

**REDE DE ENSINO DOCTUM
UNIDADE JOÃO MONLEVADE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ARTUR VIANA SOARES SILVA
JÚLIA FRANCINY MOREIRA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA FIBRA DE POLIPROPILENO NA MANUFATURA
DO TIJOLO ECOLÓGICO**

JOÃO MONLEVADE

2019

**REDE DE ENSINO DOCTUM
UNIDADE JOÃO MONLEVADE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ARTUR VIANA SOARES SILVA
JÚLIA FRANCINY MOREIRA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA FIBRA DE POLIPROPILENO NA MANUFATURA
DO TIJOLO ECOLÓGICO**

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenheiro Civil no curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

Coorientador: Prof. Wagner Cavaleiro de Souza.

Orientador: Prof. Rieder de Oliveira Neto.

JOÃO MONLEVADE

2019

ARTUR VIANA SOARES SILVA
JÚLIA FRANCINY MOREIRA

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA FIBRA DE POLIPROPILENO NA
MANUFATURA DO TIJOLO ECOLÓGICO

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado para obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Civil no curso
de Engenharia Civil, da Faculdade
Doctum de João Monlevade.

João Monlevade, 12 de Dezembro, 2019.

BANCA EXAMINADORA

Rieder de Oliveira Neto

Prof. Me Rieder de Oliveira Neto – Orientador

Máisa Comar Pinhotti Aguiar

Prof.ª Me. Máisa Comar Pinhotti Aguiar

Wagner Cavaliere de Souza

Prof. Me. Wagner Cavaliere de Souza

Aos nossos familiares e amigos, pelo apoio, companheirismo e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos deu o dom da vida e nos abençoa todos os dias com o seu amor infinito, pois sem a sua ajuda, a sua direção e o seu agir não teríamos capacidade para estar aqui.

Em especial aos nossos pais, por estarem ao nosso lado em todos os momentos, sempre com muita paciência e amor, e por apoiarem-nos sempre.

Agradecemos ao Me. Rieder de Oliveira Neto, nosso coorientador por transmitir o conhecimento que foi fundamental para concretizar este trabalho.

Agradecemos também ao Jonathas Moreira de Almeida responsável pelo laboratório da faculdade, que nos apoio e auxiliou de todas as formas possíveis.

E a todos que contribuíram de alguma forma para esta realização.

Nosso muito obrigado!

“A maior recompensa do nosso trabalho não é o que nos pagam por ele, mas aquilo em que ele nos transforma.”

(John Ruskin)

Resumo

A construção civil é um dos setores mais representativos para o desenvolvimento econômico, entretanto, as atividades desenvolvidas pelo setor causam significativos impactos ao meio ambiente, por este motivo é preciso atentar-se para questões ambientais, em busca de desenvolver produtos, processos, que não agredam e que não consuma tantos recursos como vem se consumindo. Diante dessa realidade latente, a presente pesquisa teve por objetivos avaliar o desempenho físico-mecânico e econômico do tijolo solo-cimento, a fim de desmistificar certos preconceitos a respeito de produtos ecológicos, também foram avaliados o comportamento da mistura ao se adicionar microfibras de polipropileno, que são monofilamentos onde os fios possuem tamanho padrão e influenciam na resistência final pelo fato de reduzir fissuras causadas pela retração plástica. O emprego da fibra para reforço do concreto é uma técnica bastante conhecida e estudada mundialmente. As mais conhecidas e estudadas são as fibras de aço, embora a utilização das macrofibras polimétricas esteja amplamente difundidas no mercado brasileiro. Para a produção dos tijolos foram utilizados apenas um traço de 1:7 (cimento, solo), variando somente o percentual de fibra de polipropileno. As porcentagens foram de 0%; 0,2%; 0,5%; todos os processos, ensaios, requisitos a serem comparados tiveram como base normas regulamentadoras. Os resultados em relação ao teste de compressão simples não atingiram o mínimo exigido pela norma em nenhum dos tijolos, porém foi possível observar que o teste com o tijolo que se adicionou fibra na proporção de 0,2% foi o que resistiu a maior carga. Já os ensaios de absorção de água cumpriram os valores exigidos pela norma em todos os tijolos, não havendo nenhuma variação significativa do tijolo comum com os tijolos contendo fibras.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Tijolo Ecológico. Fibra de Polipropileno.

ABSTRACT

Construction is one of the most representative sectors for economic development, however, the activities developed by the sector cause significant impacts on the environment, so it is necessary to pay attention to environmental issues, seeking to develop products, processes that do not they attack and do not consume as many resources as they have been consuming. Given this latent reality, this research aimed to evaluate the physical-mechanical and economic performance of soil-cement brick, in order to demystify certain prejudices regarding ecological products, the behavior of the mixture by adding polypropylene microfibers was also evaluated. , which are monofilaments where the wires have standard size and influence the final strength by reducing cracks caused by plastic shrinkage. The use of fiber to reinforce concrete is a well known technique and studied worldwide. The best known and most studied are steel fibers, although the use of polymetric macrofibers is widespread in the Brazilian market. For the production of bricks only a 1: 7 trace (cement, soil) was used, varying only the percentage of polypropylene fiber. The percentages were 0%; 0.2%; 0.5%; All processes, tests, requirements to be compared were based on regulatory standards. The results regarding the simple compression test did not reach the minimum required by the standard in any of the bricks, but it was observed that the test with the brick that added fiber in the proportion of 0.2% was the one that resisted the highest load. Already the water absorption tests met the values required by the standard in all bricks, with no significant variation of the common brick with the bricks containing fibers.

Palavras-chave: Sustainability. Eco-Brick. Polypropylene Fiber.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Mistura do tijolo solo-cimento.....	18
Figura 2- Bloco feito com a mistura solo-cimento.....	20
Figura 3– Fibra de Polipropileno.....	23
Figura 4– Concreto mais Microfibra.....	24
Figura 5 – Preparação do solo para ensaio.....	27
Figura 6- Processo de peneiramento, lavagem e secagem do solo.....	28
Figura 7- Peneiramento do solo grosso.....	29
Figura 8- Peneiramento do solo fino.....	29
Figura 9 - Ensaio utilizando o Aparelho de Casagrande.....	31
Figura 10 - Moldagem do solo até se formar um cilindro.....	32
Figura 11 - Homogeneização das Misturas (solo, cimento, fibra).....	33
Figura 12 - Tijolos imersos para ensaio de absorção.....	34
Figura 13 – Gráfico Representativo Limite de Liquidez.....	35
Figura 14 – Ensaio de compressão simples.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Resultados dos ensaios de tijolos de solo-cimento.....	19
Tabela 2– Caracterização físico-mecânica de misturas de solo-cimento.....	19
Tabela 3- Diferença de tijolos e quantidade e custo por unidade.....	21
Tabela 4- Resultados Limite de liquidez.....	35
Tabela 5 – Resultado Limite Plasticidade.....	36
Tabela 6- Resultados do teste de compressão simples.....	38
Tabela 7- Resultado do teste de absorção de água.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHO - American Association of State Highway Officials

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM - American Society for Testing and Materials

