

## Capacidade de Armazenamento de Água de chuva do Pavimento Drenante

*The Capacity of storage of Rain water of Draining Pavement*

*Capacidad de Almacenamiento de Agua de Lluvia de Piso Drenaje*

**Thiago Francisco da Silva Trentin**

Mestre, UNESP, Brasil  
tfstrents@hotmail.com

**Gislaine Bianchi**

Professora Especialista, UNIP, Brasil.  
gbianchi.arq@gmail.com

**Emilly Scherole de Souza**

Graduanda em Engenharia Civil, Unisaesiano, Brasil  
emilly.souza@tecnobens.com.br

## RESUMO

Uma das alternativas para reduzir impactos ambientais em ambientes urbanos é a utilização de pavimentos permeáveis. Este tipo de pavimento é constituído por peças intertravadas de concreto. As juntas entre as peças de concreto e as camadas inferiores de apoio propiciam a percolação de água para o solo como ocorre na natureza antes da impermeabilização. O intuito dessa pesquisa é demonstrar a eficiência em reter água de um tipo de composição de pavimento drenante, o qual utiliza blocos de concreto assentados sobre pedrisco por meio da simulação de chuva sobre um metro quadrado de pavimento. O projeto foi desenvolvido em parceria com a construtora Tecnobens Construções e Incorporações S.A. e a Fabrica de Engrenagem Trentin – ME. A construtora forneceu os materiais (bloco de concreto maciço, pedrisco e água) e auxiliou na confecção do ensaio. A Fabrica de Engrenagem Trentin confeccionou o aparato experimental que simula a chuva. O ensaio foi realizado sobre um pavimento constituído de blocos maciços de concreto assentados sobre pedrisco. Os resultados mostraram que o ensaio experimental é menos conservador que os cálculos teóricos, assim sendo, o pavimento drenante consegue reter um volume ainda maior do que o estipulado numericamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimento. Drenagem. Água de Chuva.

## Abstract

One of the alternatives to reduce environmental impacts in urban environments is the use of permeable pavements. This type of flooring is composed of interlocked pieces of concrete. The joints between the concrete parts and lower support layers provide the water seepage into the soil as it occurs in nature before sealing. The purpose of this study is to demonstrate the efficiency of a water retaining type of drainage pavement composition, which uses concrete blocks seated on gravel through rain simulation on a square meter of flooring. The project was developed in partnership with the construction company Tecnobens Construction and Real Estate Development S.A. and Gear manufactures Trentin - ME. The construction provided the material (solid concrete block, gravel and water) and assisted in the preparation of the test. The Trentin Gear Manufactures concocted the experimental apparatus that simulates the rain. The test was conducted on a floor consisting of settlers concrete massive blocks over frost. The results showed that the experimental test is less conservative than the theoretical calculations, thus, the drainage pavement can retain a greater volume than the stated numerically.

**KEYWORDS:** Floor. Drainage. Rain water.

## RESUMEN

Una de las alternativas para reducir los impactos ambientales en entornos urbanos es el uso de pavimentos permeables. Este tipo de suelo se compone de piezas de hormigón entrelazados. Las juntas entre las piezas de hormigón y las capas de soporte inferiores proporcionan la filtración de agua en el suelo, ya que se produce en la naturaleza antes de sellar. El propósito de este estudio es demostrar la eficacia de un tipo de retención de agua de la composición de pavimento de drenaje, que utiliza bloques de hormigón asentadas sobre grava a través de la simulación de lluvia en un metro cuadrado de suelo. El proyecto fue desarrollado en colaboración con la empresa constructora Tecnobens Construcción y Promoción Inmobiliaria S.A. y Gear fabrica Trentin - ME. La construcción proporciona el material (bloque macizo de hormigón, grava y agua) y la asistencia en la preparación de la prueba. El engranaje Trentin Manufactures inventó el aparato experimental que simula la lluvia. La prueba se realizó en un suelo formado por colonos bloques de hormigón sobre las heladas masiva. Los resultados mostraron que la prueba experimental es menos conservadores que los cálculos teóricos, por lo tanto, el pavimento de drenaje puede retener un volumen mayor que el indicado numéricamente.

