

ALINE NAKAMOTO

LEVANTAMENTO, ANÁLISE E MELHORIAS NO PROCESSO DE
FABRICAÇÃO DO ISOLANTE TÉRMICO PLR

São Paulo

2010

ALINE NAKAMOTO

LEVANTAMENTO, ANÁLISE E MELHORIAS NO PROCESSO DE
FABRICAÇÃO DO ISOLANTE TÉRMICO PLR

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do certificado de
Especialista em Gestão e Engenharia
da Qualidade- MBA/USP

São Paulo
2010

ALINE NAKAMOTO

LEVANTAMENTO, ANÁLISE E MELHORIAS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO ISOLANTE TÉRMICO PLR

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do certificado de
Especialista em Gestão e Engenharia
da Qualidade- MBA/USP

Orientador: Prof. Dr. Adherbal
Caminada Netto.

São Paulo
2010

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu
namorado e a minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof.Dr. Adherbal Caminada Netto, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante todo o trabalho.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de realizar o levantamento e a análise dos principais problemas relacionados ao processo de fabricação do isolante térmico PLR. Para isso, buscou-se a causa raiz de cada um dos maiores problemas como: o alto teor de formaldeído no produto, para o qual foi realizado um mapeamento de todo o processo para verificar os pontos da alta concentração da substância, através de análises cromatográficas e investindo-se no desenvolvimento de um novo processo de fabricação; o excesso de pó no produto, para o qual foi realizada uma série de testes com o óleo mulrex, a fim de encontrar a concentração ideal para o processo; e a falta de corte nos produtos, problema que foi resolvido através um relatório de não conformidade interno. Identificando as causas raízes e elaborando um plano de ação, conseguiu-se reduzir significativamente os problemas de qualidade relacionados ao PLR. Dessa forma, foram resolvidos 80% dos problemas que eram mais freqüentes no produto, melhorando muito a satisfação dos clientes e a margem de lucro da empresa.

Palavras-chave: Isolante térmico PLR. Formaldeído. Excesso de pó. Falta de corte

ABSTRACT

The study was developed in order to conduct the survey and analysis of the main problems related to thermal insulation PLR. For this, the root cause of each one of the biggest problems was searched: the high concentration of formaldehyde in the product, which a mapping of the entire process was done in order to verify the points of high concentration, by GC analysis and investing in the development of a new manufacturing process; the excessive dust in the product, which a sequence of tests containing the mulrex oil were carried out to find the optimal concentration for the process, and lack of cutting in the products, that was solved with an internal report of nonconformity. Identifying the root causes of problems and developing a plan of action, the quality problems related to the PLR were significantly reduced. As result, 80% of the most frequent problems in the product was solved, that greatly enhanced customer satisfaction and profit of the company.

Keywords: Thermal insulator PLR. Formaldehyde. Excessive dust. Lack of cutting

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Etapas do processo de fabricação do PLR.....	19
Figura 2- Forno tubular	23
Figura 3- Resultados das ampolas colorimétricas	28
Figura 4- Fluxograma da extração do formaldeído no PLR	31
Figura 5- Fases pertinentes à análise do formaldeído	32
Figura 6- Mapeamento para identificação da alta concentração de formaldeído.....	33
Figura 7- PLR em bom estado	36
Figura 8- PLR com problemas de qualidade.....	37
Figura 9- PLR com problemas de qualidade.....	37
Figura 10- Produto após dois dias de embalado, apresentando delaminação.....	39
Figura 11- Corte das peças	39
Figura12- Delaminação aparente.....	39
Figura13- Saliência no corte	39
Figura14- PLR sem delaminação.....	40
Figura15- Corte das peças.....	40
Figura16- Material com pouca delaminação	41
Figura17- Saliências nas peças	41
Figura18- Produto contendo bastante pó.....	42
Figura19- Saliência no corte central	42
Figura20- Produto delaminando sem resistência.....	42
Figura21- Delaminação das peças	42
Figura22- Delaminação das peças	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Pareto dos problemas relacionados ao PLR	20
Gráfico 2- Resultados do teor de formaldeído no PLR.....	21
Gráfico 3- Teor de formaldeído ao longo do tempo	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados de formaldeído encontrados no PLR.....	21
Tabela 2- Plano de ação	22
Tabela 3- Comparação entre as metodologias da Saint-Gobain e Cliente X.....	28
Tabela 4- Teste com variação de óleo mulrex e de LOI.....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 História da Empresa.....	13
1.2 Produtos comercializados	14
1.3 Isolamento com lã de vidro	16
1.4 Características do produto	18
1.5 Descrição do processo de fabricação	18
2 DESENVOLVIMENTO	20
2.1 Alto teor de formaldeído no PLR.....	20
2.1.1 Máquina: identificação dos equipamentos	23
2.1.2 Meio Ambiente	24
2.1.3 Material	24
2.1.4 Métodos: Determinação de formaldeído	25
2.1.4.1 Metodologia de análise Saint Gobain.....	26
2.1.4.2 Metodologia de análise do cliente X.....	27
2.1.4.3 Método para determinação de formaldeído através de técnicas de cromatografia gasosa.....	29
2.1.5 Descontaminação do sistema e resultados obtidos	35
2.2 Excesso de pó	38
2.2.1 Teste 1	39
2.2.2 Teste 2	39
2.2.3 Teste 3	40
2.2.4 Teste 4	40
2.2.5 Teste 5	41
2.2.6 Teste 6	42
2.2.7 Padrão	42
2.2.8 Conclusão e teste	43
2.3 Corte errado na peças	43
3 CONCLUSÃO	44
4 REFERÊNCIAS	45

APÊNDICE A - Diagrama de Ishikawa	46
APÊNDICE B - FMEA do cromatógrafo gasoso	47
APÊNDICE C - Resultados de análise por cromatografia gasosa...	49
APÊNDICE D - Resultados obtidos no teste de formaldeído utilizando-se somente lã branca (após fibragem) ...	56
APÊNDICE E - Resultados do segundo teste, no qual foi utilizada lã branca sem resina (final do processo)	59
ANEXO 1 - Relatório de não conformidade: corte errado nas peças.....	62

1 INTRODUÇÃO

O isolante térmico PLR, composto por fibras de lã de vidro e resina acrílica, é um importante material para a indústria de produtos da linha branca (fogões, fornos e estufas), cujo mercado está em ascensão.

O processo de fabricação deste produto é bem crítico, pois há uma série de parâmetros a serem controlados e um número cada vez maior de exigências por parte dos clientes.

O objetivo deste trabalho é definir parâmetros de processos que são críticos, buscar as causas raízes dos problemas relacionados à fabricação do PLR e propor melhorias ao processo.

O levantamento dos itens estudados foi baseado no histórico de reclamações e de devoluções relacionados ao produto. Para o estudo do produto e do processo foi realizada uma série de análises, testes de produção e desenvolvimento de um novo material de PLR. Com o mapeamento dos processos mais críticos, foi possível identificar melhorias em cada uma das etapas.

1.1 História da empresa

No Brasil, as atividades do grupo Saint-Gobain são conduzidas por onze empresas, uma delas a Saint-Gobain do Brasil, que possui quatro divisões industriais. Ao todo, essas empresas atuam em doze atividades industriais e duas de distribuição. Cada um dos serviços oferecidos pela Saint-Gobain são divididos, em âmbito mundial, em cinco pólos:

- Pólo Vidro Plano: Glass e Sekurit
- Pólo de Materiais de Alta Performance: Saint-Gobain Abrasivos, Saint-Gobain Cerâmicas e Plásticos, Saint-Gobain Materiais Cerâmicos.
- Pólo de Embalagem: Divisão de Vidro Oco.
- Pólo de Distribuição de Materiais de Construção: Telhanorte e Center Líder.
- Pólo de Produtos para Construção: Brasilit, Quartzolit, Placo, Saint-Gobain Canalização e Isover.

A Isover foi fundada em 1951 como Vidrobrás. Em 1962, seu controle acionário passou ao grupo Saint-Gobain, sendo portanto incorporada à Companhia Vidraria Santa Marina (atual Saint-Gobain do Brasil).

Maior fabricante de lã de vidro do país e líder de mercado, sua produção é caracterizada por produtos como feltros, forros, mantas, painéis e tubos bipartidos. Cada um deles é gerado pela tecnologia Telstar, que garante resistência mecânica superior, leveza, facilidade de aplicação e boa performance.

Em geral, por serem destinados à isolamento termoacústica, proporcionam conforto térmico, acústico e economia de energia, tanto na construção civil quanto na indústria. Também estão presentes nos mais variados setores industriais, como o sucroalcooleiro, petroquímico, alimentício, papel e celulose e indústria naval, que utilizam a lã de vidro para isolamento de tanques, caldeiras, tubulações e equipamentos em geral, atendendo aos mais exigentes padrões de economia de energia, qualidade e segurança. É importante salientar também a sua presença na isolamento de automóveis e caminhões na área automotiva, assim como fogões, fornos e estufas e demais aparelhos de linha branca.

1.2 Produtos Comercializados

Subcoberturas

Alumisol Plus: Feltro constituído por lã de vidro, com película aluminizada e revestimento laminado branco, destinado a acabamento interno. Além de propriedades termoacústicas, protege contra chuvas, ventos e contribui para impermeabilização e durabilidade do telhado. Possui espessura aproximada de 20 mm, revestimento em alumínio liso e reforçado em uma das faces.

Facefelt: Feltro constituído por lã de vidro aglomerada com resina sintética, revestido em sua face interna com laminado branco. Além do alto nível de isolamento termoacústica, proporciona aos ambientes conforto, economia de energia (quando climatizados) e reduz riscos de condensação em equipamentos de ar condicionado, em caso de inversões térmicas.

Forros

Climaver: Painel rígido de lã de vidro de alta densidade, aglomerada por resina sintética.

Mantas de Fibras de Vidro

Flexliner: Feltro ou placa de lã de vidro aglomerada por resina sintética, revestido em uma das faces por véu de vidro preto, com características termoacústicas. Pela forma como é aplicado, garante espessura uniforme por toda a extensão do duto, evitando o esmagamento do isolante e, portanto, conseqüentes pontos de condensação. O Flexliner foi desenvolvido para ser aplicado na isolamento termoacústica interna de dutos metálicos, reduzindo o nível de ruído proveniente do sistema de distribuição de ar.

Forro termo acústico

Forrovid Boreal: Painel constituído por lã de vidro aglomerada por resina sintética, revestido na face aparente por uma película de PVC branco microperfurada, com função termoacústica.

Forrovid Omni: Assim como o Boreal, o Forrovid Omni é indicado para projetos nos quais é necessário aliar conforto térmico e acústico, economia de energia e estética. Permite o acesso a instalações sobre o teto estrutural, oferece fácil manutenção e possui elevada resistência ao manuseio.

Optima Forro e Optima Parede: A Linha Optima é composta por painéis em lã de vidro para isolamento térmica e sonora de ambientes. Os painéis Optima Forro e Optima Parede foram desenvolvidos para utilização em residências, escritórios, bares e restaurantes, isolando os ambientes de ruídos externos.

Prisma Decor: É constituído pelos forros em lã de vidro, com borda tegular ou lay-in, revestidos com véu de vidro decorativo na face posterior e véu de vidro na face aparente. Prisma Decor é utilizado para melhoria do conforto térmico e acústico em bibliotecas, salas de reunião, ambientes de ensaios musicais, casas noturnas, restaurantes, edifícios comerciais, etc.

Prisma High e Prisma Omni: Constituídos pelos forros em lã de vidro aglomerada por resina sintética, revestidos na face aparente com véu de vidro branco texturizado e na face posterior com véu de vidro incolor. Oferecem conforto térmico e acústico, além de fácil limpeza e segurança contra o fogo. O

Prisma High deve ser aplicado em projetos diferenciados, em termos de desempenho acústico e composição decorativa.

Rollisol: Produtos dirigidos para o mercado de forros removíveis em geral, cuja finalidade é proporcionar ao ambiente conforto termoacústico, ou ainda economia de energia em ambientes climatizados. São constituídos pelos forros em feltro ou lã de vidro ensacado e véu de vidro preto. Podem ser utilizados em forros falsos em geral para a obtenção de conforto ambiental. Indicados em áreas de grande circulação de público.

Isolantes e absorvedores acústicos:

Sonare: Painel rígido, absorvedor acústico, constituído por lã de vidro aglomerada com resina sintética e com revestimento na face aparente e lateral. Recomendado para estúdios, centros esportivos, salas de reunião, bibliotecas, auditórios, etc.

Decorsound: Painel modular absorvedor acústico para obtenção de conforto acústico. É destinado a uso residencial e comercial.

Isolantes para Linha Branca:

PLR-produto com baixa resina: O PLR é um painel absorvedor térmico que apresenta baixo teor de formaldeído. Constituído por lã de vidro aglomerada com resina acrílica, é utilizado como isolante térmico em fogões, estufas, fornos e outros equipamentos da linha branca.

1.3 Isolamento térmico com lã de vidro

Segundo Cunha e Neumann (1979), o calor é transmitido de três maneiras,

a) **Correntes de convecção:** Ocorrem em substâncias líquidas ou gasosas. Caracteriza-se pelo deslocamento das partes aquecidas, que sobem, e das partes frias, que descem. Dessa forma, os líquidos e gases estão em constante movimento devido à busca de um ponto de equilíbrio, aquecendo-se nas zonas de maior temperatura e transferindo o calor para as zonas de temperatura mais baixas. A convecção nos líquidos e gases também se processa através de movimentos induzidos por ventilação ou por agitação forçada.

b) **Condução:** o calor é conduzido para os corpos sólidos, líquidos e gasosos através do contato direto entre as moléculas, que transferem energia uma para

outra. A capacidade de condução térmica, assim como a capacidade de condução elétrica, varia de material para material. Assim, bons condutores de eletricidade também são bons condutores de calor, e vice-versa.

A quantidade de calor conduzido é proporcional à diferença das temperaturas entre os extremos do corpo e é também proporcional à sua seção transversal. O ar e muitos outros gases secos, quando estagnados (descontada a convecção) são bons isolantes térmicos, ou seja, conduzem pouco calor. A condutibilidade térmica é a medida da capacidade que um corpo possui para conduzir calor.

c) **Irradiação:** é um fenômeno igual ao da irradiação da luz, ou seja, uma transmissão de energia por ondas que se propagam, inclusive no vácuo. Um exemplo é o calor do sol, que chega a Terra dessa forma. O calor irradiado é refletido por superfícies brilhantes e espelhadas e absorvido por superfícies pretas e foscas. Todos os materiais perdem ou absorvem calor pelo fenômeno da irradiação, quando existe uma diferença de temperatura entre eles, até que o equilíbrio seja atingido. Conforme a intensidade, as ondas de calor são visíveis ou invisíveis, sendo a luz uma forma de onda de calor no espectro visível.

Funcionamento dos isolantes térmicos

Para diminuir a transmissão de calor entre um corpo e outro, através do contato, é necessário intercalar entre os mesmos uma camada de material que seja mau condutor de calor. Entretanto, não há isolante perfeito que possa impedir totalmente a transferência do calor.

