



Centro de Caracterização e
Desenvolvimento de Materiais
UFSCar / UNESP

TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL DEL INFORME DE IMPACTO LCP06-000079

Empresa: Bérkel Chapas Acrílicas Ltda.
Dirección: Av. Presidente Arthur Bernardes, 46/66 - Rudge Ramos.
S Bernardo Campo – SP CEP: 09618-000.
Tel.: (11) 4362-1300 **fax:** (11) 4362-1300
/C: Patricia Greco.
Fecha de muestreo: 17/02/2006.
Fecha de inicio de las pruebas: 17/02/2006.
Fecha de emisión del Informe: 03/08/2006.
OS: 20975.

Prueba de Placa de PMMA

Objetivo:

Verificar si 1 (una) muestra de poli metacrilato de metilo está de acuerdo con algunas de las pruebas descritas en la norma NBR ISO-7823-2 – "hojas plásticas de poli metacrilato de metilo) – dimensiones de tipos y características – parte 2 extrusión y calandrado hojas.

Métodos de análisis:

Resistencia a la tracción: prueba hecha de conformidad con el artículo 6.5.2 de la norma ISO 7823-2. Test realizado según la norma ISO 527 – "*determinación de tracción Propiedades*". Este método se utiliza para investigar el comportamiento de la muestra bajo tensión, para determinar la resistencia a la tracción, módulo bajo estrés y otros aspectos que involucran la tensión de la relación / deformación bajo tensión bajo define las condiciones. Estos datos son útiles para la evaluación cualitativa e investigación y desarrollo.

Las propiedades bajo tensión pueden variar en función del método de preparación del cuerpo de prueba, el medio ambiente y la velocidad de la prueba. Por lo tanto, si una comparación precisa de los resultados de las pruebas es necesaria, estas variables deben controlarse adecuadamente. Las propiedades encontradas pueden ser información útil para el diseño de productos de ingeniería. Debido a la gran sensibilidad de la mayoría de los materiales plásticos, la tasa de deformación y condiciones ambientales, los datos obtenidos en estas pruebas son no válido para aplicaciones que

implican diferentes escalas de tiempo/carga y un ambiente diferente que utilizan en los exámenes. En la prueba, la muestra es tensionada sobre su eje longitudinal ya a una velocidad constante hasta que la muestra está rota o la tensión aplicada alcanza un valor predeterminado. Durante este proceso se registran la carga soportada por la muestra y su alargamiento.

La tensión bajo stress expresada en mega pascal (Mpa) se calculó según la ecuación 1

$$\sigma = \frac{F}{(h \cdot W)} \quad (1)$$

Donde:

F es la fuerza aplicada (en Newton);

W es usado el ancho del cuerpo de prueba (en mm)

H es el grosor del cuerpo de prueba (en mm)

El módulo de elasticidad se calcula mediante la ecuación 2:

$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \quad (2)$$

Donde:

E_t es el módulo de elasticidad (Young) expresado en MPa

Σ₁ es la tensión, MPa, que se mide en la deformación ε₁= 0,0005

Σ₂ es la tensión, MPa, que se mide en la deformación ε₂= 0,0025

La tasa de Poisson está dada por la ecuación 3:

$$\nu_n = - \frac{\sum \epsilon_n}{\sum \epsilon} \quad (3)$$

Donde:

ν_n es la velocidad Poisson expresa adimensional con $n= b$ (anchura) o $h=$ (grosor) indicando la dirección normal seleccionado

E es la deformación longitudinal

ϵ_n es la deformación normal que puede ser $n= b$ (ancho) o $h=$ (grosor).

Equipos usados tienen las características siguientes:

Marca: EMIC

Modelo: DL10000

La prueba se ejecutó en el tipo de cuerpos de prueba 1-B según ISO 527-2- "Plásticos – determinación de Propiedades de Tracción – parte 2: Condiciones de testes para moldear y extrusionar plásticos", mecanizados y preparados a partir de las placas de acrílico recibidas.

Los cuerpos de prueba fueron tomados perpendiculares a la dirección de extrusión. La velocidad de la prueba fue de 1 mm/min para la determinación del módulo elástico y 5 mm/min para las otras propiedades. Las pruebas se corrieron en 03 de marzo de 2006.

