



GABRIEL ALEXANDRE HAAG

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE CRONÔMETRO ELETRÔNICO
PARA USO EM CORRIDAS DE CIRCUITO COM COMPARTILHAMENTO DE DADOS
ONLINE**

GABRIEL ALEXANDRE HAAG

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE CRONÔMETRO ELETRÔNICO
PARA USO EM CORRIDAS DE CIRCUITO COM COMPARTILHAMENTO DE DADOS
ONLINE**

Projeto do Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a o Trabalho Final de Curso na Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina, sob orientação do professor Mauro Fonseca Rodrigues, Dr.

A minha família e a minha namorada que sempre estiveram ao meu lado me incentivando e me dando todo apoio necessário. Aos meus amigos e colegas que de alguma forma contribuíram para minha formação.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

(Albert Einstein)

RESUMO

Atualmente os eventos Off-Road realizados na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul vem enfrentando uma grande dificuldade financeira relacionada ao elevado custo com sistemas de cronometragens para as tomadas de tempos e com problemas de interferência nos tempos tomados. O presente trabalho tem como proposta o desenvolvimento de um sistema de cronometragem eletrônico robusto, capaz de eliminar interferências nos resultados e que possa ser implantado para uso em eventos automobilísticos de corrida de circuito com tomadas de tempos independentes. O trabalho visa a construção de um protótipo capaz de medir os tempos de cada piloto, organizá-los nas suas devidas colocações e compartilhá-los em uma plataforma online. Para a obtenção de melhores resultados o trabalho abordou o uso de componentes usados em Circuito Fechado de TV (CFTV) bem como o uso da metodologia de fluxograma para a organização das etapas de desenvolvimento do trabalho e ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) para o desenvolvimento do produto em questão.

Palavras-chave: Cronômetro. Medida de Tempo. Corrida de Circuito.

ABSTRACT

The off-road events currently held in the northwest region of the state of Rio Grande do Sul have been facing considerable financial difficulties related to the high cost of timing systems, having problems of interference on the time takings. The present work proposes the development of a robust electronic timing system, capable of eliminating interference in the results, able to be implemented in auto racing events with independent time outlets. This work aims to build a prototype capable of measuring the times of each pilot, organizing them in their proper placements and sharing them in an online platform. In order to obtain better results, the work addressed the use of components used in Closed Circuit TV (CCTV) as well as the use of the flowchart methodology for the organization of work development stages and the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) tool for the development of the product in question.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cronômetro Manual	15
Figura 2: Câmera de Video Intelbras Bullet 1120 VDH	16
Figura 3: DVR Hikvision 7208huhi-k2	17
Figura 4: Sistema de Câmeras com traçado de linha virtual.	18
Figura 5: Arduino Uno.	20
Figura 6: Fluxograma de Organização do Desenvolvimento do Trabalho.	21
Figura 7: Exemplo de Planilha FMEA	24
Figura 8: Índice de Severidade FMEA	24
Figura 9: Índice de Ocorrência FMEA	25
Figura 10: Índice de Detecção FMEA	25
Figura 11: Fluxograma do Funcionamento do Sistema	27
Figura 12: Orçamento	29
Figura 13: Comparação	29
Figura 14: Interface do DVR	29
Figura 15: Campo de Traçado da Linha Virtual	30
Figura 16: Programa Criado para o Arduino	30
Figura 17: Esquema de Sensores e Ligação	31
Figura 18: Tabela de Resultados	32
Figura 19: Aplicação do FMEA	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TFC - Trabalho Final de Curso

FMEA - Failure Mode and Effects Analysis

DVR – Digital Video Recorder

CFTV – Circuito Fechado de TV

SAE – Sociedade dos Engenheiros Automotivos

HTML - Linguagem de Marcação de HiperTexto

XHTML - Linguagem Extensível para Marcação de Hipertexto

CSS - Folha de Estilo em Cascatas

SD – Cartão de Memória

HD – High Definition

UTP - Unshield Twisted Pair

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.3	Hipóteses	11
1.4	Objetivos	11
1.4.1	Objetivo geral.....	11
1.4.2	Objetivos específicos.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	Cronômetro	14
2.2	Tipos de Cronômetros.....	14
2.3	Funcionamento do Cronômetro Eletrônico.....	15
2.5.1	DVR HIKVISION 7208huhi-k2.....	17
2.5.2	SoftWare Analítico de Vídeo	18
3	METODOLOGIA	22
3.1	FMEA	23
3.2	Concepção do Problema	26
3.3	Desenvolvimento da Solução.....	26
3.4	Orçamento.....	26
3.5	Comparativo de Produtos.....	27
3.6	Escolha do Sistema Embarcado	27
3.7	Uso das câmeras.....	27
3.8	Hikvision 7208huhi-k2.....	27
4	RECURSOS NECESSÁRIOS	29
4.1	Aplicação do FMEA	32
5	CONCLUSÃO	35
APÊNDICE A – Modelamento dos Componentes em SolidWorks		38

1 INTRODUÇÃO

Cronômetros são instrumentos usados para medir o tempo em frações de segundo, com precisão. Dentre os modelos de cronômetros existem desde instrumentos manuais a instrumentos automáticos, semelhantes ao que será desenvolvido.

Este trabalho tem como foco desenvolver um protótipo de um cronômetro que poderá ser usado em eventos de corrida do tipo circuito. Diferenciando-se dos demais cronômetros, pelo fato de não ser somente um equipamento com placar, mas sim, construído com um sistema que organiza os tempos de cada piloto automaticamente em ordem crescente. Pondo-os em colocações e fazendo com que estas possam ser compartilhadas com o público através de um site, desenvolvido exclusivamente para divulgação dos resultados.

Para possibilitar a construção de um protótipo, se faz necessário separar o processo em duas etapas, sendo elas: estrutura mecânica (*Hardware*) e programa (*Software*). Desta forma o trabalho irá contar com uma parte mecânica, construída com base em chapas e tubos de aço SAE 1020, possibilitando um baixo custo para o projeto. O *software* irá contar com a estruturação de um programa que terá o papel de interpretar as leituras feitas pelos diversos sensores do sistema e organizá-los de uma forma crescente e compartilhará-los no site, tornando o processo de tomada de tempo ágil, preciso, facilitado por conta da organização automática feita pelo *software*.

Intenciona-se a partir de um estudo aprofundado, pensar uma solução efetiva, afim de facilitar as tomadas de tempo em corridas de circuitos, através de uma listagem automática, feita pelo sistema do protótipo, o qual irá compartilhar os dados extraídos em uma plataforma online, extinguindo qualquer interferência que possa gerar uma tendência ou dúvida quanto aos valores, tendo números exatos dos tempos feitos por cada competidor.

1.1 Tema

Esta pesquisa está focada em desenvolver um cronômetro com reconhecimento de valores e listagem automática e compartilhamento dos dados pela interface de um site.

1.2 Problema de pesquisa

É possível construir um cronômetro para corridas de circuito que opera com precisão, liste os valores em ordem crescente de forma automática e compartilhe os dados em uma plataforma online?

No desenvolvimento de um cronômetro que opera com o sistema acima descrito, deve-se levar em conta: o operador, a programação, o controle de dados, a estrutura, a transmissão de dados e a leitura destes.

Para o correto funcionamento do projeto, são requisitos que tenha um hardware robusto e com defletores impedindo que seus sensores sejam danificados por objetos, bem como, proteção ao longo de seu cabeamento.