BNH - Banco Nacional da Habitação

CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento

IP - Índice de Plasticidade

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

LL - Limite de Liquidez

LP - Limite de Plasticidade

MPa - Megapascal

NBR - Norma Brasileira

PCA - Portland Cement Association

PIB - Produto Interno Bruto

RJ - Rio de Janeiro

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	Objetivos específicos.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	HISTÓRIA DO SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
2.2	SOLO.....	17
2.3	CIMENTO.....	17
2.4	SOLO-CIMENTO.....	17
2.5	TIJOLO DE SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	20
2.6	ANÁLISE COMPARATIVA DOS TIJOLOS.....	21
2.7	FIBRA DE POLIPROPILENO.....	22
2.8	FIBRA DE POLIPROPILENO NA MANUFATURA DO TIJOLO.....	23
2.9	VIABILIDADE DA FIBRA DE POLIPROPILENO.....	24
3.	METODOLOGIA.....	26
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	26
3.2	MATERIAIS.....	26
3.2.1	Cimento Portland.....	26
3.2.2	Solo.....	26
3.2.3	Água.....	26
3.2.4	Microfibras de Polipropileno.....	26
3.3	MÉTODOS.....	27
3.3.1	Preparação da Amostra.....	27
3.3.2	Aparelhagem.....	27
3.3.3	Análise Granulométrica.....	28
3.3.4	Peneiramento Grosso.....	28
3.3.5	Peneiramento Fino.....	29
3.3.6	Limites de Consistência.....	29
3.3.7	Preparação do Ensaio.....	30
3.3.8	Limite de Liquidez.....	30

3.3.9	Limite de Plasticidade.....	31
3.4	CARACTERIZAÇÃO DO TIJOLO SOLO-CIMENTO.....	32
3.4.1	Produção dos tijolos solo-cimento.....	32
3.4.2	Ensaio de Compressão Simples.....	33
3.4.3	Ensaio de Absorção de Água.....	33
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MICROESTRUTURAL DO SOLO...35	
5.	CONCLUSÃO.....	39
6.	REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uns dos meios que mais exploram os recursos naturais, e com isso, vem provocando inúmeros prejuízos ambientais, por este motivo faz se necessário pensar em formas que minimize esses danos, tornando a construção civil mais sustentável.

A constante busca por soluções construtivas, o emprego de materiais sustentáveis tal como a reciclagem de resíduos e o reaproveitamento das obras, nos trazem soluções cada dia mais avançadas e inovadoras, fazendo com que novos materiais e sistemas construtivos sejam desenvolvidos para estabelecer uma relação de qualidade e baixo custo da obra (MIELI, 2005).

Então, pensando em produtos e processos que reduzam esses impactos ao meio ambiente, a produção de tijolos ecológicos de solo cimento pode ser avaliada como sendo uma das melhores práticas e alternativas para reduzir os impactos ambientais na área da construção civil, já que, o solo, que é o seu principal insumo, é encontrado com abundância no mundo, além de que o seu processo produtivo não utiliza a queima para sua cura, deixando de contribuir negativamente com a emissão de gases geradores de poluição.

Considerando o atual momento e revendo conceitos e as necessidades de atitudes sustentáveis, desenvolvemos esse trabalho que utiliza processos sustentáveis, para desmistificar o assunto, que embora que a urgência, ainda é pouco falado e utilizado no mundo; e através de conhecimentos técnicos, quebrar determinados paradigmas sobre a inviabilidade do produto.

Desse modo, o uso dos tijolos de solo-cimento, produzidos por meio de prensas manuais ou hidráulicas, com aplicações de técnicas simples e soluções viáveis, está em conformidade com os objetivos acima mencionados e será abordado como tema deste trabalho.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho é disponibilizar informações técnicas através de estudos bibliográficos e experimentais a fim de quebrar determinados paradigmas de que produtos ecológicos são inferiores aos convencionais.

1.1.1 Objetivos específicos

- a) Demonstrar se há viabilidade técnica e econômica na utilização do tijolo ecológico.
- b) Estudar se há diferença entre o tijolo de solo-cimento comum e o tijolo com adição da fibra de polipropileno.
- c) Avaliar índices físicos e mecânicos obtidos através de ensaios laboratoriais.
- d) Analisar vantagens e desvantagens em relação ao tijolo convencional
- e) Desmistificar o tijolo ecológico através de informações colhidas em estudos bibliográficos.

1.2 JUSTIFICATIVA

O tijolo solo-cimento, tem se mostrado um produto confiável e eficaz na construção civil, seja por suas qualidades físicas e mecânicas, seja a sua implantação fácil nas obras e o seu baixo custo.

Sua manufatura passa por prensas hidráulicas e manuais, moldando o tijolo em diversos formatos que se adequam a todo tipo de construção, proporcionando a redução da quantidade de tijolos na obra.

A utilização do tijolo solo-cimento poupa o uso de materiais como arame, madeira e pregos e, por possuir furos em seu corpo evita a quebra da parede para a instalação hidráulica e elétrica. Com esses tantos benefícios, o tijolo ainda tem uma qualidade na parte de isolamentos térmico e acústico, e ainda reduz a umidades das paredes.

Por fim, diferentemente do tijolo cerâmico convencional, o tijolo solo-cimento não passa pelo processo de queima, beneficiando o meio ambiente, reduzindo o efeito do aquecimento global e fazendo com que a construção civil se renove cada vez mais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico é utilizado como fonte conceitual para conhecimento dos temas mensurados no presente trabalho. São abordados neste capítulo os fatores que impactam em uma boa execução na obra, enfatizando inicialmente as teorias do processo, a utilização do tijolo ecológico para construções e sua história, a utilização e teste de viabilidade da fibra de polipropileno no feitiço do tijolo ecológico.

2.1 HISTÓRIA DO SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2018), o solo-cimento é o produto resultante da mistura específica de solo, cimento e água, e quando compactados adquire resistência e durabilidade através das reações de hidratação do cimento. Os fatores que afetam as propriedades do solo-cimento são: o seu tipo de solo, o teor do cimento, teor de umidade, compactação e homogeneidade da mistura, e o seu processo de cura (MIELI, 2009).

No ano de 1944, a empresa americana “American Society for Testing and Materials” (ASTM) normalizava os ensaios, sendo seguida por outras empresas, como a “American Association of State Highway Officials (AASHO)” e a “Portland Cement Association (PCA)”. Estudos que rapidamente se expandiu na região da Europa, Alemanha, Inglaterra e América do Sul (BAUER, 1994).

No Brasil, o interesse pelo assunto aumentou após a aceitação do material e aplicação do mesmo pela ABCP (MIELI, 2009).

A primeira obra feita no Brasil utilizando Tijolo solo-cimento foi realizada no ano de 1945, em Santarém - Pará que foi uma casa de bombas para abastecer as obras de um aeroporto na cidade. Em seguida, em Petrópolis - RJ, no local denominado Vale Florido, foram construídas casas residenciais com paredes monolíticas de solo-cimento (BAUER, 1994).

Desde então, a experiência brasileira vem sendo bastante ampliada, com aplicação de novas técnicas construtivas, avanços na tecnologia dos materiais e aprimoramento dos equipamentos de produção.

2.2 SOLO

O solo nada mais é que a desintegração das rochas, do qual podem ser provocados pela ação química ou mecânica (BAUER, 1994).

