UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio Mesquita Filho"
Campus de Ilha Solteira

CAROLINE REZENDE COUTO

ESTUDO DE ADOBES MELHORADOS COM CIMENTO E ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONCRETO

Ilha Solteira
2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio Mesquita Filho"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

"Estudo de adobes melhorados com cimento e adição de resíduos de concreto"

CAROLINE REZENDE COUTO

Orientador: **Prof. Dr. Antonio Anderson da Silva Segantini**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.
Área de Conhecimento: Estruturas

Ilha Solteira
2014

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C871e

Couto, Caroline Rezende.
Estudo de adobes melhorados com cimento e adição de resíduo de concreto Caroline Rezende Couto. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014
141 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Estruturas, 2014

Orientador: Antonio Anderson da Silva Segantini
Inclui bibliografia

1. Adobe. 2. Resíduo de concreto. 3. Cimento.

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Estudo de adobes melhorados com cimento e adição de resíduos de concreto

AUTORA: CAROLINE REZENDE COUTO
ORIENTADOR: Prof. Dr. ANTONIO ANDERSON S SEGANTINI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL , Área: ESTRUTURAS, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ANTONIO ANDERSON S SEGANTINI
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCO ANTONIO MORAIS ALCANTARA
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. PAULO JOSE ROCHA DE ALBUQUERQUE
Departamento de Geotecnia / Universidade Estadual de Campinas

Data da realização: 19 de agosto de 2013.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Daniel e Bernardete, pelo empenho dedicado a mim em todos esse anos para que esse momento fosse possível.

Ao meu irmão, André, pela parceria e pela compreensão despendida.

Aos meus amigos, que sempre me motivaram e me auxiliaram muito nos últimos anos, em especial Giulio e Vanessa.

Aos técnicos do laboratório central de engenharia civil, que sempre me atenderam com muita cortesia e proatividade, em especial ao Gilson e Mario.

Aos meus professores, porque sem eles, eu nada seria.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Anderson Segantini, que com sua paciência e conhecimento me auxiliou a concretizar esse sonho.

À CAPES pela bolsa disponibilizada no período de março de 2011 a fevereiro de 2012 e à FAPESP pela bolsa cedida no período de março a dezembro de 2012.

RESUMO

Diante da preocupação atual com construções ecologicamente corretas, o adobe surge como importante opção em edificações de baixo custo, por economizar em transporte, quando a terra adequada encontra-se disponível no próprio local da obra; não requerer mão-de-obra especializada; possuir excelente conforto térmico; e não consumir energia para sua fabricação. Trata-se de um material de construção milenar, muito utilizado em diversas partes do mundo. As matérias-primas necessárias para a sua produção (terra e água) são facilmente encontradas na natureza. Apresenta baixo custo energético, pois seu processo de fabricação é simples e não requer cozimento, configurando-se numa tecnologia apropriada plenamente inserida nos preceitos da construção sustentável.

Avaliou-se, neste trabalho, a confecção de adobes com adição de cimento e resíduos de construção. Foram realizados ensaios de caracterização dos materiais, compreendendo análise granulométrica, determinação de massa específica no estado solto e limites de consistência. No caso dos adobes, com dimensões de 7,5 cm x 15 cm x 30 cm, realizaram-se ensaios de massa específica, retração linear, umidade higroscópica, absorção e resistência mecânica à compressão. Visando melhorar a sua homogeneização, procedeu-se à mistura dos componentes em betoneira, tendo como resultado um material de consistência plástica. A cura foi feita em câmara úmida aos 7, 28 e 56 dias.

Concluiu-se que a adição de resíduo de concreto contribuiu no sentido de promover uma tendência de aumento da resistência, redução da absorção e da retração linear. A adição de cimento promoveu aumento de resistência em função do tempo e redução da absorção.

Palavras-Chave: Adobe. Resíduos de concreto. Cimento.

ABSTRACT

In view of current preoccupation with ecologic buildings right, the adobe comes as an important choice in low cost edifications, because it saves on transportation when the appropriate land is found in the same place that the work; doesn´t require skilled labor; has excellent thermal comfort; and doesn't consume energy to production. It´s a millennial construction material, very used in many parts of the world. The raw material necessary to production of adobe is land and water, found easily in the nature. Besides that, it has low energy cost, the manufacture process is simple and doesn´t need baking, being considered an appropriate technology with sustainability concept.

In this research, it evaluated the production of adobes with addition of cement and construction waste. Material characterization tests were performed, including particle size analysis, determination of density in loose condition and consistency limits. The tests with the adobe, with dimensions of 7,5 cm x 15 cm x 30 cm, were out specific mass, linear shrinkage, hygroscopic moisture, absorption and mechanical resistance to compression. To improve the homogenization proceeded to the mixture of components in a concrete mixer, resulting in a material of plastic consistency. Curing was done in a humid at 7, 28 and 56 days chamber.

It was concluded that the addition of concrete residue contributed to promote a trend of increased resistance, reduced absorption and linear shrinkage. The addition of cement promoted an increase in resistance as a function of time and decreased absorption.

Key Words: Adobe. Concrete residue. Cement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Foto das ruínas de Jericó, vestígios da cidade mais antiga descoberta pelos arqueólogos. 17
Figura 2 - Zigurate de Nanna, na cidade de Ur no Iraque atual. 18
Figura 3- Mastaba, a primeira pirâmide chamada de Pirâmide Escalonada de Djoser. 19
Figura 4- Muralha da China. 19
Figura 5 - Rua de Santa Fé, Novo México - EUA. 20
Figura 6 - Preparação do ensaio de massa específica dos sólidos (esquerda); início do ensaio de sedimentação (direita). 33
Figura 7-Realização do ensaio de limite de liquidez 34
Figura 8-Instrumentos utilizados e o ensaio de limite de plasticidade em andamento. 34
Figura 9 - Execução do ensaio de massa específica aparente no estado solto. 35
Figura 10 - Momento da pesagem da amostra. 35
Figura 11 - Fôrma de PVC para a moldagem dos tijolos e fôrma de madeira para o ensaio de retração linear. 36
Figura 12 - Massa dos materiaisutilizados na composição das misturas. 38
Figura 13 - Moldagem do corpo de prova para ensaio de retração. 39
Figura 14 - Lona cobrindo os adobes moldados. 40
Figura 15 - Identificação dos adobes e retirada das fôrmas laterais. 40
Figura 16 - Adobes com 54 dias na câmara úmida. 41
Figura 17 - Representação das medições efetuadas. 42
Figura 18 - Corpo de prova momentos antes da aferição para o ensaio de retração linear. 42
Figura 19-Pesagem do corpo de prova antes e depois da secagem na estufa. 43
Figura 20 - Corpos de prova submersos e pesagem após a imersão. 43
Figura 21 - Marcação e corte nos corpos de prova. 45
Figura 22- Umedecimento do adobe, nivelamento das facese aspecto final dos corpos de prova. 45
Figura 23 - Bancada (de vidro) lubrificada com óleomineral e colocação do prisma, pressionando-o contra a argamassa. 46

