



## ■ Análise de Precisão

A Albany International é reconhecida pelo seu excelente trabalho nas avaliações de pós-venda. Dentre os serviços oferecidos, há as análises de laboratório das vestimentas removidas após o desempenho. Dentre as análises de laboratório, há algumas atividades de precisão realizadas pela unidade da Albany International na Suécia.

A análise fotográfica de precisão deste artigo mostrará a aplicação do MEV – Microscópio Eletrônico de Varredura (SEM – *Scanning Electron Microscope*), utilizando o Detector de Dispersão de Elétrons (BSE – *Backscattered Electrons*), que nos dá o número atômico do elemento em contraste na fotografia. Materiais contaminantes inorgânicos (cinzas), com número atômico alto, apresentam mais brilho ao compararmos com números atômicos baixos, de contaminantes como fibras de papel (finos) e orgânicos (resinas e graxas).

A composição elementar do contaminante é analisada utilizando o Detector de Dispersão de Energia por raios X (EDX (*Energy Dispersive X-ray*)). Elementos leves como hidrogênio (H), lítio (Li) e berílio (Be) não são detectados por este método de análise.

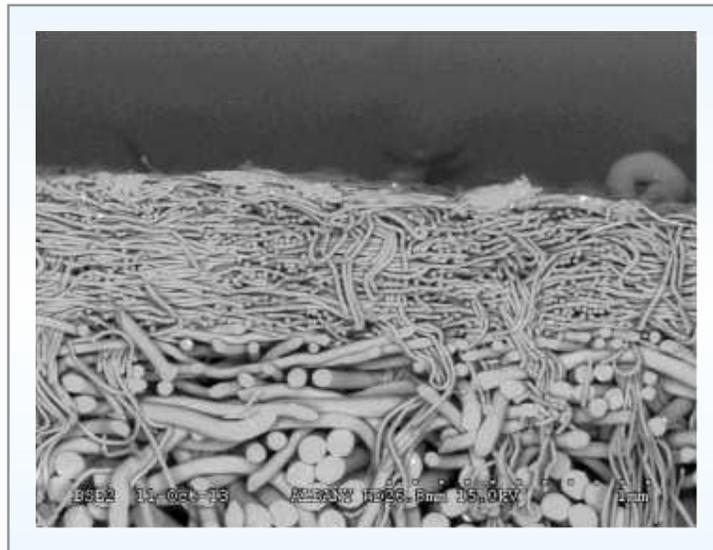
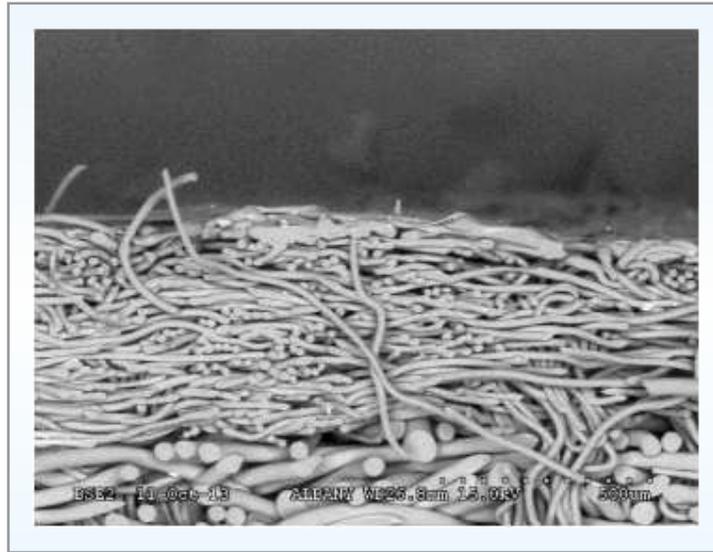
Com a adição de um solvente orgânico, extrai-se material contaminante da vestimenta. O extrato resultante é analisado por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR – *Fourier Transform Infrared*).

A seguir apresentaremos três estudos realizados por estes métodos. Dois no segmento de papéis *tissue* e um no segmento de papéis de imprimir.

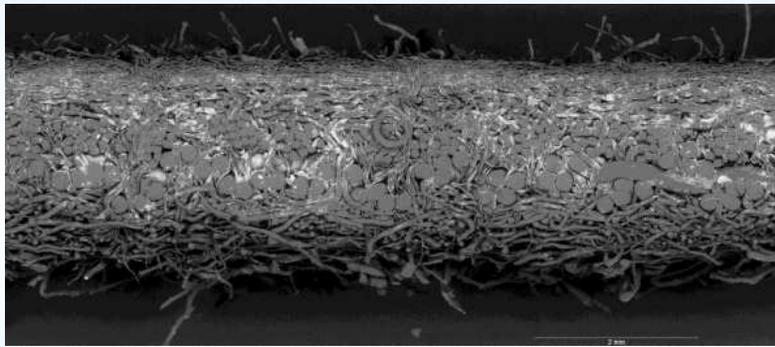
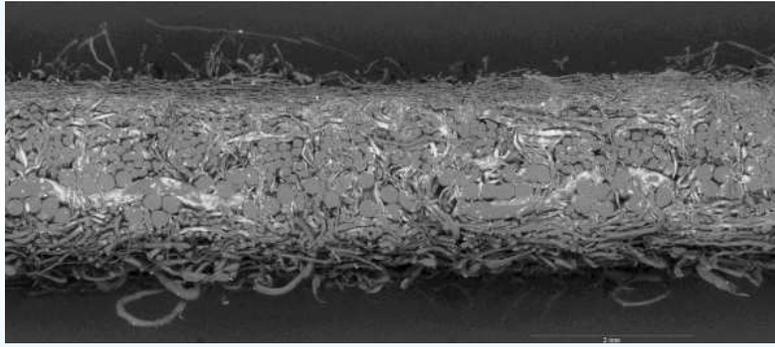
O primeiro exemplo é de uma máquina *tissue* com formação de mesa plana. Em seu portfólio estão papéis toalha e higiênico. A matéria-prima é composta por celulose, e a velocidade média é de 600 m/min. Houve a ocorrência de entupimento prematuro em faixas no sentido longitudinal do feltro. Este entupimento foi ocasionado por algum elemento presente em um antiespumante, ou na presença do material utilizada para fazer o *coating* do cilindro *yankee*.