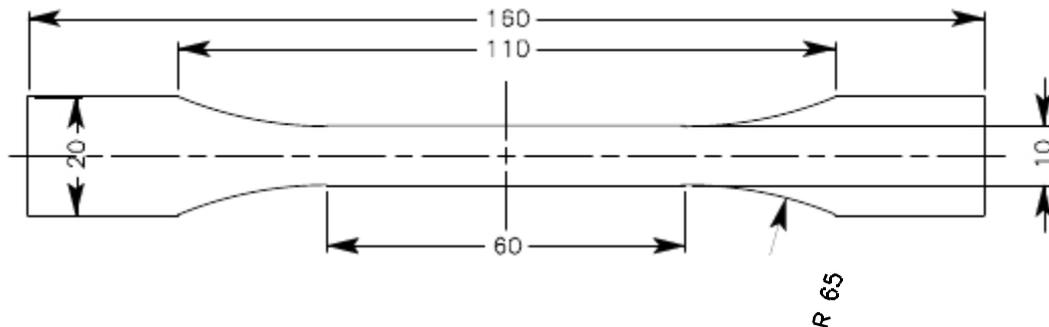


Figura 1 – corpo de prova ISO 527-2 1B usado en la prueba de resistencia a la tracción

Resistencia a la flexión: hecha de acuerdo al artículo 6.5.1 de norma NBR ISO 7823-2. Pruebas se corrieron como se describe en ISO 178 – "plásticos – determinación propiedades de flexión". Pruebas de flexión se utilizan para investigar el comportamiento mecánico de los materiales en flexión. Este método es posible obtener información sobre la tensión de flexión, módulo de flexión y otras propiedades de interés. Las pruebas se corrieron en tres cuerpos de prueba bajo carga en tres puntos diferentes. La carga máxima se aplicó exactamente en la mitad de la distancia de los dos soportes fijos span . Las dimensiones aproximadas del cuerpo de prueba utilizada en esta prueba fueron como abajo:

- longitud: 80,0 mm;
- ancho: 10 mm e
- grueso: 4 mm.

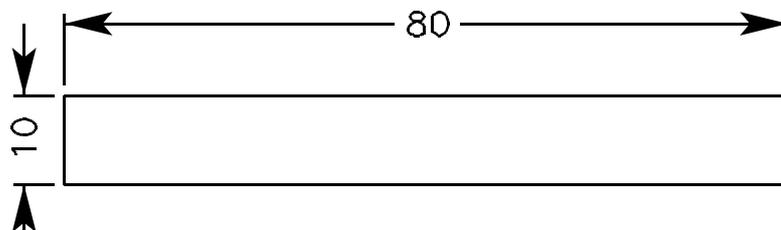


Figura 2 – cuerpo de prueba utilizado en las pruebas de resistencia a la flexión según ISO 178.

Cuerpo de prueba con este grueso requiere que la distancia entre los dos soportes fijos ("span") sea igual a 64,0 mm, como:

:

$$L = (16 \pm 1) \bar{h} \quad (4)$$

donde L = distancia entre los soportes fijos y \bar{h} es el espesor promedio del cuerpo de prueba utilizado.

La tensión real expresada en mega pascal (MPa), se calcula de acuerdo a la ecuación 5.

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (5)$$

Donde:

F es la fuerza aplicada (en Newton);

L es compatible con la distancia entre el fijo, (en mm);

b es el ancho del cuerpo de prueba (en mm) e

h es el grosor del cuerpo de prueba (en mm).

Para el cálculo del módulo de flexión es necesario determinar primero la deformación individual s_1 e s_2 , que corresponde a la flecha en la región lineal inicial de la curva tensión x deformación. Valores de s_1 y s_2 son calculados de acuerdo a la ecuación 6.

$$s_i = \frac{\sum f_i L^2}{6h} \quad (i=1,2) \quad (6)$$

Donde: s es la deflexión individual;

$\sum f_i$ los valores individuales de deformación ($\sum_{f1} = 0,0005$ e $\sum_{f2} = 0,0025$);

L distancia entre soportes fijos

h espesor del cuerpo de prueba.

Así se puede determinarse el módulo de flexión de acuerdo con la ecuación 7:

$$E_f = \frac{\int_{f2} \square \int_{f1}}{\sum_{f2} \square \sum_{f1}} \quad (7)$$

Donde \int_{f1} e \int_{f2} son las tensiones medidas en los puntos de deflexión s_1 e s_2 respectivamente.