Figura 24- Prismas e adobes capeados e prontos para o ensaio. 47
Figura 25- Medição da dimensão b nos prismas. 47
Figura 26 - Adobe e prisma no ensaio de compressão simples. 48
Figura 27 - Teor de argila + siltee recomendações feitas por Velloso et al. (1985). . 50
Figura 28 - Teores de areia e argilae recomendações feitas por Martinez (1979). .. 50
Figura 29 - Teores de areia e argila e recomendações de Alves (1985). 51
Figura 30 - Representação gráfica do teor de areia, argila e silte das misturas em função dos traços e os teores de areia, argila e silte recomendados por Hernandez et al. (1983). 52
Figura 31 - Curva granulométrica dos quatro traços ensaiados. 53
Figura 32 - Limites de Liquidez e de Plasticidade 54
Figura 33 - Massa específica no estado solto. 55
Figura 34 - Representação gráfica dos resultados de umidade higroscópica. 58
Figura 35- Absorção de água. 58
Figura 36 - Ensaio de compressão aossete dias para prismas e tijolos. 60
Figura 37 - Ensaio de compressão aos 28 dias. 61
Figura 38 - Ensaio de compressão aos 56 dias. 62
Figura 39 - Ensaio de compressão para o traço 1. 62
Figura 40 - Ensaio de compressão para o traço 2. 63
Figura 41 - Ensaio de compressão para o traço 3. 63
Figura 42 - Ensaio de compressão para o traço 4. 64
Figura 43- Composição dos traços estudados. 66
Figura 44-Ensaio de abatimento no Cone de Abrams. 67
Figura 45- Limites de Atterberg dos traços estudados. 70
Figura 46 - Limites máximos e mínimos e umidade de amassamento. 73
Figura 47 - Massas específicas aparentes dos adobes. 75
Figura 48 - Umidade higroscópica por adição ou não de cal. 77
Figura 49 - Representação gráfica dos resultados de umidade higroscópica pela quantidade adicionada de cimento. 77
Figura 50 - Absorção de águapor adição ou não de cal. 78
Figura 51 - Absorção de água pela quantidade adicionada de cimento. 79
Figura 52 - Ensaio de compressão simples. 80
Figura 53 - Demonstração de como foram efetuadas as leituras de retração. 115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Porcentagens de solo, resíduo de concreto e cimento utilizado nas misturas. 32
Tabela 2 - Tabela de nomenclatura dos amassamentos efetuados para cada grupo de tijolos de determinadas idades de ensaio. 37
Tabela 3 - Quantidade de corpos de provas produzidos. 39
Tabela 4 - Teor de umidade natural da mistura. 49
Tabela 5 - Frações de granulometria para cada traço. 49
Tabela 6 - Tabela de resumo das aprovações dos autores para cada traço. 53
Tabela 7 - Umidade de amassamento de cada traço e massada, em que o “I” correspondente ao amassamento efetuado para ensaios a 7 dias, “II” para 28 dias e “III” para 56 dias. 56
Tabela 8 - Média da massa específica aparente dos traços estudados. 56
Tabela 9 - Retração linear dos traços estudados 57
Tabela 10- Umidade higroscópica e absorção dos traços estudados. 57
Tabela 11 - Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação dos prismas referente aos traços estudados. 59
Tabela 12 - Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação dos tijolos referente aos traços estudados. 60
Tabela 13 - Descrição dos traços estudados. 66
Tabela 14 - Quantidades máximas e mínimas de água de amassamento. 72
Tabela 15 - Quantidades máximas e mínimas de água de amassamento. 72
Tabela 16 - Quantidade de água adicionada. 73
Tabela 17 - Relações entre os limites de plasticidade e as umidades de amassamento. 74
Tabela 18 - Abatimento no Cone de Abrams. 74
Tabela 19 - Média da retração linear para cada traço. 76
Tabela 20 - Média das massas naturais, secas e saturadas com os resultados de umidade higroscópica e absorção de água para cada traço. 76
Tabela 21 - Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação dos resultados à compressão dos traços estudados. 79

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
2 OBJETIVOS 14
2.1 OBJETIVO GERAL 14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14
3 JUSTIFICATIVAS E RELEVÂNCIAS 15
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16
4.1 TERRA CRUA 16
4.1.1 Aspectos Históricos 16
4.1.2 Construção com terra 20
4.1.3 Solos 23
4.1.4 Adobe 24
4.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO – RCD 27
4.2.1 Resíduos de Concreto - RC 29
5 MATERIAIS 30
5.1 SOLO 30
5.2 RESÍDUO DE CONCRETO (RC) 30
5.3 CIMENTO 30
5.4 CAL HIDRATADA 30
5.5 ÁGUA 31
6 METODOLOGIA 32
6.1 DEFINIÇÃO INICIAL DAS DOSAGENS 32
6.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS 32
6.2.1 Teor de umidade no estado solto 33
6.2.2 Composição granulométrica 33
6.2.3 Limites de Atterberg (LL e LP) 33
6.2.4 Massa específica aparente no estado solto 34
6.3 PRODUÇÃO DOS TIJOLOS 36
6.3.1 Fôrmas 36
6.3.2 Amassamento 37
6.3.3 Moldagem 38
6.3.4 Secagem e armazenamento 39

