

## Dosagem de argamassas de solo com adição de fibras por meio da avaliação da trabalhabilidade e da fissuração

### Earth-based mortar dosage with addition of fiber through the evaluation of the workability and cracking

#### RESUMO

**Amanda Fernandes de Oliveira**  
[amandaoliveira.1999@alunos.utfpr.edu.br](mailto:amandaoliveira.1999@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

**Mariana Alher Fernandes**  
[marianaalher@utfpr.edu.br](mailto:marianaalher@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

**Sarah Honorato Lopes da Silva**  
[sarahh@utfpr.edu.br](mailto:sarahh@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

**Augusto Montor de Freitas Luiz**  
[augustom@utfpr.edu.br](mailto:augustom@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

A argamassa de solo é composta por aglomerante natural, fração de finos, e agregado natural, fração arenosa. Dentre os problemas encontrados nesse composto, encontra-se a fissuração, que pode ser corrigida com a adição de fibras nessa argamassa trazendo resultados promissores. O objetivo desse trabalho é apresentar uma análise quanto a fissuração e trabalhabilidade da argamassa de solo com a incorporação de diferentes teores de fibra artificial e água. Neste trabalho foram conduzidos ensaios para caracterização do solo e da fibra assim como realizado ensaio de consistência na argamassa de solo. Notou-se que as fissuras usualmente apareciam em menos de 15 minutos após a aplicação das misturas no bloco cerâmico. Além disso, também foi possível observar que ocorria uma diminuição na fissuração conforme aumentava o teor de fibra incorporado nessas misturas. Os resultados apontam que a incorporação de 1,00% de fibra resulta em benefícios quanto à fissuração e até mesmo quanto à trabalhabilidade da mistura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poliéster. Consistência. Sustentabilidade.

#### ABSTRACT

The earth-based mortar is composed of natural binder, fine particles, and natural aggregate, sandy particles. Among the problems found in this compound is cracking, which can be corrected with the addition of fibers in this mortar bringing promising results. The objective of this paper is to present an analysis regarding the cracking and workability of the earth-based mortar with the incorporation of different levels of artificial fiber and water. In this paper, tests were conducted to characterize the soil and fiber, as well as a consistency test on the earth-based mortar. It was noted that the cracks usually appeared in less than 15 minutes after the application of the mixtures on the ceramic brick. In addition, it was also possible to observe that there was a decrease in cracking as the fiber content incorporated in these mixtures increased. The results indicate that the incorporation of 1.00% of fiber results in benefits regarding cracking and even regarding the workability of the mixture.

**KEYWORDS:** Polyester. Consistency. Sustainability.

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:**

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

É notória a utilização da terra crua como material de construção em técnicas vernaculares, as quais costumam empregar os recursos disponíveis próximos ao local da construção, tornando-se uma vantagem no seu uso por não envolver grandes custos no seu transporte e na sua fabricação. Além disso, pode-se dizer que outras vantagens no emprego deste tipo de material em edificações são devido à facilidade na sua reciclagem e a melhora nas características do ambiente interno quanto ao conforto térmico, hídrico e acústico decorrentes da sua baixa condutibilidade térmica (Gonçalves e Gomes, 2012).

Dentre as variações de técnicas de construção com terra, encontram-se as denominadas argamassas de solo. Faria e Lima (2018) menciona que as argamassas de solo poderão receber diferentes denominações de acordo com o tipo e a quantidade de material que será adicionado na sua mistura. Nesse sentido, poderá receber a denominação de argamassa de solo puro (composta apenas por solo e água), argamassa estabilizada (composta por solo e um aglomerante em baixa quantidade), argamassa mista (composta por solo e aglomerante, ambos na mesma proporção) ou ainda argamassa com adição de solo (composta predominantemente por aglomerante e com baixa quantidade de solo). No caso da característica do solo que será empregado na argamassa, este poderá ser composto por uma porção de finos, que funcionará como aglomerante natural, e uma porção arenosa, que funcionará como agregado natural. Segundo Gonçalves e Gomes (2012), esse tipo de material normalmente apresenta grandes variações de local para local, podendo até mesmo encontrar diferenças significativas em solos de terrenos próximos.

