

# **DIAGNÓSTICO DE INVESTIGAÇÃO DA ORIGEM DO SINISTRO DE INCÊNDIO EM PLANTA DE EMBALAGENS DE FÁBRICA DE CIGARROS**

## **RESUMO**

Análise do diagnóstico de investigação da configuração da origem do sinistro de incêndio nos pallets com produtos embalados e prontos para expedição armazenados no setor de estoque de uma fábrica de cigarros, através da avaliação global por observação direta com coleta de amostras para ensaio dos materiais atingidos pelo fogo em laboratório, a partir das informações técnicas coletadas nas instalações, áreas de risco do ambiente sinistrado.

## **ABSTRACT**

Analysis of the investigation diagnosis of the configuration of the origin of the fire incident on the pallets with products packed and ready for shipment in the inventory sector of a cigarette factory, through the global assessment by direct observation with the collection of samples for testing the materials affected by the fire in the laboratory, based on the technical information collected in the installations, risk areas of the affected environment.

**Palavras Chaves:** Perícia; Incêndio; Inspeção; Investigação; Diagnóstico;

## **1. INTRODUÇÃO DO SINISTRO:**

O presente artigo trata-se de uma análise investigativa da origem de um sinistro de incêndio na área de expedição do setor de estoque da planta de embalagens de uma fábrica de cigarros, ocorrido por volta das 10 horas do dia 19 de agosto de 2020.

O incêndio começou em um palete de produtos acabados da área de corte localizado no nível do chão do sistema de estantes de 4 camadas, visto por um operador que voltava do almoço visualizou chamas saindo do palete e acionou o alarme, o sistema de sprinklers foi ativado, mas não foi o suficiente para apagar o fogo. Os bombeiros da brigada de incêndio foram acionados extinguiram o fogo, não houve feridos e danos em equipamento e instalações, somente danos materiais, bobinas de embalagens de papel, pallets de madeira e racks metálicos parcialmente queimados.

Após o incêndio, foram implementadas ações de remoção de água no chão, segregação do material queimado, limpeza geral, análise de integridade em racks e investigação preliminar de causas básicas.

A planta retomou as atividades de operação 8 horas após o incidente, depois que os pisos secaram a água da área de corte fluíu para outras áreas da planta e equipamentos inspecionados.

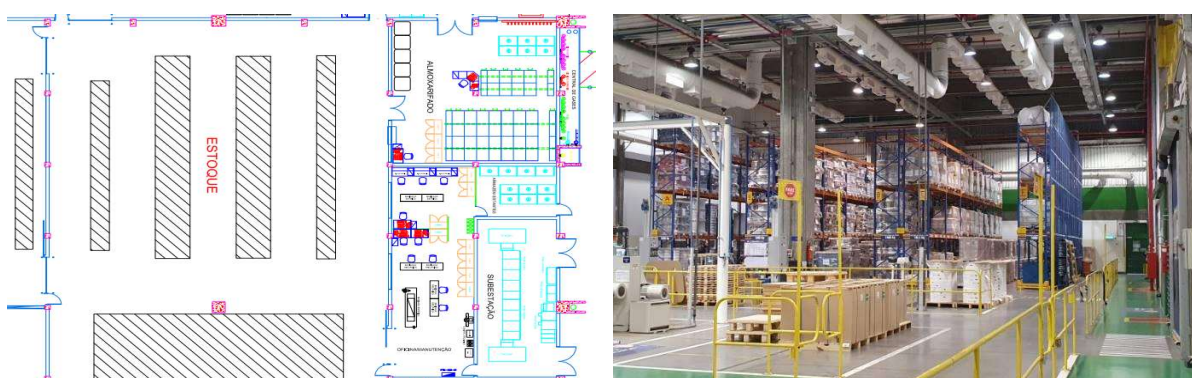


**Local do sinistro de incêndio na área de expedição de embalagens**

## **2. PLANTA DE EMBALAGENS:**

A planta de embalagens da fábrica de cigarros encontra-se localizada no distrito industrial junto a uma rodovia, e é constituída pelos setores administrativo, técnico (gabinetes de trabalho, sala de reuniões, sanitários, refeitório; e setor industrial (produção, estoque, expedição, controle de qualidade e almoxarifado).