É requisito, também, que o *software* deste seja programado de forma a ser capaz de operar diversas funcionalidades em sincronia, sem sobrecargas de sistema e/ou interferências de sinal com site.

A programação e criação de um site com interface para compartilhamento dos dados conta com ajuda de acadêmicos e professores do curso de Engenharia de Controle e Automação da FAHOR (Faculdade Horizontina), tendo através deste auxílio a oportunidade adquirir conhecimentos ligados a área de programação.

1.3 Hipóteses

Tendo observado eventos de corridas de circuito que envolviam processos de cronometragem, constatou-se a existencia de algumas falhas no processo, e a partir destas, indentificaram-se diversas melhorias que podem ser implementadas no equipamento para reduzir erros, tempo de trabalho e melhorar a comunicação com o público.

1- Criar cronômetro eletrônico capaz de reconhecer os tempos medidos e listá-los em ordem crescente compartilhando os dados com o público por meio de um site;

2- Desenvolver um cronômetro interligado a um placar eletrônico para o compartilhamento dos tempos medidos por cronômetro manual.

1.4 Objetivos

Seção destinada a apresentação dos objetivos desejados com o desenvolvimento do trabalho.

1.4.1 Objetivo geral

O Objetivo deste trabalho consiste em desenvolver um cronômetro para corridas de circuito, onde de forma simultânea o mesmo colete tempos, listando os valores em ordem

crescente, separando-os em colocações e compartilhando estas colocações através da interface de um site.

1.4.2 Objetivos específicos

Afim de atingir os objetivos específicos propostos por este estudo e elaboração do projeto mencionado segue-se tais especificidades:

- a) Elaborar o sistema para medida, reconhecimento e listagem dos valores;
- b) Desenvolver um site para o compartilhamento dos dados;
- c) Fabricar a estrutura para fixação e posicionamento das câmeras;
- d) Realizar os testes necessários para validação do trabalho.

1.5 Justificativa

Em corridas de circuito, cronômetros são fundamentais para o registro do tempo de cada piloto. Os cronômetros oferecem precisão em suas medições, porém, quando trata-se de medir um determinado intervalo de tempo, de forma que o início e o final da medição sejam dependentes de uma largada e chegada, é de suma importância que sejam usados cronômetros com sensores de passagem, para que não ocorram erros por atraso, antecipação do início, ou fim da contagem do tempo.

Atualmente, o mercado oferece apenas cronômetros com função básica de medir o tempo, sistema este que é composto por sensores ativos, os quais, no ambiente onde são realizadas as corridas *off-road*, podem vir a interferir nos resultados, devido a existência de poeira intensa no ambiente onde se realizam as provas. Outro fator negativo do sistema usado para cronometragem é a transmissão dos dados ao público, este modelo de cronometragem, faz com que o tempo passado possa se tornar duvidoso, pelo fato do resultado ser transmitido ao público apenas verbalmente, admitindo a possibilidade de erro comunicação entre narrador e platéia.

Observando este problema, notou-se a oportunidade de desenvolver um cronômetro eletrônico substituindo o sistema comum de sensores ativos por um sistema de CFTV moderno, possibilitando o uso da função de cercamento eletrônico com traçado de linhas de intrusão virtuais, de forma que elimine qualquer interferência e que além disso, integrado a uma microcontroladora, seja capaz de ler os tempos, organizá-los em colocações e compartilhá-los através de uma plataforma online. Este trabalho, após desenvolvido, irá solucionar os problemas de interferência na medição dos tempos, comunicação com o público e eliminar quaisquer dúvidas quanto ao tempo feito por cada competidor, pelo fato

de que os resultados serão enviados a uma plataforma online, instantaneamente, após o fim da medição.

A plataforma de compartilhamento dos dados online irá contar com uma planilha de colocações atualizadas a cada medição feita. Com o desenvolvimento deste site para a transmissão dos resultados, será possível que as equipes acompanhem suas colocações em tempo real durante a competição (momento da corrida), eliminando a necessidade de uma pessoa para acompanhar o andamento do campeonato, caso sua equipe necessite retirar-se da pista para manutenção, ou por outros motivos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Essa seção irá abordar definições de cronômetro e formas de transmissão de dados online.

2.1 Cronômetro

Cronômetro ou cronógrafo é o nome dado a um tipo específico de relógio usado para medir pequenos intervalos de tempo, geralmente em até milésimos de segundo. O termo, embora empregado para designar qualquer tipo de relógio, é referência comum aos aparelhos de maior precisão. (Pequena História das Invenções. São Paulo: Abril S.A. Cultural e Industrial, 1976.)

O processo feito com cronômetros é determinado cronometragem. A unidade de medida a qual é usada para a cronometragem é o segundo (s), sendo esse dividido em frações, para que seja possível atingir padrões de medida de tempo com maior exatidão.

2.2 Tipos de Cronômetros

A medição de um determinado intervalo de tempo pode requerer o uso de um modelo de cronômetro específico, o qual torna o valor mais próximo do exato. Dentre os tipos de cronômetros disponíveis estão os seguintes tipos:

- Cronômetro manual;
- Cronômetro eletrônico.

2.1.2 Cronômetro Manual

Segundo o site Enciclopédia¹, na década de 1960, a Heuer desenvolveu um cronômetro elétrico, que funcionava através de um sistema o qual dependia de um operador, o cronometrista, este, responsável por apertar uma tecla cada vez que algum carro ultrapassasse a linha de chegada/partida, dado este comando uma impressora era acionada para gravar o tempo.

Este processo, pode-se afirmar ser parcialmente automatizado, pois, apesar de o mesmo possuir um relógio próprio, ainda dependia de um operador para dar os comandos de abertura e fechamento do tempo, tornando-se um processo pouco confiável e exato.

Figura 1 - Cronômetro Manual



Fonte: do autor

2.1.3 Cronômetro Eletrônico

No que concerne a esfera esportiva, “antes da cronometragem eletrônica, quando tudo dependia do olho humano, era mais complicado para o atleta. Este é o motivo de a cronometragem eletrônica ter revolucionado o modo de medir o esporte” explica Zobrist.

Atualmente, existem diversas aplicações para cronômetros eletrônicos também dentro do automobilismo, onde cada ramo possui suas particularidades e necessidades, as quais diferenciam cada tipo de equipamento usado, e componentes que fazem parte de sua estrutura.

2.3 Funcionamento do Cronômetro Eletrônico

O cronômetro eletrônico, com base em pesquisas e observações, tem seu funcionamento dividido em etapas, onde cada componente, ou série de componentes, é necessário e fundamental para o funcionamento do próximo e para que se obtenha um resultado final confiável.

Os cronômetros eletrônicos disponíveis no mercado atual, geralmente são compostos por uma microcontroladora e sensores ativos ou passivos. Estes, por sua vez, funcionam através da detecção feita por sensores, de forma que a microcontroladora receba a informação para iniciar e finalizar o processo de contagem.

Modelos dependentes de sensores do tipo ativo ou passivo costumam gerar falsas contagens, sofrendo com frequentes interferências que causam um certo desconforto na oportunidade de uso dos mesmos.

O sistema que está sendo desenvolvido, irá contar com uma câmera de vídeo, um DVR e uma placa de Arduino. Este sistema será programado e responsável pela detecção da passagem do carro na faixa do circuito por meio do traçado de uma linha virtual.

