



**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA
ETEC JÚLIO DE MESQUITA
Mecatrônica**

**Kaynan Alves de Lima
Samuel Andrade Silva
Giovanni Lima Soares
Mauricio da Silva Merchan
Pedro Henrique Lopes**

**SKY WINDOW:
Projeto e desenvolvimento de cobertura anti-chuva acionada
por sensor**

**Santo André – SP
2023**

**Kaynan Alves de Lima
Samuel Andrade Silva
Giovanni Lima Soares
Mauricio da Silva Merchan
Pedro Henrique Lopes**

**SKY WINDOW:
Projeto e desenvolvimento de cobertura anti-chuva acionado
por sensor**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecatrônica da Etec Júlio de Mesquita, orientado pelo Prof. Francisco Marchiore, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Mecatrônica.

**Santo André – SP
2023**

RESUMO

Apesar de serem benéficas, as chuvas podem ser um problema para o cotidiano nas residências. Constatamos por meio de pesquisas de preços e produtos, que, atualmente, o mercado de coberturas retráteis é restrito. Isso se evidencia pelo pequeno número de fornecedores encontrados, e, aqueles que já atuam nesse mercado buscam atender um público de mais alta renda por se tratar de produtos mais caros tanto na fabricação quanto na instalação. Com isso em mente, utilizando os conhecimentos adquiridos por meio do curso técnico de Mecatrônica, desenvolvemos o *Sky Window*, uma cobertura que é acionada por sensor de chuva, com a proposta de ampliar o mercado de coberturas retráteis e atingir um público de mais baixa renda, sendo uma opção mais barata e viável, auxiliando na prevenção de acidentes e retrabalhos domésticos. Quando o sensor detecta a chuva, o circuito eletrônico envia um sinal ao atuador, que assim, movimenta a tesoura pantográfica para expandir a cobertura. Sendo assim, o *Sky Window* apresentou resultados satisfatórios, cumprindo com sua função, ajudando os usuários em situações de necessidade. Com isso, a hipótese do trabalho de que a inovação tecnológica, representada pelo *Sky Window*, pode desempenhar um papel significativo na diminuição de retrabalhos domésticos causados pelas chuvas, realmente pode ser confirmado, de uma maneira viável do ponto de vista econômico e técnico.

ABSTRACT

Despite being beneficial, rains can pose a problem for everyday life in households. Through price and product research, we have found that the market for retractable covers is currently limited. This is evident in the small number of suppliers, and those already in the market tend to target a higher-income audience due to the higher costs associated with both manufacturing and installation. Keeping this in mind, using the knowledge acquired through the Mechatronics technical course, we developed the Sky Window, a cover activated by a rain sensor. The aim is to expand the market for retractable covers and reach a lower-income audience by offering a cheaper and more viable option, assisting in accident prevention and reducing domestic rework. When the sensor detects rain, the electronic circuit sends a signal to the actuator, which then moves the scissor mechanism to expand the cover. As a result, the Sky Window has shown satisfactory results, fulfilling its purpose and assisting users in times of need. Thus, the hypothesis of the project that technological innovation, represented by the Sky Window, can play a significant role in reducing domestic rework caused by rains, can indeed be confirmed in an economically and technically feasible manner.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. DESENVOLVIMENTO.....	2
2.1 Objetivos Gerais	2
2.2 Objetivos Específicos	2
2.3 Metodologia	3
2.4 Desenvolvimento teórico	4
2.4.1 Memorial de Cálculos	6
2.5 Desenvolvimento prático	7
2.5.1 Cronograma.....	7
2.5.2 Relatório da Estrutura 3D Inventor	8
2.5.3 Ajustes necessários.....	10
2.5.4 Relatório do Sistema de Controle de atuador com Sensor de Chuva Simulador	10
2.5.5 Relatório do Sistema de Controle de Atuador com Sensor de Chuva.....	12
2.6 Dados do projeto	15
2.7 Orçamento dos materiais	15
3. CONCLUSÃO.....	17
4. Referências Bibliográficas.....	18

1. INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral que na estação de verão, devido a ascensão de corrente de ar quente e úmido na atmosfera, fortes chuvas podem ocorrer. O tipo de chuva mais comum que atinge o Brasil são as chuvas convectivas, que são chuvas rápidas, porém fortes e que são frequentes durante a tarde. Entretanto, esses fatores também podem levar a chuvas fortes, duradouras e frequentes em alguns momentos.

O aquecimento global é um dos principais influenciadores de chuvas convectivas, por conta do nível do mar e aumento da temperatura do ar, que resulta na intensificação da evaporação, formando muito mais nuvens e aumentando a frequência de chuvas.

As chuvas convectivas acabam gerando muitos problemas domésticos. Chuvas frequentes podem causar a destruição de objetos e riscos de acidentes. Na hora de tirar roupas do varal ou um objeto que está sob a chuva, qualquer indivíduo pode estar sujeito a escorregar e sofrer algum dano físico, por exemplo.

Ao focar a situação problema dos riscos de acidentes, podemos propor uma solução com um dispositivo anti-chuva automático, tendo como meta proteção e a facilitação de uma tarefa doméstica, evitando esforços desnecessários e possíveis acidentes.

