

RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO  
DE INCIDENTE NA PLANTA  
PRODUTORA DE ETANOL DA  
EMPRESA LINS  
AGROINDUSTRIAL S/A

Superintendência de Produção de  
Combustíveis



**anp**  
Agência Nacional  
do Petróleo,  
Gás Natural e Biocombustíveis

# RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTE

## EXPLOSÃO NA DORNA VOLANTE DA PLANTA PRODUTORA DE ETANOL DA EMPRESA LINS AGROINDUSTRIAL S.A

Superintendência de Produção de  
Combustíveis



**anp**  
Agência Nacional  
do Petróleo,  
Gás Natural e Biocombustíveis



## **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**

### **Diretor-Geral**

Artur Watt Neto

### **Diretores**

Symone Christine de Santana Araújo

Daniel Maia Vieira

Fernando Wandscheer de Moura Alves

Pietro Adamo Sampaio Mendes

### **Superintendente de Produção de Combustíveis**

Brunno Loback Atalla

### **Superintendente Adjunta de Produção de Combustíveis**

Heloisa Helena Moreira Paraquetti

### **Coordenadora de Segurança Operacional de Instalações de Produção de Combustíveis**

Daniela Goñi Coelho

**Elaboração - Comissão de Investigação de Incidente**

Luiz Omena de Oliveira Filho (investigador líder)	
Aline Fabiana Pereira Alcoforado	
Rosemeri Santos de Almeida	

**Revisão**

Daniela Goñi Coelho	
---------------------	--

**Aprovação**

Brunno Loback Atalla	
----------------------	--

Rev. 0

<b>Rev.</b>	<b>Descrição</b>	<b>Elaborado</b>	<b>Revisado</b>	<b>Aprovado</b>	<b>Páginas alteradas</b>
0	Emissão Inicial	AFPA LOOF RSA	DGC	BLA	NA

## SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	8
2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO .....	9
2.1. Fermentação do mosto .....	9
2.2. Destilação do etanol.....	10
2.3. Particularidades no processo da Lins.....	11
2.4. Dornas volantes.....	12
3. DESCRIÇÃO DO INCIDENTE .....	15
4. CONSEQUÊNCIAS DO INCIDENTE.....	16
5. DESAFIOS PARA INVESTIGAÇÃO DO ACIDENTE .....	17
6. HIPÓTESES INVESTIGADAS.....	18
6.1. Explosão mecânica.....	21
6.1.1. Falha acima da PMTA .....	21
6.1.1.1. Ocorrência de sobrepressão na dorna .....	22
6.1.1.2. Falha no alívio de pressão da dorna .....	24
6.1.2. Falha abaixo da PMTA .....	24
6.2. Explosão em atmosfera explosiva.....	25
6.2.1. Fonte de ignição.....	26
7. ÁRVORE DE FALHAS .....	36
8. FATORES CAUSAIS .....	38
9. CAUSAS RAIZ.....	38
9.1. CR1: Falha de projeto da dorna volante .....	38
9.2. CR2: Falha na classificação de área da dorna volante 1 .....	43
9.3. CR3: Falha na análise de risco do processo.....	46
9.4. CR4: Falhas relativas à Liberação de Trabalho.....	47
10. RECOMENDAÇÕES.....	51
11. CONCLUSÕES .....	53

## SUMÁRIO EXECUTIVO

Em 5 de outubro de 2020, a empresa Lins Agroindustrial S/A encaminhou por e-mail à ANP um comunicado informando sobre acidente ocorrido na sua unidade localizada em Lins – SP.

O acidente ocorreu no dia 4 de outubro de 2020, por volta das 14:10, durante a realização de serviço de soldagem para reparo em uma tubulação de água situada sobre a dorna volante 1, no setor de fermentação da usina produtora de etanol. A atividade teve início normalmente, porém, após a realização do primeiro passe de solda e durante os preparativos para o segundo, ocorreu uma explosão interna na referida dorna, resultando em seu colapso estrutural. O trabalhador que realizava a solda encontrava-se posicionado sobre o equipamento no momento da explosão e foi atingido pelo rompimento do teto da dorna e arremessado ao piso da centrífuga, vindo a óbito no local.

Além da fatalidade de um soldador da empresa, o incidente causou escoriações leves em outro profissional, o caldeireiro, que trabalhava junto ao soldador. Conforme o relatório de investigação emitido pela empresa, não houve liberação ou vazamento de substâncias, tampouco foram identificados impactos ambientais decorrentes do evento. Em relação à continuidade operacional, foi informado que o processo produtivo permaneceu paralisado por aproximadamente dois dias, período necessário para que a perícia concluísse o levantamento de dados no local do sinistro. Após esse período, as operações foram restabelecidas de forma progressiva.

Em situações que envolvem acidentes com óbito, é prática da ANP designar uma equipe para conduzir a investigação (Comissão de Investigação) e se deslocar com a maior brevidade possível até o local do sinistro, com o objetivo de coletar informações iniciais, realizar entrevistas, registros fotográficos, acessar documentos e adotar outras medidas pertinentes. Contudo, no acidente em questão, a vistoria não foi realizada imediatamente, em razão da declaração vigente de pandemia de COVID-19 pela Organização Mundial da Saúde e devido à previsão legal constante no art. 4º, inciso II, da Resolução ANP nº 812, de 23 de março de 2020.

A investigação do acidente foi conduzida com base no método da árvore de falhas, por meio do qual a Comissão de Investigação da ANP identificou o fator causal e as causas raiz do evento. Para elaboração dessa árvore, foram considerados diversos elementos coletados durante a apuração realizada, incluindo entrevistas com representantes da empresa presentes no dia do acidente e com funcionários de diferentes níveis hierárquicos, dados de projeto e de processo de equipamentos diretamente envolvidos no evento, registros de manutenção diversos, fluxogramas de processo, procedimentos operacionais, registros de treinamento do soldador acidentado, processos administrativos relativos à autorização de aumento de capacidade de produção e informações e documentos coletados durante a vistoria no local (realizada após o rebaixamento da condição emergencial de saúde pública em razão da COVID-19) e em reunião remota complementar.

Conforme análise conduzida pela equipe de investigação da ANP, foram identificados quatro fatores causais:

- A dorna volante 1 ter sido eletricamente carregada;
- Efetuar a tarefa de solda em região cujos riscos de explosão eram pouco conhecidos, pois a dorna não foi identificada como área classificada;

- Não haver na Liberação de Trabalho orientação clara sobre o local ideal para aterramento da máquina; e
- O projeto do equipamento não ter contemplado formas de evitar a ocorrência de formação de eletricidade estática na dorna volante.

Ao final, os investigadores identificaram 04 (quatro) causas raiz para o acidente:

- Falha de projeto da dorna volante;
- Falha na classificação de área na dorna volante 1;
- Falha na análise de risco do processo; e
- Falhas relativas à liberação de trabalho.

Como resultado desta investigação, foram elaboradas onze recomendações para a indústria e duas recomendações específicas para a Lins, visando prevenir a ocorrência de acidentes semelhantes em outras plantas produtoras de combustível no Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

O acidente investigado ocorreu no dia 4 de outubro de 2020 na instalação produtora de etanol da empresa Lins Agroindustrial S.A, situada na cidade de Lins, estado de São Paulo (Figura 1).

A explosão aconteceu no equipamento conhecido como dorna volante 1, localizado no setor de fermentação da planta.



**Figura 1 – Vista aérea da Usina Lins (Fonte: Google Maps)**

A instalação teve o início de suas atividades em 2007 como Usina Batatais S/A Açúcar e Álcool – Unidade Lins.

Inicialmente projetada para uma capacidade de produção de etanol hidratado de 700 m<sup>3</sup>/d, a Usina Lins passou por dois processos de ampliação de capacidade da planta produtora. A primeira, realizada em 2016, elevou a capacidade para 800 m<sup>3</sup>/d de etanol hidratado e 650 m<sup>3</sup>/d de etanol anidro. Em março de 2020, devido à cisão das unidades produtoras da Usina Batatais S/A, a Usina Batatais S/A Açúcar e Álcool – Unidade Lins passou a ter razão social Lins Agroindustrial S.A. Desta forma, na época do acidente, a instalação produtora de etanol da Lins Agroindustrial S.A era detentora da Autorização de Operação nº 102, publicada no D.O.U. de 28/02/2020, concedida pela ANP conforme Resolução ANP nº 734, de 28 de junho de 2018, vigente à época. A capacidade de produção autorizada é de 1.100 m<sup>3</sup>/d de etanol hidratado e de 650 m<sup>3</sup>/d de etanol anidro.

Cabe destacar que a Resolução ANP nº 734 foi revogada e substituída pela Resolução ANP nº 987/2025. No entanto, considerando que a instalação em questão foi originalmente autorizada com base na Resolução ANP nº 734 e que esta era a norma vigente à época do acidente, tal resolução foi adotada como referência nas análises conduzidas pela Comissão de Investigação da ANP.

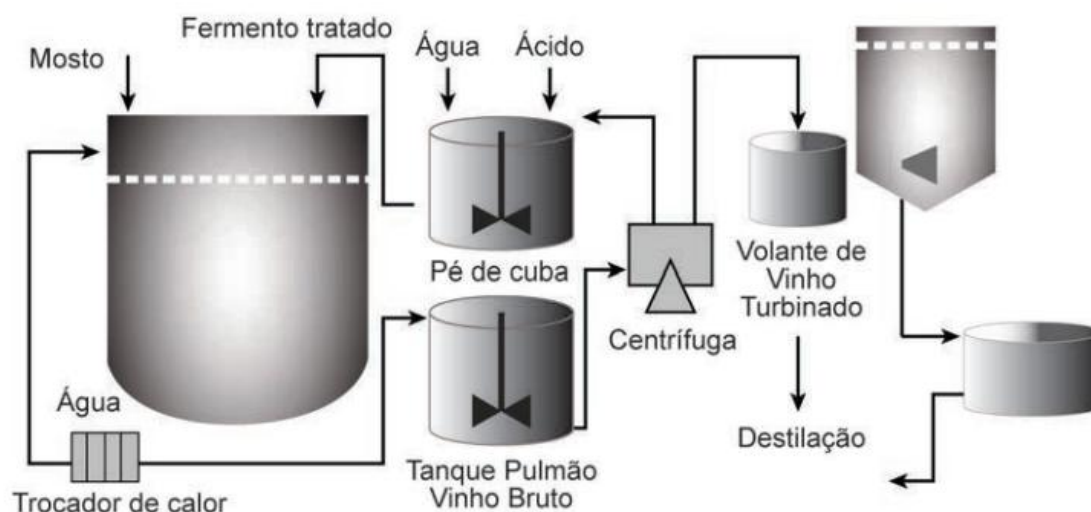


## 2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Ao longo da investigação, a equipe da ANP verificou que o processo de produção do etanol via fermentação praticado pela empresa Lins tem semelhança ao arranjo conhecido como Melle-Boinot, que será descrito adiante.

### 2.1. Fermentação do mosto

No que se refere especificamente à etapa de fermentação, a empresa adota o processo Melle-Boinot (Figura 2), operando em bateladas. Conforme descrito por Lopes, Gabriel e Borges (2011)<sup>1</sup>, essa metodologia é caracterizada pela recuperação do fermento por centrifugação do vinho, permitindo sua reutilização em ciclos fermentativos subsequentes.



**Figura 2 – Fluxograma do processo *Melle-Boinot*, fermentação em bateladas, fonte: Lopes, Gabriel e Borges (2011)**

O caldo pré-evaporado segue para o processo de fermentação, passando anteriormente por uma etapa de resfriamento a uma temperatura em torno de 30 °C, considerada adequada para o desenvolvimento das leveduras. Esse caldo passa a ser a matéria-prima do processo fermentativo, no qual ocorre a transformação do açúcar em álcool através da ação de microrganismos (leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*).

O processo de fermentação começa com a adição do mosto — uma mistura de caldo de cana e mel final — nas dornas de fermentação. Essas dornas já contêm cerca de 30% do volume em fermento (creme de levedura), proveniente da centrifugação de outra dorna que concluiu seu ciclo fermentativo. A alimentação de cada dorna prossegue até que se atinja o volume final previamente definido, de acordo com a dinâmica da fermentação, e com duração em torno de 5 horas.

<sup>1</sup> Produção de etanol a partir da cana-de-açúcar: tecnologia de produção de etanol, autores: Cláudio Hartkopf Lopes, Afra Vital Matos Dias Gabriel, Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges, 2011.

Finalizada a etapa de alimentação, a fermentação ainda continua por algumas horas, até que todos os açúcares presentes sejam convertidos em álcool. O processo fermentativo tem um tempo de duração médio de 7 horas (tempo total do ciclo) e, ao final, o produto gerado recebe o nome de “vinho fermentado” e segue para o processo de separação via centrifugação.

No processo de separação, o vinho fermentado oriundo das dornas é primeiramente bombeado para a dorna pulmão, cuja função é garantir nível e vazão controlados para alimentação das separadoras centrífugas. Em seguida, segue para as centrífugas, que operam conforme a necessidade do processo.

O vinho, ao passar pelas centrífugas, é separado em creme de levedura e vinho delevedurado (sem levedura). O creme de levedura é destinado às cubas de tratamento do creme, visando a multiplicação celular, para, em seguida, retornar ao processo fermentativo. Já o vinho delevedurado é enviado por gravidade para a dorna volante e, posteriormente, segue para o processo de destilação.

## 2.2. Destilação do etanol

De acordo com Lopes, Gabriel e Borges (2011), na fermentação do tipo Melle-Boinot, o produto resultante do processo de centrifugação é o vinho delevedurado, que apresenta teor alcoólico entre 7 e 10 °GL (porcentagem de álcool em volume presente na mistura).

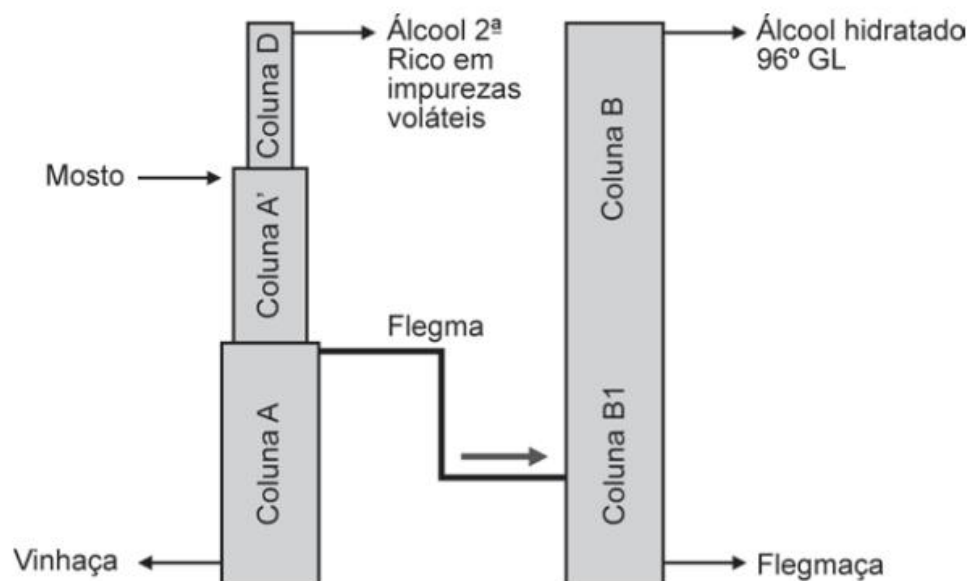
Como mencionado anteriormente, o vinho centrifugado, ou delevedurado, é inicialmente direcionado a um reservatório intermediário denominado dorna volante. Esse tanque tem a função de garantir nível e vazão controlados para a etapa de destilação, deixando o processo o mais contínuo possível.

Atualmente, na unidade da Usina Lins, a dorna volante 1 é a única em operação e possui três saídas para bombeamento, cada uma delas dedicada à alimentação de um aparelho de destilação específico, sendo eles os aparelhos 01, 02 e 03, com capacidade de receber 270 m<sup>3</sup>/h, 50 m<sup>3</sup>/h e 100 m<sup>3</sup>/h de vinho, respectivamente.

A destilação do vinho para a produção de álcool hidratado é realizada por aparelho de destilação composto por dois conjuntos de colunas: o destilador (A/A1/D) e o retificador (B/B1).

Os aparelhos de destilação recebem o vinho bombeado da dorna volante 1 no topo da coluna A1, enquanto vapor é introduzido na base da coluna A. Esse processo permite a destilação através da troca térmica entre o vapor e o vinho.

No primeiro conjunto (A, A1, D) há formação de vinhaça, álcool de segunda e flegma. A vinhaça é utilizada na fertirrigação do solo e o flegma é retirado do fundo da coluna A1 e encaminhado para o segundo conjunto (B e B1), que produz o etanol hidratado e subprodutos como a flegmaça e óleo fúsel. Lopes, Gabriel e Borges (2011) apresentam um esquemático do processo de destilação na Figura 3.



**Figura 3 – Esquemático do processo de destilação, fonte: Lopes, Gabriel e Borges (2011)**

Importante ressaltar que, conforme Lopes, Gabriel e Borges (2011), o álcool de segunda, com graduação de aproximadamente 92 °GL, geralmente retorna à dorna volante para ser reprocessado.