O pavilhão industrial construído em estrutura pré-moldada de concreto, com pé-direito de 8,0m, fechamento em elevações de blocos cerâmicos e painéis de alumínio, com acabamentos de revestimento de pintura, pavimentação em piso industrial de concreto armado e com cobertura em estrutura metálica com telhamento de alumínio, e sistema de instalações de incêndio com sprinklers, alarme, rede de hidrantes, mangueiras, extintores, etc.



**Layout da área de estoque e expedição de embalagens**

## **3. METODOLOGIA APLICADA:**

O processo do diagnóstico que visa avaliar as condições técnicas, de uso, operação, manutenção e funcionalidade do sistema de prevenção de incêndio específico da de forma a complementar para aprofundar nas investigações de forma sistêmica, considerando a constatação de fatos ou situações com descrição minuciosa dos

elementos que os constituem, mediante processo investigativo tecnicamente fundamentado, que permita analisar verificar a existência ou inexistência de possíveis nexos causal em relação a origem do sinistro de incêndio, apontando suas consequências e responsabilidades.

Então, a produção de prova está condicionada à abrangência das investigações, à confiabilidade e adequação das informações obtidas junto a empresa, à qualidade das análises técnicas efetuadas e ao menor grau de subjetividade emprestado pelo perito na resolução do caso em questão.

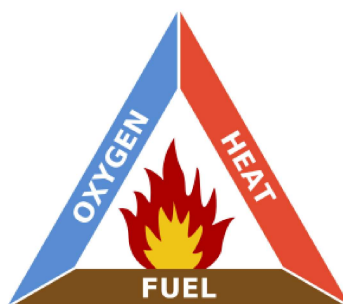
A análise pericial deve considerar no mínimo o seguinte subconjunto de requisitos de segurança contra incêndio no uso e na operação da planta do complexo industrial.

#### 4. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS:

##### 4.1. Triângulo do Fogo:

O triângulo do fogo é a representação dos três elementos necessários para que haja uma combustão. Esses elementos são: o combustível, que fornece energia para a queima; o comburente, que é a substância que reage quimicamente com o combustível; e o calor, que é necessário para iniciar a reação entre combustível e comburente.

- **Combustível** - é tudo que é suscetível de entrar em combustão (madeira, papel, pano, estopa, tinta, alguns metais, etc.)
- **Comburente** – está associado quimicamente ao combustível, é capaz de fazê-lo entrar em combustão, o oxigênio é o principal comburente.
- **Energia de ativação ou ignição** - é o calor necessário para iniciar a reação, após a ignição a própria reação torna-se a fonte de calor.



(Fonte: Wikipedia)

##### 4.2. Classificação dos Combustíveis:

- **Estado Físico** - sólidos: carvão, madeira, pólvora, etc.; líquidos: gasolina, álcool, éter, óleo, etc.; gasosos: metano, etano, etileno, etc.
- **Volatilidade** - voláteis: são aqueles que, à temperatura ambiente, são capazes de se inflamar (álcool, éter, benzina, hexano, nafta e a gasolina.) e não Voláteis: São aqueles que, para desprenderem vapores capazes de se inflamar, necessitam

aquecimento acima da temperatura ambiente (óleo combustível, óleo lubrificante, querosene etc.)

### **Temperaturas**

- **Ponto de Fulgor** - é a temperatura (uma para cada combustível), na qual um combustível desprende vapores suficientes para serem inflamados por uma fonte externa de calor, mas não em quantidade suficiente para manter a combustão.

- **Ponto de Combustão** - é a temperatura do combustível acima da qual ele desprende vapores em quantidade suficiente para serem inflamados por uma fonte externa de calor e continuarem queimando, mesmo quando retirada esta fonte de calor.

- **Ponto de Ignição** - é a temperatura necessária para inflamar os vapores que estejam se desprendendo de um combustível.

### **4.3. Eletricidade Estática:**

A eletricidade estática é o fenômeno de acumulação de cargas elétricas que pode se manifestar em qualquer material. Acontece com o processo de atrito entre materiais e se manifesta em vários fenômenos que ocorrem no cotidiano, às vezes ocorre de forma inofensiva, principalmente, em locais onde a umidade do ar é muito baixa, ou seja, locais secos.