Um cenário que podemos analisar é a urbanização sobre os solos, que acabam gerando um processo conhecido como impermeabilização. O processo de impermeabilização consiste em que a água da chuva que cai sobre uma cidade, ao invés de ser absorvida pelo solo, flui para as ruas e rios, tendo um volume maior em áreas urbanas.



Fonte: IBDA Fórum de construção (2023)

O curso Técnico Mecatrônica nos ensina que há uma ampla variedade de técnicas para efetuar a montagem de dispositivos capazes de resolver o problema, usando componentes eletrônicos como um sensor de chuva que auxilia na parte de automação do projeto e um atuador para o acionamento da cobertura.

A motivação por trás do desenvolvimento do projeto de uma cobertura automática, é para proteção de objetos e o bem-estar do ser humano, resultando em uma casa mais moderna e a facilitação de uma tarefa doméstica, além de reduzir o esforço físico em tarefas simples do dia-a-dia, melhorando a produtividade do trabalho doméstico, fazendo com que a pessoa não tenha que tirar e estender as roupas novamente. E por fim acidentes por meio do chão molhado causado pela chuva.

Por fim, será realizado o estudo do projeto de uma cobertura utilizando componentes que ajudam na automatização do dispositivo, trabalhando com o conceito de chuvas convectivas, algoritmos para identificar a duração da chuva, com a ideia de um dispositivo compacto e harmonizando o dispositivo com a residência.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo geral deste trabalho é projetar e desenvolver um dispositivo automático que auxilie na prevenção de danos físicos e de bens materiais causados por chuvas convectivas, facilitando a vida dos indivíduos em tarefas domésticas.

2.2 Objetivos Específicos

1. Desenvolver um dispositivo anti-chuva automático capaz de detectar a chuva por meio de um sensor de chuva e acionar a cobertura da residência por meio de um atuador;

2. Desenvolver algoritmos para identificar a duração da chuva e controlar o funcionamento do dispositivo, proporcionando um funcionamento mais preciso e eficiente;

3. Projetar o dispositivo de forma compacta e harmoniosa, integrando-o à residência e facilitando a sua utilização pelos usuários;

4. Realizar testes e análises do dispositivo, verificando o seu funcionamento e eficácia em diferentes condições climáticas;

5. Propor recomendações para aprimoramento do dispositivo, a fim de garantir sua qualidade e durabilidade, reduzindo a necessidade de trocas de peças e garantindo sua efetividade como uma solução para os problemas gerados pelas chuvas convectivas.

Com esse dispositivo, espera-se contribuir para a solução de um problema cotidiano que afeta a vida de muitas pessoas, oferecendo uma solução inovadora e eficaz, que proporcionará maior conforto, segurança e praticidade em tarefas domésticas, além de contribuir para a redução dos danos causados pelas chuvas.

2.3 Metodologia

Sabe-se que nosso projeto exerce uma função de facilitação nas tarefas domésticas, então um projeto bem-feito evitaria um mal funcionamento, assim deixando o problema de trocas de peças do produto.

Com isso em mente, tivemos que estabelecer a seguinte linha de processo:

Fonte do Projeto: O projeto surgiu a partir da ideia de evitar-se as chuvas, principalmente chuvas frequentes, com este pensamento, pretendemos solucionar este problema do cotidiano.

Conceito do Projeto: Com a ideia de prevenir contra as frequentes chuvas, decidimos desenvolver um projeto que detecta a chuva por meio de um sensor que detecta gotas chuva ao incidir sobre o equipamento, ele detecta o aumento da umidade relativa e manda um pulso que aciona o atuador que por sua vez estende as hastes pantográficas junto com a lona, protegendo o que está logo abaixo.

Análise de Componentes: Se faz necessária a utilização de componentes que se encaixem com o projeto, visando o orçamento e a qualidade dos componentes.

Análise de Materiais: Nesta etapa, devemos analisar que tipo de material seria ideal para usar nas hastes e carcaça, de maneira que hastes não sejam pesadas, antioxidante e que suportem o peso da lona.

Encaixes do Mecanismo: Com os componentes e materiais definidos, agora por meio do estudo de desenho técnico, teremos que desenvolver os encaixes do atuador com a lona, por exemplo.

Programação do sistema: Para funcionamento de acionamento automático da lona, deve-se programar o componente de detecção para gerar um pulso ao atuador para haja o funcionamento da lona.

Montagem do projeto: A partir deste ponto, analisaremos todos os pontos estudados e com tudo em mãos, montaremos o produto com tudo que pesquisamos, assim finalizando o projeto.

2.4 Desenvolvimento teórico

As chuvas convectivas são um fenômeno climático caracterizado por precipitações intensas e de curta duração, frequentemente associadas a tempestades. Segundo um dos artigos utilizados como base, "Impactos da urbanização na dinâmica hidrológica e da qualidade da água e gestão da água urbana", de Scott J. McGrane, as chuvas convectivas são influenciadas pelo ciclo hidrológico natural e artificial. O ciclo hidrológico natural envolve processos como infiltração e evapotranspiração, enquanto o ciclo hidrológico artificial é influenciado pelas características urbanas, como a presença de superfícies impermeáveis.

