



MÉTODOS SUSTENTÁVEIS: TIJOLO UM MATERIAL QUE NÃO AGRAVA OS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

PALITOT, Vinicius Henrique; GOLCALVES, Felipe Martins¹

Prof. Me. Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena²

Universidade São Francisco

neromork@gmail.com; felipe_martins_goncalves@hotmail.com

¹Alunos do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

²Professor Orientador, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

RESUMO. Com a evolução do mundo sempre há necessidades a serem atendidas, como o fato de o desenvolvimento de um instrumento para determinado fim ou até mesmo o aprimoramento de algo existente. Através disso basta apenas saber com área do mercado que precisa redirecionar as inovações, que pode variar de algo simples como um parafuso ou até algo com maior complexibilidade como a modificação de composições de materiais cujo a finalidade é o custo benefício para o homem e ao mesmo tempo não interferir o ciclo da natureza. O presente artigo tem como objetivo trazer o tijolo com maior frequência no âmbito da construção, afim de trazer benefícios como o fato de fazer o próprio material, diminuição do cimento na sua composição, diminuição da emissão de RCC (resíduos da construção civil). Para isso buscou-se auxílio de alguns materiais para alternar a composição do tijolo como garrafas pet, fibras naturais e o próprio entulho. Contudo o resultado dessa ideia pode apresentar um custo benefício para o construtor e também respeita os valores de um mundo mais justo e sustentável para todos.

Palavras-chave: Tijolo; Resíduos; Sustentabilidade

ABSTRACT. With the evolution of the world there are always needs to be met, such as the development of an instrument for a certain purpose or even the improvement of something existing. Through this, it is only necessary to know with the market area that needs to redirect innovations, which can vary from something simple like a screw or even something with greater complexity such as the modification of material compositions whose purpose is cost-effectiveness for man and at the same time does not interfere with the cycle of nature. This article aims to bring the brick more frequently in the context of construction, in order to bring benefits such as the fact of making the material itself, reduction of cement in its composition, reduction of the emission of RCC (waste from civil construction). For this, help was sought from some materials to change the composition of the brick, such as PET bottles, natural fibers and the rubble itself. However, the result of this idea can be cost-effective for the builder and also respect the values of a fairer and more sustainable world for all.

Keywords: Brick; Waste; Sustainability

INTRODUÇÃO

Para compreender o momento atual, tem-se que o primeiro passo é esmiuçar o passado, justamente para contar as origens das técnicas construtivas, arquiteturas e engenharia em cada país, sendo que isso permite alocar um ponto bem interessante que seria o início do uso do concreto no mundo.

As origens e a evolução das técnicas/materiais no âmbito da construção civil foram-se aprimorando através do tempo, ou seja, a curiosidade do homem fez disso um motivo de pesquisa. Em virtude disso, as técnicas, as técnicas/materiais passaram a ser analisados com esmero, objetivando-se que fossem descobertas as eventuais falhas e/ou benefícios que poderiam ser trabalhados nestas técnicas/materiais.

No início do mundo, as construções da pré-história sempre houve a predominância do uso de materiais rochosos, galhos, folhas e palha. Esses materiais deixaram de ser comumente usados com a entrada do povo egípcio que manipulava o barro e areia para a elaboração de projetos voltados aos governantes do Egito antigo.

Já o maior avanço voltado a área da engenharia foi no Grécia antiga, onde concreto passou a ser desenvolvido através da mistura das cinzas vulcânicas, com esse material foi desenvolvido estradas, hidráulica de canais e saneamento básico. Contudo o concreto implementado naquele tempo não é o mesmo dos dias atuais, ou seja, a resistência não era muito elevada e também os meios para obter as matérias primas não é era de fácil acesso, todavia o homem teve que utilizar outros meios para continuar as suas confecções, em outras palavras, passou-se a utilizar a algo mais comum e encontrado com mais abundância, o exemplo seria a terra que era muito comum sua participação em tijolos maciços, cujo sua finalidade era atender uma larga escala para construções inglesas durante a revolução industrial.

Agora trazendo para os dias atuais e para onde estamos situados é muito comum construções de alvenaria convencional que geralmente é composta por blocos de concreto, cimento, areia, ferragem, brita e água. Sobretudo pode ser afirmado que, o concreto é a base de todo o projeto de construção civil. Isso ocorre, além de fazer um corpo estrutural bem reforçado, em vista de seus componentes para fechar paredes, que ocupam um volume maior do que outro material, bem como traz um ótimo custo benefício para o investidor da construção, todavia a controvérsias como o fato de sua aplicação ser responsável de produção em massa de resíduos sólidos.

O campo da construção civil é responsável por cerca de 60% da produção de resíduos sólidos nas áreas urbanas no Brasil, além dos desperdícios realizados em obras, isso equivale a 25%. Os fatores que agravam este quadro seriam o baixo investimento na formação de profissionais nessa área de trabalho, que não sabem como não produzir ou descartar o seu entulho após o termino da sua construção (ABRELPE, 2010).