Em um corte transversal da vestimenta usada foram encontrados componentes inorgânicos compostos por argila e carbonato de cálcio.

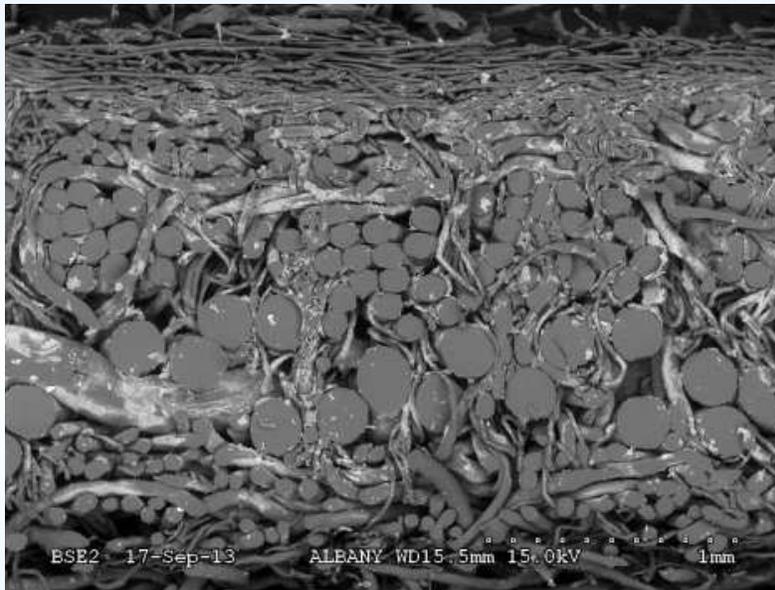


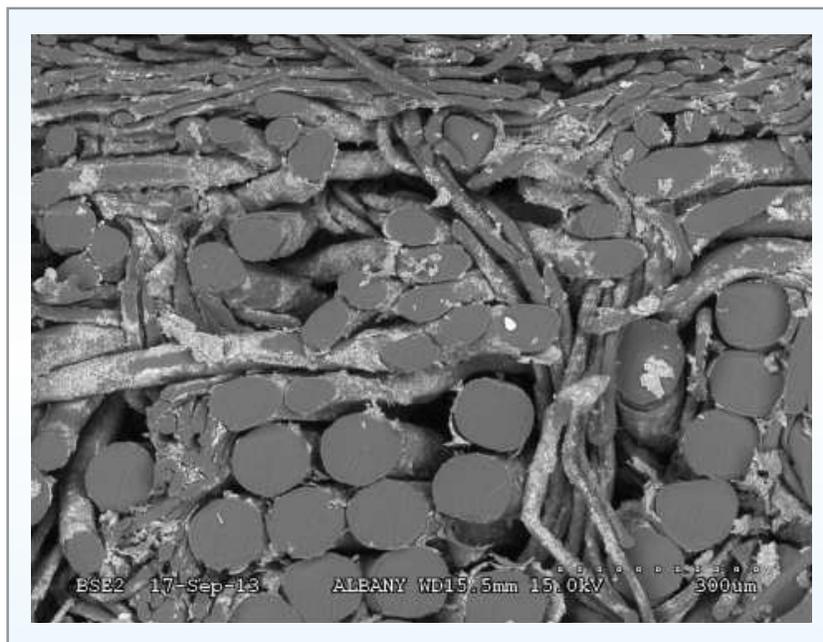


Fotos 1, 2, 3 e 4: Corte transversal do feltro novo



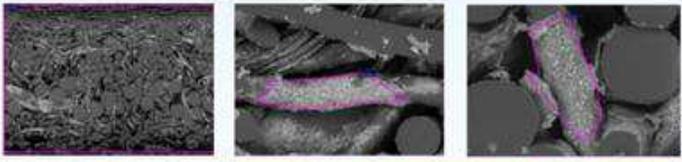
Fotos 5 e 6: Corte transversal do feltro usado. Presença de material contaminante em toda a largura. A superfície está limpa.





Fotos 7 e 8: Corte transversal do feltro usado. O material contaminante é composto principalmente de inorgânicos (característico pelo brilho apresentado na fotografia).

Análise da composição dos elementos pelo Detector de Dispersão de Energia por raios X. A análise foi realizada na seção transversal da amostra do feltro retornado. A maior parte do contaminante inorgânico encontrado é formada por argila e carbonato de cálcio.