O aquecimento global é um dos principais desafios ambientais enfrentados atualmente, sendo ele causado pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e resultante principalmente da queima de combustíveis fósseis e de atividades humanas. O aquecimento global tem impactos significativos no clima, incluindo mudanças nos padrões de chuva e aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como as chuvas convectivas.

Outro tema importante abordado no projeto foi a impermeabilização urbana, a qual refere-se ao aumento da proporção de superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto, nas áreas urbanas. Isso ocorre devido ao crescimento urbano e à expansão das áreas construídas. O artigo mencionado anteriormente ressalta que a taxa de impermeabilização é uma métrica comumente usada para avaliar o impacto das áreas urbanas no ciclo hidrológico. À medida que a taxa de impermeabilização aumenta, a capacidade de infiltração do solo diminui, resultando em maior escoamento superficial e menor recarga de águas subterrâneas.

Uma das partes mais relevantes para o funcionamento do nosso projeto diz respeito às coberturas retráteis, que são estruturas flexíveis que permitem a abertura e o fechamento de uma área, como um telhado ou uma abertura em um edifício. Elas oferecem proteção contra condições climáticas adversas, como chuva, neve ou calor excessivo, ao mesmo tempo em que permitem a entrada de luz natural e ventilação quando desejado. Um dos artigos utilizados para fundamento deste tema, "Tecnologias Atuais e Tendências de Coberturas Retráteis", de Julie K. Smith, aborda os avanços nessas tecnologias, incluindo coberturas deslizantes, dobráveis, retráteis motorizadas e sistemas de painéis.

O projeto de criar uma cobertura automática retrátil para proteger áreas domésticas de chuvas convectivas se insere no contexto da impermeabilização urbana e dos desafios associados a esse fenômeno. A impermeabilização das áreas urbanas, conforme mencionado no artigo de Scott J. McGrane, resulta em maior escoamento superficial durante as chuvas convectivas, aumentando o risco de enchentes urbanas.

A implementação de coberturas retráteis pode contribuir para mitigar os impactos das chuvas convectivas no ambiente doméstico, evitando danos a bens materiais e problemas com tarefas domésticas repetitivas. Além disso, as coberturas retráteis podem oferecer flexibilidade aos moradores, permitindo que eles aproveitem as áreas externas durante condições climáticas favoráveis e se protejam rapidamente quando ocorrerem chuvas convectivas.

No entanto, foi importante considerar alguns aspectos ao projetar uma cobertura automática retrátil. Algumas considerações incluem:

1. Resistência às condições climáticas: A cobertura retrátil deve ser projetada para resistir a ventos fortes, chuvas intensas e outros eventos climáticos adversos. Materiais duráveis e resistentes às intempéries devem ser selecionados para garantir a longevidade da estrutura.

2. Automação e controle: O sistema de abertura e fechamento da cobertura retrátil deve ser automatizado para facilitar o uso pelos moradores. Para isso, consideramos a utilização de sensores de chuva para acionar automaticamente a cobertura quando detectarem gotas de chuva convectiva iminente.

3. Integração com a arquitetura existente: A cobertura retrátil deve ser projetada levando em consideração o estilo arquitetônico e a estética da residência, de forma a se integrar harmoniosamente com o ambiente existente.

4. Segurança: Medidas de segurança devem ser implementadas para evitar acidentes durante a operação da cobertura retrátil, como sensores de obstáculos e sistemas de segurança para evitar o fechamento quando pessoas ou objetos estiverem presentes.

5. Manutenção: É importante planejar a manutenção regular da cobertura retrátil para garantir seu funcionamento adequado ao longo do tempo. Verificações periódicas e limpeza podem ser necessárias para manter a estrutura em boas condições.

2.4.1 Memorial de Cálculos

Dados preliminares:

$$\begin{aligned} \text{Massa do braço pantográfico (m)} &= 0,36 \text{ Kg} \\ \text{Curso do braço pantográfico (x)} &= 0,288 \text{ m} \\ \text{Tempo ideal para percorrer o curso (t)} &= 7 \text{ s} \end{aligned}$$

Cálculo da velocidade de avanço e retorno do braço pantográfico

$$v = \frac{x}{t} = \frac{0,288}{7} = 0,041 \text{ m/s}$$

Cálculo da força ideal do atuador linear em newton

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = F \cdot x \rightarrow \frac{m \cdot \left(\frac{x}{t}\right)^2}{2} = F \cdot x \rightarrow \frac{m \cdot \frac{x^2}{t^2}}{2} = F \cdot x$$

Isolando F,

$$F = \frac{\frac{m \cdot \frac{x^2}{t^2}}{2}}{x} = \frac{m \cdot \frac{x^2}{t^2}}{2} \cdot \frac{1}{x} = \frac{m \cdot \frac{x^2}{t^2}}{2x} = m \cdot \frac{x^2}{t^2} \cdot \frac{1}{2x}$$

Sendo assim,

$$F = m \cdot \frac{x}{2t^2}$$

$$F = 0,36 \cdot \frac{0,288}{2 \cdot 7^2} = 105 \cdot 10^{-5} N$$

Cálculo da potência ideal do atuador linear em watts

$$N = F \cdot v = 105 \cdot 10^{-5} \cdot 0,041 = 43 \cdot 10^{-6} W$$

2.5 Desenvolvimento prático

Nesta etapa, realizamos o desenvolvimento do protótipo *Sky Window* por meio dos Softwares CAD, como Autodesk Inventor para a criação do protótipo 3D e TinkerCAD para projetar o circuito eletrônico.