### 2.3. Particularidades no processo da Lins

Conforme Memorial Descritivo anexado ao processo de autorização da planta, a produção de etanol na Usina Lins inclui as etapas de recepção e preparo da cana de açúcar, extração do caldo (com capacidade de processamento de 760 toneladas de cana por hectare), tratamento e concentração do caldo, fermentação em batelada, separação do vinho fermentado via centrifugação, destilação via colunas fracionadas e desidratação por peneira molecular. Os principais equipamentos desta instalação utilizados no processo produtivo são:

- 8 dornas de fermentação de 1.000 m<sup>3</sup>, com tempo de fermentação de 5 horas e tempo total do ciclo de 7 horas. As dornas trabalham em sistema de “escada”, ou seja, cada uma delas em um estágio do processo de fermentação, em uma sequência lógica. Assim, o arranjo das dornas é dado da seguinte maneira: três a quatro dornas em processo de alimentação com níveis diferentes e ascendentes entre elas, em função do início de ciclo de fermentação alternado de cada dorna; duas dornas cheias em processo de finalização de fermentação, uma dorna parada esperando a ser centrifugada e uma dorna em centrifugação;
- 3 centrífugas com capacidade de 90 m<sup>3</sup>/h e 3 com capacidade de 130 m<sup>3</sup>/h;
- 2 dornas volante com volume de 300 m<sup>3</sup> cada, atualmente apenas uma em operação;
- 3 aparelhos de destilação, com capacidade para produção de 650 m<sup>3</sup>/d, 150 m<sup>3</sup>/d e 300 m<sup>3</sup>/d, totalizando 1.100 m<sup>3</sup>/d;
- 1 peneira molecular, com capacidade de produção de 650 m<sup>3</sup>/d de etanol anidro; e

- 5 tanques de armazenamento de etanol, sendo dois com capacidade de projeto de 10.000 m<sup>3</sup> e três com capacidade de projeto de 20.000 m<sup>3</sup>, totalizando 80.000 m<sup>3</sup> como capacidade de armazenagem instalada.

O flegmaça, oriundo do processo de destilação, é utilizado para a limpeza das dornas e auxilia no controle microbiológico da fermentação.

O vinho, ao passar pelas centrífugas, é separado em creme de levedura, o qual é destinado para as cubas de tratamento do creme. O setor possui três cubas: uma recebe o creme de levedura da dorna que está sendo centrifugada; outra com creme disponível para envio à dorna, que reiniciará outro ciclo; e a terceira cuba em processo de limpeza para receber o creme da próxima dorna a ser centrifugada.

## 2.4. Dornas volantes

Esta seção se destina ao detalhamento de informações relativas às dornas volantes da Lins, uma vez que o acidente ocorreu na dorna volante 1.

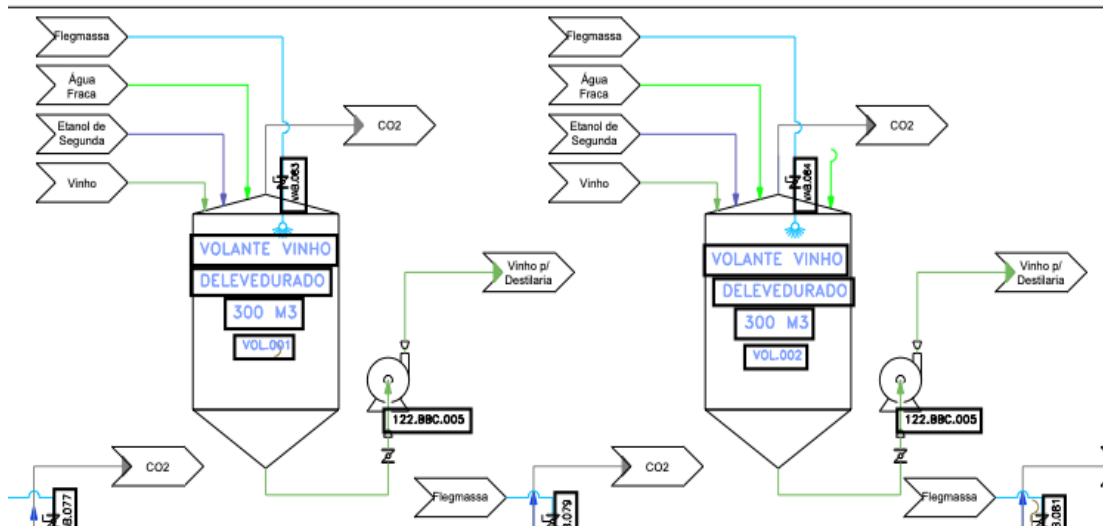
Na época do acidente estavam em operação duas dornas volantes, que têm como objetivo atuar como pulmão para os aparelhos de destilação, garantindo nível e vazão controlados para o processo de destilação.

De acordo com o documento de projeto encaminhado pela empresa, a dorna volante 1 é um equipamento projetado para armazenar 300 m<sup>3</sup> de vinho delevedurado, operando sob pressão atmosférica. No mesmo documento é informado que ela foi projetada em 2005. Contudo, não há informações sobre o ano de fabricação.

O conjunto de bombas instaladas na dorna volante 1 possui válvulas de bloqueio manuais na entrada e na saída de produto, além de uma válvula de retenção, objetivando impedir o fluxo reverso do produto (vinho) para a dorna volante.

O fluxograma de processo mostra que as dornas volantes recebem o vinho delevedurado oriundo das centrífugas, a água fraca efluente do tanque de água fraca, a flegmaça da destilaria e etanol de segunda dos aparelhos de destilação.

De acordo com os interlocutores da Lins, a dorna volante 1 encaminha o vinho delevedurado por bombas para os pré-aquecedores de vinho e estes para os aparelhos de destilação 1, 2 e 3. Contudo, o fluxograma de processo simplificado da Lins encaminhado para a ANP (Figura 4) não mostra os direcionamentos para os aparelhos de destilação de forma clara.



**Figura 4 – Trecho de fluxograma de processo simplificado: linhas no entorno das dornas volante 1 e 2**

Ao longo da investigação, a equipe da ANP solicitou à Lins que enviasse a documentação relativa ao projeto da dorna volante 1. Em resposta, foi encaminhado um desenho de projeto (datado de 2005), o qual mostra as dimensões da dorna, detalhes das soldas das juntas, informações sobre a estrutura de sustentação, reproduzido a seguir na Figura 5. Todavia, nesta documentação não foram evidenciados detalhes sobre as linhas de entrada de fluidos na dorna volante, como posição, diâmetros ou cotas.

Quanto à instrumentação, na documentação enviada à ANP não há informações que permitam conhecer quais os instrumentos eram instalados na dorna. O desenho de projeto não mostra bocais de tomada de pressão, temperatura ou nível, e o fluxograma de processo da área de fermentação mostrava apenas as correntes, diferentemente do fluxograma de processo da destilação, onde são mostrados transmissores de pressão e nível nos aparelhos de destilação, por exemplo.

Sabe-se que a dorna volante 1 possuía ao menos medidor de nível, uma vez que foram recebidos os gráficos de monitoramento de nível deste equipamento. Entretanto, a documentação de projeto do equipamento não registra essa informação. Conforme os relatos colhidos, as dornas possuem indicação de nível para auxiliar a operação a aumentar ou diminuir o fluxo de entrada de produto (vinho das centrífugas), visando que o processo de destilação seja o mais contínuo possível.

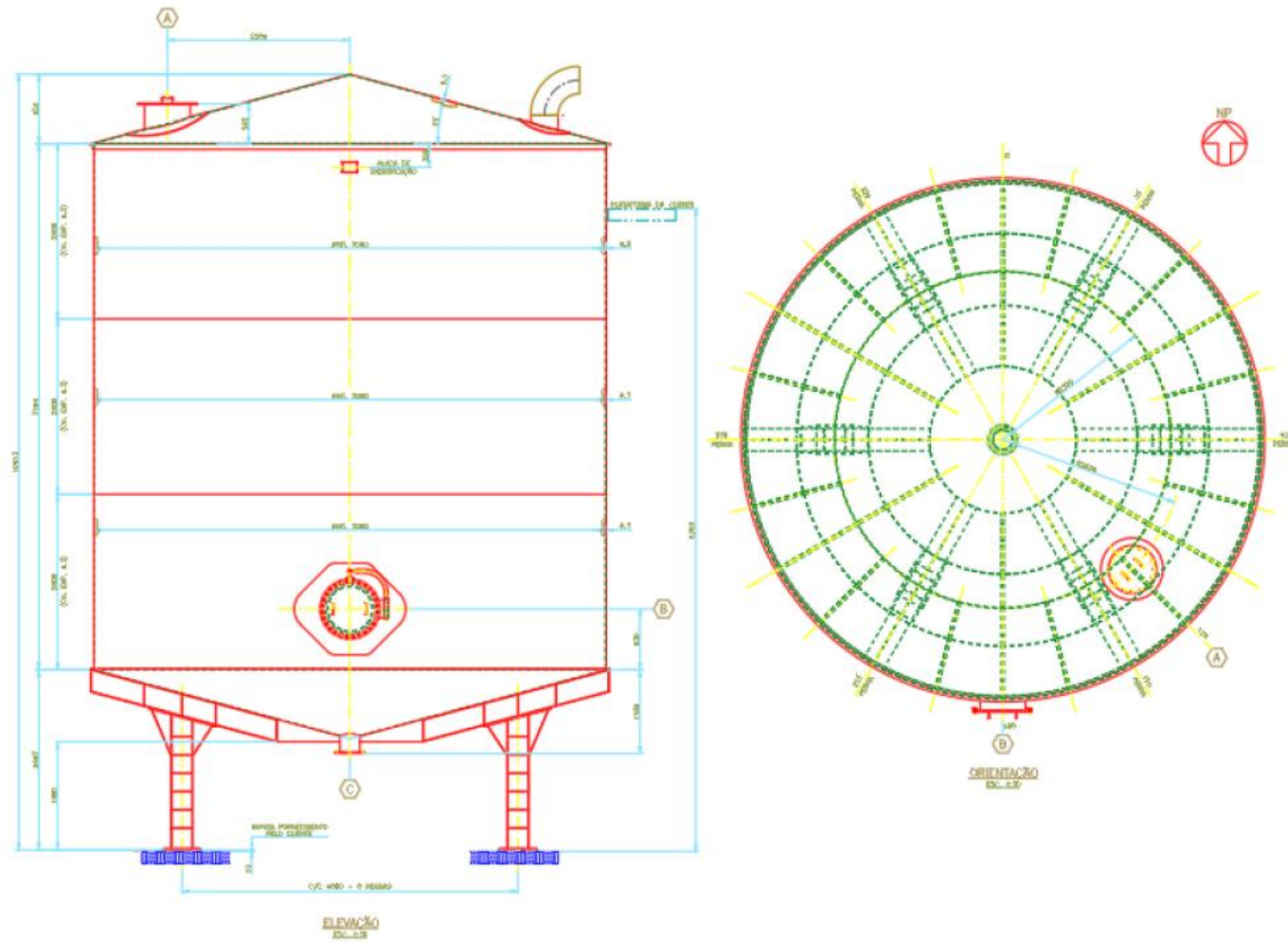


Figura 5 – Projeto da dorna volante

### 3. DESCRIÇÃO DO INCIDENTE

Em 5 de outubro de 2020, a ANP recebeu uma comunicação de incidente ocorrido por volta de 14h20 no dia anterior em planta industrial pertencente à empresa Lins Agroindustrial S.A, a qual resultou em óbito de um trabalhador. A planta é localizada na Fazenda Rio Dourado, zona rural, cidade de Lins, no estado de São Paulo.

O acidente é descrito em três documentos: (i) o relatório detalhado do incidente encaminhado para a ANP via e-mail; (ii) a ata de reunião da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) realizada no dia seguinte ao acidente; e (iii) documento registrado em cartório de notas com o objetivo de reconstituir a Liberação de Trabalho (LT), uma vez que este documento se encontrava no local do serviço no momento do acidente e foi destruída. Além de reproduzir o conteúdo da LT, o documento apresenta no corpo do seu texto o relato do acidente. Consolidando as informações dos três documentos, tem-se a seguinte descrição do incidente:

No dia 4 de outubro de 2020, por volta das 14h10, foi elaborada uma Liberação de Trabalho (LT) para realizar um serviço de solda com o objetivo de reparar vazamento em uma tubulação de água localizada sobre a dorna volante 1, no setor de fermentação. A LT foi preenchida por dois colaboradores – um como solicitante e outro como aprovador – e ambas as vias do documento foram deixadas no local da execução do serviço.

Antes do início da atividade, a tubulação foi drenada, a válvula de alimentação de água foi fechada, e a linha foi lavada. O soldador iniciou o serviço normalmente, utilizando Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) definidos para a tarefa e uma máquina de solda portátil. Após a realização do primeiro passe de solda, e durante os preparativos para o acabamento, ocorreu uma explosão interna na dorna de fermentação, resultando no colapso do teto do tanque.

Como o soldador estava posicionado sobre a dorna no momento da explosão, foi diretamente atingido pelo rompimento da estrutura. O impacto arremessou o corpo do soldador até o piso da centrífuga, resultando em óbito imediato.

O segundo trabalhador presente no momento da explosão (caldeireiro que acompanhava o serviço) teve apenas escoriações leves, porque percebeu logo a anormalidade e pôde se afastar a tempo.

Conforme já mencionado, a Liberação de Trabalho foi destruída no acidente, pois todas as vias se encontravam no local no momento da explosão. A reconstrução do seu conteúdo foi registrada posteriormente por meio de Ato Notarial. A Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) realizou uma reunião extraordinária no dia seguinte ao acidente, na qual foram colhidos relatos de testemunhas e discutidas as circunstâncias do ocorrido.



#### 4. CONSEQUÊNCIAS DO INCIDENTE

Conforme anteriormente mencionado, o incidente resultou no óbito de um colaborador da empresa (soldador) e em escoriações leves no caldeireiro que acompanhava o serviço.

Segundo o Relatório de Incidente emitido pela empresa, não houve liberação ou vazamento de substâncias, e os ecossistemas não sofreram impactos decorrentes do evento.

No que se refere à continuidade operacional, a empresa reportou que o processo produtivo ficou paralisado por aproximadamente dois dias, tempo necessário para que a perícia concluísse o levantamento de dados no local do sinistro. Após esse período, as operações foram restabelecidas de forma progressiva.

Adicionalmente, a dorna volante 1 sofreu danos significativos devido à explosão. Em razão disso, a empresa optou pela substituição do equipamento. A Figura 6 ilustra a dorna volante 1 danificada, após a ocorrência.



**Figura 6 – Dorna volante 1 após sinistro (fonte: registro fotográfico da empresa)**



## 5. DESAFIOS PARA INVESTIGAÇÃO DO ACIDENTE

Durante o processo de investigação, a equipe da ANP se deparou com algumas dificuldades para colher informações e desenvolver as hipóteses para as causas do acidente.

Normalmente, no caso de acidente com óbito, uma equipe é designada para efetuar a investigação do acidente e se desloca com a maior brevidade possível para o local do evento, de modo a coletar as primeiras informações sobre o evento, fazer entrevistas, registros fotográficos, acessar documentos, dentre outras medidas.

Contudo, no acidente em foco, considerando a declaração de pandemia do COVID-19 pela Organização Mundial da Saúde e devido à previsão legal constante no art. 4º, inciso II, da Resolução ANP nº 812, de 23 de março de 2020, a ANP não realizou a vistoria no local imediatamente após a comunicação do incidente. Quando a equipe da ANP realizou ação de fiscalização no local com o intuito de colher informações para a investigação do acidente, a dorna acidentada já havia sido desmobilizada. Em seu lugar, foi instalada uma nova dorna volante, a qual atende todo o processo atualmente e a dorna volante 2 foi desativada.

Também cabe pontuar que não foi possível ter acesso à Permissão de Trabalho (na empresa, denominada como Liberação de Trabalho - LT) elaborada para o serviço de solda porque, conforme relato dos envolvidos no acidente, todas as vias do documento estavam no local onde houve o rompimento do teto da dorna volante e foram destruídas.

Para reduzir o impacto da falta desta LT, funcionários da empresa fizeram uma espécie de reconstituição do documento, registrado no Cartório da região. Embora se reconheça a iniciativa, é razoável supor que a descrição pode não refletir exatamente o documento original.

Uma outra dificuldade que a equipe enfrentou diz respeito à falta de análise de risco de projeto da planta. A ANP solicitou à Lins o envio deste documento para poder avaliar a robustez do método adotado, além de identificar riscos não contemplados na fase de projeto que poderiam ter contribuído para o acidente. Entretanto, os interlocutores da empresa afirmaram não haver tal estudo.

Posteriormente, a equipe da ANP identificou uma análise de risco anexada ao processo administrativo de autorização do aumento de capacidade de produção, cuja metodologia adotada foi Análise Preliminar de Risco (APR). Essa APR, datada de 2019, contemplava apenas o cenário de transbordamento da dorna, não abrangendo outros riscos potenciais relativos à operação da dorna. Além disso, a APR não faz referência a nenhuma análise de risco anterior, o que reforça a lacuna de informações críticas para a compreensão completa dos riscos envolvidos.

Desse modo, aparentemente, a instalação vinha operando sem análise de risco desde sua partida em 2007, e tal documento só foi elaborado em 2019 para obtenção da autorização de operação relativa ao aumento de capacidade.

Quanto à documentação de projeto da dorna volante, além de pouco detalhada e incompleta, foram encontradas inconsistências quanto aos fluidos que adentravam o equipamento e poucas informações quanto a posição de bocais e instrumentos.

Em adição às dificuldades anteriormente mencionadas, vale mencionar que a equipe da ANP solicitou à empresa imagens da dorna volante sinistrada antes do acidente, para que pudessem ser verificados a disposição das tubulações que entram e saem do equipamento, os dispositivos de segurança, o aterramento, o posicionamento do *vent*, dentre outras

informações relevantes, tendo em vista a falta de informações consistentes no projeto da instalação. Entretanto, a empresa informou não dispor de tais registros fotográficos.

Destacamos, por fim, que a falta de algumas informações do produto armazenado na dorna em tela, como composição, ponto de ebulição e limite de inflamabilidade, dificultou a avaliação do potencial de explosão do vapor para as condições do processo no dia do acidente. Ressalta-se que havia inventário de produto na dorna durante a execução da soldagem no tubo de água com vazamento.

