



# SHS

SOLUÇÃO HABITACIONAL SIMPLES

## Módulo 3: MATERIAIS (Tijolo solo-cimento)

### Aula 3.2: Ensaio pré-fabricação



Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))

#### Realização



#### Apoio / colaboração



#### Patrocínio



#### Agradecimentos

Pelo uso das instalações dos laboratórios do Núcleo de Materiais e Tecnologias Sustentáveis POLI/COPPE/UFRJ, do Laboratório de Modelos Estruturais da POLI/UFRJ, do Laboratório de Hidráulica Computacional da COPPE/UFRJ, dos laboratórios de engenharia civil da UFRJ Macacé e do Departamento de Construção Civil da POLI/UFRJ. Pelo apoio do Núcleo de Pesquisa em Planejamento e Gestão da POLI/UFRJ. Pela cessão de material audiovisual a Márcio Albuquerque Buson, Francisco Carlos Aguiar, Marcelo Tadeu Cruz e Silva, José Humberto Trivisan. Pelo apoio jurídico da Agência de Inovação da UFRJ. Pelo apoio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



### **Idealização e coordenação do Projeto SHS:**

**Leandro Torres Di Gregorio**

### **Orientadores da equipe de Materiais:**

**Gustavo Vaz de Mello Guimarães**

**Leandro Torres Di Gregorio**

### **Apoio**

**Equipe NUMATS POLI/COPPE UFRJ**

**Matheus Candal Reis Fernandes**

**Wilson Wanderley Silva**

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

### **Alunos colaboradores da equipe Materiais:**

**Alfeu Ferreira Rocha**

**Ana Carolina Bezerra Benigno**

**Ana Cláudia Cruz H. da Silva**

**Caroline Archanjo do Nascimento da Cunha**

**César Leonardo Melucci**

**Daniel Aloysio Shiguematsu Menezes Freitas Lima**

**Gabriel Martins Lobo**

**Jac-Ssone Alertte**

**João Pedro Bernardo de Freitas**

**Julião Ferreira de Sousa**

**Luiza de Oliveira Ribas**

**Marcelo Pereira Benvenuti Junior**

**Maria Gabriela do Nascimento Paixão**

**Marina Costa Urquiza Tenório**

**Matheus Santos Rodrigues**

**Will Personne Lavard Theard**

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## ROTEIRO

1. PREPARAÇÃO INICIAL DAS AMOSTRAS
2. TESTE DE RETRAÇÃO (CANALETA)
3. TEOR DE UMIDADE, LL, LP E DENSIDADE REAL DOS GRÃOS
4. GRANULOMETRIA DO SOLO (PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO)
5. RESUMO

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaios Pré-fabricação

### 1. PREPARAÇÃO INICIAL DAS AMOSTRAS

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 1.1. Introdução

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### INTRODUÇÃO

A preparação inicial do solo deverá ser realizada com o material (solo) coletado nas jazidas escolhidas anteriormente.

Essa preparação precede todos os testes antes da fabricação dos tijolos solo-cimento.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 1.2. Objetivos

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### OBJETIVOS

- Objetivo geral: preparar o solo para a realização dos testes antes da fabricação do tijolo solo-cimento.
- Objetivos específicos: obter uma quantidade representativa de solo para a realização dos testes antes da fabricação do tijolo solo-cimento.
  - Secar o solo;
  - Desmanchar os torrões de solo;
  - Homogeneizar o solo;
  - Quartear o solo.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 1.3. Materiais e Equipamentos

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Local protegido de chuva (p. ex. galpão - área ventilada com, no mínimo 30m<sup>2</sup>);
- Estufa ou forno (temperatura em torno de 100°C);
- Máquina de triturar solo (destorroador mecânico);
- Almofariz de porcelana e mão de gral com cápsula de borracha (rolo de macarrão);
- Bandejas grandes (0,8m x 0,6m; 1,2m x 1,0m);
- Peneira com abertura da malha de 5mm (peneira de café);
- Colher de pedreiro;
- Pá de concha quadrada;
- Enxada média ou grande.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS



*Estufa de secagem.*



*Forno de secagem.*

Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS



*Baldes plásticos.*



*Bandeja de alumínio.*



*Máquina de triturar solo.*



*Mão de gral*  
*Almofariz*  
*Almofariz e mão de gral.*



*Rolo de macarrão.*

Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- Peneira abertura de 5mm;
- Enxada;
- Pá;
- Colher de pedreiro.



*Peneira de café (#5mm).*



*Enxada, pá e colher de pedreiro.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 1.4. Procedimento para a preparação inicial das amostras

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.



## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### METODOLOGIA

- A metodologia descrita a seguir foi **adaptada** da *NBR 6457/86 - Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização* e a partir da experiência dos profissionais envolvidos no projeto.
- A metodologia será apresentada conforme as etapas: secagem do solo, desmanche dos torrões de solo, homogeneização do solo, e quarteamento do solo.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### SECAGEM DO SOLO

- Para cada furo da malha do local de estudo deve ser retirada uma quantidade de 60kg do solo. A metade desta quantia (30kg) deverá ser armazenada e a outra metade (30kg) colocada para secar.
- O solo deve ser colocado para secar em uma única camada, máximo 20 centímetros de espessura. A secagem deve ser realizada em local limpo, amplo, ventilado e coberto, até que seja atingida a umidade ambiente, por pelo menos 48h.

**OBS:** Caso o solo esteja muito úmido (“molhado”), pode-se secá-lo ao sol ou em estufa/fogão (temperatura máxima 110°C) e depois deixar em local coberto por 24h. *Buscar a opção mais viável e menos agressiva ao meio ambiente.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### SECAGEM DO SOLO



Solo secando em área coberta e ventilada.