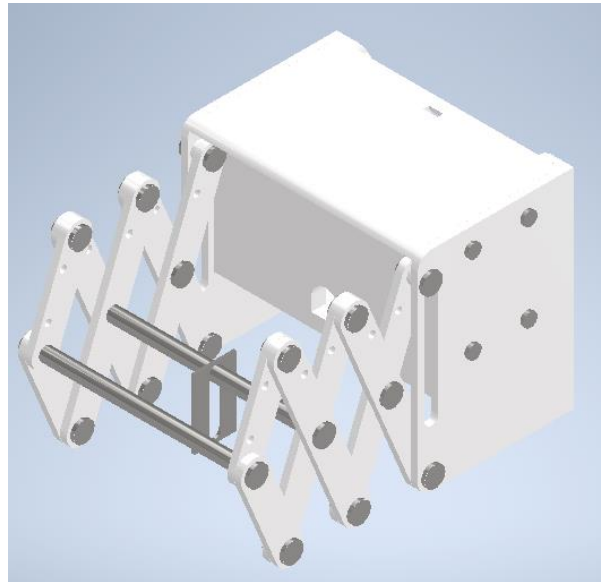
2.5.1 Cronograma

No início e decorrer do desenvolvimento do projeto *Sky window* estabelecemos um cronograma de tarefas para ter uma organização sobre o projeto, conforme o passar do desenvolvimento, foi-se atualizando o cronograma.

Etapas	Responsáveis	Datas Iniciais	Datas Finais	Primeiro Semestre					Segundo Semestre						
				Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Cronograma	Maurício e Pedro Lopez	14/03/2023	21/03/2023												
Introdução	Kaynan	14/03/2023	21/03/2023												
Dados do Projeto	Kaynan	21/03/2023	04/04/2023												
Objetivos	Samuel	04/04/2023	11/04/2023												
Metodologia	Kaynan	11/04/2023	25/04/2023												
Memorial de Orçamento	Kaynan e Giovanni	11/04/2023	25/04/2023												
Objetivos Gerais	Samuel	25/04/2023	09/05/2023												
Capa	Kaynan	09/05/2023	16/05/2023												
Folha de Rosto	Kaynan	09/05/2023	16/05/2023												
Sumário	Kaynan	16/05/2023	23/05/2023												
Memorial de Cálculos	Kaynan	23/05/2023	30/05/2023												
Objetivos Específicos	Samuel	30/05/2023	06/06/2023												
Desenho Inventor	Kaynan	06/06/2023	27/06/2023												
Sistema Eletrônico	Kaynan	27/06/2023	04/07/2023												
Relatório da Estrutura	Maurício e Pedro Lopez	04/07/2023	11/07/2023												
Relatório do Sistema Eletrônico	Samuel	04/07/2023	11/07/2023												
Compra dos Materiais	Todos	11/07/2023	08/08/2023												
Desenvolvimento Teórico	Samuel e Kaynan	08/08/2023	22/08/2023												
Desenvolvimento Prático	Samuel, Maurício e Pedro	22/08/2023	29/08/2023												
Ajustes Necessários	Kaynan e Samuel	12/09/2023	12/09/2023												
Conclusão	Samuel	12/09/2023	26/09/2023												
Resumo e Abstract	Maurício e Pedro Lopez	26/09/2023	03/10/2023												
Montagem	Kaynan	03/10/2023	10/10/2023												
Montagem do Powerpoint	Giovanni	10/10/2023	17/10/2023												

Fonte: Próprios autores

2.5.2 Relatório da Estrutura 3D Inventor

Estrutura 3D do protótipo Cobertura retrátil

Fonte: Próprios autores

Desenho da lista de peças da estrutura

Vista Inferior		LISTA DE PEÇAS			
		ITEM	QTDE	PEÇAS	MATERIAL
	1	22	Parafusos 5mm	Aço galvanizado	
	2	8	Haste	ABS plástico	
	3	20	Arruela	Aço galvanizado	
	4	2	Barra transversal roscado	Aço galvanizado	
	5	2	Haste fim de curso 1	ABS plástico	
	6	2	Haste fim de curso 2	ABS plástico	
	7	1	Base suporte eletrônico	ABS plástico	
	8	1	Cobertura da base eletrônica	ABS plástico	
	9	1	Fechamento frontal	ABS plástico	
	10	1	Suporte esquerda	ABS plástico	
	11	1	Suporte direita	ABS plástico	
	12	1	Guia Oblongo	Aço galvanizado	
	13	28	Porcas	Aço galvanizado	

Fonte: Próprios autores

1) Introdução

Este relatório fala sobre o protótipo 3D do projeto, do mecanismo de movimentação e da estrutura. Todo esse protótipo foi feito utilizando o *software* CAD AutoDesk Inventor.