A formação dos solos é causada por agentes atmosféricos, água, mudanças de temperatura e decomposição química que vem atacando a superfície terrestre e transformam as rochas em solo (MIELI, 2009).

2.3 CIMENTO

O cimento Portland é um material de pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água e mesmo depois de endurecido se novamente ser submetido à ação da água, esse material não se decompõe mais (MIELI, 2005).

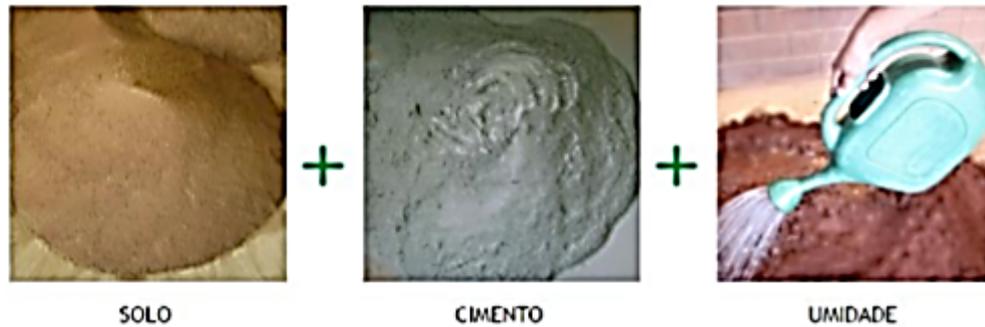
Vários estudos demonstram o progresso dos cimentos e suas aplicações na estabilização do solo. Como exemplo, o uso de cimento Portland em solos argilosos influencia o crescimento da resistência mecânica à compressão e diminui o índice de plasticidade, aprovando o potencial da utilização deste tipo de tecnologia na composição dos cimentos (MIELI, 2005).

2.4 SOLO-CIMENTO

Solo-cimento é o material obtido pela mistura de solo, cimento e água como mostra a Figura 1.

São considerados inúmeros fatores para que o produto final seja de qualidade, dentre eles, a natureza do solo, a dosagem do cimento, o teor de umidade, e a compactação do material (BAUER, 1994).

Figura 1– Mistura do tijolo solo-cimento.



Fonte: Eco Máquinas (2019).

Adicionando cimento ao solo obtém-se um material com as seguintes vantagens, segundo Mieli (2009):

- A redução de umidade do material não causam variações consideráveis;
- O material não se decompõe quando submerso em água;
- Concede aumento da resistência à compressão;
- Torna mais durável o material, por gerar pouca permeabilidade.

Porém, o teor de cimento no solo-cimento, pode variar a qualidade do mesmo, da mesma forma que pode variar o tipo de solo, o método da mistura e a compactação, podem comprometer a mistura (MIELI, 2009).

Uma boa compactação é essencial para obtenção de um solo-cimento satisfatório, pois é este procedimento que vai garantir que o material atinja um determinado peso específico, ou densidade aparente, que lhe da resistência mecânica apropriada para determinada utilização (MIELI, 2009).

Em relação ao aumento do teor de umidade do cimento, obtém-se acréscimos consideráveis da resistência a compressão e, por consequência, caso o teor de umidade do cimento seja muito elevado, é possível que ocorra fissuras no material, formadas pelo processo de retração por secagem (MIELI, 2009).

Os tijolos foram moldados em prensa hidráulica e, durante a cura, permaneceram úmidos durante 7 dias. Os resultados dos testes de resistência à compressão simples e de absorção d'água (Tabela 1) dos tijolos permitiram à autora verificar que os valores referentes às resistências ultrapassaram o valor mínimo exigido pela norma, sugerindo que o teor de cimento a ser adicionado no solo poderia ser ainda menor que o utilizado nos testes. Já com relação aos valores de

absorção d'água, os tijolos de solo-cimento apresentaram valores aceitáveis pela norma. No entanto, dentre os três tipos de solo utilizados, o que apresentou melhor desempenho geral foi o solo arenoso (MIELI, 2009).

Tabela 1– Resultados dos ensaios de tijolos de solo-cimento.

Tipo de Solo	Resistência a Compressão Simples (MPa)			Absorção D'água (%)	
	7 Dias	28 dias	90 dias	7 dias	28 dias
Argiloso	3,26	3,29	3,58	18,1	17,4
Areno-Argiloso	2,48	3,03	3,38	12,9	12,9
Argiloso	3,82	3,9	4,55	12,9	11,9

Fonte: Nascimento (1993).

Ferreira (2003) estudou a resistência à compressão simples e absorção d'água do material solo-cimento através da determinação experimental em corpos-de-prova cilíndricos. Utilizou-se solo arenoso (A₂₋₄) e argiloso (A₅₋₆) sendo adicionados a estes solos os teores de 6% e 10% de cimento Portland.

Na tabela 2 se encontram os resultados obtidos pelo autor e com base nesses valores, o autor especificou-se solos com características semelhantes àquelas do solo arenoso, sendo um material promissor para o atendimento às demandas apropriadas.

Tabela 2– Caracterização físico-mecânica de misturas de solo-cimento.

Tratamentos	Corpos de Prova					Tijolos		
	Resistência (MPa)			Absorção (%)		Resistência (Mpa)		Absorção (%)
	7 DIAS	28 DIAS	56 DIAS	7 DIAS	7 DIAS	28 DIAS	56 DIAS	7 DIAS
Aren+ 6% cim	0,73	1,31	2,04	1,7	0,77	0,83	0,72	11,86
Aren+ 10% cim	2,09	2,74	4,5	11,00	1,39	1,84	1,83	11,53
Arg+ 6% cim	0,3	0,44	0,67	27,00	0,5	0,39	0,37	26,09
Arg+ 10% cim	0,67	1,07	1,1	27,8	1,01	0,67	0,6	25,21

Fonte: Ferreira (2003).

2.5 TIJOLO DE SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Hoje, a indústria da construção civil é o maior setor consumidor de recursos naturais, segundo, em um metro quadrado de construção são gastos em torno de uma tonelada de materiais. Como se já não fosse impacto suficiente todo o sobre carregamento dos recursos naturais que a Construção Civil causa com a sua extração, é ainda, responsável pela maior geração de resíduos de toda a sociedade (JOHN, 2004).

O volume de entulhos de construção e demolição geradas pela Construção civil é até duas vezes maiores que o volume de lixo sólido urbano. Em decorrência desses fatores, já se fala em desenvolvimento sustentável e na responsabilidade socioambiental na Construção Civil (JOHN, 2004).

Os tijolos ecológicos são assim chamados porque evitam a utilização do processo de queima de madeira e combustível, que eliminam o corte de árvores e emissão de monóxido de carbono na atmosfera (MOTTA, 2014).

Para trabalhar com tijolos de dimensões diferentes, basta utilizar-se proporções de dosagens diferentes e prensagem ou moldagem mais cuidadosa, para que as faces externas do elemento de alvenaria possuam textura e resistência superiores. As alvenarias também podem receber pintura de diversas matérias-primas para que fiquem mais protegidas contra as intempéries (PISANI, 2005).

Figura 2- Bloco feito com a mistura solo-cimento



Fonte: Jornal Bom Dia Cidade (2017).