Segundo Faria e Lima (2018), argamassas com maior teor de argila em sua composição tendem a fissurar durante a fase de secagem e endurecimento devido à retração. Para resolver esse problema, uma das soluções mais comuns adotadas é a adição de fibras, podendo estas serem naturais ou artificiais, melhorando sua aderência à superfície e sua capacidade de isolamento térmico e acústico além de enriquecer o aspecto estético do ambiente. De acordo com Pereira (2012), a fibra pode funcionar como uma ponte entre os componentes da mistura, podendo assim auxiliar no período de secagem e retração do material, pois é geralmente neste período que ocorrem as fissuras. Dentre os diversos tipos de fibras que podem ser utilizados para essa finalidade destacam-se as fibras de resíduos da indústria agrícola (como palha de trigo, cevada ou aveia), caules, folhas e frutos, plantas, resíduos de madeira e por fim os resíduos da indústria têxtil, utilizado nesta pesquisa (Faria e Lima, 2018).

Nesse sentido, este trabalho tem como principal objetivo avaliar a influência da adição de fibra artificial, proveniente de resíduos da indústria têxtil, com teores de 0,25%; 0,50% e 1,00% na trabalhabilidade e na fissuração de argamassa de solo com adição de fibra têxtil.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem metodológica do trabalho consiste na caracterização do solo e da fibra artificial a partir de ensaios laboratoriais. Além disso, também serão realizados ensaios com argamassa de solo puro e argamassa de solo com adição

de fibra tendo como finalidade analisar seu comportamento quanto a trabalhabilidade e a fissuração por retração.

O solo utilizado neste trabalho foi coletado numa jazida (área de empréstimo) localizada no município de Apucarana, Estado do Paraná, a partir de amostra deformada, totalizando 15 kg de material. A coleta do solo em campo assim como o preparo da amostra de solo em laboratório foi feita seguindo as orientações da ABNT NBR 6457:2016 – Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização (ABNT, 2016).

Os ensaios e procedimentos laboratoriais para caracterização do solo foram realizados para análise granulométrica conjunta, conforme a NBR 7181:2016 – Solo – análise granulométrica (ABNT, 2016); do limite de liquidez, conforme a NBR 6459:2016 – Solo – determinação do limite de liquidez (ABNT, 2016) e do limite de plasticidade, conforme NBR 7180:2016 – Solo – determinação do limite de plasticidade (ABNT, 2016).

A fibra artificial de poliéster utilizada é resultante de resíduos da indústria têxtil local. Nesse caso, a fibra foi recebida em retalhos de tecidos, conforme mostra a Figura 1a, sendo necessário a preparação do material para incorporação na argamassa. Nesse preparo, foi necessário utilizar uma tesoura para efetuar o corte do tecido em retalhos de 1 cm de comprimento para que então, este pudesse ser desfiado até obter fios de fibra, como mostra a Figura 1b.

Figura 1 – Preparação da fibra para incorporação



(a)

(b)

Fonte: Autoria Própria (2020).

A caracterização da fibra foi feita em laboratório com a finalidade de determinar sua densidade, seguindo os procedimentos da norma técnica internacional ISO 1183-1:2019 – *Plastics — Methods for determining the density of non-cellular plastics — Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method* (ISO, 2019).

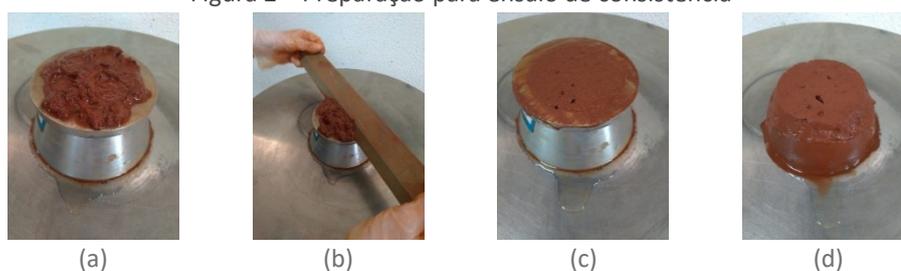
Com o preparo e caracterização dos materiais utilizados, alguns testes preliminares tendo como finalidade analisar o comportamento da argamassa de solo foram realizados na placa de vidro esmerilhada (material utilizado no ensaio de limite de plasticidade) e em bloco cerâmico de 6 furos, sendo aplicado nessas superfícies camadas únicas de argamassa de terra pura com diferentes espessuras (lasca; 0,01mm; 0,03mm; 0,05mm; 0,10mm e 0,15mm) e diferentes teores de umidade.