Andres (1999), na respectiva pesquisa, o ideal é utilizar um material cuja condutividade térmica é baixa em relação à dos materiais usuais. Como os sólidos conduzem bem o calor e os gases estagnados são maus condutores, os isolantes são sempre produtos celulares ou laminares, formados por células de gás ou simplesmente de ar (sendo, portanto, extremamente leves).

Para que seja feita a sua escolha, deve-se considerar os seguintes fatores: custo, resistência, impermeabilidade, porosidade, facilidade de incendiar-se,

peso, resistência à putrefação, facilidade de manuseio, resistência mecânica, resistência química e estabilidade dimensional.

Os painéis de PLR garantem a eficiência da isolamento térmica nos produtos de linha branca (fogões, estufas e fornos) devido ao confinamento de ar entre suas tramas, o que dificulta o processo de trocas térmicas.

Para se medir a eficiência de um isolante térmico, deve-se sempre considerar o valor da resistência térmica desse material. Resistência térmica (RT) é a capacidade que um material possui de retardar o fluxo (passagem) de calor. A resistência térmica é uma grandeza que conforme apresentada na fórmula é determinada em função da espessura e da condutividade térmica.

$RT = \text{espessura do material isolante em m (e)} / \text{condutividade térmica do material (k)}$

Quanto maior a resistência térmica de um material, mais eficiente é a sua isolamento térmica.

1.4 Características do produto

As placas de PLR são facilmente cortadas de acordo com o desenho do cliente.

O produto é incombustível, evitando a propagação das chamas e risco de incêndio. Não ataca a superfície em que está em contato, não favorece a proliferação de fungos e bactérias e sua capacidade isolante não diminui com o passar do tempo segundo Martins e Pinto (2003)

O PLR possui densidade de 25 kg/m³, espessura de 25 cm, condutividade térmica de aproximadamente 0,038 W/m°C à temperatura de 24°C e resistência térmica de 1,32 m² °C/W.

1.5 Descrição do processo de fabricação

O processo de fabricação do isolante térmico PLR ocorre da seguinte forma: a lã de vidro é produzida através da passagem do vidro fundido por pratos com

pequenos orifícios. Após esta etapa, os fios de vidro resultantes são atingidos pela solução de resina acrílica e, devido à alta pressão, a fibra de vidro com a resina se aglomera. O controle da temperatura, o tamanho da finura do fio e a pressão vão determinar o tipo de fibra fabricada.

Para o controle da fibra de vidro é realizada, a cada hora, uma análise de índice de finura. Para o produto PLR o ideal é que as fibras estejam com 2,8 a 3,0 micronaire. Se o índice de finura não estiver conforme a especificação, os parâmetros acima citados devem ser ajustados.

Após a etapa de fibragem, a lâ de vidro com resina acrílica é transferida para a linha de produção. Nessa fase, o produto passa por uma estufa com três zonas de temperatura para cura do material. Em seguida, o mesmo passa pela guilhotina, onde é cortado em placas. Em outra etapa de produção essas placas são cortadas conforme o desenho especificado pelo cliente.

A figura a seguir representa um esquema das etapas de fabricação do PLR (Figura 1).

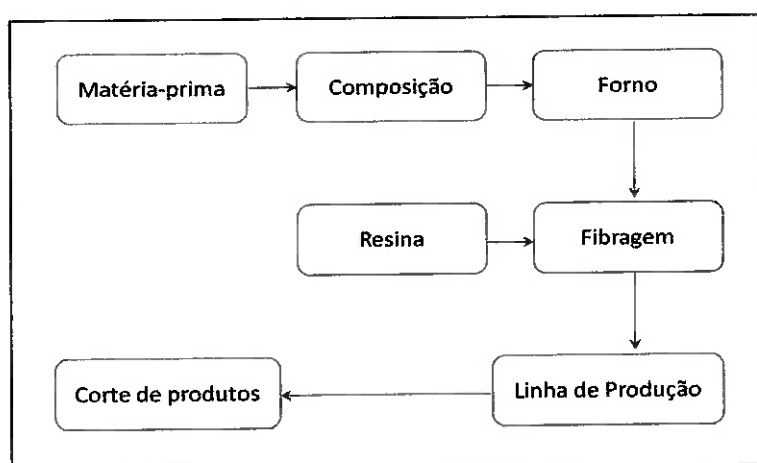


Figura 1 - Etapas do processo de fabricação do PLR.

2 DESENVOLVIMENTO

Foi identificado que o produto PLR apresenta muitos problemas na sua produção e também elevados índices de reclamações de clientes.

Através do gráfico de pareto, é possível identificar quais são os problemas mais freqüentes relacionados ao PLR e quais devem ser tratados com prioridade. As informações foram levantadas a partir de apontamento de perdas no processo de produção, de reclamações e de devoluções de clientes.

Nos últimos cinco meses foram identificados cinquenta problemas relacionados ao PLR, sendo que 42% são decorrentes da alta concentração de formaldeído, seguido pelo excesso de pó no produto (que representa 30% dos problemas) e pelo corte errado nas peças (que representa 10%). Esses três problemas, que correspondem a 82% do total, serão tratados nesta monografia.

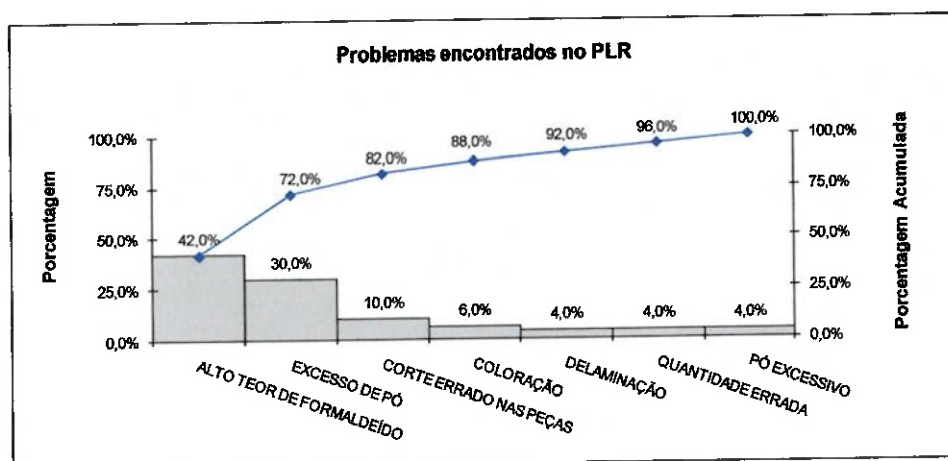


Gráfico 1 - Pareto dos problemas relacionados ao PLR

2.1 ALTO TEOR DE FORMALDEÍDO NO PLR

É possível observar, conforme o gráfico de pareto, a grande quantidade de reclamações em relação ao teor de formaldeído do produto.

Após cada produção de PLR, são realizadas análises dentro do laboratório de controle de qualidade sobre a concentração de formaldeído no produto. Porém, quando esse mesmo produto chega ao cliente X, que realiza as análises de controle de qualidade sobre a concentração de formaldeído, o resultado encontrado é superior ao encontrado pelo laboratório da Saint-Gobain.

A aceitação de concentração de formaldeído máxima é de 35 ppm. Todos os resultados encontrados na Saint-Gobain foram inferiores a essa especificação, porém o resultado do cliente sempre ultrapassa esse limite.

Devido a isso, a empresa não pôde aceitar devoluções desse produto até avaliar a causa raiz da divergência dos resultados encontrados.

Resultados encontrados pela Saint-Gobain do teor de formaldeído do PLR

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	OF	FABRICAÇÃO	COLETA	FORMOL(PPM)	LIMITE FORMOL(PPM)
50006620	primitivo	207	03/04/2010	05/04/2010	20	35
50005938	primitivo	214	15/04/2010	16/04/2010	15	35
50006618	primitivo	267	29/04/2010	29/04/2010	10	35
50006619	primitivo	271	10/05/2010	12/05/2010	30	35
50005938	primitivo	289	24/05/2010	26/05/2010	10	35
50006620	primitivo	293	01/06/2010	13/06/2010	7	35
50006620	primitivo	303	15/06/2010	15/06/2010	10	35
50006620	primitivo	319	22/06/2010	24/06/2010	10	35
50006610	primitivo	345	05/07/2010	05/07/2010	20	35
50000058	primitivo	362	12/07/2010	12/07/2010	10	35
50006618	primitivo	371	19/07/2010	22/07/2010	10	35
50006619	primitivo	389	26/07/2010	28/07/2010	10	35
50006620	primitivo	396	02/08/2010	05/08/2010	7	35

Tabela 1 - Resultados de formaldeído encontrados pela Saint Gobain no PLR

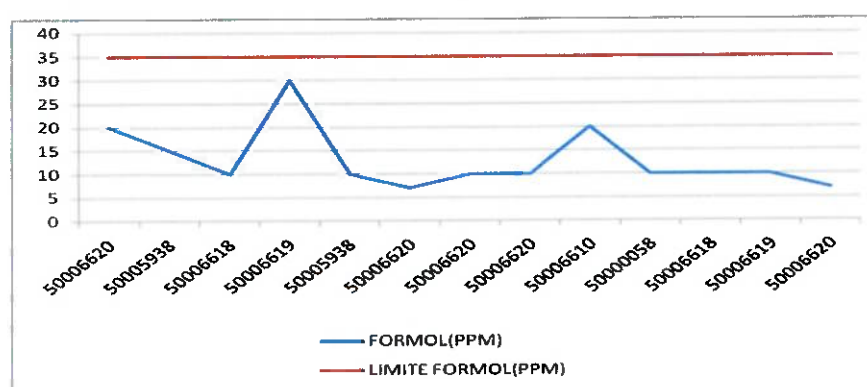


Gráfico 2 - Resultados do teor e formaldeído no PLR (Saint- Gobain)

O cliente X, por sua vez, emite um relatório de não conformidade (RNC) para todos o desvios observados para a alta concentração de formaldeído. Nele, é descrito que o teor de formaldeído está acima de 35 ppm.

Sendo assim, foi elaborado um diagrama de Ishikawa, para identificar a relação do efeito e as possíveis causas das divergências. O diagrama foi criado por

uma equipe multidisciplinar, composta por pessoas das áreas de qualidade, industrial e técnica (Apêndice A).

A partir do diagrama de Ishikawa, para o alto teor de formaldeído foi elaborado outro plano de ação, como pode ser visto na tabela abaixo.

Plano de Ação				
ATIVIDADES	DESCRIÇÃO	PRAZO	RESPONSÁVEL	STATUS
1. Máquina				
1.1 Identificação dos equipamentos	Avaliar as diferenças entre os equipamentos da empresa e do cliente para avaliação das influência nos resultados de análise	agosto-10	Aline/Maurício	
2. Meio Ambiente				
2.1 Armazenamento do material	Determinar um procedimento para temperatura de estocagem para que a temperatura não influencie no teor de formaldeído na amostra	agosto-10	Aline Nakamoto	
3. Material				
3.1 Amostragem do material	Elaborar um procedimento de amostragem do PLR para que em todas as análises realizadas a amostra seja representativa ao lote de produção	agosto-10	Aline Nakamoto	
4. Mão de Obra				
4.1 Treinamento	Treinamento para os analistas da qualidade para análise do formaldeído	setembro-10	Camila Silva	
4.2 Benchmarking	Benchmarking entre os analistas da Saint Gobain e do cliente X sobre a análise de formaldeído	setembro-10	Aline/ Maurício	
5. Método				
5.1 Definir os métodos utilizados	Comparação entre as metodologias de análise de determinação de formaldeído entre a Saint Gobain e o cliente X	setembro-10	Aline/Vanda	
5.2 Definir uma outra metodologia de análise com mais precisão para fazer um comparativo entre o resultado da Saint Gobain e do Cliente X	Definição de análise de um método mais preciso para que o resultado sirva de parâmetro para comparar com os resultados de análise da Saint Gobain e do cliente X	outubro-10	Aline	
5.3 Validar, junto ao Comitê, os resultados obtidos	Validação dos resultados de análises junto ao comitê técnico	outubro-10	Comitê Técnico	

Tabela 2 - Plano de ação realizado em função da avaliação do Diagrama de Ishikawa.

Para cada um dos fatores identificados no diagrama, foi feita uma análise mais concisa, conforme é descrito a seguir.

2.1.1 Máquina: Identificação dos equipamentos

A principal divergência encontrada nos equipamentos ocorre em função do tamanho do tubo de quartzo, onde a amostra a ser analisada é colocada. O tubo de quartzo da Saint-Gobain é aproximadamente 1,5 vezes maior que a do cliente. Logo, a amostra colocada no tubo da Saint-Gobain se dissolve em um volume maior em relação ao cliente X.

Sendo assim, a amostra final da Saint-Gobain possui uma concentração menor; logo, seus resultados são inferiores a X. Os demais parâmetros, como temperatura, pressão e vazão do ar sintético, podem ser controlados em ambos os equipamentos.



Figura 2 - Forno tubular

2.1.2 Meio Ambiente

Atualmente não há nenhum parâmetro para estocagem do produto PLR, porém é importante determinar quais são as condições ideais de armazenamento, pois sabe-se que a temperatura exerce grande influência no formaldeído no produto. Para a padronização das amostras e comparação do resultado com o cliente X, é necessário que as amostras que serão analisadas pelo cliente tenham as mesmas propriedades quando saírem da empresa. Dessa forma, é possível comparar os resultados da análise, sem haver nenhuma alteração do produto influenciado pela temperatura.

Para que fosse determinada a temperatura ideal de armazenamento, foram buscadas informações com o fabricante das matérias-primas utilizadas na fabricação do PLR.

Determinou-se que o produto deve ser sempre estocado a temperatura de 25°C, com variação de 5°C. O local de armazenamento deve ser sempre fresco e ventilado. O FIFO sempre deverá ser respeitado, pois um produto que se encontra mais de sete dias em estoque começa a sofrer deterioração, como a delaminação. Quando isso ocorre, o cliente passa a encontrar dificuldades na separação das peças: as fibras da lã de vidro se entrelaçam, dificultando o manuseio para a montagem das peças nos produtos da linha branca.

2.1.3 Material

A análise de formaldeído era realizada através da análise de uma placa aleatória de PLR retirada no momento da produção. Porém, uma análise em uma placa da produção não é representativa.

Foi elaborado então um plano de amostragem para a determinação da análise de formaldeído:

PROCEDIMENTO PARA AMOSTRAGEM DE PAINÉIS PLR PARA ANÁLISE DE FORMALDEÍDO

1. Objetivo

Descrever o plano de amostragem para as placas de PLR para análise de formaldeído, a fim de obter uma amostra representativa da produção total do produto.

2. Metodologia

Para a realização da amostragem do produto é importante retirar placas do início, meio e final da produção. Dessa forma, será possível avaliar as variações do processo.

3. Procedimento

- Para o primeiro código a ser fabricado do produto PLR deve-se retirar 5 placas após a estabilização do produto. O mesmo deve ser feito com a amostra intermediária da produção e com o último código de PLR a ser produzido.
- Para a análise do teor de formaldeído devem ser realizadas três análises: início, meio e final da produção.
- Para cada análise fazer um mix com as cinco placas de cada período de produção.
- Amostrar o produto em sacos hermeticamente fechados.