Assim sendo, a equipe da ANP não conseguiu desenvolver algumas hipóteses levantadas devido a limitações nas informações disponíveis.

## 6. HIPÓTESES INVESTIGADAS

Conforme já descrito, o trabalhador acidentado estava realizando atividade de solda para reparo em uma tubulação de água que passava por cima do teto da dorna volante 1. Durante a execução do serviço, ocorreu um colapso neste tanque (dorna) decorrente de uma explosão interna. Como o colaborador estava sobre esse tanque realizando o serviço, foi atingido pelo rompimento do teto, vindo a óbito.

A investigação deste acidente utilizou o método de investigação da Árvore de Falhas. A Árvore de Falhas é uma técnica sistemática e dedutiva de investigação que parte do “evento topo” (acidente) e o desdobra em fatores causais e causas raiz, permitindo visualizar relações causais e interdependências entre aspectos técnicos, organizacionais e humanos. Essa abordagem facilita a comunicação dos achados, apoia a priorização de ações corretivas e preventivas e dá rastreabilidade entre evidências e conclusões da equipe de investigação.

Para elaboração desta árvore, foram consideradas as informações coletadas em entrevistas com os representantes da empresa presentes no dia do acidente, empregados em diferentes níveis gerenciais, dados de projeto disponíveis, dados de processo de alguns equipamentos diretamente envolvidos com o acidente, fluxogramas de processo, procedimentos, registros de treinamento do soldador, relatos colhidos em vistoria no local do acidente (após o rebaixamento de condição emergencial de saúde em razão da COVID-19), bem como documentos solicitados em razão desta vistoria e informações colhidas em reunião posterior realizada de modo remoto para novas coletas e achados.

No decorrer da investigação, foram levantadas algumas hipóteses que poderiam ter ocasionado o acidente em tela. Contudo, algumas dessas hipóteses não foram confirmadas em documentos ou durante as entrevistas ou, ainda, pelas razões explicitadas no item referente aos desafios para investigação do acidente. Nos casos em que não foi possível descartar a hipótese, esta foi classificada como inconclusiva. A hipótese confirmada foi investigada até alcançar as causas raiz do acidente. De modo geral, as causas raiz identificadas estão correlacionadas a falhas ou desvios na gestão do operador da instalação – que é responsável por garantir que a operação da planta tenha os riscos mantidos em níveis aceitáveis para as pessoas, as circunvizinhanças e o meio ambiente – que possuem nexos causais com o acidente.

Adiante será visualizada a árvore de falhas, a qual tem o óbito do soldador como evento topo, causado pelo impacto do rompimento do teto da dorna volante 1. Este, por sua vez, teve como causa imediata a explosão interna da dorna volante 1. Como causa para a

explosão interna da dorna, há duas possibilidades: devido a explosão mecânica ou devido a explosão de atmosfera explosiva. As duas hipóteses são diferenciadas a seguir:

- Explosão de atmosfera explosiva: possibilidade de ocorrência de uma explosão deflagrada no interior da dorna, decorrente da formação de uma atmosfera explosiva composta por vapores inflamáveis (etanol) e oxigênio, na presença de uma fonte de ignição ou via autoignição da mistura;
- Explosão mecânica: hipótese de falha estrutural por acúmulo excessivo de pressão interna, caracterizando uma explosão de natureza puramente mecânica, possivelmente associada a falhas nos mecanismos de alívio de pressão.

Para a hipótese de explosão de atmosfera explosiva, também foram investigadas pela equipe da ANP as possíveis fontes de ignição.

Na Figura 7 é apresentada a árvore de falhas do evento com as hipóteses investigadas pela comissão de investigação da ANP.

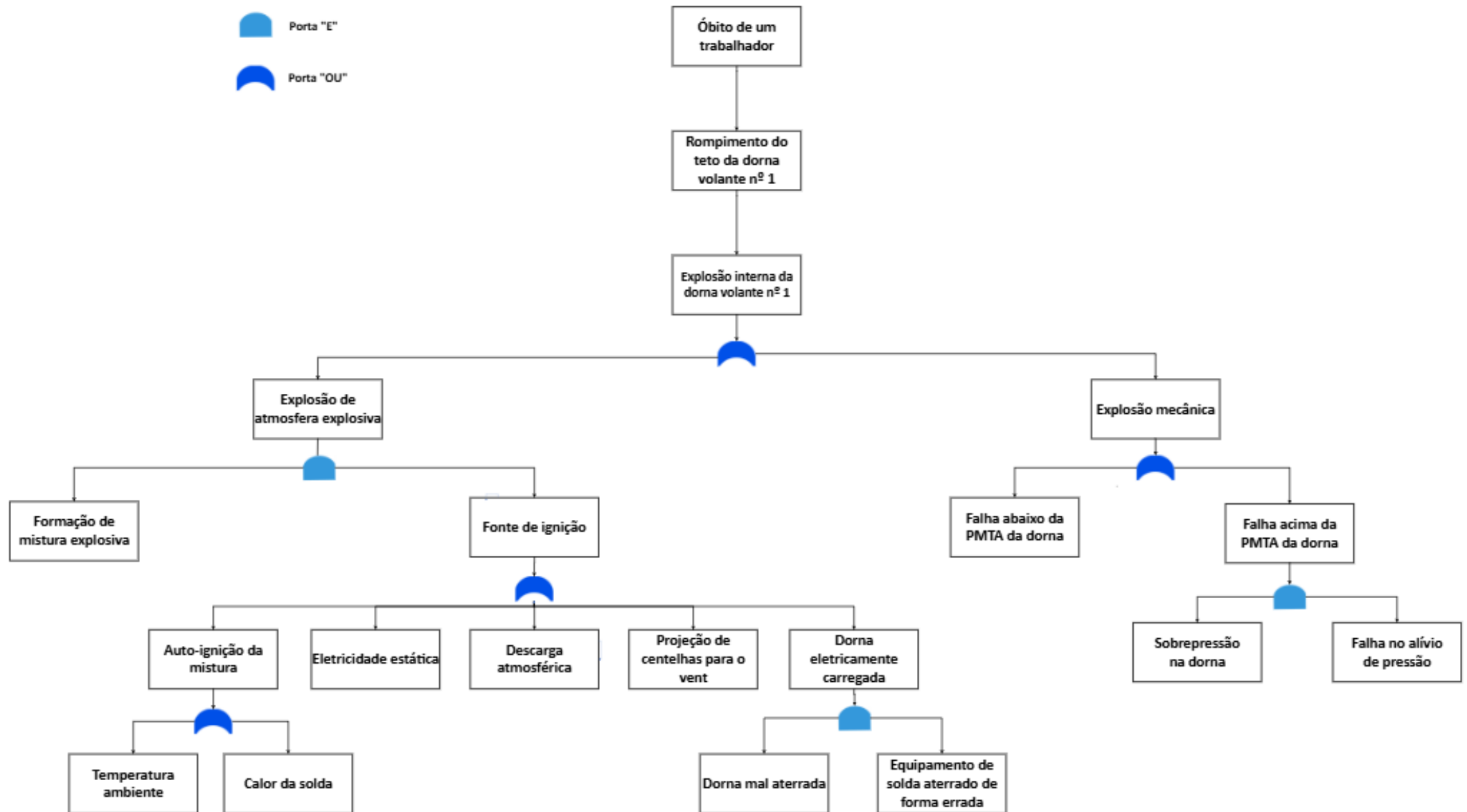


Figura 7 – Árvore de Falhas com as hipóteses investigadas

As hipóteses consideradas pela comissão da ANP serão desenvolvidas a seguir, apresentando-se os motivos para confirmá-las ou descartá-las.

## 6.1. Explosão mecânica

Essa linha de investigação considera que a explosão interna da dorna foi provocada por uma falha estrutural decorrente de sobrepressão interna, sem envolvimento de atmosfera explosiva.

Uma explosão mecânica ocorre quando a pressão interna de um equipamento excede significativamente os limites de resistência mecânica de sua estrutura, levando à ruptura violenta. Esse tipo de explosão não depende da presença de substâncias inflamáveis, mas sim de um acúmulo excessivo de pressão — que pode ser causado por falhas em válvulas de alívio, obstruções em linhas de saída, reações químicas descontroladas ou superaquecimento de fluidos confinados. Para que isso aconteça, é necessário que haja geração ou entrada contínua de pressão sem alívio adequado, e que os dispositivos de segurança estejam ausentes, mal dimensionados ou inoperantes.

A explosão mecânica pode acontecer, portanto, quando o equipamento é submetido a pressão acima da sua Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA). Alternativamente, se houver degradação da integridade física de um equipamento, exemplificado por desgaste das soldas ou corrosão da chaparia do costado, a PMTA não mais será o valor determinado no projeto, uma vez que a degradação física de um elemento diminui sua resistência a uma sobrepressão indesejada.

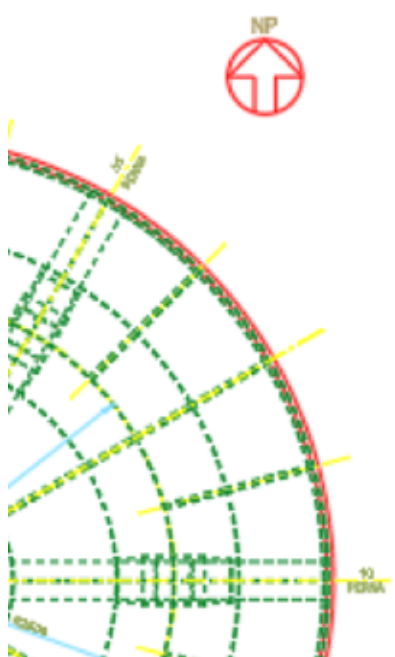
Portanto, no caso da dorna volante 1, a equipe da ANP considerou como causas potenciais de uma explosão mecânica as seguintes:

- Falha acima da PMTA – ocorrência devido à sobrepressão na dorna e falha no alívio de pressão da dorna, devido a algum descontrole no processo; ou
- Falha abaixo da PMTA – ocorrido em função de degradação da integridade mecânica da dorna e consequente diminuição da resistência a pressão, levando a uma falha do equipamento abaixo da PMTA de projeto, em pressão normal de operação.

### 6.1.1. Falha acima da PMTA

Será discorrido a seguir sobre as duas situações que poderiam ter levado ao rompimento do teto, devido à dorna volante 1 ter sido submetida a condições acima da PMTA de projeto.

Vale informar que o desenho de projeto da dorna ao qual a equipe da ANP teve acesso, previa pressão atmosférica em sua operação. Contudo, o documento (exposto em parte na Figura 8) não faz menção à PMTA, a qual provavelmente deve ser pouco acima da pressão de operação.



DADOS DE PROJETO			ES
<b>PESO</b> kgf	VAZIO		CONEXÕES
	CHEIO D'ÁGUA		ES
	CHEIO PRODUTO		PC
	FEIXE TUBULAR		RE
CAPACIDADE		300 m <sup>3</sup>	CC
ALVIO DE TENSÕES		NÃO	FL
RADIOGRAFIA		NÃO	PE
EFICIÊNCIA DE SOLDA		0.7	
CORROSÃO ADMISSÍVEL		3.0 mm	
Nº DE PASSES			
<b>TEMP.</b> °C	PROJETO		INTERNOS
	OPERAÇÃO		CH
	ENTRADA		FL
	SAÍDA		ES
<b>PRES.</b> kgf/cm <sup>2</sup>	PROJETO	ATM.	AF
	OPERAÇÃO	ATM.	SU
	TESTE	CHEIO D'ÁGUA	Q.
PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )			PESCO
PRODUTO		MOSTO	FLANK
			FLANK
PRESSÃO MÁX. ADM. TRAB.			PORC
LIMITADA POR			GUAR
PROTEÇÃO CONTRA FOGO			LUVA
ISOLAMENTO TÉRMICO			ALMOI
INSPEÇÃO PELO CLIENTE			CASO
<b>NR-13</b>	CLASSE		CABEI
	GRUPO		SAIA
	CATEGORIA		COST
CÓDIGO DE PROJETO		ASME SEÇÃO VIII DIV. 1 EDIÇÃO 2001	TETO FUND
NOTAS GER			
01- AS PROJEÇÕES DAS CONEXÕES SÃO MEDIDAS DA LINHA CONTATO DO FLANGE, EXCETO INDICAÇÃO EM CON			
02- AS ELEVAÇÕES DAS CONEXÕES SÃO MEDIDAS NA LINHA			

Figura 8 – Trecho com dados do projeto da dorna volante 1

#### 6.1.1.1. Ocorrência de sobrepressão na dorna

A hipótese de sobrepressão na dorna seria facilmente confirmada ou descartada por meio da verificação dos registros de pressão de operação deste equipamento. Entretanto, a dorna volante 1 não era dotada de sensores de pressão que transmitissem os valores medidos ao sistema supervisório da planta.

Uma maneira de se inferir que a dorna volante 1 sofreu sobrepressão é observar se os aparelhos de destilação à jusante experimentaram acréscimo de pressão além da pressão de operação momentos antes do acidente, indicando algum descontrole no processo produtivo.

Ao consultar os gráficos de pressão de operação das colunas (Figura 9, Figura 10 e Figura 11) nos momentos que antecederam e logo após o acidente, não se evidenciou perturbação de pressão nestes equipamentos. A diminuição de pressão registrada nas colunas após o acidente é justificada pela parada na operação em função da explosão.

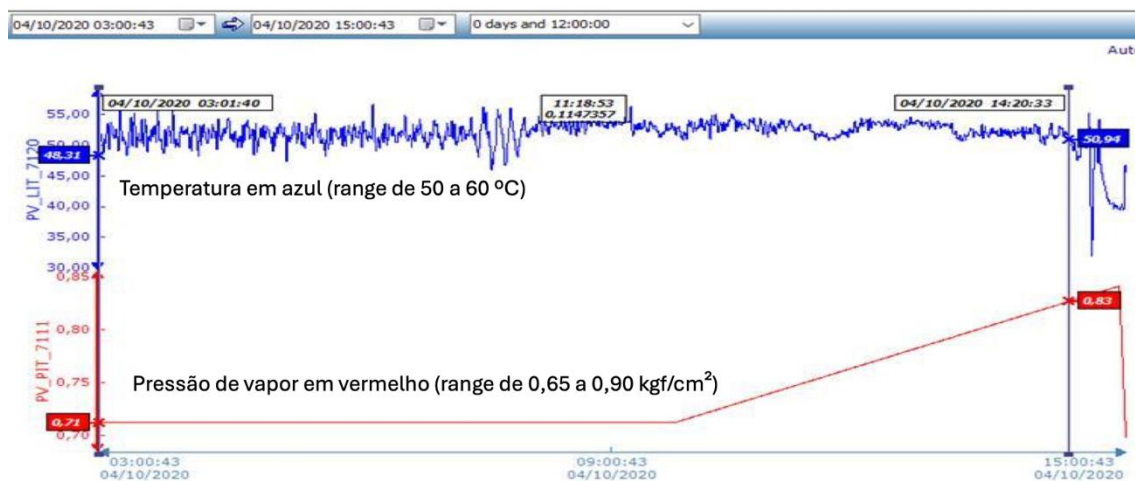


Figura 9 – Monitoramento da pressão do aparelho de destilação 1

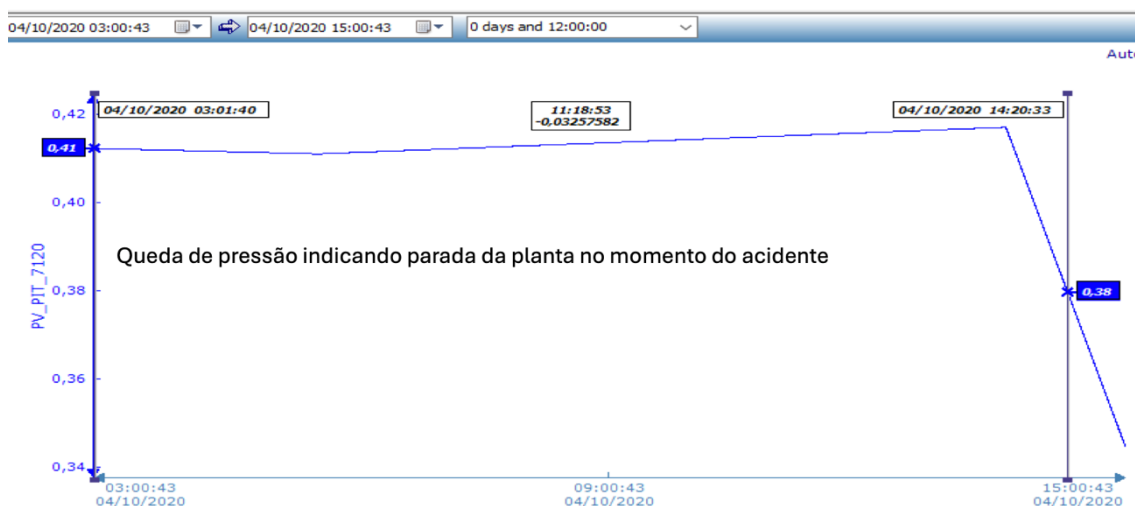


Figura 10 – Monitoramento da pressão do aparelho de destilação 2

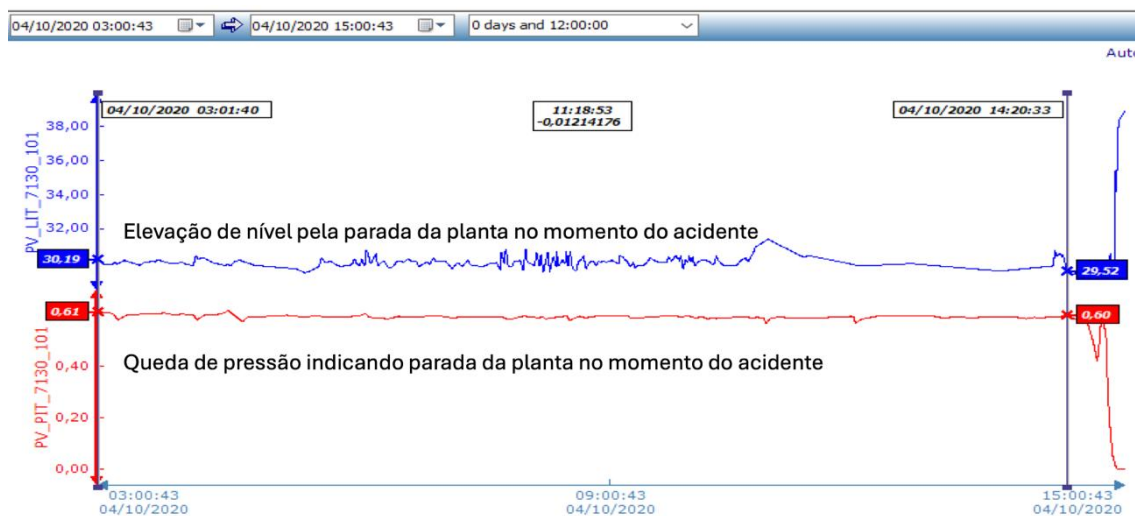


Figura 11 – Monitoramento da pressão do aparelho de destilação 3



Em suma, não se evidenciou indícios de que a pressão na dorna tenha excedido sua PMTA.