2) Elementos

Foi projetado a estrutura que abriga e apoia o circuito eletrônico e é responsável por mantê-los escondidos, a fim de deixar o projeto agradável visualmente e bem protegido contra impurezas, constituído por duas base-suportes e três bases laterais; as tesouras pantográficas, que são os mecanismos principais, responsáveis pela movimentação; e as barras transversais, que apoiam a cobertura e conectam uma tesoura pantográfica a outra. O material utilizado na construção dos elementos é o plástico ABS, que oferece boa resistência a tração e compressão, além de ter boa proteção a baixas e altas temperaturas.

3) Organização

Na parte superior da base-suporte está o sensor de chuva; no interior da estrutura está o circuito eletrônico e o atuador, que está conectado a uma das tesouras pantográficas para poder realizar a movimentação; as barras transversais estão conectadas entre as tesouras pantográficas e estão apoiando a cobertura. O sensor está ligado ao Arduíno UNO para poder emitir um sinal quando a umidade relativa do ar estiver acima do limite estabelecido; o Arduíno UNO está ligado ao atuador para poder movimentá-lo quando ele receber o sinal.

4) Breve conceito de tesoura Pantográfica

A tesoura pantográfica são suportes dobráveis e ligados entre si, o que faz com que eles tenham um formato de “X”. A movimentação ocorre quando há uma aplicação de força nas linhas cruzadas, isso faz com que todos os suportes se movimentem inclinando para frente e alongando o padrão de cruzamento.

2.5.3 Ajustes necessários

Durante a montagem, identificamos a necessidade de alguns ajustes para otimizar o desempenho e a durabilidade do *Sky Window*. Reforços foram adicionados nos cantos dos suportes direito e esquerdo, proporcionando maior estabilidade à estrutura, além da instalação de cantoneiras francesas e buchas para o aperto de parafusos, que contribuiu significativamente para a fixação segura do dispositivo. É importante destacar que esses ajustes foram implementados de forma eficiente, sem atrasar o cronograma de construção do protótipo. Pelo contrário, contribuíram para a robustez e estabilidade do *Sky Window*.

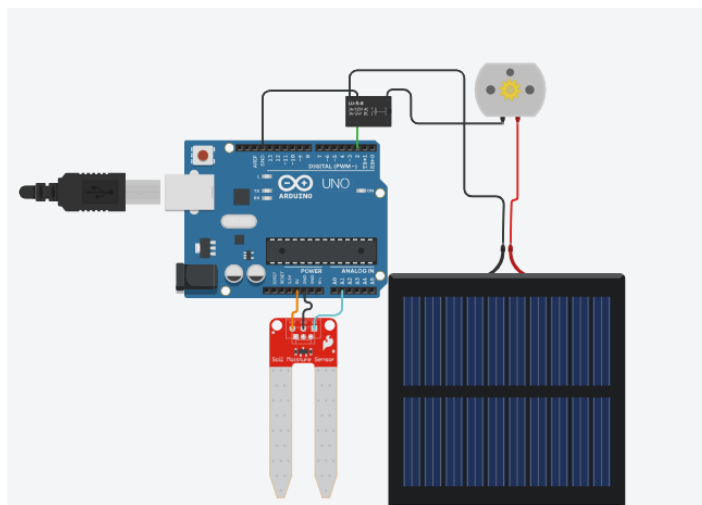


2.5.4 Relatório do Sistema de Controle de atuador com Sensor de Chuva Simulador

1) Introdução

Este relatório aborda o projeto eletrônico, feito por meio do software CAD, para usarmos como base para um circuito eletrônico para o projeto real. Utilizamos o TinkerCAD como principal software.

Ideia circuito eletrônico simulador TinkerCAD



Fonte: Próprios autores

2) Elementos

O circuito eletrônico, que é responsável pela ativação e movimentação do dispositivo pantográfico, sendo constituído pela placa Arduino UNO, que tem a funcionalidade de integrar o software aos demais componentes eletrônicos, um sensor de umidade do solo, que serve para mensurarmos a umidade da terra, uma célula solar 12V, que terá a função de alimentar o circuito eletrônico, um Relé, que servirá como um interruptor e por fim um motor de corrente contínua, que tem o objetivo de converter a corrente elétrica em movimentação do dispositivo pantográfico.

