



# RELATÓRIO DE ENSAIO

## LAT – EFEI – 309/2022

REVISÃO 00

### CLIENTE:

**CABELAUTO CONDUTORES ELÉTRICOS**  
RODOVIA ITAJUBÁ / LORENA, KM 05, S/N, MORRO GRANDE  
ITAJUBÁ – MINAS GERAIS  
CEP: 37502-700

AT.: SR. DANILO CARVALHO

### OBJETO SOB ENSAIO:

AMOSTRA DE COBERTURA DE POLIETILENO

### CARACTERÍSTICAS DO OBJETO SOB ENSAIO:

MASTER DE REPELENTE DE CUPIM E COBERTURA DE POLIETILENO COM MASTER DE CUPIM, NOVA E ENVELHECIDA.

### ENSAIOS REALIZADOS:

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO E QUÍMICA COMPARATIVA POR MEIO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR), SEGUINDO AS NORMAS ASTM E1252, ASTM E2310, E ABNT NBR 16094

ITAJUBÁ, 06 DE OUTUBRO DE 2022

*ESTE RELATÓRIO NÃO TEM A FUNÇÃO DE CERTIFICADO DE CONFORMIDADE.  
OS RESULTADOS SE REFEREM UNICAMENTE ÀS AMOSTRAS ENSAIADAS.  
ESTE DOCUMENTO CONTÉM 08 PÁGINAS.  
É REQUERIDA SEMPRE A REPRODUÇÃO COMPLETA DO PRESENTE DOCUMENTO.*



**ENSAIO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR) COBERTURA DE POLIETILENO NO CABO**

A AMOSTRA UTILIZADA FOI A SUPERFÍCIE INTERNA A COBERTURA DE POLIETILENO RETIRADA DE UM CABO, MOSTRADA NA FIGURA 1.

O ESPECTRO OBTIDO É APRESENTADO A PARTIR DO GRÁFICO QUE CORRELACIONA PORCENTAGEM DE TRANSMITÂNCIA (EIXO DAS ORDENADAS) POR NÚMERO DE ONDA ( $\text{cm}^{-1}$ ) (EIXO DAS ABCISSAS).

A FIGURA 2 MOSTRA O ESPECTRO FTIR-ATR DA AMOSTRA DE COBERTURA DE POLIETILENO ENTRE  $4000 \text{ cm}^{-1}$  A  $650 \text{ cm}^{-1}$ . O ASSINALAMENTO DAS BANDAS E OS RESPECTIVOS MODOS DE MOVIMENTO VIBRACIONAL, ASSIM COMO O ASSINALAMENTO DA LIGAÇÃO QUÍMICA CORRESPONDENTE SÃO RESUMIDOS NA TABELA 1.



FIGURA 1 – AMOSTRA DE COBERTURA DE POLIETILENO ANALISADA POR FTIR

AS BANDAS DE VIBRAÇÃO OBSERVADAS NO ESPECTRO FTIR-ATR (FIG.2), E ASSINALADAS NA TABELA 1 CONFIRMAM A ESTRUTURA QUÍMICA DA CADEIA DE POLIETILENO, PE.

