

Cliente: Elesys Sistemas Elétricos Ltda
Contato: Mariana Santana
Endereço: Estrada Municipal, 642
Cidade: Guarulhos, Estado: SP - CEP: 07251-300
OS: 22618
Data de recebimento da(s) amostra(s): 22/09/2025
Período de realização: 23/09/2025 – 14/10/2025

ENSAIOS EM POLIETILENO RETICULADO

1 – OBJETIVO(S)

Realizar os ensaios de Teor de gel, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Termogravimetria (TG) em uma amostra de polietileno reticulado.

2 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Tabela 1 apresenta a identificação das amostras fornecidas pelo cliente e a utilizada pelo CCDM.

Tabela 1 – Identificação das amostras.

Identificação do CCDM	Identificação do Cliente
LCP251044	XLPE 7001

3 – MÉTODO

3.1 – Termogravimetria (TG)

A termogravimetria (TG) é definida como uma técnica termoanalítica na qual a massa de uma substância é medida em função da temperatura, enquanto a substância é submetida a uma programação controlada de temperatura. Uma pequena quantidade de amostra é colocada em um suporte de amostra de alumina, onde sua massa é constantemente monitorada por uma termo-balança. O resultado da análise é mostrado sob a forma de um gráfico cuja abscissa contém os registros de temperatura (ou tempo) e a ordenada massa residual.

Tabela 2 – Configurações e condições do ensaio de TG.

Equipamento	Q500 TA Instruments
Ciclo 1	
Temperatura Inicial e Final (°C)	30 a 600 °C
Taxa de aquecimento (°C/min)	20
Atmosfera	N ₂ , 90 mL/min
Ciclo 2	
Temperatura Inicial e Final (°C)	600 a 800 °C

Taxa de aquecimento (°C/min)	20
Atmosfera	O ₂ , 90 mL/min
Data	25/09/2025

3.2 – Microscopia Eletrônica de Varredura

Durante a incidência de um feixe de elétrons em uma amostra sólida ocorrem alguns processos de interação entre eles. Os diversos tipos de elétrons refletidos e os elétrons absorvidos são utilizados na microscopia eletrônica de varredura. O feixe incidente modula em **x** e em **y** de modo a cobrir uma área retangular de maneira que o aumento do aparelho é simplesmente a relação entre a área da tela e essa área varrida na superfície da amostra, assim, quanto menor a área varrida maior o aumento. Raios-X também são gerados nessa interação entre elétron e matéria, sendo que os mesmos são utilizados para identificar qualitativamente os elementos químicos presentes nas amostras.

A identificação qualitativa dos elementos químicos presentes nas amostras foi realizada via EDS (Energy Dispersive Spectroscopy – Espectroscopia por Dispersão de Energia de Raios-X) acoplado ao MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) modelo Quanta 400 da FEI. A análise via EDS é uma técnica que caracteriza os elementos presentes nas amostras, e não os compostos.

Este ensaio foi realizado em 06 de outubro de 2025.

3.3 – Teor de gel

A extração foi realizada, com base na norma ASTM D2765-16 – “*Standard Test Methods for Determination of Gel Content and Swell Ratio of Crosslinked Ethylene Plastics*” – método A. O ensaio foi realizado em 14 de outubro de 2025.

O teor de gel foi determinado a partir da equação 1, sendo m_{ext} a massa extraída da amostra, M_T a massa da amostra submetida à extração e m_{NF} a massa de negro de fumo obtida pela análise termogravimétrica.

$$m_{gel} = \left(1 - \frac{m_{ext}}{M_T - m_{NF}}\right) \times 100 \quad (1)$$

4 – RESULTADOS

4.1 – Termogravimetria (TG)

As curvas TG e DTG da amostra LCP251044 está apresentada na Figura 1. O teor de negro de fumo calculado foi de 4,34 % em massa. A fração em massa de cargas obtida foi de 16,21 %.