3) Programação

- Configuração Void Setup

```
int Sensor; // Variável que identifica o sensor de umidade.

void setup ( )
{
  pinMode (A1, INPUT); // Configuração do Pino A1, definido com Entrada.

  pinMode (2, OUTPUT); // Configuração do Pino 2, definido como saída
}
```

- Código de funcionamento no Void Loop

```
void loop ( )
{
  digitalWrite (A1, HIGH); // Acionamento de ativação do pino analógico A1.

  Sensor = analogRead (A1); // Sensor será igual a leitura do pino analógico A1.

  digitalWrite (A1, LOW); // Acionamento de desativação do pino analógico A1.

  if (Sensor < 300) { // Condição do sensor em relação à umidade do ar.

    digitalWrite (2, LOW); // Caso sensor estiver com valores em relação à umidade
    abaixo de 300, o motor desativa.

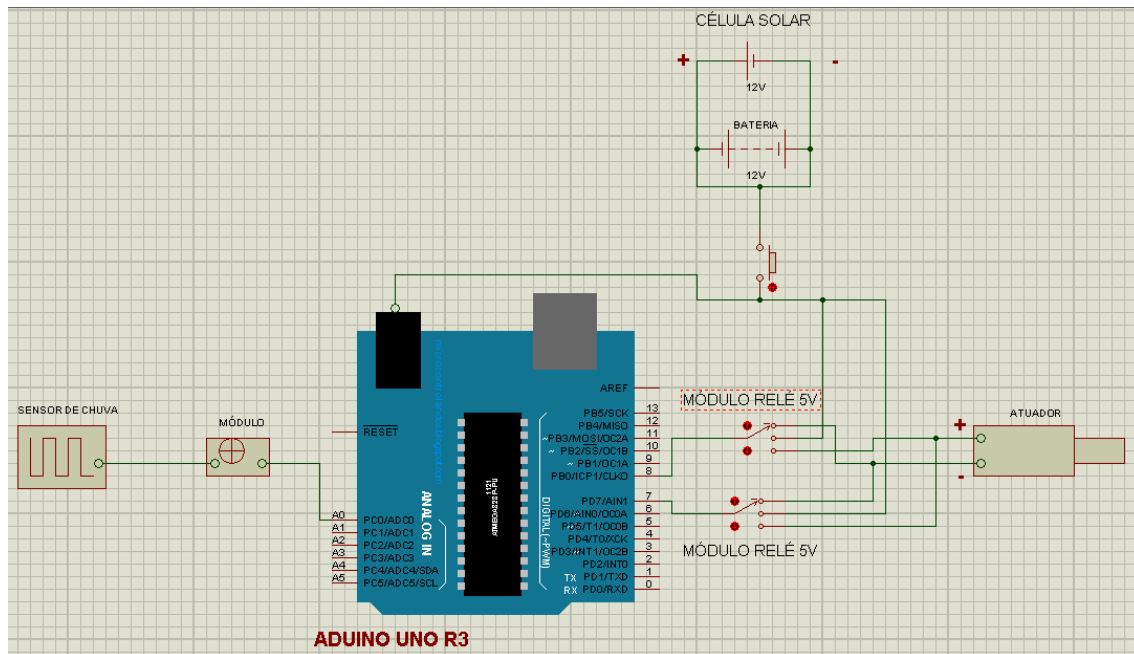
  } else { // Condição contrária.

    digitalWrite (2, HIGH); //Caso sensor estiver com valores acima de 300, o motor
    ativa.
  }
}
```

4) Organização

Teremos o sistema conectado da seguinte maneira: Conectamos o sensor de umidade do solo no Arduino UNO, que enviará corrente para um relé, cuja função é intermediar a ligação entre a placa e o motor de corrente contínua, que será alimentado pela célula solar.

2.5.5 Relatório do Sistema de Controle de Atuador com Sensor de Chuva



Fonte: Próprios autores

1) Introdução

Este relatório descreve a configuração e funcionamento de um sistema de controle de atuador com base em um sensor de chuva, utilizando um Arduino como controlador. O sistema é alimentado por uma bateria 12V, alimentando tanto para o Arduino e o atuador, e que a bateria está sendo constantemente carregado por uma célula solar de 12V, para o Arduino e outra para o atuador.

2) Configuração do Arduino

No Arduino, o pino A0 foi definido como *input* (entrada), enquanto os pinos 8 e 7 foram configurados como *output* (saída) para o sensor. A alimentação positiva (VCC) e negativa (GND) do Arduino foram conectadas à protoboard. O Arduino recebe 12V da fonte e converte essa tensão para 5V, alimentando assim os demais componentes do sistema, incluindo o sensor de chuva e dois relés.

3) Configuração dos Relés

Os relés são usados para controlar o movimento do atuador. O relé de avanço está conectado ao pino 8 do Arduino, enquanto o relé de recuo está conectado ao pino 7. O VCC e GND do relé de recuo estão conectados ao VCC e GND do atuador, respectivamente, enquanto o VCC e GND do relé de avanço são conectados ao GND e VCC do atuador, respectivamente.

4) Funcionamento do Sistema

Inicialmente, o relé de avanço é desativado, enquanto o relé de recuo é ativado, enviando assim um pulso contínuo ao atuador para mantê-lo na posição recuada. O sensor de chuva monitora as condições climáticas. Quando o sensor detecta chuva, envia um pulso aos pinos 8 e 7 do Arduino, ativando o relé de avanço e desativando o relé de recuo, fazendo com que o atuador se mova para a posição avançada.