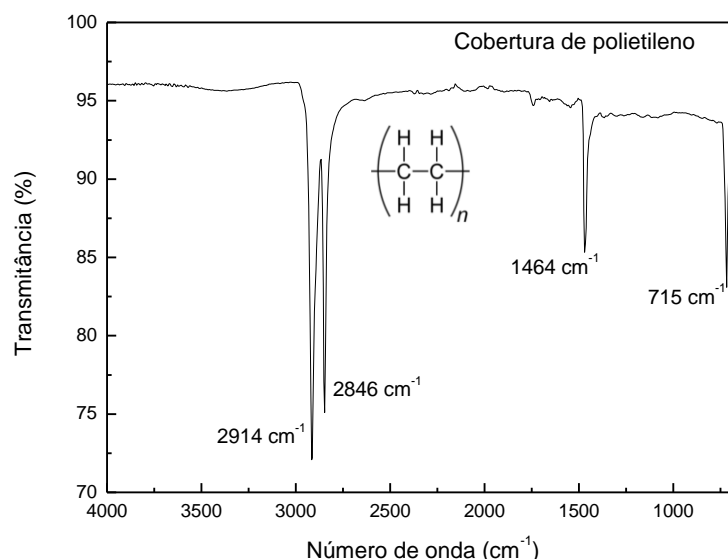


FIGURA 2 – ESPECTRO FTIR DA COBERTURA DE POLIETILENO

**ENSAIO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR) COBERTURA DE POLIETILENO NO CABO**

TABELA 1 – ASSINALAMENTO DAS BANDAS DO ESPECTRO FTIR MOSTRADO NA FIGURA 2

NÚMERO DE ONDA (cm <sup>-1</sup> )	MODO DE MOVIMENTO VIBRACIONAL	LIGAÇÃO QUÍMICA
2914	ESTIRAMENTO ASSIMÉTRICO	
2846	ESTIRAMENTO SIMÉTRICO	
1464	DEFORMAÇÃO SIMÉTRICA NO PLANO (TESOURA)	C-H DO GRUPO -CH <sub>2</sub> -
715	DEFORMAÇÃO ASSIMÉTRICA NO PLANO (BALANÇO)	

**ENSAIO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR) MASTER DE REPELENTE DE CUPIM**

A AMOSTRA DE MASTER DE REPELENTE DE CUPIM NA FORMA DE PELLETS, COMO ILUSTRADO NA FIGURA 3, FOI ANALISADA NA SUPERFÍCIE.

A FIGURA 4 MOSTRA O ESPECTRO FTIR-ATR NA FAIXA DE 4000 cm<sup>-1</sup> A 650 cm<sup>-1</sup>. O ASSINALAMENTO DAS BANDAS E OS RESPECTIVOS MODOS DE MOVIMENTO VIBRACIONAL, ASSIM COMO O ASSINALAMENTO DA LIGAÇÃO QUÍMICA CORRESPONDENTE SÃO RESUMIDOS NA TABELA 2.