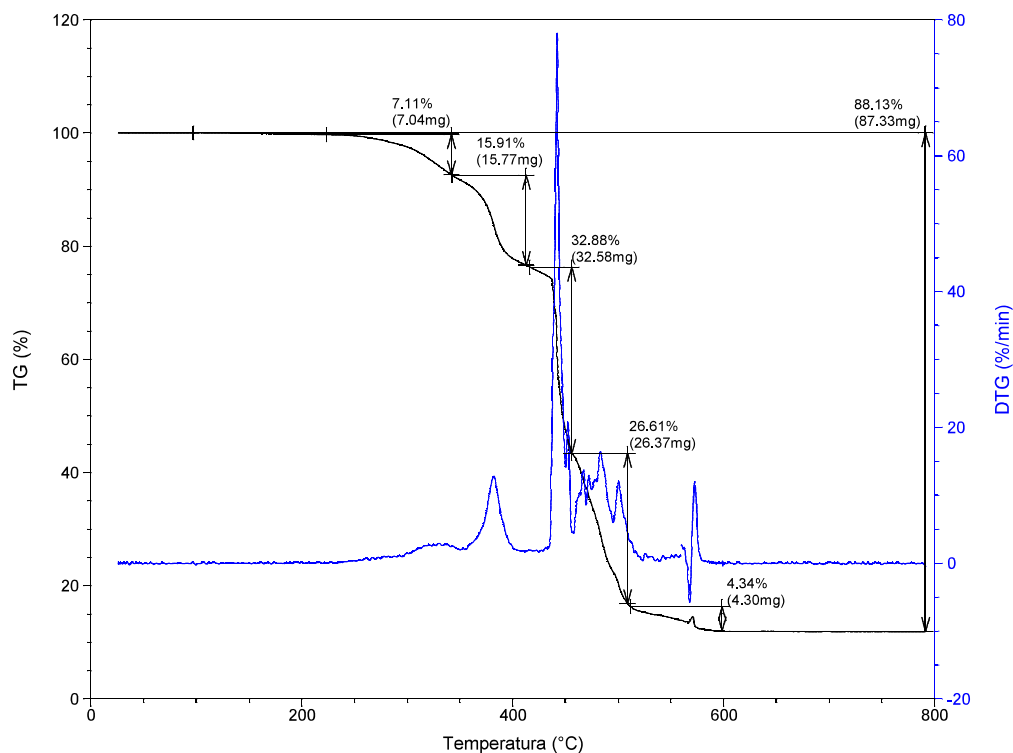


Figura 1 – Curva TG (—) e DTG (—) da amostra LCP251044.

4.2 – Microscopia Eletrônica de Varredura

Na Figura 2 estão apresentadas as micrografias do resíduo da amostra LCP251044. O resultado da análise de EDS está apresentado na Tabela 3, sendo as regiões analisadas indicadas na Figura 3.