Solo secando na estufa.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### DESMANCHE DOS TORRÕES (\*) DE SOLO

- a) O desmanche dos torrões de solo poderá ser realizado com um destorroador mecânico (atenção especial para os equipamentos de proteção individual - EPI).
- b) O solo deverá ser introduzido, com auxílio de um balde, aos poucos no triturador (cerca de 10kg de cada vez). **Deve-se atentar para não introduzir pedras ou matacões misturados ao solo no equipamento. Neste caso, uma coleta seletiva deverá ser cuidadosamente realizada.** Outro balde (ou bandeja) na saída do equipamento será responsável pela coleta do material triturado.
- c) *Nesta preparação inicial do solo não existe a necessidade dele ser totalmente destorroadado. É importante observar que os torrões de solo deverão ser desmanchados com o intuito, apenas, de passar na "peneira de café", cuja malha tem abertura, de cerca, de 5 milímetros.*

*OBS: Caso não se disponha de um destorroador mecânico de solo poderá ser utilizado o almofariz com mão de gral ou, ainda, bandejas com um simples rolo de "macarrão".*

(\*) os torrões são aglomerados de partículas de solo formados naturalmente ou devido ao processo de secagem imposto.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### DESMANCHE DOS TORRÕES DE SOLO



Torrão de solo e passagem do solo no triturador mecânico.

Alternativa - Torrões sendo desmanchados no almofariz com mão de gral e na bandeja com rolo de macarrão.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### HOMOGENEIZAÇÃO DO SOLO

- a) Todo solo que passou pelo processo anterior deverá ser juntado em uma pilha em uma área ampla e limpa.
- b) Com o auxílio da enxada o solo deverá ser misturado até que toda a massa de solo esteja homogênea, ou seja, com a mesma aparência (em relação ao tamanho dos grãos).

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### HOMOGENEIZAÇÃO DO SOLO



*Porções de solo para serem misturadas.*



*Solo sendo misturado até homogeneização.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### QUARTEAMENTO DO SOLO

- a) Com auxílio de uma pá a pilha homogênea de solo formada no processo anterior deverá ser dividida em quatro partes visualmente iguais.
- b) Duas metades diametralmente opostas devem ser armazenadas em sacos plásticos resistentes.
- c) As outras duas metades serão peneiradas em “peneira de café” e o volume que passar pela peneira será utilizado para a realização dos testes antes da fabricação dos tijolos solo-cimento.
- d) O restante, ou seja, o que ficou retido na “peneira de café” será descartado.

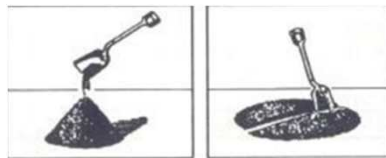
Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



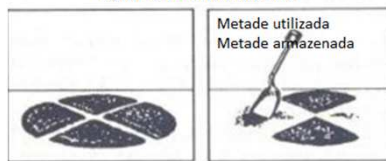
Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### QUARTEAMENTO DO SOLO



Quarteamento do solo



Metade utilizada  
Metade armazenada

Esquema de processo de quarteamento do solo.



Metade do solo sendo armazenado e metade peneirado.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### ATENÇÃO

A seguir serão detalhados os testes antes da fabricação dos tijolos solo-cimento. Estes testes serão realizados em porções de solo, que são as **amostras**.

Cada teste requer um tipo de preparo específico, além de todo aquele que foi descrito inicialmente.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))




Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

## 2. TESTE DE RETRAÇÃO

Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))




Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 2.1. Objetivos

Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### OBJETIVOS

- Objetivo geral: verificar a vulnerabilidade do solo de se contrair quando inundado com água.
- Objetivos específicos: quantificar e medir as fissuras/trincas formadas em moldes de solo inundado com água.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 2.2. Materiais e Equipamentos

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### TESTES DE RETRAÇÃO

- Materiais e equipamentos necessários:
  - Molde com, pelo menos, três canaletas de madeira: 60cm (comprimento) x 8cm (largura) x 3,5cm (profundidade);
  - Pincel ou trincha de 1”;
  - Óleo queimado (óleo de cozinha);
  - Balde plástico (capacidade 10kg);
  - Colher de pedreiro.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



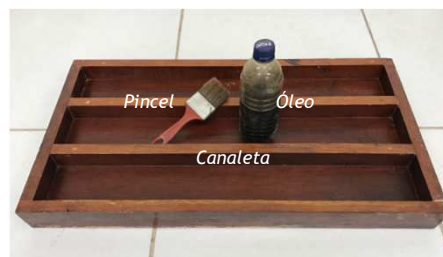
Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS



Balde plástico e colher de pedreiro.



Molde com canaletas, óleo queimado e pincel 1”



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.



## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 2.3. Procedimento para o teste de retração

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

O solo obtido na preparação inicial deverá ser misturado com água em um balde com auxílio da colher de pedreiro. A consistência da mistura deverá ser a mesma de um argamassa para emboço (usada na construção civil).



*Mistura sendo realizada.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO

- Passa-se (unta-se) o óleo queimado nas canaletas (em todas as faces);
- Lançada a mistura de uma altura constante (cerca de 30cm) com a colher de pedreiro preenchendo todos os espaços das canaletas;
- Após todo preenchimento a própria colher de pedreiro deverá ser utilizada para rasar as canaletas. Este procedimento visa retirar todo excesso da mistura, deixando a superfície o mais plana possível;
- Deixar a mistura em repouso (em local coberto) por 7 dias.