#### 6.1.1.2. Falha no alívio de pressão da dorna

Embora o rompimento do teto da dorna volante 1 (Figura 12) seja compatível com um alívio de pressão causado pela ruptura de uma solda frágil, não foi constatado que essa dorna tenha sido submetida a uma pressão de operação superior à atmosférica. Portanto, não é possível sustentar a hipótese de falha no sistema de alívio de pressão.



**Figura 12 – Teto rompido da dorna volante 1 (fonte: Registro fotográfico da empresa)**

Vale mencionar que o *vent* presente no teto da dorna volante 1 tem apenas a função de manter a pressão atmosférica no interior deste tanque, não sendo capaz de aliviar sobrepressão para alívio de emergência.

Desse modo, por conta de todos os fatores anteriormente relatados, a hipótese de falha acima da PMTA da dorna volante 1 está afastada.

#### 6.1.2. Falha abaixo da PMTA

A falha de um equipamento abaixo de sua PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível) pode ocorrer quando há redução nos seus limites de resistência mecânica, comprometendo sua integridade estrutural. Essa redução pode ser causada por fatores



como corrosão interna ou externa, fadiga de material, danos por impacto, processos de fabricação inadequados, ou até mesmo alterações térmicas que afetam propriedades como ductilidade e resistência à tração. Nesses casos, mesmo operando dentro dos limites de pressão considerados seguros no projeto original, o equipamento pode não suportar as tensões aplicadas, levando à ruptura ou colapso. Por isso, é essencial realizar inspeções periódicas, testes não destrutivos e reavaliações da PMTA com base nas condições reais do equipamento ao longo do tempo.

Assim, para confirmar se a sobrepressão poderia ter ocorrido abaixo da PMTA da dorna volante 1 com consequente rompimento, a equipe da ANP verificou o último relatório de inspeção de espessura antes do acidente, datado de 10/09/2020. Nele constam 88 pontos de medição no equipamento, que englobam o costado, a parte inferior da base e o teto da dorna volante, os quais foram todos aprovados.

Portanto, a hipótese de que houve falha abaixo da PMTA foi descartada por ser considerada pouco provável, levando em consideração que a dorna volante 1 teve sua integridade aprovada na última inspeção antes do acidente e que o padrão de rompimento do teto é condizente com ruptura de solda frágil, projetada para romper em caso de alívio de emergência de sobrepressão.

## 6.2. Explosão em atmosfera explosiva

Explorando-se o outro lado da árvore de falhas, temos como possível causa para a explosão interna da dorna a ignição de uma atmosfera explosiva. Esta possibilidade foi considerada inicialmente pela equipe da ANP por conta do serviço de solda na tubulação de água que estava sendo realizado no momento do acidente nas proximidades da dorna volante 1.

De modo geral, diversos fatores presentes em uma operação de soldagem, tais como o calor produzido, as faíscas geradas e a própria energia demandada pela máquina de solda podem se constituir em potenciais causas de incidentes se não gerenciados adequadamente. No acidente em questão, temos como potencializador de tal situação o fato de que a dorna volante armazena mistura líquida com presença de etanol e, conforme relato dos interlocutores da empresa, a dorna em foco não havia sido identificada como equipamento classificado como atmosfera explosiva.

Para que ocorra uma explosão, é necessário que os elementos certos estejam presentes. No caso da dorna, há oxigênio (por não ser inertizada) e vapores inflamáveis (devido ao teor alcoólico de 10% do vinho). Esses elementos também estão presentes ao redor da dorna, já que o equipamento não é estanque e possui *vent*. Ademais, a mistura formada por oxigênio e os vapores inflamáveis deve se encontrar dentro da faixa de inflamabilidade e não se pode descartar esta possibilidade, uma vez que a instalação não é dotada de medidores fixos de gases, nem os trabalhadores portavam detector portátil.

Cabe também mencionar que, de acordo com levantamentos feitos pela equipe da ANP, o arranjo da destilação da Lins é bastante semelhante ao arranjo conhecido como Melle-Boinot, já mencionado. Neste processo, o etanol de segunda (com 92 °GL), efluente dos condensadores da coluna D do sistema de destilação da coluna A, é encaminhado para reprocessamento na dorna volante. Considerando-se que este é o arranjo na Lins, o vinho delevedurado contido na dorna tem a concentração de etanol aumentada após a entrada do etanol de segunda. Portanto, tendo em vista este arranjo, é importante frisar que o projeto

da dorna volante deve contemplar cuidado adicional na admissão de etanol, de modo que a forma de entrada não promova a geração de carga eletrostática, causando risco de explosão no interior do equipamento.

Nesse sentido, a equipe da ANP evidenciou no fluxograma de engenharia encaminhado pela empresa que a dorna volante 1 tinha a previsão de receber etanol de segunda. Todavia, ao ser indagada pela equipe sobre a presença de etanol de segunda na dorna, a empresa respondeu que a dorna em tela não recebia este fluido, mas apenas a dorna volante 2 (dorna esta que, inclusive, recebeu classificação de área, em oposição à outra dorna volante, a qual não recebeu classificação de área). Ressalta-se que os fluxogramas de engenharia consultados não possuíam registro de revisões e não eram registrados “conforme construído” (*as built*).

Observações feitas, o último elemento a ser identificado é qual tipo de fonte de ignição completaria o fenômeno. É o que será apresentado a seguir.

### 6.2.1. Fonte de ignição

A equipe da ANP levantou cinco hipóteses sobre a ocorrência de explosão na dorna volante, considerando diferentes formas de fonte de ignição. Uma das possibilidades é que a superfície da dorna tenha atingido a temperatura de autoignição da mistura contida em seu interior, provocando ignição espontânea. Essa hipótese pode ter ocorrido devido a uma temperatura ambiente elevada ou devido ao calor da solda ter aquecido a superfície da dorna.

Além disso, foram consideradas outras quatro potenciais fontes de ignição externas, como: descarga atmosférica; eletricidade estática gerada pela queda de fluido durante o enchimento da dorna; projeção de centelhas provenientes do aparelho de solda em direção ao vent; e a dorna estar eletricamente carregada devido à transferência de carga da máquina de solda associada a falhas no aterramento. Todas essas hipóteses representam formas distintas de fonte de ignição, capazes de iniciar a combustão da mistura inflamável presente, e são analisadas a seguir.

#### 6.2.1.1. Dorna na temperatura de autoignição da mistura

Mencionou-se anteriormente que a explosão poderia ser principiada por conta de autoignição do vinho delevedurado contido no interior da dorna volante 1, em razão de sua superfície ter atingido a temperatura de autoignição da mistura.

A empresa informou aos investigadores da ANP que este vinho delevedurado – a que chamaremos de “mistura” – é composto por 10% de etanol.

Em razão de se tratar de uma mistura inflamável, é possível considerar a hipótese de esta mistura ter sofrido autoignição. Para esta hipótese, a equipe da ANP vislumbrou duas possibilidades: a mistura ter atingido a autoignição devido à temperatura ambiente elevada ou devido ao calor da solda ser transferido do local do vazamento para o costado da dorna e, na sequência, a mistura ter atingido a temperatura de autoignição.

#### 6.2.1.1.1. Temperatura ambiente (hipótese descartada)

Dados do *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET<sup>2</sup>) obtidos via extração e consulta da planilha de histórico de temperatura da estação meteorológica de Lins/SP informam que a temperatura da cidade estava em torno de 33 °C, às 14 h do dia 04/10/2020. O próximo passo era conhecer a temperatura de autoignição da mistura para testar a hipótese.

A equipe da ANP indagou aos representantes da Lins se havia disponível dados físico-químicos da mistura. A empresa redarguiu que após o acidente contratou serviço de terceiro para obter o ponto de fulgor desta mistura (50 °C, medida via Copo-Fechado), não dispondo de mais dados.

Para satisfazer esta hipótese, o ponto de fulgor não atende a este propósito, uma vez que se trata da menor temperatura na qual um líquido libera vapores suficientes para formar uma mistura inflamável com o ar na presença de uma fonte de ignição. Via de regra, a temperatura de autoignição é consideravelmente maior que o ponto de fulgor, servindo este apenas como um limite inferior.

Estimou-se a temperatura de autoignição da mistura via comparação com a temperatura de autoignição do etanol puro (363 °C). É possível afirmar que, como o vinho delevedurado contém 10% de etanol, a temperatura de autoignição da mistura será ainda mais alta, pois a água contida nessa mistura atua como retardante térmico.

Desse modo, esta hipótese foi descartada.

#### 6.2.1.1.2. Calor da solda (hipótese descartada)

Nesta parte da árvore, buscou-se entender se o calor da solda incidindo na tubulação a ser soldada e posteriormente transferido para a dorna volante 1 seria suficiente para os vapores da mistura atingirem sua temperatura de autoignição. De acordo com os relatos dos representantes da Lins, a tubulação objeto do serviço de solda era sustentada por suportes ligados diretamente à dorna.

Em suma, teria que haver calor suficiente na solda para ser transferido da tubulação para o suporte e, posteriormente, para a superfície da dorna volante 1, fazendo com que a superfície atingisse a temperatura de autoignição da mistura.

A equipe de investigação considerou pouco provável que um reparo por solda de vazamento na tubulação em questão tenha produzido calor suficiente para ser transferido alguns poucos centímetros para além de sua origem.

Desse modo, esta hipótese está descartada.

#### 6.2.1.2. Descarga atmosférica (hipótese descartada)

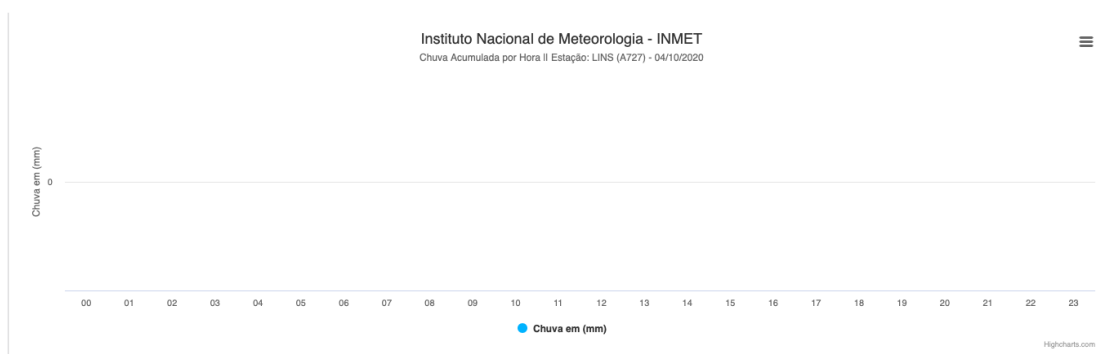
A equipe da ANP levantou a possibilidade de a dorna ter sofrido descarga atmosférica (queda de raio), o que poderia ter levado à ignição da atmosfera explosiva neste equipamento.

Não se evidencia que o clima no dia do acidente estivesse propício à incidência de raios na região. Além de a temperatura no dia ser passível de consulta no sítio eletrônico do

---

<sup>2</sup> Acessado em 13/06/2025.

INMET<sup>3</sup>, o mesmo endereço eletrônico mostra não ter havido precipitação ao longo de todo o dia 04/10/2020, conforme pode ser observada na Figura 13:



**Figura 13 – Gráfico de chuvas no dia 04/10/2020 (ao longo do dia, 0 mm) - Região de Lins**

Adicionalmente, os relatos colhidos pela equipe de investigação da ANP não corroboram a ocorrência de descarga atmosférica no momento do acidente.

Em resumo, a hipótese de uma descarga atmosférica ser a fonte de ignição da explosão da dorna foi descartada.

#### 6.2.1.3. Eletricidade estática

Esta hipótese foi levantada em razão da possibilidade de geração de eletricidade estática durante enchimento da dorna pelo topo.

Os interlocutores da empresa informaram que a dorna volante 1 se encontrava em manobra de enchimento no dia do acidente, fato corroborado pelo gráfico de nível do equipamento nos momentos anteriores ao acidente, que mostram aumento no nível, o que motivou levantar tal hipótese (Figura 14):

<sup>3</sup> Acessado em 13/06/2025

## Nível Volante local do acidente (máximo 70% e mínimo 20%) Últimas 12 horas até a ocorrência.



**Figura 14 – Monitoramento de nível da Dorna Volante 1 - 12 horas antes do acidente**

O gráfico na Figura 14 mostra as variações de subida e descida do nível na dorna ao longo das horas antes do acidente, refletindo as operações de enchimento da dorna (subida) e envio do vinho delevaturado para os aparelhos de destilação (descida).

Como é possível observar no trecho do gráfico ampliado mostrado na Figura 15 (no qual a linha vertical representa o momento estimado da explosão, 14:20 do dia 04/10/2020), o nível da dorna estava subindo nos momentos anteriores ao acidente, o que significa que havia entrada de produto.



**Figura 15 – Detalhe do gráfico mostrando o enchimento da dorna até o momento do acidente**

Também se observa na Figura 15 que há dois movimentos logo após o acidente: breve envio de vinho para os aparelhos de destilação e uma subida aguda de nível da dorna volante 1, a qual foi relatada pelos interlocutores da empresa como parada da destilação com consequente acúmulo de vinho delevaturado na dorna, devido ao recebimento de carga antes da parada total da dorna.

Conforme mencionado anteriormente, além de o vinho ser composto por 10% de etanol, não se pode descartar a possibilidade de admissão de etanol de segunda (aproximadamente 92 °GL) pelo teto da dorna, potencializando ainda mais a formação de eletricidade estática na queda deste fluido.

Para confirmar essa possibilidade, é necessário verificar os documentos de projeto da dorna volante 1 e checar como foi concebida a entrada de fluidos na dorna.

A equipe da ANP solicitou os documentos de projeto da dorna para a Lins, entretanto, a documentação de projeto apresenta informações inconsistentes ou faltantes a respeito das entradas de fluidos na dorna, como será destacado na causa raiz nº 1. Dessa maneira, não foi possível confirmar nem descartar a possibilidade de ocorrência de eletricidade estática. Por esse motivo, mesmo que no evento em tela não tenha ocorrido a formação de eletricidade estática, não foi possível evidenciar que a Lins tenha tomado as devidas precauções para evitar este conhecido fator de risco.

#### 6.2.1.4. Projeção de centelhas para o vent (hipótese descartada)

Durante a operação de máquina de solda, é comum a geração de fagulhas. Com base nesta premissa, assume-se que as centelhas poderiam ser fonte de ignição, causando explosão em contato com os vapores inflamáveis dentro de sua faixa de inflamabilidade.

A dorna volante é fechada. Para que as centelhas pudessem ter contato com os vapores inflamáveis, seria necessário que houvesse alguma forma de encontro com estes vapores. Portanto, a maneira mais provável de haver dispersão dos vapores inflamáveis para o exterior da dorna é através do seu *vent*. Adicionalmente, para que ocorresse a explosão por este motivo, a concentração dos vapores deveria se manter dentro da faixa de inflamabilidade.

Entretanto, as características do evento são mais condizentes com a ignição ter ocorrido no interior da dorna, devido ao padrão de rompimento do teto (ver Figura 6 e Figura 12).

Por esta razão, esta hipótese foi descartada.

#### 6.2.1.5. Dorna eletricamente carregada

Considerou-se a hipótese de a dorna estar eletricamente carregada, em função de ter recebido transferência de carga elétrica da máquina de solda. Para que isto ocorresse, dois fatores devem ter ocorrido concomitantemente: a máquina de solda ter sido aterrada de forma inadequada, transferindo eletricidade para a dorna, e a dorna também estar mal aterrada, de forma que a carga elétrica não fosse corretamente dispersada.

##### 6.2.1.5.1. Equipamento de solda aterrado de forma errada

Uma máquina de solda demanda intensa energia elétrica para a tarefa, e para prevenir choque elétrico em quem a manipula ou migração da corrente elétrica de forma indevida, é imprescindível que este equipamento esteja adequadamente aterrado.

Isto posto, como última hipótese, restou para a equipe da ANP se debruçar sobre a chance de o aterramento ter sido mal executado, permitindo a migração de corrente elétrica para a dorna, tendo conseqüente ignição na mistura explosiva.