Assim que detectada a primeira passagem, a câmera irá enviar a informação para o DRV que juntamente com o Arduino irão dar início a medição. O tempo será encerrado quando a câmera detectar a segunda intrusão na linha virtual traçada.

A partir da informação do tempo de volta no circuito, os dados serão extraídos instantaneamente e o sistema desenvolvido listará o tempo em uma planilha fazendo a atualização dos valores em ordem crescente sempre que uma nova tomada de tempo for adicionada na planilha.

O sistema irá contar também com a programação feita em HTML, onde a planilha com as colocações e medições dos tempos de volta serão disponibilizadas em um site para que cada indivíduo que esteja acompanhando, tenha acesso as informações em tempo real.

2.4 Câmeras para traçado de linhas virtuais

De acordo com JERÓNIMO (2009), sensores são dispositivos que têm função de medir os valores de determinadas grandezas (ex: tempo) e transformar este em uma grandeza elétrica (ex: tensão) com um valor relacionado com o valor da grandeza inicial.

No projeto serão usadas câmeras de video residenciais, com capacidade de alcance de 20 metros, estas por sua vez, ligadas ao DVR, irão conter uma linha virtual traçada, a qual irá desempenhar a função de um sensor. Sempre que algum corpo com uma grandeza significativa ultrapassar a linha, será identificado pelo DVR e passará um pulso elétrico ao arduino, dando início ou fim ao processo determinado.

Para que o sistema funcione corretamente, depende-se de câmeras que tenham propriedades de gravação em resolução HD (High Definition). Dado isso, o equipamento escolhido trata-se de um modelo de câmera Intelbras Bullet 1120 HD.

Figura 2 - Câmera de Vídeo Intelbras Bullet 1120 VDH



Fonte: do autor.

2.5 DVR

DVR (*Digital Video Recorder*) é o nome dado a um aparelho eletrônico que tem função de gravar vídeos em formato digital em cartões de memória SD, drives, SSDs ou unidades de disco. Este sistema funciona como um receptor de imagens através de cabos ou satélite, tendo sua principal aplicabilidade em sistemas de CFTV.

Para que a imagem possa ser gravada e manipulada por *softwares* analíticos, a mesma precisa chegar até o DVR, geralmente por meio de cabos coaxiais ou cabos de rede do tipo UTP. O sinal da imagem passa por uma etapa de separação de áudio e vídeo, decodificadores de sinal, após é aberto e enviado para um circuito de saída, onde é gravado no disco rígido ou plataforma de armazenamento instalada no sistema.

2.5.1 DVR HIKVISION 7208huhi-k2

O Modelo de DVR HIKVISION 7208huhi-k2 é um dispositivo eletrônico com 8 canais de vídeo, capacidade de registro de imagens com resolução de até 4k que também possui integrado em si um software analítico de vídeo.

Figura 3 - DVR Hikvision 7208huhi-k2



Fonte: do autor.

2.5.2 *SoftWare* Analítico de Vídeo

“Análise de Conteúdo de Vídeo ou ACV, tem a capacidade de analisar um vídeo de forma automática e disparar alertas, possui muitas funcionalidades, as quais vão de simples a mais complexas, onde podemos considerar a detecção de vídeo como uma função simples, chegando a complexidade por meio da função de contagem de pessoas, veículos e até mesmo detecção de fumaça.” SYLVIO 2019

O vídeo analítico utiliza um servidor capaz de identificar de forma automática as ações pré configuradas, como por exemplo, linhas virtuais adicionadas no sistema de vídeo.

O uso de Softwares como este vem tomando maiores proporções no mercado atual de monitoramento de perímetros, considerando a facilidade do seu uso, por conta da agilidade proporcionada pelos filtros de análise de vídeo, o que simplifica o processo de procura de imagens feitas em um determinado periodo de tempo, sendo esta uma das principais vantagens do uso deste tipo de recurso em sistemas inteligentes de CFTV (Circuito Fechado de Televisão).

Figura 4 - Sistema de Câmeras com traçado de linha virtual.



Fonte: do autor

2.6 Sistema Embarcado

Cunha (2007), afirma que o sistema embarcado é o mesmo que colocar capacidade computacional dentro de um circuito integrado, equipamento, ou sistema. Neste caso precisa-se entender que um sistema embarcado deve ser mais do que um simples computador.

Faz-se necessário ser um sistema completo e independente, que esteja preparado e programado para realizar apenas uma determinada tarefa. Segundo Oliveira (2016), define-se um sistema embarcado como sendo uma "caixa" com componentes eletrônicos. Este entendimento facilita muito o desenvolvimento das aplicações, uma vez que todos esses componentes devem ser corretamente configurados para um funcionamento apropriado do sistema embarcado. Normalmente são compostos por microcontroladores e possuem periféricos embutidos dentro de seu encapsulamento, facilitando o desenvolvimento de produtos.

2.7 Programação

Segundo Priberam (2008-2013), programação é a ação de programar, fornecer instruções para um mecanismo para torná-lo automático.

De acordo com Oliveira (2015), Arduino, assim como qualquer outro dispositivo que possa ser programado, precisa de uma linguagem de programação, definindo como sendo um conjunto de comandos que permitirão o desenvolvimento de um programa para computador, ou qualquer outro dispositivo programático. Alves (2014), sugere que existem vários tipos de linguagens de programação, porém, trabalham com formas, estruturas e

diferentes comandos. Como no início da era da computação os programadores precisavam programar em um nível inferior, ou seja, diretamente em linguagem de máquina, também conhecido como código binário, onde eram utilizadas inúmeras combinações de 0s (zeros) e 1s (uns). Nesta época era praticamente impossível decorar a função que cada combinação exercia no processador. A partir deste pensamento, no início dos anos 50, quando os computadores ainda eram a válvulas, desenvolveu-se uma linguagem mais próxima do entendimento humano, esta linguagem foi denominada de *Assembly*. Nesta linguagem, as instruções binárias são representadas por palavras, ou siglas genericamente denominadas de mnemônicos.

2.8 Linguagem de Programação

“As linguagens de programação são amplamente conhecidas e utilizadas por profissionais da área de computação. Na maioria das vezes, tais profissionais são apenas usuários de linguagens e ambientes de programação.” (MELO, SILVA, 2003).

Segundo Melo e Silva, para que as linguagens de programação possam ser usadas, precisam que estas sejam projetadas e implementadas, isto significa que, alguém precisou prever o que profissionais da área de computação precisam e descobrir o que esperam de uma linguagem de programação. Desta forma, estão incluídos estudos sobre o que é necessário na criação de um sistema de linguagem de programação, para resolução de problemas, tornando esta linguagem útil aos profissionais que têm a pretensão de usá-la.

Segundo Melo e Silva (2003), uma linguagem de programação determina os recursos disponíveis e sua forma de utilização para construir máquinas abstratas específicas, de tal forma que elas possam ser simuladas adequadamente em computadores.

A linguagem de programação nada mais é do que um conjunto de recursos compostos para criar programas, com regras de composição que asseguram que todos os programas consigam ser reproduzidos em computadores e que mantenham funcionamento apropriado.

2.9 HTML

De acordo com Tittel e Noble (2014), qualquer texto contido entre colchetes angulares é uma tag HTML, por exemplo, um p dentro dos colchetes (tags <p>...</p>) identifica texto dentro de parágrafos. A marcação entre as tags <style>e</style> no topo do arquivo usa CSS para definir a aparência de vários elementos HTML usados nessa página, sendo isto tudo o que ele faz. Você coloca a marcação em um arquivo de texto junto com o mesmo

para que os leitores vejam e para informar ao navegador a maneira de exibir sua página na web.