Considerando esses todos aspectos, os tijolos ecológicos ou maciços trazem benefícios ao canteiro de obras, a partir do momento que podem produzir seu próprio material com a terra que está na área da construção e também destinar-se um fim mais adequado aos possíveis resíduos que podem ser gerados ao decorrer da obra.

Dentre várias vantagens dos tijolos, destaca-se a possibilidade de reformular a composição desse material com a diminuição de um componente e o acréscimo de um outro componente. Muitas vezes os materiais utilizados são provenientes de descarte, o que faz deste um material sustentável.

Levando em considerações as questões de sustentabilidade e a alta demanda com relação ao consumo exacerbado de recursos naturais, o presente trabalho pretende contribuir com uma alternativa para uso do entulho, garrafas pet e até mesmo a implementação de fibras naturais para confecções de tijolos maciços e ecológicos. Será analisado suas propriedades, como a resistência à compressão, e fazendo um comparativo dos tijolos fabricados com materiais convencionais.

MATERIAIS

Os materiais foram obtidos e preparados através dos integrantes do grupo, que é uma maneira de preservar a natureza e conter o consumo de matéria-prima é incentivar o uso de recursos renováveis em substituição aos não renováveis.

Nos dias atuais, os resíduos produzidos pelo homem sempre foram um problema e sempre serão um problema. Isso ocorre geralmente por dois fatores como a má administração do seu capital, ou seja, o consumismo desenfreado e a intensificação de lixo de cada pessoa. Já o outro que bastante comum no âmbito da construção civil é o mal gerenciamento do projeto, em outras palavras, o fato dos profissionais da engenharia não está no canteiro de obra para supervisionar a equipe e também o fato alguns casos não dar treinamento para os mesmos pode ocasionar grandes acúmulos de entulho e com isso acarretar mais gastos no projeto.

Entretanto não é somente os rejeitos criados pela população que podem ser um possível componente de um material, o exemplo seria a fibra de coco, que possui características únicas como o fato de possuir isolamento acústico e também o mesmo promove um aumento de resistência aos esforços de compressão e flexão.

Em face do cenário atual, a reciclagem desempenha um papel fundamental cujo o objetivo é evitar a aceleração dos resíduos criados pelo homem, ou seja, ter discernimento para a aplicação do triple do RRR (reduzir, reutilizar e reciclar) para as futuras vindouras. A reciclagem produz muitos benefícios para a população, desde o patamar de produção de novos materiais sem o desgaste de matérias-primas do meio ambiente até moradia para as pessoas menos favorecidas, além de beneficiar a população e o meio ambiente, traz economia para o produtor e ganha um espaço no mercado.



Figura 1-Garrafas PET (Fonte: O autor)



Figura 2: Jerivá, produtora do coquinho (Fonte: O autor)



Figura 3: Resíduos da construção civil (Fonte: O autor)

METODOLOGIA

É de conhecimento geral que é necessário seguir padrões tanto no nosso âmbito social quanto no ambiente de trabalho, ou seja, sem elas o mundo não iria ter uma padronização, com isso puxa desorganização na produção com possíveis falhas, que podem ocasionar até mortes dependendo aonde está situada a operação. No caso das construções e produção de insumos, que alimenta a roda da produtividade dos projetos de engenharia, é necessário seguir o manual da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que possui requisitos e pré-requisitos que devem ser respeitados para que ocorra uma padronização, essas regras são denominadas NBR (Norma Brasileira).

A metodologia do trabalho constituiu um detalhamento dos materiais empregados na composição do tijolo convencional e ecológico, noutras palavras, foi determinado um outro parâmetro na sua confecção como a retirada de 5% do cimento para tijolos ecológico e 5% de argila para tijolos maciços. Com isso foi ocupado esta porcentagem com as amostras que foram empregadas nesse trabalho.

Para o solo era obrigado atender um pré-requisito emitido pela NBR 10833 (ABNT, 2012) de confecção dos tijolos ecológico, que estabelece que solos adequados são aqueles que possuem 100% dos grãos passando em peneira de 4,8mm; de 10% a 50% passando na peneira de 0,075mm; limite de liquidez (LL) que apresente o valor menor ou igual a 45%; e limite de plasticidade (LP) menor ou igual a 18%

Fora isso, a NBR 10833 requisita o detalhamento de ensaios que englobam o desenvolvimento do material como o ensaio de granulometria (NBR 7181); Limites de Liquidez (NBR 6459); Limites de Plasticidade (NBR 7180, ABNT, 2016); Ensaios de proctor normal (NBR 12023); e finalizando com o teste de resistência à compressão e absorção (NBR 8492).

ANALISE GRANULOMÉTRICA

O ensaio de granulometria (NBR 7181), geralmente é feito em duas etapas divergentes, utilizáveis de acordo com o tipo de solo e as finalidades do ensaio para cada caso particular. As etapas são definidas como a análise granulométrica por peneiramento e a análise granulométrica por sedimentação. No caso estudado foi executado pelo método de peneiramento.