Para saber se havia alguma orientação sobre o local do aterramento e demais informações complementares, a equipe da ANP solicitou à empresa a permissão de trabalho da soldagem da tubulação, pois seria uma evidência de que o trabalhador poderia ter recebido instruções neste sentido.

Contudo, não foi possível analisar nenhuma via da permissão de trabalho executada porque, segundo os representantes da empresa, as vias da chamada “Liberação de Trabalho - LT” foram perdidas com o acidente, pois se encontravam em cima da dorna volante sinistrada, em vez de adequadamente guardadas em locais distintos à tarefa. O próprio procedimento da empresa que versa sobre a Liberação de Trabalho foi descumprido, uma vez que este determina que a primeira via da LT é entregue ao responsável pelos trabalhadores autorizados, e deve permanecer no local de execução do trabalho, acessível e protegida contra danos (intempéries, respingos, poeiras, sujeiras etc.) ou extravio e a segunda via permanece com o aprovador até a finalização do serviço.

Apesar disso, a empresa reproduziu a dita LT via declaração em cartório, com participação de dois envolvidos na elaboração da LT original, tendo a equipe da ANP tido acesso ao referido documento.

A declaração feita em cartório traz uma reprodução eletrônica da LT. Destaca-se que a nitidez de tal reprodução é precária e de difícil leitura (Figura 16 e Figura 17).



**LIBERAÇÃO DE TRABALHO - LT**

Unidade: **Usina Lins** Área / Setor: **Indústria** Código: **FO.14.01.080.2** Página: 1/2

Local do trabalho: **Formentação** Nº DA LT: **13317**

Data Início do Trabalho: **09/10/2020** Hora Início do Trabalho: **14:10** horas

**TIPO DE TRABALHO A SER EXECUTADO**

LEGENDA: PET - Permissão de Entrada e Trabalho / APR - Análise Preliminar de Riscos / PTAT - Permissão de Trabalho para Alta Tensão

**Básicos Indústria**

☒ Calçado de proteção

☒ Capacete com jugular

☒ Óculos de proteção

☒ Protetor auditivo

☒ Luva de proteção

**Trabalho em altura**

☐ Capacete tipo alpista

☐ Cint. seg. tipo paraquedista

☐ Talabarte em Y

☐ trava quedas

**Espaço confinado**

☐ Ar mandado + cilindro escape

☐ Respirador Autônomo

**Trabalho a quente**

☒ Avental de raspa

☒ Mangote de raspa

☒ Perna de raspa

☒ Respirador PFF-2

☒ Touca de Soldador

☒ Óculos de proteção maquinário

☒ Máscara de Solda (lente escura)

☒ Protetor facial Incisor

**Químicos / Inflamáveis**

☐ Resp. Facial inteiro c/ filtro mecânico

☐ Conjunto TYCHEM QC

☐ Luva de proteção látex

☐ Creme de proteção

☐ Bota de PVC

**Energia Elétrica**

☐ Uniforme NR10

☐ Luva de proteção isolante

☐ Cint. tipo paraquedista específico NR10

**Trabalhos especiais**

☐ Conjunto impermeável

☐ Conjunto aluminizado

☐ Colete refletivo

☐ Luva anti-corte

**Outros**

☐

**EPC'S**

☒ Coberturas isolantes

☒ Tela tapume de sinalização / isolamento

☐ Conjunto Ferramentas Isoladas

☐ Escoramento

☐ Guarda-corpo

☐ Linha de vida fixa

☐ Linha de vida temporária

☐ Placas de sinalização

☐ Barreiras (blombos) para solda

☒ Extintores de incêndio

☐ Outros:

**NECESSIDADE DE APLICABILIDADE DE VERIFICAÇÕES OBRIGATORIAS CHECK - LIST**

☒ SIM ☐ NÃO

**RAMAL DE EMERGÊNCIA** **1631**

**DESCRICAÇÃO DO TRABALHO**

**Soldar Tubulação de Agua C2**

**EQUIPAMENTO (S) UTILIZADO (S)**

☐ 01. Andaime

☐ 02. Equipamentos de Solda

☐ 03. Escadas

☐ 04. Ferram/Equip. à Combustão

☐ 05. Ferram/Equip. de Corte

☐ 06. Ferram/Equip. Elétricos

☐ 07. Ferram/Equip. Hidráulicos

☐ 08. Ferram/Equip. Manuais

☐ 09. Ferram/Equip. Pneumáticos

☐ 10. Ferram/Equip. Pressurizados

☐ 11. Guindaste/Guindauto

☐ 12. Hidrojateamento

☐ 13. Máquinas/Veículos

☐ 14. Motosserra/Roçadeira

☐ 15. Oxicorte

☐ 16. Plataforma Trab. Aéreo

☐ 17. Ponte Rolante/Talhas

☐ 18. Lixadeira/esmerilhadeira

☐ 19.

☐ 20.

**PERIGOS POTENCIAIS**

☐ 01. Acesso Inadequado

☐ 02. Animais Peçonhentos

☐ 03. Eleticidade

☐ 04. Poças

☐ 05. Pressão/Arprisionar

☐ 06. Pressões Elevadas

☐ 07. Produtos Corrosivos

☐ 08. Produtos Inflamáveis

☐ 09. Produtos Tóxicos

☐ 10. Queda de Diferentes Níveis

☐ 11. Queda de Material

☐ 12. Radiação Não Ionizante

☐ 13. Temperaturas Elevadas

☐ 14. Tombamento

☐ 15. Travamento e Bloqueio

☒ 16. Umidade

☐ 17. Vapores/Gases Tóxicos

☐ 18. Cortes/escoriações

☐ 19.

☐ 20.

**MEDIDAS PREVENTIVAS DE CONTROLE DOS PERIGOS E RISCOS**

**Uso de EPI's corretamente**

**TRABALHADORES AUTORIZADOS A REALIZAR O TRABALHO**

Nome Completo: **XXX** Empresa: **UJ** Assinatura: **[Assinatura]**

Executantes foram orientados sobre os riscos e as medidas de controle previstas na Liberação de Trabalho (LT)? ☒ SIM

Todos os executantes apresentam boas condições de saúde para a realização do trabalho? ☒ SIM

Há necessidade de avaliação de explosividade (tubulação, tanques)? Se sim, qual valor da avaliação? ☐ SIM ☐ N/A

Há necessidade de Controle de Energias Perigosas? Se sim, assinale qual(s) energias potenciais? ☐ SIM ☐ N/A

☐ Elétrica ☐ Hidráulica ☐ Mecânica ☐ Pneumática ☐ Química ☐ Radioativa ☐ Térmica

**APROVADORES DA LIBERAÇÃO DE TRABALHO - LT**

Nome Completo dos Responsáveis: **Solicitante** Matrícula: **xxx** Assinatura: **Solicitante**

**Aprovador** **xxx** **Solicitante**

O TRABALHO SERÁ CONTINUADO NO TURNO SEGUINTE COM OS MESMOS TRABALHADORES? ☐ SIM ☐ NÃO

2º Aprovador: **[Assinatura]** Matrícula: **[Assinatura]** Data: **[Assinatura]** Hora: **[Assinatura]** Assinatura: **[Assinatura]**

**FECHAMENTO DA LIBERAÇÃO DE TRABALHO - LT**

☐ Proteções recolocadas e condições para operação reestabelecidas

☐ Conferência da equipe antes da liberação da área

☐ Local limpo, ferramentas, equipamentos e materiais removidos

☐ Trabalhos e testes concluídos

Responsável: **[Assinatura]** Matrícula: **[Assinatura]** Data: **[Assinatura]** Hora: **[Assinatura]** Assinatura: **[Assinatura]**

Data de emissão: 28/07/2019

Figura 16 - Reprodução da LT anexada em instrumento de cartório - Página 1/2



No que foi possível ler na referida cópia da LT, não se evidencia orientação sobre onde deveria ser feito o aterramento ou qualquer menção sobre cuidado no aterramento, tampouco sobre utilização de medidor de gases.

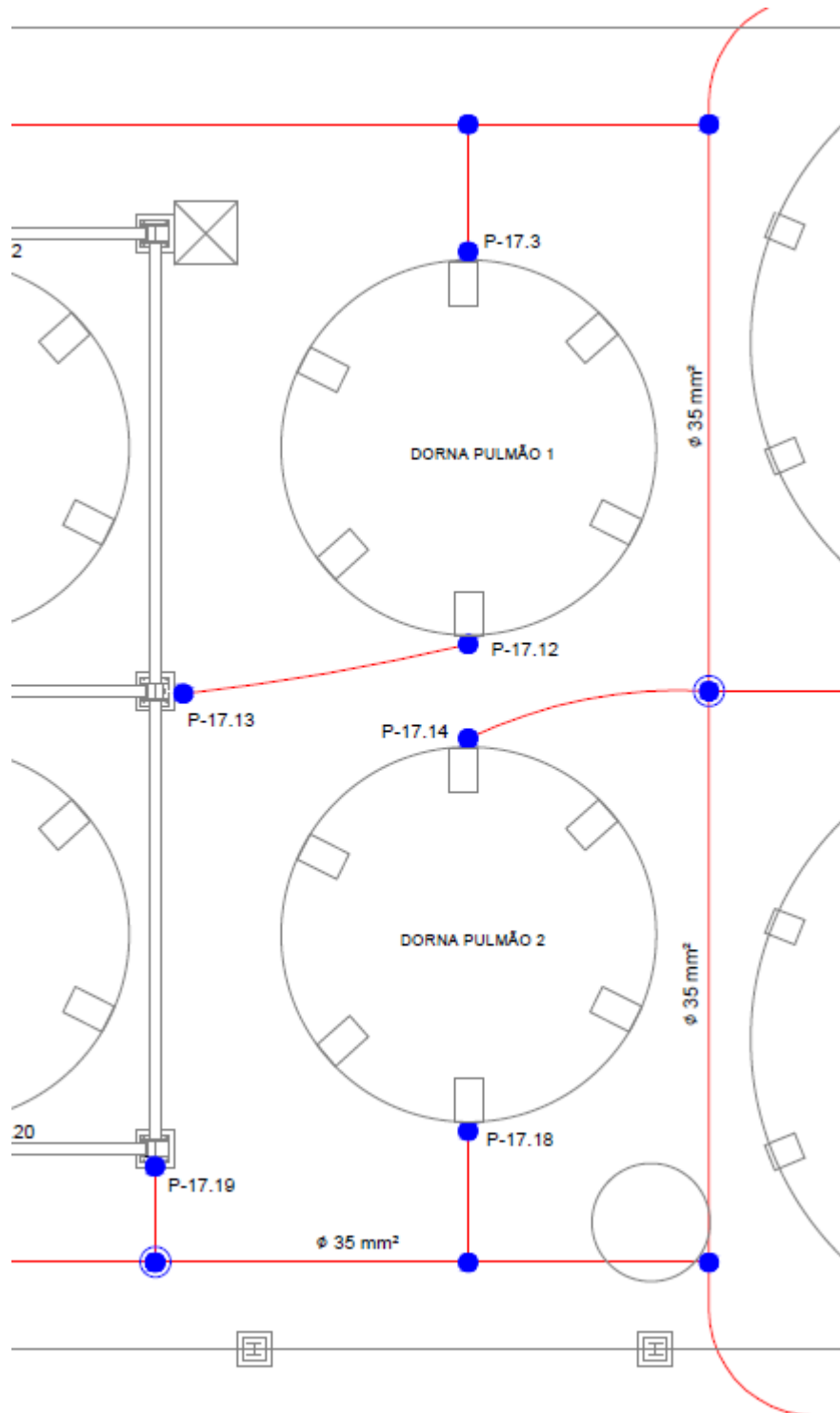
Assim, considerando que: (i) a LT não possuía qualquer orientação quanto ao local correto de aterramento da máquina de solda e (ii) que a explosão ocorreu logo após

mudança de aterramento da máquina de solda, esta foi considerada a hipótese mais provável para a fonte de ignição do acidente investigado.

Considera-se, portanto, que explosão provavelmente ocorreu devido à transferência de energia elétrica da máquina de solda para a dorna. Passou-se em seguida à verificação das condições de integridade do aterramento da dorna volante nº 1.

#### 6.2.1.5.2. Falha no aterramento da dorna volante

De forma a determinar se o aterramento da dorna estava íntegro, a equipe da ANP solicitou para a Lins os laudos de medição do ponto de aterramento mais próximo do acidente. Foi enviado um laudo de abril de 2020, no qual foram identificados três pontos de aterramento relacionados à dorna em questão (P-17.3, P-17.12 e P-17.13), conforme a Figura 18:



**Figura 18 – Pontos de aterramento da dorna volante indicados no laudo de aterramento**

Contudo, somente se evidenciou a inspeção do ponto 17.3, o qual foi identificado como “conexão OK”. Os pontos 17.12 e 17.13 não foram verificados nesta inspeção, segundo mostrado na Figura 19.

Ponto Inspeção	Medição (Ω)	Local	Caixa de Inspeção	Conexão	Método de Medição
P - 16.6	0,64	DESTILARIA DE ALCOOL	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 16.7	2,58	DESTILARIA DE ALCOOL	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 16.8	0,64	DESTILARIA DE ALCOOL	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 16.12	0,77	DESTILARIA DE ALCOOL	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 16.17	0,77	DESTILARIA DE ALCOOL	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 16.18	0,71	DESTILARIA DE ALCOOL	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 16.19	0,66	DESTILARIA DE ALCOOL	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 16.21	2,49	DESTILARIA DE ALCOOL	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 16.22	2,56	DESTILARIA DE ALCOOL	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 17.1	0,63	FERMENTAÇÃO	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 17.2	0,58	FERMENTAÇÃO CUBA 01	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 17.3	0,66	FERMENTAÇÃO DORNA PULMÃO 01	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 17.6	6,9	FERMENTAÇÃO DORNA 02	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 17.8	6,99	FERMENTAÇÃO DORNA 03	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 17.14	0,62	FERMENTAÇÃO DORNA PULMÃO 02	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 17.16	2,49	FERMENTAÇÃO DORNA 05	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL
P - 17.17	2,53	FERMENTAÇÃO DORNA 06	NÃO APLICÁVEL	OK	QUEDA DE POTENCIAL

**Figura 19 – Resultados das medições constantes no laudo de aterramento**

Não foram esclarecidas pela Lins as razões pelas quais não foram inspecionados os demais pontos de aterramento.

Assim, não é possível saber a respeito da integridade dos demais pontos de aterramento com o material fornecido pela empresa. Consequentemente, não se descarta sobre a possibilidade de que tenha havido falha no aterramento da dorna.

Ademais, também não se evidencia menção sobre outros dispositivos normalmente componentes do sistema de proteção contra descargas atmosféricas, a exemplo de para-raios. Ainda a esse respeito, como a equipe da ANP não pôde inspecionar o local do acidente logo após o evento, não se colheu tal dado à época.

Desse modo, não é possível descartar a hipótese de falha no aterramento da dorna.

## 7. ÁRVORE DE FALHAS

Após a avaliação das hipóteses formuladas e da consolidação das evidências coletadas ao longo da investigação (cronologia de eventos, entrevistas, documentação e registros operacionais), estruturou-se a Árvore de Falhas que representa, de forma lógica e encadeada, como os fatores identificados se combinaram para produzir o evento indesejado.

A seguir, apresenta-se a Árvore de Falhas consolidada a partir das hipóteses investigadas.



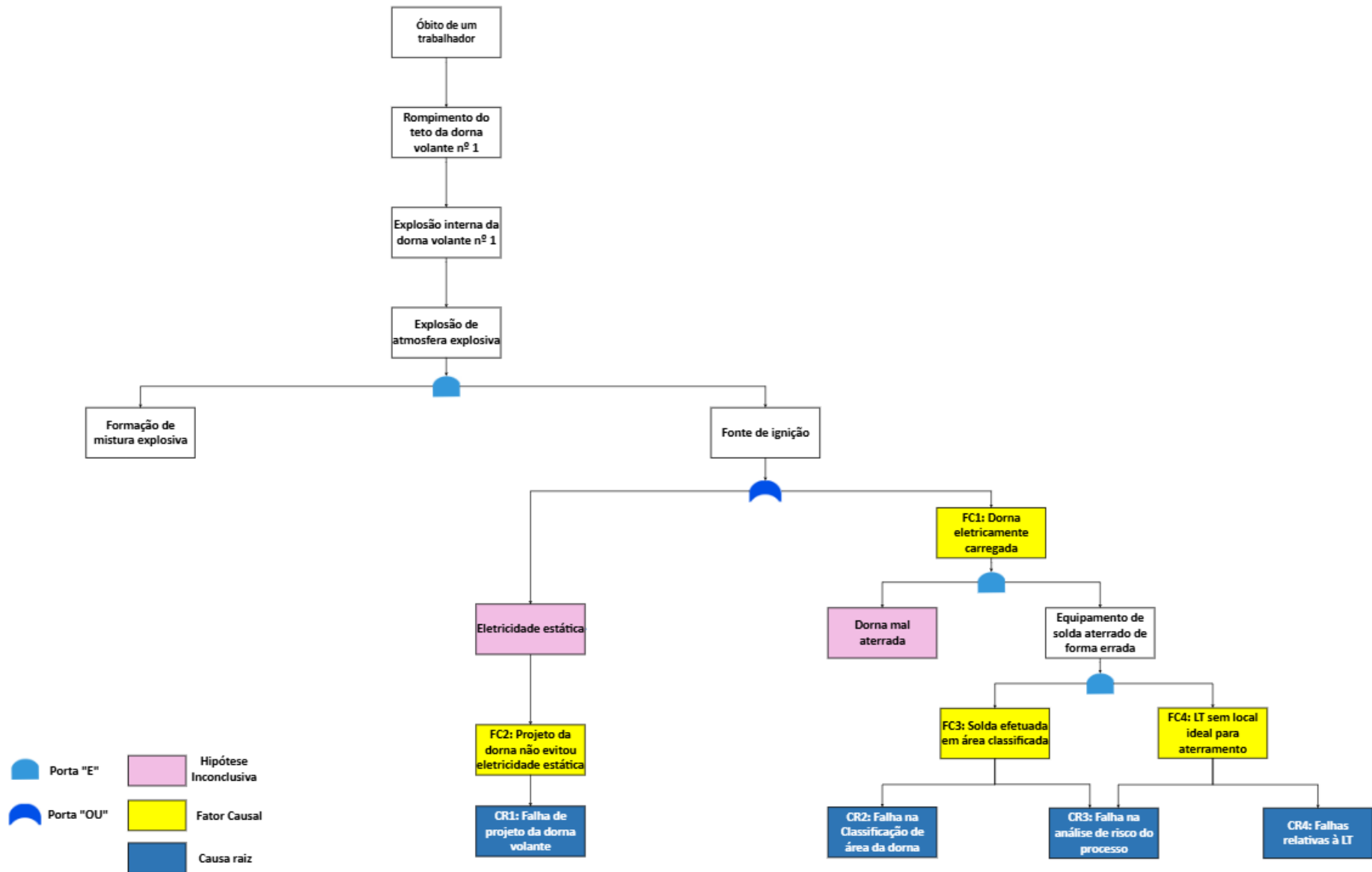


Figura 20 – Ramificação da Árvore de falhas – Explosão em atmosfera explosiva

## 8. FATORES CAUSAIS

Um fator causal é definido como **a ocorrência ou condição indesejada que, caso fosse eliminada, evitaria a ocorrência do incidente ou reduziria a sua severidade.**

Assim, de acordo com a apuração feita pela equipe de investigadores da ANP, foram identificados quatro fatores causais.