As tags e o conteúdo entre (e dentro) das tags são coletivamente chamados de elementos. Os colchetes angulares <> incluem a marcação HTML e XHTML.: As chaves {} incluem as marcações CSS. TITTEL, Ed; NOBLE, Jeff (2014).

A peça do usuário no quebra-cabeça da web é um navegador web. Os navegadores leem as instruções escritas em HTML, XHTML e CSS e usam essas instruções para exibir o conteúdo na página web da sua tela. TITTEL, Ed; NOBLE, Jeff (2014).

2.10 Arduino Uno

De acordo com Arduino.cc, “o Arduino Uno é uma placa microcontroladora baseada no ATmega328P. Possui 14 pinos de entrada /saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um cristal de quartzo de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de energia, um conector ICSP e um botão de reset. Ele contém tudo o que é necessário para suportar o microcontrolador, basta conectá-lo a um computador com um cabo USB ou ligá-lo a um adaptador de 7 a 12V ou bateria para começar. Você pode mexer em seu UNO sem se preocupar muito em fazer algo errado, na pior das hipóteses você pode substituir o chip com alguns dólares e começar novamente.

"Uno" significa um em italiano e foi escolhido para marcar o lançamento do Arduino Software (IDE) 1.0. A placa Uno e a versão 1.0 do Arduino Software (IDE) foram as versões de referência do Arduino, agora evoluindo para versões mais recentes. A placa Uno é a primeira de uma série de placas USB Arduino e o modelo de referência para a plataforma Arduino.”

Figura 5 - Arduino Uno.

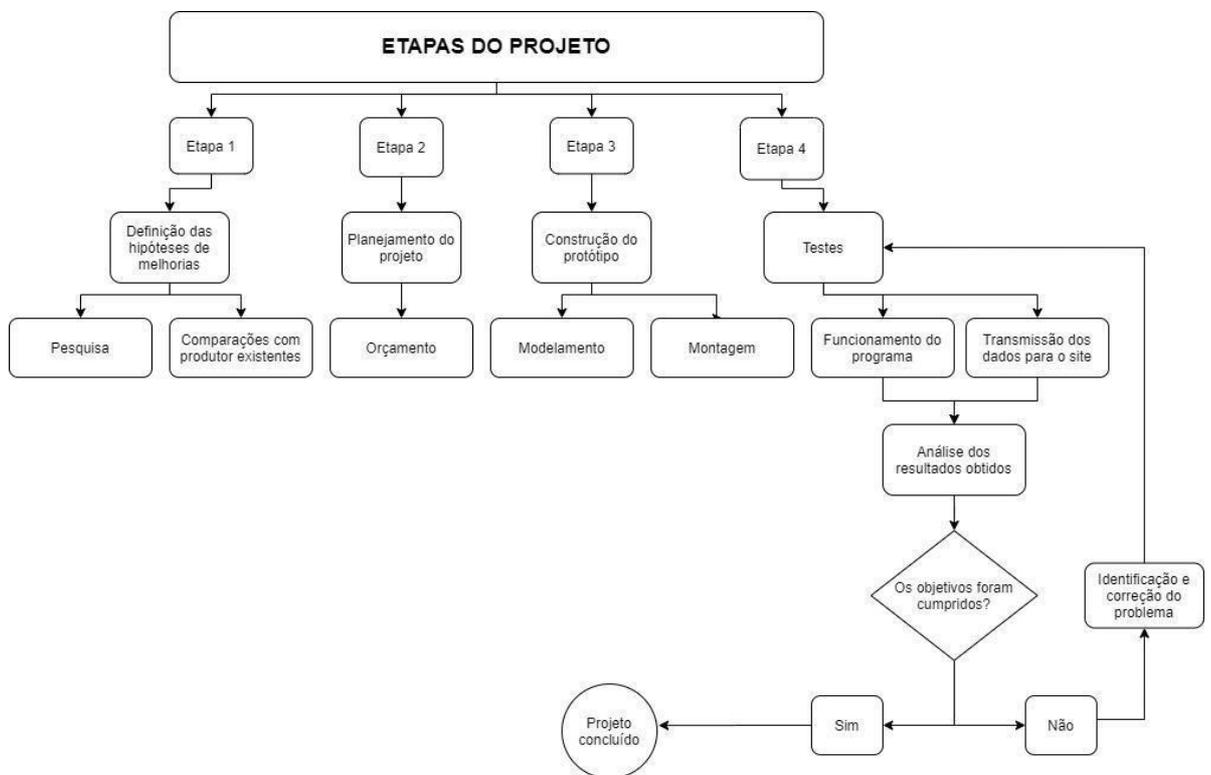


3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto utilizou-se o método de fluxograma. O fluxograma é uma forma de organização das fases do processo, onde através desta técnica são utilizados símbolos gráficos para descrever as etapas, natureza e fluxo de processo. Adotado o método de fluxograma para a realização do projeto, o mesmo permite que o processo torne-se simples, claro, confiável e facilmente entendível.

Conforme a Figura 6 pode-se ver o fluxograma do trabalho.

Figura 6 - Fluxograma de Organização do Desenvolvimento do Trabalho.



Fonte: do autor

Como constatado na figura 6, é possível notar as fases em que foi desenvolvido o trabalho, sendo estas as etapas: Definição, planejamento, modelamento, construção e validação.

Para estas fases do projeto, será utilizada a ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), ferramenta esta, largamente usada na engenharia de produto, tanto para desenvolvimento de novos produtos, quanto para melhoria de produtos já existentes.

Para que os objetivos sejam considerados cumpridos, o protótipo do cronômetro eletrônico passará por uma série de testes, onde contará com uma simulação de uma corrida de circuito com duas faixas simultâneas. Os tempos coletados de cada faixa serão comparados com medições manuais para que se tenha uma noção real do funcionamento

correto do sistema.

3.1 FMEA

A ferramenta escolhida para como método para auxiliar no desenvolvimento do trabalho foi a FMEA, *Failure Mode and Effect Analysis*, ou em português, Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos. A análise feita tem como objetivo principal avaliar e reduzir quaisquer risco por meio de possíveis falhas e implementação de ações de forma que aumente a confiabilidade.

Esta ferramenta consiste basicamente no desenvolvimento de uma planilha definida em sete etapas, as quais têm como finalidade identificar possíveis falhas e efeitos que podem ser causados decorrentes dessas falhas. Esta planilha pode ser usada em todas as fases do desenvolvimento de um produto ou processo, contanto que demonstre domínio e contenha informações suficientes para o seu uso, desta maneira auxiliando em um maior detalhamento e controle sobre o serviço.

O método possui flexibilidade em seu uso, podendo ser aplicado tanto na melhoria de produtos já existentes, desenvolvimento de novos produtos, projetos, processos, áreas de segurança, logística, software, entre outros.

Algumas das vantagens que podem ser citadas ao usar esta metodologia são:

- Catalogação de informações referente a falhas apresentadas no produto ou processo;
- Proporciona maior conhecimento do produto ou processo;
- Apresenta pontos de melhoria no produto ou processo;
- Reduz gastos devido a prevenção da ocorrência de falhas;
- Fornece aumento na satisfação dos clientes através da redução de problemas.