O prelúdio do experimento começa com a coleta da amostra nos arredores da universidade São Francisco e foi secada na estufa para expelir a água que estava em contato com a amostra, após isso a amostra ficou em repouso no ar livre com um tempo estimado de 15 minutos, contudo não é recomendado a utilização total da amostra. Para que não ocorra erros desnecessários no ensaio a amostra submeteu ao processo conhecido como quarteamento (Figura 4), ou seja, foi dividida a amostra em quatro partes iguais e foi utilizada somente uma parte, essa parte foi pesada em 500g (sem o peso do recipiente).

Após pesagem, foi necessário montar o jogo de peneiras na ordem certa para que não ocorra patologias no ensaio, logo a seguir foi despejado a amostra no jogo de peneiras e foi submetido a vibração manual com movimentação uniforme, depois deste processo o conjunto foi desmontado (Figura 5) e pesado individual para saber quanto ficou retido em cada peneira.

Através dos resultados obtidos no ensaio, pode-se elaborar o gráfico para a obtenção da curva granulométrica da amostragem de solo, que é de extrema importância na caracterização geotécnica do solo.



Figura 4: Quarteamento da amostra de solo (Fonte: O autor)



Figura 5: Amostra por peneira (Fonte: O autor)

LIMITE DE LIQUIDEZ

O ensaio de limite de liquidez (WL) consiste em saber qual é reação do solo quando está sendo submetido ao aumento da umidade na sua composição, para definir a transição do estado plástico para líquido. Para a execução desse ensaio é necessário a utilização do aparelho de casa grande, no qual se determina o teor de umidade que, com 25 golpes, une os bordos inferiores de uma canelura (um centímetro de comprimento) aberta na massa de solo (figura 6), por um cinzel de dimensões padronizadas pela NBR 6459.

Após o término deve-se transferir parte da ranhura que se fechou para uma capsula de porcelana e pesada antes de ser levada para a estufa. O procedimento deve-se repetido mais quatro vezes para elaboração de um gráfico com maior precisão.



Figura 6: Ensaio de Limite de liquidez (Fonte: O autor)

LIMITE DE PLASTICIDADE

O ensaio de limite de plasticidade (W_p) é o estudo do estado que o solo passa de plástico para quebradiço. Conforme a NBR 7180 a amostra deve ser moldada em uma placa de vidro e o molde precisa ser moldado a mão com as dimensões de 10 cm de comprimento e 3mm de diâmetro (Figura 7). Em causa de ocorrer rupturas enquanto está sendo formada o cilindro, a amostra deve voltar para a capsula de porcelana e acrescentar uma quantidade a mais de água e refazer o procedimento.

O termino do estudo ocorre quando o cilindro de solo é feito e subdividido em três partes iguais, pesado e anotado esse dado. Com isso é levado a estufa e após sua secagem é pesado de novo e anotado esse dado. O processo deve-se repetir mais três vezes para obter o restante dos dados.



Figura 7: Ensaio de Limite de plasticidade (Fonte: O autor)

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO (ENSAIO PROCTOR NORMAL)

O ensaio de compactação é um meio encontrado com a finalidade de promover uma estabilização ao solo, que pode ser feito de meios divergentes, ou seja, as aplicações de energia situadas no mesmo podem variar deste um impacto para uma compressão. Contudo este método aumenta o peso específico da amostra estudada, resistência ao cisalhamento, diminuição de aparições de vazios, permeabilidade e compressibilidade. Esse estudo é regido pela norma NBR 12023 (ABNT, 2012), com a finalidade de obter uma correlação entre o valor de umidade e o peso específico seco do solo enquanto está compactado.

Para realiza-lo precisa-se compactar a amostra dentro do recipiente cilíndrico do proctor que deve possuir um volume equivalente a 1000 cm^3 , e encher sempre $1/3$ do cilindro e compactar sucessivamente com 25 golpes com um soquete de 2,5 Kg, com uma queda de 30 cm de altura.

A norma requisita um total de 5 corpos de prova para definir qual é o ponto ideal de água que deve ser aplicada no solo, para obtenção dos parâmetros do gráfico é necessário anotar

o peso específico aparente de cada um dos corpos de prova para traçar a curva V_s x teor de umidade num gráfico para obter o V_s , max.

ELABORAÇÃO DO TRAÇO DOS TIJOLOS (ECOLÓGICO E MACIÇOS)

A confecção dos tijolos é uma parte delicada do trabalho, ou seja, a ideia é saber qual vai ser o traço que será empregado para cada amostra de tijolo com cada material estudado como garrafas PET, fibra do coquinho. Já o entulho somente vai ser implementado no tijolo ecológico, pelo fator desses tijolos apresentarem uma composição a base do cimento.

Para a criação dos tijolos maciços foi usado um total de 10% de argila para cada unidade, mas para confecção das variações dos tijolos com os materiais estudado, o traço passa a mudar de 10% para 5% de argila e 5% de PET ou fibra. O tijolo ecológico segue a mesma ideologia apresentado no tijolo maciço.

FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS (ECOLÓGICO E MACIÇOS)

Os tijolos foram confeccionados a mão no canteiro de obras atrás do centro tecnológico da universidade São Francisco, campus Bragança Paulista, seguindo as especificações da NBR 8491 (2012)



Figura 8: Preparo da massa (Fonte: O autor)



Figura 9: Tijolos Ecológicos (Fonte: O autor)



Figura 10: Tijolo maciço (Fonte: O autor)

Após a fabricação, foi realizado a cura dos tijolos ecológicos, ao um abrigo do solo e vento durante 7 dias. Já para os tijolos maciços foram levados a estufa em temperatura média durante 24 horas.

ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para a execução desse ensaio é necessário que obedeça a duas normas simultaneamente, ou seja, uma norma é complemento da outra, os requisitos a serem atendidos são as normas NBR 8941 e NBR 8942.

A NBR 8941 pede pra cada estudo de amostra de bloco tem que atender certos requisitos para atender a padronização dentre elas as mais importantes são: dimensões, resistência a compressão e absorção de água. Fora isso a norma requisita que ensaio requer que utilize 10 tijolos, sendo que 7 é destinado para resistência à compressão e os outros 3 é para o ensaio de absorção de água.

Dentre os tijolos que foram fabricados, foram selecionados aleatoriamente 7 amostras de cada grupo dos modelos de tijolo ecológico para fazer a imersão dos mesmos (Figura 11) durante um período de 6 horas, após esse tempo é necessário que seque os tijolos com um pano umedecido num tempo de 3 minutos.

Para o processo de rompimento das amostras foi feito uma adaptação da norma para a execução, isso ocorreu depois leituras de trabalhos similares ao nosso projeto, que neles continham dados de pequenas variações na média dos resultados que chegaria a quase 1% de resistência a mais que o aceitável pela norma que é de 2,4 Mpa (20 kgf/cm²).

O trabalho seguiu com a ideia de aplicar uma carga pontual (Figura 12) no centro de tijolos maciço e ecológico com o auxílio de um cubo de madeira com dimensões de 40x40 mm. O objetivo era para saber qual a média de suas resistências no centro de cada tijolo, para definir qual grupo de amostras apresenta a maior resistência.



Figura 11: Imersão dos tijolos ecológicos (Fonte: O autor)



Figura 12: Carga pontual no centro do tijolo (Fonte: O autor)

ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção é feito através da relação entre o peso seco da amostra e o peso saturado da mesma, com o objetivo de apontar a quantidade de água que a amostra absorve em sua pior condição. Os valores são expressos em porcentagem, através dos dados deve retirar a média e o resultado não pode ultrapassar o limite das Normas NBR 13555 e NBR 8492 que seria o valor de 20% e individualmente o valor não pode ser superior a 22%.

Para sua determinação foi utilizado 3 amostras restantes do lote de 10 tijolos de cada material empregado, que foram levados a imersão durante um período de 24h, após esse tempo as amostras foram retiradas, secadas com um pano e depois pesadas para a coleta do seu peso saturado.

E por fim as amostras foram secadas no ar livre (Figura 13) durante o tempo de 24h para a coleta dos dados que seria seu peso seco.



Figura 13: Amostras secando no ar livre (Fonte: O autor)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANALISE GRANULOMÉTRICA

Os resultados da análise granulométrica foram interpretados com o auxílio da curva granulométrica, para a determinar a quantidade de grãos da amostra de solo e poder classificar o material estudado.

O gráfico da figura 14 ilustra a curva da amostra de solo.

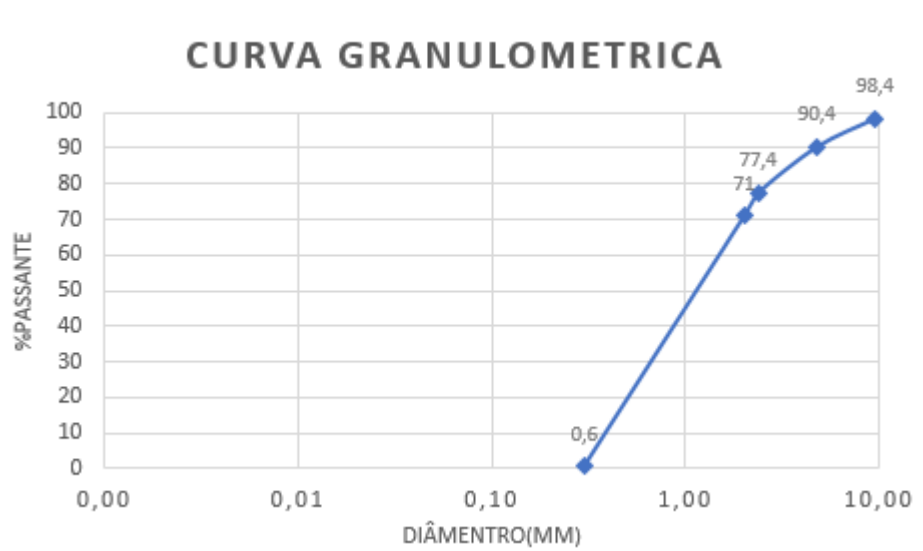


Figura 14: Curva granulométrica do solo da USF (Fonte: O autor)

Conforme apresentado pela curva granulométricas, foi possível definir a composição do solo encontrado na USF (Campus Bragança Paulista) de acordo com a figura 15 e também foi possível definir a distribuição dos grãos conforme a figura 16.