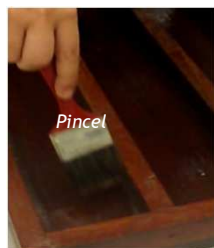
Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO



Untando canaleta com óleo queimado.



Lançamento do solo, processo de rasamento e solo em repouso.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RESULTADOS

Após 7 dias, é desejável que solo não tenha fissurado/trincado e nem esteja afastado das extremidades da canaleta mais do que 2cm no total (mais do que isso tendem a ser solos muito argilosos).

Caso as fissuras/trincas tenham ultrapassado esse limite existem indícios que o solo, para ser utilizado, precisaria de uma correção com areia. Nesse caso, deve-se adicionar areia à amostra original o mínimo possível e repetir o procedimento até que o limite seja respeitado.

OBS: Deve-se avaliar a viabilidade desse procedimento frente à utilização de outra jazida.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

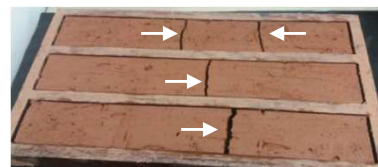
## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RESULTADOS

- Fissuras/trincas;
- Afastamento das extremidades;
- Medição com paquímetro.



Medição do afastamento com paquímetro digital.



Fissuras/trincas e afastamento das extremidades.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaios Pré-fabricação

**EXEMPLO**

The drawing shows a brick mold with various dimensions. The top part is a photograph of the physical mold. Below it is a hand-drawn technical drawing with dimensions in millimeters. The dimensions are as follows:

Dimension	Value (mm)
Top width	1,30
Left side 1	5,59
Left side 2	6,12
Left side 3	5,77
Left side 4	5,40
Left side 5	5,90
Left side 6	6,03
Left side 7	6,02
Left side 8	6,02
Left side 9	6,02
Left side 10	6,02
Left side 11	6,02
Left side 12	6,02
Left side 13	6,02
Left side 14	6,02
Left side 15	6,02
Left side 16	6,02
Left side 17	6,02
Left side 18	6,02
Left side 19	6,02
Left side 20	6,02
Left side 21	6,02
Left side 22	6,02
Left side 23	6,02
Left side 24	6,02
Left side 25	6,02
Left side 26	6,02
Left side 27	6,02
Left side 28	6,02
Left side 29	6,02
Left side 30	6,02
Left side 31	6,02
Left side 32	6,02
Left side 33	6,02
Left side 34	6,02
Left side 35	6,02
Left side 36	6,02
Left side 37	6,02
Left side 38	6,02
Left side 39	6,02
Left side 40	6,02
Left side 41	6,02
Left side 42	6,02
Left side 43	6,02
Left side 44	6,02
Left side 45	6,02
Left side 46	6,02
Left side 47	6,02
Left side 48	6,02
Left side 49	6,02
Left side 50	6,02
Left side 51	6,02
Left side 52	6,02
Left side 53	6,02
Left side 54	6,02
Left side 55	6,02
Left side 56	6,02
Left side 57	6,02
Left side 58	6,02
Left side 59	6,02
Left side 60	6,02
Left side 61	6,02
Left side 62	6,02
Left side 63	6,02
Left side 64	6,02
Left side 65	6,02
Left side 66	6,02
Left side 67	6,02
Left side 68	6,02
Left side 69	6,02
Left side 70	6,02
Left side 71	6,02
Left side 72	6,02
Left side 73	6,02
Left side 74	6,02
Left side 75	6,02
Left side 76	6,02
Left side 77	6,02
Left side 78	6,02
Left side 79	6,02
Left side 80	6,02
Left side 81	6,02
Left side 82	6,02
Left side 83	6,02
Left side 84	6,02
Left side 85	6,02
Left side 86	6,02
Left side 87	6,02
Left side 88	6,02
Left side 89	6,02
Left side 90	6,02
Left side 91	6,02
Left side 92	6,02
Left side 93	6,02
Left side 94	6,02
Left side 95	6,02
Left side 96	6,02
Left side 97	6,02
Left side 98	6,02
Left side 99	6,02
Left side 100	6,02
Right side 1	7,99
Right side 2	8,27
Right side 3	9,31
Right side 4	5,79
Right side 5	5,45
Right side 6	5,63
Right side 7	5,90
Right side 8	5,14
Right side 9	5,01
Right side 10	5,01
Right side 11	5,01
Right side 12	5,01
Right side 13	5,01
Right side 14	5,01
Right side 15	5,01
Right side 16	5,01
Right side 17	5,01
Right side 18	5,01
Right side 19	5,01
Right side 20	5,01
Right side 21	5,01
Right side 22	5,01
Right side 23	5,01
Right side 24	5,01
Right side 25	5,01
Right side 26	5,01
Right side 27	5,01
Right side 28	5,01
Right side 29	5,01
Right side 30	5,01
Right side 31	5,01
Right side 32	5,01
Right side 33	5,01
Right side 34	5,01
Right side 35	5,01
Right side 36	5,01
Right side 37	5,01
Right side 38	5,01
Right side 39	5,01
Right side 40	5,01
Right side 41	5,01
Right side 42	5,01
Right side 43	5,01
Right side 44	5,01
Right side 45	5,01
Right side 46	5,01
Right side 47	5,01
Right side 48	5,01
Right side 49	5,01
Right side 50	5,01
Right side 51	5,01
Right side 52	5,01
Right side 53	5,01
Right side 54	5,01
Right side 55	5,01
Right side 56	5,01
Right side 57	5,01
Right side 58	5,01
Right side 59	5,01
Right side 60	5,01
Right side 61	5,01
Right side 62	5,01
Right side 63	5,01
Right side 64	5,01
Right side 65	5,01
Right side 66	5,01
Right side 67	5,01
Right side 68	5,01
Right side 69	5,01
Right side 70	5,01
Right side 71	5,01
Right side 72	5,01
Right side 73	5,01
Right side 74	5,01
Right side 75	5,01
Right side 76	5,01
Right side 77	5,01
Right side 78	5,01
Right side 79	5,01
Right side 80	5,01
Right side 81	5,01
Right side 82	5,01
Right side 83	5,01
Right side 84	5,01
Right side 85	5,01
Right side 86	5,01
Right side 87	5,01
Right side 88	5,01
Right side 89	5,01
Right side 90	5,01
Right side 91	5,01
Right side 92	5,01
Right side 93	5,01
Right side 94	5,01
Right side 95	5,01
Right side 96	5,01
Right side 97	5,01
Right side 98	5,01
Right side 99	5,01
Right side 100	5,01

Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.polif.ufrj.br](http://www.shs.polif.ufrj.br))

## Tijolo solo-cimento: Ensaios Pré-fabricação

3. TEOR DE UMIDADE, LL, LP E DENSIDADE REAL DOS GRÃOS

Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.polif.ufrj.br](http://www.shs.polif.ufrj.br))

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RECOMENDAÇÕES SOBRE O SOLO USADO PARA FABRICAR O TIJOLO

- Segundo a NBR 10833:2012, o solo para fabricar o tijolo deve possuir **Limite de Liquidez (LL) menor ou igual a 45%**.
- Segundo a NBR 10833:2012, o solo para fabricar o tijolo deve possuir **Índice de Plasticidade (IP) menor ou igual a 18%**.  $IP=LL-LP$
- Estudos práticos sugerem que o **teor de argila no solo deve estar entre 10% e 20%**. Isso só pode ser verificado pelo Ensaio de Sedimentação (opcional), que é calculado utilizando a densidade real dos grãos.
- **Os ensaios necessários para determinação desses parâmetros serão vistos a seguir.**

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 3.1 Teor de umidade

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### OBJETIVOS

- Objetivo geral/específico: determinar o percentual de água contida em uma massa de solo.
- A determinação do teor de umidade é necessária para se determinar o Limite de Liquidez (LL) e o Limite de Plasticidade (LP) do solo, e consequentemente o Índice de Plasticidade ( $IP=LL-LP$ ).

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- Cápsula metálica;
- Bandeja;
- Estufa;
- Espátula;
- Balança de precisão (capacidade mínima 210g).

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS



*Cápsulas metálicas, espátula e bandeja.*



*Estufa.*



*Balança com capacidade de 311g.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

- Homogeneizar bem o solo a fim de que a água contida na massa não esteja concentrada em algumas partes;
- A determinação da umidade deve ser realizada a partir da média de, pelo menos, três amostras da massa em questão;
- Pesar as cápsulas sem solo (p1);
- Colocar o solo dentro das cápsulas com auxílio de uma espátula e pesar novamente (p2);
- Secar em estufa por, pelo menos 24h, e pesar novamente (p3).

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE



*Pesagem das cápsulas vazias e com solo.*



*Levar amostra para estufa, retirar e pesar após 24h.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RESULTADOS

- Cálculo do teor de umidade em %:

$$w = \frac{P2 - P3}{P3 - P1} \cdot 100$$

sendo:

w - umidade (%);

P1 - massa cápsula vazia;

P2 - massa cápsula mais solo úmido;

P3 - massa cápsula mais solo seco.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.



## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 3.2 Limite de Liquidez (LL)

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### OBJETIVOS

- Objetivo geral: indicar a influência da fração fina do solo no comportamento mecânico do solo.
- Objetivo específico: determinar a umidade abaixo da qual o solo se comporta como material plástico.
- Segundo a NBR 18833:2012, o solo para fabricar o tijolo deve possuir Limite de Liquidez menor ou igual a 45%.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- Peneira 0,42mm;
- Cápsula de porcelana;
- Espátula;
- Garrafa plástica com água destilada;
- Aparelho de Casagrande;
- Cinzel metálico.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS



*Peneira #40.*



*Vasilha de porcelana.*



*Espátula.*

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



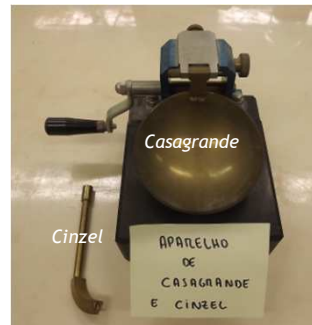
Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS



Garrafa plástica com água destilada.



Aparelho Casagrande e cinzel metálico.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

Passar cerca de 300g de solo destorroado pela peneira 0,42mm. Coloca-se parte da amostra (cerca de 120g) no recipiente de porcelana e aos poucos adiciona-se água revolvendo-o com a espátula até a homogeneização da massa.



Passar solo destorroado peneira 0,42mm



Homogeneização da massa de solo com água

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DO LL

- Passar para a concha do aparelho de Casagrande uma certa quantidade dessa massa aplainando-a com a espátula, de tal forma que a parte central fique com 1cm de espessura;
- Faz-se com o cinzel uma ranhura no meio da massa, no sentido do maior comprimento do aparelho;
- Gira-se a manivela à razão de duas voltas por segundo, contando o número de golpes até que se constate o fechamento da ranhura de, aproximadamente, 13 mm de comprimento, quando deve-se parar a operação;
- Retira-se pequena quantidade do material no local onde as bordas da ranhura se tocam para a determinação do teor de umidade;
- Transfere-se o material de volta ao recipiente de porcelana, adiciona-se mais um pouco d'água e repete-se o processo por mais quatro vezes, no mínimo.