Elemento	Área 1 % Atômico	Área 2 % Atômico	Área 3 % Atômico
Carbono, C	74,53	57,76	60,17
Oxigênio, O	22,65	34,40	33,03
Sódio, Na		0,10	0,10
Magnésio, Mg	0,08	0,19	0,18
Alumínio, Al	0,52	2,35	2,17
Silício, Si	0,72	3,24	2,99
Fósforo, P		0,18	0,18
Enxofre, S		0,07	0,04
Potássio, K			0,08
Cálcio, Ca	0,36	1,31	0,74
Titânio, Ti		0,10	0,07
Ferro, Fe	0,14	0,30	0,25

Tabela 1: Dados encontrados

Para realizar a Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier, dissolve-se o material contaminante em um solvente. O extrato resulta em duas fases: uma transparente, de aspecto oleoso, e outra negra, viscosa e espessa. Há uma terceira fase complementar, de aspecto avermelhado, que é a resultante da mistura das outras duas fases. A fase transparente tem excelente correlação com a curva espectrométrica do óleo mineral e similar. Já a fase negra está correlacionada à curva espectrométrica de resina epóxi e similares.

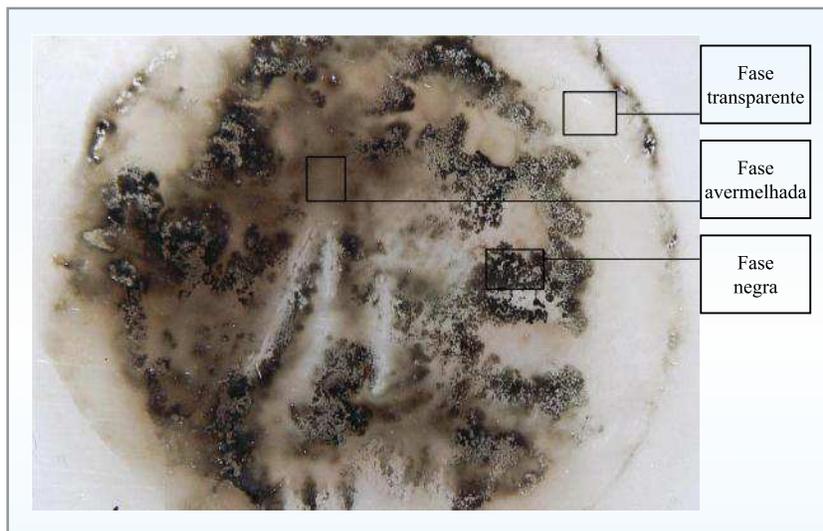


Foto 9: *Extrato oleoso*

As três diferentes fases do material resultante da extração foram submetidas à Espectroscopia e os espectros foram comparados entre materiais conhecidos.

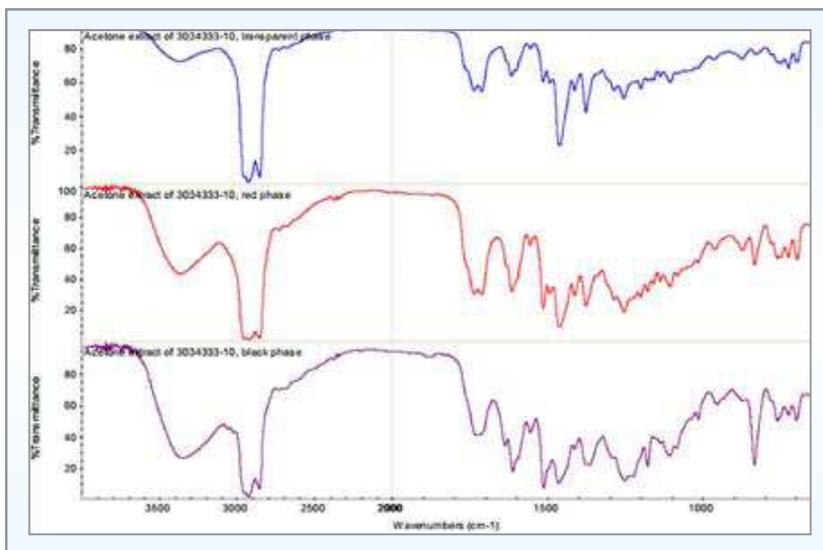


Gráfico 1: *Espectros da fase transparente, fase avermelhada e fase negra*

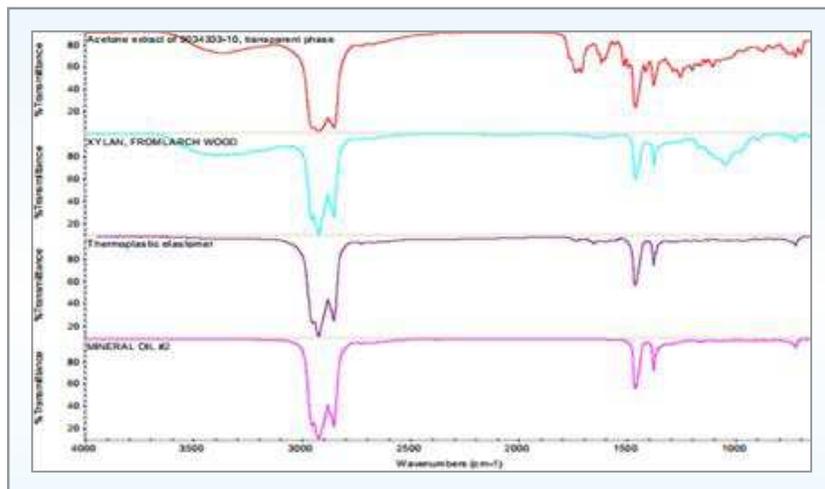


Gráfico 2: Espectros da fase transparente comparados com o espectro de xilano da madeira, elastômero termoplástico e óleo mineral do acervo do equipamento