Após esses testes preliminares foram executados o ensaio de índice de consistência seguindo os procedimentos da NBR 13276:2016 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência (ABNT, 2016). Destaca-se que a norma utilizada neste trabalho é de

argamassa convencional pois, assim como ocorre em muitos países, o Brasil ainda não possui normas técnicas específicas para argamassa de terra. Portanto, os procedimentos dos ensaios de consistência com a argamassa de solo foram os mesmos daqueles normatizados para a argamassa convencional.

Neste ensaio, a mesa e o tronco cônico foram limpos com um pano úmido para evitar absorção da água da argamassa. O tronco cônico foi centralizado na mesa e o molde foi preenchido com três camadas consecutivas de argamassa, cada uma delas sendo aplicado 15, 10 e 5 golpes, respectivamente, com uso de um soquete (Figura 2a). Após aplicar os golpes na última camada, foi realizado o arrasamento dessa argamassa no tronco cônico com uso de uma régua metálica (Figura 2b, c) e o molde retirado verticalmente (Figura 2d).

Figura 2 – Preparação para ensaio de consistência



Fonte: Autoria Própria (2020).

Após o procedimento para realização do ensaio, foram aplicados 30 golpes em 30 segundos por meio da manivela. Imediatamente após a aplicação dos golpes foram medidos três diâmetros em pares de pontos uniformemente distribuídos ao longo do perímetro com um paquímetro analógico e na sequência, determinado o teor de umidade para diferentes porções da mistura, conforme procedimentos da NBR 6457:2016 (ABNT, 2016). O índice de consistência da argamassa é calculado pela média aritmética dessas três medidas, sendo expresso em milímetros. Na última etapa do ensaio, a argamassa que restava na mesa era aplicada no bloco cerâmico de seis furos, em monocamadas com 1 cm de espessura. Após a aplicação no bloco cerâmico, foi observada e monitorada a fissuração até a total secagem da argamassa. Lembrando que o ensaio foi executado para diferentes teores de umidade, sendo que a água foi sendo acrescentada fazendo os cálculos necessários. Iniciou-se calculando para um teor de umidade de aproximadamente de 40% e foi acrescentando de 5 em 5%.

Esse procedimento de ensaio foi realizado tanto para a argamassa de solo pura quanto para a argamassa de terra com adição de fibra, sendo incorporado nesta última argamassa teores de fibra de 0,25%; 0,50% e 1,00%.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão discutidos os resultados dos ensaios executados em laboratórios tais como de caracterização do solo, ensaio de espessura do reboco e ensaios de análise da consistência e fissuração da inserção de fibra na argamassa de solo, conforme descrito na seção Materiais e Métodos.

A Tabela 1 apresenta os valores resultantes dos ensaios de limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade, que corresponde à diferença entre

o limite de liquidez e o limite de plasticidade, e também o valor da densidade da fibra de poliéster. Além disso, o ensaio de análise granulométrica conjunta do solo em questão apontou a presença de 13,5% de fração grossa do solo e 86,5% fração fina.

Tabela 1 – Resultados da caracterização do solo e da fibra

Ensaio de caracterização	Resultado
Limite de Liquidez (LL)	59%
Limite de Plasticidade (LP)	47%
Índice de Plasticidade (IP)	12%
Densidade da fibra (g/cm <sup>3</sup> )	1,451

Fonte: Autoria Própria (2020).

Nos ensaios preliminares para análise da argamassa de solo em diferentes teores de umidade e diferentes espessuras na placa de vidro, pôde-se perceber que quanto maior o teor de umidade da mistura, maior trabalhabilidade o material apresentava, porém simultaneamente, quanto maior o teor de umidade, maior a fissuração. Esse fato está relacionado com o processo de retração decorrente da saída da água de amassamento para o meio externo, por meio de evaporação, ou para o meio interno, por meio da absorção do substrato.