2.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS TIJOLOS

O tijolo ecológico não tem função estrutural, a estabilidade é dada por colunas de sustentação, cintas de amarração na horizontal e grampos nos cantos em L, T e I. Nas colunas de sustentação é colocada uma barra de aço e realizado a concretagem (SANTANA, 2013).

Conforme Santana et al., (2013) ao analisarmos a quantidade de tijolos necessários para a construção de uma área de 60 m², estima-se 1.500 unidades para o tijolo convencional e 3.420 de tijolos ecológicos. É importante salientar que a cada 1.000 tijolos ecológicos o equivalente a 2,5 m³ de entulhos da construção civil que acabam sendo reincorporado no processo produtivo, para a fabricação de tijolos, o que equivale a 150 m³ retirados de entulhos ao mês.

De acordo com a tabela 3, estimasse que o valor do bloco cerâmico seja de R\$ 20.868,74 enquanto o valor para construção com tijolo ecológico foi de R\$ 14.166,54, representando uma economia de 32,12%, o que é de grande importância principalmente para as construções de habitações de interesse social, onde esse valor pode ser empregado nas construções de novas unidades habitacionais, além de garantir para essas habitações um bom isolamento térmico e acústico, aumentando a qualidade de vida dos usuários (SANTANA, 2013).

Tabela 3- Diferença de tijolos e quantidade e custo por unidade.

	TIJOLO DE SOLO- CIMENTO	TIJOLO 6 FUROS CERÂMICO	BLOCO ESTRUTURAL
Quantidade por m ²	(25x12,5x6,5cm)	(9x14x19cm)	(9x19x29)
Custo por unidade	55	37	13,5
Custo por m ²	57,75	14,8	19,58

Fonte: Sahara (2017).

Com base em estudos como este é possível afirmar que a utilização de resíduos sólidos da construção civil como agregado na composição do solo-cimento é eficaz quando se fala em sustentabilidade, pois evita a destinação incorreta dos resíduos e reintegra-os ao processo produtivo. O tijolo ecológico é o mais completo

quando se fala em benefícios, pois possibilita a redução do tempo de construção em 30% em relação à alvenaria convencional, distribuem melhor a carga de peso sobre as paredes devido aos seus encaixes e colunas embutidas nos próprios furos, reduz o consumo de madeiras para formas nas construções, proporciona uma economia de concreto e argamassa em cerca de 70% e de aço 50% em relação à estrutura de concreto armado (MOTTA et al., 2014).

Constata-se que há uma economia financeira na conclusão da obra devido ao tempo de execução reduzido através de um processo construtivo diferenciado que proporciona rigidez e segurança resultantes de um encaixe perfeito entre um tijolo e outro. Segundo Motta et al., (2014) o fator determinante para uma melhor qualidade do solo-cimento depende do tipo de solo, umidade de moldagem, tipo de prensa, proporção de solo/cimento, tipo de estabilizante e o processo de cura. Para uma maior resistência à compressão, absorção e durabilidade do solo-cimento, deve-se utilizar um percentual maior de cimento na mistura.

De acordo com Santana, Carvalho e Faria (2013) a fabricação do tijolo ecológico de resíduos da construção civil auxilia a qualidade ambiental, devido à reciclagem. Conforme Moraes, Chaves e Jones (2014) o tijolo ecológico é viável tecnicamente devido sua grande durabilidade e manutenção reduzida nas edificações com sua confecção.

2.7 FIBRA DE POLIPROPILENO

Surgidas na década de 1990 como materiais alternativos, as fibras de aço, as macrofibras poliméricas, compostas principalmente de polipropileno, se mostram muito eficaz para aplicações em pisos e pavimentos, concretos e elementos pré-fabricados (AULIA, 2002; FIGUEIREDO, 2011).

Sua utilização já esta conhecida no mercado brasileiro, que apresenta grande concentração de produtos e distribuidoras. Dentre as vantagens da fibra, destaca-se a facilidade de homogeneização e distribuição durante a sua mistura e acabamento, tem maior flexibilidade, resistência química e durabilidade (BENTUR; e MINDESS, 2007).

Assim como as fibras de aço, as fibras de polipropileno podem ser utilizadas como reforço na produção do concreto, obtendo um alto desempenho.

2.8 FIBRA DE POLIPROPILENO NA MANUFATURA DO TIJOLO

As fibras de polipropileno são filamentos muito finos, fibrilados e alongados, produzido por sistema de extrusão (processo mecânico de produção onde um material é forçado através de uma matriz, adquirindo uma forma pré-determinada). Ainda não são totalmente conhecidas por grande parte da sociedade comercial e industrial, mas é certo que representa um grande avanço tecnológico que busca aumentar a segurança das estruturas de concreto (FIGUEIREDO, 2013).

Figura 3– Fibra de Polipropileno



Fonte: NTC Brasil (2016).

As fibras de polipropileno são consideradas um produto de várias aplicações, com fácil manuseio, não corrosivo e muito econômico (Figueiredo 2013). De acordo com o autor existem dois tipos de fibras de polipropileno, são elas as microfibras e macrofibras:

- Microfibras: não possuem função estrutural e trabalham a retração plástica no processo das primeiras idades do concreto (cura). Entre as vantagens das Microfibras esta a reduçãod as fissuras (trincas) causadas pela retração; Maior resistência a impacto; Aumento da resistência ao fogo; e maior resistência a desgaste.
- Macrofibras: Fibriladas são malhas de finos filamentos de seção retangular, possuem telas que se abrem no decorrer da mistura com o compósito, agindo intertravadas no concreto. As Macrofibras são fibras para concreto incorporadas como elementos estruturais substituindo a tela metálica

eletrosoldada e fibras de aço na construção de pisos industriais, pisos de galpões logísticos e concreto projetado.

Figura 4– Concreto mais Microfibra



Fonte: Concreto reforçado com Macrofibra (26-01-2016) NTC Brasil.

O atual desafio da construção sustentável consiste em encontrar um tipo de resíduo ideal que, ao ser incorporado ao composto de solo-cimento, ofereça aumento na resistência das propriedades físico-mecânicas do mesmo.

Figueiredo (2013) realizou um estudo sobre duas fibras: uma macrofibra de polipropileno e outra de aço. Foi verificado que a macrofibra polimérica pode proporcionar o mesmo nível de resistência residual que a fibra de aço. Além disso, foi comprovada a melhor avaliação da resistência residual do compósito nos níveis iniciais de deslocamento e fissuração da matriz.

2.9 VIABILIDADE DA FIBRA DE POLIPROPILENO

Machado, Lima e Almeida (1998) compararam os resultados de seus estudos e concluíram que a adição de fibra de polipropileno à mistura solo-cimento influenciou os parâmetros de resistência provocando um aumento de coesão e uma redução do ângulo de atrito interno. No estudo de várias energias de compactação, determinou-se que o efeito de ancoragem introduzido na mistura solo-cimento pela adição de fibra torna-se mais evidente para uma menor energia.

A mistura de pedaços de fibras, por exemplo, reduz acentuadamente o efeito de retração quando da secagem do material úmido. A inserção de determinados tipos de fibra em solos altera a rigidez, a resistência e o comportamento pós-pico dos mesmos. Por outro lado, a adição de cimento ao solo, embora aumente a resistência e a rigidez do material, torna o mesmo extremamente frágil, efeito esse que pode ser atenuado na presença de fibras (VIEIRA et al., 2002).

3. METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Quantitativa, pois foi baseado em números, em dados, estatísticas, descritiva, pois o objeto da pesquisa já é conhecido bibliograficamente.

3.2 MATERIAIS

3.2.1 Cimento Portland

Para o desenvolvimento da pesquisa será utilizado o cimento Portland do tipo CP-V ARI da fabricante HOLCIM S.A., possibilitando rápida desmoldagem e rápido ganho de resistência nas primeiras idades.

3.2.2 Solo

O solo utilizado foi retirado de um terreno localizado na cidade de João Monlevade - MG.

3.2.3 Água

A água utilizada foi fornecida pelo DAE (departamento de água e esgoto) , caracterizando como água potável e , assim , atendendo à norma regulamentadora.

3.2.4 Microfibras de Polipropileno

A fibra utilizada foi comprada em uma casa de construção localizada na cidade de São Gonçalo. A fibra é do tipo microfibra, da qual não possui função estrutural e sim, utilizada para diminuir a retração plástica.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Preparação da Amostra

A preparação do solo é prescrita pela NBR-6457 (2016), após ser coletado o mínimo de 10kg de amostra de solo, essa amostra foi seca ao ar livre, até obter sua umidade próxima a umidade higroscópica, feito isso é necessário destorroar os torrões no almofariz com o auxílio da mão de grau emborrachada com o objetivo de não reduzir o peso específico da amostra, após o destorroamento foi feito a homogeneização da amostra seguindo a NBR NM 27(2001) através do método de quarteamento até encontrar uma amostra representativa de até 1,5kg para solos argilosos de acordo com a norma DNER-ME 041/94.

Figura 5 – Preparação do solo para ensaio.



Fonte: Autor, 2019.

3.3.2 Aparelhagem

Estufa capaz de manter a temperatura entre 105° e 110°, balanças que permitam pesar até 10kg de amostra com resolução de 0,01g, recipientes para depositar a amostra, almofariz, mão de grau, capsulas para identificação da umidade, agitador mecânico, peneiras de (50, 38, 25, 19, 9,5, 4,8, 1,6, 0,6, 0,42, 0,15, 0,075mm), luvas e pinças para se retirar a amostra da estufa.

3.3.3 Análise Granulométrica

A análise granulométrica dos solos resulta na distribuição de tamanho de partículas da amostra e das proporções relativas em que elas se encontram.

Para a realização do ensaio granulométrico, assim como dos demais, que foi feito no laboratório da Rede de Ensino Doctum, foi tomada a quantidade de amostra descrita pela NBR-6457 (2016), cerca de 1,5kg, este material foi passado na peneira de 2,36mm tomando a precaução de desmanchar os torrões ainda existentes para que somente os grãos maiores que a malha da peneira ficasse retido. Os grãos que ficaram retidos na peneira de 2,36mm foram lavados para que as partículas menores de solo que estivessem aderente as partículas maiores fossem eliminadas, depois de lavado, esse material foi seco em uma estufa a 105°C/110°C, cerca de 16 a 24 horas até atingir constância de massa, esse material foi utilizado para o peneiramento grosso.

Do material que passou na peneira de 2,36mm foi tomado 100g da amostra para o peneiramento fino. Depois de pesado o material, o mesmo foi lavado na peneira de 0,075mm e seca em estufa de 105°C/110°C até constância de massa. Sendo tomado também de acordo com a NBR-6457 (2016) cerca de 100g para três determinações da umidade higroscópica do solo.

Figura 6- Processo de peneiramento, lavagem e secagem do solo.



Fonte: Autor (2019).

3.3.4 Peneiramento Grosso

Após seco, o material retido na peneira de 2,36mm será passado nas peneiras de 50, 38, 25, 19, 9,5 e 4,8 mm com o auxílio de um agitador mecânico, posteriormente anotar a massa retida acumulada em cada peneira.

Figura 7- Peneiramento do solo grosso



Fonte: Autor (2019).

3.3.5 Peneiramento Fino

O material que passa na peneira de 2,36mm, com o auxílio de um agitador mecânico, será passado nas peneiras de 1.6, 0.6, 0.42, 0.25, 0.15 e 0.075mm, anotar com resolução de 0,1 as massas retidas acumuladas em cada peneira.

Figura 8- Peneiramento do solo fino.



Fonte: Autor (2019).

3.3.6 Limites de Consistência

Os limites de consistência são indicadores da plasticidade e estado de consistência relativa do solo. Deverão ser determinados dois limites de consistência, sendo estes:

a) Limite de Liquidez (LL): teor de umidade de um solo correspondente ao estado de consistência limite entre os estados líquido e plástico.

b) Limite de Plasticidade (LP): teor de umidade de um solo correspondente ao estado de consistência limite entre os estados plástico e semissólido

3.3.7 Preparação do Ensaio

Do material passado na peneira de 2,36mm de acordo com a NBR-6457 (2016) passa-se esse material na peneira de 0,42mm, tomando cuidado em desagregar os grãos que estiverem aderentes, de modo que passe pela peneira apenas os grãos que forem menores que a malha, o material passante na peneira deverá ser homogeneizado pelo método do quarteamento e separado cerca de 200g de solo para os ensaios de limites de consistência, sendo 100g para o limite de liquidez e 100g para o limite de plasticidade.

3.3.8 Limite de Liquidez

De acordo com a NBR-6459 (2016), coloca-se a amostra coletada no item anterior, cerca de 100g num recipiente de porcelana adicionando água destilada em pequenas quantidades, amassando e revolvendo, vigorosa e continuamente com auxílio da espátula, de forma a obter uma pasta homogênea, o tempo necessário para a homogeneização é de 15 a 30 minutos.

Após esse tempo transfere-se para o aparelho de Casagrande parte desse solo moldando de forma que a amostra do centro fique com a espessura na ordem de 1cm. Em seguida abre-se uma ranhura no centro da massa do solo com o auxílio de um cinzel, comece a golpeá-la contra a base deixando cair em queda livre girando a manivela na ordem de duas voltas por segundo, anota-se o número de golpes que foram necessários para se fechar uma ranhura ao longo de 13mm de comprimento aproximado, transfere-se imediatamente uma pequena amostra da borda que se uniu, cerca de 8g para uma cápsula para determinar a umidade, retorna-se o solo para o recipiente adicionando água destilada, devendo aguardar por três minutos para que haja a homogeneização do solo. Repete-se o procedimento por mais três ensaios cobrindo o intervalo de 15 a 35 golpes, sempre limpando a concha e o cinzel a cada ensaio.

Figura 9 - Ensaio utilizando o Aparelho de Casagrande.



Fonte: Autor (2019).