O **primeiro fator causal** observado foi o fato de o **projeto do equipamento não ter contemplado formas de evitar a formação de eletricidade estática**, uma vez que esta possibilidade não foi descartada.

O **segundo fator causal** identificado foi a **dorna volante 1 ter sido eletricamente carregada**, sem a devida dispersão da carga. Caso contrário, mesmo sendo presente atmosfera explosiva na dorna, se a máquina de solda tivesse sido corretamente aterrada, em local apropriado, e a dorna estando com aterramento íntegro, não haveria presença de fonte de ignição para causar a explosão dos vapores em seu interior.

O **terceiro fator causal** foi **efetuar a tarefa de solda em região cujos riscos de explosão eram pouco conhecidos ou subestimados**, devido à dorna em questão não ter sido identificada como área classificada e o cenário de explosão da dorna não ter sido identificado na análise de risco da planta.

Por fim, o **quarto e último fator causal** foi **não haver registro na LT com orientação clara sobre o local ideal para aterramento da máquina** (provavelmente imprópria para serviço em área classificada).

Desse modo, a equipe da ANP se dedicou a compreender melhor estas circunstâncias, o que levou a encontrar quatro causas raiz para o acidente, as quais serão tratadas em seguida.

## 9. CAUSAS RAIZ

Entende-se por causas raiz **as falhas do sistema de gestão que possibilitaram a ocorrência ou a existência do fator causal do incidente investigado.**

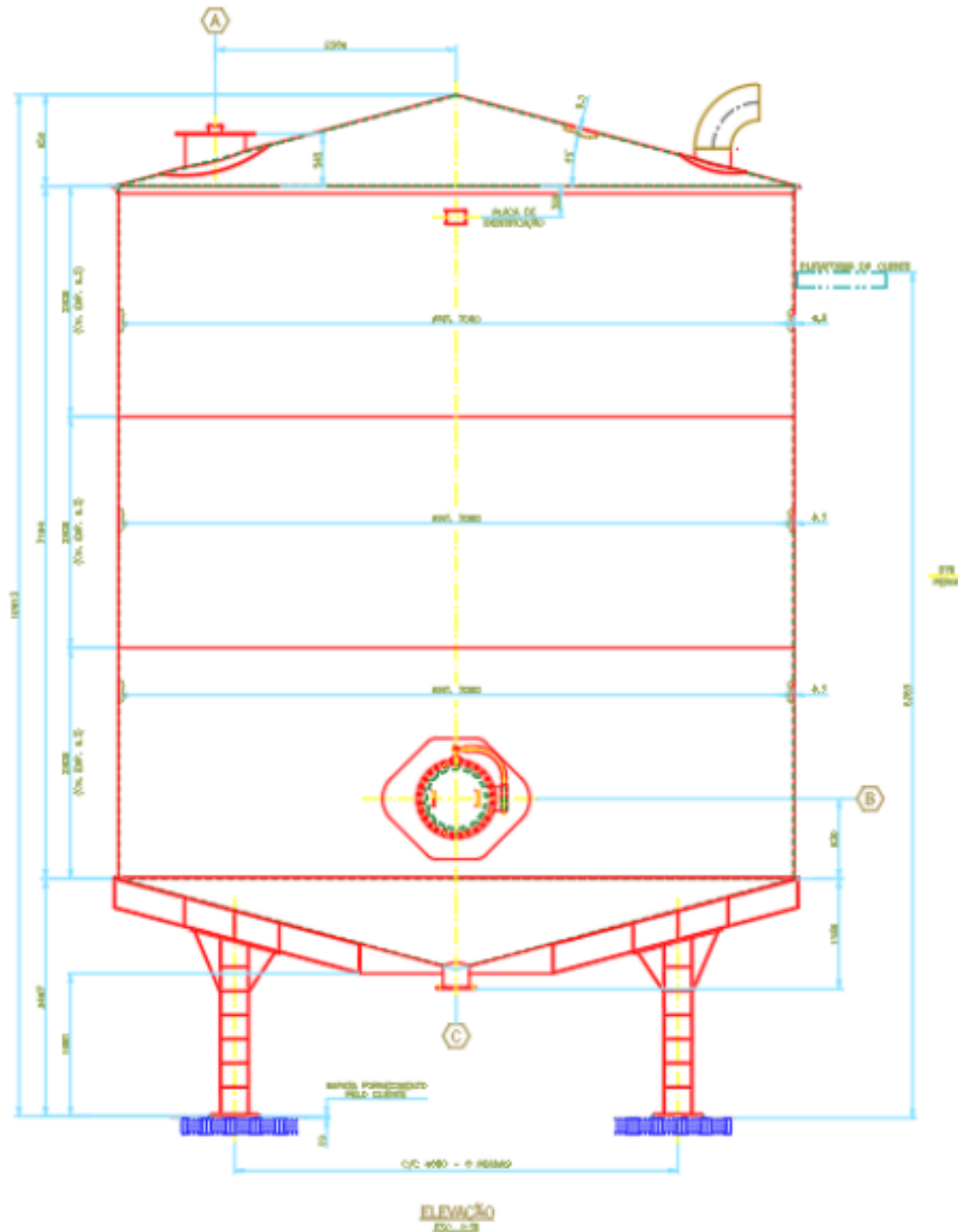
Após análise de todas as circunstâncias envolvidas no acidente e dos documentos solicitados, entrevistas realizadas e tendo aplicado o método da Árvore de Falhas, a equipe de investigação concluiu que ocorreram **quatro causas raiz**:

- Falha de projeto na dorna volante;
- Falha na análise de risco do processo de produção de etanol;
- Falha na classificação de área na dorna; e
- Falta de análise de risco da tarefa na Liberação de Trabalho.

As causas raiz serão detalhadas a seguir.

### 9.1. CR1: Falha de projeto da dorna volante

Conforme mencionado no item 2.4, a documentação de projeto da dorna (reproduzida na Figura 21) é omissa quanto a posição, diâmetros ou cotas dos bocais de entrada de fluidos na dorna volante. Vale mencionar que não se evidencia nota ou qualquer observação no projeto mencionando algum cuidado na concepção destas linhas no sentido de prevenir contra eletricidade estática durante enchimento da dorna.



**Figura 21 – Projeto da dorna volante sem detalhes sobre linhas de entrada de fluidos**

Relatos colhidos com os representantes da empresa – quando a equipe da ANP esteve vistoriando a instalação *in loco* em janeiro de 2025 – dão conta de que havia duas tubulações para entrada do vinho delevedurado na dorna volante 1: uma encaminha o vinho proveniente das centrífugas 1, 2 ,3, 4 e 5 e a outra que encaminha o vinho oriundo da centrífuga 6. Essas tubulações se projetam no interior da dorna por um comprimento em torno de 500-600 milímetros a partir do teto. Tais informações não puderam ser confirmadas, uma vez que a dorna acidentada já havia sido desmobilizada e as informações

de entrada de fluidos na dorna não estão descritas nos documentos disponibilizados para a ANP.

Sem estas informações no projeto, foi inviável conferir se há o cumprimento da Norma ABNT NBR17505, Parte 5, item 10.6.4.1, adiante reproduzida:

*“10.6.4 Tubos de enchimento*

*Tubos de enchimento devem ser condutivos e ligados ao sistema de enchimento.*

*10.6.4.1 Tubos de enchimento devem ser estender-se até **o fundo do vaso** e podem ser equipados com a extremidade chanfrada a 45° ou devem dispor de um “tê” para direcionar o **fluxo horizontalmente próximo do fundo do recipiente que estiver sendo carregado.**”* (grifos nossos)

Ademais, na mesma Norma, no item 10.7, a qual descreve orientações para os tanques de armazenamento, lança precauções no que se refere à eletricidade estática:

*“(...*

*10.7.2 Tanques de armazenamento condutivo de teto fixo*

*A **acumulação de cargas em um líquido no interior de um tanque pode conduzir a uma descarga de eletricidade estática entre a superfície do líquido e o costado tanque, os apoios do teto ou os acessórios do tanque. A geração de carga é influenciada pela turbulência do líquido** e por uma série de fatores particulares, como gotículas de água, ferrugem ou sedimentos.*

*10.7.2.1 Precauções*

*Se o espaço para vapor do tanque for tal que possa conter uma mistura inflamável (por exemplo, em casos onde sejam armazenados produtos com pressões de vapor intermediárias ou produtos com baixa pressão de vapor, contaminados com líquidos com alta pressão de vapor) ou onde é praticado o corte do carregamento através de trocas de produtos, as seguintes medidas de proteção devem ser adotadas:*

- a) **deve ser evitado o enchimento turbulento e a ocorrência de respingos verticais;***
- b) **o tubo de enchimento deve descarregar próximo ao fundo do tanque, com a mínima agitação de água e de sedimentos no fundo do tanque; (...)**”* (grifos nossos)

Em suma, sem estas informações de projeto da dorna, não há elementos suficientes para se afirmar que as linhas para enchimento da dorna atendiam às determinações da norma, de modo a prevenir a formação de eletricidade estática durante esta operação.

Neste sentido, ao ignorar detalhes de projeto relativos à prevenção de eletricidade estática, também se evidencia o descumprimento da Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho nº 20 (NR-20), em item que versa sobre fontes de ignição, abaixo transcrito:

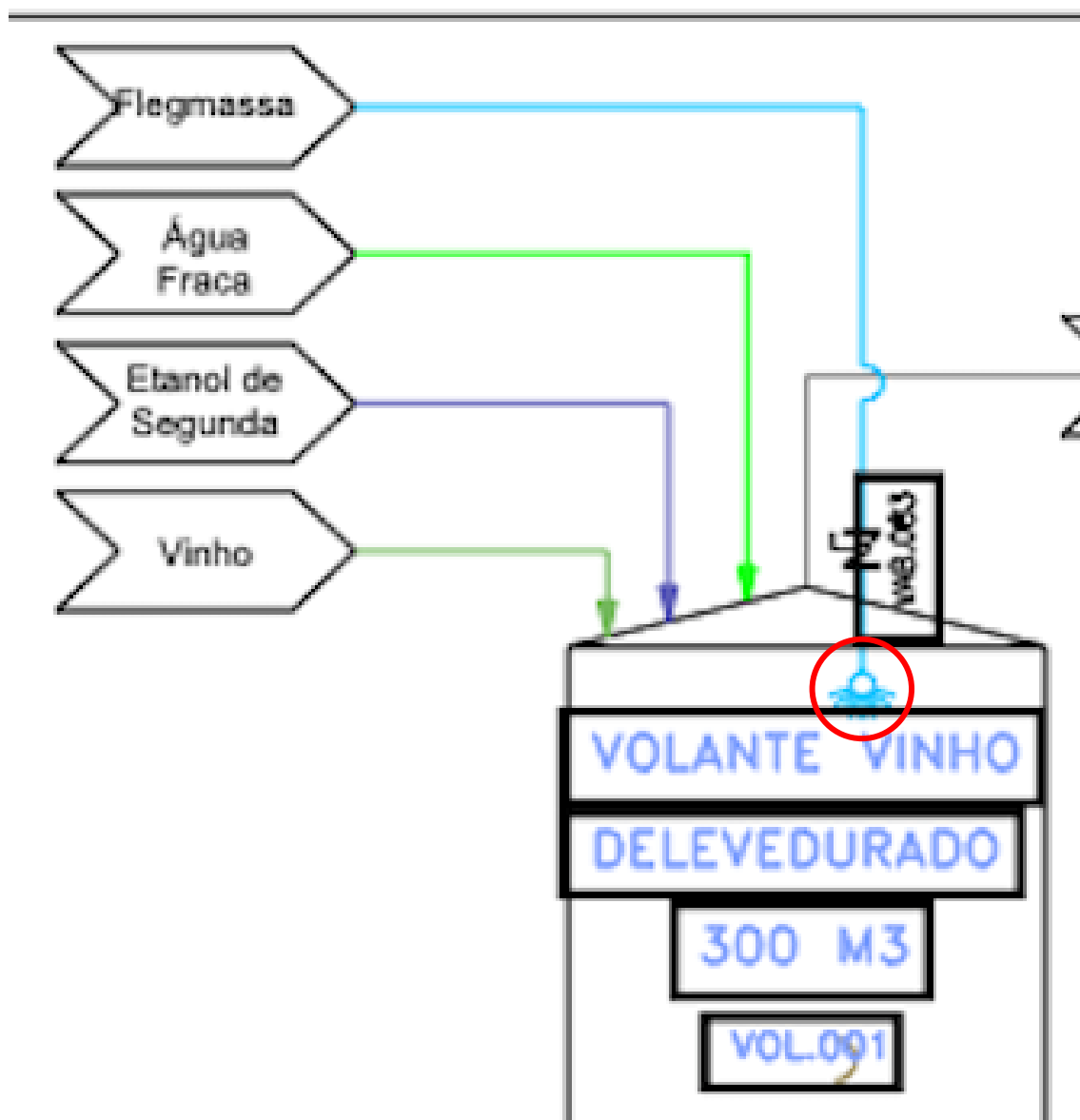
*“20.13.2 O empregador deve implementar medidas específicas para controle da **geração, acúmulo e descarga de eletricidade estática em áreas sujeitas à existência de atmosferas inflamáveis**, em conformidade com **normas técnicas nacionais** e, na ausência ou omissão destas, **normas internacionais.**”* (grifos nossos)

Também é oportuno lembrar que, conforme mencionado anteriormente, o projeto da dorna não fornece informações como PMTA e temperaturas de entrada e saída dos fluidos. Adicionalmente, observou-se que a versão do desenho de projeto da dorna é a inicial, o que evidencia uma falha na gestão documental da empresa, uma vez que o agente regulado deve dispor de documentação de projeto dos equipamentos conforme construídos (“as built”).

Apesar do desenho da dorna volante não representar os bocais de entrada de fluido, o fluxograma de processo mostrava a entrada de pelos menos quatro correntes no



equipamento, conforme mostrado na Figura 22 abaixo: (i) flegmaça, (ii) água fraca; (iii) etanol de segunda e (iv) vinho.



**Figura 22 – Representação gráfica da entrada de flegmaça pelo topo da dorna volante, aparentando aspersão deste fluido na alimentação deste equipamento**

Além da inconsistência com o desenho de projeto da dorna, este documento revela outra informação relevante à investigação: pela forma de representação da entrada de flegmaça (em destaque), o bocal parece ser do tipo aspersor. É sabido que a entrada de fluidos em tanques por meio de bocais tipo spray ou aspersor é mais propensa à formação de eletricidade estática, especialmente quando se trata de líquidos inflamáveis ou combustíveis.

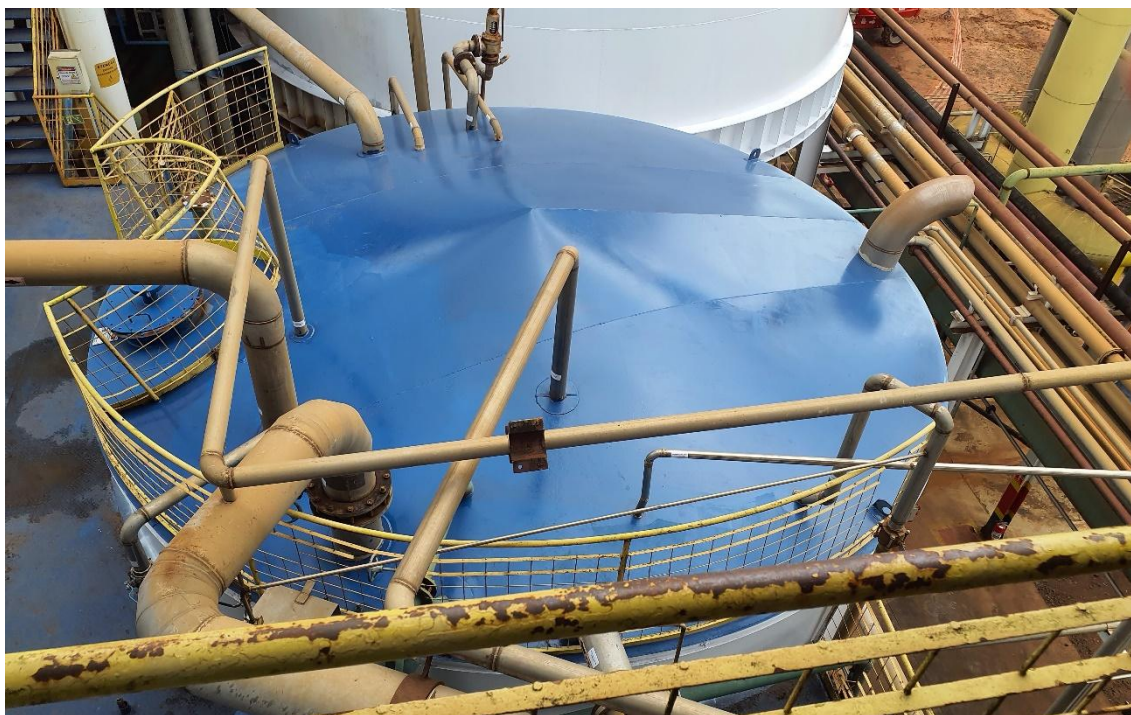
Segundo a *API Recommended Practice 2003 (RP 2003)*, que trata da proteção contra ignições causadas por eletricidade estática, raios e correntes parasitas, a formação de cargas eletrostáticas é significativamente influenciada por:

- Velocidade de fluxo do líquido;
- Tipo de líquido (condutivo ou não condutivo);

- Método de entrada no tanque — sendo o uso de sprays ou aspersores um dos métodos mais críticos;
- Presença de partículas ou bolhas de gás que aumentam a separação de cargas.