**PALABRAS CLAVE:** Suelo. El drenaje. El agua de lluvia.

## 1- INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano é responsável por alterar alguns componentes do ciclo hidrológico natural, como, por exemplo, a diminuição da cobertura vegetal e o aumento da impermeabilização do solo por meio de ruas, calçadas e pátios. Deste modo, a água que antes infiltrava pelos solos naturais, passa a escoar por meio de condutos, os quais, por sua vez, contribuem para a antecipação dos picos de vazão nas bacias e conseqüentemente formando as enchentes.

Em síntese, numa bacia rural (sem urbanização), toda a chuva precipitada que incida na mesma apresentará um montante final menor de água nos rios em relação a uma bacia urbana, a qual, por sua vez, carrega para os rios quase que a totalidade da precipitação da bacia.

Uma das alternativas para reduzir estes impactos é a utilização de pavimentos permeáveis. Este tipo de pavimento é constituído por peças intertravadas de concreto. As juntas entre as peças de concreto e as camadas inferiores de apoio propiciam a percolação de água para o solo como ocorre na natureza antes da impermeabilização. Na figura 1 é mostrado o detalhe esquemático de um pavimento drenante.

Como exemplo, na figura 1, a camada de assentamento possui espessura de 50 mm e tem como principal função fornecer uma superfície uniforme para o assentamento das peças de concreto pré-moldado. Salienta-se que a função da base e a sub-base é de atuar como camada de suporte do pavimento resistindo a ação das cargas verticais. Além disso, essas camadas funcionam como um reservatório natural facilitando a percolação de água ao solo. (MARCHIONI e SILVA, 2010).

Figura 1- Seção tipo de pavimento impermeável

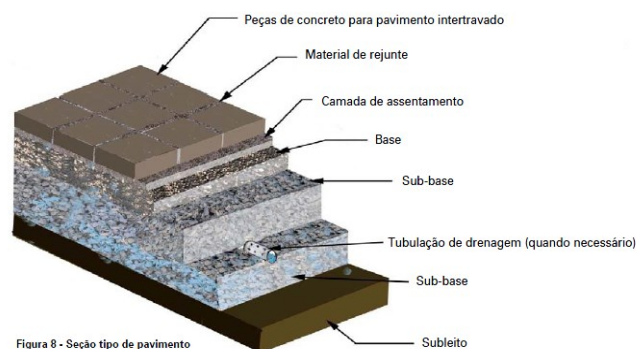


Figura 8 - Seção tipo de pavimento intertravado permeável

Fonte: MARCHIONI e SILVA, 2010, p. 10

A utilização de tubos de drenagem é facultativa, sendo necessária em solos pouco permeáveis e dessa forma evita-se que a água permaneça muito tempo na estrutura do pavimento. No entanto tal procedimento fará com que grande parte da água captada pelo sistema de piso drenante seja despejada nas ruas e condutos, os quais, contribuirão ainda para a formação de enchentes.

O pavimento drenante surgiu no império romano, onde cortavam as pedras do mesmo tamanho e as assentavam umas ao lado das outras formando uma pavimentação, ICPI - INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2011. Com o passar do tempo, estas técnicas foram substituídas por blocos de concreto de mesmas dimensões, e desenhos diferenciados que pudessem intertravar as peças assentadas.

Segundo a ABCP, o pavimento intertravado de concreto é um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e subbase), seguida por camada de revestimento constituída de peças de concreto sobrepostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento, esse intertravamento é responsável por suportar cargas como pessoas caminhando ou até mesmo o tráfego de veículos.

A resistência do Pavimento intertravado, depende da resistência do bloco de concreto, do adensamento feito no solo e do rejuntamento, este ultimo interfere menos na resistência a movimentação e peso, porém é essencial na resistência da aderência do pavimento ao solo. Na figura 2 é mostrada a seção transversal do Pavimento.