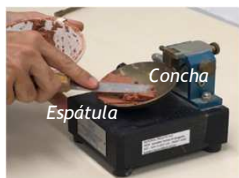
Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAÇÃO DO LL



Passar solo para concha do aparelho de Casagrande



Aplainar mistura na concha



Fazer ranhura na mistura com cinzel.



Girar manivela do equipamento



Retirada do solo onde as ranhuras se tocam

DETERMINAÇÃO  
DO TEOR DE  
UMIDADE



Adiciona-se água a mistura e repete-se o processo

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))

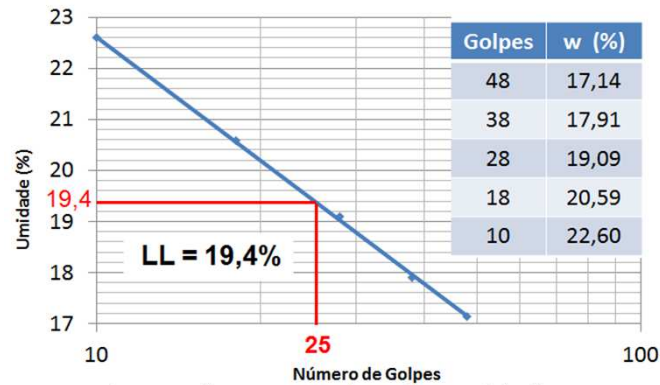


Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RESULTADOS

A partir do valor dos teores de umidade e os números de golpes obtidos no ensaio traça-se um gráfico conforme a seguir:



Obtém-se por interpolação o valor da umidade para 25 golpes, sendo este o teor de umidade relativo ao limite de liquidez.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 3.3 Limite de Plasticidade (LP)

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### OBJETIVOS

- Objetivo geral: indicar a influência da fração fina do solo no comportamento mecânico do solo.
- Objetivo específico: determinar a umidade na qual o solo deixa de ser plástico, tornando-se quebradiço.
- Segundo a NBR 10833:2012, o solo para fabricar o tijolo deve possuir Índice de Plasticidade (IP) menor ou igual a 18%).  $IP=LL-LP$

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- Peneira 0,42mm;
- Cápsula de porcelana;
- Espátula;
- Garrafa plástica com água destilada;
- Placa de vidro esmerilhada;
- Gabarito metálico.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS



Peneira #40.



Vasilha de porcelana.



Espátula.



Garrafa plástica com água destilada.



Placa de vidro esmerilhada e gabarito metálico.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

Utilizar o mesmo solo que foi passado na peneira 0,42mm durante a preparação do ensaio de limite de liquidez. Coloca-se parte da amostra (cerca de 80g) no recipiente de porcelana e aos poucos adiciona-se água revolvendo-o com a espátula até a homogeneização da massa.



Homogeneização do solo com água.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DO LP

- Molda-se certa quantidade da massa em forma elipsoidal (quase como uma bolinha) rolando-a em seguida sobre a placa de vidro, até que fissure em pequenos fragmentos quando essa atingir dimensões de 3mm de diâmetro e 10cm de comprimento;
- Coletam-se alguns fragmentos fissurados para a determinação do teor de umidade;
- Repete-se o processo no mínimo por mais quatro vezes.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



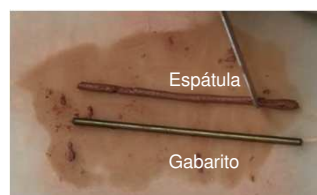
Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DO LP



*Moldagem e rolagem da forma elipsoidal.*



*Coleta de amostras.*

#### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE



*Adiciona-se água na mistura e repete-se o processo, caso necessário.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.



## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RESULTADOS

A média dos valores dos teores de umidade encontrados é o Limite de Plasticidade.

Obs.: Os valores de umidade não devem diferir da média em mais de 5%.

Nº da cápsula	06	07	08	09	10
Peso da cápsula e solo úmido (g)	16,17	15,89	16,11	15,53	16,01
Peso da cápsula e solo seco (g)	15,63	15,36	15,55	14,98	15,43
Peso da cápsula (g)	11,07	11,17	11,33	11,34	10,93
Peso da água (g)	0,54	0,53	0,56	0,55	0,58
Peso do solo seco (g)	4,56	4,19	4,22	3,64	4,50
Umidade (%)	11,84	12,65	13,27	15,11	12,89

$$LP = \frac{11,84 + 12,65 + 13,27 + 15,11 + 12,89}{5} = 13,2\% \rightarrow \text{Média aritmética dos valores das umidades encontrados}$$

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 3.3 Densidade Real dos Grãos (para ensaio de sedimentação, opcional)

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### OBJETIVOS

- Objetivo geral: obter a relação entre a massa dos grãos de solo e seu volume.
- Objetivo específico: Sua obtenção é necessária para o cálculo do ensaio de sedimentação (é um dos dados da lei de Stokes). Tem como fundamentação teórica o princípio de Arquimedes, segundo o qual um corpo submerso num líquido desloca um volume deste igual ao volume do próprio corpo.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- Peneira 2mm;
- Picnômetro de vidro;
- Termômetro;
- Fogareiro elétrico ou bomba de vácuo;
- Água destilada;
- Bacia plástica;
- Balança 200g.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS



Peneira #10.



Picnômetro.



Garrafa plástica com água destilada.



Termômetro.



Bomba de vácuo.



Balança com capacidade de 311g.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

- a) Passar cerca de 500g de solo destorroadado na peneira 2mm.
- b) Secar o solo na estufa por, pelo menos, 24h.



Passagem do solo na peneira #10.



