, Brasil  
br.medeiros@hotmail.com

**Resumo** — Este documento contém informações técnicas do projeto BATHnatic, que será desenvolvido como projeto final da disciplina de Eletrônica Embarcada ministrada na Universidade de Brasília, Campus Gama. Trata-se de um projeto de automatização a ser utilizado, principalmente, em banheiros públicos e que visa o monitoramento e controle básico da higiene, limpeza e iluminação local.

**Palavras-chave** — *Automatização, controle, monitoramento, higiene e descarga automática.*

### I. INTRODUÇÃO

Banheiros públicos são locais utilizados por diversas pessoas e, por isso, acaba sendo extremamente comum e esperado o fato de se sujarem com uma frequência muito maior do que banheiros residenciais ou até mesmo quaisquer outros lugares públicos. Um dos principais fatores a ser considerado é o mau-hábito dos usuários de não acionar a descarga após o uso do vaso sanitário, o que torna o uso desses lugares muito mais desagradável e faz com que mesmo sendo algo feito para uso da população, a mesma não consiga aproveitar do recurso, que se torna uma demonstração da falta de respeito entre os cidadãos e um sinônimo de anti-higiene pessoal para os que tentam utilizá-lo.

Projetos semelhantes já foram desenvolvidos como por exemplo, o projeto de descarga automática desenvolvido por estudantes do Centro Universitário da FEI. Este sistema não só aciona automaticamente a descarga de um mictório como usa o fluxo de água para gerar energia elétrica que alimenta o circuito da descarga automática [8].

Pensando nisso, está sendo proposto um mecanismo baseado no microcontrolador MSP430, produzido pela Texas

Instruments, que trabalha em cima do monitoramento e da automatização parcial dos principais mecanismos dentro de um banheiro público. O projeto pode ser dividido em 3 (três) partes: automatização (descarga e iluminação), monitoramento local (placa informativa, com LEDs indicando a situação atual do banheiro) e monitoramento remoto (via Wi-Fi).

O objetivo deste projeto é fazer com os alunos se familiarizem com o microcontrolador e consigam implementar um projeto que possa contribuir com a higiene e saúde de usuários de ambientes sanitários públicos, a fim de tornar o uso deste recurso mais agradável e de contribuir com a equipe de limpeza do local, auxiliando-os no controle da limpeza nesses ambientes.

### II. DESENVOLVIMENTO

#### A. Requisitos

Para a execução do projeto serão necessários alguns materiais. São esses:<sup>3</sup>

- Microcontrolador MSP430G2 ou MSP430G2ET [R\$ 50,00]<sup>1</sup>;
- Sensor de movimento [R\$9,80];
- Motor de passo (para acionar a descarga) [R\$ 14,90];
- Sensor LDR [R\$ 6,00];
- LEDs RGB [R\$1,05 cada];
- Placa de madeira, plástico ou metal [*sem custo*]<sup>2</sup>;
- Fios e cabos para conexão entre componentes [*sem custo*].
- Lâmpada (controle de iluminação) [*sem custo*];
- Módulo relé 5V/2 canais [R\$ 10,99];
- Sensor de nível de líquido. [R\$ 13,60];

- Fonte de alimentação para telefone celular (DC 5V)<sup>4</sup>

<sup>1</sup> o valor é uma aproximação, uma vez que a compra foi realizada em US\$ (dólar) no site da Texas Instruments e o frete não foi incluído devido às variações.

<sup>2</sup> os itens listados como *sem custo* são itens que os membros já possuíam e portanto não precisaram efetuar compras.

<sup>3</sup> grande parte do projeto foi orçado na empresa de eletrônicos HU Infinito situada em Brasília-DF.

<sup>4</sup> A fonte deve ser utilizada na implementação real do projeto. Os estudantes fizeram todos os teste utilizando a porta USB do computador portátil, devido à versatilidade e fácil acesso de notebooks e PCs durante o desenvolvimento do projeto, além da necessidade de alteração do código.