Figura 2 :Estrutura do pavimento



Fonte: ABCP (2013)

Este pavimento, além de ter capacidade de melhorar o conforto térmico e lumínico dos estacionamentos e passeios públicos por serem de cor clara, ainda tem a capacidade de absorver as águas pluviais que escoam sobre o mesmo. Esta capacidade caracteriza-se pela porosidade das próprias peças, e também pelo rejunte das mesmas que é permeável.

O processo de fabricação é controlado pela norma NBR 9781/87:Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e métodos de ensaio que defini as características de fabricação do pavimento intertravado em relação a dimensões, resistência, característica a compressão, como demonstra tabela 1.

Tabela 1- dimensões mínimas de peças de concreto para pavimento

Resumo das especificações		
Dimensão (mm)		Tolerâncias (mm)
Comprimento máximo	400	±3
Altura mínima	60	±5
Largura mínima	100	±3
Resistência característica a compressão (MPa)		Tolerâncias (MPa)
Tráfego de veículos leves, calçadas		≥ 35
Tráfego de veículos pesados, desgaste por atrito.		≥ 50

Fonte: NBR 9781/87

A utilização deste tipo de piso atualmente tem se tornado mais comum, porém não há órgãos ou instrumentos de regulamentação que os avalie na capacidade de absorção da água, em contra partida ao uso de caixas coletoras. Todavia, quando utilizamos esse tipo de pavimentação, a água segue seu curso comum até atingir a jusante de forma natural.

## 2- OBJETIVO

A pesquisa tem como objetivo demonstrar a eficiência em reter água de um tipo de composição de pavimento drenante, o qual utiliza blocos de concreto assentados sobre pedrisco por meio da simulação de chuva sobre um metro quadrado de pavimento.

## 3- MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1- Materiais

O projeto foi desenvolvido em parceria com a construtora Tecnobens Construções e Incorporações S.A. e a Fabrica de Engrenagem Trentin – ME. A construtora forneceu os materiais (bloco de concreto maciço, pedrisco e água) e auxiliou na confecção do ensaio. A Fabrica de Engrenagem Trentin confeccionou o aparato experimental que simula a chuva. Os materiais utilizados para a confecção do ensaio encontram-se nas figuras de 3 a 6.

Figura 3 – Pedrisco

Índice de vazios igual a 52,4 % (ENSAIO EM ANEXO)



Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016

Figura 4 – Bloco maciço de concreto (20x10x6 cm)



Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016

Figura 5 – Água



Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016

Figura 6 – Aparato de ensaio



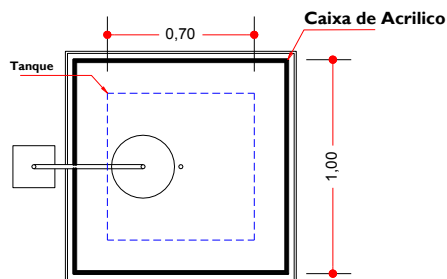
Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016

### 3.2- Montagem do aparato experimental

O equipamento foi dimensionado para que simulasse a capacidade de infiltração de 1 m<sup>2</sup> de pavimento intertravado. Logo a dimensão da caixa superior é de 1 x 1 x 0,35 m. Na parte inferior da primeira caixa foi alocado um tanque de 0,7 X 0,7 X 0,4 m. Para que houvesse a simulação da chuva foi acoplada uma bomba ao tanque inferior. As figuras 7 e 8 mostram, respectivamente, a vista superior e a elevação do aparato de ensaio descrito anteriormente.

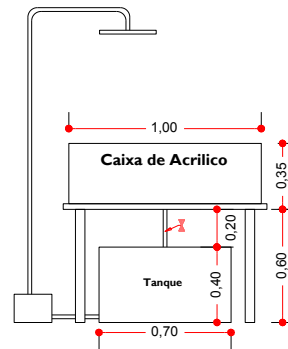


Figura 7 – Vista superior da caixa de acrílico e do tanque



Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016

Figura 8 – Elevação mostrando as duas caixas



Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016

Após de acoplar a bomba na caixa inferior e a caixa de acrílico estar montada iniciou-se a confecção do pavimento drenante no interior da caixa de acrílico. Optou-se por realizar o experimento utilizando uma camada de pedrisco de quinze centímetros de espessura, pois essa é medida utilizada pela Tecnobens construções e Incorporações. Na sequência, foi assentado o bloco de concreto maciço (Figura 9) e esse último foi coberto com pedrisco para que isso propiciasse o rejuntamento do pavimento (Figura 10). A Figura 11 mostra o pavimento finalizado e pronto para ser ensaiado.