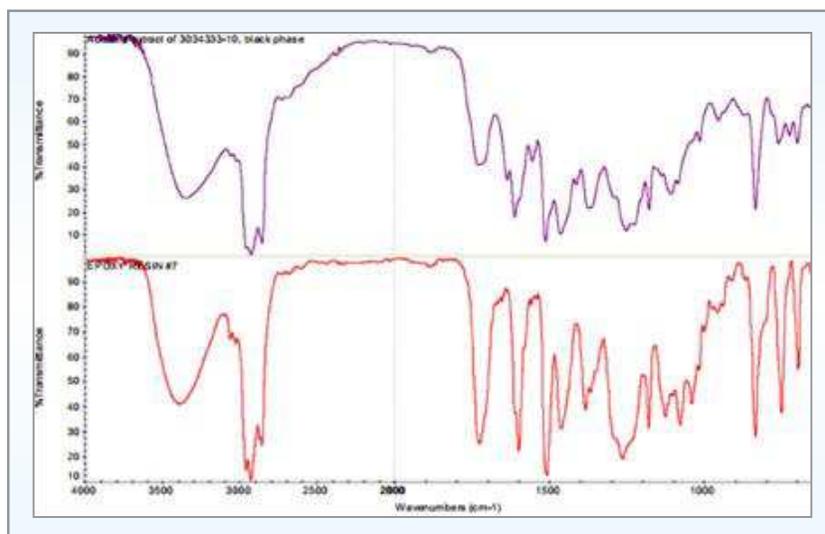


Gráfico 3: Espectro da fase negra comparado com o espectro da resina epóxi do acervo do equipamento

O segundo exemplo é de uma máquina *tissue*, com formação de *crescent former*. Em seu portfólio estão papéis toalha e higiênico. A matéria-prima é composta por celulose, e a velocidade média é de 1800 m/min. O feltro foi removido após má formação da folha de papel. Identificamos faixas de desgaste e faixas de algum material superficial contaminante nesta vestimenta.

O contaminante tem as propriedades similares da estereamida, composto utilizado em produtos para o *coating* do cilindro *yankee*.

O lado superior do feltro usado apresenta degradação em diferentes estágios. Esta degradação foi causada por calor ou químicos, ou a combinação de ambos, tornando a superfície do feltro fechada.