2.1.4 Métodos: Determinação de formaldeído

Os resultados de análises entre o cliente X e a Saint-Gobain são divergentes. Portanto, para avaliá-los, ambas as metodologias foram comparadas, como é mostrado a seguir.

2.1.4.1 Metodologia de análise Saint-Gobain

1. Aplicação

- Determinar o formol em lã de vidro, por colorimetria
- Distribuição
- Sistema da Qualidade, Laboratório

2. Objetivo

Estabelecer a metodologia para determinar o formol.

3. Aparelhagem

- Tubos colorimétricos para determinação de formol
- Forno tubular
- Tubo pirex
- Cronômetro
- Pinça Metálica
- Luva grafatex (para alta temperatura)

4. Procedimento

- Aqueça o forno a 300°C.
- Coloque no tubo pirex 1g da amostra.
- Feche bem o forno.
- Mantenha a amostra em aquecimento por 3 minutos sem o fluxo de gás de arraste no interior do forno, em seguida mantenha o sistema fechado.
- Encaixe o filtro e a ampola de medição de formol na mangueira de saída de gás de arraste e regule o fluxo de gás em 5ml/s.
- Após os 3 minutos de aquecimento, abra o fluxo de gás para passar pela ampola de medição durante 2 minutos.

Será possível perceber a mudança de cor facilmente de branco para amarelo alaranjado. O resultado será lido em PPM conforme a escala do tubo de leitura.

2.1.4.2 Metodologia de análise do cliente X

1. Objetivo

Estabelecer um método para a determinação do teor de formaldeído na isolação.

2. Material e Equipamento

- Lã de isolação
- Puxador
- Ampola detectora de gás específica para formaldeído
- Cilindro de gás oxigênio
- Balança com precisão
- Forno de combustão que atinge 1000°C
- Bomba de Sucção "Gastec"

3. Procedimento

- Condicionar o forno, a fim de retirar as impurezas. Isto é realizado passando-se corrente elétrica e elevando-se a temperatura a 900°C por 4 horas, com alternadas passagens de gás oxigênio para oxidar as impurezas.
- Após o condicionamento do forno deve-se baixar a temperatura à 300°C e deixar estabilizar.
- Pesar 1 grama do material de isolação e colocar no forno tubular deixando por 2 minutos as saídas vedadas. Em seguida, ligar o oxigênio em fluxo suave e constante e ao mesmo tempo conectar a ampola específica para formaldeído, utilizando a bomba para succionar o gás (5 vezes). Se a quantidade de gás exceder a escala da ampola, deve-se desligar o oxigênio, conectar uma nova ampola e ligar novamente.
- Após esgotar a quantidade de gás presente na amostra, deve-se desligar o oxigênio e desconectar a ampola.

Comparação dos resultados

Foram realizados testes com os dois métodos de análise (Saint-Gobain e cliente X) utilizando-se a mesma amostra e amostragem citada anteriormente, e os resultados foram divergentes:

- Resultado de formaldeído Saint Gobain: 15 PPM
- Resultado de formaldeído Cliente X: > 35 PPM



Figura 3 - Resultados das ampolas colorimétricas

Divergência entre os métodos

Parâmetro	Saint-Gobain	Cliente X
Limpeza do forno	Não realizado	Para retirar as impurezas, deve-se passar corrente elétrica no forno e elevar a temperatura a 900°C. Em seguida, utiliza-se oxigênio para oxidar as impurezas restantes.
Tempo com saída vedada	3 minutos	2 minutos
Bomba de Sucção	Não há	Bomba para succionar o gás (5 vezes)
Ampola de Formaldeído	Precision Gas Detector Tubes 171SB	Precision Gas Detector Tubes 171SB

Tabela 3 - Comparação de metodologias Saint-Gobain e Cliente X

Portanto, constatou-se as inúmeras divergências entre as metodologias realizadas. Para validar o método ideal de análise de controle de qualidade, foi preciso pesquisar uma terceira metodologia para verificar qual dos métodos representa o valor real de formaldeído na amostra.

Através de um método francês proveniente da matriz da Saint-Gobain, foi possível analisar a concentração de formaldeído nos painéis de PLR, por meio de uma metodologia mais precisa de análise. Este novo método foi

desenvolvido pelo CRIR na França através de duas técnicas de análise: extração do formaldeído através do forno tubular e análise quantitativa desta extração através de cromatografia gasosa.

Antes de iniciar a análise do produto por cromatografia gasosa, foi realizado um FMEA do novo equipamento (Apêndice B). O FMEA foi desenvolvido de acordo com acordo com as instruções de Palady (2007).

2.1.4.3 Método para determinação de formaldeído por cromatografia gasosa

1. Princípio

O objetivo desta análise é medir o formaldeído livre que emerge de um produto acabado, aquecido a 300°C em um forno tubular. Este método é usado principalmente para produtos PLR e amostras agulhadas. Para o desenvolvimento e aplicação do método foram usadas os conceitos de Nunes e Neto (2003); Collins, Braga e Bonato, (2006); McNair e Miller (2009) para a técnica da cromatografia gasosa.

2. Materiais

- Balança analítica
- Balões volumétricos
- Forno tubular
- Cromatografo
- Coluna Supelco SPB 5
- Detector FID
- Fluxo de ar
- Padrão de formaldeído com 99,9% de pureza DNPH formaldeído
- Acetonitrila

3. Procedimento

- Pesar 10 gramas da amostra e colocar no tubo do forno tubular.

- Preparar dois balões em série com a saída do gás do forno tubular. Nos balões devem conter 50 ml da solução padrão de formaldeído DNPH (com aproximadamente 200 PPM).
- Reservar uma amostra branca.
- Aquecer o forno tubular a 300°C.
- Ligar o fluxo de ar sintético em 5 ml/segundo.

A extração dos 10 gramas de amostras está sendo diluída nos dois balões em série acoplados à saída do forno tubular.

A quantidade de formaldeído na amostra é a quantidade somada de cada um dos balões em série menos a amostra “branca”.

As amostras são injetadas no cromatógrafo gasoso modelo CP 3380, com os seguintes parâmetros já selecionados no equipamento:

- Detector: FID
- Vazão do gás Hélio: 25 ml/mn
- Hidrogênio: 50 ml/mn
- Ar sintético: 400 ml/mn
- Range: 1
- Temperatura do injetor: 250°C
- Temperatura do detector: 300°C
- Temperatura do forno: 150°C
- Volume de injeção: 2 µL

Os resultados obtidos são comparados com a curva padrão de calibração, ou seja, com a curva de calibração de concentração definida. O fluxograma do processo de extração está descrito na ilustração seguinte (Figura 4).

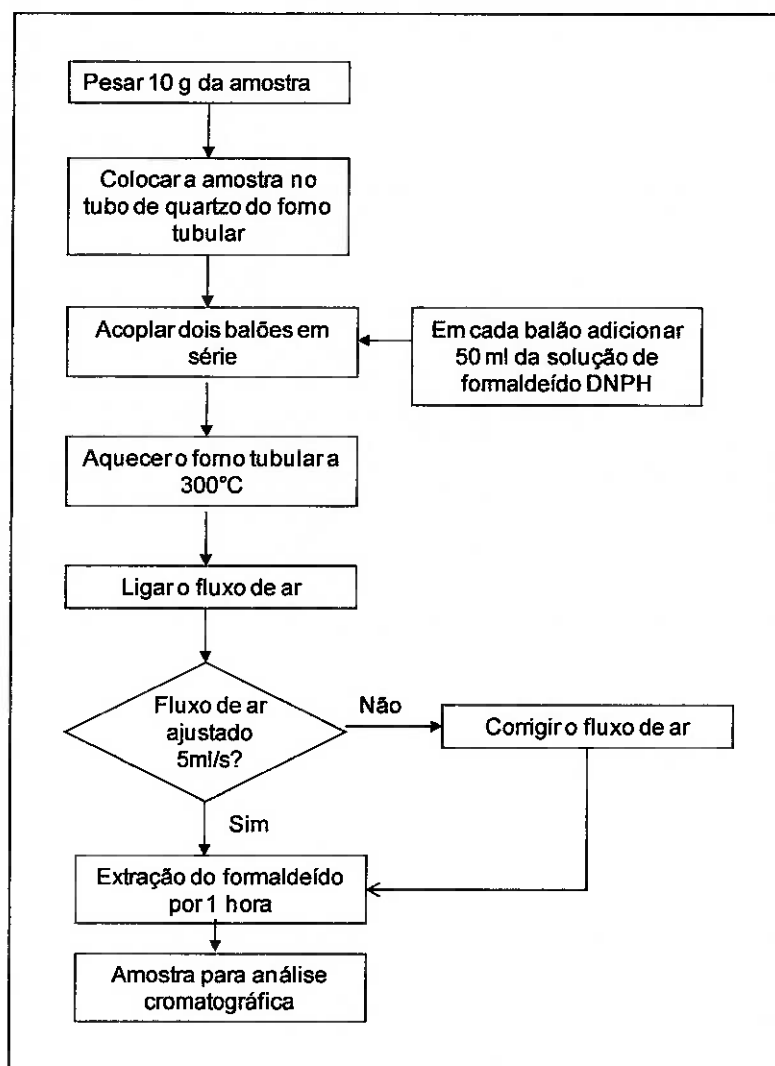


Figura 4 - Fluxograma da extração do formaldeído no PLR segundo a metodologia do CRIR.

Após a extração da amostra de PLR em forno tubular, as soluções com as extrações são injetadas no cromatógrafo gasoso (Figura 5).

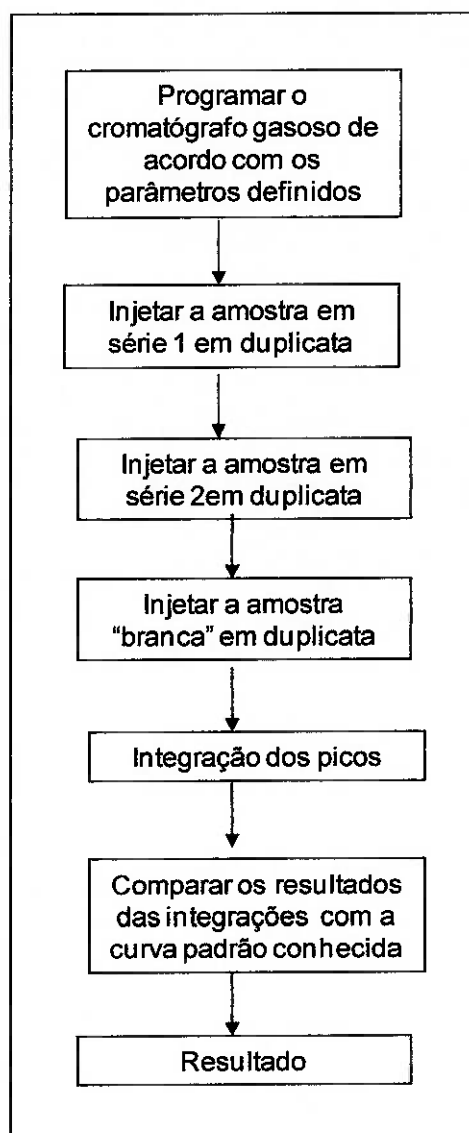


Figura 5 - Fases pertinentes à análise do formaldeído no cromatógrafo gasoso.

Como pode ser visualizado no Apêndice C, através da análise cromatográfica foi obtido o seguinte resultado na amostra de PLR:

- Amostra Série 1: 274,475 PPM
- Amostra Série 2: 213,565 PPM
- Branco: 206,39 PPM

Resultado= (Amostra Série 1 – Branco) + (Amostra Série 2 – Branco)

Resultado de formaldeído na amostra de PLR= 75,26 PPM

Desta forma, verificou-se que os resultados do primeiro método utilizado pela Saint-Gobain não representam o valor real de formaldeído na amostra. Já o método utilizado pelo cliente representa a situação real de análise, ou seja, a escala da ampola-teste apresenta um teor de formaldeído superior a 35 ppm (valor máximo da escala).

Segundo os valores encontrados, o teor de formaldeído no produto (75,26 PPM) está muito acima da especificação (máximo 35 PPM). Portanto, o produto estaria reprovado para o envio ao cliente.

A partir dos resultados obtidos por cromatografia gasosa, foi feito um estudo sobre o processo de fabricação de PLR, a fim de identificar as causas da alta concentração de formaldeído.

Criou-se então um mapeamento do processo, com o intuito de avaliar o nível do formaldeído em cada uma das etapas. Tal fato pode ser observado na figura seguinte (Figura 6).

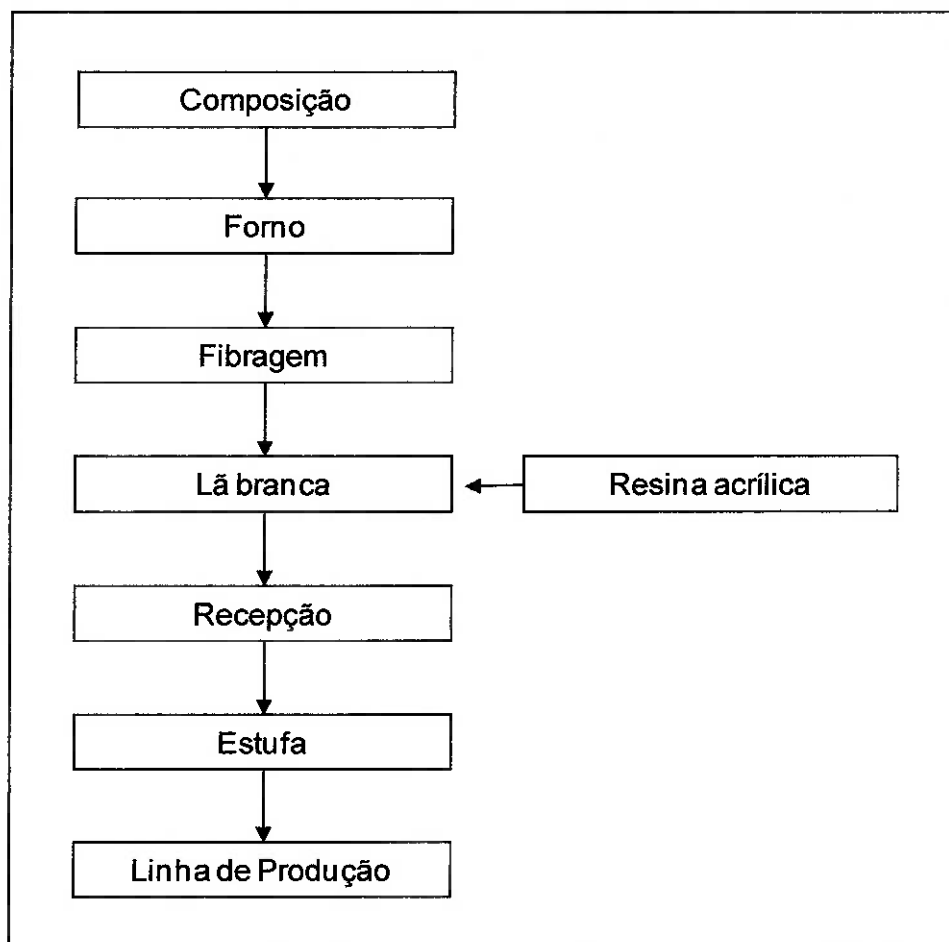


Figura 6 - Mapeamento do processo para identificação da alta concentração de formaldeído.