Existem tipos de FMEA, sendo eles, FMEA de produto, FMEA de processo e FMEA de procedimentos administrativos. Para o desenvolvimento do trabalho, como se trata de o desenvolvimento de um produto, o tipo usado é o FMEA de produto, o qual determina as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto.

Figura 7 - Exemplo de Planilha FMEA

Ponto da Falha		Análise da Falha			Avaliação de Risco				Ação Preventiva Recomendada	
Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modos de Falha	Efeitos de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção		RIPN
Redutor de Velocidades Flender - TAG-REDU43021	Reduzir a velocidade do acionamento do Elevador de Canecas - TAG-ELEV-62145	Engrenamento	Choque de Flancos (Vibração Excessiva)	Desarme do Motor Eléctrico (Para o Processo)	Falta de Ajuste de Backlash	8	9	3	216	Inspeccionar folga das engrenagens a cada 6 meses.
			Elevação nos níveis de bronze no lado de análise de óleo	Desalinhará os rolamentos e demais componentes	Desalinhamento do eixo principal	7	5	8	280	Fazer análise de óleo a cada 3 meses.
		Rolamentos	Vibração/temperatura excessivas	Desarme do Motor Eléctrico (Para o Processo)	Desalinhamento do conjunto motor/reductor	9	9	4	288	Fazer análise de vibração mensalmente.
			Elevação nos níveis de bronze no lado de análise de óleo	Desarme do Motor Eléctrico (Para o Processo)	Falta de lubrificação nos rolamentos	8	8	5	320	Lubrificar rolamentos a cada 320 horas. Fazer análise de vibração mensalmente.
		Retentor de Entrada	Vazamento	Contaminação / Perda de Lubrifi	Falha na montagem	9	6	5	270	Treinamento Técnico sobre montagem e manutenção de redutores Flender. Treinamento Técnico sobre alinhamento de conjuntos rotativos.

Fonte: FMEA

A avaliação dos riscos é feita através do preenchimento da análise das falhas, onde são definidos os índices severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) e através destes é obtido o coeficiente de prioridade de risco (R) pela multiplicação dos três índices.

Figura 8 - índice de Severidade FMEA

SEVERIDADE		
Severidade	Efeito da Severidade	Índice de Severidade
Nenhum	Sem efeito identificado.	1
Muito menor	Itens de Ajuste, Acabamento/Chiado e Barulho não-conformes. Defeito evidenciado por clientes acurados (menos que 25%).	2
Menor	Itens de ajuste, Acabamento/Chiado e Barulho não-conformes. Defeito evidenciado por 50% dos clientes.	3
Muito baixo	Itens de Ajuste, Acabamento/Chiado e Barulho não-conformes. Defeito notado pela maioria dos clientes (mais que 75%).	4
Baixo	Equipamento operável, mas item(s) de Conforto/Conveniência operável(is) com níveis de desempenho reduzidos.	5
Moderado	Equipamento operável, mas item(s) de Conforto/Conveniência inoperável(is). Cliente insatisfeito.	6
Alto	Equipamento inoperável, mas com níveis de desempenho reduzido. Cliente muito insatisfeito.	7
Muito alto	Equipamento inoperável (perda das funções primárias).	8
Perigoso com aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do equipamento com aviso prévio.	9
Perigoso sem aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do equipamento sem aviso prévio.	10

Fonte: Engeteles

Figura 9 - Índice de Ocorrência FMEA

 OCORRÊNCIA		
Probabilidade de Falha	Taxas de falha possíveis	Índice de Ocorrência
Remota: Falha é improvável	Chance Remota de Falha	1
Baixa: Relativamente poucas falhas	Frequência muito baixa: 1 vez a cada 5 anos	2
	Pouco Frequente: 1 vez a cada 2 anos	3
Moderada: Falhas ocasionais	Frequência baixa: 1 vez por ano	4
	Frequência ocasional: 1 vez por semestre	5
	Frequência moderada: 1 vez por mês	6
Alta: Falhas freqüentes	Frequente: 1 vez por semana	7
	Frequência elevada: algumas vezes por semana	8
Muito Alta: Falhas Persistentes	Frequência muito elevada: 1 vez ao dia	9
	Frequência máxima: várias vezes ao dia	10

Fonte: Engeteles

Figura 10 - Índice de Detecção FMEA

 DETECÇÃO						
Detecção	Critério	Tipos de Inspeção			Faixas Sugeridas dos Métodos de Detecção	Índice de Detecção
		A	B	C		
Quase impossível	Certeza absoluta da não detecção.			x	Não pode detectar ou não é verificado.	10
Muito remota	Controles provavelmente não irão detectar.			x	Controle é alcançado somente com verificação aleatória ou indireta.	9
Remota	Controles têm pouca chance de detecção.			x	Controle é alcançado somente com inspeção visual.	8
Muito Baixa	Controles têm pouca chance de detecção.			x	Controle é alcançado somente com dupla inspeção visual.	7
Baixa	Controles podem detectar.		x	x	Controle é alcançado com métodos gráficos, tais como CEP (Controle Estatístico do Processo).	6
Moderada	Controles podem detectar.		x		Controle é baseado em medições por variáveis depois que as peças deixam a estação, ou em medições do tipo passa/não-passa feitas em 100% das peças depois que deixam a estação.	5
Moderadamente alta	Controles têm boas chances para detectar.	x	x		Detecção de erros em operações subsequentes, OU medições feitas na preparação de máquina e na verificação da primeira peça (somente para casos de preparação de máquina).	4
Alta	Controles têm boas chances para detectar.	x	x		Detecção de erros na estação, ou em operações subsequentes por múltiplos níveis de aceitação: fornecer, selecionar, instalar, verificar. Não pode aceitar peça discrepante.	3
Muito alta	Controles quase certamente detectarão.	x	x		Detecção de erros na estação (medição automática com dispositivo de parada automática). Não pode passar peça discrepante.	2
Quase certamente	Controles certamente detectarão.	x			Peças discrepantes não podem ser feitas porque o item foi feito a prova de erros pelo projeto do processo/produto.	1

Fonte: Engeteles

3.2 Concepção do Problema

O surgimento do assunto para o desenvolvimento do trabalho surgiu durante o segundo semestre do ano de 2019. Organizadores de corridas *off-road* vivem um problema de custos com cronometragem para seus eventos, segundo responsáveis pela organização dos eventos, os valores chegam a até R\$ 5.000,00 por dia de trabalho.

São relatados também diversos problemas que acontecem durante as corridas, interferências de resultados, problemas com desalinhamento de sensores, falhas na comunicação entre locutor e público, entre outros. Frequentemente durante o acontecimento das corridas o piloto precisa repetir sua volta por conta de problemas no sistema que faz a cronometragem, desta forma perdendo diversas vezes bons resultados.

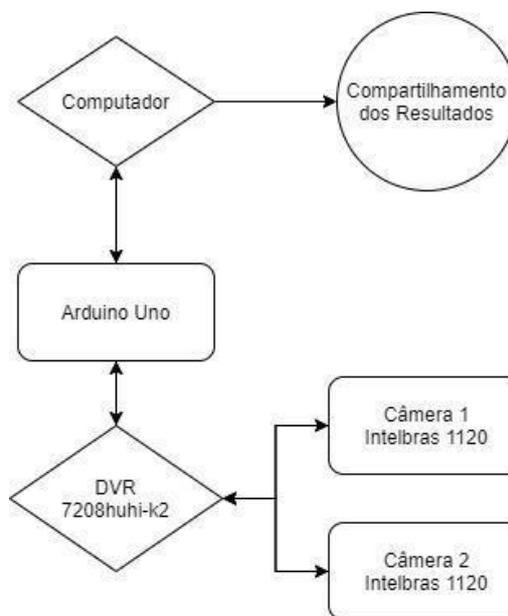
3.3 Desenvolvimento da Solução

Através deste problema, surgiu a ideia de desenvolver um cronômetro eletrônico para estas corridas, porém sendo um sistema capaz de eliminar os problemas relatados e fazendo com que o custo se tornasse menor.