Nas fábricas de papel a eletricidade estática se manifesta nos enrolamentos das bobinas devido o atrito desses materiais com as partes metálicas das máquinas, fazendo com que surjam cargas elétricas que podem produzir faíscas e provocar incêndios

A eletricidade estática constitui um risco de incêndio e explosão durante o manuseio de materiais e produtos inflamáveis, considerados como acumuladores de eletricidade estática. Algumas operações podem dar lugar à acumulação de cargas elétricas, as quais podem ser repentinamente liberadas em descargas eletrostáticas, com energia suficiente para inflamar uma mistura inflamável de gás de hidrocarbonetos com ar.

- **Acumuladores Estáticos** - querosenes, óleo lubrificante, solventes, etc.

A descarga de eletricidade é risco para descargas eletrostáticas podem ocorrer como consequência da acumulação de cargas em líquidos ou sólidos não condutores (solvente) e condutores ou partículas em suspensão no ar.

## **5. INSPEÇÃO TÉCNICA:**

Procedemos às inspeções técnicas “*in loco*” da ocorrência do sinistro no dia 21 de agosto de 2020, constituída de uma avaliação global por observação direta com base nas verificações e informações técnicas coletadas no ambiente do local do sinistro, configurando as instalações e áreas de risco da planta de embalagens, conforme segue:





**Detalhe do local de ignição do fogo entre o vão de dois pallets empilhados e retirada de material**



**Vista dos danos materiais, bobinas de embalagens sobre os pallets queimados**

### **5.1. Ambiente do Local do Sinistro:**

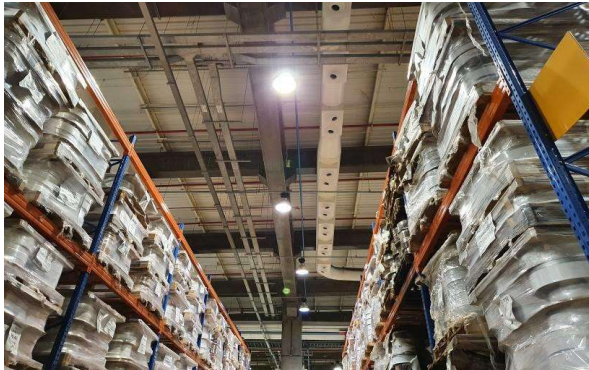
O setor de estoque para expedição das embalagens acondicionadas em pallets depositadas em racks é um ambiente ventilado, sem passagens de rede de instalação e sem manuseio de produtos líquidos ou não condutores para geração e acúmulo da eletricidade estática, pois não se trata de local confinado (fechado), e não possui atmosfera para provocar uma combustão espontânea de incêndio, não passível para situação de ignição de fogo.

#### **Sistema de Combate de Incêndio – PPCI**

O sistema de combate à fogo instalado é constituído por instalação hidráulica de redes de sprinklers e de hidrantes com mangueira sob comando.

- **Sprinklers** - acionamento individual ou em grupo por rompimento do lacre de temperatura, uma vez ativado libera água até que a linha de fornecimento seja interrompida. Trata-se de um sistema de prevenção e combate de detecção de calor, fumaça e/ou gás explosivo ativa um conjunto de sprinklers de uma determinada zona

▪ **Hidrantes** - é um terminal hidráulico com registro, dotado de mangueira e esguicho; localizados normalmente nas paredes das edificações, dentro de caixas vermelhas sinalizadas, possuindo um ou mais bocais onde podem ser encaixadas as mangueiras à válvula que controla a quantidade de água que sai pelos bocais e que levarão a água até o local do incêndio.