3.3.9 Limite de Plasticidade

A NBR-7180 (2016) prescreve o método de ensaio do limite de plasticidade, coloca-se em um recipiente de porcelana o solo que foi separado na preparação para o ensaio, depositando água destilada em pequenas quantidades, misturando-a vigorosa e continuamente com o auxílio de uma espátula até se obter uma pasta homogênea, sendo aguardado o tempo necessário de homogeneização de 15 a 30 minutos. Toma-se cerca de 10g do material e forma-se uma bola que deve ser rolada sobre uma placa de vidro de modo a se formar um cilindro de 3mm de espessura e 100mm de comprimento, se a amostra se fragmentar antes de atingir os 3mm de diâmetro, (o que não aconteceu) retorná-la para o recipiente e adicionar água destilada amassando e revolvendo vigorosa e continuamente até que fique

homogeneizada, repetindo o procedimento descrito, a amostra atingiu o diâmetro de 3mm sem se fragmentar, o material foi novamente amassado e repedido o procedimento até que a amostra se fragmentou ao atingir os 3mm de diâmetro e 100mm de comprimento sendo colhido o material imediatamente e transferido para uma cápsula para determinação da umidade assim como determina a NBR-6457(2016).

Figura 10 - Moldagem do solo até se formar um cilindro



Fonte: Autor (2019).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DO TIJOLO SOLO-CIMENTO

3.4.1 Produção dos tijolos solo-cimento

Os tijolos foram produzidos seguindo o que se estabelece a NBR-10833 (2012). O primeiro passo foi garantir que todo o solo utilizado passasse pela peneira de 4,8mm, destorroando aqueles que se encontravam aglutinados.

Após preparar o solo, foi feito um traço de 1:7 (cimento, areia) variando somente as porcentagens de fibra de polipropileno em cada um. As frações de fibras utilizadas foram de 0%,0.2%,0.5%, calculados em cima do peso da mistura solo-cimento.

Após o peneiramento, o solo seco, o cimento e a fibra foram pesados e depois misturados manualmente até a sua completa homogeneização. A água foi

sendo colocada gradativamente até atingir a umidade ideal de prensagem, do qual se encontra através do teste prático do bolo, que consiste em encher a mão com a mistura, colocando pressão até que ao abrir a mão seja possível ver com nitidez as marcas dos dedos, o bolo formado deve receber uma pressão no seu centro e ao se partir não pode desfarelar. Se o bolo desfarelar é porque está seco, se a mão ficar suja é porque há excesso de umidade.

Após estes procedimentos, a mistura foi transferida imediatamente para a prensa para que não houvesse perda de umidade. Depois de prensados os tijolos foram imersos em um tanque durante sete dias para o processo de cura.

Figura 11 - Homogeneização das Misturas (solo, cimento, fibra).



Fonte: Autor (2019).

3.4.2 Ensaio de Compressão Simples

Os tijolos foram ensaiados no Laboratório de Engenharia Civil da Rede de Ensino Doctum seguindo as especificações da NBR-8492 (2012). Foi utilizado para o teste um tijolo cortado perpendicularmente a sua maior dimensão, ao qual uma parte foi colocada em cima da outra, as superfícies do tijolo foram uniformizadas com uma pasta de cimento para melhor distribuição da carga.

Os resultados foram calculados dividindo-se a carga de ruptura pela área da seção transversal do tijolo.

De acordo com a NBR-8491(2012), a amostra ensaiada não pode apresentar a média dos valores de resistência á compressão menor do que 2,0 MPa (20kgf/cm²) nem valor individual inferior a 1,7 MPa (17kgf/cm²), com idade mínima de sete dias.

3.4.3 Ensaio de Absorção de Água

O ensaio de absorção de água foi realizado no laboratório de Engenharia Civil da Rede de Ensino Doctum seguindo as especificações da NBR 8492 (2012). Os tijolos foram levados à estufa, entre 105 °C a 110°C, até constância de massa, pesados e anotados suas massas secas. Posteriormente foram imersos em água por 24 horas; depois de passado esse tempo, os tijolos foram retirados e neles, passado um pano levemente umedecido para retirar o excesso de água em suas superfícies. Então, foram pesadas e anotadas suas massas saturadas.

Figura 12 - Tijolos imersos para ensaio de absorção



Fonte: Autor (2019).

Os valores individuais, expressos em porcentagem, são obtidos através da seguinte equação:

$$A = \left[\frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \right] \times 100\% \quad (\text{FÓRMULA 1})$$

Sendo:

A = absorção de água (%).

m₁ = massa do tijolo seca em estufa (g).

m₂ = massa do tijolo saturada (g).

De acordo com a NBR-8491(2012), a amostra ensaiada não pode apresentar a média dos valores de absorção de água maior do que 20% nem valor individual superior á 22%, com idade mínima de sete dias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MICROESTRUTURAL DO SOLO

De acordo com o ANEXO A, que traz os resultados dos ensaios de peneiramento obtidos em laboratório, pode-se caracterizar o tipo de solo em relação à quantidade de areia e materiais finos obtidos no peneiramento fino.

O solo utilizado apresentou mais de 50% de material fino, o que, segundo a NBR-10833 (2012) está um pouco acima do recomendado para a produção do tijolo solo-cimento e de acordo com a ABCP (1985), os solos mais arenosos são os que se estabilizam com menores quantidades de cimento, sendo necessária a presença de argila na sua composição, visando dar à mistura, quando umedecida e compactada, coesão suficiente para a imediata retirada das formas.

Tabela 4- Resultados Limite de liquidez.

Descrição	Ensaio				
	1	2	3	4	5
Nº Golpes	17	21	27	28	31
M ¹	21,72	18,52	19,66	17,43	17,46
M ²	17,19	15,28	17,09	15,46	15,69
M ³	9,16	9,18	9,37	9,05	9,36
H	56,4	53,1	33,3	30,7	28

Fonte: Autor (2019).

Onde:

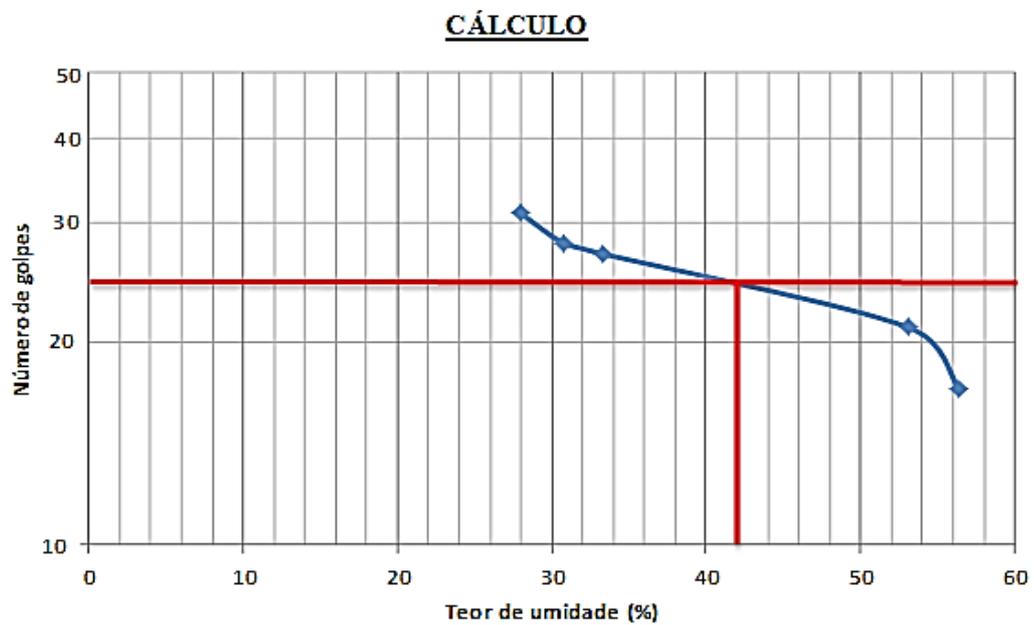
h= teor de umidade, em %.