O projeto foi integralmente desenvolvido no *software* Energia e após o teste e confirmação do resultado esperado, este foi adaptado para a linguagem C compatível com o *software* IAR Embedded Workbench, como será possível ver no anexo.

## B. Funcionamento

A automatização será aplicada em duas partes do banheiro: Na descarga automática e no controle da iluminação. A primeira será ativada sempre que o usuário utilizar o banheiro, logo após sua saída, mas essa descarga só poderá ser acionada após um tempo mínimo de permanência dentro do recinto, para evitar descargas desnecessárias. Esse tempo será controlado de acordo com o sensor de movimento PIR, quando for detectada a presença da pessoa por meio do sensor, o microcontrolador iniciará a contagem. Se o tempo mínimo for atingido e a pessoa sair do recinto, a descarga será acionada. Para a segunda, serão utilizados o sensor de movimento citado anteriormente e o LDR, para que a luz só acenda no momento em que houver necessidade de uma iluminação adicional e que houver alguém presente no local. Esse controle de iluminação também contará com alguns períodos adicionais entre seus estados, ou seja, após a luz ser apagada/ acesa, teremos um intervalo mínimo pré-definido para que ela possa ser apagada/acesa novamente. Além disso, outro monitoramento que será implementado é se o vaso sanitário está entupido ou não através de um sensor de nível de líquido. Ele será posicionado e preso no vaso com o uso de um suporte em uma posição arbitrária para que se a quantidade de

líquido se manter por muito tempo seja indicado no painel que o vaso está entupido e essa informação seja transmitida pelo módulo wi-fi para os responsáveis pela limpeza.

O monitoramento local será realizado através de uma placa simples à frente ou ao lado da porta do banheiro que indicará através de LEDs RGB a situação do banheiro em relação à ocupação, ao funcionamento e à disponibilidade do mesmo.

O monitoramento remoto será realizado via Wi-Fi e visa deixar os responsáveis pelo controle da limpeza cientes de cada uma das situações que serão controladas ou monitoradas no projeto, permitindo a realização de um serviço mais prático e eficiente sobre o serviço prestado pelos funcionários e sobre a limpeza do local.

O microcontrolador será responsável por processar todos os dados e garantir que o sistema responda da maneira desejada. O sensor de movimento indicará a presença de pessoas no banheiro e gerará dados importantes que irão determinar algumas funcionalidades do banheiro, como o ato de acender a luz e o acionamento da descarga. O motor será responsável por levantar a válvula da caixa de descarga e acioná-la algum tempo após o usuário deixar o banheiro. O banheiro contará ainda com um sensor de nível de líquidos dentro do vaso sanitário, que indicará se o sistema do mesmo está descartando a água de maneira correta e no tempo adequado, indicando se ele está entupido ou não.

Para o controle de iluminação, o LDR atuará em conjunto com o sensor de presença de tal forma que a luz do banheiro será acionada somente quando não houver luminosidade e houver o reconhecimento da presença de alguém no banheiro (pela detecção de movimento), caso contrário, o banheiro permanecerá com a luz apagada.

Como adicional, se for visto que é algo funcional, viável e útil, pretende-se utilizar os sensores de peso e IR para detectar se há ou não papel higiênico no suporte. Bem como, um módulo wi-fi para transmitir as informações coletadas para uma central, por exemplo, a fim de melhorar ainda mais a higiene do local.

Os LEDs servirão como uma espécie de indicação visual simples e intuitiva do estado do banheiro no painel, informando tanto usuários quanto à equipe de limpeza que se aproximar do local a situação em que o banheiro se encontra.