6.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA 41
6.4.1 Massa específica aparente 41
6.4.2 Retração Linear 42
6.4.3 Umidade higroscópica e absorção 43
6.5 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA 44
6.5.1 Preparação dos corpos de prova 44
6.5.1.1 Materiais e equipamentos 44
6.5.1.2 Procedimentos 44
6.5.1.2.1 Corte e Junção 44
6.5.1.2.2 Capeamento 46
6.5.2 Resistência à compressão 47
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES 49
7.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS 49
7.1.1 Teor de umidade no estado solto 49
7.1.2 Composição granulométrica 49
7.1.3 Limites de Atterberg (limites de consistência) 54
7.1.4 Massa específica aparente no estado solto 55
7.2 TEOR DE ÁGUA PARA AMASSAMENTO 55
7.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA 56
7.3.1 Massa específica aparente 56
7.3.2 Retração Linear 57
7.3.3 Umidade higroscópica e absorção de água 57
7.4 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA 59
7.4.1 Resistência à compressão 59
8 CONSIDERAÇÕES 65
9 OTIMIZAÇÃO DO TRAÇO 4 66
9.1 PRODUÇÃO DOS TIJOLOS ..... ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
9.1.1 Definição dos traços 66
9.1.2 Quantidade de Água 67
9.1.3 Abatimento no cone de Abrams 67
9.1.4 Moldagem 68
9.1.5 Secagem e armazenamento 68
9.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA 68
9.3 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA 68

9.3.1 Preparação dos corpos de prova e ensaio de compressão simples. 69
10 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA OTIMIZAÇÃO 70
10.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS 70
10.2 AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁGUA NO AMASSAMENTO 71
10.3 ABATIMENTO NO CONE DE ABRAMS 74
10.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA 75
10.4.1 Massa específica aparente 75
10.4.2 Retração Linear 76
10.4.3 Umidade higroscópica e absorção de água 76
10.5 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA 79
10.5.1 Resistência à compressão 79
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS 81
12 CONCLUSÃO 83
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 84
REFERÊNCIAS 85
APÊNDICES 89

1 INTRODUÇÃO

A humanidade vive intensamente um momento de evolução, suscitando severas transformações ambientais. Com isso, no sentido de diminuir os impactos, é necessário que a engenharia inclua em suas práticas e seus métodos construtivos a redução do volume de materiais descartados, haja vista que são materiais nobres em sua grande maioria, podendo ser reciclados ou reaproveitados na própria construção.

A situação é preocupante, pois de acordo com PINTO (1999), estimava-se que a produção média de entulho no Brasil era da ordem de 0,5 toneladas por habitante ao ano, chegando a corresponder a 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos, valores que hoje, certamente, são bem superiores a esta estimativa. Dessa forma, o desperdício de materiais nas construções não se baseia somente na geração de resíduos sólidos, mas também na falta de utilização dos resíduos gerados no processo de construção, desperdiçando-se assim as suas potencialidades.

Contudo, observa-se hoje que muitas universidades e centros de tecnologias discutem o assunto, formando grupos de pesquisa nos estudo para o reaproveitamento dos resíduos gerados pela construção, seja no aspecto de redução de sua geração durante a atividade de construção, de políticas públicas para a gestão dos resíduos ou ainda de desenvolvimento de tecnologias para a sua reciclagem (MENDES; BORJA, 2007).

A construção sustentável se inicia pela prevenção, na qualidade e racionalização do projeto, na busca incessante da redução de resíduos e pelo desenvolvimento de tecnologias limpas, aproveitando-se materiais recicláveis ou reutilizáveis. Mas como é praticamente impossível evitar a geração de resíduos, atitudes firmes devem ser tomadas no sentido de se transformar os resíduos em recursos reutilizáveis (PIMENTEL, 2009).

Neste sentido, as construções com terra se mostram muito atraentes porque podem economizar energia e diminuir o impacto ambiental. Além disso, PEREIRA (2008), afirma que o processo de construção com terra é completamente reciclável, pois as construções com solo podem ser demolidas e reaproveitadas várias vezes. Entre elas se destaca o adobe feito com terra crua, cujos métodos construtivos são

bastante similares aos aplicados nas construções com tijolo de barro cozido, tradicionalmente utilizados no Brasil.

Segundo Tagomori et al. (2011), no Brasil existem algumas regiões, principalmente norte e nordeste, onde se utilizam o adobe nas construções habitacionais devido ao baixo custo de produção e facilidade de obtenção do material. Porém, muitas dessas construções são casas populares, construídas sem os cuidados necessários, gerando rápida degradação do material e conferindo a impressão de ser o adobe um material de pouca qualidade.

A confecção do adobe é bem simples. Trata-se basicamente da mistura de terra com água com cozimento no sol, dispensando assim a queima com lenha ou carvão, que consomem muita energia e produzem grandes quantidades de CO_2.

Entre as características do adobe se destacam o conforto térmico, proporcionado pela inércia térmica das paredes, o baixo custo da construção, por não necessitar de transporte de materiais e custo energético praticamente nulo se comparado aos outros materiais de construção.

Entretanto, os adobes apresentam inconvenientes como elevada absorção e falta de estabilidade na presença de umidade, comprometendo a sua resistência e a sua durabilidade. Assim, conhecendo-se as propriedades físicas e mecânicas dos materiais de construção amparadas por ensaios de laboratório, objetivou-se neste trabalho melhorar o desempenho do adobe, sobretudo no que se refere aos aspectos de absorção de umidade e de resistência através da incorporação dos resíduos de concreto e da adição de cimento em pequenas proporções. Desse modo, visou-se a confecção de um adobe melhorado com cimento, com adição de resíduos de concreto, cujo desempenho seja adequado para a confecção de alvenarias de vedação, tornando o uso destes materiais atraentes para as construções residenciais, nas quais os requisitos de conforto térmico e acústico, além do baixo consumo de energia, se fazem presentes.

Nesta pesquisa, procurou-se valorizar os materiais locais, de baixo consumo energético, baixo consumo de água, economia no transporte das matérias-primas e, sobretudo, em harmonia com os preceitos da engenharia sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se melhorar as propriedades do adobe, sobretudo a resistência e a absorção de umidade, utilizando para isto pequenas quantidades de cimento e adição de resíduos de concreto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos deste trabalho estudar diferentes dosagens na confecção do adobe, variando-se a quantidade de resíduos de concreto e o consumo de cimento, de modo a se buscar uma dosagem otimizada, de baixo custo e desempenho adequado para a confecção de paredes.

Objetivou-se, dessa forma:

- Estudar e caracterizar os materiais e as misturas por meio de ensaios de laboratório;
- Moldar adobes com diferentes traços e avaliar a resistência mecânica e a absorção de umidade;
- Avaliar as propriedades físicas e mecânicas dos tijolos produzidos; e
- Indicar a melhor composição para uso em alvenarias de vedação.