O documento destaca que operações que envolvem aspersão ou pulverização de líquidos aumentam a área de contato entre o líquido e o ar, promovendo maior separação de cargas e, consequentemente, maior geração de eletricidade estática. Isso pode criar riscos de ignição se não forem adotadas medidas de controle como aterramento, ligação equipotencial e controle da velocidade de enchimento.

Por fim, ainda sobre a entrada de fluidos pelo topo da dorna volante 1, registramos que uma nova dorna foi instalada após o acidente e, de acordo com a Lins, com projeto igual ao da dorna volante 1, exceto pela concepção nova dos acessos ao teto (escadas e plataformas), retirada da tubulação de água que sofria manutenção no dia do acidente, reposicionamento das demais tubulações e instalação de novo guarda-corpo. A empresa encaminhou fotografia desta nova dorna (Figura 23), na qual se verifica as entradas de fluidos de processo pelo topo, o que confirma a possibilidade de a queda dos fluidos gerarem a eletricidade estática durante o enchimento da dorna.



**Figura 23 – Teto da dorna volante nova instalada após o acidente e conexões de entrada.**

Pelos motivos expostos, observa-se que a Lins aparentemente ignora a possibilidade de formação de eletricidade estática durante enchimento de tanque, uma vez que no relatório de investigação da empresa esta hipótese não foi sequer levantada.

Ainda que esse tipo de eletricidade não tenha se formado no evento, não há evidências de que a Lins tenha adotado as devidas medidas preventivas contra esse risco conhecido desde o projeto da instalação, o que caracteriza uma falha na gestão de segurança.

**Isto posto, como a possibilidade de ignição por eletricidade estática é coerente com o mecanismo de explosão em uma atmosfera explosiva, a equipe da ANP entende que esta pode ter sido uma das causas do acidente, cuja causa raiz pode ser atribuída à falha no projeto da dorna.**

Assim, tendo em vista as inconsistências e falta de informações nos documentos de projeto da dorna e da planta, fica a dúvida se os problemas com a documentação sempre estiveram presentes desde a partida da planta quando ela pertencia à Usina Batatais ou se não houve passagem dos documentos para a Lins durante a transferência de titularidade da planta produtora de etanol entre estas empresas.

Esta causa raiz demonstra uma consequência da falta de informações ou inconsistências nos documentos de projeto.

Então, no que se refere a transferência de titularidade entre agentes regulados, é oportuno frisar a importância de as empresas realizarem a entrega de toda a documentação relativa à planta, de todas as fases do ciclo de vida da instalação.

Finalmente, sobre a transferência de titularidade, embora a [Resolução ANP nº 987, de 11 de agosto de 2025](#) não faça menção sobre qualquer obrigatoriedade de transferência integral dos documentos de projeto, registros de manutenção e inspeção para a empresa adquirente, orientamos que qualquer empresa deve exigir que receba tais documentos da empresa titular, de forma a assegurar de forma transparente que a planta se encontra em condições plenas e seguras para a operação.

## 9.2. CR2: Falha na classificação de área da dorna volante 1

Como previamente mencionado, a dorna volante 1 opera como pulmão para os aparelhos de destilação e armazena vinho delevedurado, cujo **ponto de fulgor é 50 °C**, de acordo com os dados informados pela Lins oriundos de ensaios feitos na mistura após o acidente.

A NR-20 (Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis) estabelece requisitos mínimos para a gestão da segurança e saúde no trabalho contra os fatores de risco de acidentes provenientes das atividades de extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis e líquidos combustíveis. Tal norma define como líquidos inflamáveis o seguinte:

*“20.3.1 Líquidos inflamáveis: são líquidos que possuem **ponto de fulgor**  $\leq 60$  °C (sessenta graus Celsius).” (grifo nosso)*

Desse modo, está claro que o vinho delevedurado é classificado como líquido inflamável, independentemente da sua composição, o que vincula a dorna volante 1 à aplicação da referida NR, que traz as determinações para o projeto da instalação, descritos no item 20.5.2:

*“20.5.2 No projeto das instalações classes I, II e III devem constar, no mínimo, e em língua portuguesa:*

*(...) f) **identificação das áreas classificadas da instalação, para efeito de especificação dos equipamentos e instalações elétricas;**” (grifo nosso)*

Esta NR traz em seu glossário a seguinte definição para áreas classificadas:

*“Áreas Classificadas - área na qual uma atmosfera explosiva está presente ou na qual é provável sua ocorrência a ponto de exigir precauções e critérios especiais para seleção, instalação e utilização de equipamentos elétricos.”*

Portanto, não resta dúvida que a dorna volante 1 deveria ser englobada no estudo de classificação de áreas da instalação. Assim, a equipe da ANP solicitou à Lins o respectivo documento vigente antes do acidente. A empresa encaminhou um estudo de classificação de áreas datado de 2017, que não incluía a dorna volante 1, sem justificativa para tal exclusão. O estudo classificou apenas o interior da dorna volante 2 como zona 0 (Figura 24 e Figura 25) e a saída do vent como zona 2.

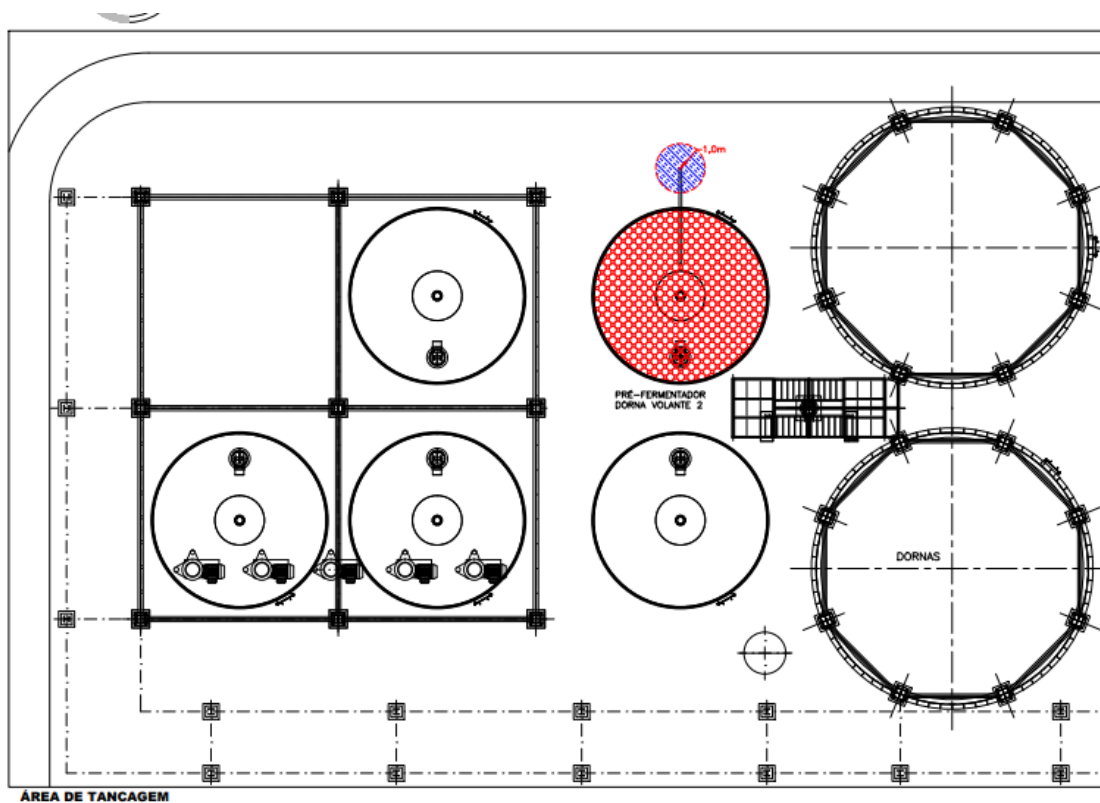


Figura 24 - Layout da área de armazenamento mostrando apenas a dorna volante 2 como área classificada

SIMBOLOGIA PARA ÁREAS CLASSIFICADAS			
GRUPO IIB		GRUPO IIC	
ZONA 0 - GRUPO IIB-T3 Ga		ZONA 0 - GRUPO IIC-T1 Ga	
ZONA 1 - GRUPO IIB-T3 Gb		ZONA 1 - GRUPO IIC-T1 Gb	
ZONA 2 - GRUPO IIB-T3 Gc		ZONA 2 - GRUPO IIC-T1 Gc	
ZONA 2 - GRUPO IIB-T3 Gc (Até 0,6m acima do piso)			

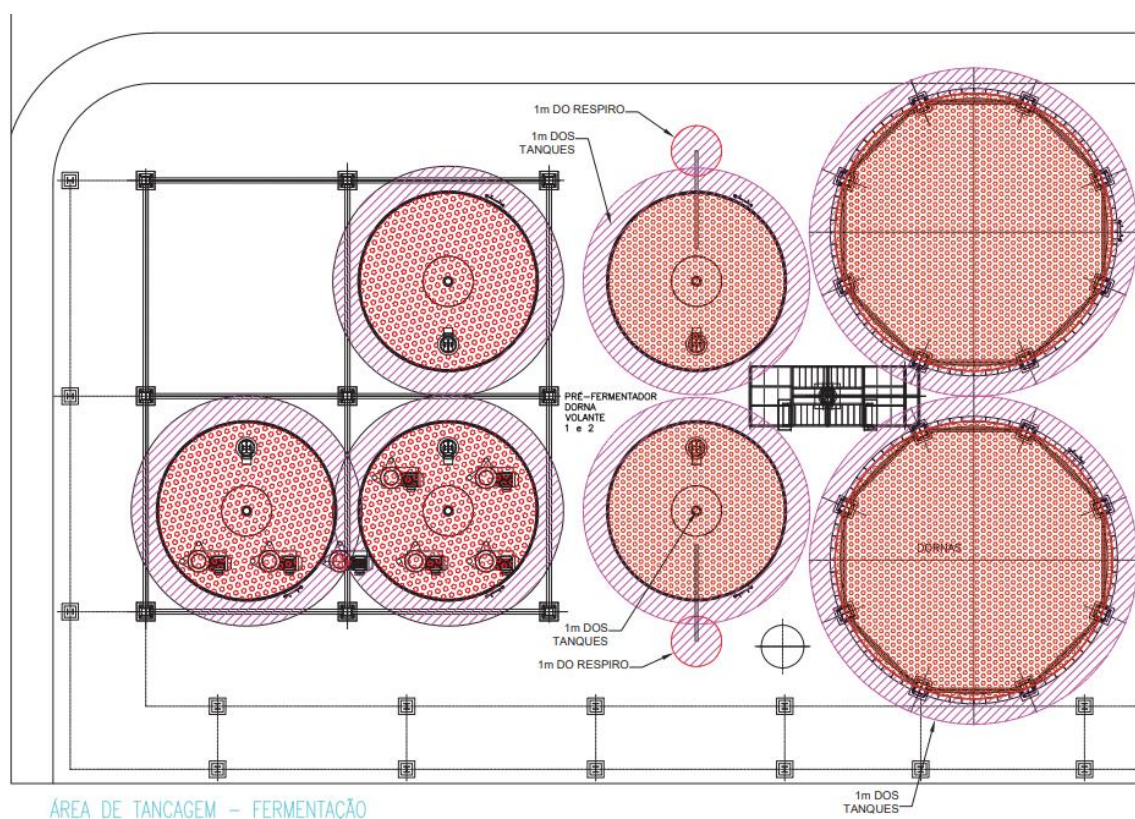
Figura 25 - Representação adotada para as diferentes zonas de classificação de áreas



Como mencionado anteriormente, a empresa alegou que a dorna volante 1 não era classificada, pois recebia apenas vinho delevedurado (composto por etanol em volume entre 7 e 10%) e se baseava na premissa de que esta dorna não receberia etanol de segunda (92 °GL).

Entretanto, conforme já abordado, este é um importante ponto de inconsistência na documentação de projeto da instalação, pois foi verificada no fluxograma de processo a representação da linha de etanol de segunda adentrando na dorna volante 1, o que tornaria ainda mais provável a formação de atmosfera explosiva no interior da dorna. Nesta hipótese, não ter englobado a dorna volante 1 no estudo é ainda mais grave.

Cabe ressaltar que a nova dorna volante instalada posteriormente ao acidente e que substituiu as dornas volantes 1 (sinistrada) e 2 (desativada) é atualmente classificada como zona 0 em seu interior e zona 2 no seu entorno, com raio de 1 m (Conforme a nova classificação de área exposta na Figura 26). Como consequência da classificação de área vigente, a empresa argumenta que, atualmente, não se realiza serviço a quente com o equipamento em operação.



**Figura 26 - Dorna volante com classificação de área após o acidente**

Dessa forma, considera-se que, caso a dorna fosse considerada área classificada à época, seriam tomadas medidas mais restritivas para realização de serviços com probabilidade de geração de fonte de ignição, o que poderia ter evitado o acidente.

**Então, por tudo exposto neste item, a equipe da ANP tem o entendimento de que desconsiderar a dorna volante 1 no estudo de classificação de áreas é causa raiz do acidente em tela.**

### 9.3. CR3: Falha na análise de risco do processo

A análise de riscos de processo é um instrumento essencial para a segurança operacional em instalações que manipulam líquidos inflamáveis, como as plantas de produção de etanol. Essa ferramenta permite identificar perigos, avaliar cenários de falha e propor salvaguardas adequadas, prevenindo eventos que possam comprometer a integridade das pessoas, do meio ambiente e das instalações. Além disso, desempenha papel estratégico na conscientização da força de trabalho, fortalecendo a cultura de segurança e garantindo alinhamento entre áreas operacionais, manutenção e gestão.

No caso analisado, a instalação não possuía análise de risco de projeto, e o único documento identificado foi uma Análise Preliminar de Riscos (APR) de 2019, elaborada para aumento de capacidade, que abordava apenas o cenário de transbordamento da dorna, sem considerar riscos críticos como a formação de atmosfera explosiva

Pontuamos que a metodologia não é inválida. Contudo, considerando a complexidade da instalação e que a dorna recebe produto inflamável (o vinho delevedurado e, possivelmente, etanol de segunda), o estudo demonstrou ser insuficiente ao não contemplar o cenário de formação de atmosfera explosiva na dorna e arredores, analisá-lo e propor salvaguardas mitigadoras para tal cenário. Como consequência, a dorna e seu entrono não dispunham dos dispositivos comumente especificados para equipamentos com esse tipo de risco, a exemplo de bombas, luminárias e instrumentos intrinsecamente seguros para uso em atmosfera classificada. Essa lacuna evidencia descumprimento do item 20.7.2 da NR-20, que determina que:

*“20.7.2 As análises de riscos da instalação devem ser estruturadas com base em **metodologias apropriadas**, escolhidas em função dos propósitos da análise, das características e **complexidade da instalação**.”* (grifos nossos)

A ausência de um estudo abrangente não apenas comprometeu a definição de barreiras técnicas, mas também reduziu a percepção de risco da equipe, propiciando falhas na Liberação de Trabalho e na classificação de áreas. Caso o cenário de explosão tivesse sido identificado, medidas preventivas como a proibição de serviços a quente e a definição de pontos seguros para aterramento poderiam ter sido implementadas. Essa relação entre análise de risco e percepção operacional é amplamente reconhecida na norma ABNT NBR 17505-5, que destaca a necessidade de considerar cenários de ignição e atmosferas explosivas no projeto e na operação.

Além disso, a falta de análise estruturada compromete a realização de um processo de gestão de mudanças em casos de ampliação de capacidade ou alteração de arranjos, dificultando a avaliação de novos cenários. Essa omissão contribuiu para que a dorna não fosse classificada como área com potencial de formação de atmosfera explosiva, em desacordo com os critérios estabelecidos na ABNT NBR IEC 60079-10-1, que define metodologias para classificação de áreas com presença de vapores inflamáveis.

**Conclui-se que a falha na análise de riscos concorre como causa raiz do acidente, pois resultou em barreiras subdimensionadas e procedimentos inadequados, desconsiderando a possibilidade de formação de atmosfera explosiva na dorna e em seu entorno.** Essa constatação reforça a necessidade de que análises de risco sejam tratadas como processos dinâmicos, revisados periodicamente e integrados à gestão operacional, em conformidade com as normas e boas práticas nacionais e internacionais aplicáveis.