## C. Benefícios

Os benefícios que podem ser gerados pela construção e instalação deste mecanismo em um banheiro público real são:

- Maior higiene dentro dos banheiros;
- Prevenção/redução de odores e problemas futuros causados pelo acúmulo de resíduos nos sanitários;
- Auxílio à equipe de limpeza;
- Monitoramento constante;
- Melhor atendimento à população;
- Economia de energia elétrica;
- Maior sensação de privacidade e segurança para o usuário, visto haver um display eletrônico que avisa se o banheiro está ocupado, evitando erros e enganos ocasionais.

#### D. Estado da Arte (estudo bibliográfico)

Com relação ao mercado e à indústria, o que já existe disponível para compra e venda é:

- Válvula de Descarga Sensorizada, porém, que não considera a possibilidade de o usuário já tê-lo feito;
- Exaustor que elimina o odor e o vapor advindo do chuveiro, mas que não possui nenhum mecanismo automatizado;
- Também já existe no mercado vários sistemas de iluminação automática onde a luz é acesa e apagada de acordo com a luminosidade externa do local em que o sistema está instalado;
- Papeleira (sem nenhum nível de automatização);
- No Aeroporto Nacional de Narita, Japão, as pessoas podem usufruir de vasos sanitários com descarga automática e de um painel com controle de funções como um jato d'água para higiene feminina;
- Mecanismo de automação de banheiros focados em deficientes físicos. Constituído para um TCC, em 2010, e realiza funções como abertura automática da porta, LED indicando que o banheiro está ocupado, mecanismo de reação para queda de energia, iluminação automática e tentativa de aviso caso haja uma demora incomum da pessoa dentro do banheiro, indicando que a mesma pode ter caído ou passado mal no interior do mesmo. Também há a possibilidade de acessar o banheiro manualmente caso alguém detecte que está ocorrendo algum problema.
- Mesmo não sendo totalmente voltado para os problemas deste projeto, é importante lembrar que Bill Gates, recentemente, apresentou o projeto de um vaso sanitário totalmente desvinculado do uso de água para descarga e afins, além de não necessitar de esgotos, encanamentos, etc., transformando os dejetos humanos em fertilizantes.

### III. FUNCIONAMENTO

1. O sistema começa a entrar em ação quando o usuário entra no banheiro, acionando o sensor de movimento e indicando automaticamente que o banheiro está ocupado. O sensor de movimento é digital. Portanto, as informações que ele gera são, basicamente, de nível lógico alto na detecção de movimento e nível lógico baixo para ausência de movimento. Sendo assim, quando o sensor enviar nível lógico alto para porta utilizada no MSP, essa informação será processada pelo microcontrolador e acionará o LED vermelho (indicando ocupado) e apagará o LED verde. Quando o sensor de movimento enviar nível lógico baixo, o contrário do caso dito anteriormente ocorrerá;
2. Se estiver escuro o suficiente, conforme definido na escala do microcontrolador por testes e simulações reais, as luzes são acesas. Caso contrário, nada ocorre. O código faz a leitura das informações fornecidas pelos sensores de presença e LDR e a partir daí aciona o LED (utilizado para fins de testes antes do uso da lâmpada no projeto) se e somente se o sensor de presença detectar movimento e o LDR indicar baixa luminosidade, ou seja, quando o LDR estiver com alta resistência;
3. Assim que o usuário entrar no banheiro, o LED vermelho central (em um pequeno quadro) indicando que há alguém dentro do banheiro será acionado;
  - a. Caso o usuário saia do banheiro, o LED verde central é acionado, indicando que o banheiro está livre ;
  - b. A descarga será acionada se o usuário passasse o tempo mínimo de 15 segundos no banheiro (tempo arbitrário, porém não foi possível implementá-lo em tempo real devido ao desconhecimento dos alunos para o uso do *timer A*), evitando assim desperdício de água e acionamento desnecessário do sistema. Quando o sensor de presença detecta movimento, inicia-se uma contagem e, quando essa contagem se finaliza, a descarga é acionada. Quando a descarga é acionada, o LED fica amarelo.
4. A descarga será acionada automaticamente algum tempo após o usuário se retirar do banheiro;

- a. Caso o usuário aperte a descarga manualmente, um sensor de nível de água dentro da caixa do banheiro em combinação com o sensor de presença impedirão que a descarga seja acionada duas vezes, ou seja, se o nível de água dentro da caixa estiver baixo, não houver nenhuma alteração em seu estado e o sensor indicar que a pessoa ainda está no banheiro, significa que ela acionou a descarga e que não será necessário um novo acionamento.