3 JUSTIFICATIVAS E RELEVÂNCIAS

Este trabalho buscou uma alternativa para as principais preocupações no que se refere à sustentabilidade, quais sejam: redução de consumo de energia na produção do material e posteriormente na ocupação da edificação; redução do consumo de recursos naturais; reutilização de resíduos gerados pela própria construção; redução do volume materiais descartados nas construções; redução do consumo de água; além de redução de descartes posteriores, visto que o material é totalmente reaproveitável.

Maior ênfase é dada ao fato de que o adobe pode ser produzido com materiais facilmente encontrados na natureza (terra e água) e ao fato de que em sua produção não há custos energéticos. Tagomori et al. (2011) destaca também as qualidades do material 100% reciclável e do ambiente construído, de excelente comportamento termo-acústico. Contudo, as características de resistência e de absorção podem ser melhoradas, sendo este o intuito deste trabalho.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 TERRA CRUA

4.1.1 Aspectos Históricos

O homem, como os outros animais, descobriu que também poderia construir seu abrigo usando um dos materiais encontrados mais abundantemente na natureza**:** a terra (SILVA, 2000). Segundo Bouth (2005), a construção com terra foi a primeira solução encontrada pelo homem primitivo para a edificação de abrigos eficientes contra o meio ambiente hostil, em locais que o manuseio de pedras e madeiras era dificultoso.

É difícil dizer ao certo em qual local e especificamente em qual data as construções com terra surgiram para a humanidade. Assim como a fala, a escrita ou as primeiras embarcações, a construção com terra surgiu de uma necessidade básica do ser humano (BUSSOLOTI, 200-).

De acordo com Dethier (1993), há cerca de dez mil anos, desde que os homens constroem cidades, a terra crua tem sido um dos principais materiais de construção utilizados, através de tradições eruditas e populares. Com esse material, diversas civilizações da antiguidade edificaram cidades inteiras das quais restam, em todo o mundo, vestígios arqueológicos, com Jericó, construída há uma centena de séculos e sem dúvida a primeira cidade na história.

Figura 1 - Foto das ruínas de Jericó, vestígios da cidade mais antiga descoberta pelos arqueólogos.

Fonte: Amorim (2013).

Bouth (2005) afirma a existência de evidências arqueológicas de construções com uso de blocos de terra (secos ao sol) serem comuns no final do período Neolítico. “O adobe, na forma de blocos secos ao sol, era bem conhecido na antiguidade. Os filhos de Israel faziam tijolos de barro para os egípcios no tempo de Moisés. Acredita-se que as primeiras casas de Siolk, um oásis do Iran, foram feitas de terra na forma de adobe monolítico cru, antes do ano de 4000 a.C. Pouco a pouco, o homem aprendia que com certos tipos de barro poderia fazer construções melhores do que com outros, e que alguns duravam por toda a vida. No Egito, melhorava-se o adobe adicionando a palha e bambu. Na Babilônia e na Assíria, introduzia-se o asfalto natural, dando ao adobe primitivo uma melhor resistência ao intemperismo.”

Segundo Bussoloti (200-), os registros mais antigos da utilização da terra crua remetem a região da Mesopotâmia e ao antigo Egito e, apesar de ser um material comum a maioria dos locais do planeta, esta região possui duas características peculiares, que os coloca próximo as primeiras edificações com terra:

- A primeira característica é a **presença de rios,** na qual o processo geológico de milhares de anos propiciou a sedimentação de material para a formação da argila.

- A segunda é a **presença de um clima seco**, onde o rendimento de conforto, para os ambientes internos são melhores e mais facilmente notados com as construções de barro.

Desde as mais remotas eras, o homem diversificou suas técnicas de forma a conferir melhor comportamento ao solo, tornando-o mais resistente ao intemperismo (BOUTH, 2005).

De acordo com Bussoloti (200-), praticamente todas as civilizações antigas trabalharam, a princípio, suas edificações com a terra. Os sumérios, assírios e babilônios construíam os zigurates (templo em formato de pirâmide), os egípcios possuíam as mastabas (túmulos também em forma piramidal) e, posteriormente, recorreram a construções de pedra.

Figura 2 - Zigurate de Nanna, na cidade de Ur no Iraque atual.

Fonte: FERNANDES (200-).

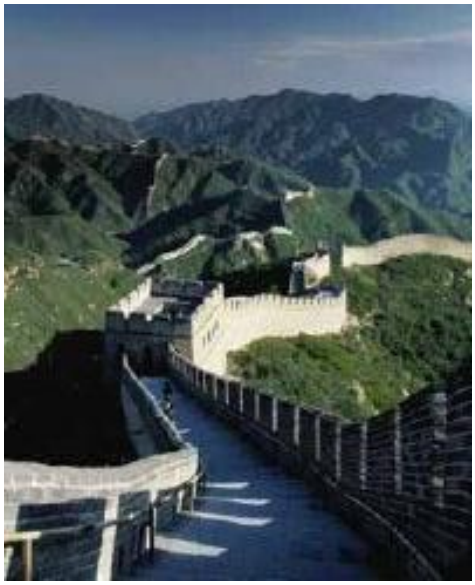
Figura 3 - Mastaba, a primeira pirâmide chamada de Pirâmide Escalonada de Djoser**.**

Fonte: RAMOS(2001).

Na Europa, na África e no Oriente Médio, as civilizações romanas, depois mulçumanas e, na Ásia os hindus, bem como os monges budistas ou dos imperadores da China construíram em terra (DETHIER, 1993).

A muralha da China, inicialmente, foi construída com paliçadas de madeira e barro, só posteriormente foi recoberta com pedras para adquirir sua atual composição (BUSSOLOTI, 200-).

Figura 4 - Muralha da China.



Fonte: Bussoloti (200-).

Silva (2000) afirma que as construções em terra crua chegaram ao Brasil, trazidas pelos colonizadores europeus e, mais tarde, pelos africanos, sendo que os índios não utilizavam esse material para a construção de suas casas.

O sistema construtivo se transformou em terras brasileiras, pois tanto o utilizado pelos índios, quanto aquele que foi trazido pelos colonizadores modificou-se aqui, sofrendo uma influência mútua, nascendo, assim, à casa de taipa brasileira (SILVA, 2000).