Figura 9 – Assentamento



Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016

Figura 10 – Rejuntamento



Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016

Figura 11 – Pavimento final



Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016

### 3.3- Execução do ensaio

#### 3.3.1 – Etapa 1

Com o pavimento pronto, o pedrisco totalmente seco e o registro inferior da caixa de acrílico fechado, iniciou-se o ensaio ao ligar a bomba e lançar água sobre o conjunto (Figura 12). Para obtenção do volume de água, que foi colocado sobre o pavimento, mediu-se a altura da água do tanque inferior no início e no final do ensaio (Figura 13). Estabeleceu-se que o final do ensaio ocorre quando a água exsuda logo a cima do bloco de concreto maciço (Figura 14).

#### 3.3.1 – Etapa 2

Após a execução do primeiro teste o registro inferior da caixa de acrílico foi aberto e água esgotada (Figura 15), porem o pedrisco permanece úmido. Com isso repetiu-se os procedimentos executados na etapa 1 e o volume de água foi calculado. Está etapa foi feita para simular o pavimento saturado recebendo uma nova chuva.

Figura 12 – Execução do ensaio

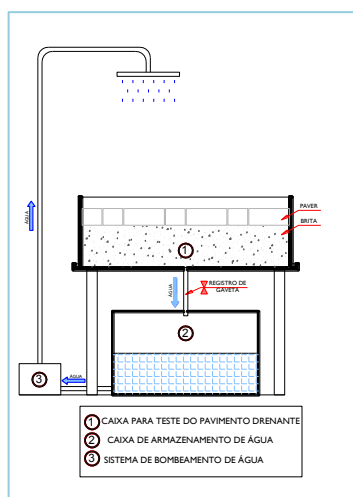


Figura 14 - Pavimento após a exsudação

Figura 13 – Medição altura de água



Figura 15 Registro inferior aberto.





Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016



Fonte: TRENTIN & BIANCHI, 2016

## 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Etapa 1 – Pavimento seco

#### a) Variação de altura de água:

A altura inicial ( $h_0$ ) e final ( $h_f$ ) do taque inferior foram numericamente iguais a 40 cm e 21,5 cm respectivamente. Logo a variação de altura ( $\Delta h$ ) foi igual a 18,5 cm.

#### b) Calculo do volume precipitado sobre o pavimento

$$\text{Vol} = \Delta h \cdot A_{(\text{BASE DO TANQUE})}$$

$$\Delta h = 18,5 \text{ cm}$$

$$A = 70 \times 70 = 4900 \text{ cm}^2$$

$$\text{Vol} = 18,5 \cdot 4900 = 90650 \text{ cm}^3$$
$$\text{Vol} = 90650 \text{ cm}^3 = 90,65 \text{ litros}$$

#### c) Chuva de projeto

Como a área do pavimento ensaiada possui 1 m<sup>2</sup> o pavimento suportou uma chuva equivalente a 90,65 mm, uma vez que, 1 mm corresponde a 1 litro por m<sup>2</sup>.

## 4.2 – Etapa 2 – Pavimento saturado

### a) Varição de altura de água:

A altura inicial ( $h_0$ ) e final ( $h_f$ ) do taque inferior foram numericamente iguais a 40 cm e 30 cm respectivamente. Logo a variação de altura ( $\Delta h$ ) foi igual a 10 cm.