Secagem do solo em estufa.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL DOS GRÃOS

- Pesar o picnômetro seco ( $m_s$ );
- Colocar uma certa quantidade da amostra no picnômetro e pesar o picnômetro com solo;
- Adicionar água até metade do volume do picnômetro;
- Ferver em fogareiro por 10 a 15 minutos ou aplicar vácuo por 15 minutos. Essa etapa destina-se a retirada de todo o ar existente entre as partículas do solo;

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL DOS GRÃOS (continuação)

- Completar o picnômetro com água;
- Deixar o picnômetro em repouso até que sua temperatura estabilize anotando o valor da mesma;
- Pesar o picnômetro com o conteúdo e anotar como  $m_{as}$ ;
- Pesar o picnômetro cheio d'água e anotar como  $m_a$ ;
- Repetir o processo mais uma vez, no mínimo.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL DOS GRÃOS



*Pesagem do picnômetro seco. Pesar também o picnômetro com solo e adicionar água até a metade do volume do picnômetro.*



*Processo de fervura em chapa aquecedora. Em seguida, resfriamento em água gelada na bacia plástica.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL DOS GRÃOS



*Completar o picnômetro com água destilada.*



*Pesagem do picnômetro com solo e água.*



*Pesagem do picnômetro cheio de água.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RESULTADOS

Para o cálculo da massa específica dos grãos do solo, utiliza-se a seguinte relação

$$\gamma_s = G_s \cdot \gamma_w \quad \text{Onde: } G_s = \frac{m_s}{(m_s + m_a - m_{as})}$$

Sendo:

$\gamma_s$  - massa específica real do solo;

$G_s$  - densidade do solo;

$\gamma_w$  - massa específica da água na temperatura do ensaio;

$m_s$  - massa do solo seco;

$m_a$  - massa do picnômetro cheio de água destilada;

$m_{as}$  - massa do picnômetro cheio de água e solo.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RESULTADOS

	Ensaio 1	Ensaio 2
Massa do picnômetro (g)	25,63	30,43
Massa do picnômetro + solo seco (g)	33,93	41,28
Massa do solo seco (g)	<b>8,30</b>	<b>10,85</b>
Massa do picnômetro cheio de água (g)	75,31	87,28
Massa do picnômetro com água e solo (g)	80,70	94,33
Temperatura (°C)	26	26
Massa específica da água a 26°C (g/cm³)	0,99681	0,99681
Massa específica real dos grãos (g/cm³)	<b>2,843</b>	<b>2,846</b>

$$\gamma_s = \frac{m_s}{(m_s + m_a - m_{as})} \cdot \gamma_w = \frac{8,30}{(8,30 + 75,31 - 80,70)} \cdot 0,9968 = 2,843 \text{ g/cm}^3$$

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### 4. GRANULOMETRIA DO SOLO (PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO)

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RECOMENDAÇÕES SOBRE O SOLO USADO PARA FABRICAR O TIJOLO

- A NBR 10833 estabelece que o solo para fabricação do tijolo deve ter:
  - **100% do material passando na peneira de abertura 4,75mm** (aproximadamente a peneira de café).
  - **10% a 50% de material passando na peneira 0,075mm.**
  - Essas verificações devem ser realizadas por meio do Ensaio de Peneiramento.
- Estudos práticos sugerem que o **teor de argila no solo deve estar entre 10% e 20%**. Isso só pode ser verificado pelo Ensaio de Sedimentação (opcional), que é calculado utilizando a densidade real dos grãos (já obtida em ensaios anteriores).
- **Os ensaios necessários para determinação desses parâmetros serão vistos a seguir.**

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaios Pré-fabricação

### OBJETIVOS

- **Objetivo geral:** determinar as quantidades de areia, silte e argila da amostra de solo.
- **Objetivos específicos:** construir a curva granulométrica do solo com o tamanho dos grãos a partir do peneiramento e sedimentação.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaios Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- **PENEIRAMENTO:**
  - Peneiras 2mm/ 1,2mm/ 0,6mm/ 0,42mm/ 0,30mm/ 0,15mm/ 0,075mm.
  - Estufa;
  - Balança.
- **SEDIMENTAÇÃO:**
  - Duas provetas graduadas de 1000 ml;
  - Dispersor elétrico;
  - Vasilha de porcelana;
  - Peneira #200;
  - Densímetro;
  - Termômetro;
  - Balança 210g;
  - Água destilada.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

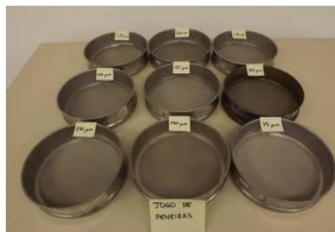


## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS PARA PENEIRAMENTO



*Estufa.*



*Conjunto de peneiras.*



*Balança com capacidade de 311g.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTO PARA SEDIMENTAÇÃO



*Proveta graduada de 1000ml.*



*Dispensor elétrico.*



*Vasilha de porcelana.*



*Peneira #200.*

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS PARA SEDIMENTAÇÃO



Densímetro.



Balança com capacidade de 311g.



Termômetro.



Água destilada.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

- a) Para estes testes deverão ser separados cerca de 2kg de solo preparado previamente. Essa quantidade deverá ser novamente homogeneizada e quarteada (conforme descrito anteriormente).
- b) Utiliza-se 200 gramas de solo da quantidade anterior (2kg), sendo o resto armazenado separadamente (para caso haja algum problema durante os procedimentos).
- c) Após a secagem na estufa o solo deverá ser destorroado com almofariz e mão de gral e passado na peneira #10 (2mm).