Dethier (1993) observa que, atualmente, muitas cidades testemunham o uso ancestral da terra: Santa Fé, capital do Estado do Novo México, nos Estados Unidos, ou o centro de Bogotá, capital da Colômbia; e da África ao Oriente Médio, há uma espantosa continuidade de cidades em terra crua.

Figura 5 - Rua de Santa Fé, Novo México - EUA.

Fonte: Junqueira e Biselli (200-).

4.1.2 Construção com terra

A terra tem sido utilizada, desde o período pré-histórico, como matéria-prima em inúmeros tipos de construções: na elevação de alvenarias, de abóbodas e de outros elementos construtivos, segundo Pereira (2008). Portanto, como a construção em terra se trata de um conhecimento vernacular, as técnicas existentes são as mais variadas, existindo tanto as mais puramente tradicionais, como outras

reinterpretadas ou mesmo desenvolvidas para uma adequação maior aos nossos dias (AGUIAR et al., 2004).

Aguiar et al. (2004) relata que por muito tempo as construções com terra foram consideradas de qualidade inferior, pois muitas vezes não eram bem aplicadas e, ainda, a falta de informação e o preconceito com o assunto intensificaram esse tipo de falha. Além disso, a associação dessa técnica à pobreza também se dá pelo seu emprego em programas sociais (BOUTH, 2005).

Como afirma Silva (2000), essas técnicas foram difundidas, por muito tempo, como uma tradição oral, passada de pai para filho, fazendo com que grande parte desse patrimônio cultural se perdesse. Porém, uma parte sobreviveu até os nossos dias, de modo que podemos, ainda hoje, ter acesso a habitações construídas com o sistema da terra crua, sobretudo nos países do Terceiro Mundo, ainda não totalmente industrializados.

Considerando o grande déficit habitacional e a busca de materiais não poluentes, renováveis e de baixo custo, em contrapartida aos industrializados, que têm muitas vezes alto consome de energia, é de fundamental importância resgatar essa tecnologia, além de gerar trabalho e cidadania a uma grande parcela da população (CORRÊA et al., 2006).

As técnicas de construção em terra consideradas mais significativas por Faria (2002) são: o adobe, a “bauge” (ou terra empilhada), o bloco de terra comprimida (BTC), a taipa (ou taipa-de-pilão), o pau-a-pique (ou taipa-de-sopapo), a terra escavada, a terra cortada, a terra “façonnée” (ou terra moldada à mão) e a terra-palha.

Em contrapartida, Bouth (2005) cita os principais métodos construtivos com a utilização de solos:

- Adobes: os tijolos de adobe são feitos por meio da moldagem de barro úmido (com alta plasticidade) em fôrmas. Após a moldagem, retiram-se as fôrmas e os tijolos são secos ao sol. O sistema construtivo é bastante simples e conhecido (alvenaria) e, quando os tijolos são bem feitos, conseguem-se paredes com boa resistência.
- Pise, Taipa de Pilão, Terra Apiloada ou Paredes Monolíticas: o princípio básico desse método é a construção de paredes “*in situ*” comprimindo o solo dentro de fôrmas móveis em camadas sucessivas. Emprega-se, neste caso, solo arenoso na umidade ótima de compactação e originam-se, dependendo das condições das fôrmas, painéis de parede de acabamento refinado.

- Taipa de mão: esse sistema consiste em preencher com barro úmido uma trama de madeira que estrutura o painel de parede. Foi introduzido no Brasil pelos portugueses e atualmente já existem propostas de racionalização do sistema com o emprego de painéis pré-fabricados.
- Bolas: sistema bastante rudimentar com exemplares na África Ocidental. Consiste em empilhar bolas achatadas de barro formando a parede.
- Leivas (terra cortada): variação do adobe. Consiste em cortar o solo superficial (anteriormente compactado e contendo gramíneas) em blocos denominados leivas. Empilha-os em camadas sucessivas, sem argamassa, sendo ligados pelo crescimento das gramíneas originais.
- Tijolos prensados: para a moldagem deste tijolo, é usado um dispositivo mecânico submetendo o material a pressões bastante elevadas. Utilizam-se, de preferência, solos arenosos estabilizados com cimento. Também são produzidos blocos com dimensões idênticas aos de concreto.

De acordo com Bouth (2005), em determinados contextos e regiões, verifica-se ainda a utilização da terra como material de enchimento de uma estrutura, sendo mais expressiva em países onde, por razões sísmicas, é necessária a criação de uma estrutura dúctil.

Dentro de uma perspectiva sustentável, Faria (2002) destacou algumas vantagens:

- Baixo custo energético;
- Recurso renovável abundante e local;
- Longevidade;
- Ausência de toxidade;
- Permeabilidade a radiação cósmica;
- Regulador térmico;
- Regulador higroscópico;
- Permeabilidade ao vapor d’água das paredes externas;
- Isolação fônica e correção acústica;
- Absorção de odores e dissolução de gorduras;
- Ausência de eletricidade estática;
- Oferece uma grande riqueza policromática.

Embora seja difícil encontrar mão-de-obra acostumada a trabalhar com terra crua, as técnicas podem ser rapidamente assimiladas, desde que sob orientação adequada.

De acordo com Aguiar et al. (2004), técnicas de construção com terra, recentemente desenvolvidas, demonstram o valor da terra não só para a autoconstrução, mas também para a construção industrializada.

No Brasil, no entanto, essas iniciativas basicamente se limitam ao ambiente acadêmico e a alguns profissionais isoladamente. Mas não há dúvidas de que num futuro não muito distante, dada a conjuntura das condições ambientais desfavoráveis hoje enfrentadas pela humanidade e a necessidade de preservação ambiental, que a construção com terra será uma alternativa importante, pois está alinhada com os preceitos da sustentabilidade, promovendo o bem estar social.

4.1.3 Solos

O solo é constituído basicamente por partículas, que podem ser agrupadas de acordo com as dimensões dos grãos, podendo ser classificadas em três categorias: areia (fina, média ou grossa), silte e argila, cada uma com características particulares que, em função da quantidade predominante em cada solo, segundo Faria (2002), irão definir a técnica de construção mais adequada. A composição granulométrica do solo pode ser determinada com precisão em laboratório ou em ensaios de campo.