Composição:	
Pedregulho	1,6%
Areia Grossa	27,4%
Areia Média	70,4%
Areia Fina	0,6%
Silte	0,0%
Argila	0,0%

Figura 14: Composição da amostra de solo da USF (Fonte: O autor)

Formato da Curva		
CNU	2,4	Bem Graduado
CC	1,1	Curva suave
D60	1,2	
D30	0,8	
D10	0,5	

Figura 15: Formato da curva (Fonte: O autor)

Após a análise das figuras 14 e 15, é possível deduzir que a amostra estudada de solo há predominância de areia média e sua distribuição dos grãos possui uma boa graduação.

LIMITE DE LIQUIDEZ

Limite de Liquidez					
Capsula N°	1	2	3	4	5
Amostra Úmida + Tara (g)	322,16	326,17	319,49	321,15	325,92
Amostra Seca + Tara (g)	321,45	324,57	319,23	320,61	323,67
Água (g)	0,71	1,6	0,26	0,54	2,25
Solo (g)	3,95	7,07	1,73	3,11	6,17
Tara (g)	317,5				
Umidade %	17,97	22,63	15,03	17,36	36,47
Numero de Golpes	42	8	51	37	4

Figura 16: Resultados do ensaio de LL (Fonte: O autor)

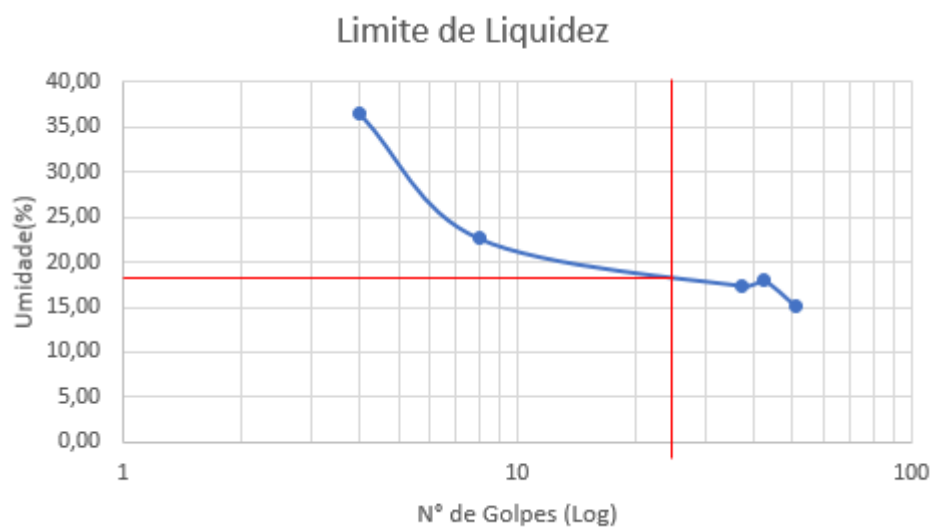


Figura 17: Gráfico do ensaio de limite de liquidez (Fonte: O autor)

Conforme os dados apresentados na figura 1 referente as coletas das amostras do ensaio de casa grande foram possíveis estimar pelo gráfico qual seria a umidade ideal para que amostra atinja os 25 golpes estabelecidos pelo NBR 6459. O resultado definiu que o solo que foi empregado necessita de 18,95% de água, esse valor está nos padrões da ABNT, NBR 10833, que transcreve que o solo recomendado para fazer tijolos deve manter um limite de liquidez abaixo ou igual a 45%, ou seja, esse solo pode ser destinado a confecção de tijolos.

LIMITE DE PLASTICIDADE

Limite de Plasticidade			
Capsula N°	1	2	3
Amostra +Água+ Tara (g)	320,1	320,9	321
Amostra + Tara (g)	319,9	320,7	320,7
Água (g)	0,2	0,2	0,3
Solo (g)	2,4	3,2	3,2
Tara (g)	317,5		
Umidade %	8,33	6,25	9,38

Figura 17: Resultados do ensaio de LP (Fonte: O autor)

Resultados	
Limite de Liquidez	18,5
Limite de Plasticidade	7,99
Índice de Plasticidade	10,51
Índice de Consistência	0,14

Figura 18: Resumo do Ensaio (Fonte: O autor)

Os dados que apresentados na figura 17 é possível analisar os valores empregados na amostra de solo com a utilização de três testes para obtenção do resultado final que veio através da média dos testes que equivale a 8%.

Já a figura 18 mostra os dados dos ensaios de LP e LL para a definição dos limites de Atterberg que após análises o seu índice é de um solo mediamente plástico, esse valor satisfaz a norma ABNT, NBR 10833 que exige $IP < 18\%$, para confecção de tijolo.

No caso do seu índice de consistência é de um solo de fácil praticidade em comparação para solos que possuem um $IC > 1$ que são classificados com características de dureza que podem trazer problemas na execução de um projeto.

