



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ANDERSON LEITE

**COMUNICAÇÃO DE DADOS SOBRE ALIMENTAÇÃO VOLTADO A SISTEMAS
DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO:
ESTUDO PARA AUMENTO DA TAXA DE TRANSMISSÃO DE DADOS**

Palhoça

2023

ANDERSON LEITE

**COMUNICAÇÃO DE DADOS SOBRE ALIMENTAÇÃO VOLTADO A SISTEMAS
DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO:
ESTUDO PARA AUMENTO DA TAXA DE TRANSMISSÃO DE DADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Elétrica da
Universidade do Sul de Santa Catarina como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Prof. Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro, Ma. Eng.

Palhoça

2023

ANDERSON LEITE

**COMUNICAÇÃO DE DADOS SOBRE ALIMENTAÇÃO VOLTADO A SISTEMAS
DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO:
ESTUDO PARA AUMENTO DA TAXA DE TRANSMISSÃO DE DADOS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 21 de junho de 2023.

Professora e Orientadora Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro, Ma. Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Professor Convidado Bruno William Wisintainer, Me. Engenharia Elétrica.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Ismael Zermiani, Eng. Eletricista Pós-Graduado em Eng. de Segurança no Trabalho.
Intelbras S/A.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão a minha esposa Jeneffer Schafer Fraron, por me apoiar incondicionalmente nesta jornada, e me presentear com a mais cativante e emocionante parte da minha vida, minha filha Lívia Leite, uma fonte constante de inspiração e motivação, além da enorme “surpresa programada” que surgiu agora na reta final desta jornada, um novo ser que está se formando para fazer companhia a sua já amada irmã...

Enfim, suas presenças em minha vida tornam tudo ainda mais especial e significativo, e são as luzes que me guiam neste caminho.

Agradeço a empresa Intelbras, por fornecer um ambiente de grande incentivo ao desenvolvimento pessoal e profissional, por vezes, fornecendo liberdade irrestrita para afloração da própria criatividade, o que só tem a fazer bem para a empresa em si, e ainda mais para seus colaboradores que se sentem motivados a resolver as situações e desafios do dia a dia.

Por fim, agradeço a minha orientadora Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro, que aceitou este desafio, proporcionando o incentivo e orientação necessários para que este trabalho tenha transcorrido da melhor forma possível, muito obrigado!

“Se enxerguei mais longe, foi porque me apoiei sobre os ombros de gigantes” (ISAAC NEWTON, 1643-1727).

RESUMO

A preocupação com a segurança a vida e ao patrimônio, está cada vez mais latente no cotidiano moderno em que vivemos, e um ramo essencial deste tema é a prevenção e detecção de incêndios, que atualmente conta com a ajuda de dispositivos eletrônicos para seu funcionamento preciso e confiável, contudo, busca-se sempre a evolução e melhoria destes sistemas. Portanto, este trabalho apresenta um estudo dos sistemas de alarme de incêndio quanto aos seus principais componentes, tais como detectores, acionadores manuais, sirenes, painéis de controle e dispositivos de comunicação e seus métodos de aplicação, bem como as normas e legislações vigentes que regem o uso destes sistemas em diferentes tipos de edificações. Em seguida, foi realizado um estudo sobre as tecnologias de transmissão de dados mais utilizadas em sistemas de alarme de incêndio com fio, bem como as limitações que podem afetar a velocidade de transmissão de dados. Com base nestas informações, uma proposta de melhoria na taxa de transmissão de dados de um sistema pré-existente foi efetuada e implementada na prática, visando reduzir o tempo de resposta do sistema em caso de incêndio e aumentar sua segurança.

Palavras-chave: Sistema de Alarme de Incêndio. Segurança Contra Fogo. Prevenção e Detecção de Incêndios. Transmissão de Dados. Tempo de Resposta.

ABSTRACT

The concern for safety of life and property is increasingly evident in the modern daily life we live in, and an essential branch of this theme is the prevention and detection of fires, which currently relies on electronic devices for precise and reliable operation, however, the goal, is always to improve and evolve these systems. Therefore, this work presents a study of fire alarm systems regarding their main components, such as detectors, manual call points, sirens, control panels and communication devices, and their methods of application, as well as the current regulations that govern the use of these systems in different types of buildings. Next, a study was conducted on the most commonly used data transmission technologies in wired fire alarm systems, as well as the limitations that can affect the speed of data transmission. Based on this information, a proposal for improving the data transmission rate of an existing system was made and implemented in practice, aiming to reduce the system's response time in case of fire and increase its safety.

Keywords: Fire Alarm System. Fire Safety. Fire Prevention and Detection. Data Transmission. Response Time.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Primeiro sistema elétrico de alarme de incêndio.....	16
Figura 2 – Detector de incêndio	22
Figura 3 – Evolução dos estágios do fogo.....	23
Figura 4 – Cadeia de eventos para uma evacuação.	24
Figura 5 - Detalhe Sensor e Ventilador	25
Figura 6 - Tubulação e Furos de Aspiração.....	26
Figura 7 - Sensor de Pressão.....	27
Figura 8 - Topologia Básica do Sistema Pontual	28
Figura 9 - Sistema Convencional.....	29
Figura 10 - Diagrama Elétrico	30
Figura 11 - Curva de Corrente.....	31
Figura 12 - Sistema Endereçável	32
Figura 13 - Rompimento em Classe A	33
Figura 14 - Curto-circuito em Classe A	34
Figura 15 – Curto-circuito em Classe B	35
Figura 16 - Detector de Fumaça Óptico	36
Figura 17 - Labirinto	36
Figura 18 - Reflexão luz IR	37
Figura 19 - Detector de Fumaça Iônico	37
Figura 20 - Detector Iônico	38
Figura 21 - Detector de Fumaça Linear.....	38
Figura 22 - Detecção da Fumaça	39
Figura 23 - Detector de temperatura.....	40
Figura 24 - Acionador Manual	41
Figura 25 - Sinalizador Áudio Visual.....	42
Figura 26 - Módulo de Interface.....	42
Figura 27 - Isolador de Laço	43
Figura 28- Organização esquemática dos elementos de linha.	45
Figura 29- Cabo de Incêndio	48
Figura 30- Construção do Cabo de Incêndio.	48
Figura 31 - Central de Alarme de Incêndio CIE.....	50
Figura 32 - Interface	51

Figura 33 – Placa Fonte	52
Figura 34 – Placa <i>Display</i>	53
Figura 35 – Placa Laço	54
Figura 36 - Sinal de modulação adquirido.....	55
Figura 37 - Sinal de modulação decifrado.....	56
Figura 38 – <i>Setup</i> para aquisição do sinal de Corrente	56
Figura 39 - Sinal de Corrente dos dispositivos.....	57
Figura 40 – <i>Setup</i> do conversor serial	58
Figura 41 - Informações para depuração apresentando todos os valores	59
Figura 42 - Informações para depuração resumidas.....	59
Figura 43 – Bits de confirmação de Pré-Alarme e Alarme	60
Figura 44 – Laço de cabos de incêndio de grande comprimento (1500 metros).....	62
Figura 45 - Leitura comprometida.....	63
Figura 46 – Resistor de Final de Linha	63
Figura 47 - Microcontrolador da placa de laço.....	64
Figura 48 - Ferramenta de depuração	65
Figura 49 - Visão geral da <i>IDE CodeWarrior</i>	66
Figura 50 - Portas de entrada e saída.....	67
Figura 51 - ADC.....	67
Figura 52 – Comparação dos esquemas de temporização atual e reduzido.....	70
Figura 53 – Controle do tempo Alto, em 4 ms	70
Figura 54 – Controle do tempo baixo, em 12 ms	70
Figura 55 – Gravação do micro controlador.....	71
Figura 56 – <i>LED</i> indicador de sucesso e erro da ferramenta de gravação e <i>debug</i>	72
Figura 57 – Circuito atual de modulação.....	73
Figura 58 – Simulação de 1 km de Cabo de Incêndio (<i>LTspice</i>).....	74
Figura 59 – Tensão na fonte V1 (verde) vs. Tensão na “ponta” do cabo C1 (azul).....	75
Figura 60 – Circulação de Corrente entre Cabo e Dispositivo	76
Figura 61 – Alteração de <i>Hardware</i>	77
Figura 62 – Transistor TIP 122 utilizado no circuito	78
Figura 63 – TIP 122 circuito equivalente	78
Figura 64 – Circuito Completo.....	79
Figura 65 – Circuito protótipo montado	79
Figura 66 – Circuito instalado	80

Figura 67 – Conexão do sinal de controle (cabo azul) a uma porta do microcontrolador.....	80
Figura 68 – Cenário de testes	81
Figura 69 – Taxa anterior	82
Figura 70 – Taxa alterada	83
Figura 71 – Resposta fora de quadro	84
Figura 72 – Repostas Normais, Taxa 62,5 Hz, dispositivo 2 presente	85
Figura 73 – Dispositivo 2 Presente, taxa normal 62,5 Hz em detalhe.....	86
Figura 74 – Erro, dispositivos indevidos na taxa alterada 83,33 Hz	86
Figura 75 – Aquisições analógicas no quadro de resposta	87
Figura 76 – Tratamento das aquisições analógicas	88
Figura 77 – Ajuste no estado .Normal.....	88
Figura 78 – Resultado do ajuste no estado .Normal	89
Figura 79 – Ajuste no estado .Fim.....	89
Figura 80 – Resultado após ajuste no estado .Fim	90
Figura 81 – Comparação dos estados, antes e depois das alterações	90
Figura 82 – Teste de Alarme com Fumaça.....	91
Figura 83 – Dispositivo em alarme	92
Figura 84 – Sinal de Pré-Alarme	92
Figura 85 – Sinal de Pré-Alarme e Alarme	93
Figura 86 – Sinal Alarme no osciloscópio	93
Figura 87 – Alarme na tela da central	94
Figura 88 – Alarme no cenário de testes	94
Figura 89 – Conexão do cabeamento do painel de testes	95
Figura 90 – Painel de testes com 250 dispositivos	96
Figura 91 – Resultado do teste no Painel de 250 dispositivos.....	96
Figura 92 – Dispositivos ausentes	97
Figura 93 – Efeito capacitivo mínimo	98
Figura 94 – Efeito capacitivo mínimo em detalhe.....	99
Figura 95 – Efeito capacitivo com 1500 metros de cabo	99
Figura 96 – Efeito capacitivo com 1500 metros de cabo em detalhe	100
Figura 97 – Ativação do circuito de descarga	100
Figura 98 – Resultado da ativação do circuito de descarga.....	101

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempo Total para Atendimento de Alarme	61
Gráfico 2 – Resultado teórico das temporizações	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução dos estágios do fogo por temperatura.....	23
Tabela 2 - Tabela de conversão dBm e dBW para Watt e mW	47
Tabela 3 – Características Técnicas do Cabo de Incêndio	49
Tabela 4 – Tempos totais para atendimento de alarme, pior condição.....	61
Tabela 5 – Explicação dos dispositivos ausentes	97
Tabela 6 – Comparativos dos resultados desejados e obtidos	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Norma Brasileira

SDAI - Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio

RFL – Resistor de Final de Linha

LED - *Light Emitting Diode*

IR – *Infrared*

Am – Amerício

NTC - *Negative Temperature Coefficient*

RF – Radiofrequência

USB - *Universal Serial Bus*

USART - *Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*

bps - *Bits por segundo*

RAM - *Random Access Memory*

ADC – *Analog to Digital Converter*

IDE - *Integrated Development Environment*

IO - *Input/Output port*

hFE - ganho estático de corrente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	18
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo Geral	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	20
1.4 DELIMITAÇÕES	20
1.5 METODOLOGIA	20
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1 O SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO	22
2.2 DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS DE SDAI	24
2.3 TIPIFICAÇÃO DOS SISTEMAS ELETRÔNICOS DE SDAI.....	25
2.3.1 Sistemas de detecção de fumaça por aspiração	25
2.3.2 Sistemas de detecção de temperatura por tubulação pressurizada.....	26
2.3.3 Sistemas de Detecção Pontual	27
2.3.3.1 Tipificação dos SDAIs Pontuais.....	28
2.3.3.2 Sistemas de detecção convencional.....	29
2.3.3.2.1 <i>Funcionamento</i>	29
2.3.3.3 Sistemas de detecção endereçável	32
2.3.3.3.1 <i>Operação em Laço Classe A</i>	32
2.3.3.3.2 <i>Operação em Laço Classe B</i>	34
2.4 DISPOSITIVOS DE DETECÇÃO DE FUMAÇA.....	35
2.4.1 Detector de Fumaça Óptico	36
2.4.2 Detector de Fumaça Iônico.....	37
2.4.3 Detector de Fumaça Linear	38
2.5 DISPOSITIVOS DE DETECÇÃO DE TEMPERATURA	39
2.5.1 Detector de Temperatura fixa.....	40
2.5.2 Detector de Temperatura Termovelocimétrico	40
2.6 DISPOSITIVOS DE ACIONAMENTO MANUAL	41
2.7 DISPOSITIVOS DE AVISO AUDIOVISUAL	42
2.8 MÓDULOS DE INTERFACE COM OUTROS SISTEMAS	42

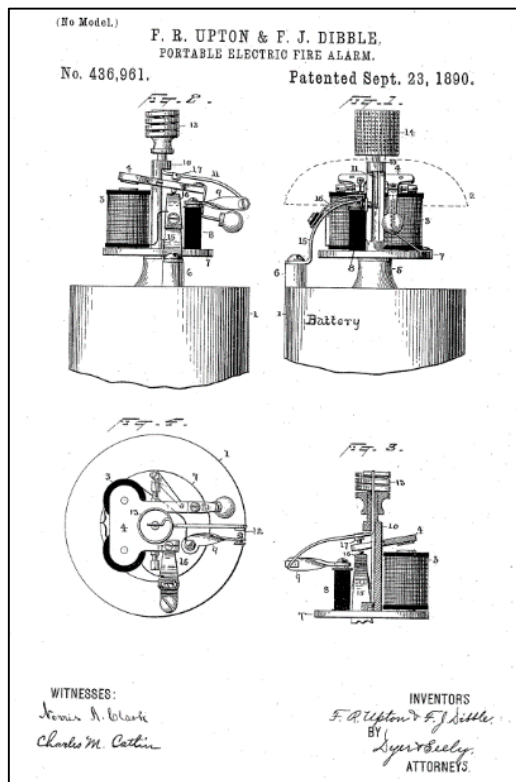
2.9	DISPOSITIVOS ISOLADORES DE CURTO-CIRCUITO.....	43
2.10	MEIOS FISICOS DE TRANSMISSÃO.....	44
2.10.1	Linhas de Transmissão	44
2.10.2	Transmissão de Potência e Atenuação na linha.....	46
2.11	O CABO PAR TRANÇADO BLINDADO PARA ALARME DE INCÊNDIO	48
3	DESENVOLVIMENTO.....	50
3.1	TOPOLOGIA CONSTRUTIVA DA CENTRAL DE ALARME UTILIZADA	50
3.1.1	Gabinete	51
3.1.2	Placa fonte.....	52
3.1.3	Placa <i>Display</i>	53
3.1.4	Placa <i>Laço</i>	54
3.2	LEVANTAMENTO DO PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO	55
3.3	PROBLEMA A SER SOLUCIONADO.....	57
3.4	COMPORTAMENTO DO SINAL DE COMUNICAÇÃO SOBRE O PAR DE FIOS ALIMENTADO	62
3.5	MODIFICAÇÃO DE <i>SOFTWARE</i> PARA AUMENTO DA TAXA DE COMUNICAÇÃO.....	64
3.5.1	O Microcontrolador Utilizado.....	64
3.5.2	Linguagem e ambiente de programação	65
3.5.3	<i>Software</i> Atual.....	66
3.5.3.1	Portas de entrada e saída.....	66
3.5.3.2	Periférico conversor analógico digital, ou <i>ADCs</i>	67
3.5.4	<i>Software</i> Modificado para aumento da Taxa de Comunicação.....	68
3.6	MODIFICAÇÃO DE <i>HARDWARE</i> PARA AUMENTO DA TAXA DE COMUNICAÇÃO.....	72
3.6.1	<i>Hardware</i> Atual.....	72
3.6.2	<i>Hardware</i> Modificado.....	74
4	RESULTADOS OBTIDOS.....	81
4.1	VELOCIDADE DE COMUNICAÇÃO ALCANÇADA NA PRÁTICA APÓS ALTERAÇÃO DO <i>FIRMWARE</i>	82
4.2	PROBLEMA ENCONTRADO APÓS ALTERAÇÃO DA VELOCIDADE DE COMUNICAÇÃO.....	83
4.3	SOLUÇÃO DO PROBLEMA ENCONTRADO APÓS ALTERAÇÃO DA VELOCIDADE DE COMUNICAÇÃO	87

4.4	TESTES DE ALARME	91
4.5	TESTES DE FUNCIONAMENTO COM CAPACIDADE MÁXIMA	95
4.6	COMPORTAMENTO FÍSICO DO SINAL APÓS MODIFICAÇÃO DE <i>HARDWARE</i> 98	
4.7	RESULTADOS PROJETADOS EM COMPARAÇÃO COM OS OBTIDOS.....	102
5	CONCLUSÃO.....	103
	REFERÊNCIAS	105

1 INTRODUÇÃO

A descoberta do fogo trouxe inúmeros benefícios para a humanidade, mas também trouxe consigo o risco de incêndios acidentais, que podem causar danos materiais e até mesmo perdas de vidas. Com o passar do tempo, a humanidade desenvolveu diversas técnicas e equipamentos para prevenir e combater incêndios, porém foi somente no final do século XIX, no ano de 1890, que Francis Robbins Upton e Fernando J. Dibble, inventores americanos, desenvolveram o primeiro sistema elétrico de alarme de incêndio, conforme a Figura 1 – Primeiro sistema elétrico de alarme de incêndio, patenteado sobre o número 436,961 do escritório de patentes dos Estados Unidos, sobre o nome de “*PORTABLE ELECTRIC FIRE ALARM*”. O sistema era simples, composto por um interruptor de calor e um sinal sonoro, mas foi um marco na história da proteção contra incêndios, pois foi um dos primeiros a usar eletricidade para detectar e alertar sobre um incêndio. Desde então, a tecnologia de sistemas de alarme de incêndio evoluiu rapidamente, e hoje existem sistemas altamente sofisticados e automatizados que podem detectar incêndios em estágios iniciais e alertar os ocupantes de um edifício ou local com grande precisão e eficácia.

Figura 1 – Primeiro sistema elétrico de alarme de incêndio



Fonte: Google Patents, US436961A, 2023, domínio público.

Tratando-se do uso da eletricidade, segundo João J. O. Pires (2006) “As telecomunicações são uma ciência exata cujo desenvolvimento dependeu fortemente das descobertas científicas e dos avanços na matemática que tiveram lugar na Europa durante o século XIX” destacando-se o desenvolvimento do eletromagnetismo que possibilitou a criação do primeiro sistema de telecomunicação conhecido como telégrafo, dando início, segundo Keiser (2014) “A era das comunicações elétricas” em 1837.

A partir deste primeiro sistema que operava utilizando cabos elétricos, com o avanço do estudo do eletromagnetismo, novas formas de transmitir e receber informações surgiram, destacando-se como, segundo João J. O. Pires (2006) “outro marco importante na história das telecomunicações” as demonstrações de Marconi em 1894 da telegrafia sem fios utilizando ondas de rádio.

Percebe-se que existe mais de uma forma para realizar a transmissão de informações, caracterizando que, segundo Paul H. Young (2005) “A comunicação eletrônica envolve o estudo de como a informação é transferida de um local a outros por canais eletrônicos”, sendo que estes canais ou meios de transmissão podem ser, por exemplo, meios guiados como cabos e fibras ópticas ou meios não guiados como um enlace de rádio.

A tecnologia das comunicações continuou evoluindo, estando presente em diversos equipamentos que são utilizados em nosso dia a dia, de forma direta, como computadores e celulares e também em aplicações que por muitas vezes passam despercebidas pelo público em geral, como é o caso da aplicação em sistemas de detecção e alarme de incêndio, utilizada em diversas edificações, sendo que conforme citado em ABNT NBR 17240:2010, “A tecnologia dos sistemas de detecção e alarme de incêndio é uma das que mais têm evoluído dentro da área de segurança contra incêndios, devido à sua grande importância na proteção da vida humana e diminuição de perdas materiais”.

Estes sistemas de detecção e alarme de incêndio, utilizam-se de comunicações eletroeletrônicas para interligar os diversos dispositivos sensores a uma central onde a informação é concentrada e processada, e com base nestas informações possibilitar o aviso de um sinistro como um incêndio eminente, levando-se em conta, conforme citado em ABNT NBR 17240:2010, que “O projeto de sistemas de detecção e alarme de incêndio deve conter todos os elementos necessários ao seu completo funcionamento, de forma a garantir a detecção de um princípio de incêndio, no menor tempo possível.”, ou seja, o correto funcionamento, a confiabilidade e a velocidade de tráfego da informação, devem ser garantidas, sendo ainda especificada na ABNT NBR ISO 7240-2:2021 que uma eventual comunicação de evento de

alarme, deve ser transmitido, processado e entregue ao usuário em até 10 segundos do início da sua ocorrência.

Além disso, o custo de implantação e manutenção destes sistemas é segundo ONO, ROSÁRIA (2005), introduzido ao custo inicial da edificação e também ao longo de sua vida útil, sendo que grande parte deste custo é relativo ao cabeamento utilizado para comunicação dos dispositivos, que devem possuir classificações especiais, como blindagem eletromagnética (NBR 17240:2010-6.6.11a).

Diante destas características, este trabalho propõe-se a estudar os sistemas de alarme de incêndio mais encontrados em mercado, descrever e implementar técnicas de modulação, aquisição e condicionamento de sinais sobre vias de alimentação de baixa tensão, com intuito de propor o aumento da velocidade de transmissão de dados de um sistema comercial objeto de estudo, buscando possibilitar a instalação de mais dispositivos em uma mesma linha de transmissão de dados, respeitando os tempos exigidos em normas nacionais para o correto funcionamento do sistema.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Implementar e elucidar as técnicas de modulação e aquisição necessárias para realizar uma comunicação de dados utilizada em sistemas de alarme de incêndio sobre um único par de cabos destinados a alimentação do dispositivo receptor/transmissor e sua transmissão de dados, de modo que a alimentação e a comunicação compartilhem o mesmo meio físico, levando em conta os critérios de confiabilidade e hostilidade apresentadas pelo meio, como ruídos e perturbações eletromagnéticas, com isto permitindo um aumento da taxa de transmissão de dados e compartilhamento do meio físico de transmissão com mais dispositivos em simultâneo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os sistemas de detecção e alarme de incêndio tem por finalidade básica, processar a informação gerada por algum evento de sinistro de incêndio e proporcionar que esta informação seja transmitida de maneira rápida e confiável aos aviadores sonoros e visuais do sistema.

Contudo, a instalação de uma ampla rede de detecção, demanda a utilização de uma grande quantidade de cabeamento gerando um elevado custo de implantação, envolvendo mão

de obra especializada e material, mesmo que na maioria do tempo toda essa infraestrutura não seja utilizada.

Tendo em vista atender a este tipo de cenário, onde a confiabilidade, a disponibilidade e custo estão em foco, justifica-se o estudo e implementação de métodos de comunicação envolvendo modulação dos sinais de alarme sobre a linha de alimentação dos dispositivos, buscando aumentar a taxa de transmissão de dados, permitindo o compartilhamento do meio de transmissão por mais dispositivos, de forma propiciar economia na instalação deste tipo de equipamento.

Também, levando em conta de que não é de uso comum esta aplicação e não são encontrados com facilidade circuitos integrados ou soluções técnicas prontas, bem como literatura vasta sobre o assunto, espera-se pesquisar, desenvolver e elucidar as técnicas necessárias para a implementação deste tipo de modulação e transmissão, pois quando pesquisar-se por técnicas de modulação e aquisição de sinais, tende-se a encontrar diversas abordagens implementado técnicas de alta velocidade, voltados a transmissão de uma grande quantidade de informação, por vezes não tendo como limitação inicial o baixo custo de implementação.

1.3 OBJETIVOS

Definem-se através do tema proposto, os seguintes objetivos:

1.3.1 Objetivo Geral

Propor melhorias e implementá-las em um circuito eletrônico utilizado em sistemas de alarme de incêndio para modulação e recepção de sinais de comunicação que trafeguem sobre a alimentação, ou seja, utilizando-se apenas dois fios entre o dispositivo emissor e o receptor de modo que a alimentação e a comunicação compartilhem o mesmo meio físico, propondo um aumento da taxa de transmissão de dados sobre este meio físico e protocolo de comunicação que consiga atender a demanda de tráfego de dados de um sistema de alarme de incêndio, levando em conta o fator custo para a implementação do transmissor e receptor, bem como os custos envolvidos na instalação do meio de transmissão.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Pesquisar sobre os diversos tipos de sistemas de incêndio disponíveis em mercado;
- b) Pesquisar sobre as técnicas existentes para comunicação a dois fios;
- c) Pesquisar o comportamento da modulação do sinal de comunicação sobre o par de fios de alimentação, de modo a caracterizar os limites viáveis para aumento da taxa de comunicação;
- d) Aumentar a taxa de comunicação de dados e um sistema de alarme de incêndio existente, melhorando o circuito eletrônico transmissor e receptor da central de alarme de incêndio, bem como seu *software* de controle, de modo a propiciar o aumento da velocidade dos sinais de alarme.

1.4 DELIMITAÇÕES

Este trabalho pretende limitar-se às tratativas de estudo e implementação relativos à modulação, codificação de linha e amostragem de sinais de baixa frequência, utilizados em comunicação de baixa velocidade, onde os efeitos de transmissão e propagação fiquem fora do campo de linhas de transmissão e micro-ondas.

1.5 METODOLOGIA

A metodologia explorada neste trabalho é a de pesquisa aplicada e qualitativa, tendo em vista que após as elucidações sobre as técnicas já utilizadas atualmente, e após proposta sobre uma hipótese de funcionamento, o tema é posto em prática com o objetivo de gerar dados de estudo sobre os resultados alcançados.

Também ocorre o debate sobre o desempenho esperado e o que foi realmente alcançado, levando em conta as medições efetuadas sobre a implementação, pois segundo Prodanov e Freitas (2013), “Metodologia é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade”, ou seja, os resultados devem ser analisados a partir dos dados obtidos com fim de quantificar estes resultados de maneira científica.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho encontra-se dividido em 4 capítulos, sendo o capítulo 1 reservado a parte introdutória do assunto, destinado à sua breve introdução, contando com justificativa, definição do problema em pesquisa, os objetivos a este aplicado e metodologia aplicada ao escopo que se propõem.

No capítulo 2, é apresentado a fundamentação teórica sobre o assunto, onde são explanados os métodos disponíveis e aplicáveis para o tema proposto, bem como sua viabilidade de implementação, levando em conta a dificuldade técnica e econômica envolvida para sua aplicação em sistemas de alarme e detecção de incêndio.

O capítulo 3 aborda a implementação, o desenvolvimento e concepção do sistema proposto, bem como sua dificuldade e limitações, além da coleta de dados para quantificação das soluções implementadas.

Por fim, o capítulo 4, descreve os resultados obtidos, sua viabilidade de aplicação, e compara o resultado obtido com o projetado, determinando assim se a abordagem seguida foi eficaz, e quais os pontos de melhoria podem ser propostos para os desafios e limitações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os sistemas de detecção e alarme de incêndio, conforme a Figura 2 – Detector de incêndio, normalmente passam despercebidos pelo público em geral, levando-se em conta que não são produtos de consumo e desejo, mas sim equipamentos de segurança e prevenção obrigatórios, portanto, este capítulo em primeiro momento, busca elucidar e explicar os conceitos base sobre o funcionamento destes sistemas, abordando seus componentes fundamentais e seu funcionamento geral, bem como suas questões normativas relacionadas.

Por fim, é explicado o funcionamento dos circuitos de detecção utilizados nos sistemas estudados como base para as sugestões e melhorias que são efetuadas no capítulo de desenvolvimento.

Figura 2 – Detector de incêndio



Fonte: Detector de incêndio automático Bosh, Revista Shopping Center, 2023.

2.1 O SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO

O Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio, também conhecido no meio técnico pela sigla SDAI (Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio), é nome atribuído ao sistema geralmente composto por painéis controladores e indicadores que recebem dados de sensores instalados no ambiente encarregados de realizar sua monitoração e avisar com antecedência a ocorrência de um princípio de incêndio desejavelmente em sua fase inicial.

Sua presença é de suma importância para que qualquer foco de incêndio seja identificado no menor espaço de tempo possível, preservando em primeiro lugar as vidas presentes no ambiente, e também mitigando ou diminuindo os danos ao patrimônio que possam

ocorrer, neste quesito, denota-se a importância do tempo mínimo de detecção e aviso, pois quanto menor este for, maior o tempo de reação para abandono do local, averiguação e posterior combate do foco em seu estágio inicial, pois segundo A. Maurice Jones, *Fire Protection Systems* (2021), em tradução livre, “Sistemas de Alarme de Incêndio, propriamente projetados, instalados e mantidos, são um elemento-chave na proteção da segurança a vida, contrariando as forças destrutivas do fogo. Um alarme rápido e automático do sistema de alarme de incêndio, propicia um aviso de perigo de fogo, então a evacuação dos ocupantes e medidas de supressão podem ser começadas cedo”.

Também, segundo Daniel E. Della-Giustina, *Fire Safety Management Handbook*, (2014), os estágios do fogo podem ser classificados em três etapas, sendo o *Incipient Stage*, ou em tradução livre, estado inicial, onde o foco de incêndio já atingiu 1000 °F, mas a temperatura da sala ainda está perto da normal. Após este estágio, o fogo evolui para o chamado *Free-Burning Stage*, ou queima livre, onde a temperatura da sala pode atingir 2000 °F e a sobrevivência humana já é quase impossível (até mesmo para bombeiros equipados apropriadamente), seguido do *Smoldering Stage*, ou fase latente, onde o fogo já pode estar consumindo completamente o oxigênio ambiente, com temperaturas entre 1000 e 1500 °F. A Tabela 1 - Evolução dos estágios do fogo por temperatura e a Figura 3 – Evolução dos estágios do fogo demonstram esses estágios.