5. Caso o sensor detecte que a descarga foi acionada (motor foi acionado), mas o outro sensor (no vaso sanitário) não detecta a água abaixando num período de 15 segundos (arbitrado como longo demais para uma situação normal), significa que o sanitário está entupido, acionando assim o LED vermelho específico para este caso no quadro da porta do banheiro (figura 3);
6. Todas essas informações serão mostradas num painel de LEDs que será disposto na porta dos banheiros, para que assim promova mais privacidade para quem utiliza e para que o usuário que vá utilizar tenha ciência do atual estados dos banheiros.

O mecanismo utilizado para monitorar e acionar a descarga automaticamente foi pensado, a princípio, para vasos sanitários como o presente nas figuras 1 (desconsiderar escalas e dimensões) e 2. O projeto foi pensado para esses modelos devido à caixa ser externa e próxima do vaso, que lhe garante maior facilidade/ simplicidade de instalação do mecanismo. Entretanto, o projeto pode ser futuramente repensado e reprojetoado para que o dispositivo possa funcionar em quaisquer modelos de vasos sanitários, ou pelo menos em demais modelos, conforme a necessidade.



Fonte: Madeira Madeira

**Figura 1.** Esquemático de vaso sanitário.



Fonte: Leroy Merlin

**Figura 2.** Exemplo de vaso sanitário para o projeto.

Na figura 3 é possível observar um esboço de como seria o painel com as informações básicas de funcionamento e uso a respeito do banheiro. Quando o banheiro estiver em perfeitas condições de uso (para os parâmetros considerados, obviamente), as luzes no painel serão verdes; entretanto, caso haja algum problema em um ou mais parâmetros, seus respectivos LEDs vermelhos acenderão, facilitando e acelerando assim a identificação e o processo de correção de problemas relacionados, além de informar a situação do local ao próprio usuário.



Fonte: Autoria Própria.

**Figura 3.** Quadro para monitoramento local.

#### IV. CONCLUSÃO E DISCUSSÃO

Dados os avanços no projeto, tanto em seu conceito e definição, quanto em sua implementação, pode-se dizer que o projeto demonstrou total potencial de cumprir seu objetivo,

apesar de situações de funcionamento parcial ou de não funcionamento de partes específicas do projeto devido à dificuldade na implementação em determinados módulos, como, por exemplo, o módulo Wi-Fi ESP8266-01, que deixou de fazer parte do projeto, mas que, anteriormente, passou a ser a maior dificuldade na implementação do projeto, devido à sua difícil forma de comunicação com o próprio microcontrolador ou até mesmo com a interface serial da IDE do Arduino e em sua modificação para o MSP, denominada Energia. Apesar disso, com o módulo Wi-Fi e o trabalho com o papel higiênico deixados à parte, pode-se considerar que o projeto e os demais módulos estão em perfeito estado de funcionamento, necessitando apenas de ajustes e melhorias em sua implementação para poderem atuar como um produto real no mercado.

Apesar dessas questões de implementação, o conjunto se mostrou bem eficaz. O motor de passo com torque de 1,8 kgf foi capaz de levantar a ‘válvula’ de descarga, permitindo assim a realização da descarga automática. Além disso, a combinação do LDR e do sensor de movimento também conseguiram mostrar eficiência no quesito de controle de iluminação, assim como o sensor de movimento unicamente, que é capaz de monitorar a presença do usuário no banheiro bem como prover o *start* para a contagem do tempo mínimo de permanência dentro do banheiro para o acionamento da descarga.