**Vistas da rede de sprinklers e dos hidrantes da planta de embalagens – setor de estoque**

## **6. ENSAIOS DOS MATERIAIS:**

Após a inspeção técnica do local do sinistro e dos materiais atingidos pelo fogo procedemos da coleta de amostras para ensaio dos materiais atingidos pelo fogo em laboratório sendo contratado junto ao Laboratório de Materiais Poliméricos, conforme resultado constante do relatório de ensaio nº 015/20, a saber:

### **Amostras**

**Identificação:** Bobina Frente, Bobina Branca Queimada Ext., Bobina Branca Não Queimada, Bobina Queimada, Papelão Queimado Centro, Pallet Sobre Peça, Apoio da Peça, Plástico Bobina Frente, Peça

**Descrição:** Amostras de papel em bobinas novas e parcialmente queimadas, papelão parcialmente queimado, pallets parcialmente queimados, plástico de bobina, peça queimada.

### **Pavio de Ignição**

**Peça queimada** – identificada como uma peça estranha retirada entre o vão existente entre os pallets, provável pavio de ignição do princípio de incêndio

## 6.1. Ensaios Realizados das Amostras em Laboratório

### Espectroscopia no Infravermelho

**Método usado:** Análise Qualitativa por Espectroscopia no Infravermelho – Conforme ASTM E1252-98 (reaprovada em 2013)

**Equipamento:** Espectrofotômetro FTIR – Spectrum 1000 Perkin Elmer

**Preparo das amostras:** Raspagem das amostras com auxílio de estilete e confecção de pastilhas de KBr.

### Termogravimetria

**Método usado:** Análise Composicional por Termogravimetria – Conforme ASTM E1131-20.

**Equipamento:** TGA Q50 – TA Instruments

**Preparo das amostras:** As amostras foram cortadas com tesoura ou alicate de corte, a massa foi aproximadamente 10 mg.

**Parâmetros de ensaio:** Aquecimento de temperatura ambiente a 900 °C sob taxa de 20 °C/min e fluxo de N<sub>2</sub>.

### Microscopia Eletrônica de Varredura

**Método usado:** Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) – Método interno do LaPol

**Equipamento:** Microscope Phenom ProX PW-100-017

**Preparo das amostras:** Cortes com auxílio de bisturi até a exposição da contaminação para avaliação por MEV/EDS.

**Parâmetros de ensaio:** Tensão de aceleração de 15 kV. Modo: Elétrons retroespalhados. Porta-amostra com redução do carregamento.

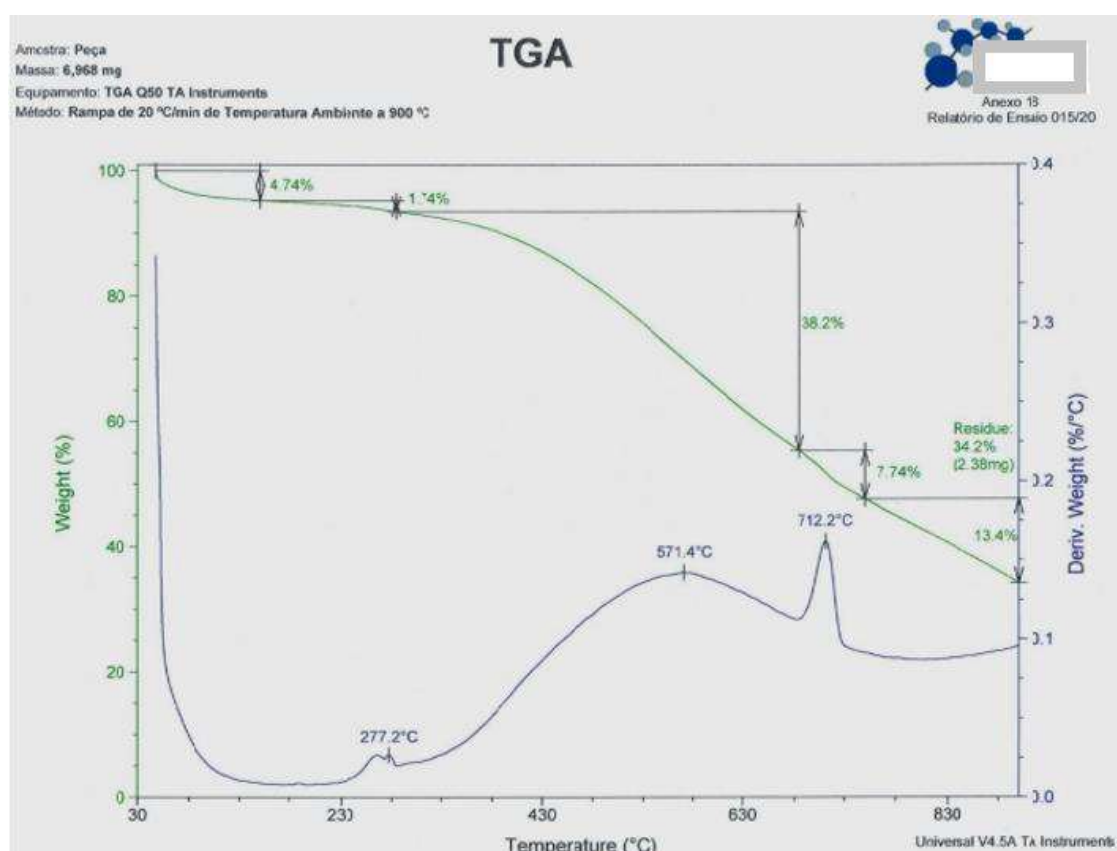
**Resultados:** Imagens obtidas por MEV e resultados da análise elementar por EDS demonstraram as características morfológicas e composicionais das amostras.