Tabela 1 - Evolução dos estágios do fogo por temperatura

Estágio do fogo	Temperatura	Condição ambiente	Sobrevivência Humana
Inicial	> 1000 °F	Temperatura Normal	Possível
Queima Livre	Até 2000 °F	Temperatura à 2000 °F	Quase impossível
Latente	1000 ~ 1500 °F	Sem oxigênio ambiente	Improvável

Fonte: Compreensão e elaboração do Autor, 2023.

Figura 3 – Evolução dos estágios do fogo



Fonte: *Fire Protection Systems*, A. Maurice Jones, 2021, adaptação do autor.

Sendo assim, nota-se também que o tempo de detecção inicial é crítico, pois ele compõe um dos primeiros elos da cadeia de eventos na ocorrência de um incêndio, como pode ser observado na Figura 4 – Cadeia de eventos para uma evacuação.

Figura 4 – Cadeia de eventos para uma evacuação.



Fonte: *Fire Protection Systems*, A. Maurice Jones, 2021, tradução do autor.

2.2 DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS DE SDAI

Quando fala-se de sistemas de detecção e alarme de incêndio, é comum a expectativa de que este seja um sistema encarregado de realizar a detecção e o combate dos eventos de maneira automática, porém cabe ressaltar que mesmo que intimamente ligados e por vezes trabalhando em conjunto, estes são sistemas completamente diferentes, tanto em grau de atuação, tendo escopos distintos, como em grau de funcionamento e normatização.

Os sistemas de detecção e alarme atuam no campo de prevenção e aviso utilizando técnicas de detecção de fumaça, chamas, temperatura, aviadores manuais, cabos sensores, aviadores sonoros e visuais, entre outros, enquanto os sistemas de combate têm por finalidade extinguir o eventual sinistro, um ato que ocorre após o protagonismo do primeiro sistema, utilizando métodos de inundação por gases inertes e dispersão de água, por exemplo.

Além destes sistemas comumente citados e por vezes confundidos, também fazem parte da prevenção de incêndio, as medidas passivas, como planejamento de rotas de fuga, escadas pressurizadas, sistemas hidráulicos dedicados ao combate por água manual como mangueiras e hidrantes e automáticos como *sprinklers* ou chuveiros automáticos, sistemas de iluminação de emergência, placas de sinalização de fuga, entre outros.

De maneira a separar e segmentar estes mundos, este trabalho tem como foco os sistemas SDAI de funcionamento eletroeletrônico, atuando no campo da detecção e aviso, assim regidos e descritos pelas normas brasileiras, relativas resumidamente a:

- “ABNT NBR 17240:2010 Sistemas de detecção e alarme de incêndio – Projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio – Requisitos”, sendo a norma relativa aos serviços, como definições, escopo, instalação, projeto e comissionamento e manutenção dos sistemas.
- “ABNT NBR ISSO 7240:2021 Sistemas de detecção e alarme de incêndio” e suas 28 partes, sendo a norma que define o escopo de fabricação, funcionamento e ensaio dos produtos do sistema, sendo base para o processo de certificação dos mesmos.

2.3 TIPIFICAÇÃO DOS SISTEMAS ELETRÔNICOS DE SDAI

Na área dos sistemas eletrônicos de SDAI, existem diversas soluções encontradas em campo, cada uma variando em seus aspectos de aplicação, relativos à velocidade de detecção, confiabilidade, imunidade a falhas, integração com outros sistemas entre outras características.

Os sistemas comumente encontrados, geralmente podem ser elencados e classificados, como os a seguir:

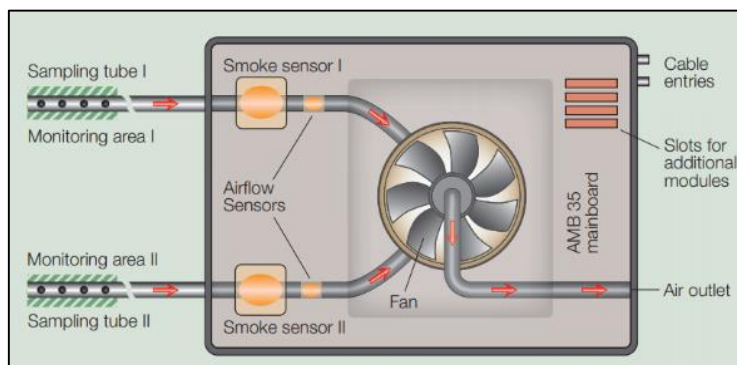
2.3.1 Sistemas de detecção de fumaça por aspiração

A detecção ocorre através da amostragem do ar realizado por um único detector presente internamente na central do sistema.

Esta central realizada a sucção do ar através de um ventilador ou bomba apropriada e força sua passagem por uma câmara de detecção óptica, conforme Figura 5.

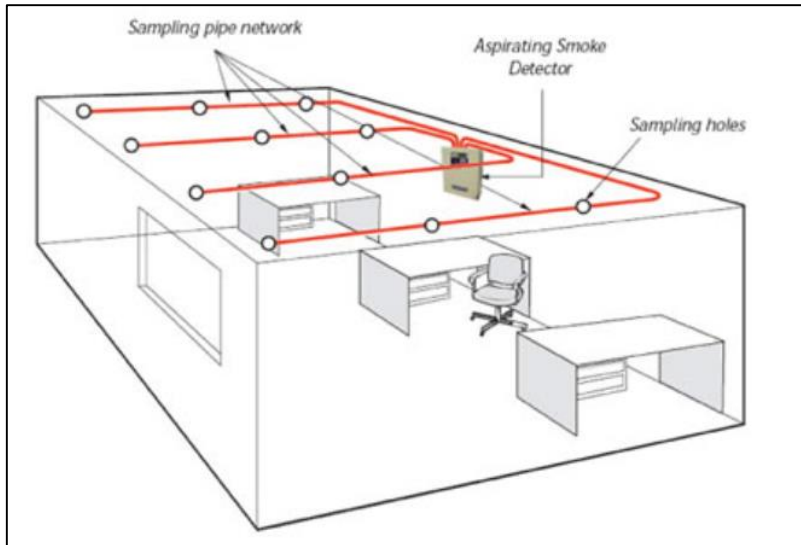
Este ar é coletado continuamente através de uma rede de canos dispersos pelo ambiente monitorado, sendo que estes possuem furos regularmente calculados e posicionados no decorrer das tubulações a fim de fornecer uma carga dinâmica e fluxo de ar constante, detalhe na Figura 6.

Figura 5 - Detalhe Sensor e Ventilador



Fonte: Securiton, 2022.

Figura 6 - Tubulação e Furos de Aspiração



Fonte: Zeta, 2022.

Como principais atributos deste sistema, destacam-se a velocidade de detecção, capaz de detectar princípios incêndio ainda em fase extremamente inicial, sendo uma das melhores soluções neste quesito, e a não necessidade de distribuição de cabeamento para instalação dos pontos de detecção, embora isto contraste com a necessidade de realizar a rede de tubulações e dimensionamento dos furos.

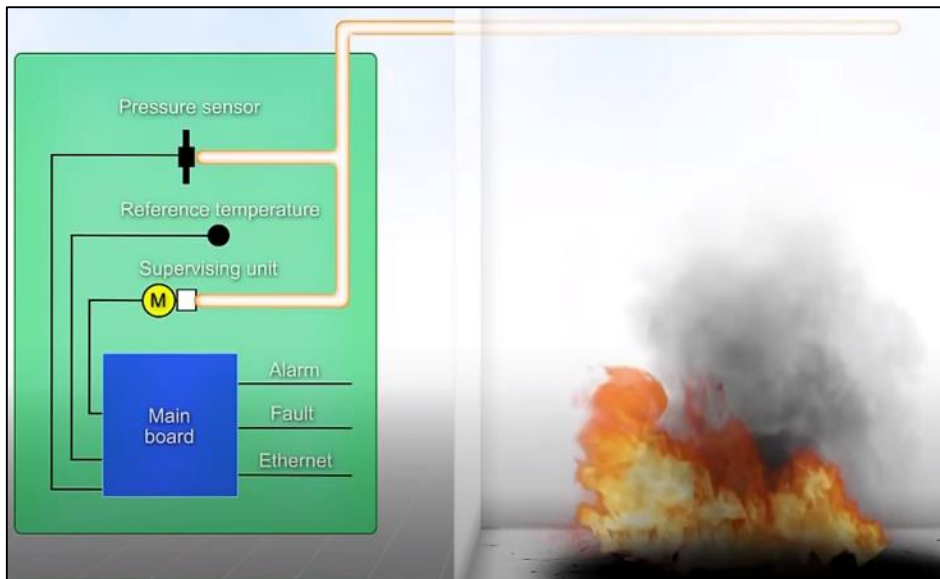
Como principais contras, está a não adaptabilidade a locais e ambientes com muitos detritos em suspensão, sendo que manutenções frequentes são exigidas nestes casos para limpeza da tubulação e troca de filtros, a falta de capacidade de localização exata do princípio de incêndio, por causa do uso conjunto de vários furos em uma única linha de detecção, bem como o custo elevado frente a outros sistemas.

2.3.2 Sistemas de detecção de temperatura por tubulação pressurizada

Neste sistema, a detecção ocorre de maneira semelhante ao sistema de aspiração, sendo que uma tubulação é disposta no ambiente a ser monitorado, porém nenhum ar é aspirado, em vez disto, esta tubulação é mantida pressurizada pela central a um valor constante.

O princípio de detecção baseia-se no fato de que se houver um princípio de incêndio, o calor produzido por este, aquecerá o ar mantido pressurizado na linha de detecção, por consequência causando um aumento da pressão instantânea lido pela central, que por sua vez após determinar se a variação corresponde as características de um incêndio, gera o evento de alarme, detalhes na Figura 7.

Figura 7 - Sensor de Pressão



Fonte: Augco, 2022.

Como principais atributos, destacam-se a elevada imunidade a contaminantes do ambiente, sendo altamente imune a detritos sólidos, como poeira, fuligem e serragem, não é afetado também por humidade, líquidos, ou gases de processos que porventura venham a ser confundidos erroneamente com fumaça gerando falsos alarmes.

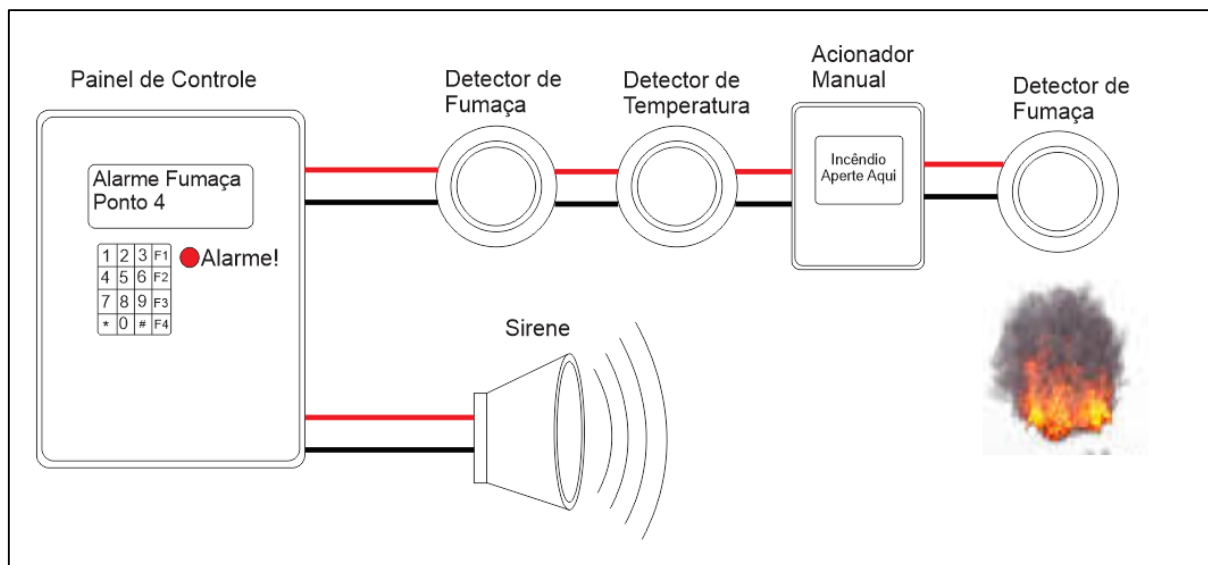
Como principal contra, pode-se citar o fato de não é capaz de detectar um foco de incêndio ainda em seu desenvolvimento inicial, pois necessita de que calor suficiente esteja sendo gerado pelo foco de sinistro, sendo sua que sua aplicação deve ser estudada de forma que a área de cobertura e rede de ação contra o sinistro, possa suportar esta característica sem que a integridade do pessoal e patrimonial do local seja afetada.

2.3.3 Sistemas de Detecção Pontual

Estes sistemas são de longe os mais comumente encontrado em aplicações prediais e industriais na área de detecção e alarme de incêndio.

Possuem diversas configurações e topologias, mas sua estrutura básica pode ser descrita como sendo um painel de operação e sinalização, chamado de central, que recebe informações de diversos dispositivos sensores instalados pelo ambiente de detecção através de cabos condutores de cobre convencionais, chamado de laço de detecção, e através destas informações, sinaliza através de sirenes e aviadores a ocorrência do evento de alarme. A topologia básica pode ser vista na Figura 8.

Figura 8 - Topologia Básica do Sistema Pontual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Como principais atributos, destacam-se o custo-benefício do sistema, pois tem um valor relativamente baixo comparado com seus concorrentes supracitados em relação as características de detecção, também possuem uma instalação simples, embora por vezes um pouco demorada, longos enlaces também são possíveis, e a manutenção do sistema pode ser feita de forma pontual. Nos sistemas endereçáveis, a localização exata do ponto de incêndio pode ser determinada.

Como principais desvantagens, destacam-se os valores altos que o projeto pode alcançar em termos de cabeamento quando o enlace torna-se grande, por vezes custando mais que os equipamentos de controle e detecção, porém, o custo-benefício ainda supera os modelos por linha de aspiração e pressurizada, e também requerem manutenção e atenção constante, devido aos equipamentos ativos estarem espalhados pelo ambiente, e sujeitos a ações ambientais como poeira e humidade e humanas como furto, vandalismo e acionamentos indevidos.

Este tipo de detecção é o objeto principal de explanação neste trabalho, sendo que suas características e detalhes são abordados a seguir.

2.3.3.1 Tipificação dos SDAIs Pontuais

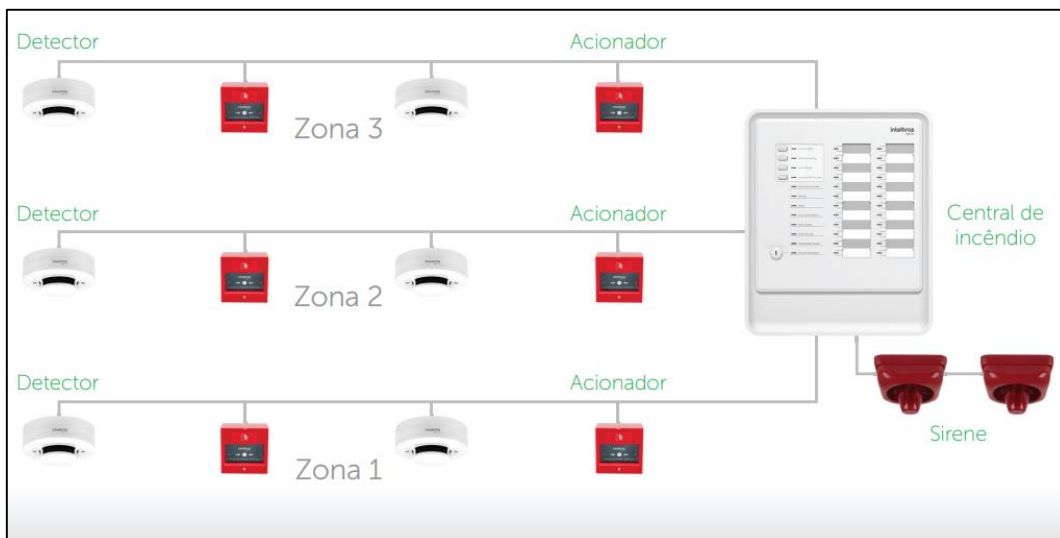
Os SDAIs pontuais possuem algumas topologias distintas, cada uma com sua devida característica operativa, em sua maioria são descritas pelas normas técnicas quanto a sua nomenclatura e definições, sendo os seguintes citados pela ABNT NBR 17240:2010:

2.3.3.2 Sistemas de detecção convencional

Este sistema é composto por um ou mais circuitos de detecção, conforme demonstrado na Figura 9 - Sistema Convencional, sendo que idealmente cada respectivo circuito deve proteger somente uma localização física do ambiente monitorado, chamada de zona.

Neste sistema, a central de controle e os dispositivos do sistema, não possuem inteligência (*hardware e/ou software*) para efetuar comunicação entre si, isto torna impossível a definição e localização do dispositivo exato que gerou um evento de alarme, bem como também não é possível efetuar o monitoramento da presença e funcionamento correto do dispositivo diretamente.

Figura 9 - Sistema Convencional



Fonte: Intelbras, 2022.

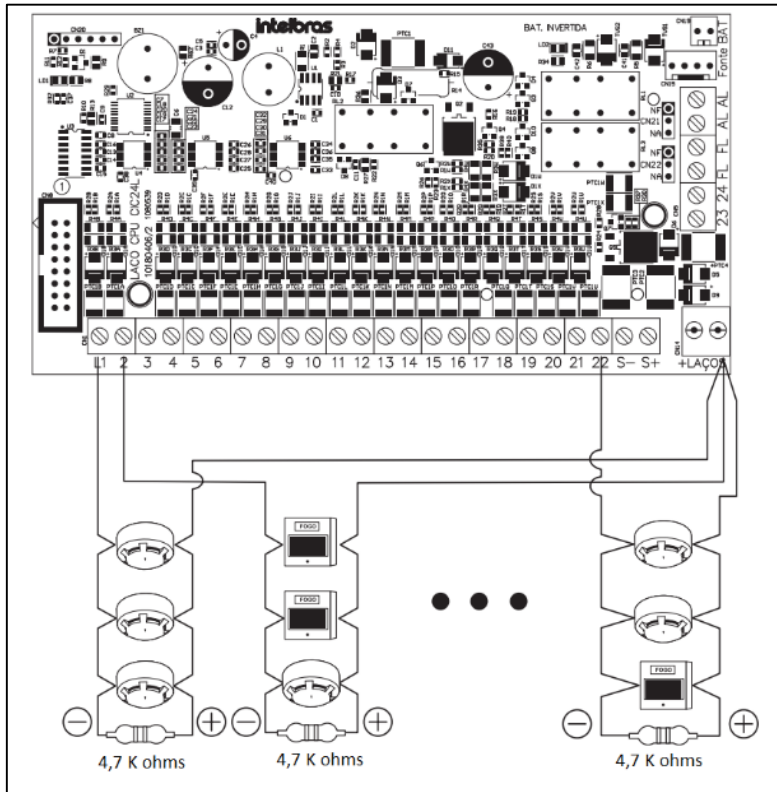
2.3.3.2.1 Funcionamento

A detecção de um evento de alarme ou falha, é implementada normalmente pelo monitoramento da corrente circulante no laço de detecção efetuado pela central de controle, que verifica esta corrente constantemente, e com base em seus valores, atribui um evento de alarme, ou falha no laço de detecção.

Um exemplo típico de topologia de laço, considerações e funcionamento da determinação de alarme, ou falha é descrito a seguir:

a) A central disponibiliza um laço de detecção, composto por 2 cabos, sendo um positivo e um negativo, conforme Figura 10 - Diagrama Elétrico, este cabo percorre o ambiente a ser monitorado.

Figura 10 - Diagrama Elétrico



Fonte: Intelbras, 2022.

b) A tensão de alimentação deste cabo é de 24 Volts, sendo utilizada pelos dispositivos conectados a ele para seu funcionamento.

c) Tendo em vista que a corrente de funcionamento dos dispositivos está na ordem dos 100 μ A, este laço de detecção é terminado por um resistor, chamado de resistor de final de linha, ou abreviadamente RFL, para que uma corrente de maior magnitude circule pelo laço.

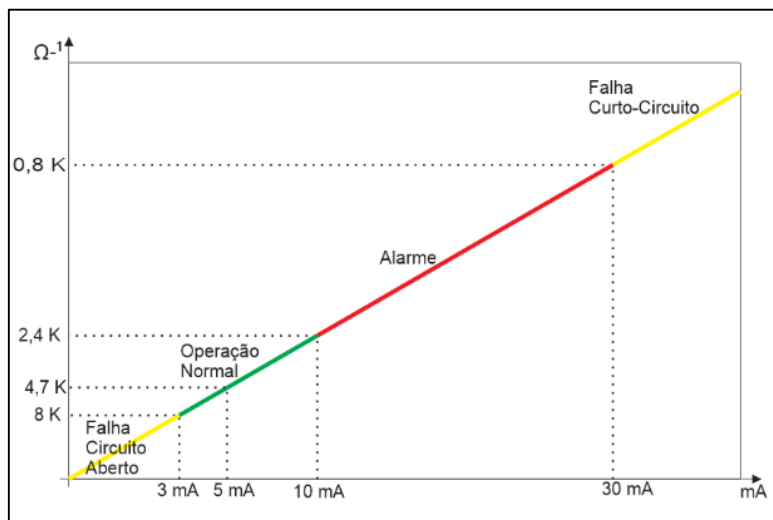
Esta corrente deve ser alta o suficiente para ser detectável de forma simples, sem exigir circuitos complexos, mas também não pode ser muito alta de forma a impactar no consumo e eficiência do sistema como um todo.

De maneira geral, em aplicações de mercado as correntes de funcionamento destes sistemas estão na casa dos 5 mA, e os resistores de final de linha utilizados em torno de 4,7 k Ω , valores verificados pela equação da lei de Ohm, considerando a tensão de alimentação de 24 volts.

A central monitora constantemente a corrente do circuito formado, e toma as seguintes decisões, baseada na corrente que está aferindo, conforme a Figura 11 - Curva de Corrente:

- Corrente do Laço menor que 3 mA: Laço de detecção em circuito aberto, falha geral.
- Corrente do Laço entre 3 mA e 10 mA: Circuito de detecção normal, não existe falha ou alarme, operação normal.
- Corrente do Laço maior que 10 mA e menor que 30 mA: Circuito de detecção em Alarme.
- Corrente do Laço maior que 30 mA: Circuito de detecção em curto, falha geral.

Figura 11 - Curva de Corrente



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O maior atributo sobre o sistema convencional, é seu custo reduzido, pois os equipamentos de controle e dispositivos são de construção reduzida, e também a simplicidade na instalação, não requerendo elevado conhecimento sobre o produto e o sistema, bastando um conhecimento básico sobre instalações elétricas para seu funcionamento.

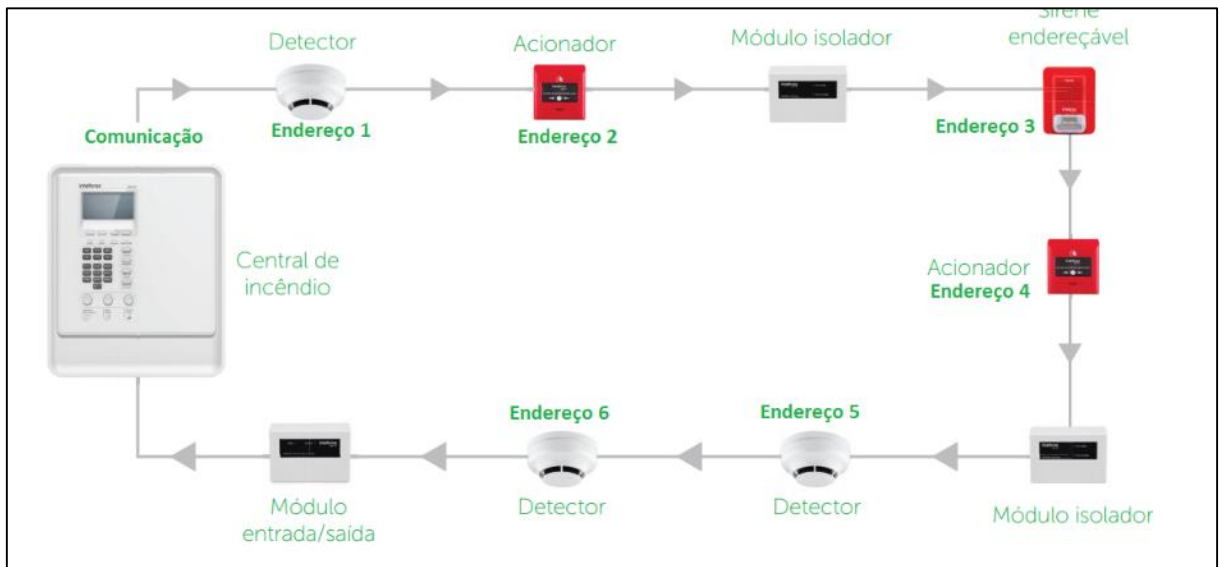
Contudo, conforme pode ser percebido na análise de seus princípios de funcionamento, este sistema não é capaz de indicar exatamente onde o evento de alarme, ou problema aconteceu, este tipo de comportamento não é desejável quando o ambiente ou cliente deseja receber mais informações sobre os eventos deste local, além disso, requer atenção constante e verificação do funcionamento dos dispositivos, pois o painel de controle somente monitora a integridade do laço de detecção, não verificando se os dispositivos estão operantes.

2.3.3.3 Sistemas de detecção endereçável

Este sistema também é composto por um ou mais circuitos de detecção, porém cada dispositivo conectado a estes possui um endereço definido, único e próprio, conforme Figura 12 - Sistema Endereçável, sendo que não necessariamente um único laço deve cobrir uma zona, mas sim, agora, um grupo de dispositivos pode ser alocado para realizar este monitoramento.

No sistema endereçável, os dispositivos do sistema possuem inteligência, contando com *hardware* e *software* que proporcionam uma forma de comunicação com o painel de controle, desta forma, os eventos de alarme ou falha podem ser definidos e encontrados com exatidão, tornando-o muito mais preciso, confiável e seguro.

Figura 12 - Sistema Endereçável



Fonte: Intelbras, 2022.

Geralmente este sistema pode operar com dois tipos de configuração de laços, operando em classe A, onde o final do cabeamento retorna para o painel de controle, ou em classe B, onde o final do cabeamento não retorna para o painel.

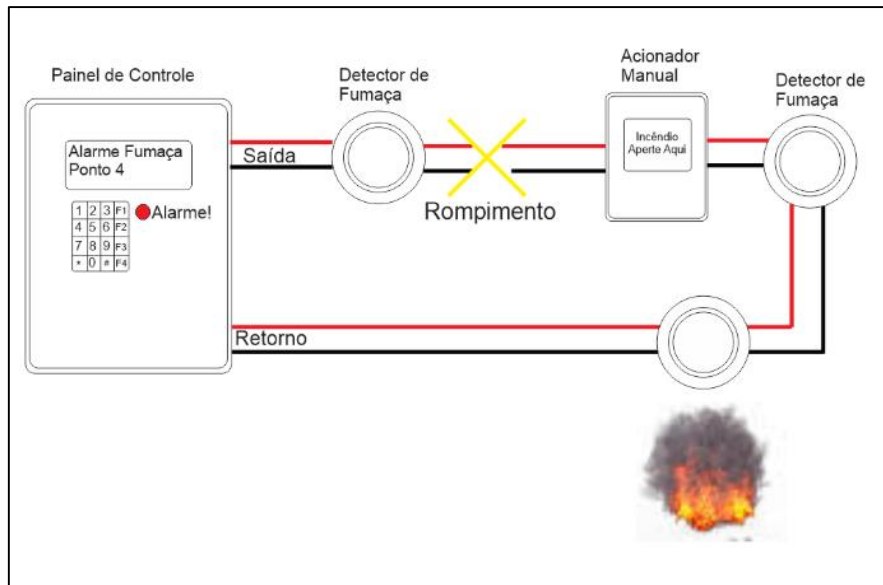
2.3.3.3.1 Operação em Laço Classe A

Quando o sistema opera em classe A, o circuito de detecção retorna para a central após percorrer toda o ambiente monitorado.

Esta configuração possibilita maior segurança no sistema, pois se ocorrer algum problema com o cabeamento físico, o painel de controle pode efetuar a comunicação pelo outro par de cabos que ainda está íntegro, aumentando a confiabilidade do sistema.

Um exemplo de falha, pode ser visto na Figura 13, onde o cabeamento foi rompido acidentalmente:

Figura 13 - Rompimento em Classe A

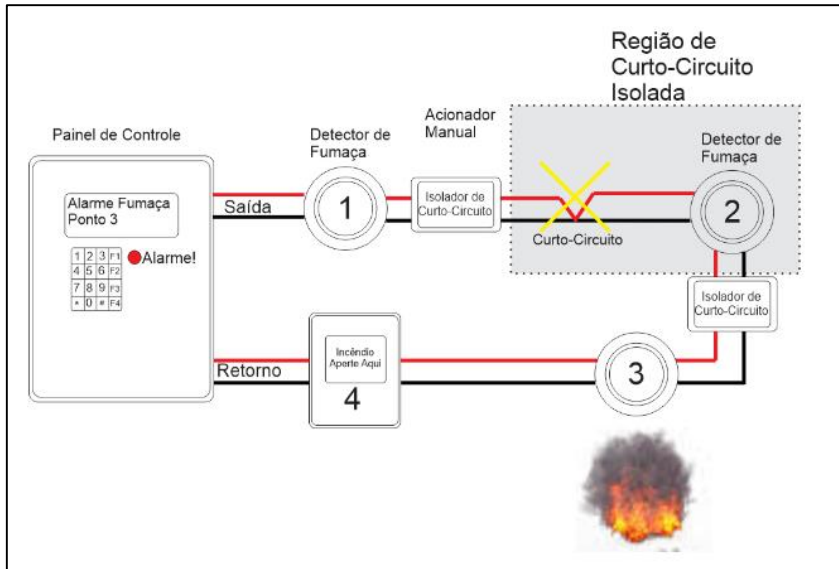


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Neste caso, o sistema ainda irá reconhecer todos os dispositivos do laço, pois ao perceber que houve um rompimento do cabeamento, a comunicação passará a ser efetuada, tanto pela saída padrão, como pelo retorno do cabeamento.