A correta implementação do *timer A* acabou por se tornar um outro fator de dificuldade, pois diversas vezes os projetistas se depararam com questões que exigiam uma maior habilidade no controle deste recurso. Essa dificuldade no manuseio do recurso acarretou em um problema de monitoramento do tempo, visto que a segunda opção se baseia no controle de tempo dentro do próprio código (com incremento, decremento, *set* e *reset* de variáveis). Um desses casos é observado na contagem do tempo mínimo para o acionamento da descarga, fazendo com que, ao invés do uso de tempo em segundos/milissegundos, a contagem do tempo fosse baseado em uma variável que é incrementada, até chegar a um limite simbólico pré-definido, porém alterável. Nesse caso, ao invés dos 15 segundos definidos em relatórios anteriores, utilizou-se uma constante máxima no valor de 150000.

O projeto final pode ser um grande aliado na economia de energia, devido ao controle da iluminação. Além disso, pode promover uma melhor experiência para o usuário de banheiro públicos, uma vez que este não se depararia com vasos sanitários sujos, ou mesmo que este esteja entupido, o usuário saberia antes mesmo de entrar no recinto a fim de evitar constrangimentos e situações até mesmo nauseantes para o usuário.

## REFERÊNCIAS

- [1] DRACO. Válvula de Descarga Sensorizada Eco. Disponível em: <<http://www.dracoeletronica.com.br/descargas/descargas-embutir/descargas-sensor/descarga-sensorizada-embutir-eco-90.490.htm>>. Data de acesso: 04 Setembro, 2018.
- [2] MERCADO LIVRE. *Exaustor para Banheiro*. Disponível em: <[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-989579213-exaustor-banheiro-150mm-exb150-ventisol-220v-sensor-presen-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-989579213-exaustor-banheiro-150mm-exb150-ventisol-220v-sensor-presen-_JM)>. Data de acesso: 04 Setembro, 2018.
- [3] LEROY MERLIN. *Vaso Sanitário para Caixa Acoplada Diamantina Icasa*. Disponível em: <[https://www.google.com/shopping/product/14230547499734890463?lsf=seller:101617997,store:3186096953533292675&prds=oid:4966553710133936349&q=tipos+de+descarga+em+vaso+sanitario&hl=pt-BR&ei=K0SPW9jTKMO-wATo4anYDA&lsft=gclid:CjwKCAjw2rjcBRBuEiwAheKeL5MYWK7noFjgE2qIvgDZuUPXaqAzjNOVHgL9DJ3CkCqNRVJsMoCxoCA\\_IQAvD\\_BwE](https://www.google.com/shopping/product/14230547499734890463?lsf=seller:101617997,store:3186096953533292675&prds=oid:4966553710133936349&q=tipos+de+descarga+em+vaso+sanitario&hl=pt-BR&ei=K0SPW9jTKMO-wATo4anYDA&lsft=gclid:CjwKCAjw2rjcBRBuEiwAheKeL5MYWK7noFjgE2qIvgDZuUPXaqAzjNOVHgL9DJ3CkCqNRVJsMoCxoCA_IQAvD_BwE)>. Data de acesso: 04 Setembro, 2018.
- [4] EMBARCADOS. *Como medir o nível de água com Arduino*. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/medindo-o-nivel-de-agua-com-arduino-o/>>. Data de acesso: 04 de Setembro de 2018.
- [5] TAVARES, Eduardo. *Os aeroportos mais modernos*. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/os-aeroportos-mais-modernos-2/>>. Data de acesso: 10 de Outubro de 2018.
- [6] ALVES, Ronaldo; VASCONCELOS, Ednaldo; SILVA, Naise; Carlos, JOSÉ; MARINHO, Jaqueline; CEDRAZ Rodrigo. *Projeto de Automação (Banheiro Adaptado Automatizado Parte I)*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=J5hFq44utdc>>. Data de acesso: 10 de Outubro de 2018.
- [7] CIRIACO, Douglas. *Bill Gates exibe vaso sanitário que não usa água nem esgoto*. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/ciencia/135932-bill-gates-exibe-vaso-sanitario-nao-usa-agua-esgoto.htm>>. Data de acesso: 18 de Novembro de 2018.
- [8] YAKUSHIJI, Thiago Kiyoshi; MENDES, Felipe; RODRIGUES, Michele. *Projeto De Uma Descarga Automática E Autoalimentada Para Mictórios*. Disponível em: <[https://fei.edu.br/70anos/simposio/trabalhos2013/eletrica/thiago\\_kiyoshi\\_yakushiji.pdf](https://fei.edu.br/70anos/simposio/trabalhos2013/eletrica/thiago_kiyoshi_yakushiji.pdf)>. Data de acesso 29 de Novembro de 2018.
- [9] LARIOS, Claudio. *Descarga Automática Para Mictórios*. Disponível em: <<http://larios.tecnologia.ws/iBlog/archives/9960>>. Data de Acesso: 29 de Novembro de 2018.