Quanto à espessura do material também pôde-se perceber que quanto mais espessa era essa camada, menor e menos frequente apresentavam-se fissuras, podendo ser um indicativo de que maior é a facilidade em reter água quando a sua espessura passa a ser mais fina. A Figura 3 exemplifica o resultado da aplicação de camadas de argamassa de solo com diversas espessuras (variando entre 0,1 mm a 0,15 mm) e diferentes teores de umidade a fim de avaliar o comportamento dessa argamassa quanto ao aparecimento de fissuras. Portanto, os teores de umidade determinados na argamassa de solo foram de 51,3 % (Figura 3a); 60,2 % (Figura 3b); 61,5 % (Figura 3c) e 57,1 % (Figura 3d).

Figura 3 – Comportamento da argamassa de solo aplicada na placa de vidro



Fonte: Autoria Própria (2020).

Ainda dentro de ensaio preliminares, pôde-se observar na Figura 4 a aplicação da argamassa no bloco cerâmico. Observa-se a diferença entre a absorção de água em uma superfície de vidro e na superfície de alvenaria, assim como pôde-se notar a maior dificuldade na aplicação no bloco cerâmico. Esse fato pode estar associado

com a rápida absorção da água da argamassa pelo bloco cerâmico, sendo que é essa água que auxilia na sua trabalhabilidade. A argamassa de solo da Figura 4 apresentou teor de umidade de 59,7 % para a parte superior do bloco cerâmico (indicação 1) e 60,7 % para a parte superior do bloco cerâmico (indicação 2).

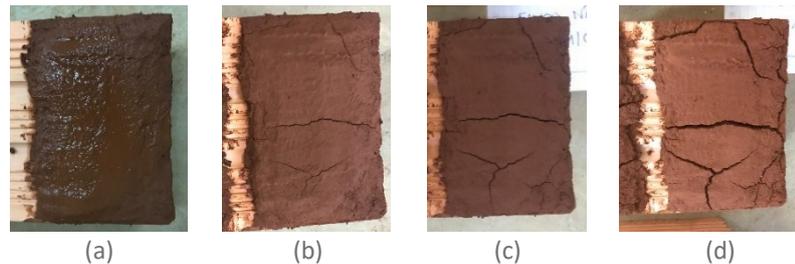
Figura 4 – Comportamento da argamassa de solo aplicada no tijolo.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Depois de ocorrido os ensaios preliminares, foi decidido que após o ensaio na mesa de consistência, a argamassa de solo seria aplicada com 1 cm de espessura no bloco cerâmica. Foi possível observar em todas as misturas o aparecimento de fissuras que, em sua maioria, surgiam nos primeiros 15 minutos depois da sua aplicação e que se acentuavam após transcorrido um certo tempo. A Figura 5 ilustra o diferentes momentos do aparecimento de fissuras numa argamassa com teor de umidade de 67,0 % em, representando logo após sua aplicação (Figura 5a), 15 minutos (Figura 5b), 2 horas (Figura 5c) e após 4 horas da sua aplicação (Figura 5d).

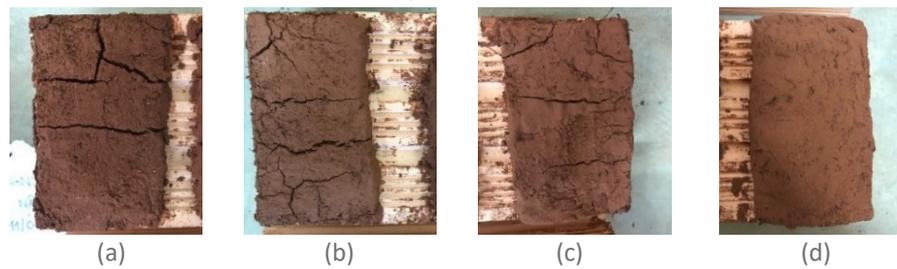
Figura 5 – Fissuração da argamassa de solo após (a) sua aplicação, (b) 15 minutos, (c) 2 horas e (d) 24 horas



Fonte: Autoria Própria (2020).