O sistema em classe A, ainda agrega mais uma funcionalidade muito importante, que é a capacidade de recuperação de curtos-circuitos no laço de detecção, utilizando-se da mesma técnica de comunicação pelo retorno, porém usando de dispositivos isoladores instalados ao decorrer do cabeamento, desta forma somente o trecho afetado é isolado do laço, conforme exemplo de falha da Figura 14:

Figura 14 - Curto-circuito em Classe A



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

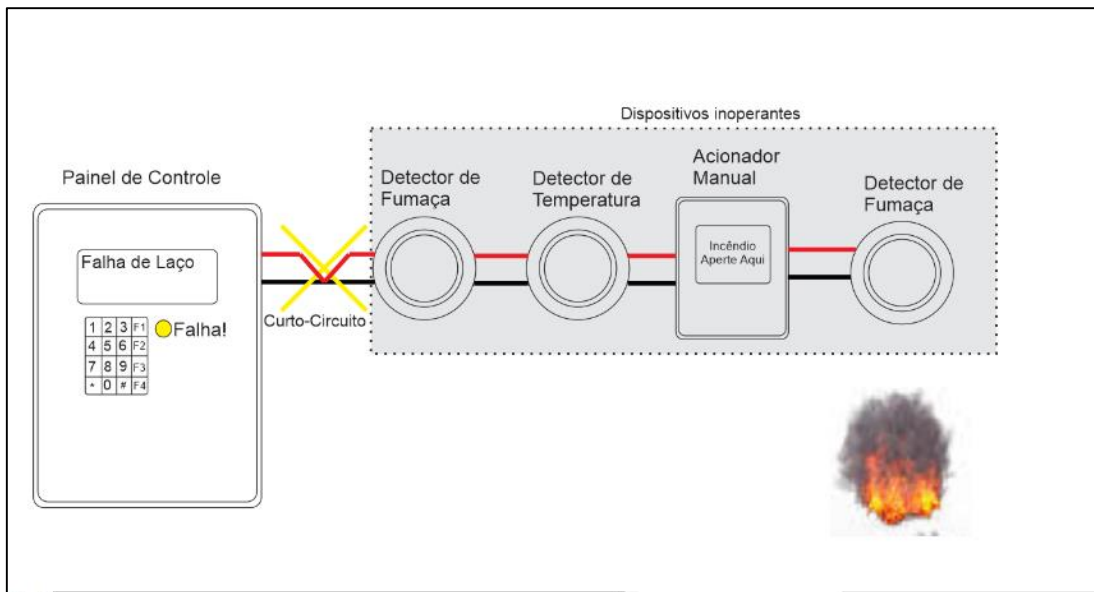
Observa-se que o sistema irá perder a informação apenas do trecho com problema que foi devidamente isolado, o detector número 2, enquanto os demais dispositivos do sistema ainda estarão em operação normal.

Esta classe de operação, apesar de fornecer uma confiabilidade do sistema elevada, tem como desvantagem o custo adicional do cabeamento de retorno.

2.3.3.3.2 Operação em Laço Classe B

Operando em classe B, o cabeamento do sistema não irá retornar para o painel de controle. Nesta configuração, conforme visto na Figura 15 – Curto-circuito em Classe B, fica claro que eventos de laço aberto irão desconectar todos os dispositivos a jusante do problema, e problemas de curto-circuito, se não forem usados isoladores terminaram por tirar de operação todo o circuito de detecção.

Figura 15 – Curto-circuito em Classe B



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A instalação em classe B, normalmente é utilizada por causa de seu menor custo de instalação, mas force as desvantagens de confiabilidade citadas anteriormente.

2.4 DISPOSITIVOS DE DETECÇÃO DE FUMAÇA

No sistema de alarme de incêndio, um dos mais importantes dispositivos são os chamados detectores de fumaça automáticos, que tem por finalidade analisar o ar ambiente em busca de fumaça, possibilitando a detecção do incêndio.

Existem vários métodos de detecção de fumaça, porém os mais comumente encontrados em mercado são os seguintes:

2.4.1 Detector de Fumaça Óptico

Figura 16 - Detector de Fumaça Óptico

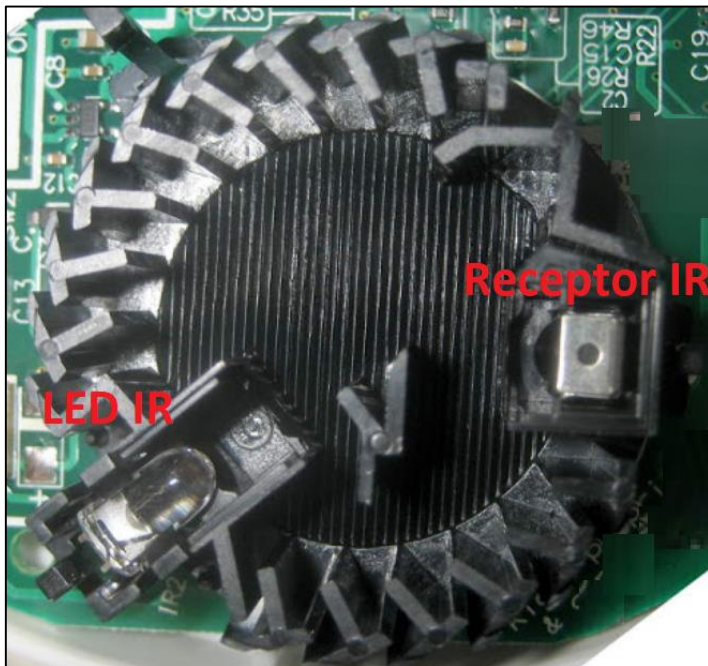


Fonte: Intelbras, 2022.

Este tipo de detector de fumaça, Figura 16 - Detector de Fumaça Óptico, tem como princípio de operação, o efeito da reflexão de luz infravermelha apresentada pela fumaça.

O detector possui uma câmara fechada, conhecida popularmente como labirinto, Figura 17 - Labirinto, onde somente a entrada de fumaça é permitida, ou seja, seu formato não permite a entrada de luz ambiente.

Figura 17 - Labirinto

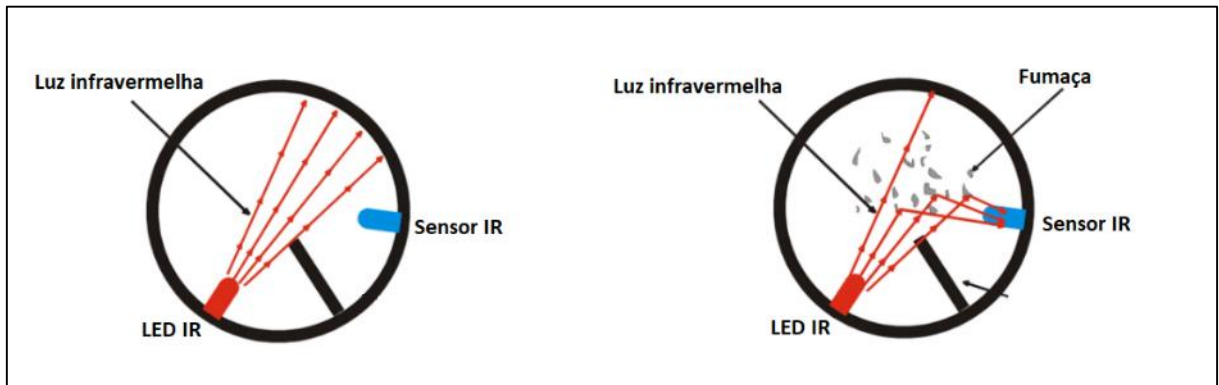


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Esta câmara possui montados em seu interior, uma fonte de luz infravermelha, normalmente um LED IR (Dispositivo Emissor de Luz Infravermelho), e um receptor de luz

infravermelha, montados em um ângulo de tal maneira que os mesmos não dispõem de visada livre de um para o outro, conforme Figura 18 - Reflexão luz IR.

Figura 18 - Reflexão luz IR



Fonte: Mavili, traduzido pelo autor, 2020.

No momento em que a fumaça entra na câmara, a luz IR passa a ser refletida por suas partículas, sendo recebida pelo sensor infravermelho. Por sua vez, o circuito do detector analisa a magnitude da reflexão e decide pelo estado de alarme.

2.4.2 Detector de Fumaça Iônico

Figura 19 - Detector de Fumaça Iônico



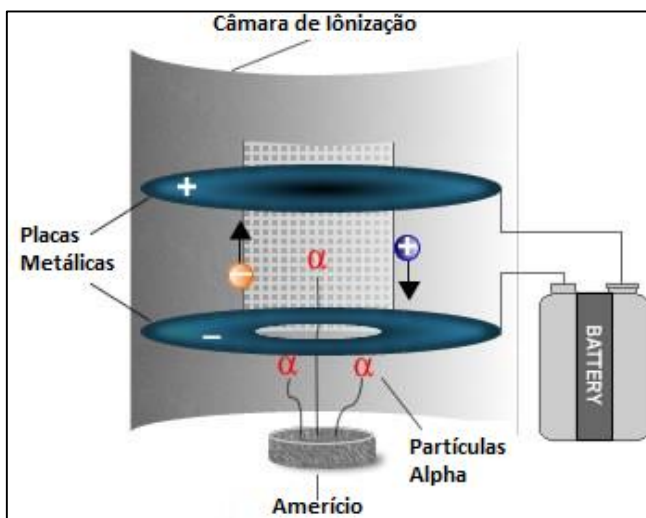
Fonte: SecurityInfoWatch, 2022.

Este detector, Figura 19 - Detector de Fumaça Iônico, tem por princípio de funcionamento o uso de um radioisótopo do elemento químico Am (amerício), tipicamente o amerício 241. (*Americium Smoke Detectors*, Eric Eason, Stanford University, 2011).

Ele possui duas câmaras contendo ar, sendo que uma permanece isolada do ar externo, e a outra tem contato e circulação com este, permitindo a entrada de partículas de fumaça, sendo que ambas as câmaras são ionizadas pela radiação emitida pelo amerício.

As câmaras possuem duas placas metálicas, e devido à ionização, uma corrente elétrica surge entre estas, sendo medida pelo circuito do detector, conforme Figura 20 - Detector Iônico.

Figura 20 - Detector Iônico



Fonte: Engeprevi, alterado pelo autor, 2022.

No momento em que a fumaça passa no interior da câmara exposta ao ambiente, uma diferença de corrente ocorre entre a câmara de referência e a câmara exposta, então o detector toma a ação de entrar em alarme.

2.4.3 Detector de Fumaça Linear

Figura 21 - Detector de Fumaça Linear



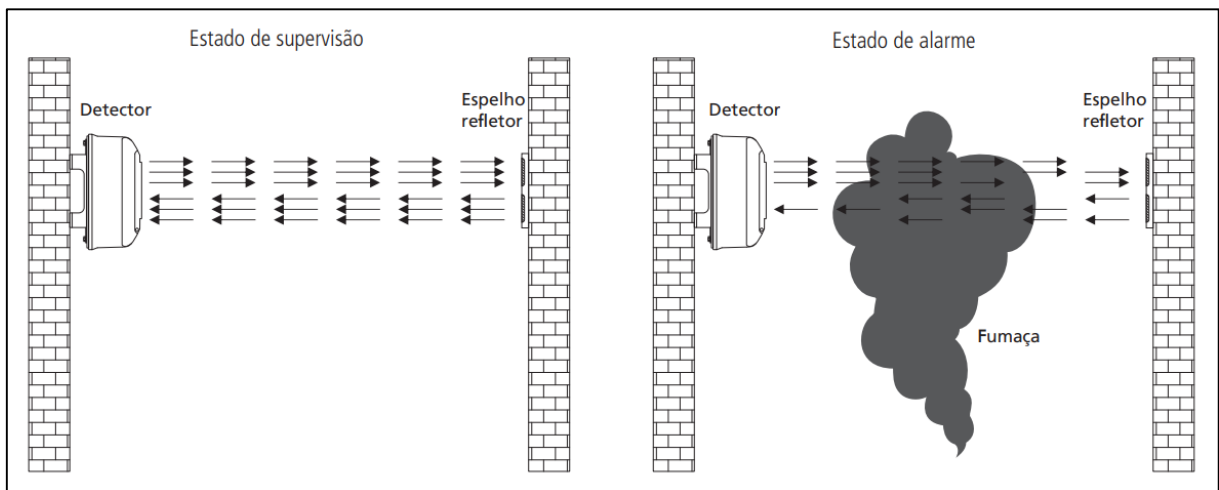
Fonte: Intelbras, 2022.

Este detector de fumaça, Figura 21 - Detector de Fumaça Linear, tem princípio de operação semelhante ao detector óptico, porém, por analogia pode-se dizer que sua câmara de detecção é o próprio ambiente monitorado em questão.

Ele conta com um emissor infravermelho e um receptor infravermelho, porém através de um conjunto de espelhos refletores, o sensor tem visada direta para o emissor.

O espelho e o detector são instalados a vários metros de distância, tipicamente até 100 metros, então quando o detector envia um pulso de luz infravermelha, esta percorre o ambiente, chega até o espelho, é refletida e retorna ao sensor de luz do detector, conforme Figura 22 - Detecção da Fumaça.

Figura 22 - Detecção da Fumaça



Fonte: Intelbras, 2022.

O detector mensura a magnitude do sinal recebido constantemente, sendo que quando a fumaça atinge o feixe de luz, essa magnitude cai, o que é chamado de obscurecimento, então os circuitos do detector decidem sobre a geração do evento de alarme.

2.5 DISPOSTIVOS DE DETECÇÃO DE TEMPERATURA

Os detectores de temperatura, têm por finalidade suprir a deficiência que os detectores de fumaça apresentam em ambientes não amigáveis aos seus princípios de funcionamento, como poeira e vapores em suspensão.

2.5.1 Detector de Temperatura fixa

Figura 23 - Detector de temperatura



Fonte: Intelbras, 2022.

O detector de temperatura, Figura 23 - Detector de temperatura, como seu nome sugere, efetua a medição da temperatura ambiente constantemente, para esta função utiliza normalmente um elemento sensor do tipo NTC (*Negative Temperature Coefficient*).

São especificados com base em sua temperatura de alarme, porém os dispositivos mais encontrados no mercado são rotulados para 57 °C.

A observação a seu uso em substituição aos detectores de fumaça é que para que funcionem, o princípio de incêndio já deve estar desenvolvido para que a temperatura do ambiente suba e atinja seu ponto de disparo. Levando isto em consideração, o ambiente e a confiabilidade do sistema devem ser criteriosamente estudados para seu emprego.

2.5.2 Detector de Temperatura Termovelocimétrico

Os detectores termovelocimétricos, são basicamente sensores de temperatura comuns, porém tem em seu algoritmo de funcionamento uma estratégia que permite antecipar seu tempo de disparo.

Ele executa medições constantes da temperatura, e avalia o seu incremento no decorrer do tempo. Caso a rampa de subida da temperatura seja maior que seu limite pré-estabelecido, este pode entrar em alarme antes que seu ponto máximo de disparo seja atingido.

Esta estratégia visa aumentar a velocidade de detecção, aumentando a segurança do local monitorado.

Valores típicos para estas curvas são de 6 a 7 °C por minuto, ou seja, em um exemplo de funcionamento, um detector especificado para 57 °C e 6 a 7 °C pode disparar caso a temperatura ambiente passe de 20 para 28 °C em menos de um minuto, o que configura uma situação de alarme, mas está muito longe da temperatura máxima de disparo.

2.6 DISPOSTIVOS DE ACIONAMENTO MANUAL

Figura 24 - Acionador Manual



Fonte: Intelbras, 2022.

Os acionadores manuais, como o da Figura 24 - Acionador Manual, tem por finalidade servir de entrada manual para eventos de alarme no sistema de SDAI.

São de extrema importância, pois comumente um evento de alarme é visualizado por uma pessoa no ambiente de maneira precoce, antes de que os detectores automáticos consigam detectar o mesmo.

Seu funcionamento é muito simples, bastando pressionar a área de atuação, para que enviem um evento de alarme para o painel de controle.

Após sanado o evento de alarme, podem ser rearmados por uma chave de rearme, estando prontos para uma nova atuação.

2.7 DISPOSTIVOS DE AVISO AUDIOVISUAL

Figura 25 - Sinalizador Áudio Visual



Fonte: Intelbras, 2022.

Popularmente conhecidos como sirenes, os dispositivos audiovisuais, como da Figura 25 - Sinalizador Áudio Visual, tem por função avisar e alertar as pessoas presentes no ambiente, quanto a um evento de alarme de incêndio.

Possuem dois tipos de sinalização, a audível, que emite um som característico e alto, normalmente na faixa de 90 dB para cima, e um sinalização visual, emitindo feixes de luz continuamente.

Estas podem ser do tipo convencional, onde basta a aplicação de sua tensão especificada de alimentação para que entrem em operação, ou do tipo endereçável, que entra em operação mediante comando enviado pelo protocolo de comunicação do sistema.

2.8 MÓDULOS DE INTERFACE COM OUTROS SISTEMAS

Figura 26 - Módulo de Interface



Fonte: Intelbras, 2022.

Nos SDAIs, frequentemente são necessárias integrações com outros dispositivos e sistemas que não pertencem originalmente ao conjunto de detecção de alarme de incêndio, como por exemplo, a abertura de portas, acionamento de elevadores, motores de pressurização entre outros.

Para tal, existem dispositivos que realizam esta interface, entre um comando de entrada ou saída, com a central de incêndio, como o dispositivo da Figura 26 - Módulo de Interface.

São disponibilizados um contato de entrada, do tipo popularmente chamado contato seco, onde ao serem postos em curto-circuito, geram um evento de alarme.

Também são disponibilizados um contato de saída, do tipo relê, contendo os terminais comum, normalmente aberto e normalmente fechado. Quanto a central de incêndio envia um comando para estes dispositivos, sua saída é comutada.

2.9 DISPOSITIVOS ISOLADORES DE CURTO-CIRCUITO

Figura 27 - Isolador de Laço



Fonte: Intelbras, 2022.

Este dispositivo da Figura 27 - Isolador de Laço, atua na prevenção da perda catastrófica do laço de detecção, permitindo o isolamento de trechos do cabeamento, que por ventura entrem em curto-circuito.

Sua utilização é de suma importância, sendo que a recomendação de sua aplicação, é citada pela norma NBR 17240:2010, que prevê a instalação de um dispositivo isolador pelo menos a cada 20 dispositivos presentes no laço.

Tem por função também, servir de ponto para emenda de cabeamentos, e para execução de derivações no laço de detecção, garantindo a integridade da fiação a montante deste evento.

2.10 MEIOS FISICOS DE TRANSMISSÃO

O principal objetivo a ser alcançado em um sistema de comunicação e transmissão de dados é conseguir propagar os sinais que se deseja transmitir, do ponto A para o B. Essa informação é trafegada através de um meio que separa fisicamente os dois pontos de interesse.

Segundo Juergen Rochol (Comunicação de Dados, 2012), este meio pode ser classificado em três grandes classes, de acordo com sua natureza, sendo estes:

- Os pares metálicos, como o par de fios e o cabo coaxial;
- Os canais de radiofrequência (RF) dos sistemas sem fio;
- As fibras ópticas em sistemas de transmissão óptica.

Cada um destes meios possui características específicas que determinam como a transmissão é efetuada a nível físico, sendo que a abordagem do trabalho explora a utilização do par metálico, pois ainda, segundo o autor, “é o meio de transmissão mais simples e econômico disponível”.

2.10.1 Linhas de Transmissão

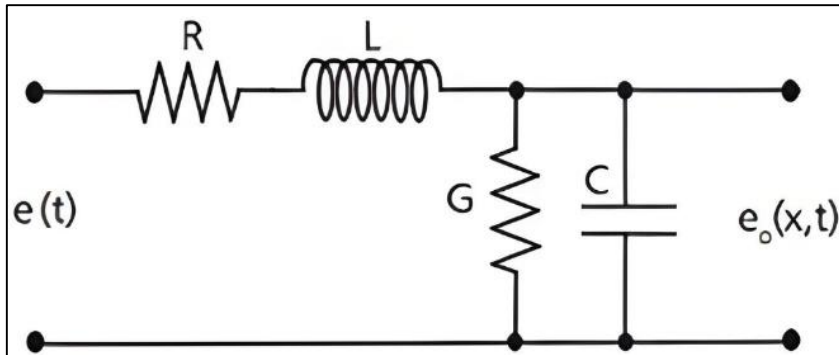
A compreensão dos fenômenos eletromagnéticos em uma linha física real pode ser modelada através de uma analogia de proposta inicialmente por Oliver Heaviside em 1880, que especifica as características de resposta e propagação dos sinais através de uma série infinita de elementos de linha (resistências, capacitâncias, indutâncias e condutâncias) com comprimento infinitesimal.

Este conceito, traduz-se em uma explicação mais informal, como sendo a associação das características mensuráveis da linha, considerando que se realizem, por exemplo, medidas destas características em níveis infinitesimais de comprimento, o que na realidade torna-se impraticável.

Para que este modelo consiga ser utilizado mantendo sua validade, pode-se realizar uma aproximação, realizando uma soma finita dos elementos, considerando para isto uma unidade de comprimento também finita, como metros ou quilômetros para o referencial de medida.

A Figura 28 demonstra a organização esquemática dos elementos, considerando uma unidade de comprimento:

Figura 28- Organização esquemática dos elementos de linha.



Fonte: Juergen Rochol (Comunicação de Dados, 2012, p.126).

Os respectivos elementos mencionados na Figura 28 são:

- R: A resistência elétrica em série deste segmento de linha.
- L: A indutância em série deste segmento de linha.
- C: A capacitância paralela deste segmento de linha.
- G: A condutância entre o dielétrico deste segmento de linha.

Estes quatro parâmetros R, L, C e G, são chamados de “Parâmetros Primários” da linha de transmissão, lembrando que seus valores são determinados pela unidade de comprimento que foi considerado para sua obtenção.

O intuito deste trabalho não é aprofundar-se para as equações que determinam o comportamento das linhas de transmissão de dados sobre alta frequência, pois o desenvolvimento limita-se ao campo de baixas frequências, comparadas ao comprimento da linha, tomando como base as definições mencionando por David M. Pozar em *Microwave Engineering - 4th ed. 2012*, "...as leis de linha de transmissão são aplicáveis quando o comprimento de onda é da mesma ordem de grandeza ou menor que o comprimento da linha", e também por William H. Hayt Jr. e John A. Buck em *Engineering Electromagnetics - EIGHTH EDITION, 2012*, "...para comprimentos de onda muito maiores que o comprimento da linha, as variações em relação a um circuito concentrado comparado a um circuito distribuído são tão pequenas, que o modelo concentrado pode ser utilizado”.

No entanto, a compreensão das características primárias da linha e as considerações sobre o campo de operação são importantes para basear o desenvolvimento futuro deste trabalho.

2.10.2 Transmissão de Potência e Atenuação na linha

Uma linha de transmissão utilizada para transmissão de dados transporta além da informação desejada, um fluxo de potência entre a fonte emissora da informação e o receptor.

A relação entre as duas grandezas apresentadas em suas extremidades é definida como sendo a característica de atenuação, sendo utilizada para verificar quando de energia está sendo perdida na linha de transmissão, determinando assim sua eficiência.

Normalmente essas razões são expressas considerando as amplitudes do sinal, ou suas potências, sendo o número gerado por essa razão comumente expresso em escala logarítmica, denominada escala decibel.

Segundo Stuart M. Wentworth, Eletromagnetismo Aplicado, 2008 “O uso do decibel é duplamente apropriado”, pois “...utilizar decibel reduz a quantidade de números necessária para expressar valores que sejam muito grandes ou muito pequenos”. Em exemplo na equação (1), tomando-se a razão em que:

$$\frac{P(IN)}{P(OUT)} = 10.000.000.000 \quad (1)$$

Claramente observa-se que o número pode obter representações muito grandes, sendo sua que sua apresentação em escala logarítmica seria dada conforme em (2):

$$G(dB) = 100 \text{ dB} \quad (2)$$

Ainda segundo Stuart M. Wentworth, “é muito fácil multiplicar razões de potências apenas somando seus decibéis”, ou seja, em exemplo, para determinar o ganho final de uma sequência de um filtro com ganho de -1,5 dB (0,708) e um amplificador de 9 dB (7,94) basta realizar a soma dos valores em dB, obtendo como resultado 7,5 dB.

A conversão dos valores apresentados em unidades escalares, como V (Volts) e W (Watts) pode ser feita através das seguintes equações:

- a) Para conversão de tensões (V), a característica de atenuação em dB é dada pela equação (3):

$$VG(dB) = 20\log \frac{V_{in}}{V_{out}} \quad (3)$$

b) Para conversão de Potências (W), é dado pela equação (4):

$$G(dB) = 10 \log \frac{P_{in}}{P_{out}} \quad (4)$$

Vale a pena mencionar o detalhe que as duas equações possuem o numeral multiplicador do resultado da função logarítmica, diferentes, sendo 20 para conversões de tensão e 10 para conversão de potências.

A Tabela 2 - Tabela de conversão dBm e dBW para Watt e mW, exemplifica diversas faixas de aplicações para o uso da unidade dB. Pode ser observado, que é muito mais conveniente expressar o valor -100 dBm em vez de 0,0000000001 mW.

Tabela 2 - Tabela de conversão dBm e dBW para Watt e mW

Potência em dBm		Potência em dBW		Potência (Watt)		Potência em mW	
-100	dBm	-130	dBW	0,1	pW	0,0000000001	mW
-90	dBm	-120	dBW	1	pW	0,000000001	mW
-80	dBm	-110	dBW	10	pW	0,00000001	mW
-70	dBm	-100	dBW	100	pW	0,0000001	mW
-60	dBm	-90	dBW	1	nW	0,000001	mW
-50	dBm	-80	dBW	10	nW	0,00001	mW
-40	dBm	-70	dBW	100	nW	0,0001	mW
-30	dBm	-60	dBW	1	μW	0,001	mW
-20	dBm	-50	dBW	10	μW	0,01	mW
-10	dBm	-40	dBW	100	μW	0,1	mW
-1	dBm	-31	dBW	794	μW	0,794	mW
0	dBm	-30	dBW	1,000	mW	1,000	mW
1	dBm	-29	dBW	1,259	mW	1,259	mW
10	dBm	-20	dBW	10	mW	10	mW
20	dBm	-10	dBW	100	mW	100	mW
30	dBm	0	dBW	1	W	1000	mW
40	dBm	10	dBW	10	W	10000	mW
50	dBm	20	dBW	100	W	100000	mW
60	dBm	30	dBW	1	kW	1000000	mW
70	dBm	40	dBW	10	kW	10000000	mW
80	dBm	50	dBW	100	kW	100000000	mW
90	dBm	60	dBW	1	MW	1000000000	mW
100	dBm	70	dBW	10	MW	10000000000	mW

Fonte: Compreensão e elaboração do Autor da fonte: Jeff Szielenski, *Software Development Blog*, 2023

2.11 O CABO PAR TRANÇADO BLINDADO PARA ALARME DE INCÊNDIO

O cabo de alarme de incêndio, conforme demonstrado na Figura 29- Cabo de Incêndio, é o meio de transmissão utilizado para comunicação entre os dispositivos do sistema de alarme de incêndio.

Figura 29- Cabo de Incêndio



Fonte: MD MAX, 2023

Sua construção é regulamentada pela NBR 17240, sendo que a configuração básica pode ser vista na Figura 30.

Figura 30- Construção do Cabo de Incêndio.



Fonte: MD Policabos, 2023

Além dos condutores principais, destaca-se a adoção de uma fita de blindagem contra interferências externas, além do padrão trançado dos condutores.

O item 6.8.2 da NBR 17240 ainda especifica que, os condutores devem ser de cobre, ter isolação não propagante a chamas, resistindo a temperatura maior ou igual a 70 °C, isolação

mínima de 600 Vca para condutores singelos, ou mínima de 300 Vca para cabos multipares, dentre outros detalhes construtivos.

Algumas características elétricas podem ser observadas na Tabela 3, com destaque para os valores de Resistência, Capacitância e Indutância por unidade de medida (km), que se comparam com os elementos distribuídos mencionados no capítulo 2.10.1 – Linhas de Transmissão, estes parâmetros são importantes para as condições de transferência de potência e comunicação entre os dispositivos que são abordados durante o capítulo de desenvolvimento.