ANEXOS (código do projeto implementado no MSP)

```
#include <msp430.h>
#include <msp430g2553.h>

#define LAMP BIT0
#define LDR BIT1
#define SEN_MOVE BIT3
#define SEN_LV BIT5
#define SERVO_BIT BIT2
#define SM_clk 1100000
#define servo_freq 50
#define MIN 150000
#define TIME_LV_MAX 120000
#define LED_RED BIT4 // RED
#define LED_GREEN BIT6 // GREEN
#define LED_LV BIT7 // LED para o sensor de nível líquidos
#define LEDS LED_RED | LED_GREEN

void atraso();

volatile unsigned int i = 0xFFFF;
volatile long int time_into = 0;
volatile long int i_lv = 0;
int falling_edge = 0;
int count_level = 0;

int main(void)
{
    int PWM_period = SM_clk / servo_freq;

    WDTCTL = WDTPW | WDTHOLD; // Stop WDT
    ADC10CTL0 = ADC10SHT_2 + ADC10ON + ADC10IE; // ADC10ON, interrupt enabled
    ADC10CTL1 = INCH_1; // input A1
    ADC10AE0 |= LDR; // PA.1 ADC option select
    P1OUT &= ~(LED_LV);
    P1OUT |= (SEN_MOVE | LEDS | LAMP | SEN_LV);
    P2OUT &= ~LAMP;
    P1DIR |= (LAMP | SERVO_BIT | LEDS | LED_LV); // Set P1.0 to output direction
    P2DIR |= LAMP;
    P1SEL |= SERVO_BIT; // port 1 function is set.
    P1DIR &= ~(SEN_MOVE | SEN_LV);
```



```
TA0CCR0 = PWM_period-1; // pwm period
TA0CCR1 = 500; //duty cycle = TA0CCR0/ TA0CCR1
TA0CCTL1 = OUTMOD_7;
TA0CTL=TASSEL_2+MC_1; // starting timer by setting clock source SMCLK of timer and UP mode

P1OUT |= LED_GREEN;
P1OUT &= ~LED_RED;
atraso(0xFFFF);

while(1)
{
    if(((P1IN&SEN_LV) != SEN_LV) && (count_level == 0))
    {
        i_lv++;
        if(i_lv > TIME_LV_MAX)
        {
            count_level = 1;
            P1OUT |= LED_LV;
        }
    }
    if(((P1IN&SEN_LV) == SEN_LV) && (count_level == 0))
    {
        i_lv = 0;
    }
    if(falling_edge==1)
        time_into++;

    if((falling_edge == 2) && (time_into >= MIN))
    {
        time_into = 0;
        falling_edge = 0;
        P1OUT |= (LED_GREEN | LED_RED | LAMP);
        P2OUT &= ~LAMP;
        while(TA0CCR1 < 2400)
        {
            TA0CCR1 += 50;
            __delay_cycles(300000);
        }
        __delay_cycles(5000000);

        while(TA0CCR1 > 500)
        {
            TA0CCR1 -= 50;
            if(TA0CCR1 > 500)
                __delay_cycles(300000);
        }

        P1OUT &= ~LED_RED;
```



```
P1OUT |= LED_GREEN;
}
else if ((falling_edge == 2) && (time_into < MIN))
{
    time_into = 0;
    P1OUT |= LED_GREEN;
    P1OUT &= ~LED_RED;
    falling_edge = 0;
}

if ((P1IN & SEN_MOVE) == SEN_MOVE)
{
    ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC;
    P1OUT |= LED_RED | SEN_MOVE;
    P1OUT &= ~LED_GREEN;

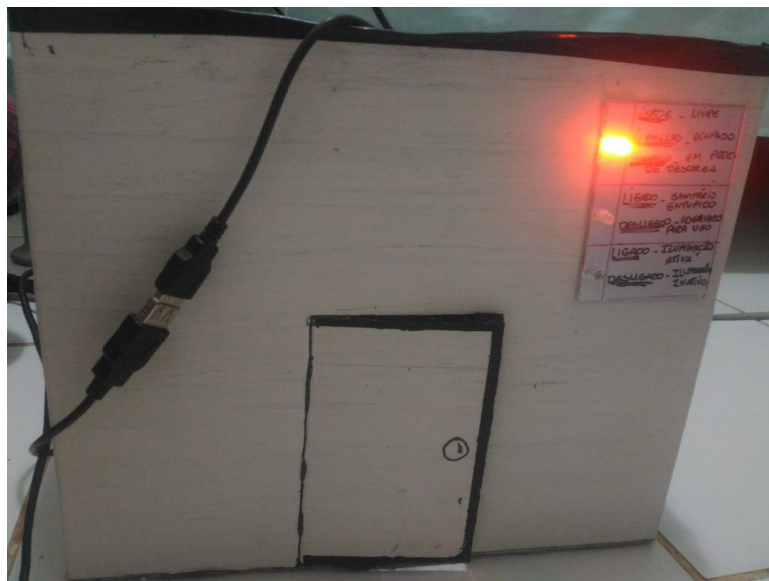
    if (ADC10MEM < 600)
    {
        P1OUT |= SEN_MOVE;
        P1OUT &= ~LAMP;
        P2OUT |= LAMP;
    }

    if (falling_edge == 0)
        falling_edge = 1;
}
else
{
    P1OUT |= SEN_MOVE;
    P1OUT |= LED_GREEN | LAMP;
    P2OUT &= ~LAMP;
    P1OUT &= ~(LED_RED);
    if (falling_edge == 1)
        falling_edge = 2;
}
TA0CCR1 = 500;

}
}

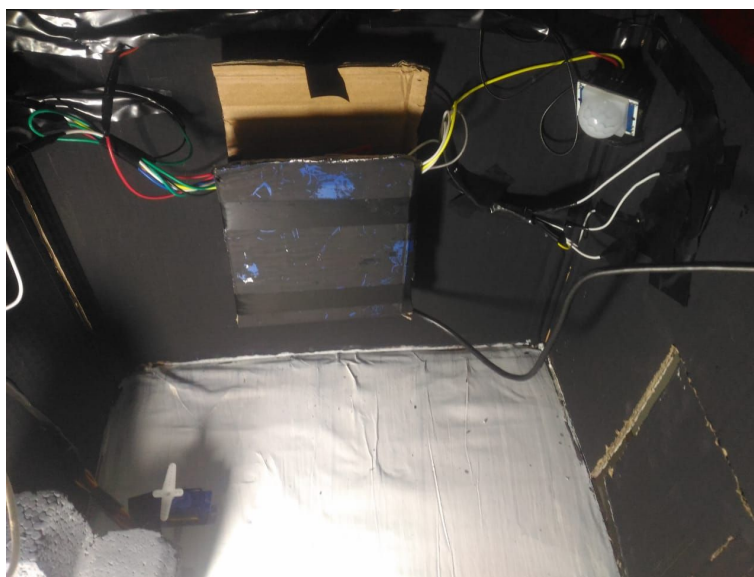
void atraso(volatile unsigned int i)
{
    while((i--)>0);
}
```