Foto 10: *Feltro novo – microscópio óptico*



Foto 11: *Feltro novo – microscópio eletrônico*



Foto 12: *Feltro usado amostra #1 – microscópio óptico*

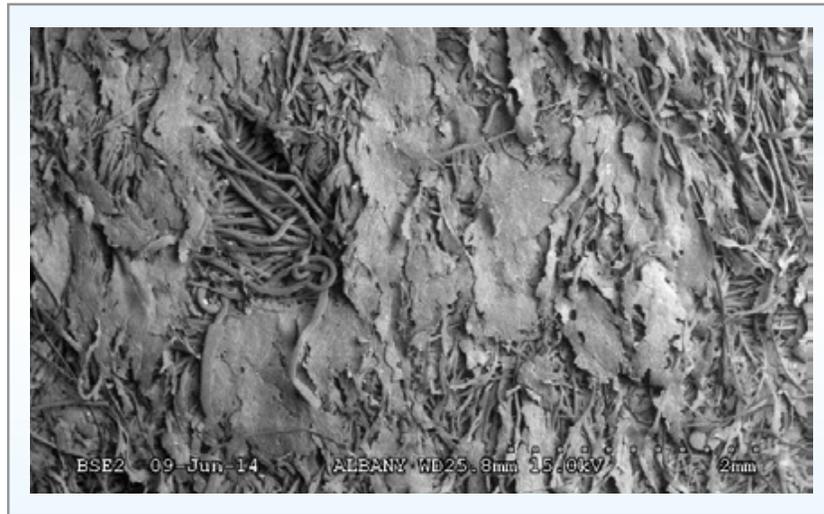


Foto 13: Feltro usado amostra #1 – microscópio eletrônico

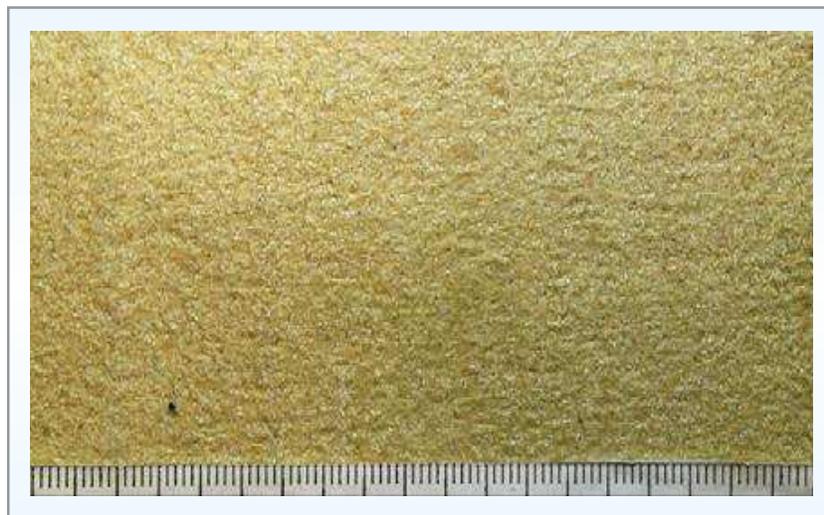


Foto 14: Feltro usado amostra #2 – microscópio óptico

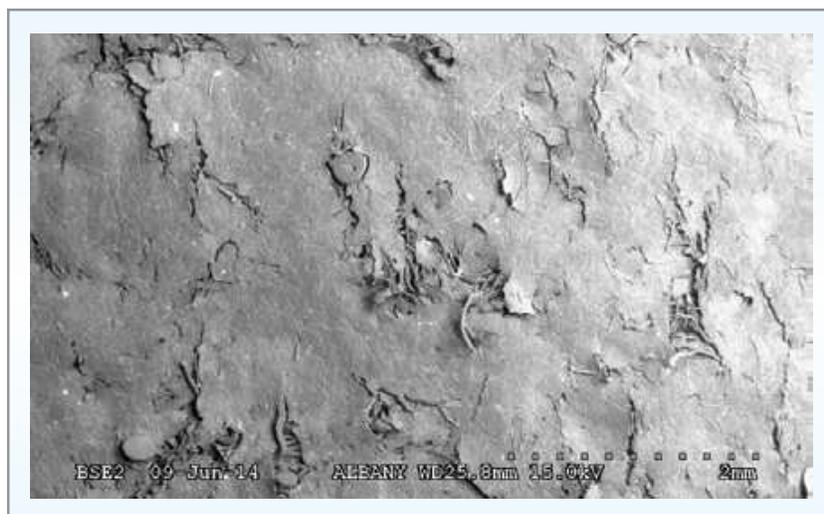


Foto 15: Feltro usado amostra #2 – microscópio eletrônico

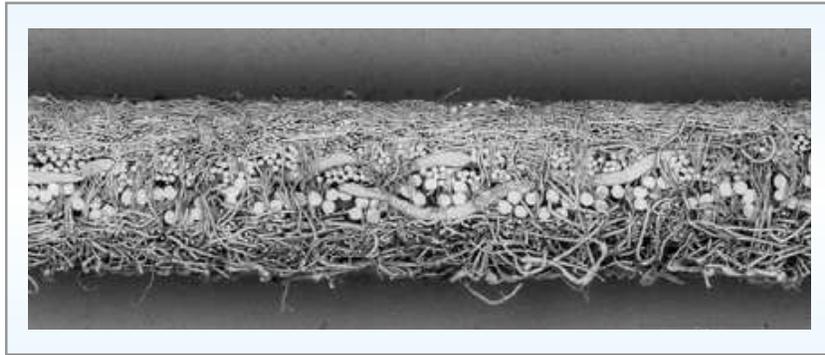


Foto 16: *Feltro novo – corte transversal*



Foto 17: *Feltro usado amostra #1 – corte transversal*

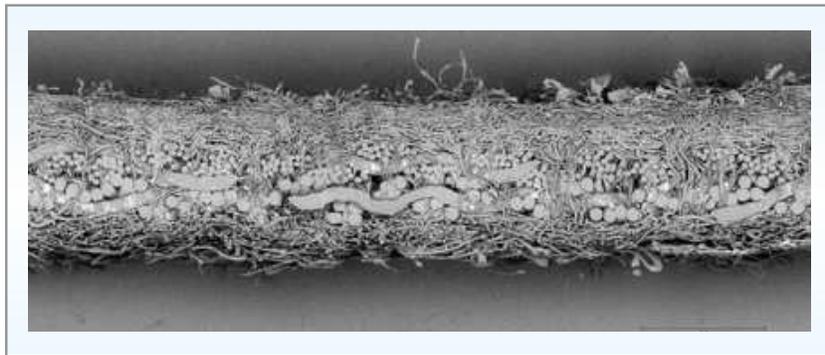


Foto 18: *Feltro usado amostra #2 – corte transversal*

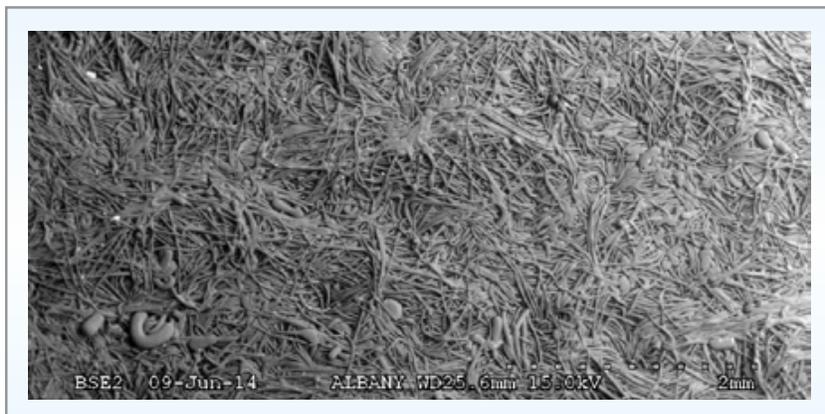


Foto 19: *Superfície do feltro novo*

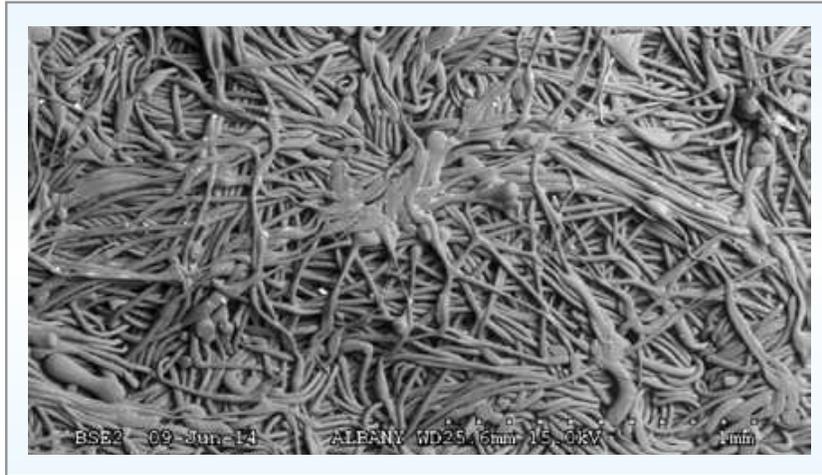


Foto 20: Superfície do feltro novo com maior aproximação

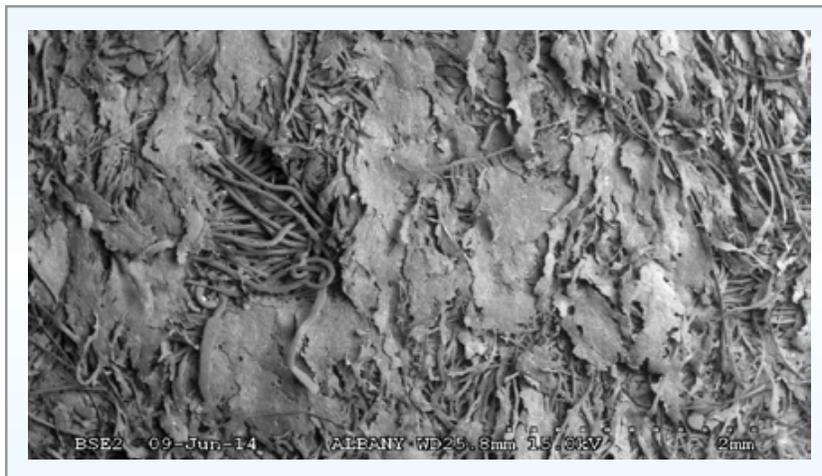


Foto 21: Superfície do feltro usado amostra #1



Foto 22: Superfície do feltro usado amostra #1



Foto 23: Superfície do feltro usado amostra #2

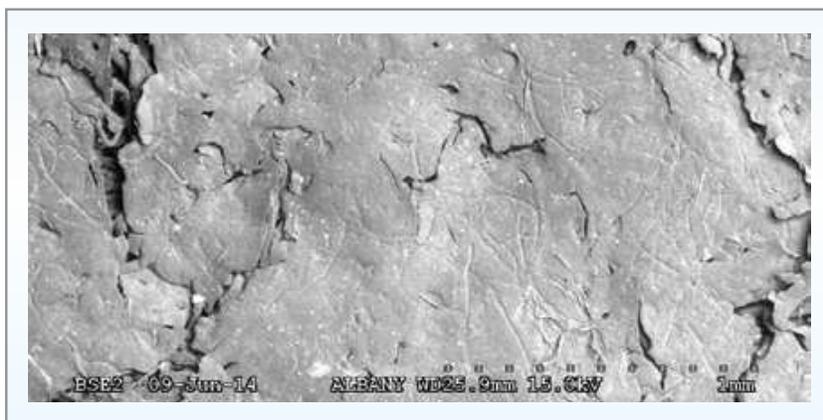
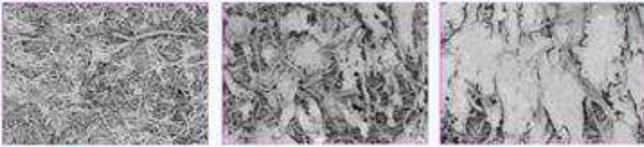