Tabela 3 – Características Técnicas do Cabo de Incêndio

Secção	Diâmetro Externo	Peso Nominal	Raio Mínimo de Curvatura	Carga Máxima de Tração	Espessura da Isolação	Resistência do Condutor	Capacitância do Condutor	Indutância do Condutor
mm ²	mm	kg/km	mm	kg	mm	Ω/km	nF/km a 1 kHz	mH/km a 1 kHz
0,50	5,74	49,71	57,43	5,50	0,40	37,02	120,00	0,60
0,75	6,32	61,56	63,21	6,75	0,40	25,19	134,00	0,59
1,00	6,67	71,47	66,68	8,50	0,40	18,61	142,00	0,58
1,50	7,36	91,02	73,61	10,00	0,40	12,44	168,00	0,55
2,50	9,33	141,04	93,25	16,00	0,60	7,62	185,00	0,53

Fonte: MD Policabos, adaptação do Autor, 2023.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 TOPOLOGIA CONSTRUTIVA DA CENTRAL DE ALARME UTILIZADA

A central de incêndio tem por finalidade atuar como a parte concentradora de todas as informações de um SDAI, sendo responsável por gerenciar os eventos tanto de alarme como de falha, tomar decisões pré-programadas com base nestes, informar ao usuário ou supervisor do sistema sobre os eventos, e fornecer interface para estas visualizações e possíveis comandos executados por este.

Diversas topologias construtivas podem ser empregadas em sua construção, porém o assunto será concentrado em um modelo de topologia endereçável, que é disponibilizado por diversos fabricantes nacionais, contando normalmente com interface de operação com teclado e *display* em sua parte frontal, conforme exemplo da Figura 31 - Central de Alarme de Incêndio CIE.

Figura 31 - Central de Alarme de Incêndio CIE



Fonte: Intelbras, 2023.

3.1.1 Gabinete

O gabinete do produto tem por finalidade fornecer proteção mecânica para os componentes internos do produto, bem como servir de suporte para as interfaces de interação, como teclado e *display* da central, conforme a Figura 32 - Interface.

Figura 32 - Interface

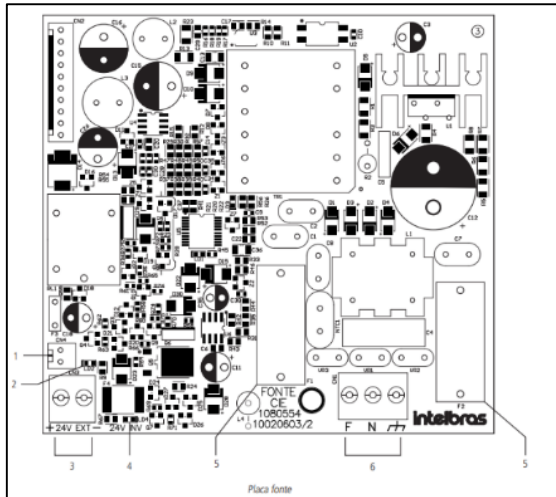


Fonte: Intelbras, 2023.

Internamente, estão alojadas as placas eletrônicas do equipamento, que são responsáveis por toda a interação com os dispositivos, interação com o *display* e teclado, bem como conversão e fornecimento adequado de tensões.

3.1.2 Placa fonte

Figura 33 – Placa Fonte



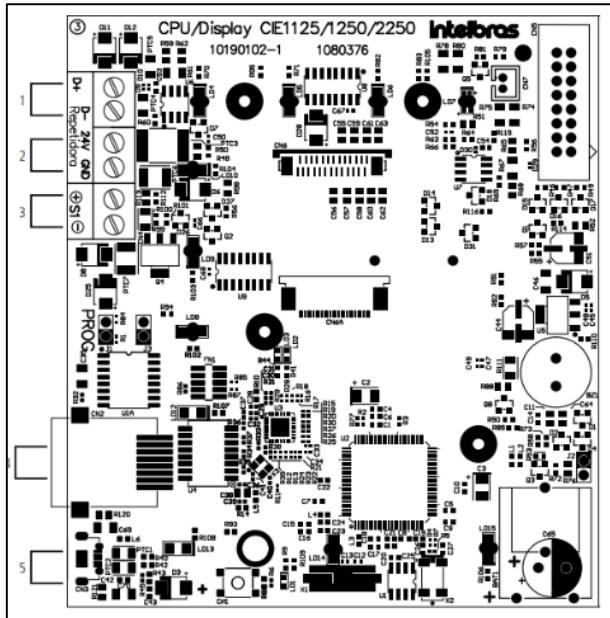
Fonte: Intelbras, 2023.

Esta placa eletrônica da Figura 33 – Placa Fonte, é responsável por converter a tensão alternada da rede de energia elétrica em tensão contínua, regulada e em níveis adequados aos circuitos utilizados pelas placas de circuito. Também efetua o controle e carga das baterias da central, a fim de mantê-las carregadas para uma eventual falta de energia elétrica, situação em que o sistema de alarme de incêndio não deve parar de funcionar.

As tensões providas por esta fonte são as de 5 V para os circuitos lógicos, e de 27,8 V, para o circuito de carga da bateria e o circuito de modulação da placa de laços.

3.1.3 Placa *Display*

Figura 34 – Placa *Display*



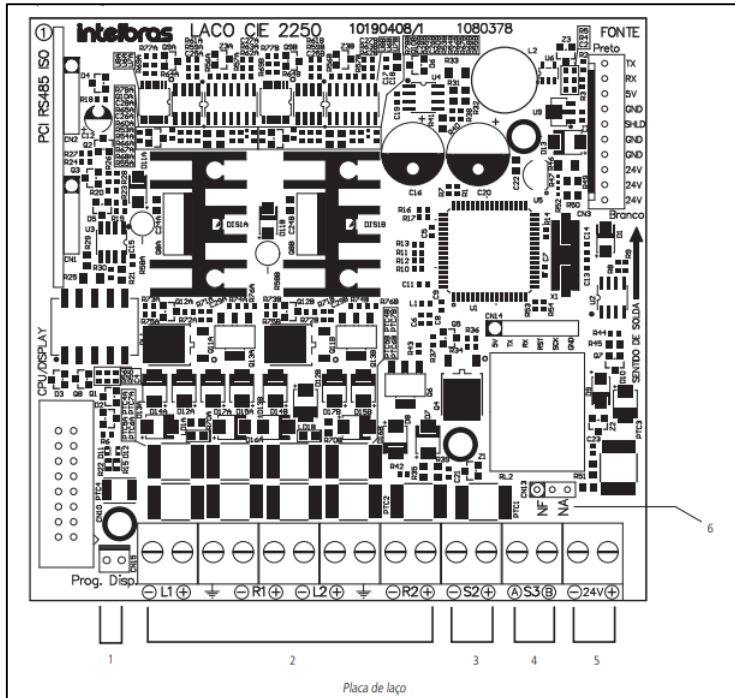
Fonte: Intelbras, 2023.

A placa demonstrada na Figura 34 – Placa *Display*, é responsável por fornecer as interfaces de teclado e display ao usuário, sendo a placa principal da central, nela estão contidas todas as regras e diretrizes operacionais do produto, onde as informações provenientes da placa laço serão processadas e posteriormente reenviadas a esta para as devidas ações, como acionamento de sirenes e demais.

Também fornece suporte à conexão USB, *Ethernet* e RS485, para configuração e integração com outros sistemas.

3.1.4 Placa Laço

Figura 35 – Placa Laço



Fonte: Intelbras, 2023.

Esta placa tem por finalidade efetuar a modulação e comunicação entre a central e os dispositivos presentes no laço do sistema, pode ser vista na Figura 35 – Placa Laço.

Seu trabalho envolve adquirir todos os dados provenientes dos dispositivos, que chegam na forma analógica, analisá-los, filtrá-los, transformá-los em informações digitais, adequá-los ao protocolo de comunicação entre o a placa laço e o *display*, e enviá-los a este, de forma tratada e simplificada.

Também recebe ordens de execução da placa *display*, e converte estas ordens digitais nos sinais de comunicação apresentados ao laço de comunicação, ativando, bloqueando e alterando parâmetros dos dispositivos.

3.2 LEVANTAMENTO DO PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

O laço de detecção conta com apenas 2 fios, sendo os dois utilizados tanto para alimentação, quanto para comunicação com os dispositivos, desta forma era esperado uma forma de comunicação baseada na modulação de um sinal acima do nível de alimentação dos dispositivos.

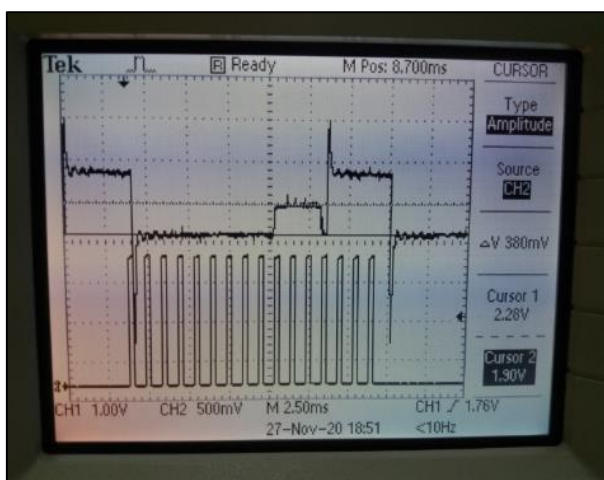
Da mesma forma, sendo a comunicação bidirecional, verificou-se que os dispositivos respondem aos comandos da central através de uma sinalização de corrente.

Esta sinalização de corrente, sempre está sincronizada com o protocolo modulado pela placa de laço.

Através do uso de um osciloscópio conectado ao laço da central, verificou-se conforme demonstrado na Figura 36 - Sinal de modulação adquirido, que a modulação ocorria no seguinte formato:

- Nível baixo, 13 V.
- Nível alto, 28 V.
- São gerados 250 janelas de tempo, cada uma correspondendo a um endereço no laço de detecção, sendo que somente o dispositivo correspondente a esta janela responde a seu tempo.
- Após efetuar a comunicação com os 250 dispositivos do laço, um sinal de sincronismo é enviado.

Figura 36 - Sinal de modulação adquirido



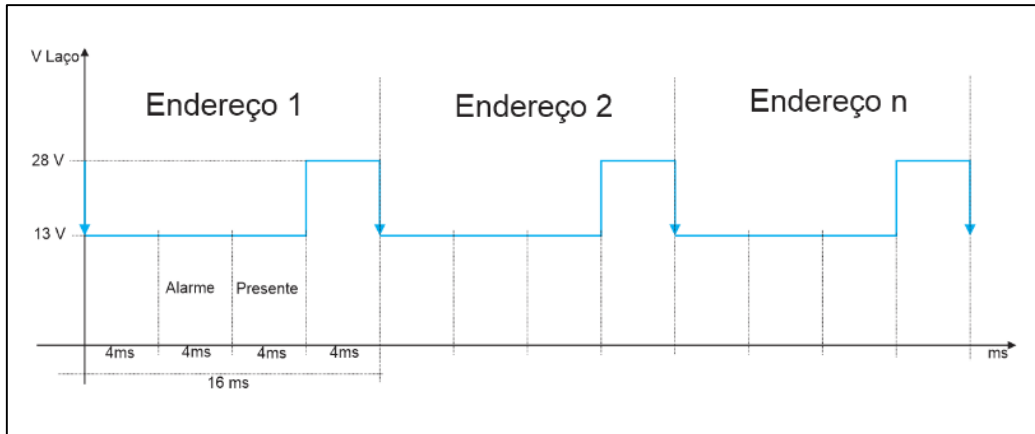
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

As temporizações respectivas têm tempo de janela total de 16 ms por dispositivo, sendo estes tempos divididos da seguinte maneira:

- Tempo baixo 12 ms.
- Tempo alto 4 ms.
- Tempo de sincronia 250 ms.

Portanto, na Figura 37 - Sinal de modulação decifrado, pode ser observado o compilado do sinal interpretado.

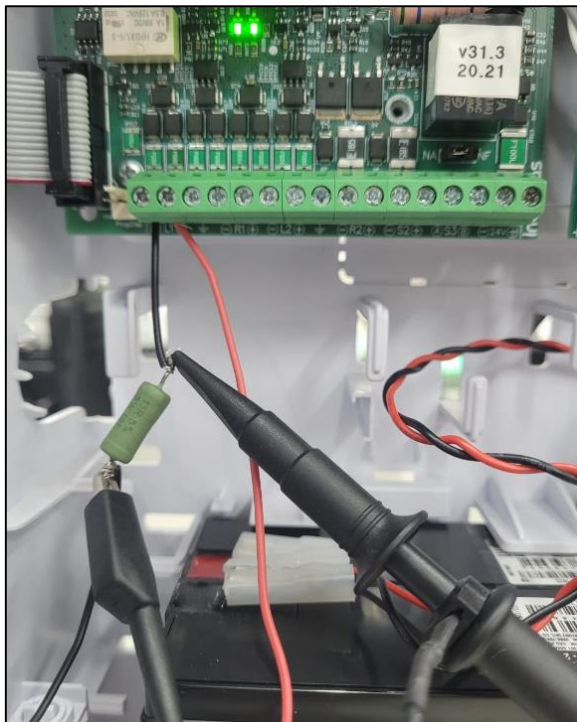
Figura 37 - Sinal de modulação decifrado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Após, utilizando um resistor de 15 ohms como elemento sensor ligado em série com o cabo negativo do laço, conforme a Figura 38 – *Setup* para aquisição do sinal de Corrente, verificou-se através do osciloscópio o sinal de resposta em corrente gerado pelos dispositivos.

Figura 38 – *Setup* para aquisição do sinal de Corrente



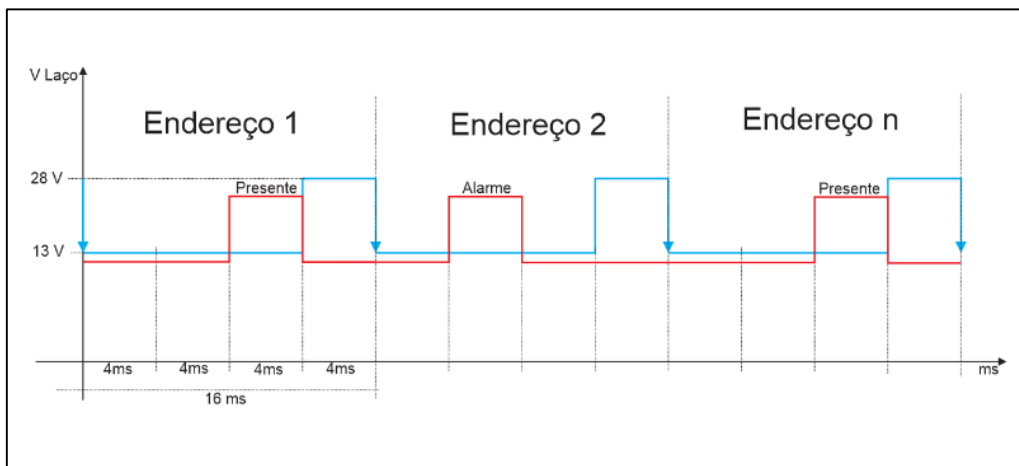
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Verificou-se que estes respondem de 2 formas diferentes, representado as situações de presença no laço normal, e presença em alarme, sendo:

- A sinalização de presença normal, é efetuada durante 4 ms, após 8 ms do início de sua janela de tempo.
- A sinalização de alarme, é efetuada durante 4 ms, após 4 ms do início de sua janela de tempo.

A compilação, agora, dos dois sinais simultâneos, é exibida na Figura 39 - Sinal de Corrente dos dispositivos.

Figura 39 - Sinal de Corrente dos dispositivos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.3 PROBLEMA A SER SOLUCIONADO

Com base no funcionamento do protocolo de comunicação levantado no capítulo anterior, o tempo de varredura para um dispositivo no laço pode ser calculado pela equação (5)

$$TempoVarredura (s) = (TB + TA) + nD * (TB + TA) + TS \quad (5)$$

$$TB = TempoBaixo$$

$$TA = TempoAlto$$

$$TS = TempoSicronia$$

$$nD = nDispositivos$$

Considerando a ocupação máxima do laço especificada em 250 dispositivos, cada dispositivo ocupando um total de 16 ms (12 ms + 4 ms), chega-se a 4 segundos. A este tempo ainda se adiciona mais 16 ms para o tempo 0 do protocolo, e mais 250 ms para o tempo de sincronia, totalizando 4,266 segundos, conforme solucionado em (6):

$$TempoVarredura (s) = (12 + 4) + 250 * (12 + 4) + 250 = 4,266 s \quad (6)$$

Este tempo é menor que o tempo máximo exigido pela normal ABNT NBR ISO 7240-2:2021 que especifica um tempo máximo de 10 segundos entre a sinalização do alarme e a exibição do evento na central de alarme de incêndio, contudo, a informação de alarme não é pura e simplesmente processada com base em apenas uma única amostra, sendo que normalmente a central efetua um processamento mais aprimorado desta informação.

Para conseguir visualizar como funciona este tratamento de informação pela central, uma conexão para depuração foi efetuada através de uma porta *USART* (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*), Transmissor/Receptor Universal Síncrono e Assíncrono), conforme visualizado na Figura 40 – *Setup* do conversor serial, fornecida na placa de laço da central, conectando-a a um computador com um terminal serial.

Figura 40 – *Setup* do conversor serial



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Sua taxa de comunicação foi configurada para 393216 bps (*Bits por segundo*). Esta alta taxa permite que o *software* despeje informações relevantes sobre o funcionamento do sistema, sem prejudicar o andamento normal do *software*.

As informações são todas apresentadas na tela, conforme visto na Figura 41 - Informações para depuração apresentando todos os valores.

Figura 41 - Informações para depuração apresentando todos os valores

*** INTELBRAS ***	0000	0283	0283	0283	0000	0001	0284	0283	0283	0000	0101	0283	0283	0283	0000	0151	0283	0283	0283	0000	0201	0283	0283	0283	0000
PLACA DE LAÇO NACIONAL	0001	0284	0284	0410	0000	0002	0283	0283	0283	0000	0102	0283	0283	0283	0000	0152	0283	0283	0283	0000	0202	0283	0283	0283	0000
MODO DEB: 1000	0003	0285	0285	0285	0000	0004	0285	0285	0285	0000	0103	0285	0283	0283	0000	0153	0283	0283	0283	0000	0203	0283	0283	0283	0000
ScanCount: 0015	0005	0286	0288	0288	0000	0006	0286	0288	0288	0000	0104	0286	0283	0283	0000	0154	0286	0283	0283	0000	0204	0286	0283	0283	0000
Laco: 0001	0007	0287	0289	0289	0000	0008	0287	0289	0289	0000	0105	0287	0283	0283	0000	0155	0287	0283	0283	0000	0205	0287	0283	0283	0000
Endereco: 0002	0009	0288	0289	0289	0000	0010	0288	0289	0289	0000	0106	0288	0283	0283	0000	0156	0288	0283	0283	0000	0206	0288	0283	0283	0000
Estados Digitais:	0011	0289	0289	0289	0000	0012	0289	0289	0289	0000	0107	0289	0283	0283	0000	0157	0289	0283	0283	0000	0207	0289	0283	0283	0000
- Tipo: 0001	0013	0290	0289	0289	0000	0014	0290	0289	0289	0000	0108	0290	0283	0283	0000	0158	0290	0283	0283	0000	0208	0290	0283	0283	0000
- Presente: 0000	0015	0291	0289	0289	0000	0016	0291	0289	0289	0000	0109	0291	0283	0283	0000	0159	0291	0283	0283	0000	0209	0291	0283	0283	0000
- Alarma: 0000	0017	0292	0289	0289	0000	0018	0292	0289	0289	0000	0110	0292	0283	0283	0000	0160	0292	0283	0283	0000	0210	0292	0283	0283	0000
- Acionado: 0000	0019	0293	0289	0289	0000	0020	0293	0289	0289	0000	0111	0293	0283	0283	0000	0161	0293	0283	0283	0000	0211	0293	0283	0283	0000
- Bloqueado: 0000	0021	0294	0289	0289	0000	0022	0294	0289	0289	0000	0112	0294	0283	0283	0000	0162	0294	0283	0283	0000	0212	0294	0283	0283	0000
- FeedBack: 0000	0023	0295	0289	0289	0000	0024	0295	0289	0289	0000	0113	0295	0283	0283	0000	0163	0295	0283	0283	0000	0213	0295	0283	0283	0000
- FeedBackRc: 0000	0025	0296	0289	0289	0000	0026	0296	0289	0289	0000	0114	0296	0283	0283	0000	0164	0296	0283	0283	0000	0214	0296	0283	0283	0000
- Reportado: 0000	0027	0297	0289	0289	0000	0028	0297	0289	0289	0000	0115	0297	0283	0283	0000	0165	0297	0283	0283	0000	0215	0297	0283	0283	0000
- PreAlarma: 0000	0029	0298	0289	0289	0000	0030	0298	0289	0289	0000	0116	0298	0283	0283	0000	0166	0298	0283	0283	0000	0216	0298	0283	0283	0000
- Prefalha: 0000	0031	0299	0289	0289	0000	0032	0299	0289	0289	0000	0117	0299	0283	0283	0000	0167	0299	0283	0283	0000	0217	0299	0283	0283	0000
Valores Analogicos:	0033	0300	0289	0289	0000	0034	0300	0289	0289	0000	0118	0300	0283	0283	0000	0168	0300	0283	0283	0000	0218	0300	0283	0283	0000
0001 - 0283 0284 0410 0000	0035	0301	0289	0289	0000	0036	0301	0289	0289	0000	0119	0301	0283	0283	0000	0169	0301	0283	0283	0000	0219	0301	0283	0283	0000
Relacao %: 0000 0047	0037	0302	0289	0289	0000	0038	0302	0289	0289	0000	0120	0302	0283	0283	0000	0170	0302	0283	0283	0000	0220	0302	0283	0283	0000
DELTA_SCAN n: 0010	0039	0303	0289	0289	0000	0040	0303	0289	0289	0000	0121	0303	0283	0283	0000	0171	0303	0283	0283	0000	0221	0303	0283	0283	0000
	0041	0304	0289	0289	0000	0042	0304	0289	0289	0000	0122	0304	0283	0283	0000	0172	0304	0283	0283	0000	0222	0304	0283	0283	0000
	0043	0305	0289	0289	0000	0044	0305	0289	0289	0000	0123	0305	0283	0283	0000	0173	0305	0283	0283	0000	0223	0305	0283	0283	0000
	0045	0306	0289	0289	0000	0046	0306	0289	0289	0000	0124	0306	0283	0283	0000	0174	0306	0283	0283	0000	0224	0306	0283	0283	0000
	0047	0307	0289	0289	0000	0048	0307	0289	0289	0000	0125	0307	0283	0283	0000	0175	0307	0283	0283	0000	0225	0307	0283	0283	0000
	0049	0308	0289	0289	0000	0050	0308	0289	0289	0000	0126	0308	0283	0283	0000	0176	0308	0283	0283	0000	0226	0308	0283	0283	0000
	0051	0309	0289	0289	0000	0052	0309	0289	0289	0000	0127	0309	0283	0283	0000	0177	0309	0283	0283	0000	0227	0309	0283	0283	0000
	0053	0310	0289	0289	0000	0054	0310	0289	0289	0000	0128	0310	0283	0283	0000	0178	0310	0283	0283	0000	0228	0310	0283	0283	0000
	0055	0311	0289	0289	0000	0056	0311	0289	0289	0000	0129	0311	0283	0283	0000	0179	0311	0283	0283	0000	0229	0311	0283	0283	0000
	0057	0312	0289	0289	0000	0058	0312	0289	0289	0000	0130	0312	0283	0283	0000	0180	0312	0283	0283	0000	0230	0312	0283	0283	0000
	0059	0313	0289	0289	0000	0060	0313	0289	0289	0000	0131	0313	0283	0283	0000	0181	0313	0283	0283	0000	0231	0313	0283	0283	0000
	0061	0314	0289	0289	0000	0062	0314	0289	0289	0000	0132	0314	0283	0283	0000	0182	0314	0283	0283	0000	0232	0314	0283	0283	0000
	0063	0315	0289	0289	0000	0064	0315	0289	0289	0000	0133	0315	0283	0283	0000	0183	0315	0283	0283	0000	0233	0315	0283	0283	0000
	0065	0316	0289	0289	0000	0066	0316	0289	0289	0000	0134	0316	0283	0283	0000	0184	0316	0283	0283	0000	0234	0316	0283	0283	0000
	0067	0317	0289	0289	0000	0068	0317	0289	0289	0000	0135	0317	0283	0283	0000	0185	0317	0283	0283	0000	0235	0317	0283	0283	0000
	0069	0318	0289	0289	0000	0070	0318	0289	0289	0000	0136	0318	0283	0283	0000	0186	0318	0283	0283	0000	0236	0318	0283	0283	0000
	0071	0319	0289	0289	0000	0072	0319	0289	0289	0000	0137	0319	0283	0283	0000	0187	0319	0283	0283	0000	0237	0319	0283	0283	0000
	0073	0320	0289	0289	0000	0074	0320	0289	0289	0000	0138	0320	0283	0283	0000	0188	0320	0283	0283	0000	0238	0320	0283	0283	0000
	0075	0321	0289	0289	0000	0076	0321	0289	0289	0000	0139	0321	0283	0283	0000	0189	0321	0283	0283	0000	0239	0321	0283	0283	0000
	0077	0322	0289	0289	0000	0078	0322	0289	0289	0000	0140	0322	0283	0283	0000	0190	0322	0283	0283	0000	0240	0322	0283	0283	0000
	0079	0323	0289	0289	0000	0080	0323	0289	0289	0000	0141	0323	0283	0283	0000	0191	0323	0283	0283	0000	0241	0323	0283	0283	0000
	0081	0324	0289	0289	0000	0082	0324	0289	0289	0000	0142	0324	0283	0283	0000	0192	0324	0283	0283	0000	0242	0324	0283	0283	0000
	0083	0325	0289	0289	0000	0084	0325	0289	0289	0000	0143	0325	0283	0283	0000	0193	0325	0283	0283	0000	0243	0325	0283	0283	0000
	0085	0326	0289	0289	0000	0086	0326	0289	0289	0000	0144	0326	0283	0283	0000	0194	0326	0283	0283	0000	0244	0326	0283	0283	0000
	0087	0327	0289	0289	0000	0088	0327	0289	0289	0000	0145	0327	0283	0283	0000	0195	0327	0283	0283	0000	0245	0327	0283	0283	0000
	0089	0328	0289	0289	0000	0090	0328	0289	0289	0000	0146	0328	0283	0283	0000	0196	0328	0283	0283	0000	0246	0328	0283	0283	0000
	0091	0329	0289	0289	0000	0092	0329	0289	0289	0000	0147	0329	0283	0283	0000	0197	0329	0283	0283	0000	0247	0329	0283	0283	0000
	0093	0330	0289	0289	0000	0094	0330	0289	0289	0000	0148	0330	0283	0283	0000	0198	0330	0283	0283	0000	0248	0330	0283	0283	0000
	0095	0331	0289	0289	0000	0096	0331	0289	0289	0000	0149	0331	0283	0283	0000	0199	0331	0283	0283	0000	0249	0331	0283	0283	0000
	0097	0332	0289	0289	0000	0098	0332	0289	0289	0000	0150	0332	0283	0283	0000	0200	0332	0283	0283	0000	0250	0332	0283	0283	0000
	0099	0333	0289	0289	0000	0100	0333	0289	0289	0000															

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Contudo, sua visualização fica muito difícil devido a apresentação deste documento, portanto, para fins de desenvolvimento deste trabalho, as informações são apresentadas resumidas, conforme a Figura 42 - Informações para depuração resumidas.

Em detalhe, na Figura 43 – Bits de confirmação de Pré-Alarme e Alarme, pode-se observar analisando o tratamento digital das informações, que a central de alarme de incêndio efetua no mínimo duas medições para considerar um alarme válido, sendo as confirmações efetuadas através dos bits de Pré-Alarme e Alarme.

Figura 43 – Bits de confirmação de Pré-Alarme e Alarme

Estados Digitais:	
- Tipo:	0000
- Presente:	0001
- Alarme:	0000
- Acionado:	0000
- Bloqueado:	0000
- FeedBack:	0000
- FeedBackRc:	0000
- Reportado:	0000
- PreAlarme:	0000
- PreFalha:	0000

Alarme

Pré-Alarme

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Ou seja, após efetuar um escaneamento, ocorrendo uma sinalização de alarme, o bit de Pré-Alarme é setado, mas nenhum alarme é gerado. Se em um próximo escaneamento uma nova sinalização de alarme ocorrer, o bit de Alarme então é setado sinalizando assim uma condição de alarme para a central.

Pode-se concluir que o tempo total de alarme na pior condição foi aumentado para 8,532 segundos, um valor ainda dentro do especificado.

Contudo, uma condição muito rara e especial de funcionamento ainda pode ocorrer, sendo a seguinte: imagina-se que a placa de laço está realizando o escaneamento, e este sendo sequencial, encontra-se já no endereço número 2 ou maior do laço, e neste exato momento o endereço número 1 sinaliza alarme. Ocorre que sua primeira sinalização somente será percebida, ao final do escaneamento atual, que caso esteja no endereço 2, ainda conta com total de $(249 \text{ endereços de } 16 \text{ ms} + 250 \text{ ms}) = 4,234 \text{ segundos}$.

Ou seja, calculando o tempo total para finalização do escaneamento atual, mais o escaneamento de Pré-Alarme, mais o escaneamento de Alarme $(4,234 \text{ segundos} + 4,266 \text{ segundos} + 4,266 \text{ segundos})$ um total de 12,766 segundos, tempo este de 2,766 segundos superior ao permitido por norma.

A Tabela 4 – Tempos totais para atendimento de alarme, pior condição, demonstra todos os valores calculados para atendimento de alarme considerando a pior condição conforme citado anteriormente.

É interessante observar, que a partir do endereço 175, o tempo total passa a estar dentro da margem estipulada em norma.