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

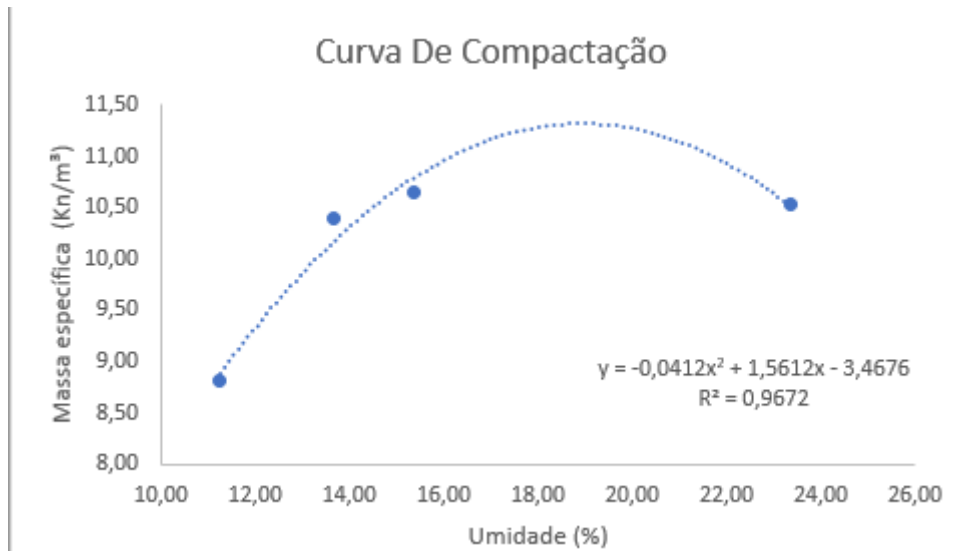


Figura 19: Gráfico do ensaio de compactação (Fonte: O autor)

De acordo com o gráfico da figura 19 é definido qual é a quantidade exata de água que o solo necessita para atingir o ponto de umidade ótima com o dado que se localiza geralmente no centro da parábola de acordo com a norma NBR 12023 (ABNT, 2012), mas para casos como no gráfico é obrigado definir qual a linha de tendência desse gráfico para obter a equação dessa curva.

Com a derivada dessa equação foi encontrado o valor de 18,95% de umidade ótima que o solo trabalhado vai precisar para atingir sua resistência máxima.

ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os dados coletados do ensaio de resistência compressão com uma carga pontual referente aos tijolos ecológicos e maciços e demonstrados na figura 20 e figura 21. A resistência dos tijolos foram calculados através da divisão da carga sobre a área da peça que estava localizada no centro dos tijolos.

Resistência a compressão (Tijolo Ecológico)					
Material 1: Padrão					
Traço	Amostra (PA)	Peso (Kg)	Área pontual (mm ²)	Carga (Kgf)	Resistência (Mpa)
10 de Terra e 1 de cimento	1	2,78	1600	28	0,17
	2	2,98	1600	32	0,20
	3	3,07	1600	40	0,25
	4	3,01	1600	32	0,20
	5	3,02	1600	33,8	0,21
	6	3,00	1600	35	0,21
	7	2,95	1600	27,3	0,17
Média		0,20			
Material 2: Fibra					
Traço	Amostra (F)	Peso (Kg)	Área pontual (mm ²)	Carga (Kgf)	Resistência (Mpa)
10 de Terra e 0,5 de cimento	1	3,31	1600	36	0,22
	2	3,34	1600	40	0,25
	3	3,32	1600	55	0,34
	4	3,19	1600	50	0,31
	5	2,76	1600	65	0,40
	6	3,37	1600	40	0,25
	7	3,16	1600	45	0,28
Média		0,29			
Material 3: Entulho					
Traço	Amostra (E)	Peso (Kg)	Área pontual (mm ²)	Carga (Kgf)	Resistência (Mpa)
10 de Terra e 0,5 de cimento	1	3,32	1600	45	0,28
	2	3,20	1600	30	0,18
	3	3,36	1600	50	0,31
	4	3,37	1600	28,3	0,17
	5	3,12	1600	36,3	0,22
	6	3,19	1600	27	0,17
	7	2,42	1600	14,5	0,09
Média		0,20			
Material 4: PET					
Traço	Amostra (P)	Peso (Kg)	Área pontual (mm ²)	Carga (Kgf)	Resistência (Mpa)
10 de Terra e 0,5 de cimento	1	3,35	1600	110	0,67
	2	3,37	1600	115	0,70
	3	3,24	1600	60	0,37
	4	3,42	1600	94	0,58
	5	2,69	1600	32	0,20
	6	3,22	1600	95	0,58
	7	2,98	1600	90	0,55
Média		0,52			

Figura 19: Resultados do ensaio a resistência a compressão tijolo ecológico (Fonte: O autor)