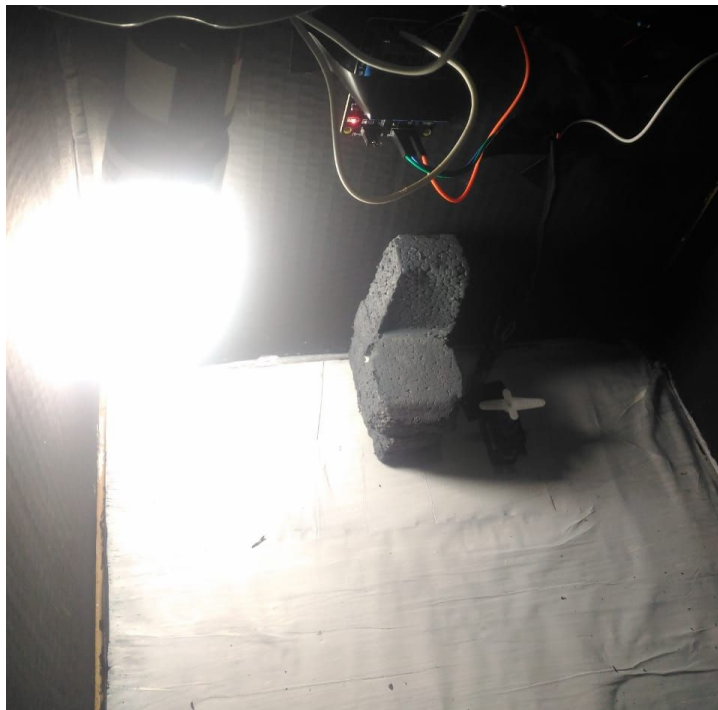
Fonte: Autoria Própria.