### b) Calculo do volume precipitado sobre o pavimento

$$\text{Vol} = \Delta h \cdot A_{(\text{BASE DO TANQUE})}$$

$$\Delta h = 10 \text{ cm}$$

$$A = 70 \times 70 = 4900 \text{ cm}^2$$

$$\text{Vol} = 10 \cdot 4900 = 49000 \text{ cm}^3$$
$$\text{Vol} = 90650 \text{ cm}^3 = 49 \text{ litros}$$

### c) Chuva de projeto

Como a área do pavimento ensaiada possui  $1 \text{ m}^2$  o pavimento suportou uma chuva equivalente a 49 mm, uma vez que, 1 mm corresponde a 1 litro por  $\text{m}^2$ .

## 4.3 – Etapa 2 – Calculo teórico

Para verificação do ensaio calculou-se o volume retido pelos vazios do pedrisco por meio dos seus índices físicos extraídos em laboratório.

### a) Variáveis de calculo

Índice de vazios do pedrisco ( $e$ ) = 45 %

Comprimento da caixa ( $b$ ) = 1 m

Largura da caixa ( $l$ ): 1 m

Espessura ( $e$ ): 0,15 m

$V_v$  = Volume de vazios;

$V_a$  = Volume de água;

b) Cálculo da espessura:

$$V_{tot} = e \cdot b \cdot l \rightarrow V_{tot} = 0,15 \cdot 1 \cdot 1 = 0,15 \text{ m}^3$$

c) Cálculo do volume de sólidos (pedrisco):

$$V_{tot} = V_{(sólidos)} + V_{(vazios)} \quad (V_{(vazios)} = V_{(água)})$$

$$V_{tot} = V_s + V_a$$

$$e = V_v/V_s \rightarrow V_v = 0,45 V_s$$

$$V_{tot} = V_s + 0,45 V_s$$

$$V_{tot} = 1,45 V_s \rightarrow V_s = V_{tot}/1,45 \rightarrow V_s = 0,15/1,45 = 0,103 \text{ m}^3$$

Logo o volume de água efetivamente armazenado é numericamente igual á:

$$V_a = V_{tot} - V_s$$

$$V_a = 0,15 - 0,103 = 0,047 \text{ m}^3 = 47 \text{ litros}$$

Logo o pavimento drenante suporta uma chuva de 47 mm/h por meio dos cálculos realizados.

#### 4.4 – Comparação de resultados obtidos

A tabela 2 mostra as três chuvas de projetos obtidas por meio das análises feitas. Nota-se que os dados obtidos por meio do ensaio são maiores do que os dados obtidos teoricamente. Este fato pode ter ocorrido por causa da forma de assentamento, na qual, foi utilizado o pedrisco e dessa maneira o próprio pavimento tem uma capacidade de retenção de água e não somente o camada de pedrisco “colchão drenante” subjacente.

Tabela 2- Chuvas de projeto obtidas

Etapa 1 – Pavimento seco	Etapa 2 – Pavimento saturado	Etapa 3 – Cálculo Teórico
90,65 mm	49 mm	47 mm

Fonte: TRENTIN &amp; BIANCHI, 2016

## 5- CONCLUSÃO

O pavimento drenante é uma solução adequada a manter a permeabilidade do solo, sem abrir mão do conforto da pavimentação, o mesmo pode absorver a água de chuva e reconduzi-la ao lençol freático de forma natural. Os resultados mostraram que o ensaio experimental é menos conservador que os cálculos teóricos, assim sendo, o pavimento drenante consegue reter um volume ainda maior do que o estipulado numericamente.

Comprova-se que a utilização desse tipo de pavimento é válida sob o ponto de vista ambiental, no entanto, é necessário o estabelecimento de novas normas que auxiliem no dimensionamento desse tipo de pavimento. Isto se faz necessário, pois, as empresas necessitam de subsídios para que o dimensionamento não seja anti econômico, haja vista que, comprovou-se, nessa pesquisa, que 15 cm de pedrisco na sub base é o suficiente para armazenar 49 mm, em condições saturadas, o que, corresponde a uma chuva de grandes proporções. Logo é preciso que se maior racionalização tanto por parte da normatização quanto por parte das empresas em utilizar esse tipo de pavimento.