Resistência a compressão (Tijolo Maciço)					
Material 1: Padrão					
Traço	Amostra (PA)	Peso Médio (Kg)	Área (mm ²)	Carga (Kgf)	Resistência (Mpa)
10 de Terra e 1 de argila	1	1,1	1600	19,8	0,12
	2		1600	25	0,15
	3		1600	33,28	0,20
	4		1600	25	0,15
	5		1600	20,8	0,13
	6		1600	20,8	0,13
	7		1600	20,8	0,13
Média			0,14		
Material 2: Fibra					
Traço	Amostra (F)	Peso Médio (Kg)	Área (mm ²)	Carga (Kgf)	Resistência (Mpa)
10 de Terra e 0,5 de argila	1	1,05	1600	33,28	0,20
	2		1600	35,1	0,21
	3		1600	32,82	0,20
	4		1600	33,28	0,20
	5		1600	35,1	0,21
	6		1600	33,28	0,20
	7		1600	33	0,20
Média			0,21		
Material 3: PET					
Traço	Amostra (P)	Peso Médio (Kg)	Área (mm ²)	Carga (Kgf)	Resistência (Mpa)
10 de Terra e 0,5 de argila	1	1,17	1600	32,8	0,20
	2		1600	28	0,17
	3		1600	25	0,15
	4		1600	30	0,18
	5		1600	19,8	0,12
	6		1600	19,8	0,12
	7		1600	22	0,13
Média			0,155225		

Figura 20: Resultados do ensaio a resistência a compressão tijolo maciço (Fonte: O autor)

ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

A figura 21 apresenta os resultados do ensaio de absorção de água executado nos tijolos ecológicos, não foi executado nos tijolos maciços, pois após o contato com água eles trincaram.

Ensaio de Absorção de Água					
Traço	Amostra	Peso Seco (Kg)	Peso Úmido (Kg)	Absorção (%)	Absorção Média (%)
1 C e 10 T	NORMAL 1	2,20	2,54	15,45	16,3
	NORMAL 2	2,27	2,62	15,42	
	NORMAL 3	2,45	2,89	17,96	
1 C e 10 T	FIBRA 1	2,73	3,00	9,89	7,33
	FIBRA 2	2,80	2,97	6,07	
	FIBRA 3	2,98	3,16	6,04	
1 C e 10 T	ENTULHO 1	2,49	2,76	10,84	10,76
	ENTULHO 2	2,59	2,89	11,58	
	ENTULHO 3	2,74	3,01	9,85	
1 C e 10 T	PET 1	2,64	2,87	8,71	7,99
	PET 2	2,79	3,00	7,53	
	PET 3	2,98	3,21	7,72	

Figura 21: Resultados do ensaio de absorção de água do tijolo ecológico (Fonte: O autor)

CONCLUSÃO

Ao decorrer do tempo, o mundo sofre alternâncias constantemente, ou seja, sempre ocorrerão modificações para atender as necessidades do ser humano. Como é o caso do âmbito das construções, onde irão existir inovações e adaptações em projetos, qualidade da empresa, técnicas construtivas, materiais empregados nas obras e, o mais importante, a redução na geração de resíduos.

O objetivo deste estudo consiste em demonstrar 02 (dois) aspectos fundamentais, sendo o primeiro atinente ao fato de o construtor ter a aptidão de fazer o seu próprio material com os itens encontrados em seu respectivo terreno, principalmente o solo. Já o segundo aspecto diz respeito à promoção de sustentabilidade com os materiais tratados como “lixo” para algumas pessoas, mas que são compreendidos como “tesouro” para outras.

Durante o trabalho, foi possível provar que a presença do entulho no tijolo solo-cimento equipara-se, em critérios de resistência, com o traço padrão do tijolo em sua parte mais crítica que seria o centro.

Em virtude disso, a conclusão, para o grupo dos tijolos ecológicos, é a de que o PET apresenta maior resistência em comparação aos demais modelos. A aplicação desse tijolo pode ser indicada para alvenarias estruturais, mas no caso do entulho, que é o modelo com semelhança com o modelo padrão, apresenta as suas vantagens em critérios econômicos.

A fibra do coquinho destaca-se em resistência para o grupo de tijolos maciços, já que para solo e cimento ela mantém-se mediana em comparação ao PET e o entulho, mas o fato que



a produção para modelos solo-cimento afeta o tempo de produção por causa do preparo do material. A vantagem de modelos maciço-fibra, que foi possível identificar ao término do experimento, seria a independência, ou seja, que não precisa de um outro componente como o fato do entulho e o PET, os quais são dependentes do cimento para manter estável.

AGRADECIMENTOS

Prestamos os merecidos agradecimentos ao professor e orientador Me. Rafael Augusto Valentin da Cruz Magdalena, pelo respeito e inestimáveis contribuições ofertadas durante as reuniões de orientações do presente trabalho. Ainda nesse contexto, agradeço a professora Ma. Cândida Maria Costa Baptista, pela atenção e proatividade no auxílio à formatação desse documento.