M¹= massa do solo úmido mais a massa do recipiente, em g.

M²= massa do solo seco mais a massa do recipiente, em g.

M^3 = massa do recipiente, em g.

Figura 13 – Gráfico Representativo Limite de Liquidez



Fonte: Autor (2019).

Tabela 5 – Resultado Limite Plasticidade.

Nº Golpes	Ensaio		
	1	2	3
M¹	11,51	10,23	11,18
M²	11,09	9,99	10,63
M³	9,14	8,8	8,4
H	21,5	20,2	24,7
Desvio	-2,6	-8,8	11,5

Fonte: Autor (2019).

Onde:

h = teor de umidade, em %.

M^1 = massa do solo úmido mais a massa do recipiente, em g.

M^2 = massa do solo seco mais a massa do recipiente, em g.

M^3 = massa do recipiente, em g.

De acordo com os resultados encontrados na tabela 4 com relação ao índice de consistência, o limite de liquidez, que é o teor de umidade que o solo deixa o seu estado plástico para o estado líquido, atingiu 42%.

Já o limite de plasticidade (tabela 5), que é o teor de umidade que o solo deixa o seu estado plástico para o estado semissólido, apresentou 22,1%.

O índice de plasticidade, que é o intervalo de umidade em que o solo se mantém plástico, é encontrado através da diferença entre o LL e o LP. Conforme a seguinte equação:

$$IP = LL - LP \quad \text{(FÓRMULA 2)}$$

Sendo:

IP = índice de plasticidade

LL = limite de liquidez

LP = limite de plasticidade

De acordo com os dados obtidos, o índice de plasticidade do solo utilizado foi de 19,9%. Segundo JENKINS, classificando-se como altamente plástico.

Fracamente Plásticos _____ $1 < IP < 7$

Medianamente Plásticos _____ $7 < IP < 15$

Altamente Plásticos _____ $IP > 15$

Valor, este, acima do recomendado pela NBR-10833 (2012); dado que pode contribuir negativamente para os resultados, já que segundo Mieli (2005), quanto maior o índice de plasticidade do solo, maior será a dificuldade de estabilizá-lo, uma vez que o material estará mais sujeito às variações dimensionais resultantes do inchamento do solo quando úmido e de sua retração quando seco.

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DO TIJOLO SOLO-CIMENTO.

Tabela 6- Resultados do teste de compressão simples

DADOS DA AMOSTRA						
	Tipo de Amostra	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Área (mm)	Carga de Ruptura (N)	Resistência (Mpa)-7 DIAS
TIJOLO 1	Tijolo solo-cimento	125	250	15625	7355	0,47072
TIJOLO 2	Tijolo solo-cimento	125	250	15625	7126	0,456064
TIJOLO 3	Tijolo + 0,2% fibra	125	250	15625	10297	0,659008
TIJOLO 4	Tijolo + 0,2% fibra	125	250	15625	10092	0,645888
TIJOLO 5	Tijolo + 0,5% fibra	125	250	15625	5884	0,376576
TIJOLO 6	Tijolo + 0,5% fibra	125	250	15625	5928	0,379392

Fonte: Autor (2019).

Como visto na tabela 6, o melhor resultado atingiu 0,65 MPa. Porém, ainda abaixo da resistência determinada pela NBR-8491 (2012), que determina que a amostra ensaiada não possa apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor do que 2,0 MPa (20kgf/cm²) nem valor individual inferior a 1,7 MPa (17kgf/cm²), com idade mínima de sete dias. Em contrapartida foi satisfatório pelo fato de que o melhor resultado é o que foi utilizado 0,2% de fibra de polipropileno, superando a resistência do tijolo solo-cimento sem aditivos e o tijolo com uma maior proporção de fibra.

Os resultados insatisfatórios podem ter ocorrido devido á vários fatores. Segundo Aio et al. (2004) apud Silveira (1966), afirmam que os principais fatores que afetam as propriedades do solo-cimento são: tipo de solo, teor de cimento, teor de

umidade, compactação e homogeneidade da mistura, além de outros fatores como idade e tempo de cura da mistura.

O tipo de solo utilizado para este trabalho, de acordo com os resultados obtidos, demonstrou que o mesmo foge das especificações necessárias determinadas pela NBR-10833 (2013), que regulariza a fabricação do tijolo solo-cimento, tanto no tipo de solo ideal que, segundo os fabricantes, o solo ideal seria aquele com maior predominância de areia, quanto no índice de plasticidade. A argila teria a função de apenas proporcionar a coesão necessária para a imediata retirada do tijolo da forma. O índice de plasticidade apresentou resultados acima do especificado pela norma e que, segundo os autores, quanto maior o IP maior será a quantidade de cimento usado para estabilizar a mistura.

Figura 14 – Ensaio de compressão simples.



Fonte: Autor (2019).

Os resultados do ensaio de absorção de água demonstraram resultados satisfatórios em todos os tijolos ensaiados, sem muita relevância nos tijolos que foram utilizados adição de fibra de polipropileno. De acordo com a NBR-8491 (2012), a amostra ensaiada não pode apresentar a média dos valores de absorção de água maior do que 20% nem valor individual superior á 22%, com idade mínima de sete dias.

Tabela 7- Resultado do teste de absorção de água

MASSA DO TIJOLO				
	Tipo de Tijolo	Seco em Estufa	Imerso por 24h	Absorção de Água (%)
TIJOLO 1	Tijolo solo-cimento	2.220	2.560	15.3%

TIJOLO 2	Tijolo solo-cimento + 0,2% de fibra	2.030	2.355	16%
TIJOLO 3	Tijolo solo-cimento +0,65% de fibra	2.105	2.440	15,90%

Fonte: Autor (2019).

5. CONCLUSÃO

Conforme o propósito deste trabalho, o objetivo pautou-se em analisar o desempenho técnico e a viabilidade do tijolo solo-cimento em relação ao tijolo convencional, levando-nos a concluir que:

O fato dos resultados a compressão simples não terem alcançados os valores estabelecidos pela NBR-8491 (2012), foram comprovados através de nossos estudos bibliográficos e experimentais, dos quais analisamos a granulometria de suas partículas e o índice de plasticidade, concluindo que o solo utilizado, que continha menos quantidade de areia e mais material fino do que o recomendado era inadequado para a manufatura do tijolo, pois os materiais finos têm a função de apenas trazer a coesão necessária para a imediata retirada do tijolo ainda úmido da forma, não conferindo ao mesma resistência mecânica, sendo necessária mais quantidade de cimento para termos obtido resultados mais satisfatórios. Entretanto, pudemos perceber que o tijolo solo-cimento com adição da fibra de polipropileno na proporção de 0,2%, foi o que alcançou os melhores resultados; baseado em estudos sobre o material, a fibra pode ter colaborado na redução das fissuras provocadas pela retração plástica, já que ela se espalha pelos vazios capilares impedindo que a água migre por esses vazios para a superfície, reduzindo, assim, a variação de volume.