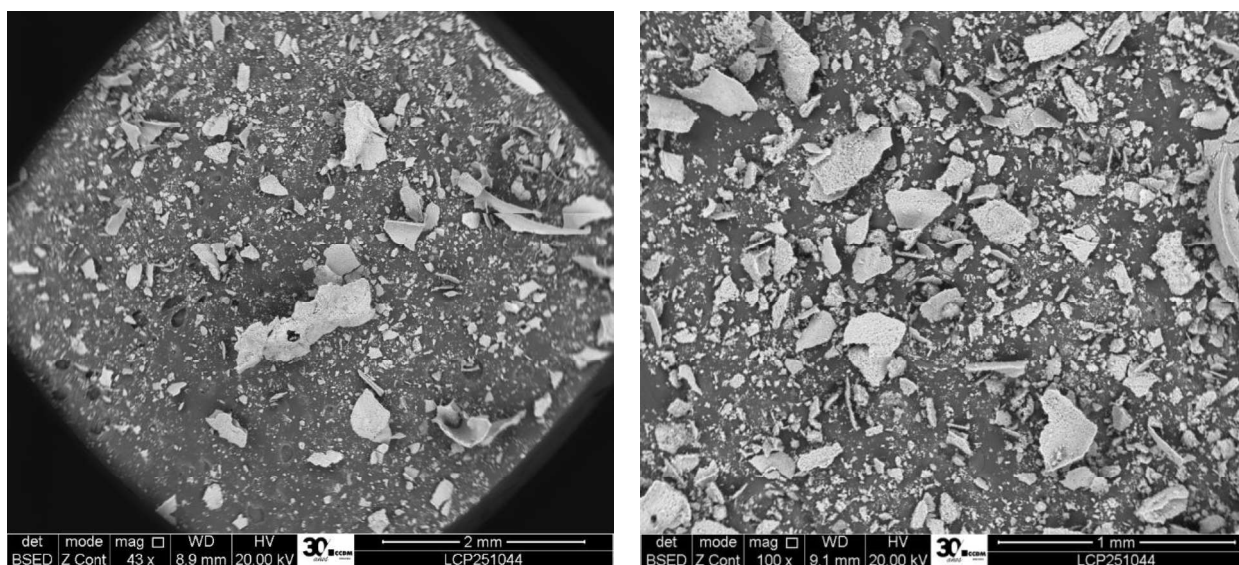


Figura 2– Micrografias do resíduo da amostra LCP251044.

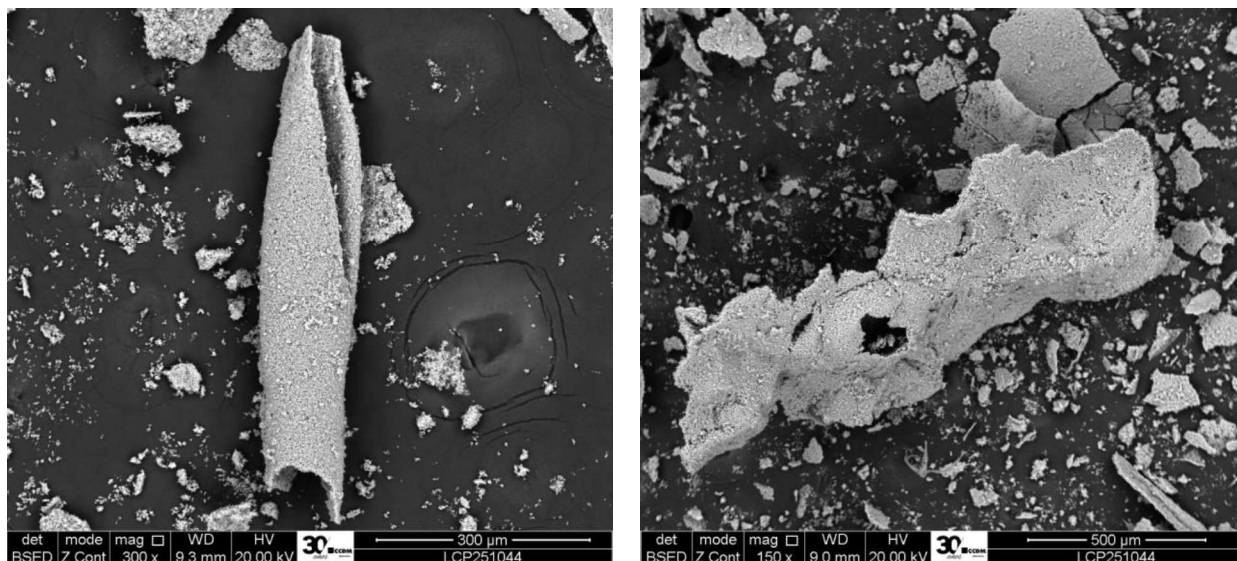


Figura 2– Micrografias do resíduo da amostra LCP251044 (cont.).