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PREPARAÇÃO DA AMOSTRA (continuação)

- d) O solo que ficar retido na peneira #10 já estará pronto para a etapa seguinte e pode ser armazenado.
- e) Do solo que passar na peneira #10 deverá ser separado 70 g de material e colocado em 120ml de solução de hexametáfosfato (defloculante) por 12h. Após decorrido esse tempo a mistura deverá ser agitada por 10min no dispersor elétrico.

OBS: Alternativa para o uso de defloculante: 2 colheres de chá de sal de cozinha em 120ml de água (cerca de meio copo d'água). Nesse caso, verificou-se que o sal separa bem o silte / argila da areia, mas não separa bem a argila do silte. Dessa forma, caso empregado sal de cozinha, essa amostra não servirá para ensaio de sedimentação, mas apenas de peneiramento.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PREPARAÇÃO DA AMOSTRA



Homogeneização e quartearamento do solo.



Secagem do solo na estufa.



Destorroamento do solo.



Peneiramento solo na peneira #10.

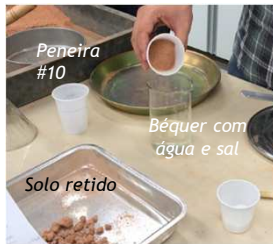
Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaios Pré-fabricação

### PREPARAÇÃO DA AMOSTRA (continuação)



Solo retido e passante na peneira #10.



Solo de "molho" em água com sal e com defloculante.



Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaios Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA O ENSAIO DE GRANULOMETRIA (SEDIMENTAÇÃO)

- A mistura deverá ser agitada por cerca de 1 minuto e o densímetro inserido, com cuidado, na proveta.
- Deverão ser realizadas leituras de densidade com tempos pré-determinados (30seg; 1min; 2min; 4min; 8min; 15min; 30min; 1h; 2h; 4h; 8h e 24h).

OBS: É extremamente importante controlar a temperatura do ambiente do ensaio, neste sentido sugere-se utilizar um termômetro, inserindo-o na proveta, a cada vez que a leitura for realizada (o ideal é que a temperatura esteja em torno de 20° C).

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA O ENSAIO DE GRANULOMETRIA (SEDIMENTAÇÃO)



Transferindo amostra "copo" para proveta

Agitar a mistura por 1 minuto e realizar a leitura com densímetro.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA O ENSAIO DE GRANULOMETRIA (PENEIRAMENTO)

- a) A mistura deverá ser transferida para a peneira de 0,075mm (esse procedimento deve ser realizado em um tanque com água corrente). Após a transferência, deve-se "lavar" com água a mistura, de modo que o solo com granulometria inferior a 0,075mm passe pela peneira e seja, naturalmente, descartado.
- b) O solo deverá ser transferido para uma bandeja e seco em estufa por, pelo menos, 24h.
- c) O solo deverá ser retirado da estufa e destorroado novamente. Pesa-se a massa e anota-se (P2).

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA O ENSAIO DE GRANULOMETRIA (PENEIRAMENTO) - Continuação

- d) Transfere-se, então, o solo para o conjunto de peneiras “finas”. Essas peneiras deverão estar na seguinte ordem (de baixo para cima): 1,20mm; 0,60mm 0,42mm; 0,30mm, 0,25mm; 0,15mm e 0,075mm e fundo
- e) O conjunto deverá ser agitado mecânica ou manualmente por pelo menos 15 minutos.
- f) Pesa-se o solo retido em cada peneira.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA O ENSAIO DE GRANULOMETRIA (PENEIRAMENTO)



*Após a transferência da mistura da proveta para a peneira 0,075mm e lavagem do solo em água corrente, secar em estufa.*



*Após secagem do solo na estufa, realizar novo destorroamento.*



*Pesar solo seco retido na peneira 0,075mm.*

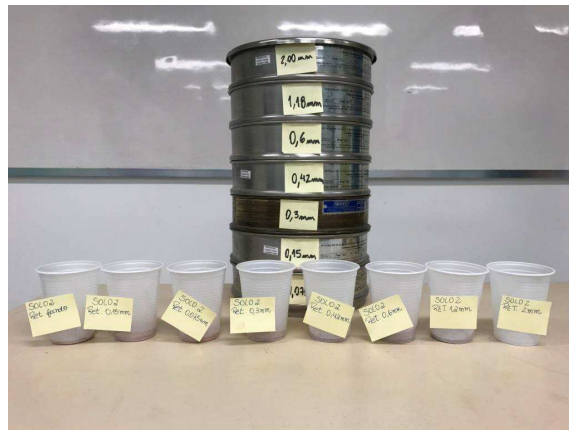
Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaios Pré-fabricação

### PROCEDIMENTO PARA O ENSAIO DE GRANULOMETRIA (PENEIRAMENTO)



Passar solo nas demais peneiras e pesar o solo retido em cada uma delas.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaios Pré-fabricação

### RESULTADOS DO ENSAIO DE PENEIRAMENTO

Peneiramento grosso (material retido na peneira 2mm):

$$PR = \frac{MR}{MTS} \cdot 100 \quad PP = 100 - PR$$

sendo:

PR - Percentual acumulado de solo retido em cada peneira “grossa”.

PP - Percentual de solo que passa em cada peneira “grossa”.

MR - Massa acumulada de solo retida em cada peneira “grossa”.

MTS - Massa total de solo seco.

Este documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RESULTADOS DO ENSAIO DE PENEIRAMENTO

Peneiramento fino (material entre as peneiras 1,2mm e 0,075mm):

$$Pr = \frac{Mr}{MSPF} \cdot N \cdot 100$$

$$Pp = 100 - Pr$$

sendo:

Pr - Percentual acumulado de solo retido em cada peneira “fina”.