FIGURA 3 – AMOSTRA DE MASTER DE REPELENTE DE CUPIM FOI ANALISADA POR FTIR

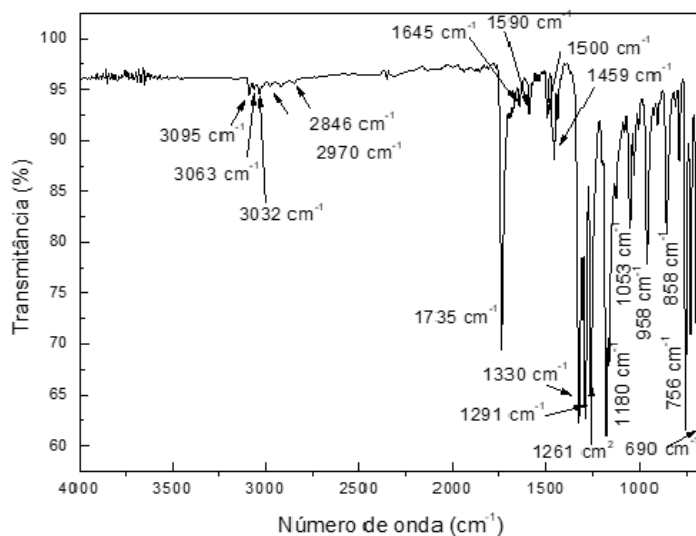


FIGURA 4. ESPECTRO FTIR DA SUPERFÍCIE DO MASTER DE REPELENTE

**ENSAIO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)  
MASTER DE REPELENTE DE CUPIM**

TABELA 2. ASSINALAMENTO DAS BANDAS DO ESPECTRO FTIR MOSTRADO NA FIGURA 4

NÚMERO DE ONDA (CM <sup>-1</sup> )	MODO DE MOVIMENTO VIBRACIONAL	LIGAÇÃO QUÍMICA
3095, 3063, 3032	ESTIRAMENTO SIMÉTRICO	=C-H, DE CARBONO SP <sup>2</sup>
2914	ESTIRAMENTO ASSIMÉTRICO	C-H DO GRUPO -CH <sub>2</sub> -
2846	ESTIRAMENTO SIMÉTRICO	CARBONO SP <sup>3</sup>
1735	ESTIRAMENTO SIMÉTRICO	C=O
1645, 1590, 1500, 1459	ESTIRAMENTO SIMÉTRICO	C=C, ACOPLAMENTO DAS VIBRAÇÕES DAS LIGAÇÕES NO ANEL AROMÁTICO
1330, 1291, 1261	DEFORMAÇÃO DE DOBRAGEM FORA DO PLANO	C-H
1180, 1053	ESTIRAMENTO ASSIMÉTRICO E SIMÉTRICO	C-O
958, 858, 756	DEFORMAÇÃO DE DOBRAGEM FORA DO PLANO	C-H PADRÃO DE ANEL AROMÁTICO MONO-SUBSTITUÍDO
690	DEFORMAÇÃO FORA DO PLANO	ANEL AROMÁTICO

AS BANDAS OBSERVADAS NO ESPECTRO FTIR SUGEREM QUE A SUBSTÂNCIA APRESENTA ANEL AROMÁTICO, E GRUPOS CARBONILA (C=O) E ÉTER (C-O).

**ENSAIO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)  
COBERTURA DE POLIETILENO DO CABO COM MASTER DE REPELENTE DE CUPIM “NOVA” E “ENVELHECIDA**

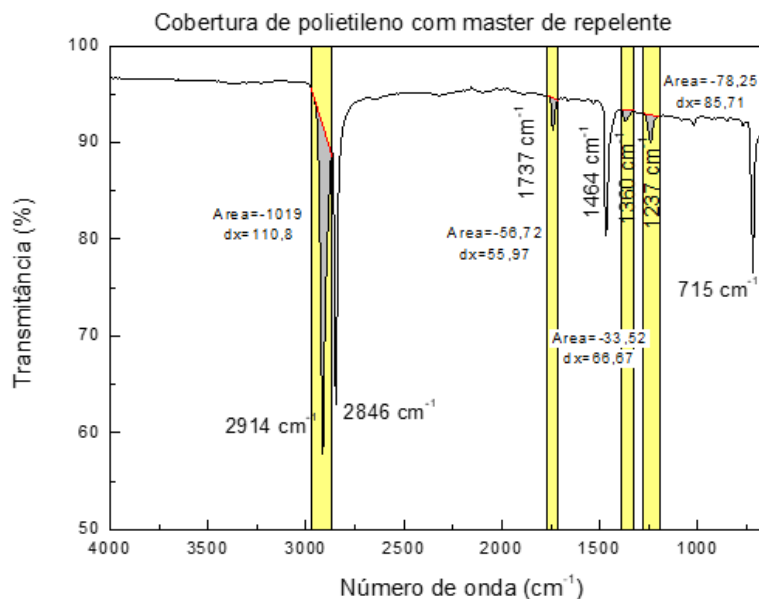
A ANÁLISE DA ESTRUTURA QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE COBERTURA DE POLIETILENO COM MASTER DE REPELENTE DE CUPIM “NOVA” E “ENVELHECIDA”, TAMBÉM FORAM INVESTIGADAS NA SUPERFÍCIE INTERNA (SEMELHANTE AO CORTE MOSTRADO NA FIGURA 1). OS ESPECTROS FTIR SÃO APRESENTADOS NAS FIGURAS 5 E 6. EM AMBOS OS ESPECTROS FOI CALCULADA A ÁREA (USANDO O SOFTWARE ORIGIN®) DA BANDA DE VIBRAÇÃO DOS SINAIS QUE ATRIBUÍMOS AO MASTER DE REPELENTE, TODAS ESTAS ÁREAS SÃO RELACIONADAS COM A BANDA EM 2914 CM<sup>-1</sup> DO POLIETILENO, RELATIVA À VIBRAÇÃO C-H.