Para que seja possível desenvolver um sistema como demandado, optou-se por usar componentes de CFTV integrado com Arduino. Neste sistema, é possível eliminar sensores que possam desalinhar e regular sensibilidade do cercamento eletrônico, onde é necessário que um corpo com tamanho igual ao de um carro ou maior passe pela linha virtual traçada para que inicie ou pare a contagem do tempo.

Para a solução do problema de comunicação entre locutor e público, será desenvolvido uma plataforma online, onde todos os resultados de tempos medidos sejam mostrados juntamente com as tabelas de colocação, assim o público terá acesso aos tempos de voltas e colocações.

Figura 11 - Fluxograma do Funcionamento do Sistema



Fonte: do autor.

3.4 Orçamento

Para o desenvolvimento do protótipo foram orçados todos os componentes necessários, como pode ser visto na figura 12.

Figura 12 - Orçamento

Orçamento		
DVR	R\$	1.200,00
Câmeras	R\$	368,00
Arduino	R\$	59,90
Computador	R\$	3.750,00
Cabeamento	R\$	300,00
Conectores	R\$	15,00
TOTAL	R\$	5.692,90

Fonte: do autor.

Os valores listados tiveram sua base de valor de acordo com um valor médio orçado em empresas de segurança da cidade de Horizontina.

3.5 Compativo de Produtos

De acordo com pesquisas relacionadas ao sistema desenvolvido, e, conversas com profissionais que possuem convívio com sistemas semelhantes, foi possível simular uma

comparação do sistema criado com os disponíveis atualmente no mercado.

Figura 23 - Comparação

Comparativo				
Problema	Protótipo		Outros Cronômetros	
	Sim	Não	Sim	Não
Desalinhamento de Sensores		X	X	
Interferências com Poeira		X	X	
Erros na comunicação de resultados		X	X	
Dúvidas do Público		X	X	
Precisão	0,01 s		0,01 s	
Custo Médio	R\$	5.692,90	R\$	3.000,00

Fonte: do autor.

3.4 Escolha do Sistema Embarcado

O Sistema embarcado escolhido foi a plataforma conhecida como Arduino Uno, por possuir as características necessárias para desempenhar a função de organização e extração dos dados do restante do sistema e enviá-los para o computador que irá fazer a conexão online para compartilhamento dos dados, além de possuir vasta informação de suporte, acessibilidade e baixo custo.

3.5 Uso das câmeras

Para que seja possível a identificação da intrusão do traçado virtual que irá dar início a contagem do tempo, foram escolhidas câmeras Intelbras de modelo Bullet 1120 HD.

Esta foi escolhida por possuir capacidade de gravação em alta definição e alcance desejado para que possa ser posicionada em local estratégico, podendo evitar possíveis danos ao equipamento durante seu uso.

3.6 Hikvision 7208huhi-k2

Foi escolhido o modelo 7208huhi-k1 Hikvision, pelo fato de que este DVR possui o software de análise de imagens integrado, o que possibilita a programação do mesmo para que sejam traçadas as linhas virtuais nas câmeras que serão posicionadas ao lado das

faixas, assim podendo extrair o tempo com exatidão maior que a de sensores ativos, e com possibilidade de ajustes de sensibilidade para que a poeira e outros corpos não venham a interferir na contagem do tempo.

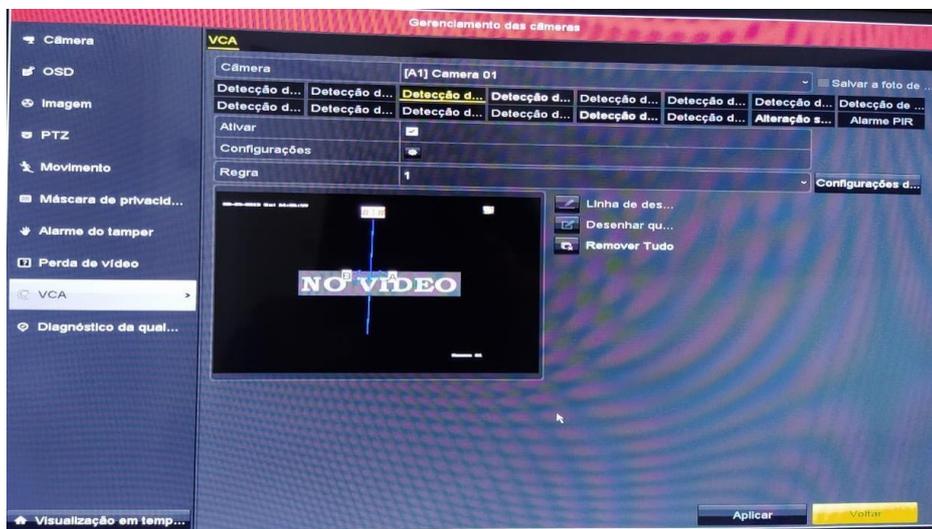
4 RECURSOS NECESSÁRIOS

Para realizar a construção do trabalho foram listados os seguintes itens que se fazem necessários:

a) DVR HIKVISION 7208huhi-k1 (este equipamento será usado de forma que terá em si a programação do traçado virtual e será responsável pelo reconhecimento da violação do traçado);

Na figura 10, é possível ver a interface do DVR, com a opção do traçado da linha virtual.

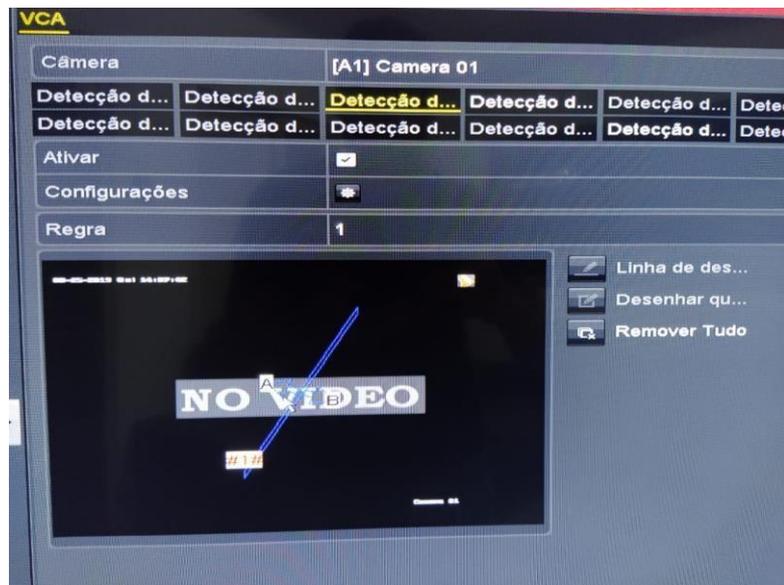
Figura 14 - Interface do DVR



Fonte: do autor.