### Resultado da Análise

A tabela a seguir mostra os valores da faixa e temperatura de degradação, e percentual de perda de massa do evento de degradação, obtido nos termogramas de TGA das amostras da peça queimada.

| Amostra | Faixa dos eventos de degradação (°C) | T <sub>max</sub> de degradação (°C) | Perda de massa (%) | Massa (%) |        |        |        |                  |
|---------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------|--------|--------|--------|------------------|
|         |                                      |                                     |                    | 200 °C    | 300 °C | 400 °C | 500 °C | Resíduo a 900 °C |
| Peça    | 30 - 100                             | -----                               | 4,7                |           |        |        |        |                  |
|         | 100 - 280                            | 277,2                               | 1,7                |           |        |        |        |                  |
|         | 280 - 700                            | 571,4                               | 38,2               | 94,8      | 93,3   | 89,5   | 79,7   | 34,2             |
|         | 700 - 750                            | 712,2                               | 7,7                |           |        |        |        |                  |
|         | 750 - 900                            | -----                               | 13,4               |           |        |        |        |                  |

### Termogramas de TGA das amostras



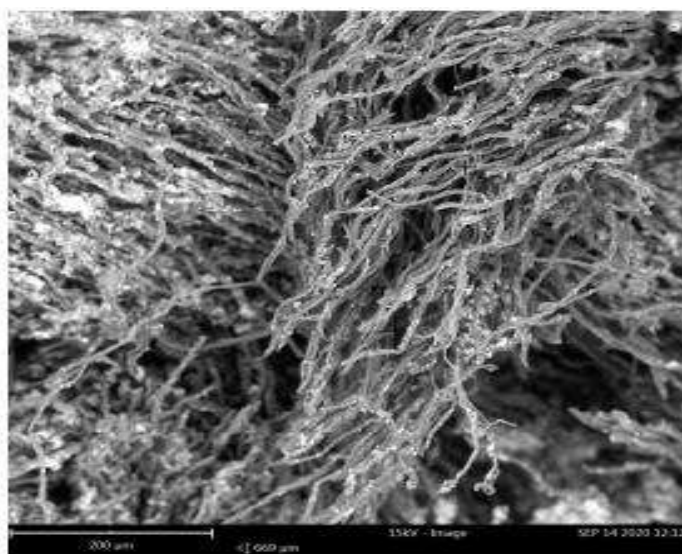
### Resultados do ensaio das amostras

| EDS – Ponto 1 |                       | EDS – Ponto 2 |                       |
|---------------|-----------------------|---------------|-----------------------|
| Elemento      | Concentração Peso (%) | Elemento      | Concentração Peso (%) |
| Carbono       | 76,94                 | Carbono       | 84,85                 |
| Oxigênio      | 19,89                 | Oxigênio      | 15,15                 |
| Cálcio        | 3,16                  |               |                       |



### **Imagem de MEV da Peça Queimada**

A imagem de MEV a amostra da peça queimada (bucha têxtil) mostra uma morfologia diferente das demais amostras, não apresentando semelhança com as outras amostras analisadas (bobina de papel, plástico, papelão e madeira). Na imagem óptica é possível ver a trama de tecido no material ensaiado, ficando evidenciado os feixes fibrosos que constituem essa amostra. Na análise é possível observar uma morfologia de resíduos de tecido ao estágio de degradação dessa amostra.