A avaliação do formaldeído no processo foi dividida em duas etapas:

- 1) Análise do teor de formaldeído na lã branca, ou seja, o produto sem nenhuma resina. Deste modo foi possível avaliar a concentração da substância no ambiente e na composição do vidro.
- 2) Foi fabricada uma lã sem resina até o final do processo produtivo. Neste caso, foi possível avaliar o quanto o produto vai se contaminando em cada uma das etapas.

Teoricamente, pelo fato de a resina acrílica não ter sido adicionada à lã branca, o teor de formaldeído deveria ficar muito próximo de 0 ppm. Mas durante os resultados de análise verificou-se que o sistema já estava contaminado com alto teor de formaldeído; assim, conclui-se que a lã branca, em adição à resina acrílica (PLR), sofre contaminação durante todo o processo produtivo. E, ao final da cadeia, nota-se uma concentração do teor de formaldeído muito maior que o inicial, conforme o Apêndice D.

Com base nos dados dos cromatogramas, os resultados foram:

- Amostra Série 1: 112,54 PPM
- Amostra Série 2: 111,88 PPM
- Branco: 109,98 PPM

$$\text{Resultado} = (\text{Amostra Série 1} - \text{Branco}) + (\text{Amostra Série 2} - \text{Branco})$$

Resultado de formaldeído na lã branca: 4,46 PPM

Os resultados encontrados com o segundo teste (lã branca sem resina no final do processo produtivo) estão contidos no Apêndice E.

Resultados específicos:

- Amostra Série 1: 171,89 PPM
- Amostra Série 2: 147,22 PPM
- Branco: 143,72 PPM

$$\text{Resultado} = (\text{Amostra Série 1} - \text{Branco}) + (\text{Amostra Série 2} - \text{Branco})$$

Resultado de formaldeído na lã branca: 31,65 PPM

Como o resultado final apresenta uma concentração muito grande de formaldeído, foi constatada a necessidade de executar uma limpeza em todo o processo.

2.1.5 Descontaminação do sistema e resultados obtidos

Para descontaminar o sistema, foi feita uma parada na linha de produção para manutenção e limpeza geral de todos os equipamentos. O PLR foi fabricado logo após este processo de limpeza. Nenhum outro material foi produzido antes, ou seja, não houve contaminação.

Após a produção, realizou-se imediatamente a análise de formaldeído na amostra pelo método de cromatografia gasosa. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios: 30,75 ppm da substância. No entanto, as limpezas de linha completa ocorrem somente uma vez ao mês, sendo que as produções do PLR ocorrem todas as semanas.

No decorrer do tempo, pode-se observar que novamente os resíduos de fabricações anteriores dos produtos vão se acumulando nas máquinas e esteiras do processo produtivo e, a cada semana, a concentração do formaldeído no produto aumenta, conforme gráfico apresentado.

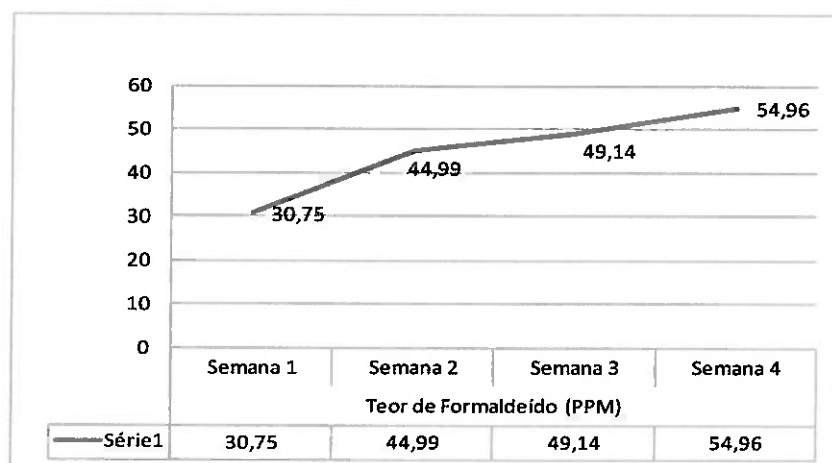


Gráfico 3 - Teor de formaldeído ao longo do tempo

Através dos resultados obtidos verifica-se que somente na primeira semana o produto atende aos requisitos do cliente; nas demais semanas a concentração de formaldeído fica acima do permitido.

Este resultado foi muito importante para demonstrar que a alta concentração de formaldeído ocorre em função dos resíduos acumulados de outras produções. O tempo para a realização da limpeza e manutenção completa de todo o processo, como ocorrido no teste anterior, é de aproximadamente 2 dias. É inviável, a cada semana, parar a fábrica durante dois dias consecutivos para a limpeza e manutenção.

Portanto, para atender as exigências do cliente X buscou-se duas alternativas:

a) Fabricar o PLR somente uma vez ao mês, sempre logo após as limpezas da produção. O pedido do cliente do mês inteiro seria realizado em uma única fabricação. Tal teste foi realizado normalmente.

No entanto, foi observado o seguinte fato: ao deixar o produto durante mais de uma semana no estoque, o mesmo começou a sofrer delaminação. Por isso, ao chegar para o manuseio do cliente X, este passou a sentir dificuldades na separação das peças.

Comparando as fotos abaixo, obtém-se um comparativo entre um produto bom e aquele que fica armazenado por mais de uma semana em estoque.



Figura 7 - PLR em bom estado (sem delaminação)



Figuras 8 e 9 - PLR com problemas de qualidade (em estado de delaminação). Note que as fibras do produto entrelaçam-se umas às outras.

Como há perda de qualidade após uma semana de estoque, a outra solução encontrada para satisfazer o cliente foi:

b) Desenvolvimento de outro processo de fabricação, com menor teor de resina. Para diminuir o teor de formaldeído no produto, em cujo processo normal é utilizado 1,3% de resina acrílica, reduziu-se a concentração do teor de resina para 0,4%. Logo após a adição dessa quantidade, a amostra é retirada e introduzida em uma máquina agulhadeira. Como esta é usada apenas para produtos de base acrílica, os resíduos em seu interior são inexistentes, ou seja, não há outras fontes de contaminação no produto.

A lã de vidro que contém a resina passa pela agulhadeira e recebe golpes de perfuração. As batidas das agulhas no produto é que vão dar maior resistência mecânica.

A análise cromatográfica feita para este novo produto foi muito satisfatória, com concentrações bem abaixo de formaldeído do que o especificado: 25 ppm.

O novo produto desenvolvido foi apresentado ao cliente e seus resultados foram positivos: a fibra da lã de vidro que sofreu agulhamento fica menos agressiva, o teor de formaldeído fica dentro dos parâmetros solicitados e a densidade do produto permanece a mesma do anterior.

Os últimos testes estão sendo feitos pelo cliente X para aprovação final.

2.2 EXCESSO DE PÓ

Outro problema do produto identificado no diagrama de pareto é o excesso de pó.

Há reclamações internas e reclamações do cliente em relação ao pó, pois o seu excesso torna mais difícil o manuseio e, principalmente, pode causar irritações no trabalhador.

A inibição do pó é controlada pela adição de óleo mulrex em uma das bombas da linha de produção. A vazão do óleo usada no processo é de 10 ml/hora. Para identificar a quantidade ideal de óleo mulrex, que não afeta os parâmetros de extrato seco (LOI) e formaldeído e que mantém a qualidade do produto, foram realizados testes em duas etapas, sendo a primeira referente aos testes de nº 1, 3 e 5 (óleo reduzido e LOI normal) e a segunda aos testes 2, 4 e 6 (LOI e óleo reduzidos).

A vazão de óleo de 10L/h é a utilizada atualmente. Os parâmetros de extrato seco atuais estão entre 1,10 e 1,30%.

	Peças fabricadas					
	1	2	3	4	5	6
Qtde óleo, L/h	0	0	5	5	10	10
LOI, %	1,40	0,95	1,21	1,17	1,18	1,31

Tabela 4 - Teste com variação de óleo mulrex e de LOI nas peças fabricadas.

2.2.1 Teste 1: resultados

- Sem pó
- Após o corte do meio da peça, observou-se saliência no local
- Embalado com 38 peças (padrão: 40 peças)
- Embalagem aberta após 2 dias de embalado, apresentando em seguida delaminação



Figura 10 - Produto após 2 dias embalado, apresentando delaminação.



Figura 11 - Corte das peças.

2.2.2 Teste 2: resultados

- Sem pó
- Delaminação aparente das peças ao serem retiradas do pacote
- Peças "estufadas" e sem resistência
- Saliência presente na parte cortada



Figura 12 - Delaminação aparente.

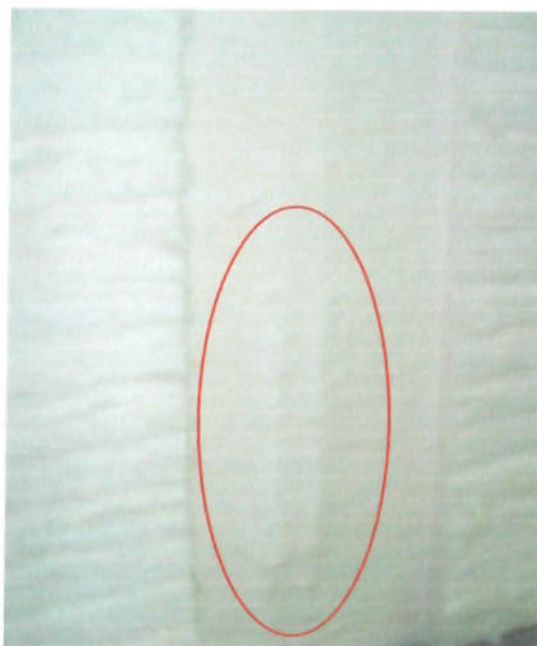


Figura 13 - Saliência no corte.

2.2.3 Teste 3: resultados

- Sem pó
- Peças mais resistentes
- Existência de saliência na área do recorte central, porém em baixa intensidade.
- Pacote aberto após 2 dias e material não apresentou delaminação ou outro problema que reprovasse o teste.



Figura 14 - PLR sem delaminação.



Figura 15 - Corte das peças.

2.2.4 Teste 4: resultados

- Sem pó
- Peças com pouca delaminação
- Boa resistência
- Apresentou saliência no corte central, tendo que ser cortada duas vezes.
- Por ter sido necessário realizar o corte central 2 vezes, material não foi embalado



Figura 16 - Material com pouca delaminação.



Figura 17 - Saliência nas peças.

2.2.5 Teste 5: resultados

- Presença de pó
- Saliência no corte central



Figura 18 - Produto contendo bastante pó.

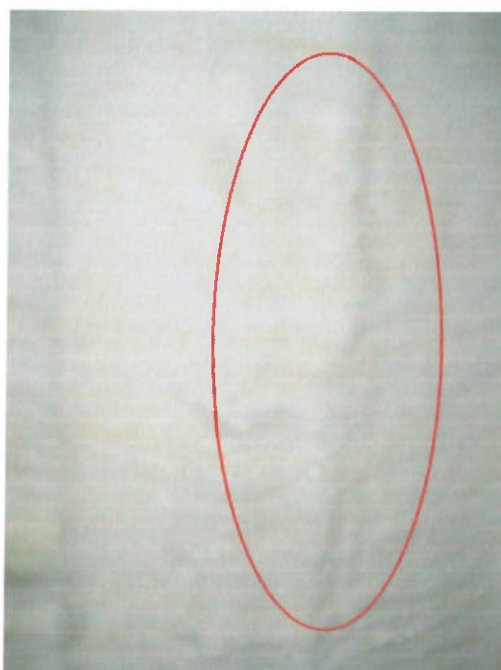


Figura 19 - Saliência no corte central.

2.2.6 Teste 6: resultados

- Presença de pó
- Peças delaminando e sem resistência
- Material não embalado



Figura 20 - Produto delaminando sem resistência.

2.2.7 “Padrão”

- Peças recortadas dia 26/04/2010, utilizando primitivo fabricado em 25/04/2010. Através de apontamentos no banco de dados do SAP, o extrato seco do primitivo estava em 1,14% e não há registros de vazão de óleo mulrex.
- As peças estavam começando a delaminar.



Figuras 21 e 22 - Delaminação das peças.

2.2.8 Conclusão do teste

Internamente o teste aprovado foi o “Teste 3 – 5L óleo + 1,21% LOI”, sendo o mesmo embalado e enviado para o cliente X para testes.

A faca utilizada para o corte central deverá passar por ajustes a fim de eliminar a “saliência” presente na maioria dos testes.

O cliente X aprovou os produtos enviados do teste 3 e desta forma passou-se a adotar no processo de fabricação a quantidade de 5L de óleo mulrex.

2.3 Corte errado nas peças

O terceiro maior problema relacionado ao produto está relacionado ao corte errado das peças que foram enviadas ao cliente. Houveram muitas reclamações de clientes e devoluções que algumas caixas que foram entregues com a falta de algum dos cortes no PLR.

Cada cliente possui um corte específico nas peças. O setor de corte das peças deve observar o desenho enviado pelo cliente e cortar as peças conforme a especificação.

Para analisar o motivo da falta do corte nas peças, abriu-se um relatório de não conformidade interno (Anexo 1) com o objetivo de avaliar a causa raiz. Foi realizado um diagrama de Ishikawa com a participação dos funcionários do setor de corte de peças.

3 CONCLUSÃO

Através da elaboração deste trabalho, foi possível realizar grandes melhorias no processo de fabricação e no produto PLR. Foram levantados os principais problemas relacionados ao mesmo e através do gráfico de pareto foram realizados estudos sobre os três maiores problemas encontrados.

Ao serem utilizadas diversas ferramentas de qualidade, foi possível atingir as causas raízes dos problemas. Para o problema de alta concentração de formaldeído no produto foi realizado um mapeamento de todo o processo, verificando-se as metodologias de análise e realizando-se diversos testes. Desta forma, foram obtidos resultados conclusivos sobre o formaldeído no processo, sendo necessário o desenvolvimento de um novo produto para atender aos requisitos desejados pelo cliente.

Em relação ao excesso de pó no produto, foram realizados testes para avaliar a quantidade ideal de óleo mulrex que deve ser utilizado no processo. Após os estudos feitos e adicionando-se 5 litros de óleo mulrex por hora, a quantidade de pó diminuiu, obtendo-se assim resultados satisfatórios e conseqüentemente a eliminação das reclamações dos clientes.

Por fim, em relação às devoluções de placas com falta de corte ou com corte errado, foram elaborados um relatório de não conformidade interno e uma série de ações. Em seguida, foi verificada a eficácia das ações, ao ser analisado o histórico de reclamações do produto. Nenhum produto foi enviado novamente ao cliente com o corte errado após a implantação das ações.

Desta forma, conseguiu-se reduzir significativamente os problemas de qualidade relacionados ao PLR. Foram suprimidos 80% dos problemas que eram mais freqüentes no produto, melhorando muito a satisfação dos clientes e a margem de lucro da empresa.