Las pruebas se corrieron en un modelo de máquina de prueba universal DL10000 da EMIC, operando con una célula de carga de 500 Kgf. La velocidad de la prueba fue de 2 mm/min, como se sugiere en la norma. Como no hubo ninguna sugerencia para la dirección a tomar para los cuerpos de prueba, ellos fueron tomados perpendiculares a la dirección de extrusión. Las pruebas se corrieron en 23 de febrero de 2006.

Resistencia al impacto Charpy : la prueba se ejecuta de acuerdo al artículo 6.5.3 de la norma NBR ISO 7823-2. La propiedad se determinó según la norma ISO 179 – *plásticos – determinación de Charpy impacto fuerza* ", utilizando un cuerpo de prueba de 80 mm x 10 mm desatadas por el grosor del cuerpo de prueba (ISO 179/1fU), un péndulo de 2J e y un span de 62 mm Esta prueba se ejecutó en febrero de 2006. El equipo utilizado tuvo las siguientes características:

Brand: CEAST

Modelo: RESIL 25R

Este método se utiliza para investigar el comportamiento del cuerpo de prueba específico bajo condiciones definidas de impacto y evaluar la fragilidad o la tenacidad de las muestras dentro de los límites establecidos por las condiciones de prueba. Este método es más aplicable que el definido por la norma ISO 180 (impacto izod) y es más adecuado para probar materiales que pueden presentar fractura cizalla laminar o material que pueda presentar defectos superficiales debido a los aspectos ambientales.

Cuerpos de prueba diferentes pueden ser utilizados para pruebas de impacto Charpy, dependiendo de la forma inicial de la muestra y de la característica que se desea analizar. Los tipos de cuerpo de prueba para ser utilizados pueden encontrarse en la tabla 1.

La elección del método de prueba a ser utilizado depende del tipo del cuerpo de prueba, la talla y la dirección del impacto como puede observarse en la tabla 2.

Tabla 1 – tipos de cuerpo de prueba, dimensiones y span.

Tipo de C.P.	Largo [mm] (l)	Ancho [mm] (b)	Espesor [mm] (h)	Span [mm] (L)
1	80 ± 2	10,0 ± 0,2	4,0 ± 0,2	62 ₀ ^{0,5}
2	25 h			20 h
			3	
3*	(11 ou 13) h	10 ou 15		(6 ou 8) h

* Para materiales que pueden presentar fractura cizalla laminar.

Tabla 2 – especificaciones de métodos

Nombre del método	Tipo de cuerpo de prueba	Dirección Impacto *	Tipo talla	Radio en la base de la talla [mm]	Ancho extra – base de la talla [mm]
ISO 179/1eU				sin talla	
ISO 179/1eA		Edgewise	A	0,25 ± 0,05	8,0 ± 0,2
ISO 179/1eB	1		B	1,00 ± 0,05	8,0 ± 0,2
ISO 179/1eC			C	0,10 ± 0,02	8,0 ± 0,2
ISO 179/1fU		Flatwise		sin talla	

* vea figura 3

El resultado del cálculo de resistencia del impacto al cuerpo prueba sin talla se expresa en kilojulios/ metro cuadrado y es determinado utilizando la siguiente fórmula:

$$a_{CU} = \frac{W \cdot 10^3}{h \cdot b} \quad (8)$$

Al cuerpo de prueba con talla la fórmula a utilizar es la continuación:

$$a_{CU} = \frac{W}{h \cdot b_N} \cdot 10^3 \quad (9)$$

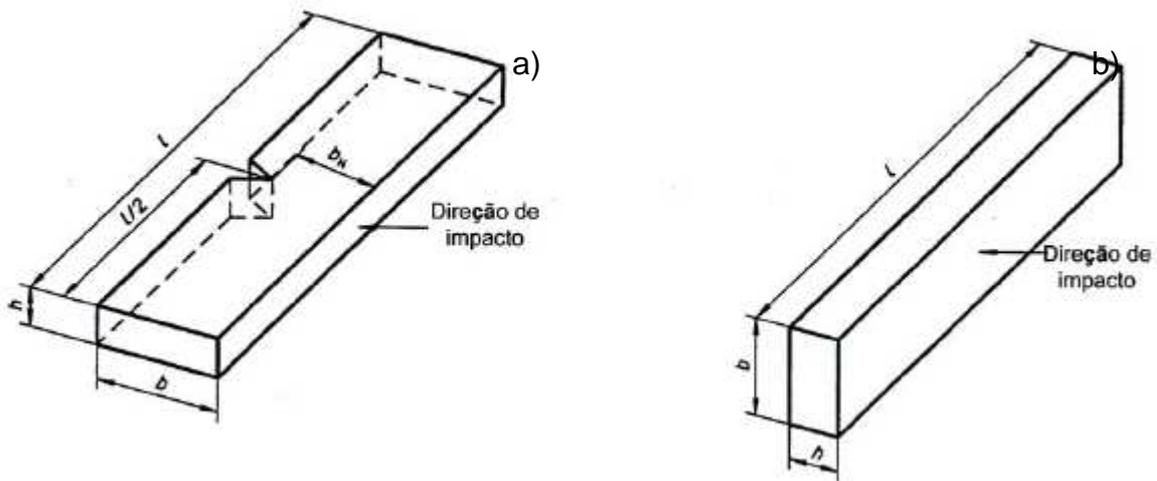


Figura 3 – Dirección de impacto (impact direction): a) edgewise e b) flatwise.

Temperatura de ablandamiento VICAT: se hace de acuerdo al artículo 6.6.1 de la norma NBR ISO 7823-2. Esta propiedad se determinó siguiendo la norma ISO 306 - "materiales plásticos – termoplástico – determinación de la temperatura de ablandamiento VICAT", método B50.

En la prueba, una aguja con punta plana (área $1.000 \pm 0.015 \text{ mm}^2$) y presionada por uno determinado peso se pone en contacto directo con la muestra. El peso sobre la aguja y la velocidad de calentamiento se definen mediante los siguientes métodos:

Método A50: fuerza ($10 \pm 0,2$) N y tasa de (50 ± 5) ° c/h

Método B50: fuerza ($50 \pm 0,2$) N y tasa de (50 ± 5) ° c/h

Método A120: fuerza ($10 \pm 0,2$) N y tasa de (120 ± 5) ° c/h

Método B120: fuerza ($10 \pm 0,2$) N y tasa de de (120 ± 5) ° c/h

La temperatura de ablandamiento de VICAT es la temperatura que se alcanzó cuando la aguja penetra ($1 \pm 0,01$ mm) en la muestra.

Los espesores de las muestras varían entre 3 y 6,5 mm y el área debe ser al menos 10 x 10 mm o un círculo de 10 mm de diámetro.

Lo medio de transferencia de calor es un baño de aceite de silicona en un equipo calibrado con las siguientes características.

Marca: CEAST

Modelo: HDT 6 VICAT P/N 6921

Antes del examen, los cuerpos de prueba se mantuvieron 16 horas a 80 C y fueran dejados para enfriar naturalmente en un desecador. Prueba fue en 08 de marzo de 2006.

Espesor de la placa: hecho según los artículos 4.4.2, 5.2 y 6.4 de la norma NBR ISO 7823-2. La placa fue mantenida en 23 ° C y humedad relativa de 50% - norma ISO 291. La prueba se ejecutó en 22 de febrero de 2006.

Evaluación de apariencia: se hizo de acuerdo al artículo 4.2 de la norma NBR-ISO 7823-2. Se observaron defectos incrustados y en la superficie.

Muestra fue identificada según tabla 3.

Tabla 3 – Identificación de la muestra.

Identificación del cliente *	Código de la muestra - CCDM
Placa cristal 1.016 x 2.007 x 4.00	LCP060158

* Identificación informada por lo cliente.

Resultados:

Los resultados de la resistencia a la tracción se presentan en la tabla 4. El valor del módulo elástico fue obtenido en una prueba hecha con 1 mm/min. Los otros resultados fueron obtenidos con 5 mm/min. El grosor del cuerpo de prueba utilizado es igual al espesor de la placa muestra enviada por el cliente. En la figura 4 es posible observar la curva tensión x deformación. Los valores extremos no fueran considerados en el cálculo.