**Figura 4.** Maquete do projeto semi-finalizado indicando banheiro ocupado.



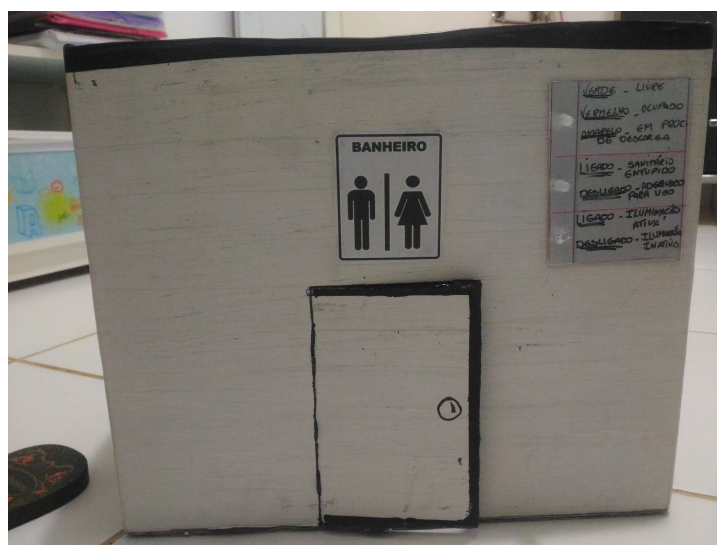
Fonte: Autoria Própria.

**Figura 5.** Maquete do projeto representando o banheiro.



Fonte: Autoria Própria.

**Figura 6.** Maquete do projeto indicando presença do usuário e luminosidade baixa.



Fonte: Autoria Própria.

**Figura 7.** Parte frontal da maquete do projeto finalizada e com o sistema desligado (microcontrolador desconectado e desprovido de energia)