Foto 24: Superfície do feltro usado amostra #2



Elemento	Feltro Novo % Atômico	Feltro Usado - #1 % Atômico	Feltro Usado - #2 % Atômico
Carbono, C	79,17	79,12	75,12
Oxigênio, O	20,65	20,58	24,49
Silício, Si	0,06	0,12	0,21
Fósforo, P	0,06		0,10
Enxofre, S			0,06
Cloro, Cl		0,07	0,07
Potássio, K		0,05	
Cálcio, Ca	0,06	0,07	0,06

Tabela 2: Elementos encontrados nas amostras

No lado superior, ou seja, lado do papel do feltro usado, há a presença de partículas de cloro (Cl) entre os demais elementos encontrados.

O terceiro trabalho é de um feltro aplicado na posição de 4ª prensa em uma máquina que produz papel de imprimir e escrever.

Na análise do feltro, no corte transversal e na face superior há a presença de contaminantes. O material inorgânico deste contaminante é composto por carbonato de cálcio.

Há também, no corte transversal, um sombreamento de contaminante que atravessa o lado do papel até o lado máquina no feltro. Esta contaminação possivelmente foi ocasionada por algum

elemento de baixo número atômico, que associado ao material inorgânico, de aparência clara e com maior número atômico, deixou a região com esta coloração.