Além dos benefícios acima citados, destaca-se um a longo prazo que é de extrema importância ao urbanismo da cidade: a água seguindo seu curso natural, deixa de ir para dutos e galerias na infra estrutura urbana, a qual será eficiente por muito mais tempo, ao invés disso, da maneira tradicional, a mesma infra estrutura deve passar por redimensionamentos sempre que a cidade tiver um numero cada vez maior de área pavimentada tradicionalmente.

## AGRADECIMENTO

Fabrica de Engrenagem Trentin; Tecnobens Construções e Incorporações S.A;  
JN – Terraplenagem e Pavimentação Ltda.

## REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15953 **Pavimento Intertravado com Peças de Concreto- Execução**. 2011.

\_\_\_\_\_.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Execução e Manutenção de Pavimento Intertravado**. Disponível em: [http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2016/03/PRESSKIT\\_ABCP2011\\_2012.pdf](http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2016/03/PRESSKIT_ABCP2011_2012.pdf) Acesso em 03 de jun. 2016.

\_\_\_\_\_.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781:**Peças de Concreto para Pavimentação**.1987

INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE (ICPI), **Permeable Interlocking Concrete Pavements Manual - Design, Specification, Construction, Maintenance (4th Ed.)**, .Disponível em: <https://www.icpi.org/node/2750>. Acesso em 16 de ago. de 2016

INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE (ICPI), **Structural Design of Interlocking Concrete Pavement for Roads and Parking Lots**, 2011. [http://www.icpi.org/sites/default/files/Tech\\_Spec\\_4\\_web.pdf](http://www.icpi.org/sites/default/files/Tech_Spec_4_web.pdf). Acesso em 14 de ago. de 2016

MARCHIONI, M., SILVA, C.O, 2010, "**Dimensionamento de Pavimentos Intertravados Permeáveis**". 40ª RAPv - Reunião Anual de Pavimentação, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 26-28 Outubro 2010

MARTINS, Ronaldo Miotto. **Análise da capacidade de infiltração do pavimento intertravado de concreto**. 2014. 48 f. . Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010. 36p.

### ANEXO



Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação

#### RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2629 / 2015

Pág: 2 / 3

#### 3. EQUIPAMENTOS

<u>Descrição</u>	<u>Patrimônio</u>	<u>Cert. de Calibração</u>	<u>Validade</u>
Balança Eletrônica	01-012-99	BA 016-03-15	03/2016
Peneira	18-010-99	21125	07/2015
Peneira	18-012-99	69912-104	11/2016
Indicador de Temperatura com Sensor	77-002-13	LV 00166-15	01/2016

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

##### 4.1. Determinação da Absorção e da Massa Específica em Agregado Graúdo

Absorção:	0,4%
Massa específica aparente:	2,88 g/cm <sup>3</sup>
Massa específica seca:	2,85 g/cm <sup>3</sup>
Massa específica saturada superficialmente seca:	2,86 g/cm <sup>3</sup>

##### 4.2. Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios – Método "C"

Massa Unitária de agregado em estado solto:	1510 kg/m <sup>3</sup>
Índice de Volume de Vazios	52,7%

##### 4.3. Determinação da Abrasão Los Angeles em Agregados

Abrasão Los Angeles:	15,5%
----------------------	-------

##### 4.4. Determinação da massa específica e massa específica aparente de agregado miúdo

Massa específica aparente seca:	3,54 g/cm <sup>3</sup>
Massa específica saturada superficialmente seca:	3,70 g/cm <sup>3</sup>
Massa específica:	4,21 g/cm <sup>3</sup>

Este documento tem significação restrita e diz respeito tão somente à amostra ensaiada. Sua reprodução só poderá ser total e depende da aprovação formal deste laboratório.

Laboratório de Ensaios de Materiais

Av. Nicolau Zarvos, 1925 • Jardim Aeroporto • Lins, São Paulo • CEP: 16401-371  
Fone: (14) 3533-3222 • Fax: (14) 3533-3248 • CNPJ: 51.665.727/0001-29 • IE: Isenta  
www.ceteclins.com.br • lem@ceteclins.com.br