A FIGURA 5 MOSTRA O ESPECTRO FTIR DA COBERTURA DE POLIETILENO CONTENDO O MASTER DE REPELENTE DE CUPIM, CHAMADA DE “NOVA”, POIS NÃO PASSOU POR PROCESSO DE ENVELHECIMENTO. NESTE ESPECTRO SE OBSERVAM AS BANDAS CARACTERÍSTICAS DO POLIETILENO, RELATIVAS ÀS DIFERENTES VIBRAÇÕES DO GRUPO -CH<sub>2</sub>- DA CADEIA, ASSINALADAS NA TABELA 1.

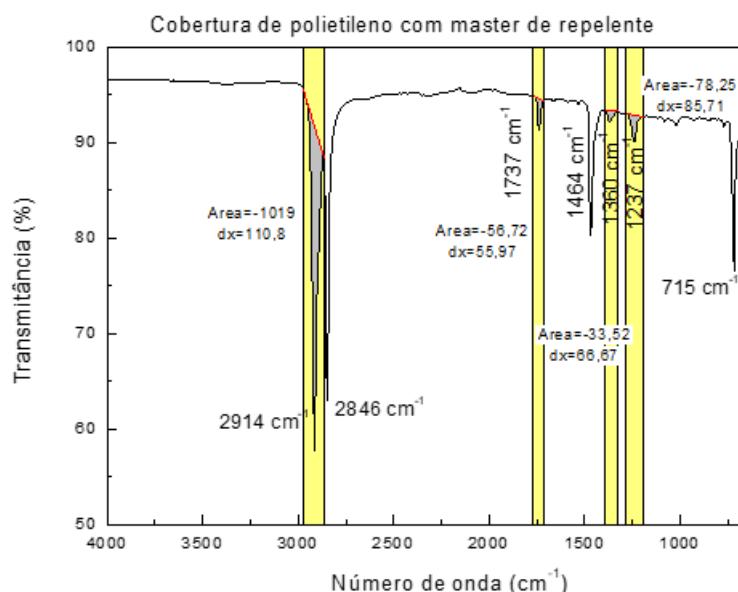
APARECENDO 3 NOVAS BANDAS DE VIBRAÇÃO EM: 1737 cm<sup>-1</sup> E 1360 cm<sup>-1</sup> / 1237 cm<sup>-1</sup>, RELATIVAS ÀS VIBRAÇÕES DAS LIGAÇÕES C=O E C-H, RESPECTIVAMENTE. AMBAS AS VIBRAÇÕES FORAM OBSERVADAS NO MASTER DE REPELENTE (FIGURA 4, TABELA 2). ESTE RESULTADO CONFIRMA A PRESENÇA DO MASTER DE REPELENTE DE CUPIM NA COBERTURA DE POLIETILENO DO CABO.

A FIGURA 6 MOSTRA O ESPECTRO FTIR DA COBERTURA DE POLIETILENO CONTENDO O MASTER DE REPELENTE DE CUPIM APÓS O PROCESSO DE ENVELHECIMENTO, SENDO CHAMADA DE “ENVELHECIDA”.