b) Câmeras Intelbras Bullet 1120 VHD (As câmeras serão posicionadas estrategicamente nas laterais de cada pista, tendo a função de possibilitar a visualização do traçado, levando a informação até o DVR);

Figura 15 - Campo de Traçado da Linha Virtual



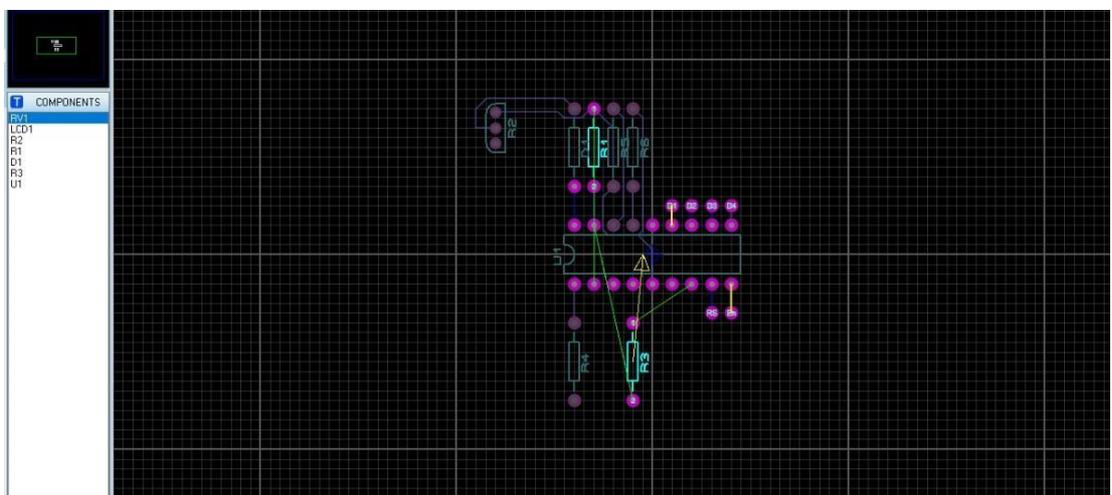
Fonte: do autor.

c) Cabo Coaxial (Utilizados para a transferência das imagens vindas das câmeras para o DVR e alimentação do sistema);

d) Arduino Uno (o microcontrolador Arduino tem como papel principal receber o pulso elétrico gerado pelo DVR durante a intrusão do traçado, através deste, iniciar e finalizar a contagem do tempo. Terá também programado em si a extração dos tempos e envio até o computador.);

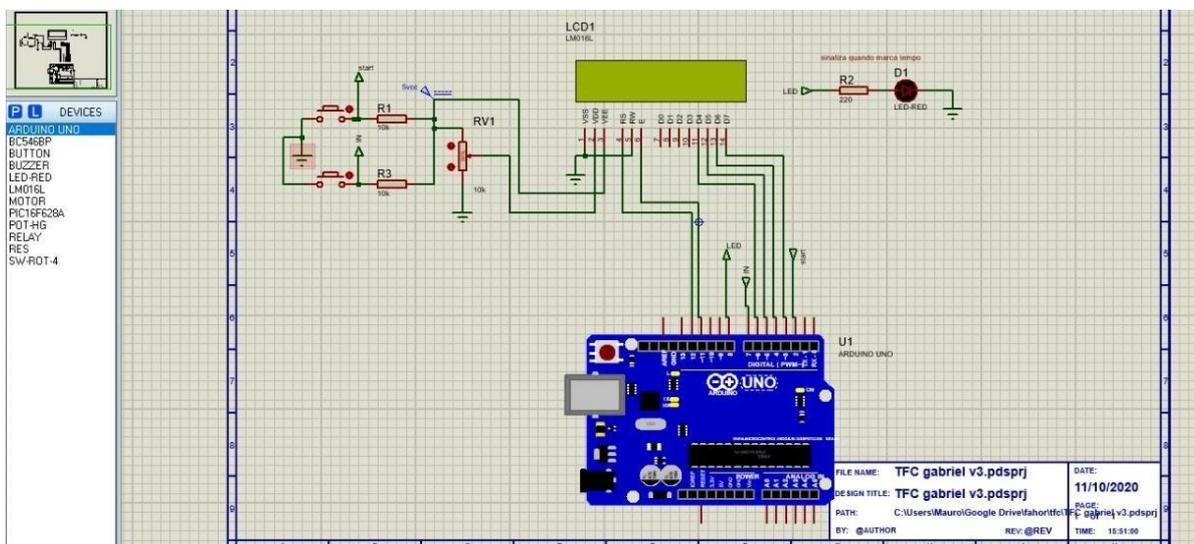
Nas figuras 14 e 15 pode-se ver o programa e esquema criado para a contagem do tempo do cronômetro.

Figura 16 - Programa Criado para o Arduino



Fonte: do autor.

Figura 17 - Esquema de Botões e Ligação



Fonte: do autor.

O sistema simulado no ambiente computacional do software Proteus consistem em um microcontrolador ATmega, na plataforma de desenvolvimento Arduino, que recebe o pulso DVR quando o carro inicia e termina sua volta.

Ao receber o primeiro pulso elétrico gerado pelo DVR após a intrusão dalinha, inicia-se a cronometragem e ao receber o segundo pulso finaliza o cronometragem, armazenando o valor num vetor que depois será repassado para o sistema externo de armazenamento.

O display LCD local é uma forma de monitoramento do sistema e testes, visto que existirá um computador conectado que receberá as informações e disponibilizará as mesmas para a internet e aplicativos dos envolvidos na competição.

A placa de circuito dedicada ainda está em desenvolvimento, visto que devem ser feitos ajustes para adequá-la ao sistema de conexão do pulso proveniente do DVR.

e) Fonte 12V 5 Amperes (As fontes serão responsáveis pela alimentação das câmeras, Arduino e DVR);

f) Chapas de Aço SAE 1020 (As chapas de Aço SAE 1020 serão utilizadas para a fabricação de defletores de proteção que serão instalados próximos às câmeras e para proteção dos cabos em pontos de maior exposição);

g) Tubos de Aço 40x40mm (Usados para a construção da estrutura que dará suporte às câmeras e posicionará a mesma ao lado da pista);

h) Ferramentas de corte, dobra e soldagem (Estas por sua vez serão utilizadas

para a fabricação da estrutura metálica necessária);

i) Computador (Necessário para realizar a programação do Arduino e para o desenvolvimento do site que compartilhará os resultados com o público).

Na figura 14, pode-se ver a interface que será compartilhada em uma plataforma online

Figura 18 - Tabela de Resultados

TABELA DE RESULTADOS			
<i>(CATEGORIA)</i>			
COLOCAÇÃO	NÚMERO	PILOTO	TEMPO
1ª			
2ª			
3ª			
4ª			
5ª			
6ª			
7ª			
8ª			
9ª			
10ª			
11ª			
12ª			
13ª			
14ª			
15ª			
16ª			
17ª			
18ª			

Fonte: do autor.

4.1 Aplicação do FMEA

Este capítulo abora a aplicabilidade da ferramenta FMEA no trabalho desenvolvido, de acordo com os exemplos, foi utilizado o mesmo formato de planilha para a descrição dos tópicos.

De acordo com as figuras abaixo, tem-se o preenchimento da análise.