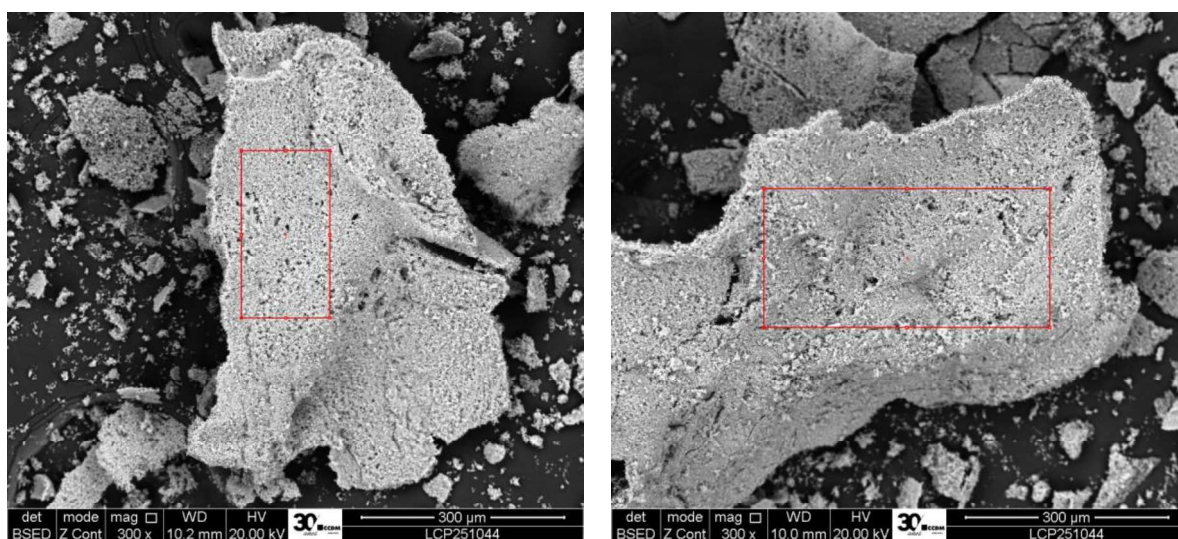


Figura 3 – Região 1(esquerda) e 2 (direita) do resíduo da amostra LCP251044 utilizadas na análise de EDS.

Tabela 3 – Intensidade relativa do sinal de EDS para os elementos químicos identificados nas regiões 1 e 2 do resíduo da amostra.

Elemento	Região 1	Região 2
	Intensidade relativa (%)	
C	10,5	16,6
O	53,99	51,47
Na	0,26	0,49
Mg	2,47	2,21
Al	28,3	25,0
Si	1,81	1,87
Ti	2,62	2,41

As cargas encontradas tem um alto teor de alumínio e oxigênio, além de menores teores de magnésio, silício e titânio. Provavelmente, trata-se de óxidos de alumínio, titânio e silício usados como aditivo antichama, pigmento brancos e carga de enchimento, respectivamente. No caso do antichama, muito provavelmente se trata da alumina tri-hidratada (ATH).

4.3 – Teor de gel

O teor de gel calculado, a massa extraída da amostra (m_{ext}), a massa da amostra submetida à extração (M_T) e a massa de negro de fumo (m_{NF}) estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Teor de gel calculado para as amostras.

Amostra	M_T (mg)	m_{ext} (mg)	m_{NF} (mg)	Teor de gel (%)
LCP251044	508,8	324,5	82,5	23,9

São Carlos, 14 de outubro de 2025.

RAFAEL GOUVEIA LAZARINI:41927187826
2025.10.14 18:39:24 -03'00'

Rafael Gouveia Lazarini
Supervisor técnico-comercial
E-mail – rafael.lazarini@ccdm.ufscar.br

Cláusulas de responsabilidade:

- a) A amostragem relativa a este documento é de responsabilidade do cliente e estes resultados referem-se apenas às amostras ensaiadas (não extensivo a outras amostras);
- b) As amostras serão mantidas de acordo com o estabelecido no orçamento/contrato. Em caso de ensaios destrutivos serão mantidos somente os registros do serviço. Os registros deste serviço serão mantidos por 5 anos.
- c) A reprodução deste documento deve ser realizada na íntegra. O laboratório não é responsável em caso de interpretação ou uso indevido que se possa fazer deste documento. A reprodução de partes do documento requer aprovação por escrito do laboratório.

----- FIM DO DOCUMENTO -----