A análise dos elementos químicos, presentes no contaminante do material de entupimento, na seção transversal, demonstra a presença de alguns elementos de baixo número atômico (área sombreada).

Em extração com solvente orgânico, foi encontrado um material de aspecto incolor e oleoso. Na análise e de espectroscopia, identificamos similaridade de antiespumante ou óleo com este material.



Foto 25: Lado máquina do feltro com presença de contaminantes (mancha escura)



Foto 26: Corte transversal que demonstra material contaminante em toda a base do feltro

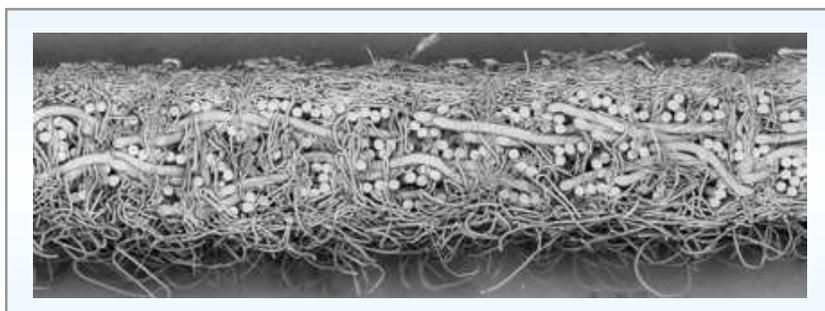


Foto 27: Feltro novo

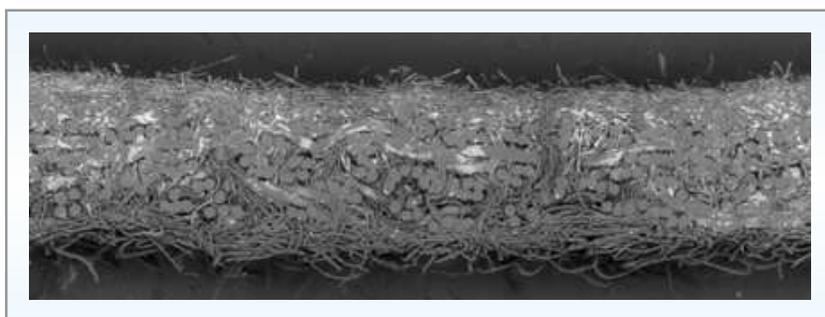


Foto 28: Feltro usado



Foto 29: Face superior do feltro novo

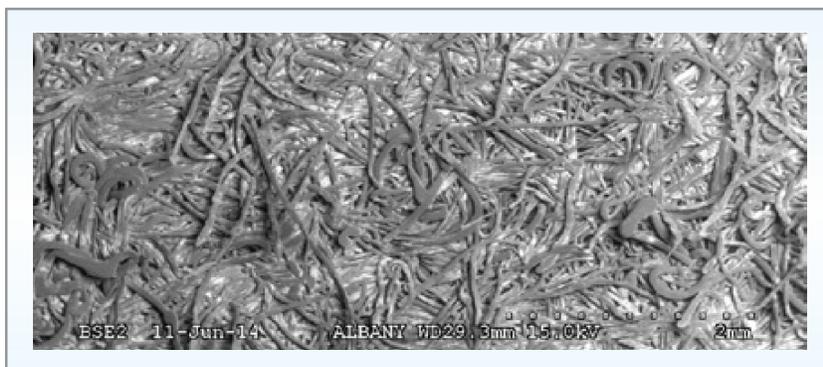


Foto 30: Face superior do feltro retornado com presença de contaminantes



Foto 31: Face inferior do feltro novo



Foto 32: Face inferior do feltro retornado com presença de contaminantes

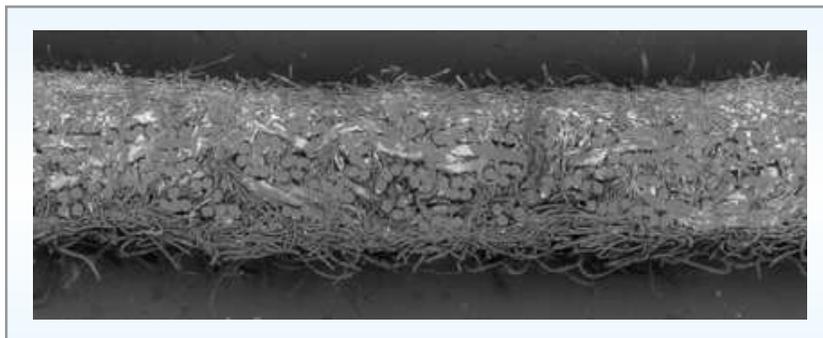


Foto 33: Material contaminante em toda a estrutura (base) do feltro

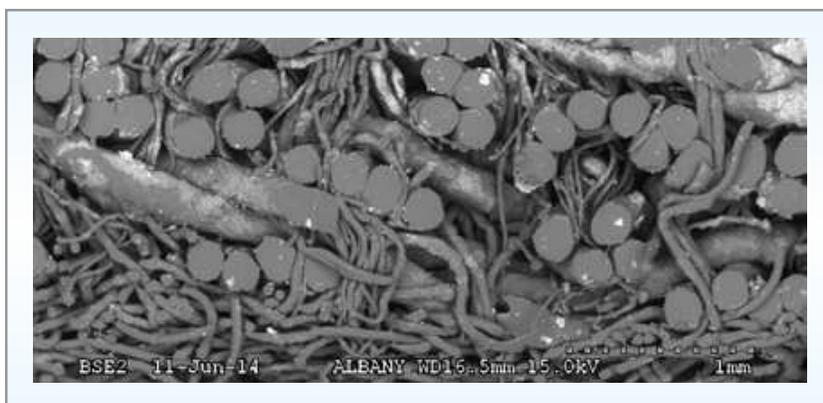


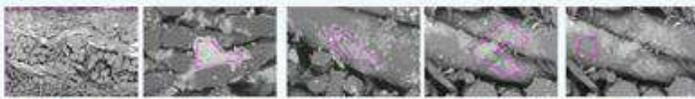
Foto 34: Foto detalhada da região contaminada

A região de sombreamento contaminada apresenta variações através da direção longitudinal do feltro.

Na região da face superior, entre as fibras e a base do feltro, a contaminação é de um material branco.

No lado máquina do feltro há tonalidades escuras de contaminantes na região da parte inferior na base e em todo o véu inferior.

Este fato indica que há variação atômica do contaminante através do feltro. Na região escura, os contaminantes possuem número atômico menor.



Elemento	Área 1 % Atômico	Área 2 % Atômico	Área 3 % Atômico	Área 4 % Atômico	Área 5 % Atômico
Carbono, C	76,18	51,89	69,51	72,35	81,97
Oxigênio, O	22,30	39,58	26,65	25,23	17,68
Magnésio, Mg			0,08	0,07	
Alumínio, Al			0,06	0,06	
Silício, Si	0,06	0,09	0,23	0,19	
Enxofre, S			0,07	0,07	
Cálcio, Ca	1,46	8,30	3,23	1,96	0,35
Ferro, Fe				0,07	
Cobre, Cu			0,05		
todo, I		0,13	0,05		