**ENSAIO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)  
 COBERTURA DE POLIETILENO DO CABO COM MASTER DE REPELENTE DE CUPIM “NOVA” E “ENVELHECIDA**



**FIGURA 5 – ESPECTRO FTIR DA COBERTURA DE POLIETILENO COM MASTER DE REPELENTE DE CUPIM “NOVA”**



**FIGURA 6. ESPECTRO FTIR DA COBERTURA DE POLIETILENO COM MASTER DE REPELENTE DE CUPIM “ENVELHECIDA”**

O ESPECTRO FTIR DA FIGURA 6 É SEMELHANTE AO DA COBERTURA DE POLIETILENO CONTENDO O MASTER DE CUPIM “NOVA”. CONFIRMANDO QUE APÓS O ENVELHECIMENTO O MASTER DE REPELENTE DE CUPIM PODE SER IDENTIFICADO NA COBERTURA DO CABO.

A INTENSIDADE DA BANDA CARBONILA (C=O) EM 1737 cm<sup>-1</sup>, RELATIVA AO MASTER DE CUPIM, APARECE COM MAIOR INTENSIDADE NO ESPECTRO FTIR DA FIGURA 6. A RAZÃO RELATIVA ENTRE A ÁREA DA BANDA C=O EM 1737 cm<sup>-1</sup> E UMA BANDA DO POLIETILENO (ESTIRAMENTO DE C-H) EM 2914 cm<sup>-1</sup> FOI DETERMINADA. ESTA ANÁLISE É REALIZADA POIS NO ESPECTRO FTIR PARECE TER ACONTECIDO UM AUMENTO DA INTENSIDADE DA BANDA C=O NA FIGURA 6, APÓS O ENVELHECIMENTO. OS RESULTADOS SÃO APRESENTADOS NA TABELA 3.

<b>DATA: 06/10/2022</b>	<b>LAT - EFEI</b>	<b>INSPEÇÃO</b>
<b>Página 06 de 08</b>	<b>N° da Amostra: -/-</b>	

**ENSAIO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)  
COBERTURA DE POLIETILENO DO CABO COM MASTER DE REPELENTE DE CUPIM “NOVA” E “ENVELHECIDA**

TABELA 3. RAZÃO ENTRE ÁREAS, BANDAS C=O E C-H, ESPECTROS FTIR (FIGURA 5 E 6)

COBERTURA DE POLIETILENO DO CABO COM MASTER DE REPELENTE DE CUPIM	ÁREA BANDA (C=O) 1737 cm <sup>-1</sup> (A <sub>1737</sub> )	ÁREA BANDA (C- H) 2914 cm <sup>-1</sup> (A <sub>2914</sub> )	A <sub>1737</sub> / A <sub>2914</sub>
NOVA	55,97	1019,00	0,05
ENVELHECIDA	120,50	1014,00	0,12

A TABELA 3 MOSTRA QUE UM LIGEIRO AUMENTO NA INTENSIDADE DA BANDA CARBONILA NA COBERTURA DE POLIETILENO APÓS O ENVELHECIMENTO. ESTE AUMENTO PODE SER DEVIDO AO PROCESSO DE TERMO-OXIDAÇÃO DA COBERTURA DE POLIETILENO DO CABO, ORIGINADO PELO ENVELHECIMENTO.

PARA CONCLUIR QUE O AUMENTO NA INTENSIDADE DA BANDA CARBONILA NÃO INTERFERE NA DETERMINAÇÃO DO MASTER DE REPELENTE DE CUPIM NA COBERTURA DO CABO ENVELHECIDA DETERMINAMOS AS RAZÕES DAS ÁREAS DAS BANDAS DE VIBRAÇÃO C-H DO MASTER DE REPELENTE. QUE APARECEM NO ESPECTRO FTIR DA COBERTURA DE POLIETILENO. OS VALORES ENCONTRADOS PARA A RAZÃO A<sub>1360</sub>/A<sub>2914</sub> E A<sub>1237</sub>/A<sub>2914</sub> EM AMBOS OS CABOS FORAM:

- COBERTURA DE POLIETILENO CONTENDO MASTER DE REPELENTE “NOVO” A<sub>1360</sub> / A<sub>2914</sub>= 0,03 E A<sub>1237</sub> / A<sub>2914</sub>= 0,07.