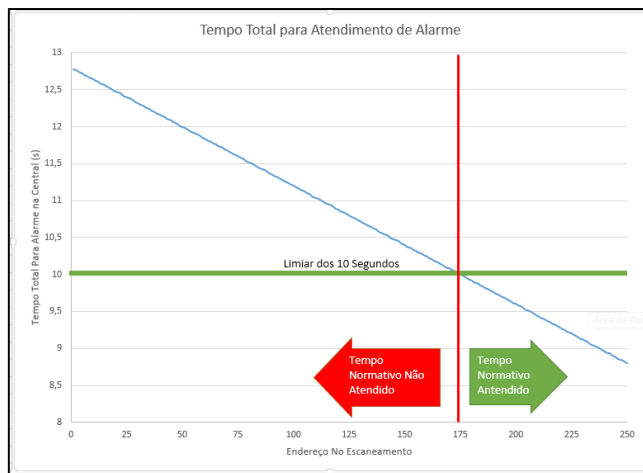
Tabela 4 – Tempos totais para atendimento de alarme, pior condição

Endereço Perdido no Escaneamento	Tempo Restante do Escaneamento perdido (ms)	Escaneamento Pré-Alarme (ms)	Escaneamento Alarme (ms)	Tempo Total Para Alarme na Central (s)	Tempo Normativo Atendido?
1	4250	4266	4266	12,78	Não
2	4234	4266	4266	12,77	Não
3	4218	4266	4266	12,75	Não
...	...	...	...	...	Não
172	1514	4266	4266	10,05	Não
173	1498	4266	4266	10,03	Não
174	1482	4266	4266	10,01	Não
175	1466	4266	4266	10,00	Sim
176	1450	4266	4266	9,98	Sim
177	1434	4266	4266	9,97	Sim
...	...	...	...	...	Sim
247	314	4266	4266	8,85	Sim
248	298	4266	4266	8,83	Sim
249	282	4266	4266	8,81	Sim
250	266	4266	4266	8,80	Sim

Fonte: Elaboração do Autor, 2023.

De forma visual também pode-se observar o mesmo comportamento no Gráfico 1 - Tempo Total para Atendimento de Alarme, onde a linha verde no eixo y delimita os 10 segundos normativos:

Gráfico 1 - Tempo Total para Atendimento de Alarme



Fonte: Elaboração do Autor, 2023.

Este tempo adicional de quase 3 segundos, é o alvo a ser eliminado com as melhorias propostas adiante, adequando o sistema as temporizações normativas.

3.4 COMPORTAMENTO DO SINAL DE COMUNICAÇÃO SOBRE O PAR DE FIOS ALIMENTADO

Antes de prosseguir com as alterações e propostas de melhorias, um comportamento conhecido do meio de comunicação usando (par de fios de incêndio) deve ser enfatizado, pois o mesmo tem impacto quanto ao aproveitamento da taxa de dados (ou frequência) que pode ser alcançada.

Conforme explicado no capítulo sobre o meio de transmissão, o cabo de incêndio possui grandezas elétricas que devem ser consideradas, como resistência, indutância e capacitância, principalmente quando relacionado a um grande comprimento do cabeamento, conforme Figura 44 – Laço de cabos de incêndio de grande comprimento (1500 metros).

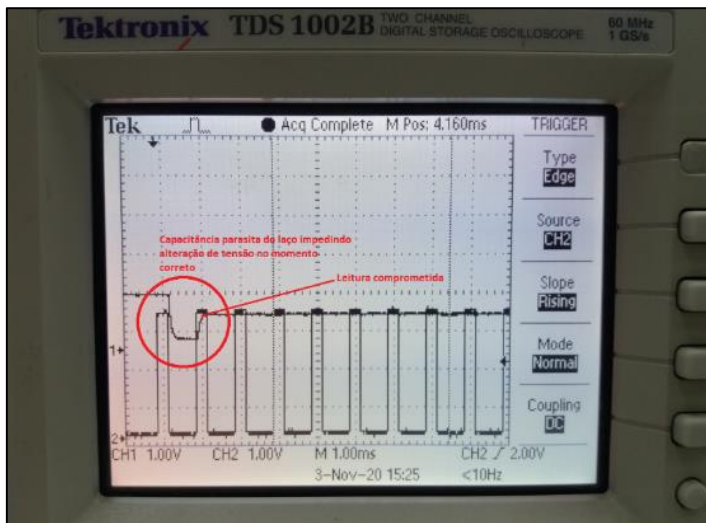
Figura 44 – Laço de cabos de incêndio de grande comprimento (1500 metros).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Um dos feitos com impacto negativo já conhecido pelo autor, é sua capacitância parasita, que em determinadas circunstâncias proporciona uma leitura de corrente lida erroneamente, conforme a Figura 45 - Leitura comprometida, pois o capacitor parasita formado pelo laço, não permite uma rápida transição de tensão durante a modulação do sinal.

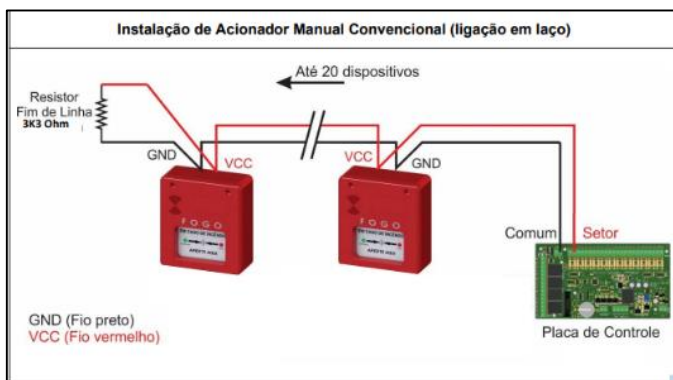
Figura 45 - Leitura comprometida



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para resolver este problema, algumas técnicas podem ser aplicadas, como trabalhar com baixa velocidade de modulação, inserção de um elemento terminador de linha (resistor de final de linha) conforme Figura 46 – Resistor de Final de Linha, que pode descarregar o capacitor formado pelo cabo, entre outros. Contudo, a primeira opção é inversamente proporcional ao desejo de aumentar a taxa de comunicação, e a segunda acaba por delegar a instalação correta do elemento resistivo pelo consumidor final, o que por vezes costuma não ocorrer, além de este elemento resistivo irá demandar e dissipar uma quantidade de potência que deverá ser fornecida pela central a todo momento.

Figura 46 – Resistor de Final de Linha



Fonte: Tecnohold, 2023.

Também pode ser feita uma compensação no *software* de leitura, ajustando o valor de leitura conforme o comprimento do cabo aumente. Essa técnica também possui limitações, pois

a partir do momento que o efeito capacitivo se torna muito grande, não é mais possível sua compensação.

3.5 MODIFICAÇÃO DE SOFTWARE PARA AUMENTO DA TAXA DE COMUNICAÇÃO

3.5.1 O Microcontrolador Utilizado

O microcontrolador utilizado no projeto da placa de laço é um item da família chamada HS08, da empresa americana *Freescalle*, um braço da antiga *Motorolla* e atualmente pertencente a empresa *NXP*.

O *Part-Number* do microcontrolador em questão é MC9S08QE128, e pode ser visto na Figura 47 - Microcontrolador da placa de laço, e conta com as seguintes características:

- 128 kbytes de *Flash*
- 8 kbytes de RAM
- Conversor ADC de 8, 10 e 12 bits
- 6 Temporizadores de uso geral
- 70 portas de entrada e saída
- 2 interfaces seriais (USART)

Figura 47 - Microcontrolador da placa de laço



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A interface de depuração utilizada é o *Cyclone Pro* fabricado pela *PE Micro*, conforme visto em Figura 48 - Ferramenta de depuração. Este é um gravador e depurador padrão para ser

utilizado com esta classe de micro controladores, e permitindo análise em tempo real do código que está sendo executado, leitura de variáveis, registradores, etc.

Figura 48 - Ferramenta de depuração



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Dentre os fatores que culminam em não necessitar a troca do microcontrolador por itens mais populares no mercado como a plataforma *Arduino* por exemplo, destacam-se: possuir espaço de memória de código disponível para expansão, a disponibilidade imediata do item e placa de consolidada, disponibilidade das ferramentas de desenvolvimento, e já adquirida expertise do autor em questão, que já teve a oportunidade de desenvolver nesta arquitetura anteriormente.

3.5.2 Linguagem e ambiente de programação

Para o *software* da placa de laço escrito para o micro controlador em questão, foi utilizado a linguagem C, escrita e compilada utilizando a *IDE CodeWarrior V11 da Freescale*, atual *NXP*.

A linguagem C tem desempenho excelente para este tipo de aplicação, e é quase universalmente utilizada quando se trata desde tipo de implementação, *software* embarcado.

O *CodeWarrior* é uma *IDE* nativa para a arquitetura do chip escolhido, possibilitando sua máxima exploração, inclusive permitindo o uso de trechos em linguagem *assembly* se assim o programador desejar, pode-se ver sua interface na Figura 49 - Visão geral da *IDE CodeWarrior*.

Figura 50 - Portas de entrada e saída

```

12
13 /*debug*/
14 #define TRIGGER          FTAD_FTAD1
15 #define TRIGGER          FTAD_FTAD1
16
17 #define RS485C           PTJD_PTJD3
18 #define RELE_GRAVA_LE   FTHD_FTHD2
19 #define CMD_24           FTFD_FTFD4
20 #define CMD_SIR          FTFD_FTFD5
21 #define CMD_RELE         FTFD_FTFD6
22 #define LED1             FTBD_FTBD3
23 #define LED2             FTBD_FTBD2
24
25 //Canal AD
26 #define AD_VSIR          2
27 #define AD_V24           3
28 #define AD_VFONTE        8
29
30 //--- Lago 1
31 #define L1_MOD           FTHD_FTHD0
32 #define L1_OFF           FTHD_FTHD1
33 #define R1_ON_POSITIVO   FTHD_FTHD4
34 #define R1_ON_NEGATIVO   FTHD_FTHD5
35
36 #define AD_L1            0
37 //---
38
39 //--- Lago 2
40 #define L2_MOD           FTED_FTED5
41 #define L2_OFF           FTCD_FTCD3
42 #define R2_ON_POSITIVO   FTDD_FTDD6
43 #define R2_ON_NEGATIVO   PTJD_PTJD6
44
45 #define AD_L2            17
46 //---
47
48

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

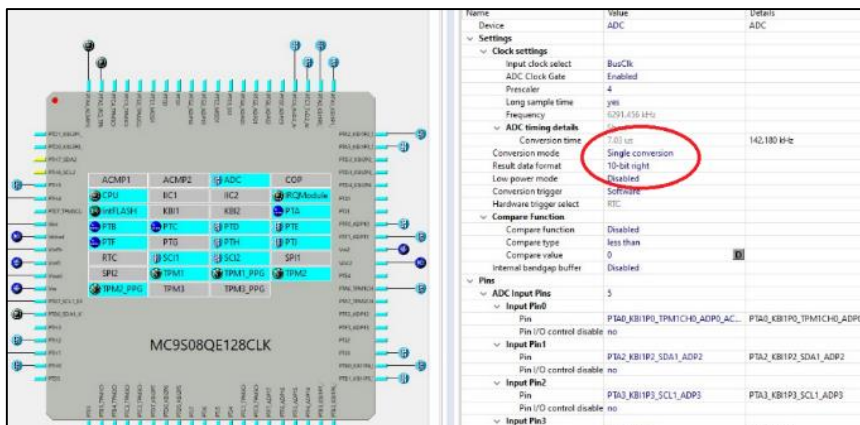
3.5.3.2 Periférico conversor analógico digital, ou ADCs

A configuração dos conversores analógicos digitais, foi efetuada de formar a obter-se uma resolução de 10 bits, tomando o devido cuidado de selecionar um tempo de amostragem mais baixo que o máximo permitido pelo *hardware* do microcontrolador.

Nesta resolução, os valores convertidos de 0 a 3,3 Volts, são representado por valores de 0 a 1023.

A forma de disparo deste conversor é controlada por *software*, no momento oportuno do programa, conforme na Figura 51 - ADC.

Figura 51 - ADC



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.5.4 Software Modificado para aumento da Taxa de Comunicação

A abordagem proposta para redução do tempo de comunicação e atendimento da temporização normativa de 10 segundos, é o aumento da taxa de comunicação utilizada no protocolo de comunicação do laço.

Atualmente, conforme explicado detalhadamente no 3.2, a placa de laço utiliza 16 ms de tempo de quadro para concluir a leitura de 1 dispositivo, sendo que este tempo é dividido igualmente em porções de 4 ms.

Especialmente a última porção de 4 ms é utilizada como um separador de quadro, sinalizando que a leitura do quadro finalizou.

A proposta consiste em diminuir esta última fatia de 4 ms para um tempo menor, e também reduzir a fatia maior para um tempo menor, de forma a reduzir o tempo total de quadro sem afetar o funcionamento geral do sistema.

O tempo proposto de redução foi calculado da seguinte maneira, levando em conta as seguintes considerações:

- Tempo excedente: 2,766 segundos conforme explicado em 3.3.
- Tempo desejado: 10 segundos.
- Quantidade de dispositivos: 250 + 1 (quadro 0 referencial).
- Quantidade escaneamentos: 2 + 1, sendo 2 completos e 1 perdido.

Portanto, o tempo de quadro pode ser calculado pela equação (7):

$$TempoDeQuadro(s) = \frac{\left(\frac{TD}{QE}\right)}{QD} \quad (7)$$

TD = TempoDesejado
 QE = QuantidadeEscaneamentos
 QD = QuantidadeDeDispositivos

Resolvendo a equação (7) com os parâmetros mencionados anteriormente, o tempo de quadro é de 13,28 ms.

Utilizando 13 ms como resultado arredondado, obtém-se o tempo de escaneamento dos dispositivos resolvendo a equação (8):

$$T.Escaneamento = TempoDeQuadro * nDispositivos * qEscaneamentos \quad (8)$$

Resultando em 9,789 segundos.

Contudo, ainda deve-se considerar que existe o tempo de intervalo (resincronia) entre cada escaneamento completo, que atualmente é de 250 ms. Levando este tempo em consideração, obtemos a equação (9):

$$TempoTotal = T.Escaneamento + (3 * TempoResincronia) \quad (9)$$

Resultando em 10,539 segundos.

Ou seja, ainda não satisfatório para atendimento normativo.

Outra proposta foi tentada, desta vez fixando o tempo de quadro em 12 ms que o valor redondo abaixo dos 13 ms anteriores.

Resolvendo a equação (8) e (9) novamente, obtém-se um tempo total máximo no pior caso de:

$$(12 * 251 * 3) + (3 * 250) = 9,786 \text{ segundos}$$

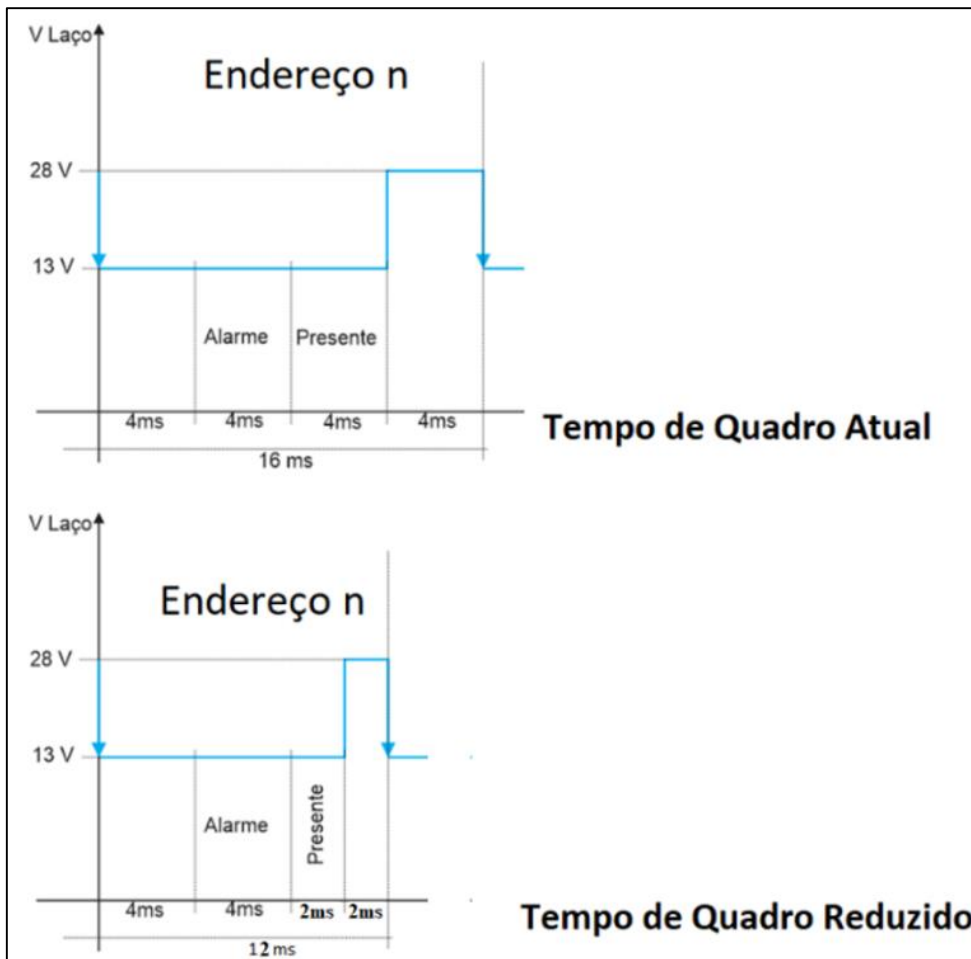
Este valor está dentro dos 10 segundos pretendidos e exigidos normativamente, lembrando que a condição calculada é a pior possível.

Levando em consideração que o tempo de quadro passou de 16 ms para os 12 ms calculados, deve-se descontar 4 ms dos quadros de tempo, por tanto, a proposta de alteração no *software* é a seguinte:

- Alterar o tempo de final do quadro de dispositivo de 4 ms, para 2 ms;
- Alterar o tempo restante de quadro, de 12 ms para 10 ms;

A comparação entre o funcionamento atual e o novo esquema de temporizações calculado pode ser visto na Figura 52 – Comparação dos esquemas de temporização atual e reduzido.

Figura 52 – Comparação dos esquemas de temporização atual e reduzido.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Estes tempos são controlados pelas seguintes definições no *firmware* da placa de laço, e podem ser vistas na Figura 53 – Controle do tempo Alto, em 4 ms em Figura 54 – Controle do tempo baixo, em 12 ms, sendo que as alterações de temporização foram efetuadas conforme informado nas imagens citadas anteriormente.

Figura 53 – Controle do tempo Alto, em 4 ms

```
#define MS_TIME_HI_NORMAL 4 ➡ Alterado de 4 ms para 2 ms
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