Em relação ao teste de absorção, pudemos observar que todos os tijolos tiveram bons resultados, destoando muito pouco o percentual de absorção de um sobre o outro, o que mostra que ambos foram bem compactados, reduzindo ao máximo o número de vazios.

Quanto a viabilidade econômica do tijolo solo-cimento, se analisarmos levando em consideração apenas o custo unitário e a quantidade de tijolos necessários para construir 1m², não é viável. Conquanto, um orçamento completo de execução de obra mostra a verdadeira economia que o tijolo ecológico traz, pelo fato

de praticamente não utilizar madeira, pois suas colunas de sustentação são embutidas no próprio furo do tijolo, os furos também são utilizados para passagem de fios e tubulações evitando, assim, o desperdício de materiais e o tempo de execução. Entre várias vantagens que no resultado final trazem a economia.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6457 –**Amostras de solo-preparação para ensaios de compactação e caracterização**. Rio de Janeiro, 2016a.13 p
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 8491 - **Tijolo maciço de solo-cimento**. Rio de Janeiro, 2012e. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 8492 - **Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água**. Rio de Janeiro, 2012f. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833: **Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento**, 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, dez. 2012
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10836 – **Bloco vazado de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água**. Rio de Janeiro, 2013. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Guia Básico de Utilização do Cimento Portland**. São Paulo: ABCP, 2002. 28 p. Boletim técnico.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **O solo cimento e suas aplicações rurais**. São Paulo: ABCP, 1989. 20 p. Boletim Técnico.
- AULIA, T. B. **Effects of polypropylene fibers on the properties of high-strength concrete**, *Leipzig Annual Civil Eng Report*, v.5, p. 43-59, 2002.
- BAUER, L.A Falcão. **Materiais de Construção**. 5. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994. 960 p.
- BENTUR, A.; MINDESS, S. **Fibre reinforced cementitious composites**. United Kingdom: Elsevier, 2007.
- CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros. **Mecânica dos Solos e suas aplicações**. 7. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 256 p.
- FERREIRA, R. C.; SILVA, E. M.; FREIRE, W. J. **Tijolos prensados de solo-cimento em alvenaria aparente auto-portante no “Conjunto Nossa Morada”, Goiânia-GO**. In: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E**

COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3, 2003, São Carlos. Anais... São Paulo: [s.n.], 2003.

FIGUEIREDO, A. D.; MOURAD, F. A.; CARVALHO, J. L. C. **Aspectos do controle do concreto reforçados com fibra de polipropileno**. Fortaleza, 2013.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Materiais reforçados com fibras vegetais. Simpósio internacional sobre materiais reforçados com fibras para construção civil**. EPUSP, São Paulo. 2 de julho de 1993. p. 27-38.

MACHADO, Carlos Cardoso; LIMA, Dario Cardoso de; ALMEIDA, Roberto Mauro. **Estudo do comportamento da mistura solo-cimento reforçado com fibra sintética para uso em Estradas florestais**. Cerne, V.4, N.1, p.123-128, 1998. Disponível em: <<http://www.dcf.ufla.br/cerne/revistav4n1-1998/art08.doc>>. Acesso em 19 out. 2019.

MIELI, Priscilla Henriques; **Avaliação do tijolo modular de solo-cimento como material na construção civil**. 2009. 59f. Projeto de conclusão de curso (Curso de Engenharia de Materiais). UFRJ, Rio de Janeiro.

MORAIS, M. B.; CHAVES, A. M. & JONES, K. M. **Análise de viabilidade de aplicação do tijolo ecológico na construção civil contemporânea**. Revista Pensar Engenharia, v. 2, n.2, 2014.

MOTTA, C. J.; MORAIS, W. P.; ROCHA, N. G. **Tijolo de Solo Cimento: Análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. Belo Horizonte: E-xata, 2014. 13-26 p

NASCIMENTO, A. A. P. **Estudo de fissuras em paredes de tijolos de solo-cimento destinadas a edificações habitacionais**. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

PISANI, J. M. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo cimento**. São Paulo: Sinergia, 2005. 53-59 p

SANTANA, J. E. S.; CARVALHO, A. C. X.; FARIA, A. P. G. **Tijolo Ecológico versus Tijolo Comum: benefícios ambientais e economia de energia durante o processo de queima**. Salvador/BA: Anais do IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2013.

VIEIRA, L. F. et al. **Comportamento elasto-plástico de misturas solo-cimento-fibra**. Anais do XII COBRAMSEG – XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. São Paulo, Vol I. p.241-250, 20 a 24 outubro, 2002.

WEBER, Eduardo; CAMPOS, Roger Francisco Ferreira De; BORGA., Tiago. **Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil**. Mai/Ago. 2017.

Anexo A

<u>REGISTROS DOS RESULTADOS</u>					
Mt =	1.068,95	g	(Massa total da amostra seca ao ar)		
Mg =	57,91	g	(Massa do material seco retido na peneira de 2,0mm)		
Mh =	100,00	g	(Peso da amostra passante na peneira de 2,0mm)		
h =	17,7	%	(Umidade higroscópica)		
<u>Peneiramento grosso</u>			<u>Peneiramento fino</u>		
Malha (mm)	Massa retida (g)	Massa retida acumulada (g)	Malha (mm)	Massa retida (g)	Massa retida acumulada (g)
50	0,00	0,00	1,2	2,64	2,64
38	0,00	0,00	0,6	3,49	6,13
25	0,00	0,00	0,42	4,70	10,83
19	0,00	0,00	0,25	5,36	16,19
9,5	0,00	0,00	0,15	10,25	26,44
4,8	10,03	10,03	0,075	12,30	38,74
Fundo	47,88	57,91	Fundo	61,00	99,74
<u>CÁLCULOS</u>					
Massa total da amostra seca (Ms)					
$Ms = \frac{(Mt - Mg) \times 100 + Mg}{(100 + h)} = 916,91 \text{ g}$					
Porcentagem de materiais que passam nas peneiras					
Tipo	Malha (mm)	Passa (%)	Retido (%)	Retido Acum. (%)	
Peneiramento grosso	50	100,00	0,00	0,00	
	38	100,00	0,00	0,00	
	25	100,00	0,00	0,00	
	19	100,00	0,00	0,00	
	9,5	100,00	0,00	0,00	
	4,8	98,91	1,09	1,09	
	2	93,68	5,22	6,32	
Peneiramento fino	1,2	90,77	2,91	9,23	
	0,6	86,92	3,85	13,08	
	0,42	81,74	5,18	18,26	
	0,25	75,83	5,91	24,17	
	0,15	64,53	11,30	35,47	
	0,075	50,97	13,56	49,03	
	Fundo	0,00	50,97	100,00	
<u>CURVA GRANULOMÉTRICA</u>					

Como se pode notar, são dois tipos de peneiramento, o grosso e o fino. O peneiramento grosso consiste em passar o solo pelas malhas de tamanho 50,38,25,19,9,5,4,8 e 2mm; já no peneiramento fino, a amostra de solo que fica retida na peneira de 2mm é separada e utilizada para o ensaio, que consiste em passar o solo nas malhas de tamanho 1,2; 0,6 ; 0,42; 0,25; 0,15 e 0,075.

O objetivo do ensaio é anotar os valores retidos em cada peneira para posteriormente classificar o tipo do solo.