Tabla 4 - Resultados del teste de Tracción

Muestra	Módulo elástico	Resistencia	Tracción	Deformación en la Tracción
	(MPa)	(MPa)		(%)
LCP060158	3205	68,55		3,68
	3244	68,30		4,53
	3302	65,46		3,23
	3257	67,66		4,14
	3315	68,37		4,85
	3159	67,31		4,02
	3385	69,06		4,79
Media	3267	67,81		4,18
Desviación estándar	75	1,19		0,59

El resultado de la resistencia a la flexión obtenido está presentado en la tabla 5. En la figura 6 es posible observar la curva tensión x deformación para las muestras analizadas en flexión. Los cuerpos de prueba fueron tomados con el mismo grosor de la placa enviada por el cliente.

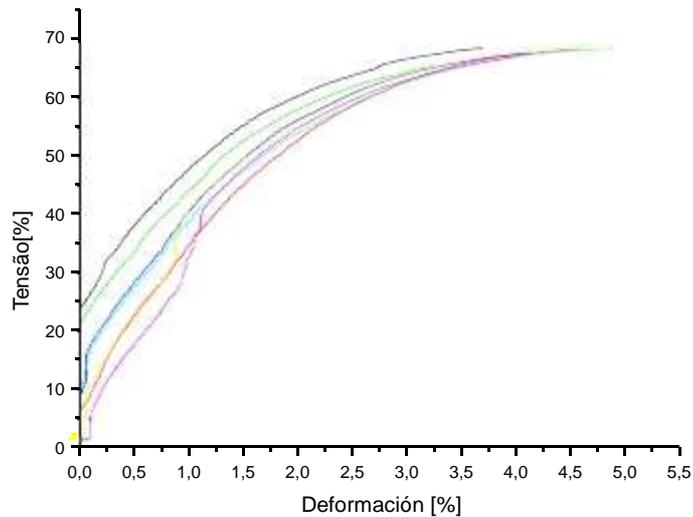


Figura 4 – Curva Tensão x Deformación de muestra LCP060158 bajo tracción a 5 mm/min.

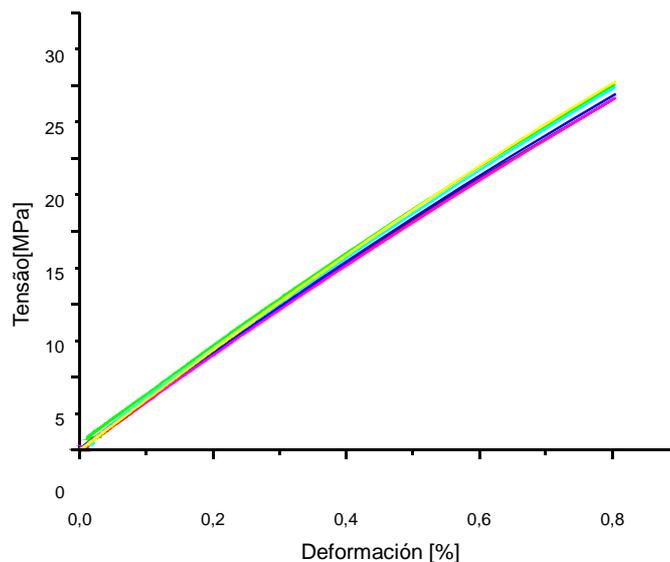


Figura 5 – Curva Tensão x Deformación de muestra LCP060158 bajo tracción a 1mm/min.

Tabla 5 – resultados de las pruebas de resistencia a la flexión.

Muestra	Resistencia a la flexión
	[MPa]
LCP060158	111,77
	111,21
	109,92
	110,94
	108,15
Media	110,4
Desviación estándar	1,4