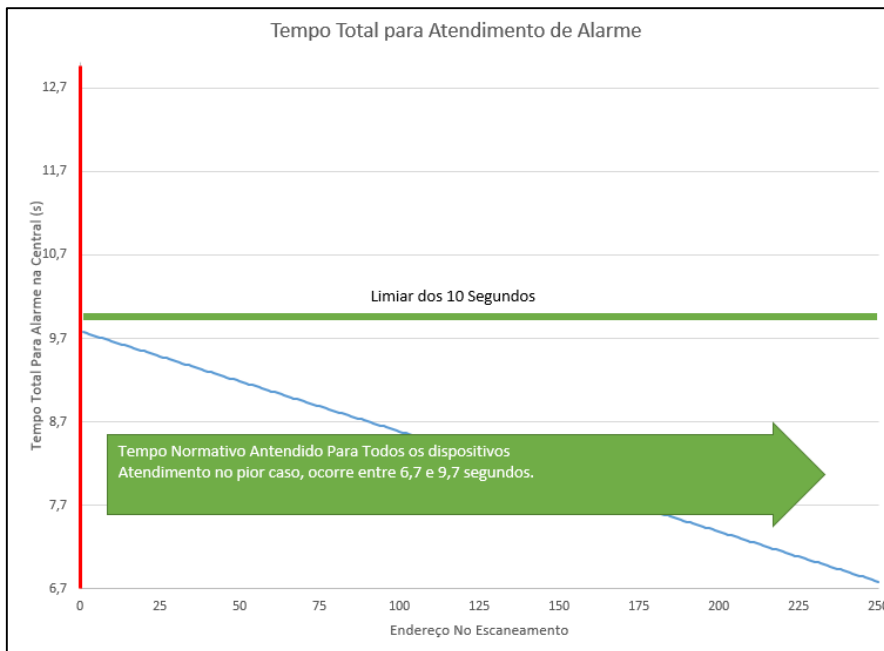
Figura 54 – Controle do tempo baixo, em 12 ms

```
#define MS_TIME_LO_NORMAL 12 ➡ Alterado de 12 ms para 10 ms
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Com estas alterações efetuadas, espera-se obter o seguinte resultado teórico conforme demonstrado no Gráfico 2 – Resultado teórico das temporizações

Gráfico 2 – Resultado teórico das temporizações

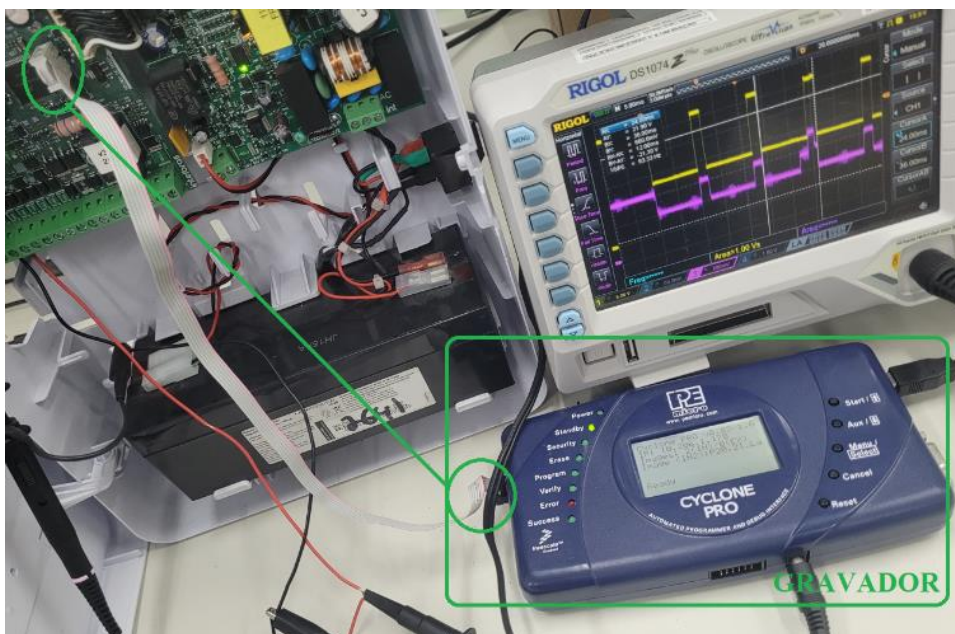


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Ou seja, todas as possibilidades de leitura de endereços agora estão dentro dos 10 segundos normativos.

Após realizar as alterações propostas anteriormente, o *firmware* agora modificado foi compilado, verificando-se se não ocorreriam erros de compilação, e posteriormente gravados no microcontrolador da placa através da interface de programação, como demonstrado na Figura 55 – Gravação do micro controlador.

Figura 55 – Gravação do micro controlador.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A gravação ocorreu com sucesso, etapa esta que foi constatada confirmando o *LED Sucess* na ferramenta de *debug* e gravação, conforme Figura 56 – *LED* indicador de sucesso e erro da ferramenta de gravação e *debug*.

Figura 56 – *LED* indicador de sucesso e erro da ferramenta de gravação e *debug*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Esta alteração foi testada na prática, e documentada nos capítulos seguintes, a fim de verificar se os tempos calculados ocorreram na realidade.

3.6 MODIFICAÇÃO DE *HARDWARE* PARA AUMENTO DA TAXA DE COMUNICAÇÃO

3.6.1 *Hardware Atual*

O *Hardware* atual utilizado para modulação da tensão no laço, visto na Figura 57 – Circuito atual de modulação, consiste basicamente de 2 fontes de tensão de referência, uma de 13 Volts e outra de 30 Volts, além da fonte principal de 24 Volts, sendo que o controle é feito através do componente Q1, um transistor de sinal (baixa corrente) BC847 que recebe o sinal Modulação do microcontrolador e polariza a entrada inversora do amplificador operacional U2 LT1413 que posteriormente polariza através do resistor R5 o transistor de potência Q2 TIP41 com a tensão da fonte de referência de 13 Volts ou 30 Volts.

Em estado relaxado (sem comando do micro controlador) o transistor TIP41 está polarizado com 13 Volts, atuando como um regulador de tensão, enviando esta tensão de referência ao sinal positivo do Laço.

Quando atuado pelo circuito, funciona como chave, e envia a tensão de 24 Volts ao positivo do Laço, completando assim os dois degraus de modulação da tensão no laço.

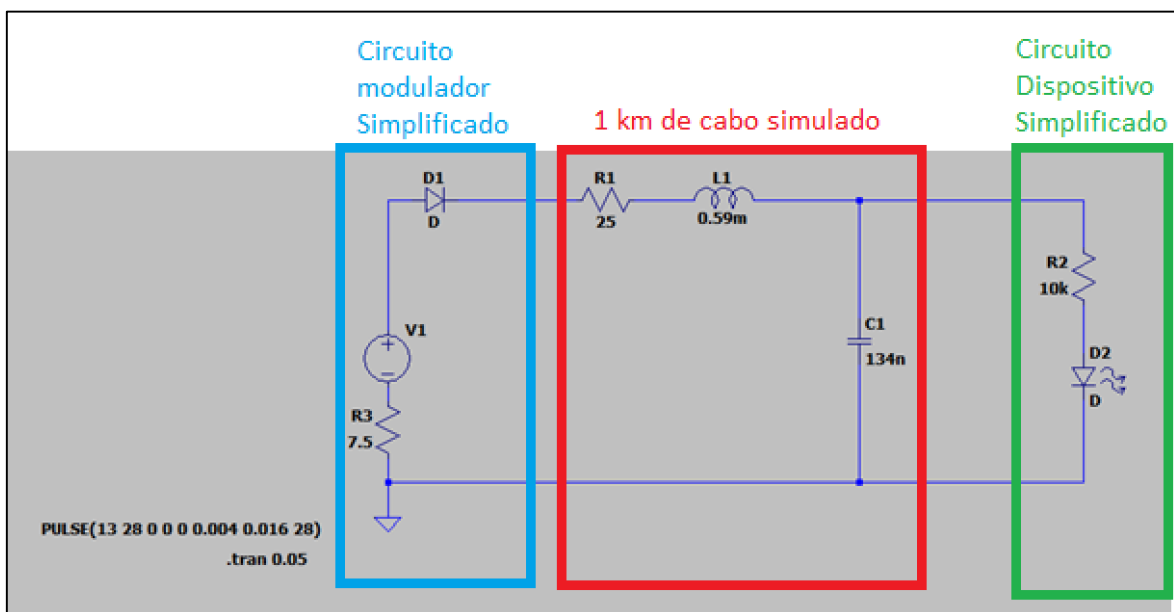
3.6.2 Hardware Modificado

Devido aos efeitos capacitivos já discutidos o item 2.11 que estão presente no cabo de detecção, quando o transistor TIP41 é atuado, este carrega o capacitor formado pela capacitância parasita dos elementos do laço. O laço então encontra-se carregado com a tensão da fonte de 24 Volts. Ocorre que ao comandar o transistor para que a tensão de 13 Volts seja imposta no laço, esta não é imposta instantaneamente no cabeamento porque o cabo está carregado com os 24 Volts da fonte.

Isto causa um efeito onde a corrente de sinalização não trafega pelo resistor *shunt* do circuito, pois o caminho mais fácil para o fornecimento de corrente é entre o capacitor do cabo e o dispositivo, ou seja, neste momento o capacitor do cabo está comportando-se como a fonte do sistema, e não as fontes da placa de laço.

Uma simulação dos circuitos simplificados da central, dos parâmetros do cabeamento, conforme Tabela 3 – Características Técnicas do Cabo de Incêndio, e do circuito do dispositivo foi feita usando o *software LTspice*, conforme demonstrado na Figura 58 – Simulação de 1 km de Cabo de Incêndio (*LTspice*).

Figura 58 – Simulação de 1 km de Cabo de Incêndio (*LTspice*)

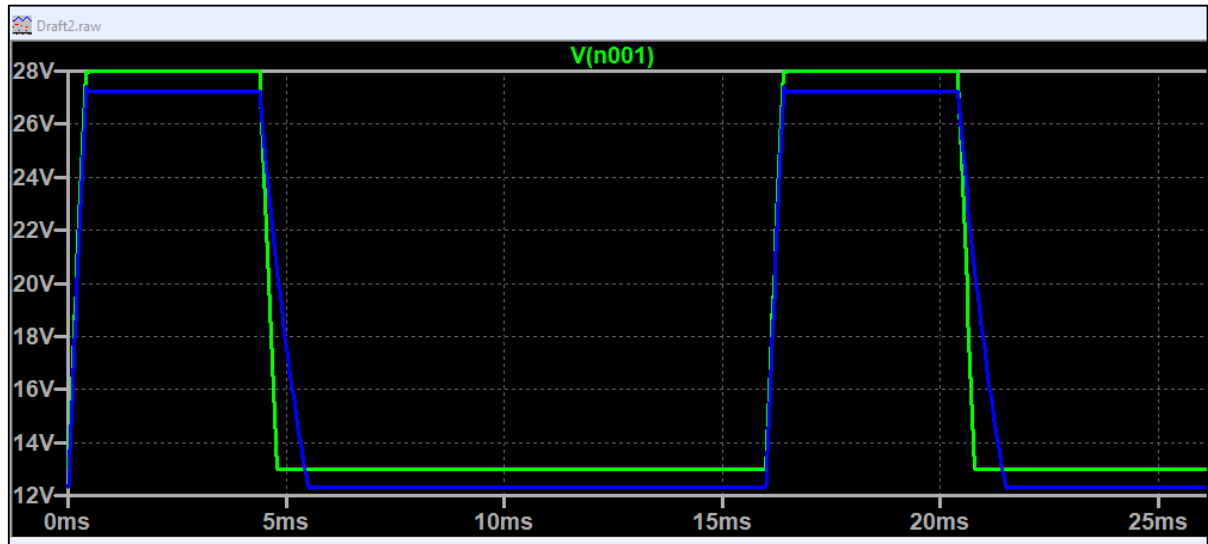


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Pode-se verificar na Figura 59 – Tensão na fonte V1 (verde) vs. Tensão na “ponta” do cabo C1 (azul), a tensão da fonte não é exatamente a mesma tensão que aparece na extremidade

do cabeamento, o qual alimenta a carga, devido principalmente ao efeito capacitivo do cabo de incêndio.

Figura 59 – Tensão na fonte V1 (verde) vs. Tensão na “ponta” do cabo C1 (azul)



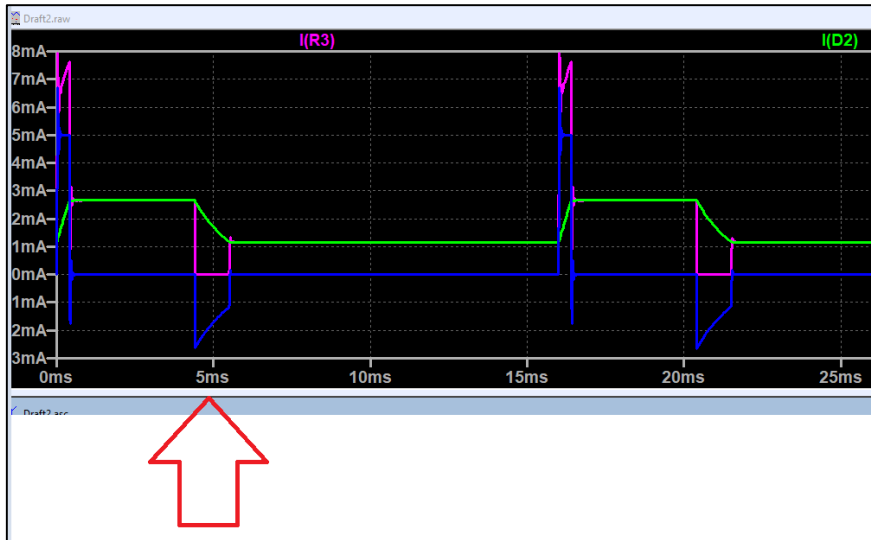
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Com isto, verifica-se na Figura 60 – Circulação de Corrente entre Cabo e Dispositivo, que a corrente representada na cor rosa, é a corrente que circula pela fonte do modulador e pelo resistor *shunt*, que é o sensor de corrente da placa de laço da central.

Contudo, no momento em que a tensão do modulador passa dos 28 Volts para os 13 Volts (indicados pela região da seta vermelha) a corrente no *shunt* zera completamente, e a corrente demonstrada em azul, que é a corrente fornecida pelo capacitor parasita, agora passa a circular para a carga.

A carga, ou o dispositivo, representado em verde, neste momento está sendo “suprido” pelo capacitor parasita do laço, ou seja, a placa de laço não consegue detectar o nível de corrente (sinal) devido a este efeito.

Figura 60 – Circulação de Corrente entre Cabo e Dispositivo



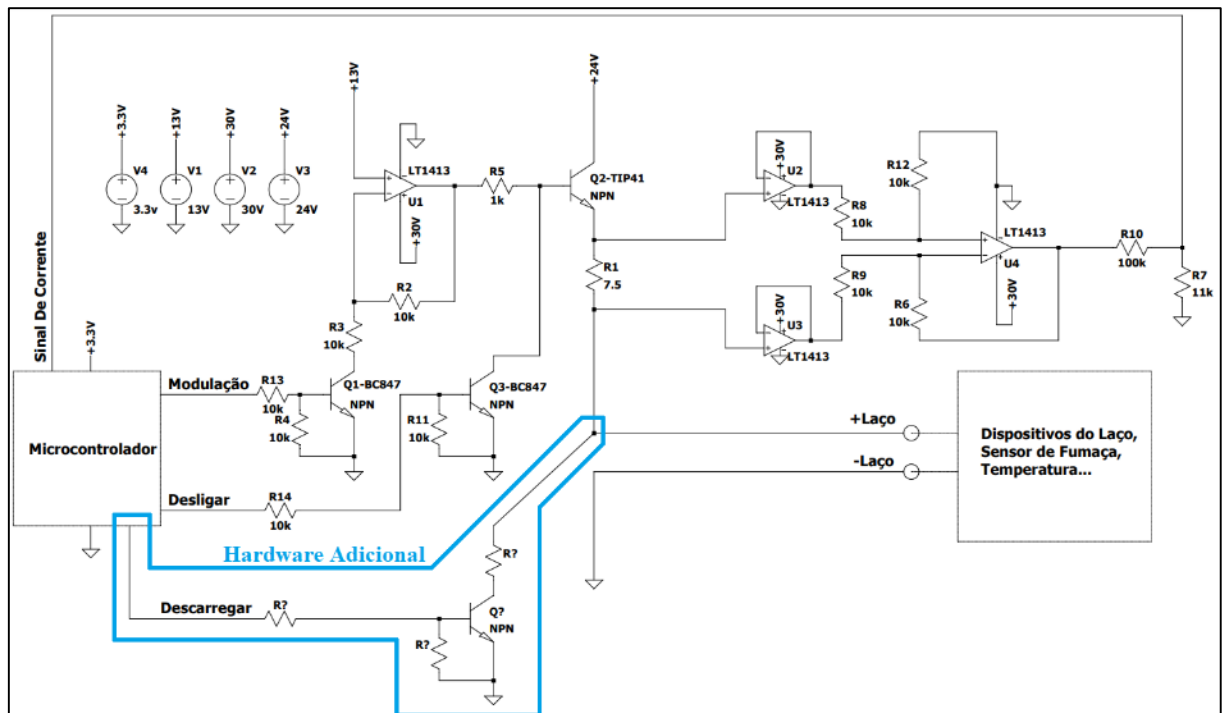
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Este efeito é prejudicial, conforme explicado no item 2.11, pois as leituras efetuadas pelo microcontrolador podem ser prejudicadas, sendo que após efetuar-se um aumento na taxa de comunicação, a tendência é que o efeito seja ainda mais prejudicial.

A fim de mitigar este efeito, a proposta de circuito é a introdução de um elemento ativo (transistor) e um elemento passivo (Resistor de descarga), conforme Figura 61 – Alteração de *Hardware*, que será ativado por *software* no exato momento em que ocorre a transição de 24 Volts para 13 Volts através do sinal Descarregar.

O efeito esperado é a descarga acelerada do capacitor formando pelo laço, agilizando assim a estabilização da tensão de 13 Volts, e possibilitando a circulação de corrente pelo resistor *shunt* do circuito.

Figura 61 – Alteração de *Hardware*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para construção do circuito adicional, um transistor modelo TIP 122 foi utilizado. As principais características levadas em conta para sua escolha foram que por ser do tipo *darlington* tem elevado ganho de corrente, contando com um hFE (ganho estático de corrente) típico de 2500, esta característica permite que o mesmo seja acionado pelo microcontrolador utilizado sem maiores problemas quando ao suprimento de corrente para sua base. Também possui capacidade de corrente de 5 Amperes e suporta tensão entre coletor e emissor de até 100 Volts. Estas características são mais que suficientes para manter sua operação contínua para os níveis de tensão e corrente que o circuito demanda, pois está até de certa forma sobredimensionado para a aplicação, mas devido a sua disponibilidade imediata foi utilizado. Algumas das características podem ser visualizadas na Figura 62 – Transistor TIP 122 utilizado no circuito.

Figura 62 – Transistor TIP 122 utilizado no circuito

TIP120, TIP121, TIP122 (NPN); TIP125, TIP126, TIP127 (PNP)

Plastic Medium-Power Complementary Silicon Transistors

Designed for general-purpose amplifier and low-speed switching applications.

Features

- High DC Current Gain –

$h_{FE} = 2500 \text{ (Typ) @ } I_C$
 $= 4.0 \text{ Adc}$
- Collector-Emitter Sustaining Voltage – @ 100 mAdc

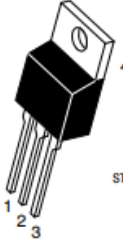
$V_{CE(sus)} = 60 \text{ Vdc (Min) – TIP120, TIP125}$
 $= 80 \text{ Vdc (Min) – TIP121, TIP126}$
 $= 100 \text{ Vdc (Min) – TIP122, TIP127}$
- Low Collector-Emitter Saturation Voltage –

$V_{CE(sat)} = 2.0 \text{ Vdc (Max) @ } I_C = 3.0 \text{ Adc}$
 $= 4.0 \text{ Vdc (Max) @ } I_C = 5.0 \text{ Adc}$
- Monolithic Construction with Built-In Base-Emitter Shunt Resistors
- Pb-Free Packages are Available*



ON Semiconductor®
www.onsemi.com

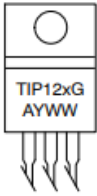
**DARLINGTON
5 AMPERE
COMPLEMENTARY SILICON
POWER TRANSISTORS
60–80–100 VOLTS, 65 WATTS**



**TO-220AB
CASE 221A
STYLE 1**

STYLE 1:
PIN 1. BASE
2. COLLECTOR
3. EMITTER
4. COLLECTOR

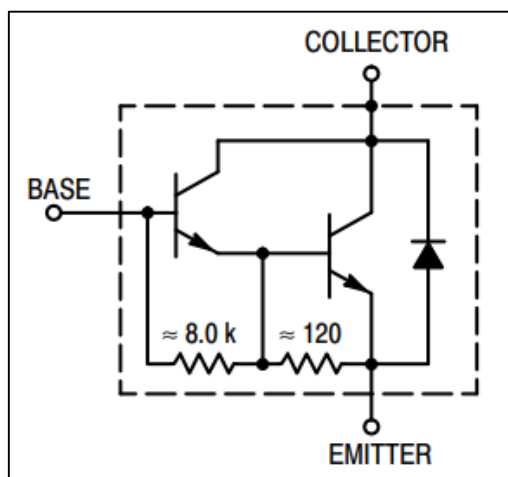
**MARKING
DIAGRAM**



Fonte: ON Semiconductor, 2023.

Seu circuito equivalente pode ser verificado na Figura 63 – TIP 122 circuito equivalente.

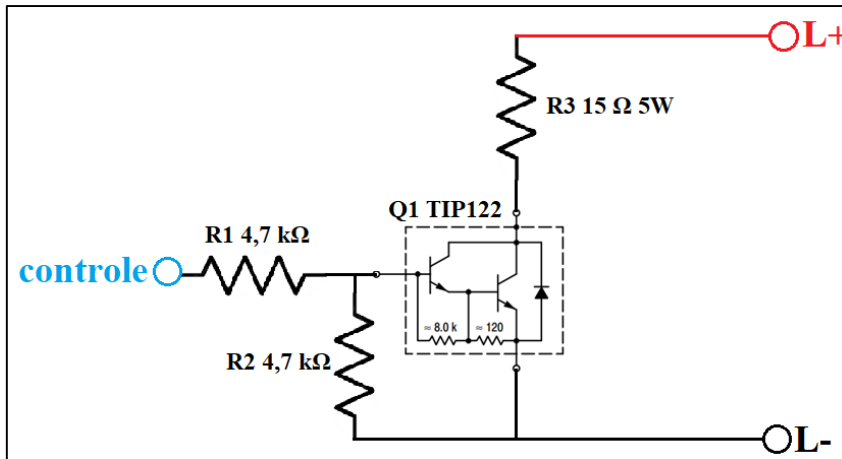
Figura 63 – TIP 122 circuito equivalente



Fonte: ON Semiconductor, 2023.

O esquema elétrico do circuito proposto pode ser visto na Figura 64 – Circuito Completo, onde verifica-se o transistor Q1 TIP 122, o resistor limitador da corrente de base R1, o resistor R2 que mantém o transistor desligado caso o sinal de controle fique indefinido ou flutuando e o resistor R3 que é o elemento de descarga.

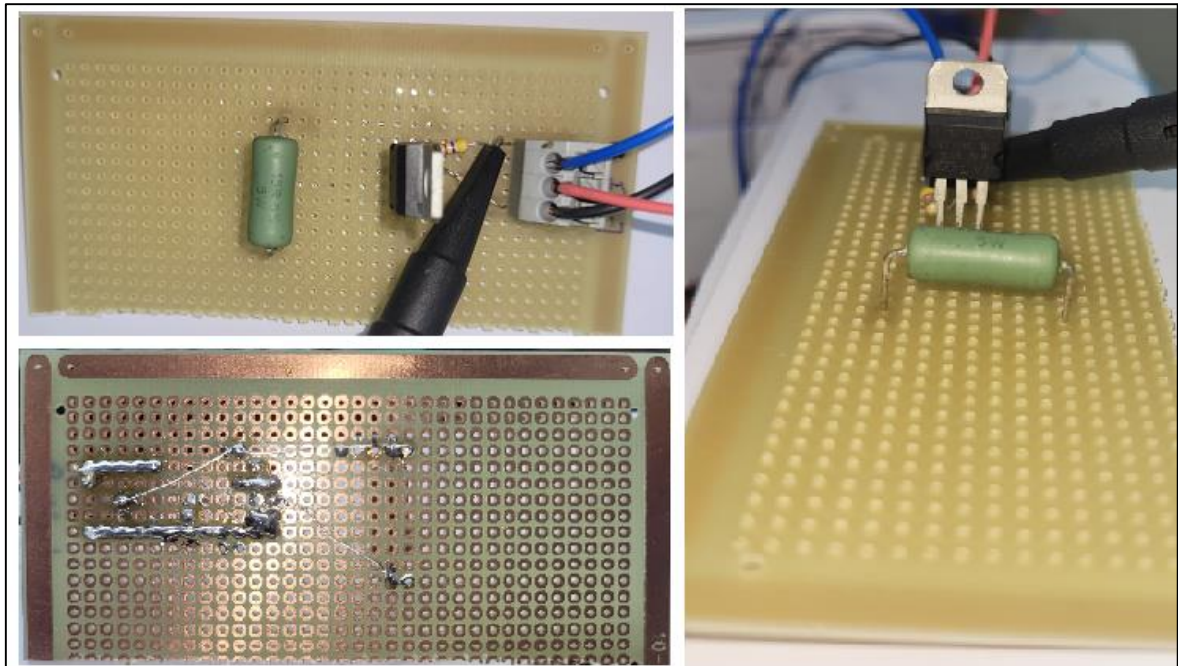
Figura 64 – Circuito Completo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O circuito foi montado em uma placa protótipo, conforme pode ser visto em Figura 65 – Circuito protótipo montado.

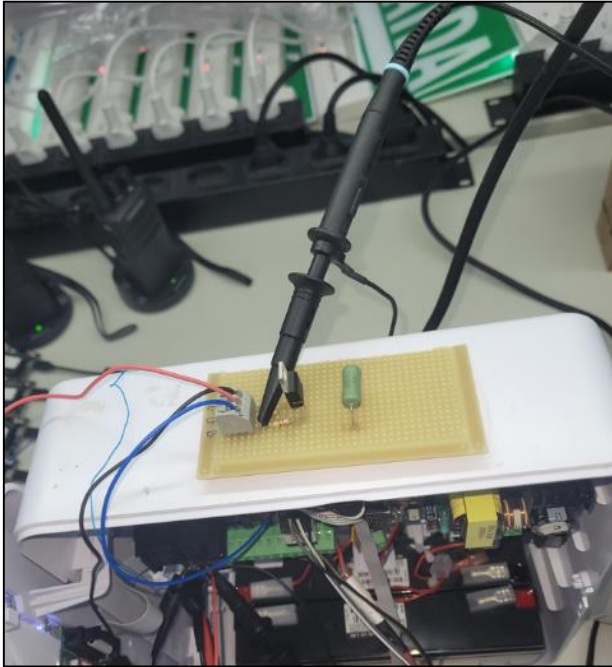
Figura 65 – Circuito protótipo montado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

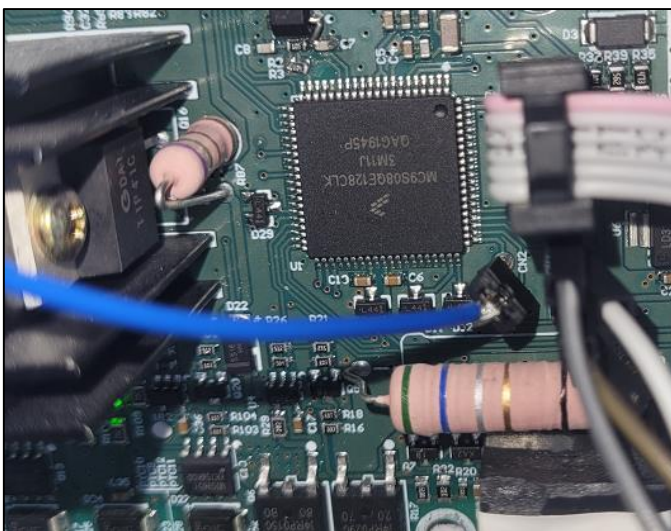
Para fins de facilidade de instalação, o circuito foi mantido fora do gabinete da central, porém conectado com a placa de laço, conforme demonstrado na Figura 66 – Circuito instalado e na Figura 67 – Conexão do sinal de controle (cabo azul) a uma porta do microcontrolador.

Figura 66 – Circuito instalado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 67 – Conexão do sinal de controle (cabo azul) a uma porta do microcontrolador



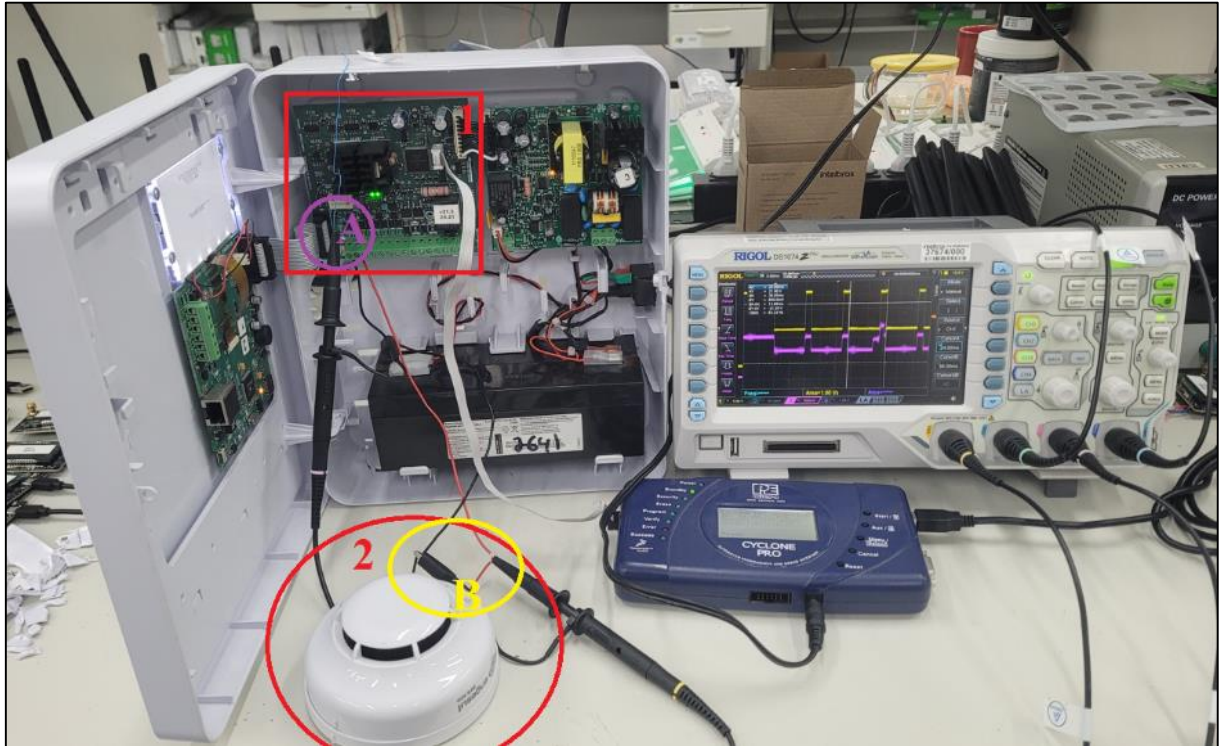
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Nota-se também uma ponteira de osciloscópio (com identificador de canal azul) que está previamente conectado ao pino de controle do transistor e foi utilizada para verificar seu acionamento.

4 RESULTADOS OBTIDOS

As implementações, coletas de dados e testes foram feitos baseados no cenário da Figura 68 – Cenário de testes abaixo:

Figura 68 – Cenário de testes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Podem ser observados em vermelho:

1 – Placa de laço, onde o *firmware* foi modificado, e onde o *hardware* adicional foi conectado externamente.

2 – Dispositivo cadastrado com endereço número 2, conectado a placa de laço.

Em Roxo, A, aquisição do canal de cor correspondente no osciloscópio, representando o sinal enviado pelo dispositivo.

Em Amarelo B, aquisição do canal de cor correspondente no osciloscópio, representado o sinal de modulação enviado pela placa de laço.

4.1 VELOCIDADE DE COMUNICAÇÃO ALCANÇADA NA PRÁTICA APÓS ALTERAÇÃO DO *FIRMWARE*

Com as modificações efetuadas, a velocidade de comunicação foi alterada. Esta alteração na velocidade pode ser calculada como sendo o inverso do período de tempo de cada dispositivo.

Anteriormente, cada dispositivo consumia 16 ms, portanto, segundo a equação (10)

$$Frequência (Hz) = \frac{1}{tempo(s)} \quad (10)$$

A taxa era de 62,5 Hz, e pode ser verificada na imagem Figura 69 – Taxa anterior, sendo o traço em amarelo a modulação efetuada pela placa de laço e o traço em roxo a resposta do dispositivo detector de fumaça que está sobre ensaio.

Figura 69 – Taxa anterior



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Pode-se observar na Figura 70 – Taxa alterada, que o osciloscópio registra uma frequência de 83,33 Hz, o que é condizente com a nova temporização calibrada no *firmware* da placa de laço, e pode ser verificada também utilizando a equação (10) mencionada anteriormente, pois o período atual é de 12 ms.

Figura 70 – Taxa alterada



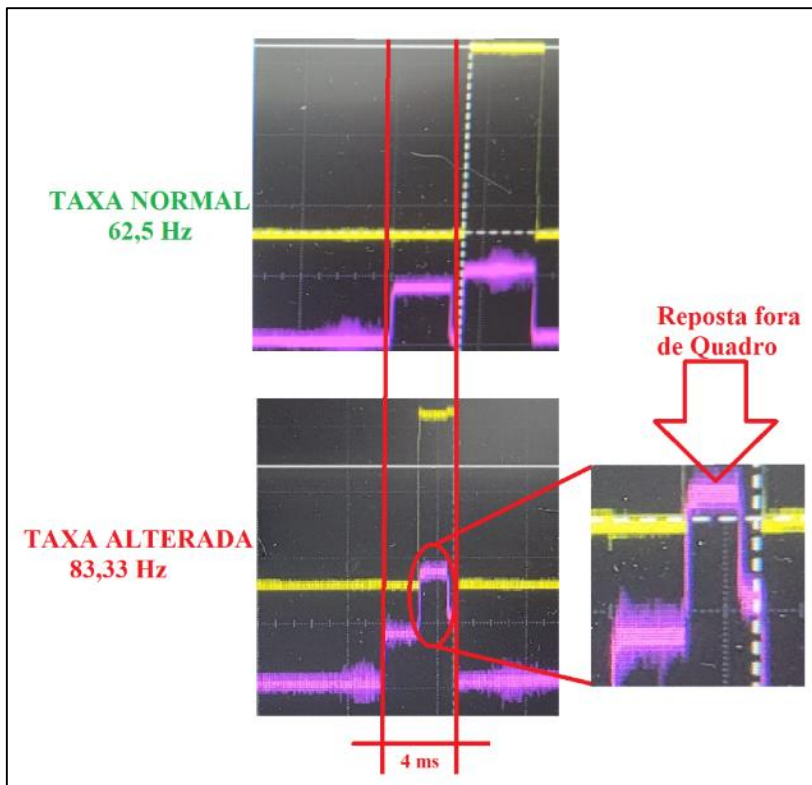
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Portanto, a alteração que visava aumentar a taxa de comunicação foi concluída com sucesso, pois na prática a taxa foi realmente aumentada de 62,5 Hz para 83,33 Hz, e também verifica-se que o dispositivo continuou entendendo a comunicação enviada pela placa de laço, e enviando seu pulso de reposta.

4.2 PROBLEMA ENCONTRADO APÓS ALTERAÇÃO DA VELOCIDADE DE COMUNICAÇÃO

Apesar do sucesso alcançado com a alteração da velocidade de comunicação, pode-se observar também, que a resposta do dispositivo, traço roxo da Figura 70 – Taxa alterada, manteve seu período de atuação, comportamento considerado normal, pois não foram feitas alterações em seu *firmware* (somente na placa de laço), e devido a isto, verifica-se que o sinal de resposta do dispositivo que indica sua presença no laço de detecção está sendo parcialmente perdido devido ao dispositivo estar respondendo fora do quadro, conforme fica evidenciado na Figura 71 – Resposta fora de quadro.

Figura 71 – Resposta fora de quadro

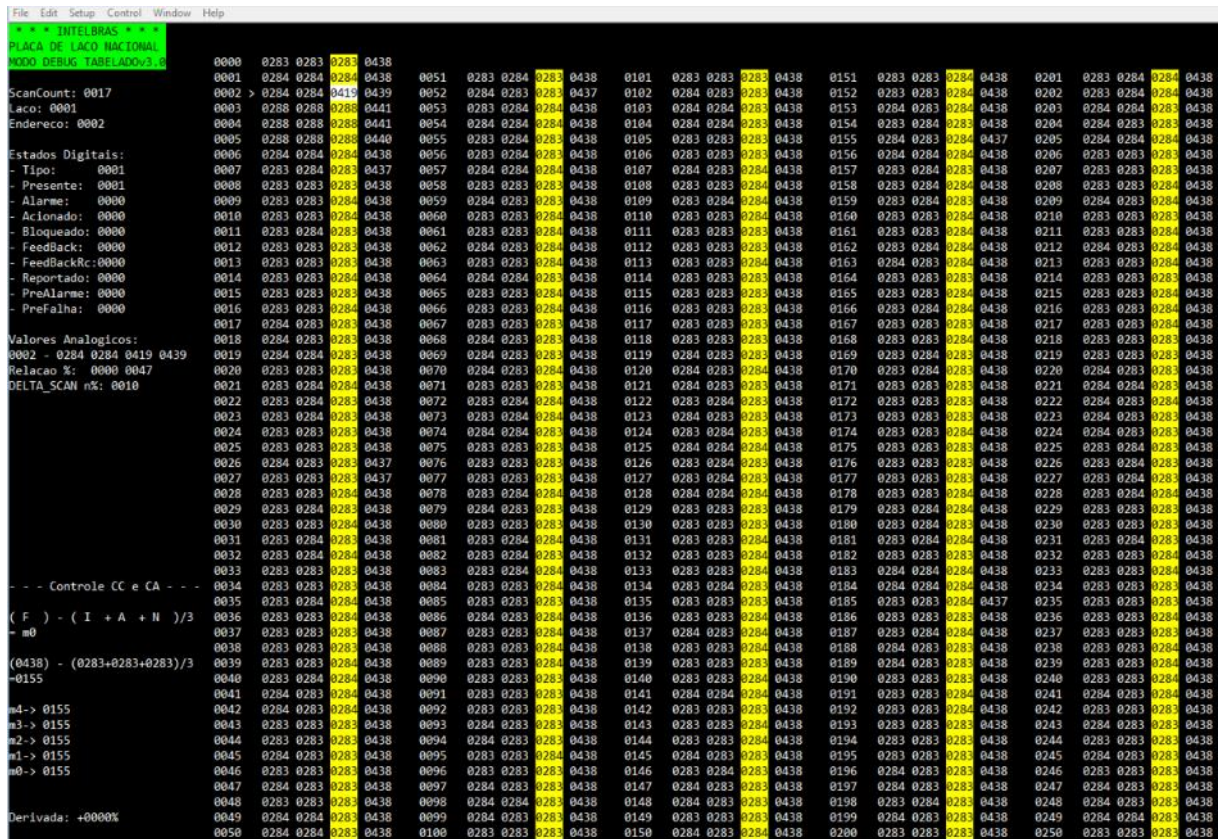


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Em primeiro momento, não foi notado nenhum erro de funcionamento especificamente com o dispositivo que estava sendo testado, mas ao realizar uma inspeção mais detalhada, utilizando a ferramenta de depuração descrita na Figura 41 - Informações para depuração, item 3.3, pode-se observar que a alteração teve impacto na identificação das amostras dos quadros dos outros dispositivos do laço, passando a identificar como presentes, diversos dispositivos que na realidade não estavam presentes no laço.

Estas identificações anormais são explanadas a seguir, sendo que para fins de contextualização, a Figura 72 – Repostas Normais, Taxa 62,5 Hz, dispositivo 2 presente, representa o cenário atual de teste antes das alterações, onde somente o dispositivo número 2 está fisicamente presente no laço de detecção, sendo localizado como o único elemento em branco na tabela. Todos os demais dispositivos, sinalizados em amarelo, não estão presentes, este é o cenário que deseja-se obter após a alteração de velocidade.

Figura 72 – Repostas Normais, Taxa 62,5 Hz, dispositivo 2 presente



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Uma visualização mais detalhada da figura anterior é demonstrada na Figura 73 – Dispositivo 2 Presente, taxa normal 62,5 Hz em detalhe. A partir de agora são exibidos somente este formato em detalhe, pois os dados podem ser mais claramente visualizados.

Figura 73 – Dispositivo 2 Presente, taxa normal 62,5 Hz em detalhe.

*** INTELBRAS ***					
PLACA DE LAÇO NACIONAL					
MODULO DEBUG TABELADOv3.0					
ScanCount: 0017	0000	0283	0283	0283	0438
Laco: 0001	0001	0284	0284	0284	0438
Endereco: 0002	0002	> 0284	0284	0419	0439
	0003	0288	0288	0288	0441
	0004	0288	0288	0288	0441
	0005	0288	0288	0288	0440
Estados Digitais:	0006	0284	0284	0284	0438
- Tipo: 0001	0007	0283	0284	0283	0437
- Presente: 0001	0008	0283	0283	0283	0438
- Alarme: 0000	0009	0283	0283	0284	0438
- Acionado: 0000	0010	0283	0283	0284	0438
- Bloqueado: 0000	0011	0283	0284	0283	0438
- FeedBack: 0000	0012	0283	0283	0283	0438
- FeedBackRc: 0000	0013	0283	0283	0283	0438
- Reportado: 0000	0014	0283	0283	0284	0438
- PreAlarme: 0000	0015	0283	0283	0283	0438
- PreFalha: 0000	0016	0283	0283	0284	0438
	0017	0284	0283	0283	0438
Valores Analogicos:	0018	0284	0283	0283	0438
0002 - 0284 0284 0419 0439	0019	0284	0284	0283	0438

Dispositivo Numero 2, sobre teste.

Valor em BRANCO, indica presença no laço.

Valores em amarelo, dispositivos ausentes, OK!

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Porém, conforme visualizado em detalhe na Figura 74 – Erro, dispositivos indevidos na taxa alterada 83,33 Hz, além do dispositivo número 2 que realmente está presente no laço de detecção, a placa de laço está considerando a existência de diversos outros dispositivos que na realidade não estão presentes no cenário de testes.

Figura 74 – Erro, dispositivos indevidos na taxa alterada 83,33 Hz

*** INTELBRAS ***					
PLACA DE LAÇO NACIONAL					
MODULO DEBUG TABELADOv3.0					
ScanCount: 0249	0000	0283	0283	0335	0000
Laco: 0001	0001	0284	0284	0335	0000
Endereco: 0001	0002	> 0284	0284	0467	0000
	0003	0286	0288	0339	0000
	0004	0288	0288	0339	0000
	0005	0288	0288	0339	0000
Estados Digitais:	0006	0284	0284	0335	0000
- Tipo: 0000	0007	0283	0283	0335	0000
- Presente: 0001	0008	0283	0283	0335	0000
- Alarme: 0000	0009	0283	0283	0334	0000
- Acionado: 0000	0010	0284	0283	0335	0000
- Bloqueado: 0000	0011	0283	0284	0335	0000
- FeedBack: 0000	0012	0283	0283	0334	0000
- FeedBackRc: 0000	0013	0283	0284	0335	0000
- Reportado: 0000	0014	0283	0283	0335	0000
- PreAlarme: 0000	0015	0283	0284	0335	0000
- PreFalha: 0000	0016	0284	0283	0334	0000
	0017	0284	0283	0335	0000
Valores Analogicos:	0018	0283	0283	0335	0000
0001 - 0284 0284 0335 0000	0019	0283	0283	0335	0000

Dispositivo 2, OK!

Dispositivos presentes indevidamente, ERRO!

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Este comportamento deve ser corrigido no momento do processamento das amostras analógicas no *firmware* da placa de laço.

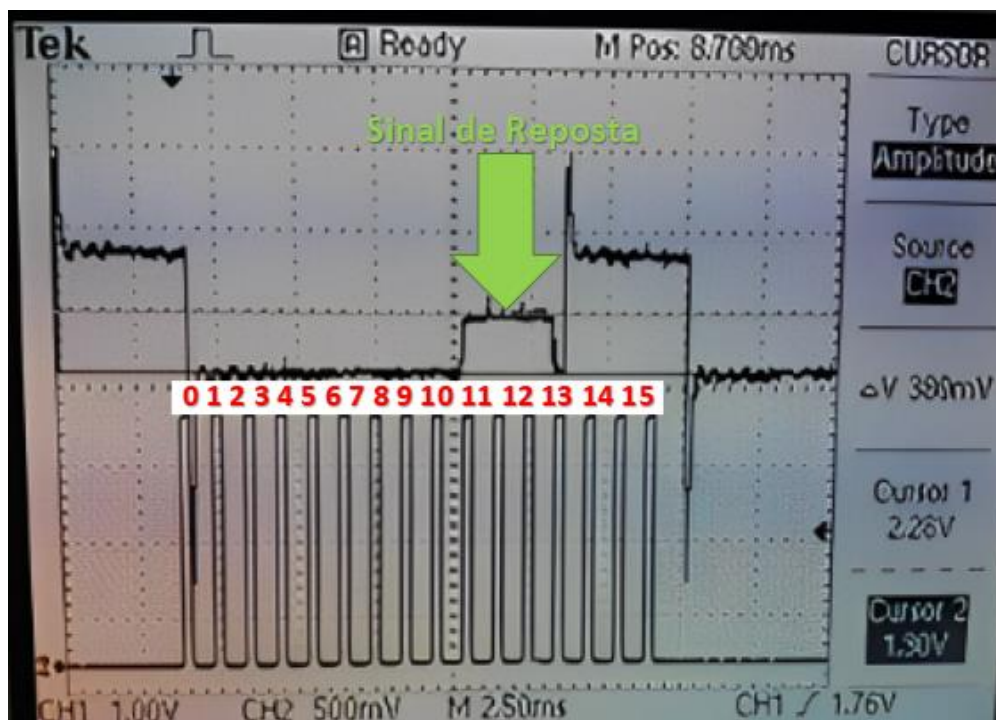
Também em outra abordagem seria possível realizar a alteração do comportamento de resposta do dispositivo para atender ao novo processo de modulação, mas para os fins que a alteração se destina, foi seguido com as adequações somente no comportamento do *software* da placa de laço.

4.3 SOLUÇÃO DO PROBLEMA ENCONTRADO APÓS ALTERAÇÃO DA VELOCIDADE DE COMUNICAÇÃO

O sinal de resposta do dispositivo é amostrado e adquirido pela placa de laço através de um conversor analógico digital, conforme explicado no item 3.5.3.2 Periférico conversor analógico digital, ou ADCs.

As aquisições ocorrem em períodos regulares a cada 1 ms, e cobrem todo o quadro, conforme pode ser visto na Figura 75 – Aquisições analógicas no quadro de resposta, onde pode-se visualizar um sinal de resposta, indicado pela seta verde, sendo amostrado, neste caso as indicações em números vermelhos destacam uma aquisição onde um sinal foi gerado para fins de visualização e uso do canal de *trigger* do osciloscópio.

Figura 75 – Aquisições analógicas no quadro de resposta



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Estas aquisições assumem a forma de um *buffer* no *firmware* com os dados obtidos, sendo que sua manipulação pode ser vista no fragmento de código C a seguir, Figura 76 – Tratamento das aquisições analógicas.

Destacam-se, o *buffer* com as amostras, chamado de *TempFrameL1*, e as variáveis que recebem o tratamento destas amostras, sendo *.Inicio*, *.Alarme*, *.Normal* e *.Fim*, sendo as responsáveis por indicar o estado de cada dispositivo.

Figura 76 – Tratamento das aquisições analógicas