Tabela 3: Elementos encontrados na amostra do feltro

A análise na área #1 foi feita por toda a seção transversal da amostra. A contaminação nesta área demonstra que o contaminante dominante é o carbonato de cálcio.

A análise na área #2 foi feita na região junto à face superior, onde também há dominância do carbonato de cálcio.

Nas áreas #3 e #4, há a avaliação da estrutura (base) do feltro. Esta região apresenta um contaminante de aspecto cinza escuro. Há a presença de vários elementos nesta região, porém em menor quantidade.

A análise da área #5 foi feita sobre o monofilamento da base do feltro. Nesta região há indícios da presença de carbono e oxigênio, normal para a composição do fio da base ou para algum material de baixo peso atômico.

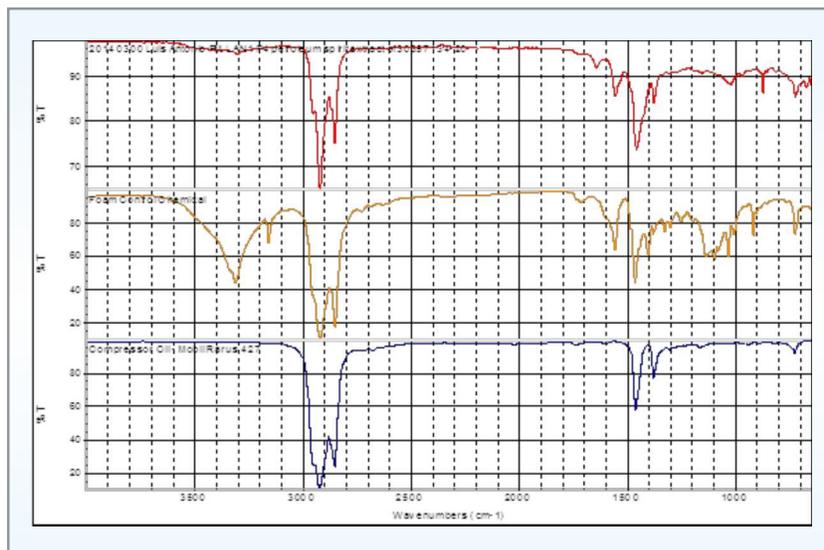


Gráfico 4: Gráfico da Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier

Para realizar a Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier, dissolve-se o material contaminante em um solvente orgânico. O extrato resultante, de aspecto oleoso, apresentou curvas semelhantes à antiespumante e óleo.

### Conclusão

Análises de precisão não são aplicadas, comumente, ou seja, no dia a dia, devido à logística e alta complexidade. São análises aplicadas em casos de grave transtorno no processo que culminam em remoção prematura da vestimenta. Trabalhos como os apresentados neste artigo contribuem na exclusão de variáveis encontradas no processo da fabricação de papel.

A análise contribui na direção de identificar de forma mais precisa agentes causadores que contribuem no mau desempenho de vestimentas.

### Agradecimento

Anette Lundborg, Engenheira de Análises Especiais de Laboratório – Halmstad (Suécia), por todo o suporte e condução dos trabalhos apresentados.

#### Perfil do autor:

Harlei Anderson Erdmann é formado em Engenharia Química pela FURB (Blumenau/SC). Cursando MBA em Gestão de Projetos pela FGV (Blumenau, SC). Trabalha há 16 anos na Albany International. Atuou no Laboratório e na Engenharia da Qualidade, e atualmente exerce a função de Coordenador de Produto – Feltros Úmidos.