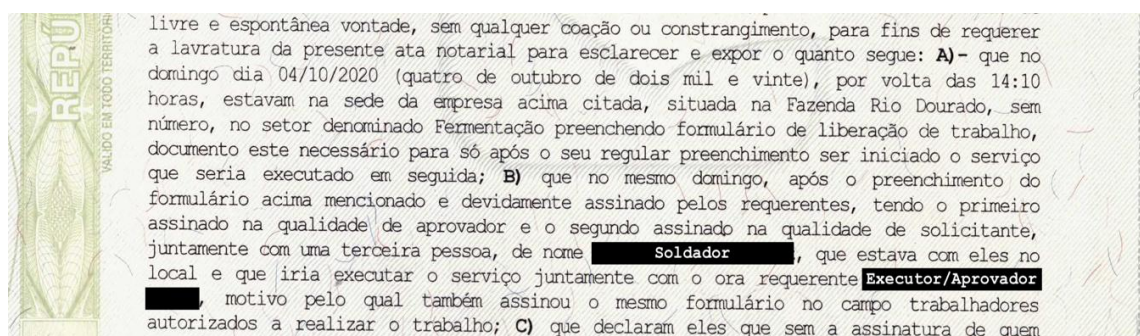
#### 9.4. CR4: Falhas relativas à Liberação de Trabalho

A causa raiz decorre de dois problemas simultâneos: o descumprimento do procedimento de Liberação de Trabalho (LT) e a ausência de análise de risco nesse processo.

Lembramos que, no item referente ao equipamento de solda aterrado de forma inadequada, foi relatado que as vias da LT foram perdidas com o acidente, uma vez que ambas se encontravam em cima da dorna volante sinistrada. A perda das vias é consequência do descumprimento do procedimento de elaboração da LT, que determina que a primeira via da LT deve ser entregue ao responsável pelos trabalhadores autorizados e permanecer no local de execução do trabalho, acessível e protegida contra danos ou extravio, e a segunda via deve permanecer com o aprovador até a finalização do serviço perigoso.

O presente item traz outros detalhes que a equipe da ANP observou, relativos à elaboração da LT e ao próprio formato da LT, os quais divergem das boas práticas da indústria nessa matéria.

Primeiramente, cabe pontuar sobre como foi expedida a referida LT, a qual foi reproduzida e registrada no Cartório local. No formulário da LT consta que o caldeireiro seria tanto o executante da tarefa como também o aprovador da LT (trecho da ata mostrado na Figura 27). Todavia, no momento do acidente, quem efetivamente realizava a atividade de solda da tubulação de água era o soldador (vítima fatal), que não foi mencionado na LT reconstituída, pois nesta foram mencionados apenas os profissionais que participaram da reconstituição do documento, feita *a posteriori*. O soldador é mencionado no texto da ata notarial como um dos executores da tarefa.



**Figura 27 – Imagem de trecho da ata notarial mencionando o soldador e o executante, pessoas diferentes no acidente**

No procedimento de Liberação de Trabalho da empresa vigente à época constava que o aprovador deve ser “funcionário próprio, com cargo de liderança, devidamente capacitado e autorizado, de acordo com este procedimento, para aprovar a LT e liberar a execução do serviço perigoso”. Assim, o caldeireiro não poderia ser o aprovador da LT, por não possuir cargo de liderança.

Ainda no procedimento da empresa, constam as seguintes responsabilidades do aprovador e do trabalhador autorizado a executar o serviço, abaixo reproduzidas:

##### “6.5. Aprovador

- Reconhecer previamente os riscos decorrentes do trabalho.

- *Avaliar a LT quanto:*
  - *Correto preenchimento;*
  - *Consistência do reconhecimento dos riscos;*
  - *Coerência das medidas de controle propostas em função dos riscos identificados;*
- *Verificar a adoção das medidas de controle propostas.*
- *Verificar se o(s) trabalhador(es) autorizado(s) foi(ram) instruído(s) de acordo com a LT.*
- *Aprovar a LT;*
- *Transferir a LT aprovada para o 2º Aprovador, quando os serviços se estenderem para o turno seguinte, com os mesmos trabalhadores autorizados;*
- ***Manter sob sua guarda, a segunda via da LT durante a realização do serviço perigoso;***
- *Fechar a LT;*
- *Encaminhar a primeira e a segunda via da LT, imediatamente após seu fechamento, para a segurança do trabalho.” (grifo nosso)*

#### 6.6. Trabalhador autorizado

- *Assinar a LT, antes de o serviço perigoso ser iniciado, **após ser orientado/instruído, referente aos riscos existentes.***
- *Iniciar o trabalho somente quando a LT estiver aprovada.*
- *Adotar todas as **medidas de controle** especificadas na LT.*
- *Paralisar o trabalho e comunicar qualquer desvio durante a sua realização.”*

Destacamos que não é recomendável que o aprovador da Liberação de Trabalho (LT) seja também o executante da tarefa, pois isso compromete a imparcialidade na análise dos riscos. O aprovador deve atuar como terceira parte, responsável por uma avaliação técnica e isenta. O procedimento de permissão de trabalho da Lins contém instrução implícita nesse sentido, ao prever que “cabe ao aprovador verificar se o(s) trabalhador(es) autorizado(s) foi(ram) instruído(s) de acordo com a LT”, o que somente é possível caso o aprovador e executante (trabalhador autorizado) sejam pessoas distintas.

Mesmo profissionais experientes na tarefa que irão desempenhar, como soldadores, devem receber orientações claras sobre os riscos envolvidos. Nesse contexto, o pessoal da operação da planta tem papel essencial, pois conhece os perigos da área e pode contribuir com informações relevantes. No caso analisado, não houve registro de que tenha havido apoio da área de operação, analisando ou aprovando a Liberação de Trabalho.

Reforçamos ainda a importância da verificação de conformidade dos procedimentos. Essa prática, aliada à correção dos desvios identificados, reduz significativamente o risco de falhas na execução de tarefas.

Adicionalmente, a dorna volante 1 não havia sido considerada área classificada, o que implica menor rigor nas salvaguardas. Em áreas classificadas, são exigidos equipamentos intrinsecamente seguros, detectores de gases, EPIs específicos e, em alguns casos, a proibição de serviços a quente.

Diante desses fatores e da possibilidade de passagem de corrente elétrica não prevista na dorna, considera-se a hipótese de falha no aterramento do equipamento. Essa

hipótese é reforçada por informações da ata de reunião da CIPA realizada no dia seguinte ao acidente, da qual se retiram as seguintes informações:

- Foi utilizada uma máquina portátil. *(Em comento, reforçamos que, como a região do serviço não foi considerada como área classificada, provavelmente, a máquina de solda portátil deveria ser comum, sem especificação para área classificada.)*
- O soldador realizou uma primeira solda e que quando foi fazer o acabamento, houve uma explosão;
- A testemunha – neste caso o aprovador – afirma que o soldador estava finalizando o serviço. Ela ouviu um ruído forte e correu em direção da escada de acesso quando escutou um estrondo;
- O executante da solda (o vitimado) **havia realizado o aterramento no parafuso da válvula da própria tubulação;**
- Que “(...) **A tubulação em que ocorria o trabalho tinha uma estrutura de apoio com o tanque, motivo pelo qual pode ter possibilitado uma condução de energia...**”;
- Que “(...) **a ignição pode ter ocorrido com a alteração de posição no grampo do aterramento durante a solda podendo ser esta a causa geradora de energia suficiente para prover a ignição que resultou na explosão**”;
- Que “(...) **pode ter havido fuga de energia em virtude de o aterramento não ter sido corretamente executado pelo soldador, sendo a provável causa da ignição que provocou a explosão**”. (grifos nossos)

Com base na análise da equipe da ANP, considera-se plausível que a estrutura de apoio estivesse eletricamente conectada à dorna, possibilitando condução de carga elétrica. Essa hipótese é reforçada pela ata da reunião da CIPA, assinada por testemunhas e gerentes, sem registros de discordância. Não há confirmação de que todos os pontos de aterramento da dorna tenham sido previamente inspecionados, o que compromete a garantia de sua integridade, especialmente diante da possibilidade de passagem de carga elétrica não prevista. A estrutura que sustentava a tubulação estava ligada à dorna, e, sem isolamento adequado, pode ter conduzido eletricidade para o tanque. A ausência de orientação na LT sobre o ponto seguro de aterramento deixou a decisão a cargo do soldador, que pode ter escolhido um local inadequado. Cabe ao aprovador da LT identificar os riscos e definir medidas de proteção, mas, segundo entrevistas, ele não demonstrava pleno conhecimento dos perigos envolvidos.

Dado o histórico de trabalhos conjuntos, é razoável supor que o soldador confiava no caldeireiro, que foi o aprovador da LT. A explosão ocorreu imediatamente após a mudança no posicionamento do grampo de aterramento, sugerindo possível nexos causal entre essa alteração e o acidente. Embora o novo ponto não tenha sido identificado, é provável que tenha sido próximo à válvula da tubulação. Sem orientação sobre locais inseguros para aterramento, o soldador pode ter conectado o cabo em uma área eletricamente ligada à dorna volante 1, que, por estar próxima e com menor resistência, pode ter recebido carga suficiente para provocar ignição da mistura inflamável.

A dorna não havia sido tratada como área classificada, o que teria exigido medidas mais rigorosas, como uso de equipamentos intrinsecamente seguros, explosímetros e restrições a serviços a quente. A ausência de análise de risco na LT comprometeu a identificação de perigos no entorno, como a presença de vapores de etanol, com ponto de fulgor de 50 °C. Para confirmar se foi elaborada uma análise de risco da tarefa, a equipe da ANP analisou a reprodução da LT e não identificou espaço dedicado a este assunto neste formulário.

Em complemento a este parágrafo, lembramos ainda o item 20.10.7 da NR-20, o qual disciplina que:

*“20.10.7 Deve ser elaborada permissão de trabalho para atividades não rotineiras de intervenção na instalação, baseada em análise de risco, nos trabalhos:*

- a) que possam gerar chamas, calor, centelhas ou ainda que envolvam o seu uso;*
- b) em espaços confinados, conforme Norma Regulamentadora n.º 33;*
- c) envolvendo isolamento de equipamentos e bloqueio/etiquetagem;*
- d) em locais elevados com risco de queda;*
- e) com equipamentos elétricos, conforme Norma Regulamentadora n.º 10;*
- f) cujas boas práticas de segurança e saúde recomendem.” (grifos nossos)*

**Portanto, por todas estas razões, esta equipe de investigação entende que as falhas na LT, expressas na falta de análise de risco da tarefa devidamente registrada e apresentada para o executor, bem como na falha no cumprimento do procedimento da LT, se constituem em causa raiz do acidente.**

## 10. RECOMENDAÇÕES

Como resultado das causas identificadas na investigação deste acidente e, ainda que seja conhecida a obrigação do cumprimento a requisitos legais e regulamentos de segurança operacional pelas empresas de produção de biocombustíveis operando no país, foram elaboradas as seguintes recomendações, para evitar a ocorrência de incidentes semelhantes.

**Tabela 1 – Causas e Recomendações**

CAUSA-RAIZ (CR)	RECOMENDAÇÃO
<b>CR1: Falha de projeto da dorna volante</b>	R1: Manter o registro e guarda dos documentos e memoriais de projeto, assegurando suas devidas atualizações.
<b>CR2: Falha na análise de risco do processo</b>	R2: Manter o registro e guarda das análises de riscos ao longo da vida útil da planta, incluindo todas as suas revisões.
<b>CR3: Falha na classificação de área na dorna volante 1</b>	R3: Determinar o ponto de fulgor e outras características relacionados aos riscos das misturas manuseadas em plantas de produção de biocombustíveis, e considerar estas informações na elaboração do estudo de áreas classificadas. Obs: Esta recomendação é especialmente aplicável à área de fermentação de plantas de produção de etanol, a qual geralmente não é considerada área classificada.
<b>CR4: Falhas relativas à Liberação de Trabalho</b>	R4: Garantir que as Permissões de Trabalho para atividades na área operacional sejam elaboradas com a participação da equipe de operação e que os papéis de execução e aprovação sejam desempenhados por profissionais distintos.  R5: Além das obrigações previstas nas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego, incluir e registrar a análise de risco da tarefa nas permissões de trabalho não rotineiras, envolvendo empregados com amplo conhecimento dos riscos da planta, especialmente em atividades simultâneas, quando estas não puderem ser evitadas.  R6: Para trabalhos a quente, avaliar na análise de riscos da tarefa a possibilidade de elevação do risco de atmosfera explosiva no entorno da tarefa, adotando os cuidados necessários.  R7: Assegurar que as condições e materiais utilizados em trabalhos especiais se encontram plenamente adequados para a tarefa, principalmente se esta for realizada em área classificada.  R8: Assegurar que os envolvidos nas permissões de trabalho atuem estritamente dentro das atribuições para as quais foram designados, em conformidade com o treinamento recebido e a função que exercem na empresa, por meio de checagens periódicas quanto ao cumprimento e entendimento dos procedimentos de permissão de trabalho por parte dos envolvidos.
<b>Recomendações gerais</b>	R9: Promover o esclarecimento contínuo dos riscos de acidentes a todos os trabalhadores, com ênfase naqueles que atuam na planta sem operar equipamentos, mas que precisam trabalhar próximos a eles.  R10: Em casos de transferência de titularidade, garantir a transferência integral dos documentos de projeto, procedimentos operacionais, documentos relacionados à segurança operacional e demais registros pertinentes para a nova empresa autorizada.  R11: Incorporar formalmente a prática de Gestão de Mudanças ao sistema de gestão da empresa.

Especificamente para a Lins, cabem as seguintes recomendações:

- Efetuar revisão imediata dos projetos das dornas e demais equipamentos onde haja possibilidade de formação de atmosfera explosiva, em especial observação aos itens 10.6 e 10.7 da Norma ABNT NBR 17505, Parte 5, no sentido de prevenir a eletricidade estática durante admissão de fluidos nelas.
- Revisar a análise de risco da instalação, incluindo os cenários de explosão da dorna (e demais equipamentos onde haja possibilidade de formação de atmosfera explosiva), analisando os cenários e suas barreiras.



## 11. CONCLUSÕES

A investigação conduzida pela ANP evidenciou que o acidente ocorrido na dorna volante 1 foi resultado de um conjunto de falhas sistêmicas que comprometeram a segurança operacional da instalação. A análise revelou que a ausência de um projeto detalhado e atualizado, aliado à falta de medidas preventivas contra riscos conhecidos, como a formação de eletricidade estática, contribuiu para a criação de um cenário propício à ocorrência do evento. A documentação de projeto disponível não contemplava informações essenciais, como a concepção das linhas de entrada e dispositivos de prevenção de descargas eletrostáticas, o que demonstra fragilidade na gestão da integridade técnica da planta.

Outro aspecto crítico identificado foi a insuficiência da análise de risco do processo. A ausência de cenários envolvendo a formação de atmosferas explosivas nas dornas comprometeu a definição de barreiras adequadas para mitigar riscos, resultando em procedimentos e salvaguardas incompatíveis com a complexidade da operação. Essa lacuna também impactou a percepção de risco por parte da equipe operacional, que não dispunha de informações claras sobre os perigos associados à execução de serviços a quente em áreas com potencial de formação de mistura inflamável.

A investigação constatou ainda falhas significativas no estudo de classificação de áreas. A exclusão da dorna volante 1 desse estudo impediu a adoção de medidas preventivas fundamentais, como a proibição de serviços de soldagem durante a operação do equipamento e a exigência de equipamentos elétricos adequados para atmosferas explosivas. Essa omissão, somada à ausência de justificativas técnicas para a não inclusão da dorna no estudo, reforça a necessidade de maior rigor na aplicação das normas regulamentadoras e das boas práticas da indústria.

As deficiências no processo de Liberação de Trabalho também se mostraram determinantes para o acidente. A inexistência de um campo específico para análise de risco da tarefa no formulário da LT, associada à falta de orientações claras sobre o ponto seguro para aterramento da máquina de solda, expôs os trabalhadores a condições inseguras. Além disso, foram observadas falhas no cumprimento do procedimento interno, como a acumulação das vias da LT no local da execução do serviço e a ausência de segregação entre as funções de aprovador e executor, comprometendo a eficácia do controle administrativo.

Essas constatações evidenciam não apenas desvios em relação às boas práticas de engenharia e gestão, mas também descumprimentos de normas técnicas e regulamentadoras, com destaque para a NR-20, que estabelece requisitos para a prevenção de acidentes envolvendo líquidos inflamáveis. A soma dessas falhas criou um ambiente vulnerável, no qual a ocorrência do acidente se tornou possível e, em última instância, inevitável diante da ausência de barreiras eficazes.

A análise conduzida reforça a importância da implementação de uma sistemática robusta de Gestão de Mudanças, especialmente em cenários de ampliação da capacidade produtiva, nos quais novos equipamentos e processos são incorporados ao parque industrial. Essa prática deve ser acompanhada da atualização contínua das análises de risco e da documentação técnica, garantindo que as evoluções no processo sejam refletidas nas medidas de controle e nos procedimentos operacionais. Além disso, é imprescindível fortalecer a cultura de segurança, assegurando que todos os níveis da organização compreendam os riscos inerentes às suas atividades e atuem de forma proativa na prevenção de acidentes.

As recomendações apresentadas neste relatório, tanto as específicas para a Lins quanto as direcionadas à indústria, têm como objetivo corrigir as falhas identificadas e promover a adoção de práticas que assegurem a integridade das instalações, a proteção da vida humana e a preservação do meio ambiente. A implementação dessas medidas é essencial para reduzir a probabilidade de recorrência de eventos semelhantes e para consolidar um ambiente industrial mais seguro e alinhado às exigências regulatórias e às melhores práticas internacionais.