```
//Finalizou aquisição de todas as amostras analógicas do dispositivo, calcula média bruta individual, e prepara para proximo dispositivo
//*****
else
{
    if(DispositivosL1[dispositivo_L1].Acionado == 0) //Se estiver com o tempFrame normal, 12ms x 4ms
    {
        CorrenteDispositivosL1[dispositivo_L1].Inicio = (TempFrameL1[1] + TempFrameL1[2] + TempFrameL1[3]) / 3;
        CorrenteDispositivosL1[dispositivo_L1].Inicio = (TempFrameL1[2] + TempFrameL1[3]) / 2;
        CorrenteDispositivosL1[dispositivo_L1].Alarme = (TempFrameL1[5] + TempFrameL1[6] + TempFrameL1[7]) / 3;
        CorrenteDispositivosL1[dispositivo_L1].Normal = (TempFrameL1[9] + TempFrameL1[10] + TempFrameL1[11]) / 3;
        CorrenteDispositivosL1[dispositivo_L1].Fim = (TempFrameL1[13] + TempFrameL1[14] + TempFrameL1[15]) / 3;
    }
}
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Portanto, as alterações foram realizadas, de forma a acomodar as amostras corretas nas variáveis de indicação de estado.

Como o verifica-se anteriormente na Figura 71 – Resposta fora de quadro, o dispositivo está respondendo em seu quadro normal, porém com a nova velocidade de comunicação a região final do quadro está sendo prejudicada, portanto a correção foi efetuada de forma a corrigir a alocação as amostras do quadro *.Normal*, conforme pode ser visto, na Figura 77 – Ajuste no estado *.Normal*, onde a última amostra, de número 11, foi descartada por estar inconsistente.

Figura 77 – Ajuste no estado *.Normal*

```
//CorrenteDispositivosL1[dispositivo_L1].Normal = (TempFrameL1[9] + TempFrameL1[10] + TempFrameL1[11]) / 3;
CorrenteDispositivosL1[dispositivo_L1].Normal = (TempFrameL1[9] + TempFrameL1[10]) / 2;
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após o ajuste, verificou-se que o mesmo surtiu efeito positivo, pois agora somente o dispositivo número 2 está presente no laço, conforme observado na Figura 78 – Resultado do ajuste no estado *.Normal*.

Figura 78 – Resultado do ajuste no estado .Normal

*** INTELBRAS ***			
PLACA DE LACO NACIONAL			
MODO DEBUG TABELADOv3.0			
ScanCount: 0015	0000	0283 0283	0283 0000
Laco: 0001	0001	0284 0284	0284 0000
Endereco: 0002	0002	0283 0284	0418 0000
Estados Digitais:	0003	0286 0288	0288 0000
	0004	0288 0288	0288 0000
	0005	0288 0288	0288 0000
	0006	0284 0284	0284 0000
	0007	0283 0283	0283 0000
	0008	0283 0283	0283 0000
	0009	0283 0283	0283 0000
	0010	0283 0283	0283 0000
	0011	0283 0283	0283 0000
	0012	0283 0283	0283 0000
Valores Analogicos:	0013	0283 0283	0283 0000
	0014	0283 0283	0283 0000
	0015	0283 0283	0284 0000
	0016	0283 0284	0283 0000
	0017	0283 0283	0284 0000
	0018	0283 0283	0283 0000
	0019	0283 0283	0283 0000

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Contudo, ainda se observou um erro com os valores dos indicadores do último estado .Fim, onde todos foram reportados como estando zerados.

Novamente, procedeu-se com a correção agora do indicador de estado .Fim, conforme pode ser visto na Figura 79 – Ajuste no estado .Fim. Este ajuste faz sentido, pois agora o tempo total de quadro para resposta é de 12 ms, e como a contagem das amostras começam em 0, realmente a última amostra valida é a de número 11.

Figura 79 – Ajuste no estado .Fim

```
//CorrenteDispositivosLl[dispositivo_Ll].Fim = (TempFrameLl[13] + TempFrameLl[14] + TempFrameLl[15]) / 3;
CorrenteDispositivosLl[dispositivo_Ll].Fim = (TempFrameLl[11]);
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Por fim, após realizado o ajuste na última temporização, pode-se verificar na Figura 80 – Resultado após ajuste no estado .Fim, o resultado como positivo, sendo que agora somente o dispositivo número 2 está presente e os demais estão ausentes, o que é a condição desejada e presente no cenário real.

Figura 80 – Resultado após ajuste no estado .Fim

*** INTELBRAS ***					
PLACA DE LACO NACIONAL					
MODO DEBUG TABELADOv3.0					
ScanCount: 0055	0000	0282	0282	0282	0437
Laco: 0001	0001	0283	0283	0283	0437
Endereco: 0002	0002	0283	0283	0418	0565
Estados Digitais:	0003	0285	0287	0287	0441
- Tipo: 0001	0004	0287	0287	0287	0440
- Presente: 0001	0005	0287	0287	0287	0441
- Alarme: 0000	0006	0284	0283	0283	0437
- Acionado: 0000	0007	0283	0283	0283	0437
- Bloqueado: 0000	0008	0283	0283	0283	0437
- FeedBack: 0000	0009	0283	0282	0283	0437
- FeedBackRc: 0000	0010	0282	0283	0283	0437
- Reportado: 0000	0011	0282	0282	0282	0437
- PreAlarme: 0000	0012	0283	0283	0283	0437
- PreFalha: 0000	0013	0283	0283	0283	0437
Valores Analogicos:	0014	0283	0283	0283	0437
0002 - 0283 0283 0418 0565	0015	0283	0283	0283	0437
	0016	0282	0283	0282	0437
	0017	0283	0282	0283	0437
	0018	0282	0282	0283	0437
	0019	0283	0283	0282	0437

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A título de comparação, a compilação dos dados da Figura 73 e da Figura 80, resulta no que pode ser visto na Figura 81 – Comparação dos estados, antes e depois das alterações, onde observa-se uma paridade dos valores dos estados muito próxima, levando-se em conta todas as alterações feitas.

Figura 81 – Comparação dos estados, antes e depois das alterações

Taxa normal 62,5 hz					Taxa Aumentada 83,33 Hz					
Antes					Depois					
0000	0283	0283	0283	0438		0000	0282	0282	0282	0437
0001	0284	0284	0284	0438		0001	0283	0283	0283	0437
0002	> 0284	0284	0419	0439	Dispositivo 2	0002	> 0283	0283	0418	0565
0003	0288	0288	0288	0441		0003	0285	0287	0287	0441
0004	0288	0288	0288	0441		0004	0287	0287	0287	0440

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Pode ser verificado que os valores indicados pelas marcações em verde, laranja e amarelo são praticamente iguais, rondando o valor 288 (valor adimensional, gerado pelo conversor ADC), e o valor indicado pela marcação em azul ronda o número de 440.

A marcação em branco, que indica o dispositivo número 2, indica praticamente o mesmo valor de antes e depois da alteração, sendo 419 e 418 respectivamente.

A única grande diferença que pode ser notada, é a do valor indicador *.Fim* do dispositivo número 2 que antes era de 439 e agora é de 565. Esta diferença ocorre mesmo após os ajustes devido ao dispositivo estar realmente respondendo fora do seu quadro, e esta resposta acaba somando com a aquisição do valor final do quadro, contudo esta alteração não é um problema para o sistema pois esta indicação não é relevante para a determinação de condições de alarme e monitoramento do dispositivo. Caso fosse desejado eliminá-la, seria necessário partir para a alteração do *firmware* do dispositivo, o que foge ao escopo deste trabalho, mas seria perfeitamente possível.

Portanto, após estes ajustes nas variáveis de indicação de estado, foi obtido sucesso com a correção do problema gerado pelo aumento da velocidade de comunicação, sendo que os resultados obtidos estão muito próximos daqueles obtidos com a taxa original.

4.4 TESTES DE ALARME

Foram realizados testes de alarme do dispositivo a fim de verificar se todo o sistema estava funcionando corretamente após as modificações e correções realizadas.

Pode-se observar na Figura 82 – Teste de Alarme com Fumaça o momento em que o dispositivo do cenário de teste é estimulado com fumaça a fim de provocar uma alarme.

Figura 82 – Teste de Alarme com Fumaça



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após o estímulo, o dispositivo entra em alarme como pode ser evidenciado na Figura 83 – Dispositivo em alarme.

Figura 83 – Dispositivo em alarme



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Neste momento pode-se verificar o sinal que o dispositivo envia para central sobre o laço de comunicação utilizando o osciloscópio e novamente utilizando a ferramenta de *debug*, que proporciona acompanhar os detalhes da transmissão do sinal.

Na Figura 84 – Sinal de Pré-Alarme, pode-se notar a primeira confirmação de sinal que a placa de laço realiza, contudo ainda não obtém-se o alarme confirmado, pois são necessárias duas confirmações.

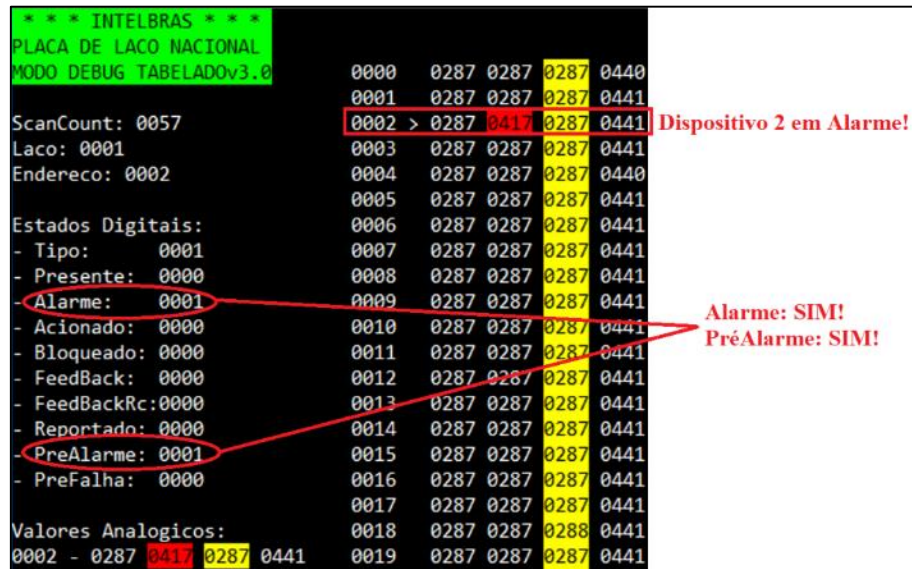
Figura 84 – Sinal de Pré-Alarme

*** INTELBRAS ***				
PLACA DE LAÇO NACIONAL				
MODULO DEBBUG TABELADOv3.0				
ScanCount: 0056	0000	0282	0283	0283 0436
Laco: 0001	0001	0283	0283	0283 0438
Endereco: 0002	0002	> 0283	0417	0287 0441 Dispositivo 2 Em Alarme!
	0003	0287	0287	0287 0441
	0004	0287	0287	0287 0441
	0005	0287	0287	0287 0441
Estados Digitais:	0006	0287	0287	0287 0441
- Tipo: 0001	0007	0287	0287	0287 0440
- Presente: 0001	0008	0287	0287	0287 0441
- Alarme: 0000	0009	0287	0287	0287 0441 Alarme: Não.
- Acionado: 0000	0010	0287	0287	0287 0441
- Bloqueado: 0000	0011	0287	0287	0287 0441
- FeedBack: 0000	0012	0287	0287	0288 0441
- FeedBackRc:0000	0013	0287	0287	0287 0441
- Reportado: 0000	0014	0287	0287	0287 0441
- PreAlarme: 0001	0015	0287	0287	0287 0440 Pré Alarme: SIM!
- PreFalha: 0000	0016	0287	0287	0287 0441
	0017	0287	0287	0287 0441
Valores Analogicos:	0018	0287	0287	0287 0441
0002 - 0283 0417 0287 0441	0019	0287	0287	0287 0441

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Logo após, uma nova confirmação de alarme é efetuada, conforme visto na Figura 85 – Sinal de Pré-Alarme e Alarme, desencadeando a confirmação de alarme na central.

Figura 85 – Sinal de Pré-Alarme e Alarme



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

E o sinal enviado pelo dispositivo pode ser verificado na Figura 86 – Sinal Alarme no osciloscópio, onde o pulso de sinalização é deslocado para esquerda indicando condição de alarme para a placa de laço.

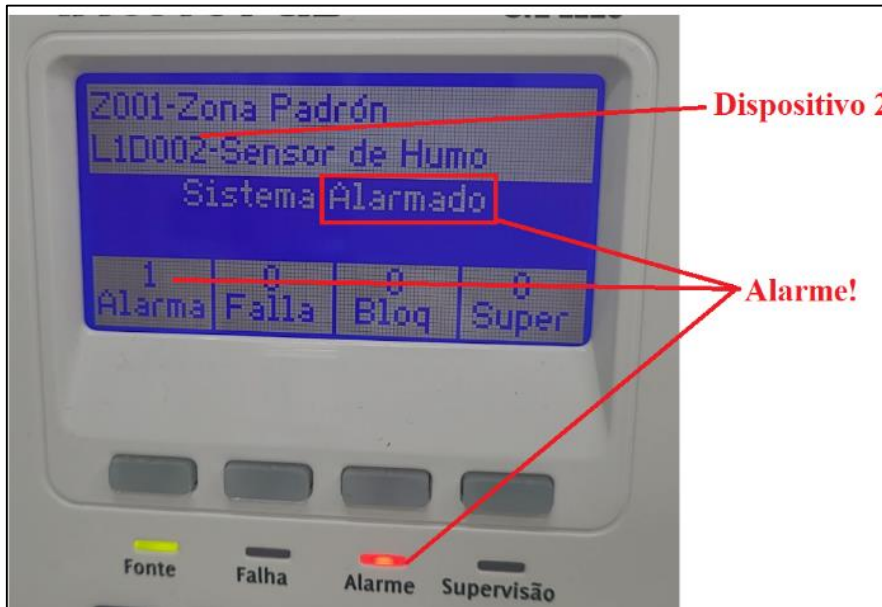
Figura 86 – Sinal Alarme no osciloscópio



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Finalmente, verifica-se na Figura 87 – Alarme na tela da central, a informação de alarme oriunda do dispositivo número 2, que foi acionado e acompanhado pelas interfaces anteriores.

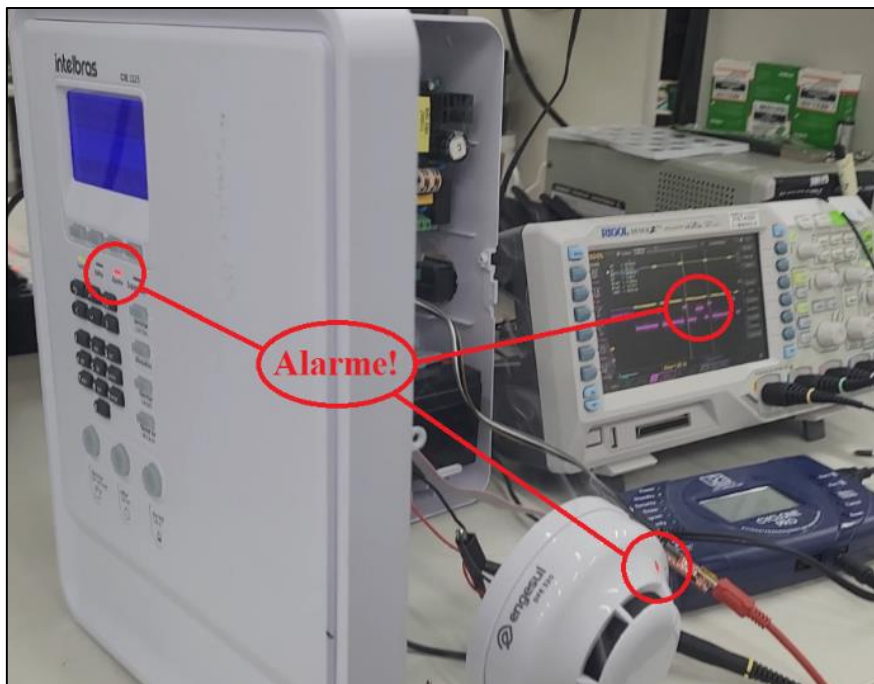
Figura 87 – Alarme na tela da central



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Uma visão mais ampla dos acontecimentos pode ser verificada na Figura 88 – Alarme no cenário de testes.

Figura 88 – Alarme no cenário de testes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

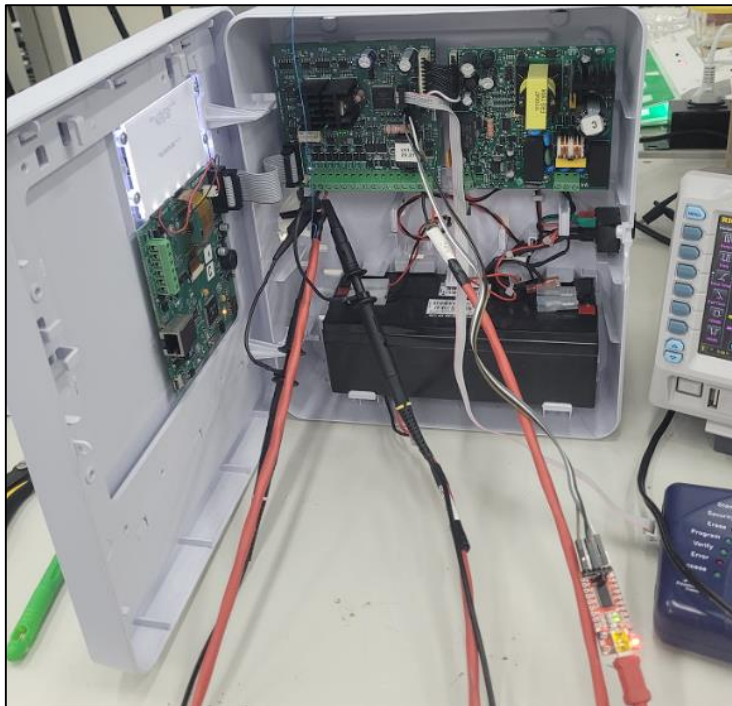
Portanto, verifica-se que as alterações e ajustes foram eficazes, e o sistema como um todo funciona perfeitamente, sinalizando o alarme quando o dispositivo foi estimulado, e todas as etapas, desde a modulação do sinal com maior taxa, do entendimento desta maior taxa pelo dispositivo, do tratamento dos sinais analógicos pela placa de laço, e posteriormente sua sinalização em forma de evento na central ocorreram da maneira prevista.

4.5 TESTES DE FUNCIONAMENTO COM CAPACIDADE MÁXIMA

A fim de verificar a estabilidade do sistema também na condição de capacidade máxima, com os 250 dispositivos presentes no laço de detecção, foi realizado um teste integrando um conjunto de diversos dispositivos para teste.

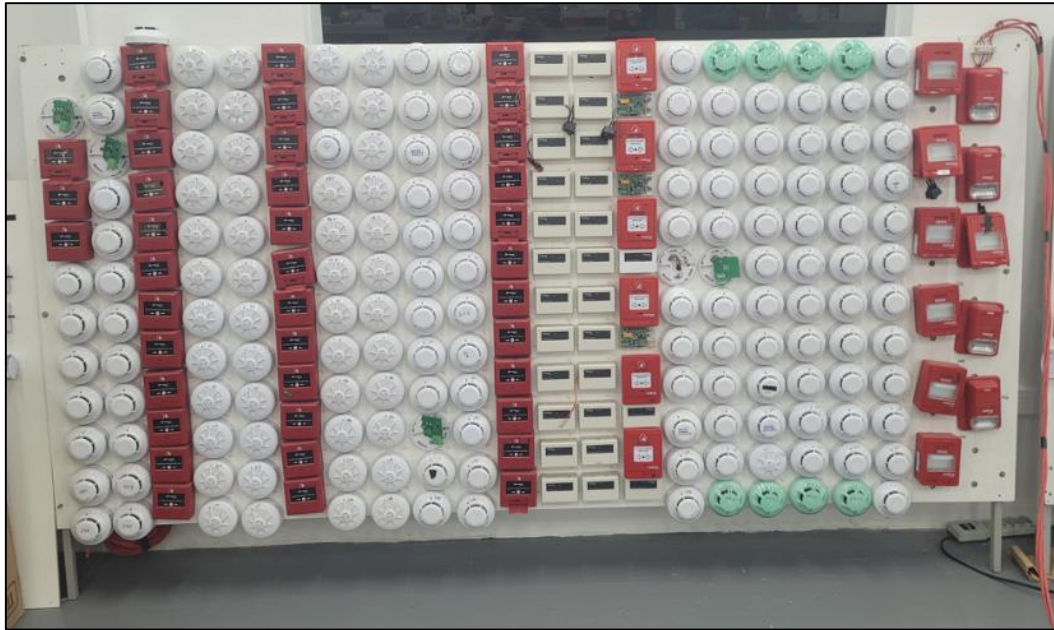
Na Figura 89 – Conexão do cabeamento do painel de testes, pode-se verificar que o dispositivo que estava conectado para os testes anteriores foi removido, e um par de cabos que conecta-se ao conjunto de dispositivos demonstrado na Figura 90 – Painel de testes com 250 dispositivos, foi conectado à central, mantendo ainda a conexão com os canais de medição do osciloscópio.

Figura 89 – Conexão do cabeamento do painel de testes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 90 – Pannel de testes com 250 dispositivos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após a correta conexão, foi verificado o funcionamento dos dispositivos. O resultado de forma geral pode ser verificado na Figura 91 – Resultado do teste no Pannel de 250 dispositivos. Infelizmente a resolução apresentada não permite identificar um a um, porém, a seguir, verifica-se que os dispositivos em amarelo estão em falha, e os dispositivos em branco estão operantes.