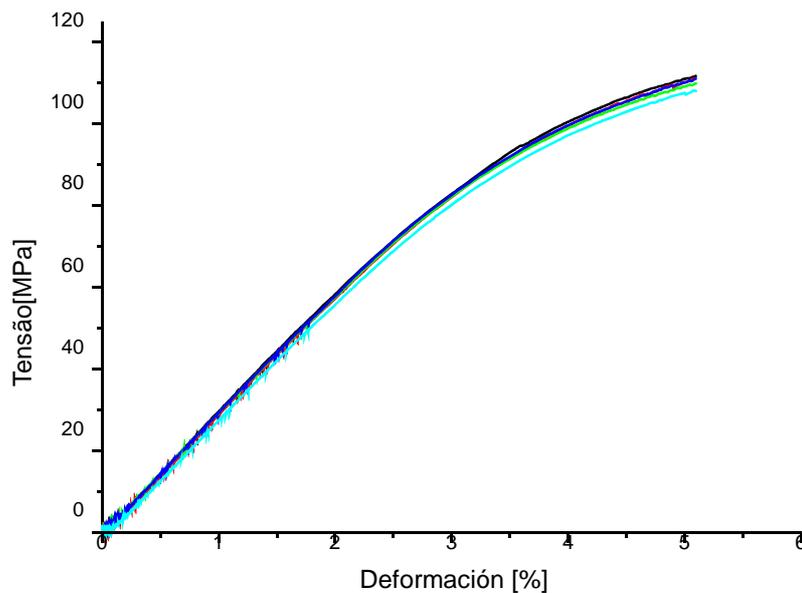


Figura 6 – Curva Tensão x Deformação de amostra LCP060158 bajo flexión.

En el cuadro 7 se presentan los valores de energía absorbida durante el ensayo Charpy. En el cuadro 6 se presentan los resultados de resistencia al impacto Charpy.

Tabla 6 – Resultados de resistencia al Impacto

Muestra	kJ/m ²	
	Media	Desviación estándar
LCP060158	14,32	1,77

Los resultados de temperatura de ablandamiento VICAT están en la tabla 8.

Tabla 7 – Los resultados individuales de energía absorbida.

LCP060158		
Impacto [J]	Energía Residual [J]	Resultado [J]
0,576	0,016	0,560
0,628	0,016	0,612
0,560	0,016	0,544
0,628	0,016	0,612
0,624	0,016	0,608
0,400	0,016	0,384
0,608	0,016	0,592
0,628	0,016	0,612
0,616	0,016	0,600
0,552	0,016	0,536
Media:		0,566
Desviación estándar:		0,070

Tabla 8 – Resultados de la temperatura de ablandamiento VICAT

Muestra	VICAT temperatura ablandamiento [°C]	Media de la temperatura de ablandamiento VICAT [°C]
LCP060158	101,8	101,9
	101,9	
	102,1	

El espesor de la placa se midió con un micrómetro de milésimo y se presenta en el la tabla 9. Se realizaron 10 medidas alrededor de la placa.

Tabla 9 – Espesor de la placa en mm.

LCP060158	
3,971	3,944
4,000	3,965
4,006	3,959
3,966	3,991
3,953	3,956
Media:	3,971
Desviación estándar:	0,021

No se observarán defectos de superficie o incluidos en la área de la muestra analizada LCP060158.

Conclusión

La tabla a continuación presenta un Resumen de los resultados obtenidos así como las especificaciones para cada prueba.

Muestra LCP060158

Propiedad	Unidad	Artículo Norma	Valor Espec.	Valor Obtenido
Resistencia flexión	MPa	6.5.1	110 a115	110,4
Resistencia tracción	MPa	6.5.2	> 60	67,81
Deformación en la tracción	%	6.5.2	>2	4,18
Módulo elástico - tracción	MPa	6.5.2	> 2900	3267
Resistencia Impacto Charpy	KJ/m ²	6.5.3	>8	14,32
Temp. Ablandamiento VICAT	°C	6.6.1	> 88	101,9
Espesor	mm	6.6.3	4 ± 0,4	3,971
Apariencia	-	4.2	Clasificación depreciable/ Aceptable Distribución aceptable	OK



Centro de Caracterização e
Desenvolvimento de Materiais
UFSCar / UNESP

RELATÓRIO DE ENSAIO LCP06-000079

Por lo tanto la muestra LCP060158 cumple los requerimientos de la norma NBR ISO 7823-2 – "Plástico – placas de poli (metacrilato de metilo) – tipos, dimensiones y características – parte 2 – placas extrusionadas y calandradas".

São Carlos, Marzo 8 de 2006.

Eng. Rubens Eduardo dos Santos
Gerente Técnico - Polímeros
CREA/SP 5061453834

A amostragem relativa e este certificado são de responsabilidade do cliente, e estes resultados referem-se apenas aos itens ensaiados (não extensivos a outras amostras). Reproduções devem ser feitas na íntegra.

Via Washington Luiz, Km 235 - Caixa Postal 60
13560-971 - São Carlos - SP - Brasil
Fone (55) (16) 3361 1707 - Fax (55) (16) 3361 1160
E-mail: ccd@ccd.ufscar.br
www.ccdm.ufscar.br