- COBERTURA DE POLIETILENO CONTENDO MASTER DE REPELENTE “ENVELHECIDO” A<sub>1360</sub> / A<sub>2914</sub>= 0,03 E A<sub>1237</sub> / A<sub>2914</sub>= 0,04.

OS VALORES ENCONTRADOS SÃO MUITO PRÓXIMOS. ESTES VALORES TÊM UMA RELAÇÃO DIRETA COM A CONCENTRAÇÃO DO MASTER DE REPELENTE NAS COBERTURAS DE POLIETILENO DOS CABOS ANTES E APÓS O ENVELHECIMENTO.

**CONCLUSÕES**

A ANÁLISE POR FTIR-ATR DAS COBERTURAS DE POLIETILENO DOS CABOS SEM E COM MASTER DE REPELENTE DE CUPIM FOI SATISFATÓRIA PARA IDENTIFICAR A PRESENÇA DO MASTER DE REPELENTE NO CABO.

AS BANDAS DE VIBRAÇÃO DAS LIGAÇÕES C=O EM 1737 cm<sup>-1</sup> E, C-H EM 1360 cm<sup>-1</sup> E 1237 cm<sup>-1</sup>, IDENTIFICADAS NA ESTRUTURA QUÍMICA DO MASTER DE REPELENTE DE CUPIM E, AUSENTES NA COBERTURA DE POLIETILENO, FORAM IDENTIFICADAS NA COBERTURA DE POLIETILENO CONTENDO O MASTER DE REPELENTE.

INDEPENDENTE DO ENVELHECIMENTO, DEVIDO AO PROCESSO DE TERMO OXIDAÇÃO DA COBERTURA DE POLIETILENO DO CABO CONTENDO O MASTER DE REPELENTE, O FTIR FOI SENSÍVEL NA IDENTIFICAÇÃO DAS BANDAS DE VIBRAÇÃO DAS LIGAÇÕES C=O EM 1737 cm<sup>-1</sup> E, C-H EM 1360 cm<sup>-1</sup> E 1237 cm<sup>-1</sup>, DO MASTER DE REPELENTE NO CABO ENVELHECIDO, CONFIRMANDO A PRESENÇA DO MASTER DE REPELENTE DE CUPIM APÓS O ENVELHECIMENTO.

EM BRANCO

**EXECUÇÃO E ACOMPANHAMENTO:****LAT - EFEI**  
309/2022  
06/10/2022

PROFA DRA MARIA ELENA LEYVA GONZALEZ

**CABELAUTO CONDUTORES ELETRICOS S/A**

SR. DANILO CARVALHO

DOCUMENTO ELETRÔNICO COM ASSINATURA DIGITAL.

A AUTENTICIDADE DESTE DOCUMENTO PODE SER  
VERIFICADA ATRAVÉS DE ENVIO DE E-MAIL PARA:  
CONTATO@LAT-EFEI.ORG.BR

DE

DE 2022

**EXECUÇÃO:****CONFORME DOCUMENTO:**

SDP/182/PR/2022 DE 02/09/2022

**DATA:** 27 DE SETEMBRO DE 2022**LOCAL:**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
LAT-EFEI - LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO  
AVENIDA BPS 1303, BAIRRO PINHEIRINHO  
ITAJUBÁ – MINAS GERAIS  
CEP 37500-903**COORDENADOR EM EXERCÍCIO:**  
309/2022  
06/10/2022

ENGº. ESTÁCIO TAVARES WANDERELEY NETO

**EMISSÃO:****NÚMERO DE ORIGINAIS EMITIDOS:** 01**DATA:** 06 DE OUTUBRO DE 2022**ORIGINAIS:** LAT- EFEI**DATA:** 06/10/2022**LAT - EFEI****INSPEÇÃO**