Pp - Percentual de solo que passa em cada peneira “fina”.

Mr - Massa acumulada de solo retida em cada peneira “fina”.

MSPF - Massa seca peneiramento fino.

N - Fração que a massa fina representa do total da amostra (N=MSPF/MTS).

MTS - Massa total de solo seco.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RESULTADOS DO ENSAIO DE SEDIMENTAÇÃO

Sedimentação (material que passou pela peneira 0,075mm):

Utiliza-se a Lei de Stokes (NBR: 7181)

Velocidade de queda da partícula sólida no meio fluido:

**Lei de Stokes:** 
$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18 \cdot \mu} \cdot D^2$$

sendo:

v - velocidade de queda da partícula;

$\gamma_s$  - massa específica real do grão;

$\gamma_w$  - massa específica da água;

$\mu$  - viscosidade do fluido;

D - diâmetro do grão.

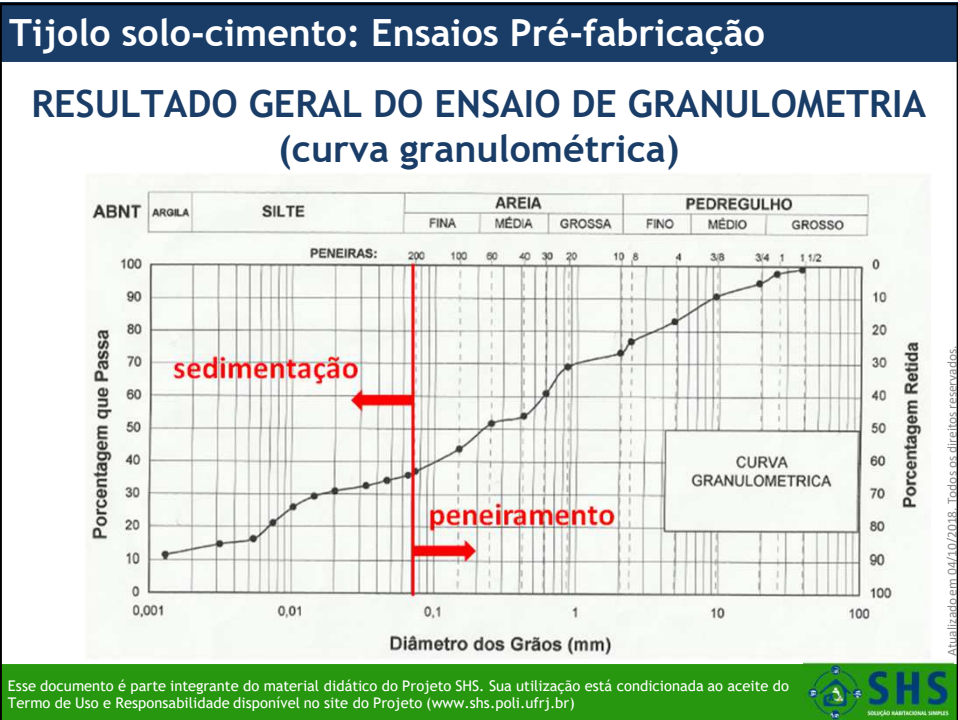


Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.





### Tijolo solo-cimento: Ensaios Pré-fabricação

# 5. RESUMO

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.polli.ufrj.br](http://www.shs.polli.ufrj.br))

## Tijolo solo-cimento: Ensaio Pré-fabricação

### RECOMENDAÇÕES SOBRE O SOLO USADO PARA FABRICAR O TIJOLO

- Segundo a NBR 10833:2012, o solo usado no tijolo deve ter:
  - Limite de Liquidez (LL) menor ou igual a 45%.
  - Índice de Plasticidade menor ou igual a 18%.  $IP=LL-LP$
  - 100% do material passando na peneira de abertura 4,75mm (aproximadamente a peneira de café).
  - 10% a 50% de material passando na peneira 0,075mm.
- No teste empírico de retração (teste da canaleta), é desejável que solo não tenha fissurado/trincado e nem esteja afastado das extremidades da canaleta mais do que 2cm no total.
- Estudos práticos sugerem que o teor de argila no solo deve estar entre 10% e 20%. Isso só pode ser verificado pelo Ensaio de Sedimentação (opcional), que é calculado utilizando a densidade real dos grãos.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.

#### Realização



#### Apoio / colaboração



#### Patrocínio



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
Programa Institucional de Fomento da Pró-Reitoria de Extensão da UFRJ

#### Agradecimentos

Pelo uso das instalações dos laboratórios do Núcleo de Materiais e Tecnologias Sustentáveis POLI/COPPE/UFRJ, do Laboratório de Modelos Estruturais da POLI/UFRJ, do Laboratório de Hidráulica Computacional da COPPE/UFRJ, dos laboratórios de engenharia civil da UFRJ Macacé e do Departamento de Construção Civil da POLI/UFRJ. Pelo apoio do Núcleo de Pesquisa em Planejamento e Gestão da POLI/UFRJ. Pela cessão de material audiovisual a Márcio Albuquerque Buson, Francisco Carlos Aguiar, Marcelo Tadeu Cruz e Silva, José Humberto Trivisan. Pelo apoio jurídico da Agência de Inovação da UFRJ. Pelo apoio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense.

Esse documento é parte integrante do material didático do Projeto SHS. Sua utilização está condicionada ao aceite do Termo de Uso e Responsabilidade disponível no site do Projeto ([www.shs.poli.ufrj.br](http://www.shs.poli.ufrj.br))



Atualizado em 04/10/2018. Todos os direitos reservados.