4 REFERÊNCIAS

Andres, P. M. **Isolamento térmico e acústico**. 1. ed. Lisboa: Plátano-Edições técnicas, 1999. 160 p.

Collins,H.; Braga, G.L.; Bonato, P.S. **Fundamentos da cromatografia**. Campinas: Editora da Unicamp, 2006. 452 p.

Cunha, A. G.; Neumann, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**. 4. ed. Rio de Janeiro: Texsa Brasileira, 1979. 190 p.

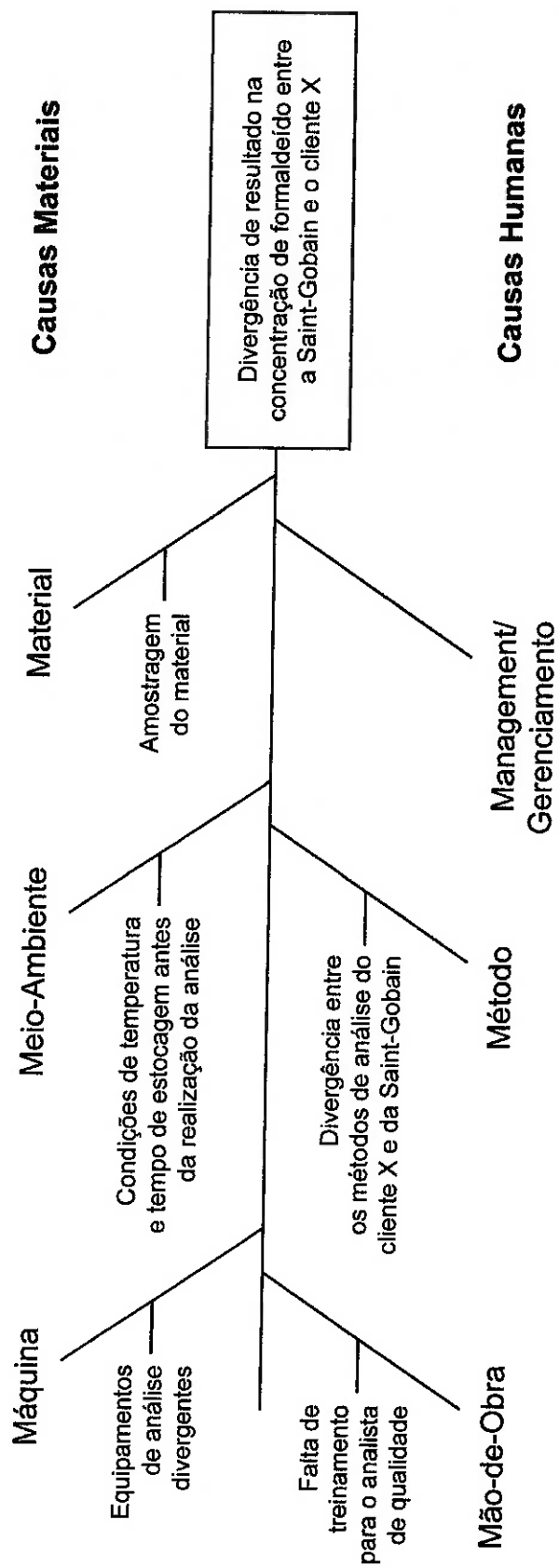
Martins, J.G.; Pinto, E.L. **O vidro**. 1. ed. São Paulo. Disponível em <<http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Materiais/Vidros.pdf>>. Acesso em 20 ago.2010.

McNair, M. H.; Miller, J. M. **Basic gas chromatography**. 2. ed. Wiley: Interscience, 2009. 239 p.

Nunes,D.S.S.; Neto, F.R.A. **Cromatografia: Princípios básicos e técnicas afins**. 1. ed. São Paulo: interciência, 2003. 187 p.

Palady, P. **FMEA: análise de modos de falha e efeitos**. 4. ed. São Paulo: IMAM, 2007. 270 p.

APÊNDICE A – Diagrama de Ishikawa



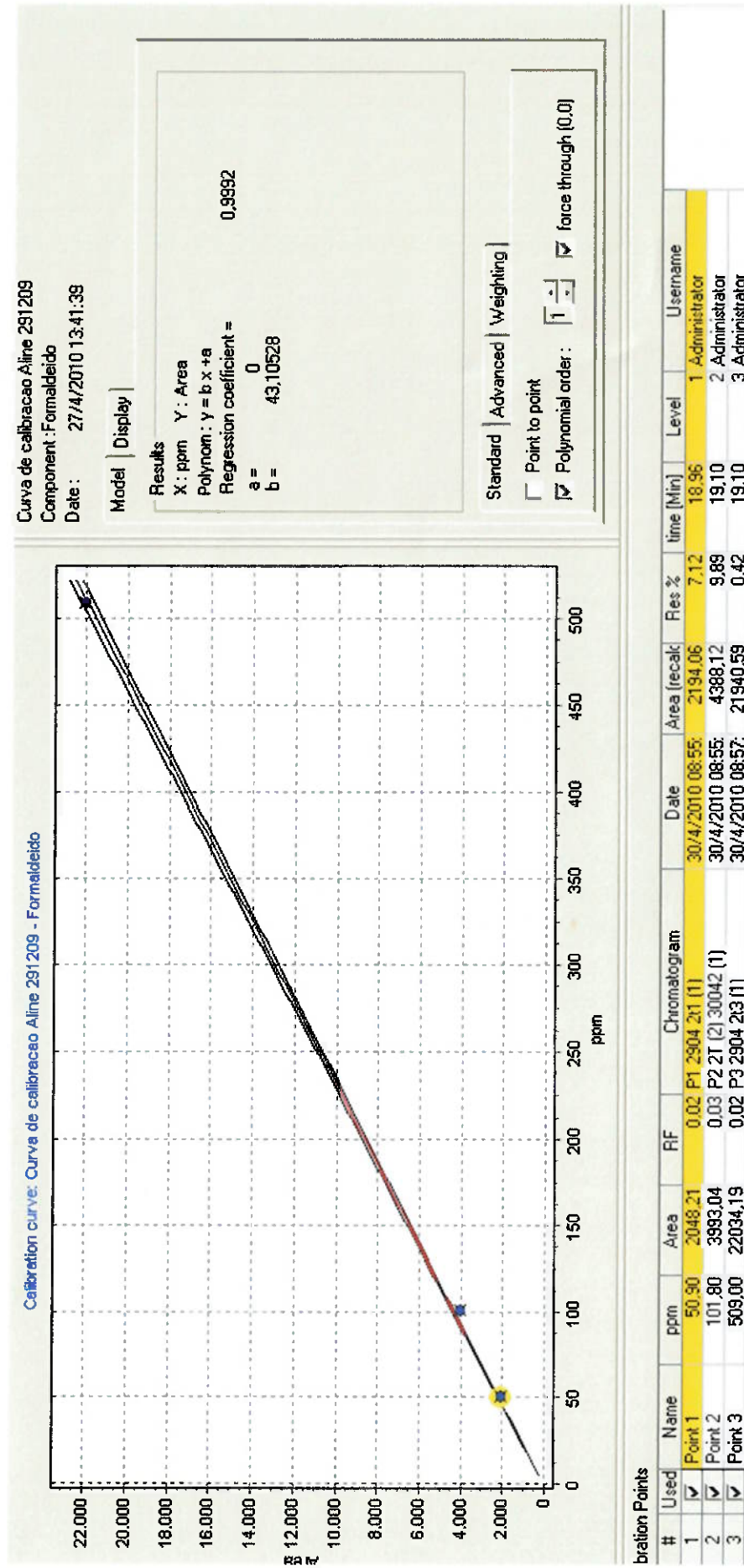
APÊNDICE B – FMEA do cromatógrafo gasoso

Item	Função do Processo / Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(is) da Falha	Sev	Clas	Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) da Falha	Ocor	Controles Atuais do Processo Prevenção	Controles Atuais do Processo Detecção	Det	RPN	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo	Ações tomadas e Data
Gás de arraste	Gás pressurizado usado para transportar amostra através do sistema.	Não fornecer vazão suficiente para transportar toda a amostra.	Erro nos resultados, pode transportar apenas uma parte da amostra e ocorrendo resultados inferiores ao esperado	7		Falta de gás de arraste	3	Verificada a pressão do gás através do manômetro	Inspeção através do manômetro	2	42	Substituir o cilindro de gás de arraste e controlar a pressão adequada	-	-
						Entupimento das mangueiras que transportam os gases	2	Avaliado toda a amostra foi transportada através do gás pressurizado pela análise de um padrão analítico	Análise química quantitativa.	3	42	Avaliar periodicamente o estado das mangueiras e substituí-las	Equipe Técnica	-
Injetor	Dispositivo que controla o fluxo de gás de arraste e a introdução da amostra na coluna	Não vaporizar a amostra e o solvente de modo que a amostra injetada seja representativa	Transferência de parte da amostra para a coluna	7		Temperatura errada no injetor	3	Controle de temperatura pelo painel de controle do equipamento	Inspeção Visual	3	63	-	-	-
						Vazamento	2	Avaliação através dos cromatogramas dos padrões analíticos	Análise química quantitativa.	2	28	Substituição das mangueiras do injetor	Equipe Técnica	-
						Baixo fluxo	2	Avaliação da pressão de saída através do manômetro	Inspeção Visual	3	42	Regular pressão do injetor	Equipe Técnica	-

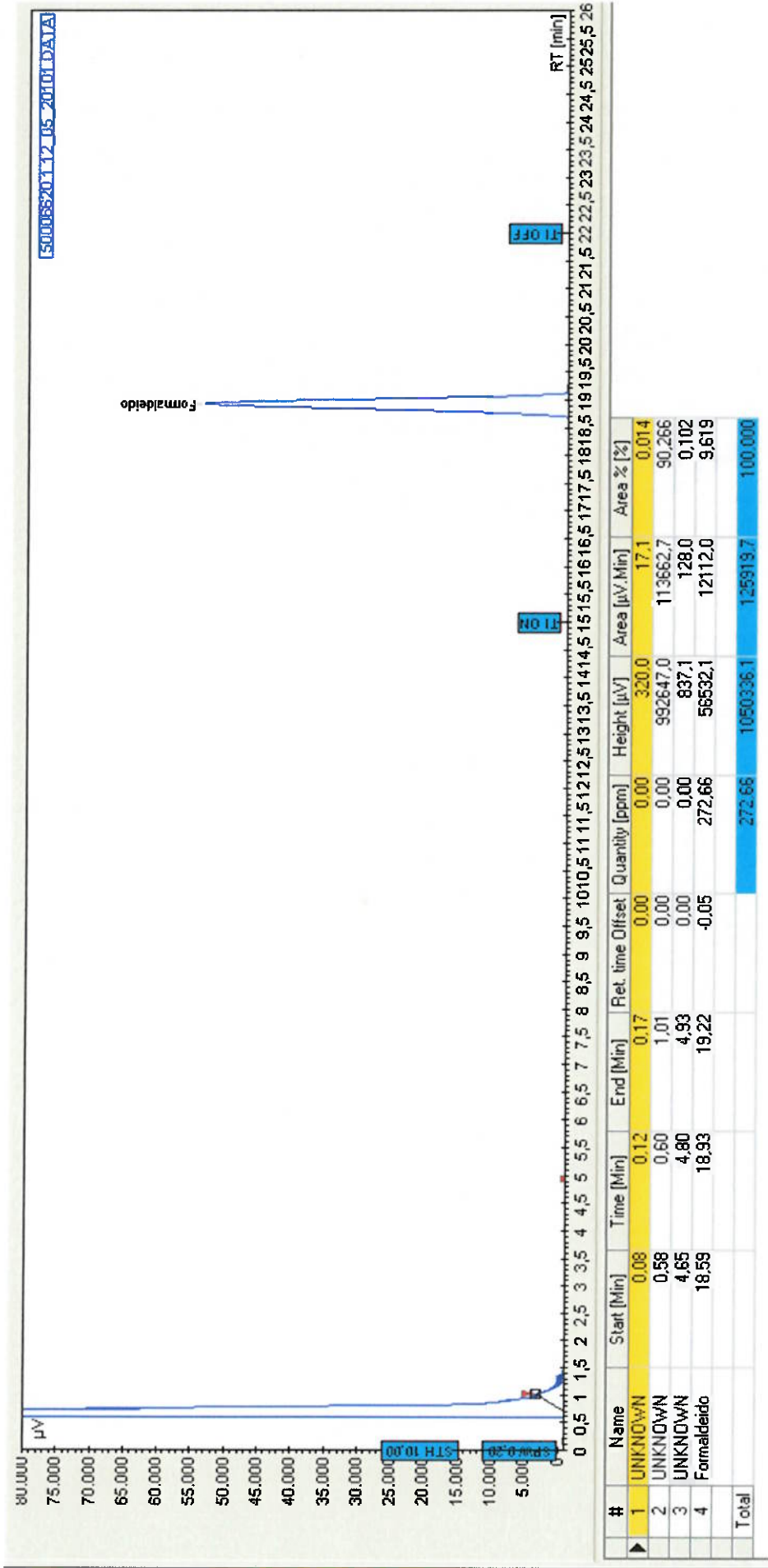
Item	Função do Processo / Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(is) da Falha	Sev	Clas	Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) da Falha	Ocor	Controles Atuais do Processo Prevenção	Controles Atuais do Processo Detecção	Det	RPN	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo	Ações tomadas e Data
Coluna	Dispositivo que realiza a separação dos componentes da amostra	Vazamento na coluna ou desgaste	Diminui a exatidão da análise	7		Coluna saturada	4	Testes de vazamento, onde não pode haver diminuição de pressão. Diminuição menor que 0,5 psi indica vazamento	Inspeção Visual	2	56	Substituição	Equipe Técnica	-
Detector	Dispositivo que responde aos componentes da amostra conforme elas eluem na coluna	Vazamento, temperatura e baixo fluxo	Oscilação da linha de base, baixa sensibilidade, elevado ruído	6		Sensores de temperatura quebrados	4	Normal em análises com programas de temperatura e avaliação dos sensores e aquecedores	Inspeção Visual	2	48	Avaliar condições dos sensores e dos aquecedores	Equipe Técnica	-
						Contaminação do sistema	5	Remoção de contaminação através da limpeza térmica do detector	Limpeza	3	90	Limpeza	Equipe Técnica	
						Filamento quebrado	3	Verificação visual dos filamentos do detector	Inspeção Visual	2	36	Substituição	Equipe Técnica	
Aquisição de Dados	Coleta, conversão e armazenamento do sinal do detector usado para a integração e geração do cromatograma e relatório	Falha na transmissão do sinal para o Chemstation	Diminuição da efetividade da ferramenta resultando no aumento do tempo de operação a aumentando os custos de análise.	5		Falha no software Chemstation	2	Verificar as configurações iniciais do software	Inspeção	1	10	Inspeção	Técnico de Informática	-