Figura 91 – Resultado do teste no Pannel de 250 dispositivos

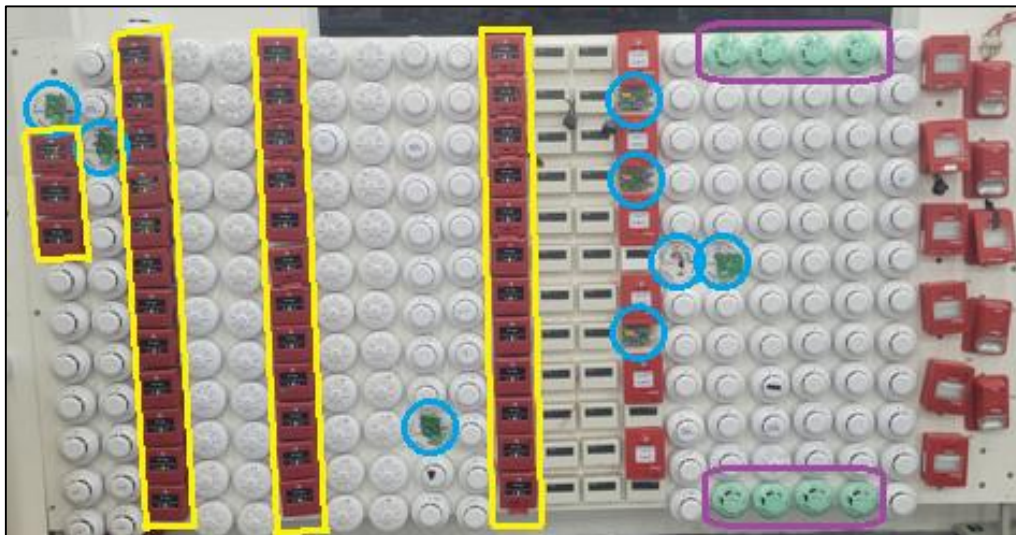
ScanCount: 0128 Laco: 0001 Endereço: 0001 Estados Digitais: Tipo: 0010 Presente: 0000 Alarme: 0000 Acionado: 0000 Bloqueado: 0000 Feedback: 0000 Feedback2: 0000 Reportado: 0001 PreAlarme: 0000 PreFalha: 0001 Valores Analógicos: 0001 - 0578 0582 0584 0837 Relacao %: 0000 0001 DELTA_SCAN nx: 0010		0000 0566 0575 0580 0834 0001 0578 0582 0584 0837 0002 0579 0582 0608 0951 0003 0584 0589 0608 0846 0004 0588 0589 0608 0848 0005 0588 0590 0607 0847 0006 0586 0588 0606 0845 0007 0584 0584 0701 0953 0008 0582 0586 0704 0957 0009 0583 0586 0704 0957 0010 0586 0589 0708 0960 0011 0587 0590 0709 0961 0012 0586 0589 0709 0961 0013 0585 0588 0705 0958 0014 0585 0588 0708 0960 0015 0588 0591 0708 0958 0016 0588 0591 0709 0846 0017 0586 0588 0709 0955 0018 0585 0588 0708 0958 0019 0585 0589 0708 0843 0020 0585 0588 0705 0958 0021 0585 0589 0708 0843 0022 0583 0585 0702 0954 0023 0584 0588 0708 0843 0024 0582 0585 0708 0952 0025 0584 0588 0708 0957 0026 0584 0588 0708 0843 0027 0586 0589 0701 0953 0028 0585 0588 0702 0954 0029 0585 0588 0707 0959 0030 0588 0592 0711 0963 0031 0589 0592 0709 0961 0032 0586 0588 0708 0960 0033 0585 0588 0707 0959 0034 0586 0589 0704 0956 0035 0586 0589 0705 0957 0036 0585 0589 0708 0958 0037 0585 0589 0708 0958 0038 0588 0592 0708 0961 0039 0588 0592 0709 0961 0040 0588 0591 0712 0963 0041 0588 0591 0709 0846 0042 0586 0589 0708 0841 0043 0583 0586 0701 0953 0044 0588 0591 0708 0956 0045 0585 0588 0704 0956 0046 0587 0591 0708 0960 0047 0588 0592 0711 0962 0048 0589 0592 0709 0961 0049 0589 0592 0708 0961 0050 0587 0589 0711 0963	0051 0586 0589 0709 0957 0052 0587 0590 0709 0844 0053 0586 0589 0707 0959 0054 0585 0588 0704 0956 0055 0585 0588 0707 0959 0056 0587 0591 0708 0959 0057 0588 0592 0709 0846 0058 0586 0588 0707 0955 0059 0585 0588 0707 0953 0060 0585 0588 0708 0843 0061 0585 0588 0708 0843 0062 0583 0586 0708 0960 0063 0580 0583 0588 0837 0064 0579 0582 0609 0950 0065 0581 0585 0587 0840 0066 0582 0585 0708 0952 0067 0584 0588 0709 0955 0068 0585 0588 0708 0958 0069 0585 0588 0707 0957 0070 0585 0588 0708 0958 0071 0585 0588 0707 0954 0072 0588 0592 0708 0960 0073 0589 0592 0709 0846 0074 0586 0588 0708 0960 0075 0586 0588 0708 0956 0076 0586 0588 0707 0959 0077 0586 0589 0707 0961 0078 0586 0588 0708 0960 0079 0585 0588 0708 0958 0080 0588 0592 0708 0960 0081 0589 0592 0709 0961 0082 0589 0592 0707 0959 0083 0588 0592 0708 0847 0084 0587 0589 0701 0844 0085 0584 0586 0704 0956 0086 0583 0586 0707 0955 0087 0585 0588 0708 0958 0088 0588 0592 0709 0960 0089 0589 0593 0708 0960 0090 0590 0593 0709 0961 0091 0589 0592 0677 0929 0092 0587 0590 0709 0961 0093 0587 0590 0707 0960 0094 0588 0591 0708 0845 0095 0587 0590 0708 0958 0096 0586 0588 0707 0956 0097 0585 0588 0707 0958 0098 0588 0592 0711 0961 0099 0589 0592 0708 0961 0100 0587 0589 0704 0956	0101 0586 0589 0701 0953 0102 0586 0589 0701 0844 0103 0586 0589 0707 0959 0104 0586 0590 0701 0844 0105 0584 0587 0702 0954 0106 0585 0589 0707 0959 0107 0586 0589 0701 0844 0108 0586 0589 0705 0957 0109 0586 0589 0707 0958 0110 0586 0589 0701 0844 0111 0586 0589 0707 0956 0112 0586 0590 0708 0956 0113 0586 0590 0708 0958 0114 0589 0593 0708 0958 0115 0589 0593 0708 0847 0116 0586 0589 0711 0961 0117 0586 0589 0707 0959 0118 0587 0590 0702 0954 0119 0586 0589 0701 0844 0120 0584 0586 0588 0841 0121 0580 0583 0702 0953 0122 0582 0586 0703 0954 0123 0585 0590 0707 0959 0124 0588 0592 0708 0960 0125 0589 0592 0708 0847 0126 0587 0590 0701 0844 0127 0584 0587 0702 0953 0128 0583 0587 0703 0954 0129 0586 0590 0708 0960 0130 0589 0593 0707 0959 0131 0590 0593 0708 0960 0132 0590 0593 0708 0960 0133 0590 0593 0678 0930 0134 0587 0590 0708 0960 0135 0588 0591 0702 0956 0136 0588 0591 0708 0845 0137 0587 0590 0707 0957 0138 0586 0589 0701 0953 0139 0586 0589 0702 0956 0140 0589 0592 0708 0960 0141 0589 0593 0708 0847 0142 0587 0590 0704 0956 0143 0586 0590 0702 0953 0144 0586 0590 0701 0844 0145 0587 0590 0707 0958 0146 0587 0590 0707 0958 0147 0587 0590 0708 0957 0148 0589 0593 0708 0959 0149 0589 0593 0708 0847 0150 0587 0590 0701 0954	0151 0586 0590 0704 0956 0152 0586 0589 0701 0844 0153 0586 0589 0707 0953 0154 0586 0590 0703 0954 0155 0586 0590 0708 0955 0156 0589 0593 0707 0959 0157 0590 0593 0705 0847 0158 0587 0589 0706 0957 0159 0586 0590 0706 0958 0160 0587 0590 0705 0956 0161 0587 0590 0707 0959 0162 0587 0590 0708 0957 0163 0587 0590 0708 0960 0164 0589 0593 0711 0962 0165 0590 0594 0707 0958 0166 0590 0593 0708 0959 0167 0590 0593 0708 0848 0168 0587 0590 0702 0844 0169 0584 0587 0703 0954 0170 0584 0587 0636 0950 0171 0586 0590 0708 0960 0172 0589 0593 0716 0960 0173 0590 0593 0711 0962 0174 0591 0594 0711 0962 0175 0591 0594 0708 0960 0176 0588 0591 0708 0960 0177 0588 0591 0704 0955 0178 0588 0591 0703 0954 0179 0587 0590 0703 0955 0180 0586 0590 0708 0957 0181 0586 0590 0708 0951 0182 0589 0593 0706 0958 0183 0590 0593 0705 0848 0184 0587 0590 0703 0954 0185 0587 0590 0702 0953 0186 0587 0590 0708 0844 0187 0587 0590 0704 0955 0188 0587 0590 0705 0957 0189 0587 0591 0707 0958 0190 0589 0593 0711 0962 0191 0590 0593 0705 0848 0192 0588 0590 0703 0954 0193 0587 0590 0704 0955 0194 0586 0590 0703 0844 0195 0587 0589 0703 0954 0196 0586 0590 0701 0952 0197 0587 0590 0702 0845 0198 0588 0590 0703 0954 0199 0587 0591 0702 0844 0200 0584 0587 0702 0953	0201 0586 0590 0704 0957 0202 0587 0591 0703 0955 0203 0588 0591 0707 0958 0204 0587 0591 0703 0954 0205 0586 0590 0702 0953 0206 0589 0593 0716 0961 0207 0590 0594 0707 0958 0208 0590 0593 0705 0957 0209 0590 0593 0705 0848 0210 0588 0591 0702 0845 0211 0588 0588 0703 0954 0212 0584 0587 0702 0954 0213 0586 0590 0703 0954 0214 0589 0593 0708 0960 0215 0590 0594 0707 0958 0216 0590 0594 0709 0960 0217 0591 0594 0709 0960 0218 0588 0591 0716 0961 0219 0588 0591 0705 0957 0220 0587 0590 0708 0960 0221 0588 0591 0707 0958 0222 0587 0590 0708 0960 0223 0587 0590 0704 0955 0224 0589 0593 0716 0961 0225 0590 0594 0705 0848 0226 0588 0590 0702 0954 0227 0588 0591 0704 0955 0228 0587 0591 0703 0954 0229 0587 0591 0708 0959 0230 0587 0591 0708 0959 0231 0587 0591 0706 0957 0232 0590 0593 0709 0960 0233 0590 0593 0705 0848 0234 0588 0590 0703 0954 0235 0587 0590 0705 0956 0236 0587 0590 0705 0957 0237 0587 0590 0704 0956 0238 0587 0591 0706 0957 0239 0587 0591 0707 0958 0240 0590 0594 0709 0960 0241 0591 0594 0705 0848 0242 0588 0590 0703 0954 0243 0588 0590 0707 0958 0244 0588 0591 0705 0956 0245 0587 0590 0705 0956 0246 0589 0594 0701 0844 0247 0591 0592 0696 0844 0248 0591 0592 0694 0845 0249 0589 0592 0692 0843 0250 0586 0588 0701 0953
--	--	--	--	--	--	--

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Era esperado que todos os dispositivos estivessem funcionando corretamente, porém os que estão destacados na cor amarela não estão, então foi feita uma verificação a fim de diagnosticar porque não estariam funcionando.

Descobriu-se que alguns dispositivos não estavam presentes no painel (espaços vazios), sendo que seus espaços estavam sendo utilizados para teste de outras placas, conforme destacados em azul na Figura 92 – Dispositivos ausentes, também se descobriu que os dispositivos destacados em amarelo são versões muito antigas do produto, já fora de linha de produção e não conseguiram suportar a nova taxa de comunicação. Por outro lado, destacados em roxo, estão 8 novos dispositivos em desenvolvimento, e por hora não conseguiram comunicar-se na nova taxa de velocidade, porém como ainda não estão sendo comercializados e podem receber melhorias para o suporte.

Figura 92 – Dispositivos ausentes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A Tabela 5 – Explicação dos dispositivos ausentes classifica de maneira quantitativa os dispositivos do teste.

Tabela 5 – Explicação dos dispositivos ausentes

Tipo de Ocorrido	Quantidade	Diagnóstico
Dispositivos Respondendo Corretamente	195	Respondendo Corretamente
Espaços vazios	8	Não conectados fisicamente
Versões antigas fora de linha	39	Sem suporte
Verões em desenvolvimento	8	Ainda sem suporte
Total	250	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.6 COMPORTAMENTO FÍSICO DO SINAL APÓS MODIFICAÇÃO DE *HARDWARE*

Após a conclusão dos testes e alterações de *firmware*, passou-se à realização dos testes relacionados ao comportamento capacitivo do cabo de incêndio, conforme mencionado em 3.4 Comportamento do sinal de comunicação sobre o par de fios alimentado, e sua possível melhoria devido à implementação do *hardware* adicional citado em 3.6.2 *Hardware* Modificado.

Para isto, os sinais do cenário atual, com comprimento de cabo mínimo, foram mensurados e podem ser vistos na Figura 93 – Efeito capacitivo mínimo

Figura 93 – Efeito capacitivo mínimo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na Figura 94 – Efeito capacitivo mínimo em detalhe, pode-se observar melhor que o tempo de recuperação do sinal, desde o momento que o sinal é modulado para baixo, até que os 13 Volts nominais sejam estabelecidos é de cerca de 192 μ s, um tempo bem curto e razoável levando-se em conta que a primeira aquisição analógica ocorre somente em cerca de 1 ms.

Figura 94 – Efeito capacitivo mínimo em detalhe



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após, cerca de 1500 metros de cabeamento foram colocados no laço da central, e os efeitos mensurados novamente.

Conforme observa-se na Figura 95 – Efeito capacitivo com 1500 metros de cabo, nota-se uma grande depressão no sinal ocasionado pelo grande efeito capacitivo do cabeamento presente.

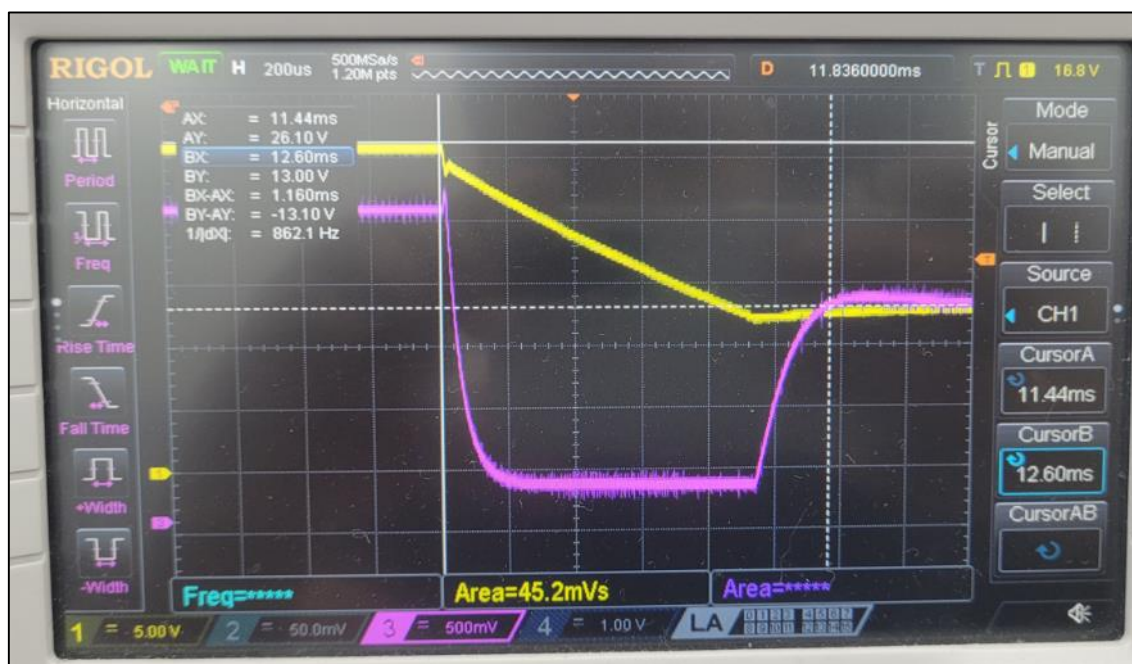
Figura 95 – Efeito capacitivo com 1500 metros de cabo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Ainda na Figura 96 – Efeito capacitivo com 1500 metros de cabo em detalhe, observa-se em detalhe a grande diferença para a condição de cabo mínimo, chegando-se à casa dos 1,16 ms de tempo de recuperação, marca que já pode começar a influenciar as aquisições analógicas.

Figura 96 – Efeito capacitivo com 1500 metros de cabo em detalhe



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Então, procedeu-se com a ativação do circuito adicional com o intuito de acelerar a descarga do capacitor formado pelos elementos parasitas do cabeamento. Na Figura 97 – Ativação do circuito de descarga, pode-se verificar o exato momento em que o pino do microcontrolador que controla o transistor do circuito de descarga é acionado.

Figura 97 – Ativação do circuito de descarga

```
//Modulação do timeSlot do dispositivo.
//*****
if(miliS_L1 < MaxLowFrameTime_L1)
{
    TRIGER = 1;
    ++miliS_L1;
    L1_MOD = BAIXO;
}
else if(miliS_L1 < MaxTotFrameTime_L1)
{
    ++miliS_L1;
    L1_MOD = ALTO;
}
//*****
```

Ativação do circuito de descarga

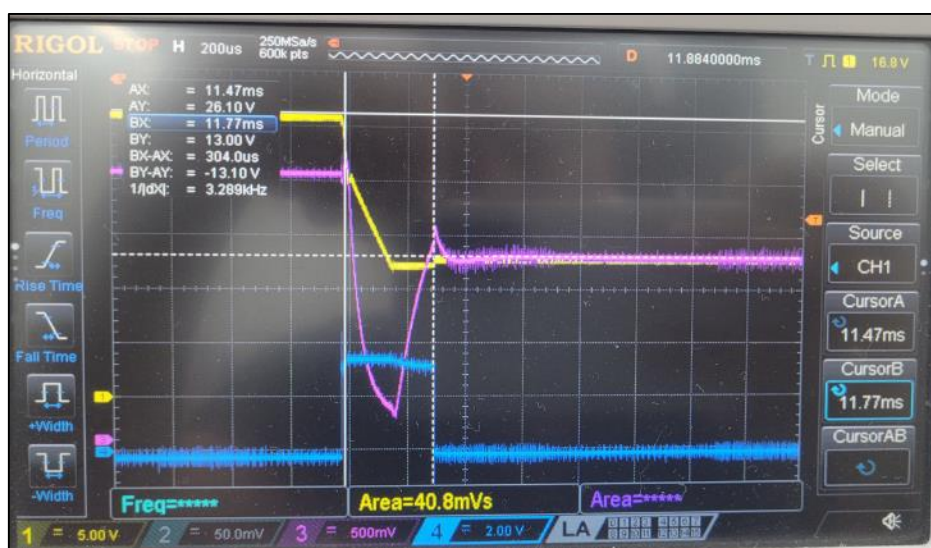
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O tempo total de acionamento foi definido em cerca de 300 μ s, levando-se em conta que é um tempo superior ao mensurado anteriormente em condições mínimas de 192 μ s, e também

é bem inferior ao limite crítico da região de 1 ms. Um cálculo poderia ser efetuado levando-se em conta qual a carga total acumulada no capacitor do laço que deveria ser dissipada, e então com base no resistor de circuito determinar um tempo exato, ou ótimo, porém, devido as variações que o cabo pode sofrer em sua instalação em campo, seu tipo, fabricante, qualidade e demais, estas considerações não foram feitas, limitando-se a respeitar as temporizações mencionadas anteriormente.

O resultado pode ser observado na Figura 98 – Resultado da ativação do circuito de descarga.

Figura 98 – Resultado da ativação do circuito de descarga



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Nota-se no canal azul do osciloscópio que está medindo o pino de ativação um pulso de 304 μ s, que foi próximo ao tempo programado para sua duração.

Também, nos canais destacados em roxo e amarelo, observa-se que a descarga dos elementos capacitivos do laço ocorreu conforme esperado, sendo que logo após a desativação do circuito de descarga, o sinal chegou aos seus esperados 13 Volts nominais, no tempo próximo aos 300 μ s, ou seja, o tempo total de descarga diminuiu dos 1,16 ms em quase 4 vezes, demonstrando a melhora e eficácia da alteração proposta.

4.7 RESULTADOS PROJETADOS EM COMPARAÇÃO COM OS OBTIDOS

De forma geral, as propostas de modificações do *firmware* e do *hardware*, ocorreram com sucesso, sendo que a compilação quantitativa dos resultados pode ser observada na Tabela 6 – Comparativos dos resultados desejados e obtidos:

Tabela 6 – Comparativos dos resultados desejados e obtidos

Item	Antes	Desejado	Obtido	Melhoria
Taxa de comunicação	62,5 Hz	83,33 Hz	83,33 Hz	33 %
Tempo total para alarme na pior condição	12,766 segundos	< 10 segundos	9,786 segundos	23 %
Dispositivos atendidos na pior condição	75 dispositivos	250 dispositivos	250 dispositivos	233 %
Tempo de descarga dos elementos capacitivos parasitas do laço @1500 Metros	1,16 ms	Menor possível	300 µs	74%
Compatibilidade com dispositivos atuais	Compatível	Manter	Mantido com ajustes	Neutro
Compatibilidade com dispositivos antigos	Compatível	Manter	Não mantido	Negativa
Compatibilidade com dispositivos em desenvolvimento	Compatível	Manter	Não mantido	Negativa, mas cabe adequação.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Com exceção dos dispositivos antigos que não mantiveram compatibilidade, os resultados foram satisfatórios, com ênfase no atendimento dos 10 segundos normativos exigidos pela ABNT NBR ISSO 7240-2:2021, um importante marco para o desenvolvimento deste trabalho, além da grande redução no tempo de descarga dos elementos capacitivos do laço, que se provou possível na prática.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho investigou e abordou os sistemas de detecção e alarme de incêndio mais comuns do mercado, passando pelos sistemas convencionais até os endereçáveis, aprofundando-se no comportamento elétrico dos sinais utilizados para transportar as informações coletadas pelos dispositivos sensores e atuadores até o painel central do sistema, tendo como um dos objetivos principais deste estudo, o aumento da velocidade de comunicação entre este painel central e os dispositivos conectados a ele, a fim de aprimorar a velocidade de detecção e a resposta a eventuais focos de incêndio, garantindo assim um aumento da segurança dos usuários cotidianos do sistema, além de satisfazer as exigências normativas relacionadas ao tempo de resposta dos sinais de alarme.

Através das modificações no *firmware* propostas e efetuadas na prática, foi possível melhorar significativamente a eficiência na velocidade da transmissão dos dados de alarme, reduzindo o tempo de resposta e aumentando a confiabilidade do sistema de alarme de incêndio, atendendo os sempre mencionados e importantes 10 segundos exigidos normativamente.

Além das modificações no *firmware*, alterações de *hardware* também foram propostas e realizadas, visando otimizar o comportamento do sinal no cabo de comunicação, que apresenta naturalmente um comportamento capacitivo que é prejudicial ao aumento da taxa de comunicação. Com a implementação dessas alterações, foi possível verificar que a estratégia abordada foi eficiente em reduzir o efeito parasita supracitado, provando ser um caminho viável para possíveis reduções de interferências nas regiões de amostragem inicial do sinal dos dispositivos quando operando com grandes comprimentos de cabeamento.

No entanto, como em quase todo processo de modificação e atualização tecnológica, foram encontrados desafios ao longo do caminho devido às alterações do funcionamento original do sistema. Durante a fase de implementação, foram detectados problemas relacionados à integridade da amostragem dos dados dos sensores e a compatibilidade com os dispositivos do sistema. Esses problemas foram cuidadosamente analisados e em sua maioria resolvidos por meio de um processo iterativo de depuração e testes, utilizando-se do embasamento técnico adquirido durante o desenvolvimento e pesquisa deste trabalho, tendo como saldo geral, um aproveitamento muito positivo.

Em suma, este trabalho acadêmico demonstrou que as modificações projetadas e implementadas em *firmware* e *hardware* sobre o sistema de alarme de incêndio contemplado no estudo, resultaram em melhorias significativas no desempenho do sistema, atendendo de maneira satisfatória os requisitos normativos, sendo que os problemas encontrados durante o

processo de implementação foram solucionados de maneira eficaz e/ou esclarecidos, caso sua solução não fosse possível, demonstrando a importância da abordagem metódica e científica, e do uso das técnicas adequadas para resolver as questões de ordem técnica que surgem no caminho.

Por fim, nota-se que o trabalho abre caminho para continuidade de melhorias e novas propostas relacionadas ao tema, como o estudo para um aumento ainda maior de sua velocidade de comunicação, o que proporcionaria por exemplo a utilização simultânea de mais dispositivos em conjunto no sistema, e talvez até um aumento físico no comprimento do cabeamento, o que proporcionaria uma maior área cobertura para o sistema de alarme de incêndio como um todo.

REFERÊNCIAS

FRANCIS R. UPTON, FERNADO J. DIBBLE. **PORTABLE ELECTRIC FIRE ALARM**. UNITED STATES PATENT OFFICE No. 436,961. 1890. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US436961A/en>. Acesso em: 2023.

PIRES, JOÃO J. O. **Sistemas e Redes de Telecomunicações**. IST 2006.

KEISER, GERED. **Comunicações por Fibras Ópticas**. AMGH 2014.

YOUNG, PAUL H. **Técnicas de Comunicação Eletrônica**. 5ª ed. Pearson 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **Norma técnica NBR 17240:2010** Sistemas de detecção e alarme de incêndio – Projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio – Requisitos.

ONO, ROSÁRIA. **Segurança em xeque**. Revista Incêndio, São Paulo, n. 53, p. 12-26, Mai. 2008, apud EINLOFT, LUIS GUSTAVO E DE PAIVA, ROGERIO BUENO. Estudo De Caso: Dificuldades Operacionais E De Custo Para Implantação De Medidas De Segurança Contra Incêndio Em Três Pavilhões Industriais Da Mesma Indústria. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_138_876_18467.pdf. Acesso em: 2023.

PRODANOV, CLEBER CRISTIANO; FREITAS, ERNANI CESAR DE. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2º ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

REVISTA SHOPPING CENTER, **Detector De Incêndio Automático Bosh**, 2023. Disponível em: <https://revistashoppingcenters.com.br/gestao-e-operacao/prevencao-e-combate-a-incendios-nos-shoppings/>. Acesso em: 2023.

JONES, A. MAURICE JR. **Fire Protection Systems**. 3ª ed. Jones & Bartlett Learning 2021.

DELLA-GIUSTINA, DANIEL E. **Fire Safety Management Handbook**. 3ª ed. Taylor & Francis Group 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **Norma técnica NBR ISO 7240:2021** Sistemas de detecção e alarme de incêndio.

SECUTRION. **SecuriSmoke ASD**. Disponível em: <https://www.securiton.com/pt/produtos/deteccao-de-incendios/sistemas-de-deteccao-de-fumaca/securiras-asd.html>. Acesso em 2022.

ZETA. **Aspiration detection**. Disponível em: <https://www.zetaalarmsystems.com/fire-alarm-systems/11-aspiration-detection-systems.html>. Acesso em 2022.

AUGEO. **Tubo Sensor**. Disponível em: <http://www.augeo.com.br/tubo-sensor-adw535.html>. Acesso em 2022.

INTELBRAS. **Central de alarme de incêndio Convencional**. Disponível em <https://www.intelbras.com/pt-br/seguranca-eletronica/incendio/sistema-convencional>. Acesso em 2022.

INTELBRAS. **Central de alarme de incêndio Endereçável**. Disponível em <https://www.intelbras.com/pt-br/central-de-alarme-de-incendio-enderecavel-cie-1250>. Acesso em 2022.

MAVILI. **Optical smoke detector**. Disponível em <https://www.mavili.com.tr/en/databank-3.html>. Acesso em 2022.

SECURITYINFOWATCH. **Smoke detector**. Disponível em: <https://www.securityinfowatch.com/alarms-monitoring/fire-life-safety/fire-detectors-smoke-heat-optical/product/21147687/kidde-kidde-optica-intelligent-smoke-detector>. Acesso em 2022.

EASON, ERIC. **Americium Smoke Detectors**. Stanford University, 2011. Disponível em: <http://large.stanford.edu/courses/2011/ph241/eason1/>. Acesso em 2022.

ENGEPREVI. **Conheça a diferença: detectores de fumaça iônicos e óticos (fotoelétricos)**. Disponível em <https://www.engeprevi.com/single-post/2018/01/11/conhe-c3-a7a-a-diferen-c3-a7a-detectores-de-fuma-c3-a7a-i-c3-b4nicos-e-c3-b3ticos-fotoel>. Acesso em 2022.

ROCHOL, JUERGEN. **Comunicação de Dados**. Bokman, 2012.

POZAR, DAVID M. **Microwave Engineering** - 4º ed. John Wiley & Sons, Inc. 2012.

HAYT JR, WILLIAM H. E BUCK, JOHN A. **Engineering Electromagnetics** - 8º ed. McGraw-Hill, 2012.

WENTWORTH, STUART M. **Eletromagnetismo Aplicado**. Bokman, 2008.

SZIELENSKI, JEFF. **Software Development Blog**. Disponível em: <http://www.szielenski.com/2015/12/db-vs-dbw-vs-dbm-tutorial.html>. Acesso em 2023.

MD MAX. **Cabo de Alarme Incêndio**. Disponível em: <https://www.mdmax.com.br/cabos/instalacao-do-cabo-de-alarme-incendio/>. Acesso em 2023.

MD POLICABOS. **Cabo de Alarme Incêndio** Disponível em: <https://www.mdpolicabos.com/produto/cabo-de-alarme-de-incendio-com-blindagem-flexivel/>. Acesso em 2023.

TECNOHOLD. **Resistor de Final de Linha**. Disponível em: <https://www.tecnohold.com.br/doutor/uploads/2/downloads/2021/07/download-alarme-convencional-prestige-20-l-040347c7a4.pdf>. Acesso em 2023.

NXP. **Micro controlador MC9S08QE128**. Disponível em: <https://www.nxp.com/products/processors-and-microcontrollers/additional-mpu-mcus-architectures/8-bit-s08-mcus/8-bit-flexis-qe-mcus:S08QE>. Acesso em 2023.

ON SEMICONDUCTOR. **Transistor TIP122**. Disponível em: <https://www.onsemi.com/download/data-sheet/pdf/tip120-d.pdf>. Acesso em 2023.