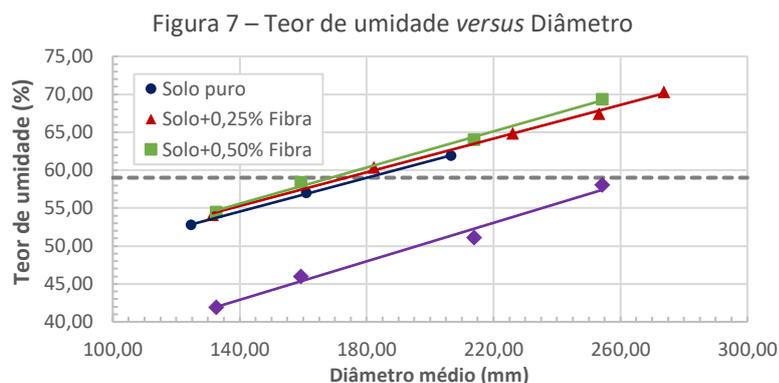
Quanto a incorporação de fibras nessa mistura, pôde-se perceber que mesmo utilizando teores de fibra de 0,25 % e 0,50 % ainda apresentam fissuras após a aplicação, porém sendo ligeiramente menores e menos frequentes. Já para o teor de fibra de 1,00 %, observou-se que as fissuras praticamente não apareceram nos teores de umidade utilizados no ensaio. Portanto, o motivo da redução dessas fissuras em função do teor de fibra incorporado na mistura pode estar relacionado com as transferências de tensões entre as fibras e dessa maneira, ocorrendo um controle da fissuração. A Figura 6 apresenta os resultados da aplicação da mistura no bloco cerâmico para a argamassa de solo puro (Figura 6a) e para a argamassa de solo com incorporação de 0,25 % de fibra (Figura 6b), 0,50 % fibra (Figura 6c) e 1,00 % fibra (Figura 6d), todos tendo teores de umidade por volta de 60,0 %.

Figura 6 – Fissuração da argamassa de (a) solo puro, (b) 0,25 % fibra, (c) 0,50 % fibra e (d) 1,00 % fibra



Fonte: Autoria Própria (2020).

A Figura 7 apresenta os resultados de uma composição dos teores de umidade obtidos em função com a sua consistência (em milímetros). É possível notar que ocorre uma tendência no comportamento da argamassa, mesmo tendo sido utilizado diferentes teores de fibra. Observa-se também que, quando adicionado 1,00 % de fibra, a relação entre esses dois parâmetros destoa dentre os demais, podendo estar relacionado com a retenção de água devida à incorporação de maior quantidade de fibra. De acordo com o valor de limite de liquidez do solo (59%), destacado na Figura 7 por uma linha tracejada, é possível visualizar que o diâmetro dessas misturas variam de 155,0 mm a 185,0 mm para o solo puro e com incorporação de 0,25 % e 0,50 % de fibra, já o diâmetro referente a adição de 1,00% de fibra equivale a um valor próximo de 260,0 mm.



Fonte: Autoria Própria (2020).

## CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, conclui-se que quanto maior a espessura da argamassa aplicada, menor a fissuração por retração. Destaca-se que as fissuras apareceram nos primeiros 15 minutos após a aplicação, podendo estar associadas ao não tratamento do substrato cerâmico e a grande suscetibilidade do material de reter água. Quanto as fibras de poliéster, além de contribuir com a utilização de resíduos quanto a sustentabilidade, também apresenta resultados promissores quanto a sua incorporação, sendo que dentre os diferentes teores, o teor de 1% de fibra na mistura resulta em melhores benefícios quanto à fissuração e trabalhabilidade.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 6459**: Solo — Determinação do limite de liquidez. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 7180**: Solo — Determinação do limite de plasticidade. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 7181**: Solo — Análise granulométrica. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação do índice de consistência. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

FARIA, P.; LIMA, J. **Rebocos de terra**. 1. Ed. Lisboa: Argumentum, 2018.

GONÇALVES, T. D.; GOMES, M. I. Construção de terra crua: potencialidades e questões em aberto. *In*: JORNADA DE ENGENHARIA PARA A SOCIEDADE: INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO, 1., 2012, Lisboa. **Anais...** Lisboa: LNEC, 2012. p. 1-7.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1183-1**: Plastics — Methods for determining the density of non-cellular plastics — Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method. 3 ed. Switzerland: Iso Copyright Office, 2019. 12 p.

PEREIRA, C. G. *et al.* Avaliação da introdução de resíduo da indústria têxtil em argamassas. *In*: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS E ETICS, 4., 2012, Coimbra. **Anais ...** Coimbra: UC, 2012. p. 1-12.