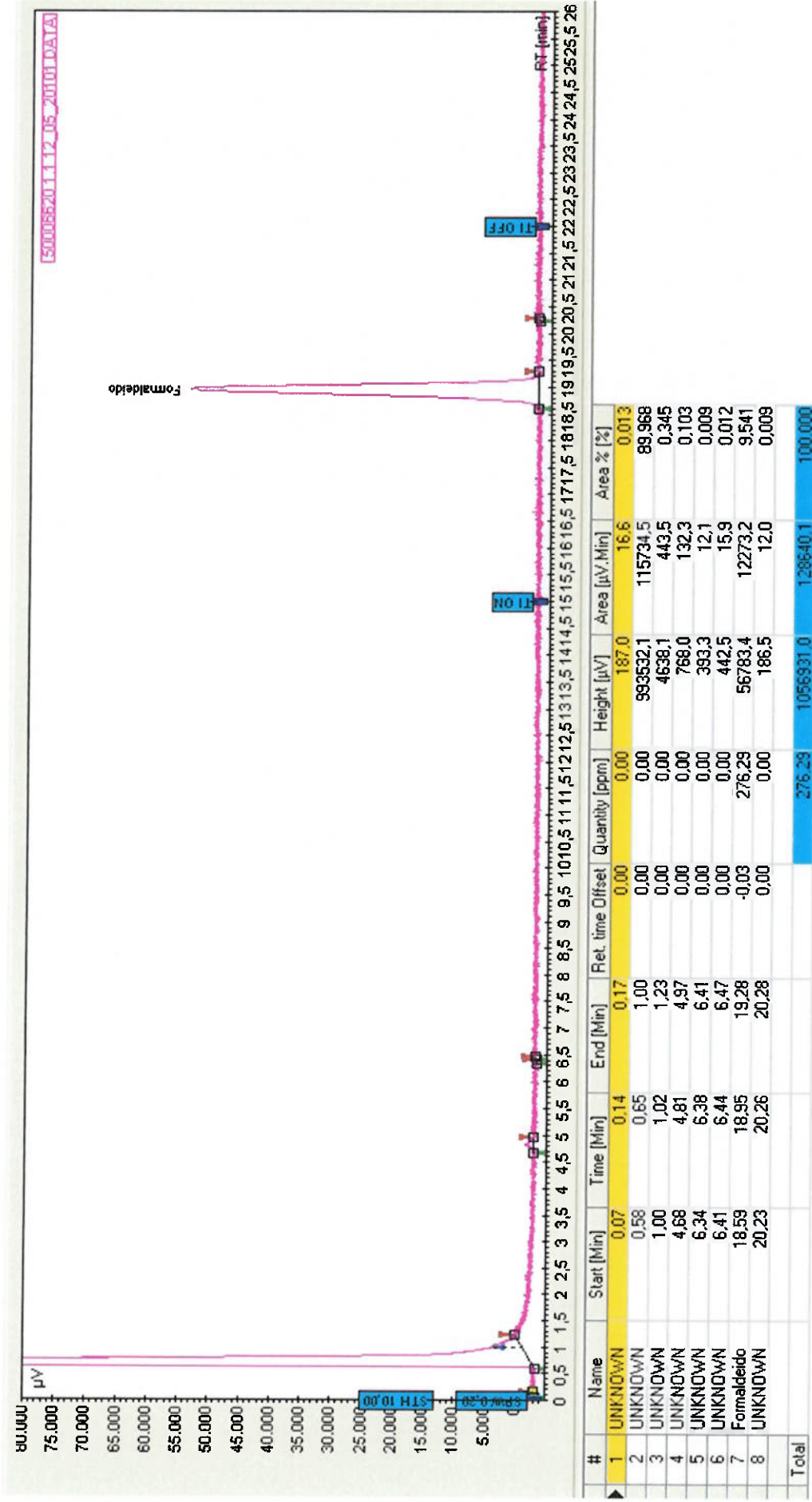
APÊNDICE C – Resultados da análise por cromatografia gasosa

Curva de Calibração: Foi realizada a curva de calibração com o padrão de formaldeído lote n° 9875, fabricado em Janeiro/2010, com pureza de 99,9%

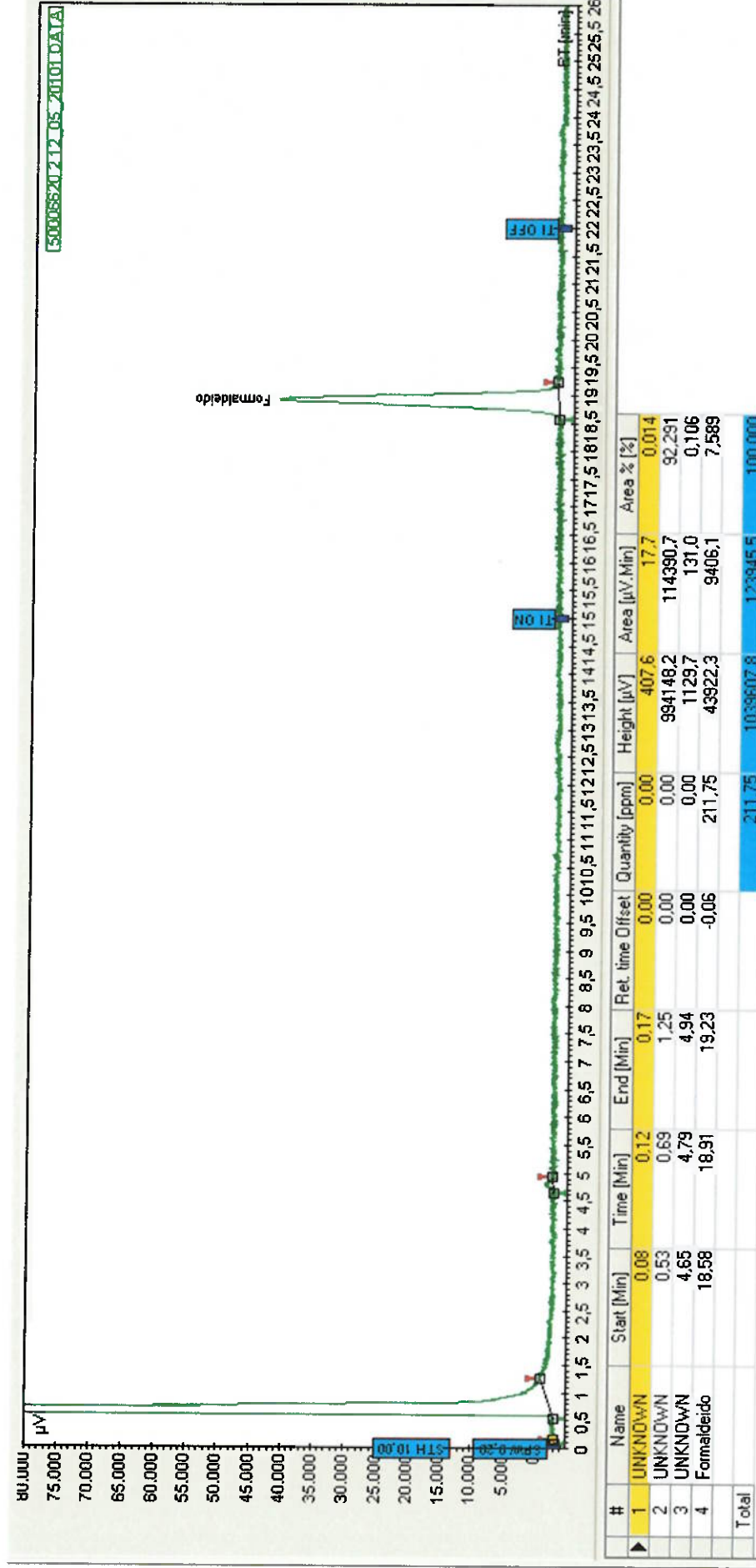


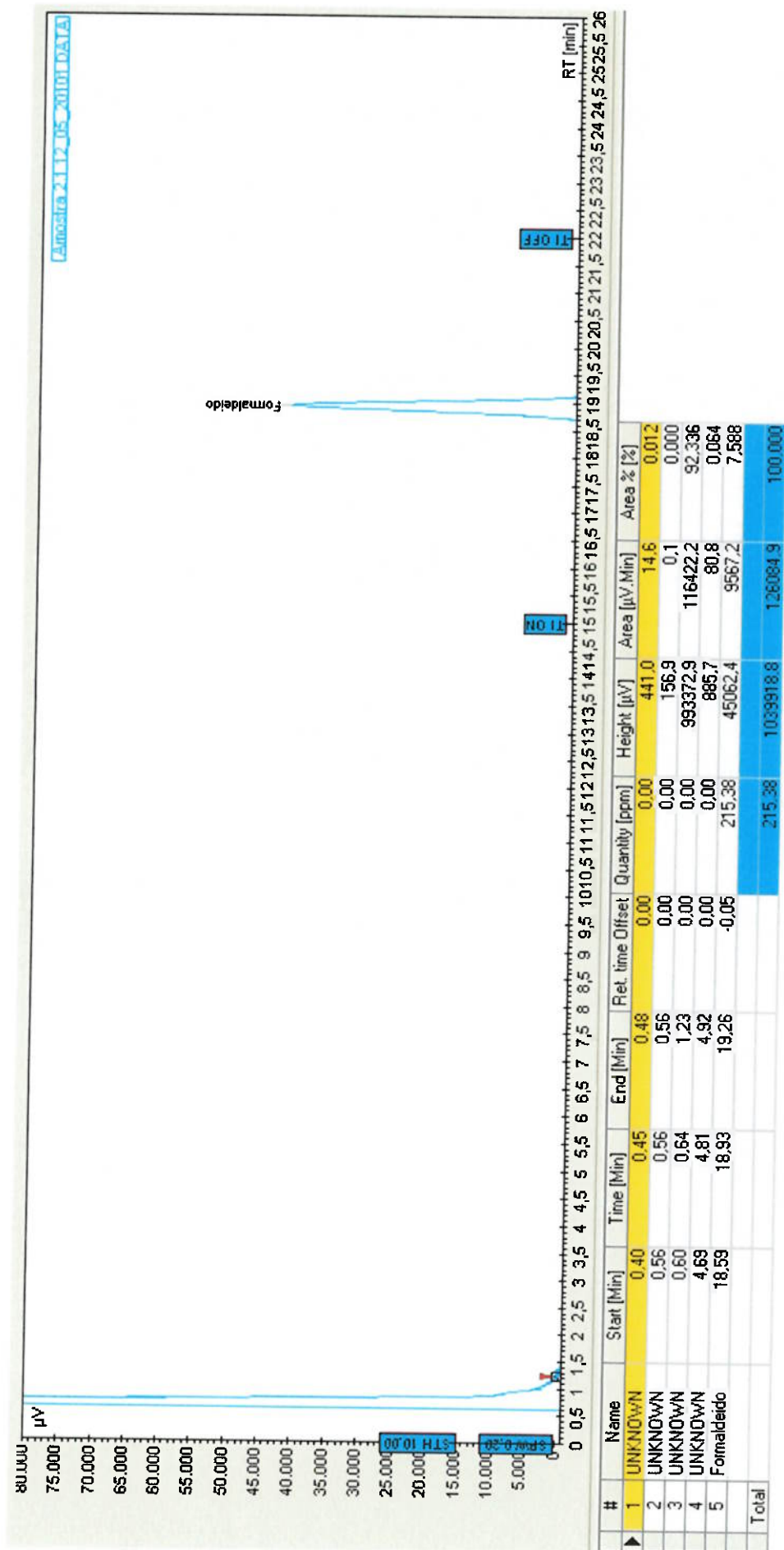
Amostra em série 1: a análise cromatográfica é realizada em cada amostra em duplicata:



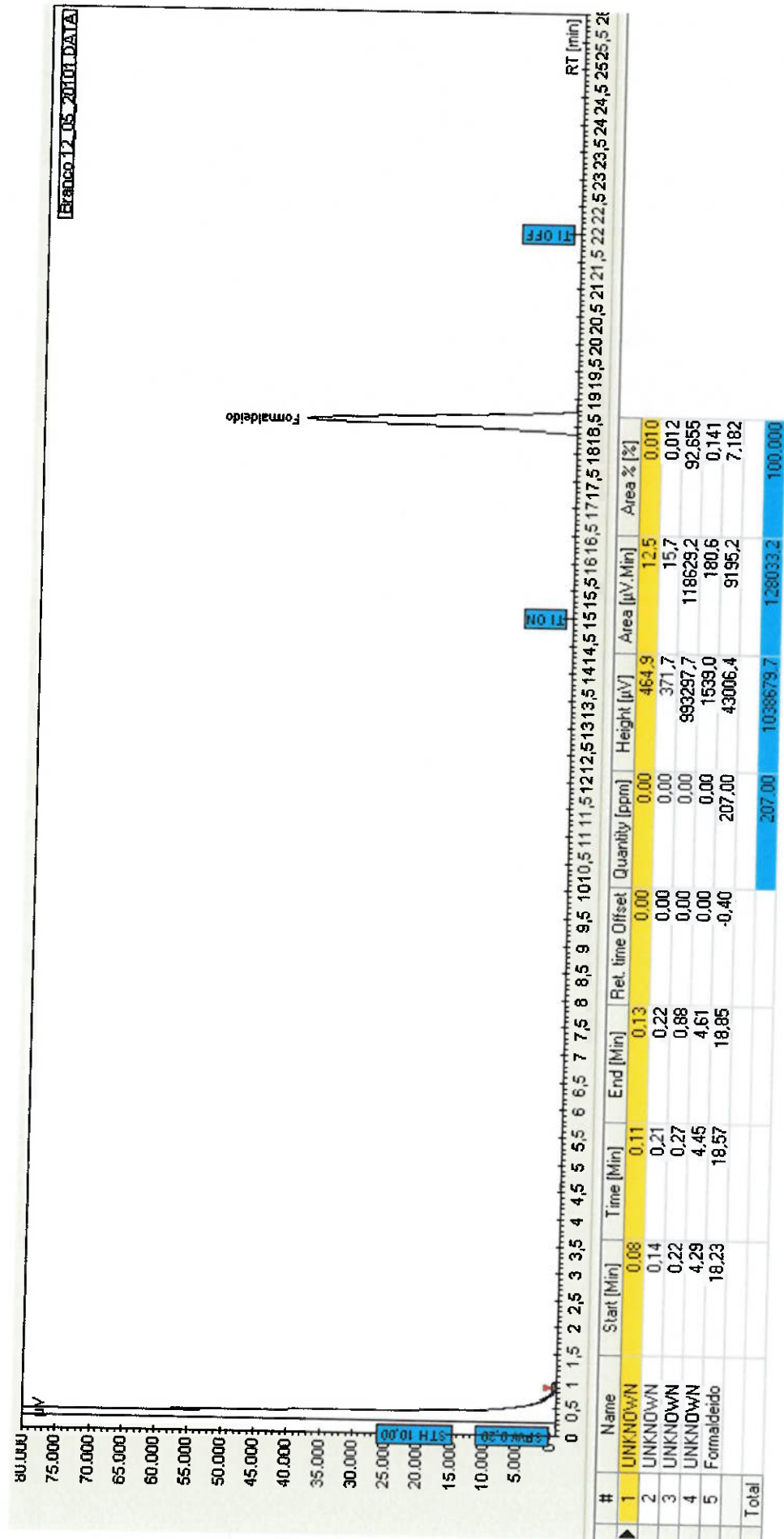


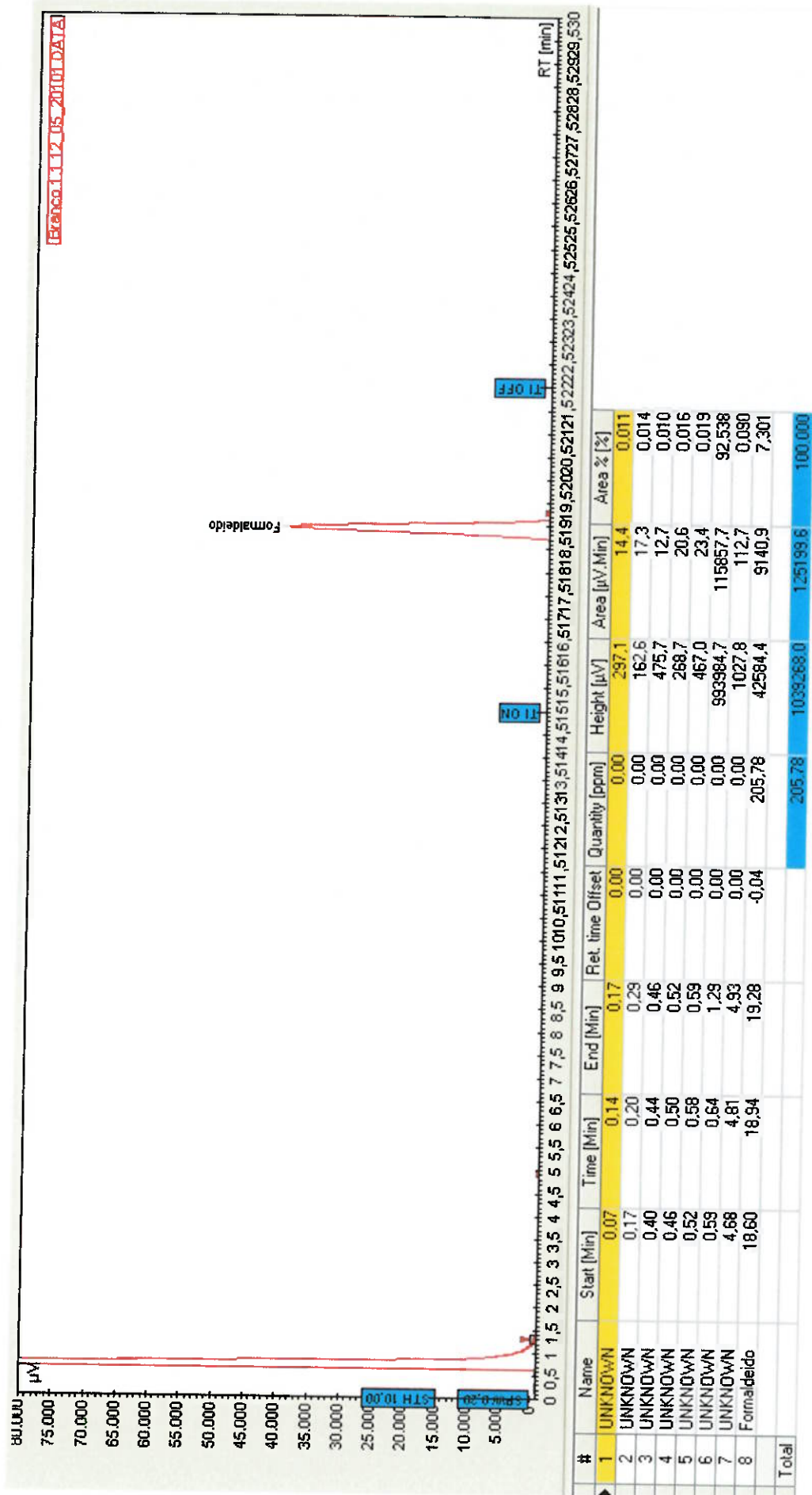
Amostra em série 2: análise realizada em duplicata





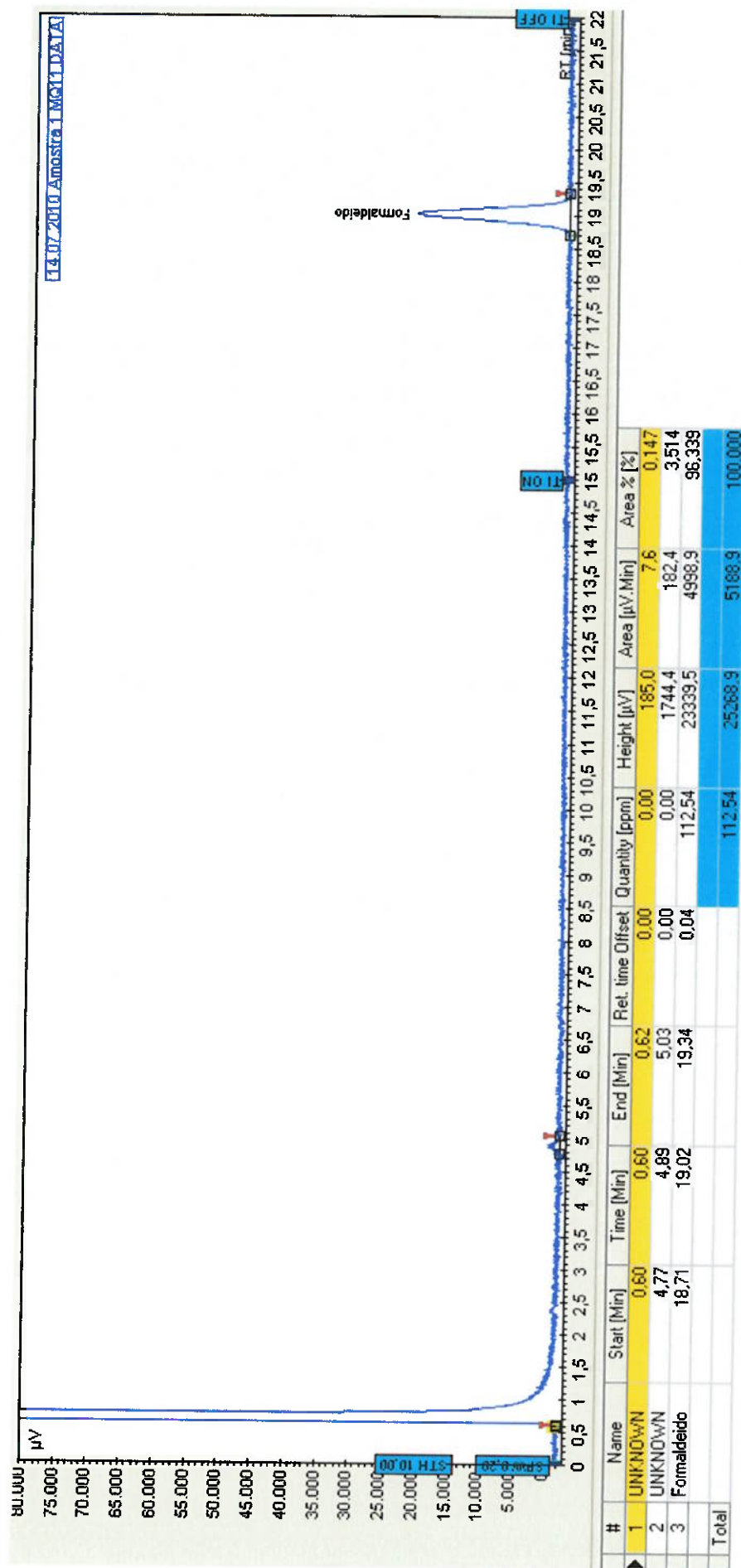
Amostra "Branco": análise realizada em duplicata





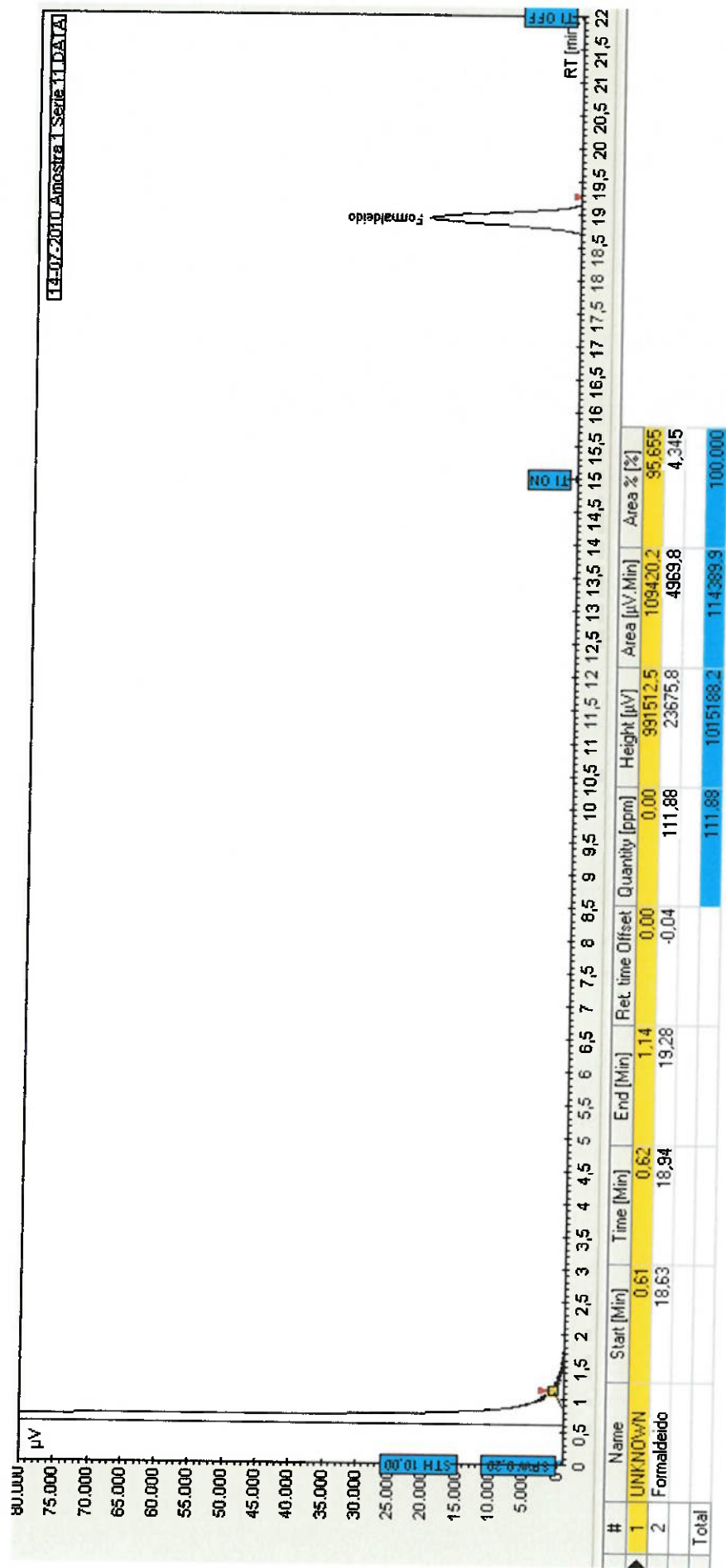
APÊNDICE D – Resultados obtidos no teste de formaldeído utilizando-se somente a lã branca (após a fibragem)