Figura 17 - Aplicação do FMEA

Failure Mode and Effect Analysis										
Item:	Cronômetro Eletrônico TFC			Responsável pelo Projeto:	Gabriel Alexandre Haag		FMEA Número:	1		
				Equipe:	-		Página:	-		
							Preparado por:	Gabriel Alexandre Haag		
							Data Inicial:	20/02/2020		
							Data Revisão:	-		
Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeitos da Falha	Causa da Falha	Avaliação do Risco				
						Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	Ação Preventiva Recomendada
DVR	Identificar a Intrusão da Linha	7208huhi-k2	Má conexão de cabos	Não permite a transmissão de dados	Conexão dos cabos	5	10	7	350	Fazer dupla Verificação das conexões dos cabos na instalação
					Problema no cabeamento	2	10	7	140	Substituir o Cabeamento
CAMERA	Visualizar a Linha Traçada	Intelbras 1120 HD	Não há conexão com o DVR	Não permite a visualização da linha traçada	Má conexão dos cabos	5	4	7	140	Fazer dupla Verificação das conexões dos cabos na instalação
					Câmera queimada	1	10	3	30	Substituir a Câmera
ARDUINO	Fazer a cronometragem	Arduino Uno	Não executa a contagem do tempo	Impossibilita a Cronometragem	Problemas de conexão de cabos	1	10	7	70	Verificar a Conexão dos Cabos
				Impossibilita o Compartilhamento dos dados	Problemas de programação	2	10	8	160	Verificar a Programação da Microcontroladora ou fazer a Substituição do Componente
COMPUTADOR	Compartilhar os Dados com o Público	Plataforma Online	Não há Compartilhamento dos Dados	Não Permite a Visualização dos Resultados para o Público	Problemas na Programação	1	5	3	15	Conferir a conexão com Internet
				Não Realiza o Envio dos Dados para o Computador	Problemas na Programação	1	10	3	30	Verificar a Programação do Site

Através da interpretação e considerando a aplicação da ferramenta FMEA no desenvolvimento do projeto, pode ser calculado o RPN (Número de Prioridade de Risco), sendo este o resultado usado para determinar a prioridade das ações de prevenção de falhas.

$$RPN = O * S * D$$

Dada a fórmula para o cálculo de RPN, basta multiplicar os valores de: Ocorrência (O), severidade (S) e detecção (D). O produto desta multiplicação determina Numero de Prioridade de Risco.

De acordo com os resultados calculados de RPN, podem ser listados como maior prioridade os tópicos que impedem o funcionamento do sistema, os quais estão ligados a má conexão de cabos, danos no cabeamento e falhas de programação. Estes tópicos foram os que obtiveram maior valor de RPN, apesar de serem tópicos de fácil solução do problema, suas severidades são muito altas bem como um valor mediano de detecção, de forma que o sistema fique sem funcionamento.

Tópicos como os que se referem a compartilhamento dos resultados resultaram em um menor valor de RPN, por possuírem menor nível de severidade, fácil resolução do problema e baixo risco de ocorrência.

5 CONCLUSÃO

Ao realizar o estudo para um posterior desenvolvimento do projeto apresentado, teve-se como objetivo desenvolver um protótipo de cronômetro eletrônico, capaz de fazer a medição do tempo gasto na trajetória percorrida na volta de um carro, organizá-los em tabelas de colocações com tempos, em ordem crescente e compartilhá-las em uma plataforma online para o público.

No desenvolvimento do protótipo apresentaram-se dificuldades para encontrar materiais e informações referentes ao assunto, pelo fato do projeto ser um produto pioneiro no ramo de cronometragem eletrônica para aplicação em ambiente *off-road*. No que concerne à questão custo-benefício vale acrescentar que no desenvolvimento do protótipo teve-se um custo maior que o planejado, porém, justificado por apresentar uma melhor qualidade do equipamento utilizado, provendo resultados medidos com exatidão.

O trabalho realizado não alcançou todos os objetivos esperados, por motivos de atrasos para a obtenção de alguns componentes necessários, os quais não são de fácil acesso no comércio local, impossibilitando os testes após a construção do protótipo.

A elaboração deste trabalho possibilitou desenvolver uma visão multidisciplinar para solução de problemas, sendo possível utilizar dispositivos de diferentes aplicações e fazer com que estes gerem resultados possivelmente superiores aos dispositivos de uso comum.

Futuramente será construído o protótipo definitivo para realização dos testes em pistas durante corridas, possibilitando uma confirmação do funcionamento do sistema, tendo como parâmetro de comparação outros cronômetros usados na atualidade neste módulo de competição (corridas automotivas).

Ao longo deste estudo para realização do projeto foram aplicados na prática diversos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Projeto de Produto, Gerência da Produção, Informática, Sistemas de Medição e Gerência da Produção. Visto que o presente trabalho se baseou no desenvolvimento de um produto pioneiro no ramo de cronometragem eletrônica, que passará por processo de patenteação e após testes práticos em pista, caso comprovada sua eficiência, será comercializado, para que possa ser usado não somente em eventos regionais, mas também, nas etapas de campeonatos brasileiros de corridas de circuito.

Na perspectiva de futuros trabalhos na área, sugere-se a implementação de melhorias no compartilhamento dos resultados, passando os mesmos de um site para uma plataforma via App para sistemas operacionais Android e IOS, de maneira que venha a tornar o processo de compartilhamento dos dados mais simples e intuitivo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P; THOMAZINI, D. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 8. ed.: Saraiva.
- ALVES, W. **Linguagem e Lógica de Programação**. 1ª ed. São Paulo. Érica. 2014.
- CASTRO, D. **Usando o Sistema Operacional**. 1. Ed. Clube dos Autores.
- FILHO, P. P. R. **Microcontroladores PIC - Linguagem C utilizando CCS para leigos**. Ceará. IFCE. 2014.
- JERÓNIMO, L. **Automação e Comando**. 1. ed. 2009.
- TAURION, C. **Software Embarcado**. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport Livros e Multimídia Ltda, 2005.
- OLIVEIRA, André S. de, ANDRADE, Fernando S. de. **Sistemas Embarcados: Hardware e Firmware na Prática**. 2ª ed. São Paulo. Érica. 2010. 6ª tiragem. 2016.
- TITTEL, E; NOBLE, J. **HTML, XHTML e CSS Para Leigos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Starlin Alta Editora, 2014.
- MELO, A; SILVA, F;. **Princípios de Linguagens de Programação**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2014.
- NETO, A. SILVA, D. **Os Sete elementos essenciais da gestão**. Editora Blucher, 2020.
- Pequena História das Invenções**. São Paulo. Abril S.A. Cultural e Industrial, 1976.
- RODRIGUES, M. “**FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos**”. Disponível em <<http://www.daelt.ct.utfpr.edu.br/professores/marcelor/Cap.fmea.pdf>>. Acessado em: 04 de outubro de 2020.
- TOLEDO. J. C.; AMARAL, D. C. **FMEA – Análise do Tipo e Efeito de Falha**. GEPEQ. DEP UFSCar;
- Especificações Arduino UNO. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>> . Acessado em 08 de setembro de 2020.
- Especificações DVR 7208huhi-k2. Disponível em: <<https://emporiodaseguranca.com.br/loja/product/dvr-ds-7208huhi-k2/>>. Acessado em 02 de outubro de 2020.
- Como Fazer FMEA: 7 Etapas fundamentais para reduzir falhas. Disponível em

<<https://caetreinamentos.com.br/blog/carreira/como-fazer-fmea/>>. Acessado em 27 de outubro de 2020.

APÊNDICE A – Modelamento dos Componentes em SolidWorks