No caso oposto, quando o atuador já está avançado e o sensor de chuva detecta que a chuva cessou, outro pulso é enviado aos pinos 8 e 7, ativando o relé de recuo e desativando o relé de avanço. Isso faz com que o atuador retorne à posição recuada, economizando energia e prolongando a vida útil do sistema.

5) Conexão do Sensor de Chuva

O sensor de chuva é conectado a um módulo de sensibilidade, que regula a sensibilidade do sensor. O cabo de pulso do sensor é conectado à entrada analógica do módulo e, em seguida, inserido no pino A0 do Arduino.

6) Programação

A programação do projeto é realizada dentro das funções ‘void setup ()’ e ‘void loop ()’ do Arduino, onde são configuradas as portas e definidos os pinos de entrada e saída, bem como as lógicas para controlar os relés com base nas leituras do sensor de chuva.

- Configuração no void setup()

No ‘void setup()’, são realizadas as configurações iniciais do sistema:

```
void setup() {
    pinMode (A0, INPUT); // configura o pino A0 como entrada para o sensor de chuva
    pinMode (7, OUTPUT); // configura o pino 7 como saída para o relé de recuo
    pinMode (8, OUTPUT); // configura o pino 8 como saída para o relé de avanço
    Serial.begin (9600); // inicializa a comunicação serial para depuração
}
```

- Controle do Relé de Avanço no void loop()

No ‘void loop ()’ é realizado o controle do relé de avanço com base na leitura do sensor de chuva. Para o relé de avanço, foi determinado que: se o pino A0 estiver maior que 700, será enviado um pulso à porta 8, ativando-a, ou seja, para o relé de avanço. Caso contrário, o relé de avanço será desativado. Esses comandos ficaram definidos como:

```

void loop ( ) {

  int sensorValue = analogRead (A0); // Leitura do valor do sensor de chuva no pino A0

  if (sensorValue > 700) { // Verifica se o valor lido é maior que 700

    digitalWrite (8, HIGH); // Ativa o relé de avanço

  } else {

    digitalWrite (8, LOW); // Desativa o relé de avanço

  }
}

```

- Controle do Relé de Recuo no void loop()

Para o relé de recuo, foi determinado que: se o pino A0 estiver abaixo de 700, a porta 7 será desativada. Caso contrário, será enviado um pulso à porta 7, ativando-a. O controle do relé de recuo é realizado da seguinte forma no void loop():

```

void loop ( ) {

  int sensorValue = analogRead (A0); // Leitura do valor do sensor de chuva no pino A0

  if (sensorValue < 700) { // Verifica se o valor lido é menor que 700

    digitalWrite (7, LOW); // Desativa o relé de recuo

  } else { digitalWrite (7, HIGH); // Ativa o relé de recuo }
}

```

Dessa forma, o programa monitora continuamente o sensor de chuva e controla os relés de acordo com as condições detectadas, avançando ou recuando o atuador para proteger o dispositivo ou sistema controlado.

2.6 Dados do projeto

Ficha técnica

Produto	Sky Window
Material Predominante	ABS
Peso	1kg
Comprimento × Altura × Largura	230mm × 150mm × 170mm
Dimensões do pantógrafo avançado (C × A × L)	518mm × 150m × 170mm
Curso do pantógrafo	288mm
Velocidade de curso	7s
Torque do Atuador	5Kg
Potência de saída do atuador	3W
Amperagem do atuador	0.25A
Tensão de operação do circuito	12V

2.7 Orçamento dos materiais

LISTA DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS		
Componentes	Quant	Preço
Placa Arduino	1	R\$ 62,50
Módulo relé 5V	2	R\$ 18,00
Atuador Linear	1	R\$ 120,00
Sensor de chuva/modulo sensor	1	R\$ 8,00
Protoboard	1	R\$ 10,00
Célula Solar 12V	1	R\$ 70,00
Bateria 12v	1	R\$ 190,00
Chave HH	1	R\$ 3,60
TOTAL	9	R\$ 482,10

LISTA DE PEÇAS DA ESTRUTURA			
Peças	QTDE	Material	Preço
Suporte Direito	1	ABS plástico	R\$ 57,50
Suporte Esquerdo	1	ABS plástico	R\$ 57,50
Cobertura da base	1	ABS plástico	R\$ 48,50
Haste	8	ABS plástico	R\$ 57,60
Porca 9mm/7mm	28	Aço galvanizado	R\$ 10,00
Parafuso 9mm/7mm	22	Aço galvanizado	R\$ 15,00
Arruela	20	Aço galvanizado	R\$ 6,00
Barra transversal roscado	2	Aço galvanizado	R\$ 16,00
Haste fim de curso	2	ABS plástico	R\$ 7,20
Haste fim de curso 2	2	ABS plástico	R\$ 7,20
Fechamento Frontal	1	ABS plástico	R\$ 47,50
Base eletrônico	1	ABS plástico	R\$ 46,50
Lona	1	Couro impermeável	R\$ 23,90
TOTAL	90		R\$ 399,80

Estimativa de custo para um produto definitivo

Com um total de R\$ 891,90, considerando a média de valores pagos nos componentes do protótipo e as horas gastas na fase de projeto e construção do protótipo, estimamos em 60% a mais o custo do produto definitivo, pronto para ser instalado numa residência. Ou seja, um custo estimado de R\$ 1.4181,04.