Por fim, agradecemos aos demais membros do corpo docente da Universidade São Francisco (USF) pelos valiosos ensinamentos prestados ao longo do curso de Engenharia civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo-Determinação do Limite de Liquidez**. Disponível em: https://ilcoribeiro.webnode.com.br/_files/200000085-5d2195d9d7/NBR%207180.pdf. Acesso em: 28 mai. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7180: SoloDeterminação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro. Disponível em: https://ilcoribeiro.webnode.com.br/_files/200000085-5d2195d9d7/NBR%207180.pdf. Acesso em: 28 mai. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016. 13p. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1968/abnt-nbr7181-solo-analise-granulometrica>. Acesso em: 28 mai. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491: Tijolo de solocimento: requisitos**. Rio de Janeiro, 2012b. Disponível em: https://www.alroma.com.br/uploads/arquivos_documentos/NBR_8491_-_Norma_Tijolo_de_Solo_Cimento_Requisitos_-_Alroma.pdf. Acesso em: 22 mai. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492: Tijolo de solocimento - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012. 4p. Disponível em: https://www.alroma.com.br/uploads/arquivos_documentos/NBR_8492__Norma_Tijolo_de_Solo_Cimento_-_Resist%3%Aancia_e_Absor%3%A7%C3%A3o_-_Alroma.pdf. Acesso em: 28 mai. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833: fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica: procedimento**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6153/abnt-nbr10833-fabricacao-de-tijolo-e-bloco-de-solo-cimento->



comutilizacao-de-prensa-manual-ou-hidraulica-procedimento.Acesso em: 28 mai. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12023: Solo-cimento. Ensaio de compactação.** Disponível em: https://engenhariacivilunip.weebly.com/uploads/1/3/9/9/13991958/nbr_12023_-_1992_-_solo_cimento_-_ensaio_de_compactao.pdf. Acesso em: 28 mai. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13555: Solo-cimento - Determinação da absorção de água - Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 1996. 7p. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/10026/abnt-nbr13555-solo-cimento-determinacao-da-absorcao-de-agua-metodo-de-ensaio>. Acesso em: 28 mai. 2022

MELLO, Luiz C.B. AMORIN, Sergio R.L *et al.* **ESTUDO SOBRE A CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL, ESTADOS UNIDOS E UNIAO EUROPEIA:COMPARAÇÃO E PROPOSTAS PARA O SETOR NO BRASIL.** Engenharia de Produção, Salvador, v 29, out.2009.Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_615_12489.pdf. Acesso em: 01 mai. 2022

OLIVEIRA, Jordan Florio de. **Conheça a história da construção civil.** nov.2019. Disponível em: <https://obrasconstrucaocivil.com/conheca-a-historia-da-construcao-civil/>. Acesso em: 30 abr. 2022



ANEXOS

ANALISE GRANULOMÉTRICA



ANEXO A: Equipamentos utilizados no ensaio de granulometria 30/08/2022
(Fonte: o autor)

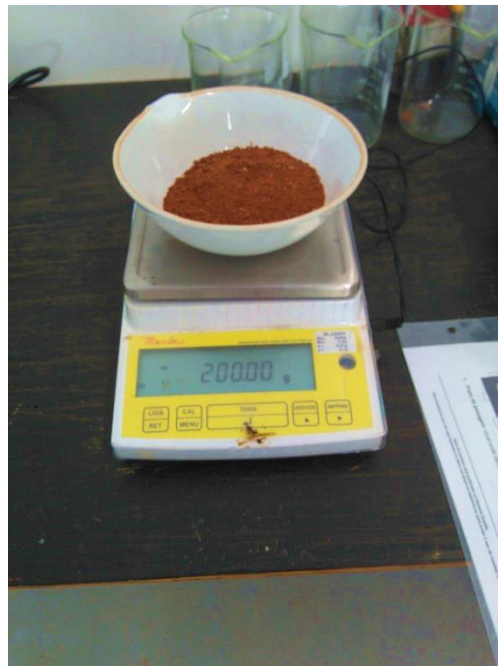


ANEXO B: Equipamentos utilizados no ensaio de granulometria 30/08/2022
(Fonte: o autor)



ANEXO C:Jogo de peneiras 30/08/2022 (Fonte: o autor)

LIMITE DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE



ANEXO D:Peso da amostra do ensaio de Limite de Plasticidade 06/09/2022
(Fonte: o autor)



ANEXO E:Preparo da amostra 06/09/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO F:Amostra na concha do aparelho de casa grande 06/09/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO G: Amostra colocada na estufa 06/09/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO H: Equipamentos utilizados no ensaio de Limite de Liquidez 06/09/2022
(Fonte: o autor)



ANEXO I: Cilindro referente ao ensaio de LL 06/09/2022 (Fonte: o autor)

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO



ANEXO J: Preparo da amostra para a compactação 13/09/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO K:Corpo de prova do ensaio 13/09/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO L:Recolhimento de partes de amostra de corpos de prova 13/09/2022
(Fonte: o autor)

FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS (ECOLÓGICO E MACIÇOS)



ANEXO M: Preparo da amostra 07/10/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO N: Pesagem dos materiais 07/10/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO O: Processo de confecção dos tijolos ecológicos 07/10/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO P: Processo de confecção de tijolos maciços 07/10/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO Q: Amostras do estudo 07/10/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO R: Termino da fabricação 17/10/2022 (Fonte: o autor)

ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO



ANEXO S: Montagem do rompimento das amostras 22/10/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO T: Demarcação das amostras por tipo de material 22/10/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO U: Amostras rompidas 22/10/2022 (Fonte: o autor)



ANEXO V: Recolhimento do entulho ao termino experimento 25/10/2022
(Fonte: o autor)



ANEXO W:Descarte das amostras 25/10/2022 (Fonte: o autor)