Segundo Bohadana (2007), a terra como material de construção é utilizada, principalmente, de dois modos: misturada com água, constituindo uma massa plástica ou barro; ou uma mistura úmida, compactada ou prensada. No primeiro caso, o produto resultante possui uma porosidade elevada, devido à evaporação da água adicionada, apresentando resistência mecânica e propriedades impermeabilizantes diferentes e menores que as do material obtido no segundo procedimento.

Para se melhorar as características de muitos solos utilizados na construção, podem ser adicionadas substâncias conhecidas como estabilizantes. Existe uma grande quantidade de estabilizadores, sendo que Faria (2002) classifica os tipos de estabilizantes de acordo com o efeito que exercem sobre as partículas do solo, em quatro categorias:

a) Estabilização por cimentação: adição ao solo de uma substância capaz de solidarizar os grãos de areia e as partículas argilosas. Materiais adequados: cimento

Portland (solo-cimento); cal virgem ou hidratada; uma mistura de cal e cimento; ou ainda uma mistura de cal com cinzas;

b) Estabilização por armação: adição ao solo de um material de coesão (grãos ou fibras), que permita assegurar, por atrito com as partículas de argila, uma maior resistência ao material. Materiais adequados: fibras vegetais;

c) Estabilização por impermeabilização: consiste em se envolver as partículas de argila por uma camada impermeável, tornando-as estáveis e mais resistentes à ação da água. O material mais conhecido para este fim é o asfalto (ou betume), utilizado em emulsão. Podem ser utilizadas outras substâncias, como o óleo de coco, seivas de algumas plantas oleaginosas, o látex e os resíduos da prensagem do azeite de oliva;

d) Estabilização por tratamento químico: adição ao solo de substâncias capazes de formar compostos estáveis com os elementos da argila. Materiais adequados: cal (que forma compostos pozolânicos), soda cáustica e urina de gado.

Em suma, cada solo possui uma composição que o caracteriza e muitas vezes, para o uso da terra na construção, é preciso que seja feita sua correção, tendo em vista uma melhor adequação de sua composição granulométrica, seu teor de umidade, sua consistência e a relação de seus componentes.

4.1.4 Adobe

Adobes são tijolos de terra crua misturados com água e palha e, por vezes, outros agregados. Faria (2002), considera a homogeneização da mistura extremamente importante, podendo ser feita com os pés ou com a utilização de uma maromba (1) ou pipa (2). O material, após a mistura, é colocado em fôrmas de madeira, constituindo assim os tijolos sem a necessidade de passar pelo processo de queima.

Os processos de fabricação de blocos de adobe, atualmente, referem-se à possibilidade de utilização de aditivos para a estabilização da terra e à utilização de moldes pré-fabricados e padronizados. Os tijolos de terra são produzidos a partir da terra líquida ou plástica, utilizando moldes diversos (BOUTH, 2005).

Segundo Azevedo (2008), o adobe possui baixa resistência à água, e seus exemplares arquitetônicos são encontrados com maior frequência em regiões desérticas ou com baixa incidência pluviométrica. Ainda, é permeável, funcionando como regulador de umidade e filtro de ar. As edificações em adobes podem durar centenas de anos e são totalmente recicláveis.

[1]extrussora, máquina utilizada na fabricação de tijolos cerâmicos.
[2]equipamento rudimentar utilizado para amassamento do barro por meio de tração animal.

Além disso, a produção do adobe necessita de pouca energia, comparativamente a outros materiais de construção, o que contribui para preservar os recursos naturais. No caso de uma casa construída com adobe necessitar ser demolida, os rejeitos podem ser reciclados ou mesmo depositados sem efeito negativo para o meio ambiente. Além de todas essas características a produção de adobe é ecologicamente correta e não passa pelo processo de queima (AZEVEDO, 2008).

A composição granulométrica do solo para a confecção do adobe, segundo Velloso et al. (1985), deve conter de 9 a 30% de silte mais argila. Martinez (1979), diz que o solo deve conter 20% de argila e de 40 a 55% de areia. Mas Alves (1985) considera importante um teor de argila inferior a 20% e de areia superior a 45%. Entretanto Hernandez et al. (1983), definem a porcentagem ideal de areia para os adobes próxima de 50%, silte próxima de 30% e argila, 20%. Assim, é fundamental que o solo seja analisado por meio de ensaios de campo e de laboratório para se verificar a necessidade ou não da correção na sua composição granulométrica (FARIA, 2002).

O adobe sendo um produto final natural e geológico, não é decomposto, apenas degrada perante influências externas de água, o que é evitado através de técnicas e métodos de construção, colocando pedras e tijolos maciços na base da parede, isolamento horizontal, e várias camadas de cal (BOUTH, 2005).

De acordo com Bouth (2005), o efeito favorável de construções com tijolos feitos de adobe têm essencialmente duas razões:

1. O barro é uma matéria de construção micro-fina e porosa, por isso é capaz de “respirar” como nenhum outro material de construção. Neste processo o ar fresco chega filtrado ao interior fechado, enquanto que o ar “gasto” sai através das paredes;
2. O barro regula a umidade do ar, e é capaz de absorver muita umidade em pouco tempo, de armazená-la, e quando há pouca umidade no ar, é liberada no espaço. Essa capacidade de absorção é 30 vezes superior aos tijolos cozidos.

Há que se tomar muito cuidado com os tratamentos de superfície, pois, a impermeabilização poder ser prejudicial. O ideal é manter a porosidade da superfície para deixá-la respirar. As propriedades físico-químicas devem ser tão próximas quanto possível daquelas da parte não tratada (cor, textura: estética) (AZEVEDO, 2008).

Bouth (2005) defende que os blocos fabricados com adobe são passíveis de serem empregados por qualquer pedreiro, após curto período de instrução. Ainda, se podem realizar quase todos os tipos de arquitetura, como arcos ou cúpulas.

O processo da sua fabricação do tijolo de adobe tem a capacidade de se adaptar às possibilidades e necessidades do fabricante e/ou construtor, já que o material toma o formato da sua fôrma. O molde utilizado pode produzir um ou vários tijolos em simultâneo, resultando numa maior eficiência aliada à produtividade.