(Fonte Imagem Laboratório)

## **7. CONCLUSÃO FINAL:**

Este trabalho permitiu concluir que o sinistro foi provocado, materializado a partir da inspeção técnica do local onde ocorreu o sinistro de incêndio, da investigação da origem da configuração da ignição do fogo nos pallets, e por último, das análises e ensaios dos materiais em laboratório realizados.

### **7.1. Resultados da Mitigação de Riscos de Incêndio:**

Não foram encontrados à possibilidade de riscos de ignição no setor de estoque e expedição de embalagens da fábrica de cigarros, relacionados com combustão espontânea por geração o acúmulo da eletricidade estática, que provavelmente poderia ocorrer em instalações industriais contendo atmosferas inflamáveis, decorrentes de fatores como a movimentação de fluídos, a existência inadvertida de condutores isolados ou a utilização de materiais não metálicos ou não condutivos em áreas classificadas, associados com deficiências nos sistemas de equipotencialização ou de aterramento.

▪ **Instalações Elétricas** - não verificamos geração risco de ignição por geração de faíscas ou acúmulo indevido de eletricidade estática, e nem à existência de elevadas diferenças de potenciais de tensão, capazes de produzir centelhas.

▪ **Transporte e Movimentações** – não verificamos movimentações de volumes de líquidos, gases e poeiras no interior do setor de estoque que resultam em uma grande quantidade de eletricidade estática que podem representar uma fonte de ignição.

## **7.2. PAVIO DE IGNIÇÃO DO FOGO:**

Objetivamente, verificamos que a origem do incêndio foi uma ação provocada por uma peça estranha disposta no centro e no vão existente entre dois pallets, constituída por bucha têxtil, sendo este o provável pavio de ignição do princípio do sinistro de incêndio ocorrido nos pallets com produtos embalados e prontos para expedição armazenados no setor de estoque da planta de embalagens.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas 1996, *NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil*, Rio de Janeiro, RJ;

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas 2020, *NBR 16.747 – Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimentos*, Rio de Janeiro, RJ;

ABUNAHMAN, Sérgio Antônio, Curso Básico de Engenharia Legal e de Avaliações, Editora PINI, 2006, São Paulo-SP;

BRENTANO, Telmo, Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações, EDIPUCRS, 2004, Porto Alegre-RS;

IBAPE-SP, Engenharia de Avaliações, Editora Pini-São Paulo-SP;

GOMIDE, DELLA FLORA, BRAGA, GULLO e CABRAL, Manual de Engenharia Diagnóstica, Ed. LEUD-SP, 2021, São Paulo-SP;

MEDEIROS JR., Joaquim e FIKER, José, A Perícia Judicial, como Redigir Laudos e Argumentos Dialeticamente, Editora PINI, 1996, São Paulo-SP;

MEIRELLES, Hely Lopes, Direito de Construir, Ed. Revistas dos Tribunais, 1987, São Paulo-SP;

MITIDIERI, Marcelo Luis, O comportamento dos materiais e componentes construtivos diante do fogo - reação ao fogo. In.: A Segurança contra incêndio no Brasil, Projeto Ed, 2008, São Paulo-SP;

SABESP, Noções de prevenção e combate a princípios de incêndios, Divisão de Treinamento, 1980, São Paulo-SP;

SESTREM, Maurício Saturnino, Prevenção no Combate a Sinistros, UNIASSELVI, 2011, Indaial-SP;

WIKIPEDIA, [https://pt.wikipedia.org/wiki/Tri%C3%A2ngulo\\_do\\_fogo](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tri%C3%A2ngulo_do_fogo), Triângulo do fogo, consultado em 19/08/2020.