Amostra da série 1



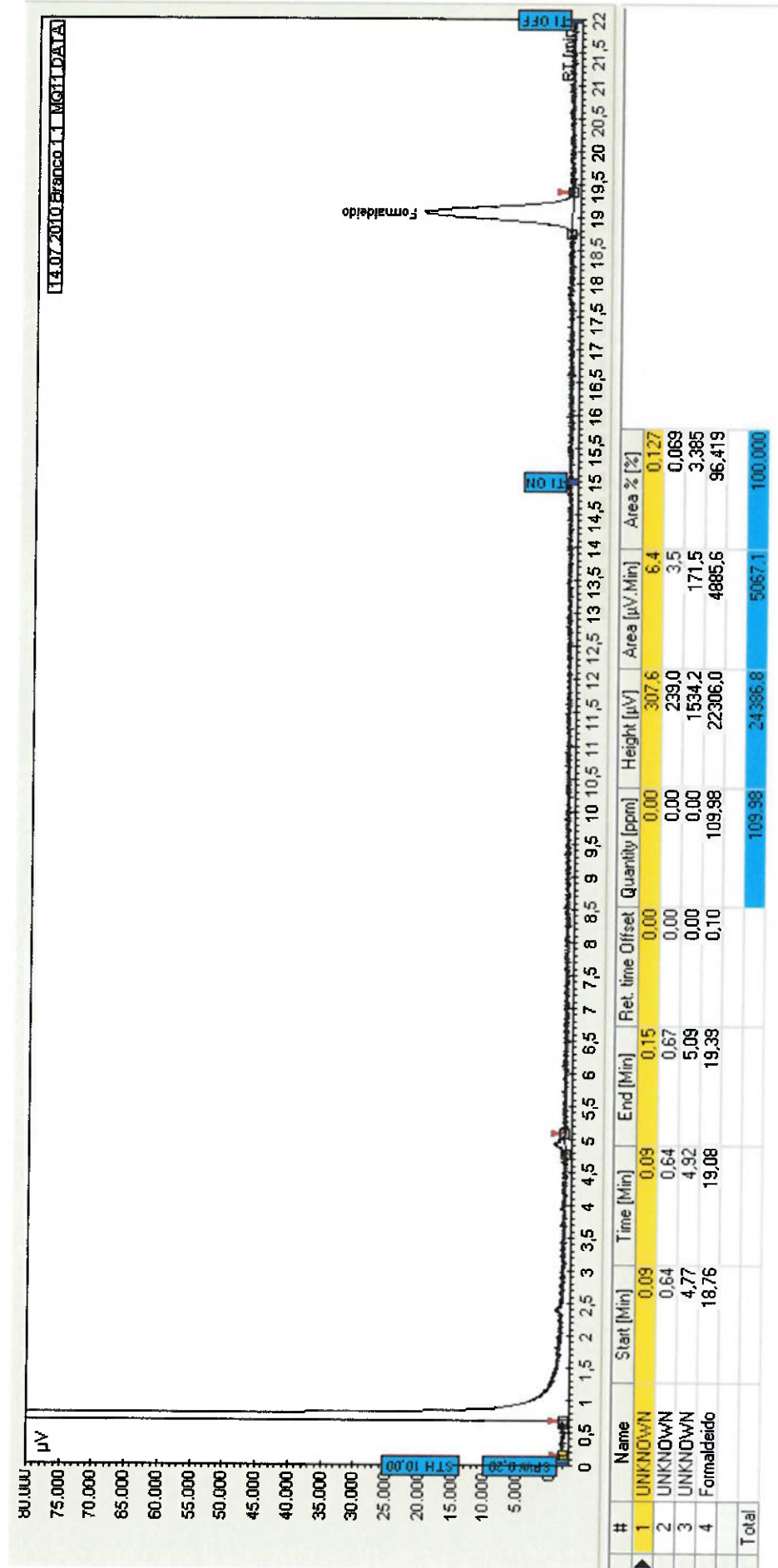
Amostra da série 2

57



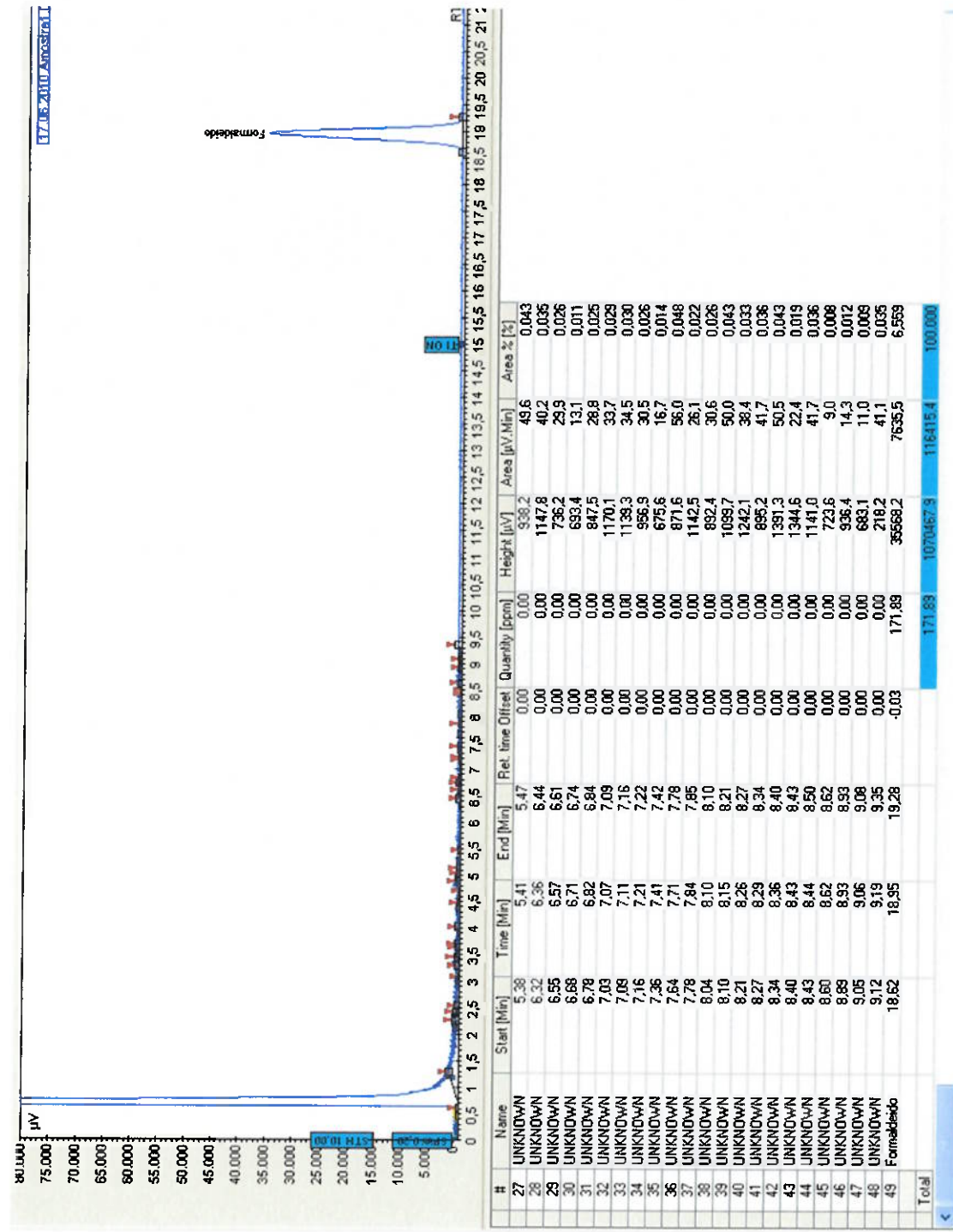
Amostra Branca

58



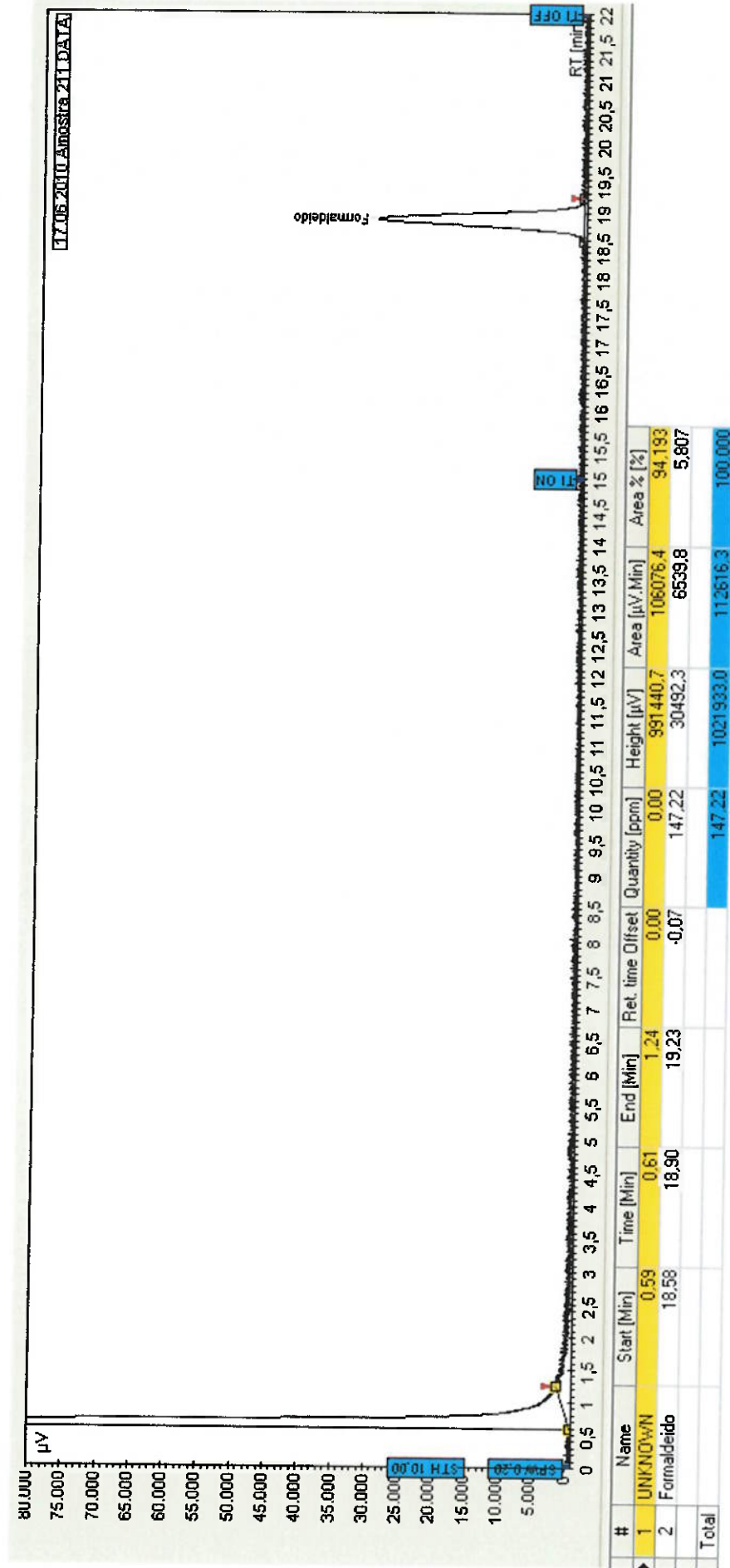
APÊNDICE E – Resultados do segundo teste, no qual foi utilizada lâ branca sem resina (final do processo).

Amostra da Série 1

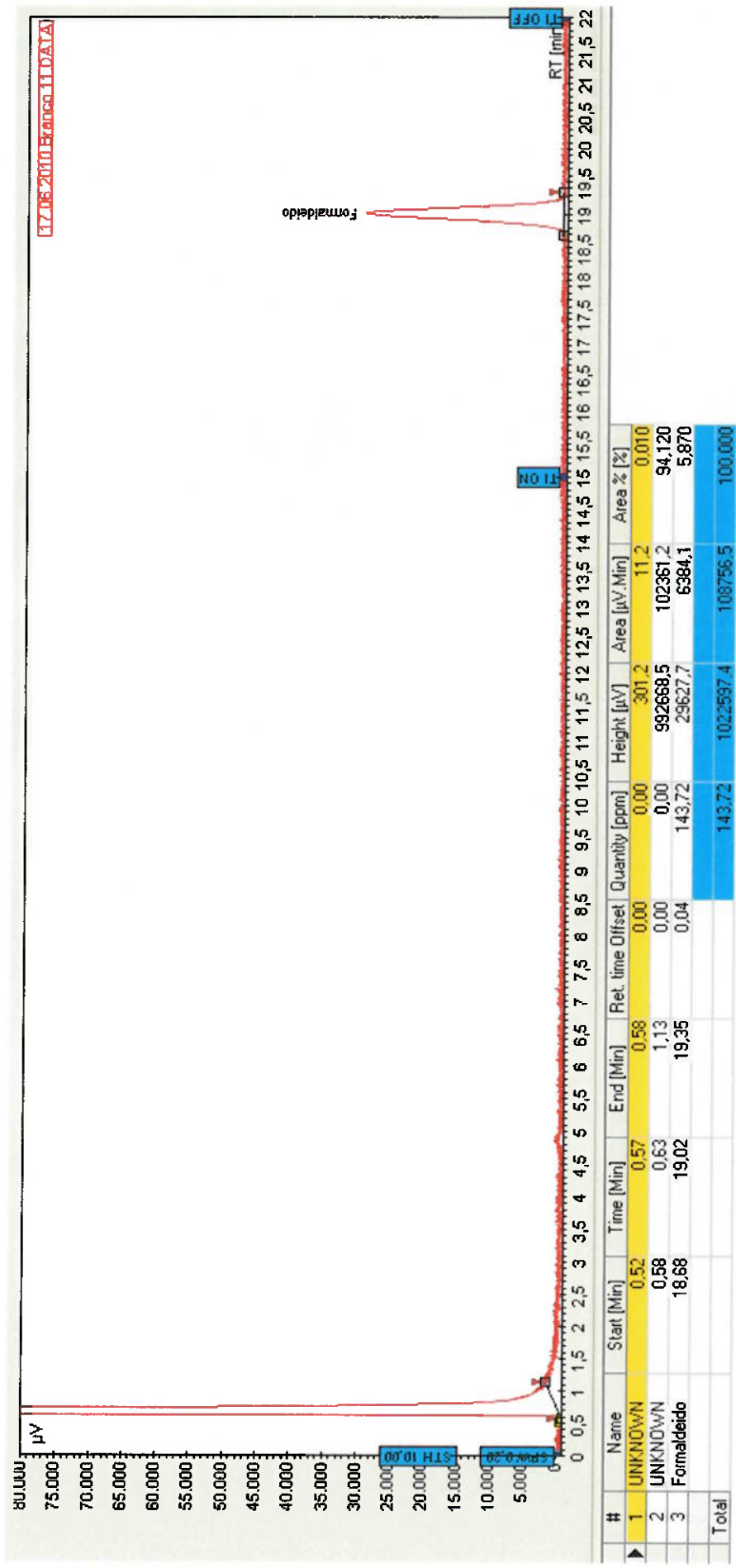


Amostra da Série 2

60



Branco



ANEXO 1 - Relatório de não-conformidade: Corte errado nas peças

nº de controle 56-A	☐ RINC (INCIDENTE/QUASE ACIDENTE) ☒ RNC (NÃO CONFORMIDADE) ☐ SAC (SOLICITAÇÃO DE AÇÃO CORRETIVA) ☐ SAP (SOLICITAÇÃO DE AÇÃO PREVENTIVA)		
1 EMISSÃO			
Nome: Marcos da Silva			
Local da Ocorrência: Setor de Corte das Peças		Data: 03/09/2010	Hora: 17:00
2 ORIGEM E CLASSIFICAÇÃO			
Sistema	☒ Qualidade	☐ Meio - Ambiente	☒ Segurança e Saúde Ocupacional
Classificação	☐ Quase Acidente ☐ Condição Insegura ☐ Ato Inseguro ☐ Acidente com danos materiais ☐ Acidente Ambiental ☐ Desperdício		
	☒ Não Conformidade de Produto/ Matéria-Prima ☒ Reclamação ☐ Processo ☐ Auditoria Interna ☐ Auditoria Externa ☐ Sugestão de Melhoria		
3 DESCRIÇÃO DO OCORRIDO com detalhes			
O cliente ao receber o produto R 141727 constatou que faltavam corte nas peças.			
4 AÇÃO IMEDIATA - disposição ou medidas imediatas tomadas logo após o fato			Responsável
Foi realizada revisão no lote e encontrado mais 800 peças que também estavam sem corte, foi realizado um retrabalho no material.			Setor de corte de peças
Devolução de parte do lote que estava com o cliente			Cliente
5 DISPOSIÇÃO (se o ocorrido for relacionado à produto/ matéria-prima)			
☐ Expedir produto mediante concessão do cliente ☐ Reclassificar para aplicação alternativa ☐ Aceitar como está (Matéria-Prima) ☐ Outro, especificar:		☐ Devolver para o fornecedor ☒ Retrabalhar ☐ Descartar - classificação do resíduo: ☐ Bloqueio e Segregação do Material	
Necessário ação corretiva? ☒ SIM ☐ NÃO, encerrar registro		Responsável: Marcos da Silva	Data: 03/09/2010
6 ANÁLISE DA CAUSA - identificação da raiz do problema			
7 DEFINIÇÃO DA AÇÃO CORRETIVA / PREVENTIVA			
Aumentar o tempo de acompanhamento durante o período de treinamentos dos novos operadores	Responsável: Supervisor linha	Prazo: 15-set-10	Data Implementação: 15/09/2010
Incluir na instrução de trabalho PRO 1458 que deve ser comparado a ordem de fabricação com o desenho de corte enviado pelo cliente	Qualidade	15-set-10	15/09/2010
Durante o corte das peças fazer a comparação da Ordem de Fabricação e desenho do cliente	Produção	Imediato	03/09/2010
REAVALIAR SIGNIFICÂNCIA AMBIENTAL / RISCOS SSO?		EXPANDIR PARA OS DEMAIS PROCESSOS?	
☐ SIM ☒ NÃO		☐ SIM ☒ NÃO	
ALTERAR DOCUMENTOS ?			
☒ SIM ☐ NÃO			
8 COMPROVAÇÃO DA EFICÁCIA (fechamento)			
Foi comprovado que após os procedimentos adotados não houve mais encontrada nenhuma peça com a falta de corte. Todas as peças enviadas para os clientes estavam de acordo com a ordem de fabricação e de acordo com o desenho. Todos os novos colaboradores foram treinados novamente e estão sendo acompanhados por funcionários mais experientes.			
Responsável: Aline Nakamoto		Data: 22/10/2010	