Segundo Azevedo (2008), as causas da deterioração do adobe podem ser muitas, como demonstrado a seguir:

- Água: as partículas de argila incham, ganham plasticidade e eventualmente são dispersas em suspensão de água. Na secagem a argila sofre contração e formam-se rachaduras. Pode ocorrer a formação de incrustações. É possível também se observar uma mudança de cor (para mais claro) e ainda haver cristalização de sais na superfície ou imediatamente sob ela.
- Terremotos: nesses casos recomendam-se blocos reforçados e de melhor *design*.
- Sol: são fatores negativos o efeito indireto, a evaporação rápida (incrustações e rachaduras), o choque térmico, e a dilatação térmica (gradiente de temperatura e diferença de coeficiente de expansão térmica entre as camadas).
- Vento: pode ocorrer o destacamento de partes soltas, abrasão, aumento da taxa de evaporação, erosão eólica/alveolar e efeitos indiretos como gotículas do mar (incrustação de sal após a evaporação).
- Sais solúveis: pode ocorrer a cristalização de sais na erosão alveolar.
- Biodegradação (plantas e animais): a presença de umidade: algas, liquens, plantas superiores. As raízes podem causar rachaduras (infiltração de água). Os ninhos de animais podem ocasionar buracos.
- Homem: guerras, urbanização, represas, turismo, vandalismo, falhas de manutenção.

Contudo, estas desvantagens podem ser atenuadas e até corrigidas, em função das técnicas construtivas utilizadas e otimização da composição do material utilizado na confecção dos tijolos de terra (CORRÊA et al., 2006).

Azevedo (2008) recomenda algumas intervenções com a finalidade de proteger o adobe da deterioração, tais como:

- Proteção total contra agentes climáticos: os celeiros e telhados são eficazes quando a ação direta da chuva é a única causa do dano. Na presença de atmosfera marinha, facilita a condensação (piora a situação). Evitar muito o enclausuramento total com material transparente (microclima – efeito estufa).
- Proteção parcial: o telhado é a proteção original. O reforço completo da superfície (sem partes fracas ou não tratadas).
- Reparos com uso de blocos reforçados e/ou solo cimento: a substituição de blocos danificados por novos. A adição de menos de 10% de cimento Portland, aumenta muito a resistência dos novos blocos à água.
- Recobrimento de superfícies com novas camadas de adobe: deve-se colocar uma camada, deixar secar, e depois colocar a outra, com menos água. O recobrimento deve ser bem comprimido, a secagem deve ser lenta. A forma convexa facilita o escoamento de água, evitando a formação de poças e ou canais preferenciais. As possíveis ocorrências de rachaduras devem ser preenchidas. A estrutura original deve ser mantida de alguma forma protegida, tampada.

4.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO – RCD

No Brasil, a discussão sobre a utilização de resíduos acontece com maior freqüência no ambiente técnico científico. A reciclagem de resíduos como material de construção ocorre ainda com maior intensidade com relação à reciclagem de resíduos industriais do aço que são utilizados na fabricação de Cimento Portland e na produção de concretos e argamassas (ÂNGULO et al., 2001).

Segundo a Resolução CONAMA nº. 307 (BRASIL, 2002), resíduos de construção e demolição (RCD) são aqueles provenientes da construção, demolição, reformas, reparos e da preparação e escavação de solo.

Os resíduos de construção e demolição (RCD) são parte dos resíduos sólidos urbanos (RSU), que incluem também os resíduos domiciliares. Porém, para os resíduos de construção e demolição há agravantes: o profundo desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos que eles causam, dos custos sociais envolvidos e das possibilidades do seu aproveitamento (PINTO, 1999).

A grande massa de RCD existente nas cidades contribui para o esgotamento de aterros, principalmente em cidades de grande porte, pois o resíduo é tradicionalmente aterrado nos mesmos locais que os resíduos sólidos urbanos

(RSU). A existência de multas em razão da deposição irregular é a única política voltada para o gerador de resíduos (ÂNGULO 2005).

A Resolução nº 307 CONAMA (BRASIL, 2002) estabelece a classificação dos RCD da seguinte forma:

- Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (materiais que podem ser agregados em argamassas ou concretos).
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações (plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros).
- Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem e/ou recuperação.
- Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Os resíduos de construção e demolição (RCD), tanto no Brasil como no exterior, representam de 13 a 67% em massa dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Isto significa cerca de 2 a 3 vezes a massa de lixo urbano (JOHN, 2000). Segundo Mendes e Borja (2007), as estimativas apontam para montantes de 68,5 milhões de toneladas por ano.

O gerenciamento do RCD tradicionalmente praticado no Brasil e no exterior pelo poder público é caracterizado pela limpeza repetida de áreas de deposição ilegal dentro da malha urbana, e destinação do resíduo em aterros municipais (PINTO, 1999).

Os RCD incluem diferentes materiais, sendo a porção composta por concretos, argamassas, blocos, tijolos, telhas, solos e gesso, dos resíduos de construção e demolição representam aproximadamente 90% do RCD (ÂNGULO, 2005).

Nas obras de demolições (comerciais e residenciais), foi observado que os principais resíduos produzidos foram materiais cerâmicos (52%), concretos (33%) e madeira (8%) (ÂNGULO, 2005). Devido à cultura conservadora com relação às técnicas construtivas utilizadas nos canteiros de obras brasileiros atribui-se que esses números ainda representam a realidade atual na construção civil.

Quase todas as políticas adotadas para diminuir esse impacto ao meio ambiente, incluem a reciclagem dos resíduos por meio da redução de sua geração, visto que a redução também reduz a utilização de aterros, a ocorrência de depósitos irregulares, o consumo de recursos naturais não renováveis e impactos ambientais das atividades de mineração (PINTO, 1999).

De acordo com Ângulo (2005), as estratégias adotadas no gerenciamento de RCD podem ser resumidas em: (a) evitar deposições ilegais, (b) segregar os tipos de materiais do RCD na fonte e (c) estimular a reciclagem.

O desenvolvimento tecnológico de processos associados à reciclagem dos resíduos de construção passa a ter hoje enorme relevância. O aumento no descarte de resíduos de construção, bem como os problemas advindos da exaustão de matérias-primas naturais, vem impulsionando os estudos sobre o aproveitamento desses resíduos como novos materiais, reduzindo o seu impacto ambiental e viabilizando a redução de custos industriais (MENDES; BORJA, 2007).