3. CONCLUSÃO

Esse trabalho pretendeu entender a importância da inovação tecnológica na prevenção de danos causados pelas chuvas em domicílios, a partir da criação e análise do projeto *Sky Window*. Para ter uma compreensão do impacto dessa inovação, definimos dois objetivos específicos. O primeiro objetivo foi analisar o funcionamento do *Sky Window* e sua eficácia do sistema de acionamento por sensor. Verificou-se que o *Sky Window* demonstrou resultados satisfatórios, cumprindo com sua função, oferecendo proteção e tornando-o capaz de minimizar a preocupação dos usuários em situações de necessidade e facilitando o acesso deste produto no Brasil, inclusive para o público de baixa renda. O segundo objetivo foi avaliar a viabilidade técnica e econômica da implementação do *Sky Window* em áreas pequenas. Os resultados indicaram que, do ponto de vista técnico e econômico, o projeto é viável e pode contribuir para a mitigação de danos causados por chuvas nas residências e evitando retrabalhos domésticos.

Com isso, a hipótese do trabalho de que a inovação tecnológica, representada pelo *Sky Window*, pode desempenhar um papel significativo na prevenção de danos causados por chuvas em ambientes domésticos se confirmou, o que indica uma solução promissora para um problema relevante. Sendo assim, concluímos que o *Sky Window* apresenta potencial para contribuir positivamente para a proteção de bens expostos durante chuvas.

Os instrumentos de coleta de dados, incluindo pesquisas de artigos científicos e análises técnicas, permitiram uma avaliação abrangente do projeto *Sky Window* e sua relevância na prevenção de danos causados por chuvas.

Em pesquisas futuras, pode-se aprofundar a análise da implementação prática do *Sky Window* em residências e sua integração com sistemas de alerta climático. Além disso, é importante continuar a coletar dados de campo sobre a eficácia do *Sky Window* em diferentes condições climáticas e em diversas localidades. Essas investigações podem contribuir para o desenvolvimento e aprimoramento contínuo dessa solução inovadora para proteger os bens das pessoas durante esses eventos climáticos. Versões futuras do *Sky Window* podem possuir um anemômetro, assim evitando que ventos fortes ameacem a segurança dos usuários ou do produto.

4. Referências Bibliográficas

LUO, Y., CHEN, Y., Investigation of the predictability and physical mechanisms of an extreme-rainfall-producing mesoscale convective system along the Meiyu front in East China: An ensemble approach. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 120, n. 20, p. 10,593-10,618, 2015. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2015JD023584>

MCGRANE, S., Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. *Hydrological Sciences Journal*, v. 61, n. 13, p. 2295-2311, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02626667.2015.1128084>

WORKENEH, S., DECHASSA, N., KETEMA, M., BELAYNEH, A., Climate Change, Biodiversity, and Ecosystems. Office of Reserch Affairs, [s.v.], [s.n.] p. 1-286, 2012. Disponível em: <http://researchaffairs.haramaya.edu.et/wp-content/uploads/2017/09/Biodiversity.pdf#page=22>

JULIE, K., Current Technologies and Trends of Retractable Roofs. B.S. Civil and Environmental Engineering University of Washington, [s.v.], [s.n.] p. 1-44, 2002. Disponível em: <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/85746/52849249-MIT.pdf?sequence=2>

FRANK, J., Concepts for retractable roof structures. University of Cambridge, [s.v.], [s.n.], [s.p.], 2005. Disponível em: <https://www.repository.cam.ac.uk/items/8532147e-72a7-44b4-ba77-cba0443a3de6/full>

P. KASSABIAN,. Z YOU,. S, PELLEGRINO,. Retractable roof structures. *ICE Virtual Library*, v. 134, n. 1, p. 45-56, 1999. Disponível em: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/istbu.1999.31252?journalCode=jstbu>

ANDREAE, M., ELBERT, W., CAI, Y., ANDREAE, T., GRAS, J., Non-sea-salt sulfate, methanesulfonate and nitrate aerosol concentrations and size distributions at Cape Grim, Tasmania. *Journal of geophysical research*, v. 104, n. 17, p. 21,695-21,706, 1999. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/1999JD900283>

VERAVERBEKE, S., BRENDAN, M., MIKE, L., RANDI, R., CHARLES, E., ELIZABETH, B., JAMES, T., Lightning as major driver of recent large fire years in North American boreal forests. *Nature climate change*, v. 7, [s.n.] p. 529-534, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate3329>

ALEX, L., STEPHEN, C., Temporal resolution and DICE. *Nature climate change*, v. 3, [s.n.] p. 526-527, 2013. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate1893>

GYU, N., MIN, K., HYEUNG, K., A Study on tensile strain distribution and fracture coordinate of nanofiber mat by digital image correlation system. MDPI, v. 10, n. 17, p. 1-19, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/17/5992/htm>