4.2.1 Resíduos de Concreto- RC

Observa-se que a produção de rejeito de concreto ocorre em todo tipo de obra de construção civil e de infraestrutura, e que, a porcentagem de rejeito de concreto é relativamente alta em relação aos demais materiais descartados, perdendo somente para o resíduo cerâmico. O resíduo de concreto é heterogêneo quanto à sua composição por constituir-se de um material proveniente de diferentes fontes, ou seja, concretos que foram dosados, fabricados e aplicados com controles tecnológicos e concretos que foram produzidos sem qualquer controle de qualidade.

Gonçalves (2001) afirma que entre os vários tipos de resíduos da indústria da construção civil, os resíduos de concreto possuem um dos maiores potenciais de reutilização, devido principalmente ao conhecimento de suas características básicas (f_{ck}, idade, etc..) e seu menor grau de contaminação por outros materiais (vidro, borracha, etc..) quando comparado com outros resíduos.

Os principais agentes geradores, de resíduos de concreto, são as fábricas de pré-moldados, as demolições de construções e de pavimentos rodoviários de concreto, e as usinas de concreto pré-misturado (GONÇALVES, 2001).

5 MATERIAIS

Foram utilizados os seguintes materiais:

5.1 SOLO

O solo utilizado neste trabalho foi coletado na área de empréstimo da Prefeitura de Ilha Solteira. Trata-se de um solo arenoso fino, contendo aproximadamente 30% de argila, 10% de silte e 60% de areia fina, sendo classificado como A4 (HRB, 1945). Suas características granulométricas se assemelham às dos solos encontrados na Região Oeste do Estado de São Paulo e também em outras regiões do Centro Sul do Brasil. Trata-se de um material muito utilizado nos experimentos realizados no Laboratório de Engenharia Civil da UNESP em Ilha Solteira.

5.2 RESÍDUO DE CONCRETO - RC

O resíduo utilizado provém da demolição e reforma de calçadas e passeios públicos na cidade de Ilha Solteira, os quais foram cedidos ao projeto pela prefeitura do município. Os resíduos foram triturados em um britador de facas e peneirados na malha 4,8 mm visando, deste modo, à obtenção de um material granular, similar a uma areia grossa de construção.

5.3 CIMENTO

Utilizou-se o cimento CP-II-Z-32 - Cimento Portland com adição de material pozolânico. A sua escolha se deu em função da facilidade de obtenção deste cimento nas lojas de materiais de construção. Trata-se de um cimento de uso geral e compatível com a proposta deste trabalho.

5.4 CAL HIDRATADA

A cal hidratada utilizada foi a CH-III, pois assim como o cimento, é um material muito comercializado e facilmente nas lojas de materiais de construção. Esse material foi utilizado nos ensaios de otimização do adobe, pois age como bactericida e fungicida e poderia dar mais trabalhabilidade à mistura.

5.5 ÁGUA

Foi utilizada a água potável proveniente da rede pública de abastecimento de Ilha Solteira-SP.

6 METODOLOGIA

Adotou-se em parte a metodologia proposta por Faria (2002), porém com adaptações no processo de amassamento, adotando-se neste trabalho o uso de betoneira em vez do amassamento com os pés.

Preservou-se, contudo, a sistemática utilizada por Faria (2002) na realização dos ensaios de caracterização dos materiais componentes e dos tijolos produzidos, lembrando que esta metodologia se baseou nas normas brasileiras aplicadas a tijolos maciços de barro cozido e a tijolos de solo-cimento, a seguir descritas: NBR 7251 (ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT, 1982), NBR 6460 (ABNT, 1983a), NBR 7170 (1983b), NBR 6459 (ABNT, 1984a), NBR 7180 (ABNT, 1984b), NBR 7181 (ABNT, 1984c), NBR 8491 (ABNT, 1984d), NBR 8492 (ABNT, 1984e), NBR 6457 (ABNT, 1986).

Nestes estudos iniciais foram realizados ensaios visando à obtenção de uma dosagem que se adequasse às recomendações das normas brasileiras vigentes.

6.1 DEFINIÇÃO INICIAL DAS DOSAGENS

Foram estudadas misturas com quatro variações na quantidade de resíduos adicionada (0%, 20%, 40% e 60%), sendo que todas receberam 5% de cimento em relação à massa total da mistura, como se mostra na tabela 1.

Tabela 1 - Porcentagens de solo, resíduo de concreto e cimento utilizado nas misturas.

TRAÇO	SOLO (%)	RESÍDUO DE CONCRETO (%)	CIMENTO (%)
1	100	0	Acrescenta 5% da massa total (solo+resíduo)
2	80	20	
3	60	40	
4	40	60	

6.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Visando à caracterização dos materiais, foram realizados os seguintes ensaios:

a) Teor de umidade no estado solto;
b) Composição granulométrica (por meio de peneiramento / sedimentação);

c) Limites de Atterberg (limites de consistência);
d) Massa específica aparente no estado solto.

6.2.1 Teor de umidade no estado solto

Na determinação do teor de umidade natural do solo ($\mathbf{U_s}$), foram adotados os procedimentos da NBR 6457 (ABNT, 1986).

6.2.2 Composição granulométrica

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 1984c), ao qual é composto pelos seguintes procedimentos:

- Determinação da massa específica dos sólidos;
- Sedimentação das frações silte e argila;
- Peneiramento da fração areia.

Figura 6 - Preparação do ensaio de massa específica dos sólidos (esquerda); início do ensaio de sedimentação (direita).

Fonte: Elaboração do próprio autor.

6.2.3 Limites de Atterberg (LL e LP)

O ensaio de determinação do limite de liquidez foi realizado de acordo com a NBR 6459 (ABNT, 1984a) e o de determinação do limite de plasticidade, de acordo com a NBR 7180 (ABNT, 1984b), como ilustrado pelas figuras 7 e 8.

Figura 7 - Realização do ensaio de limite de liquidez.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 8 - Instrumentos utilizados e o ensaio de limite de plasticidade em andamento.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

6.2.4 Massa específica aparente no estado solto

O ensaio de massa específica aparentes foi realizado com adaptações da NBR 7251 (ABNT, 1982).

A amostra ensaiada deve ter pelo menos o dobro do volume do recipiente utilizado, sendo o volume do recipiente conhecido (1,0 litros).

A Figura 9 mostra o procedimento utilizado no preenchimento do recipiente utilizado no ensaio, sendo o material lançado de uma altura aproximada de 10 a 12 cm e posteriormente rasado em seu topo, tomando-se os devidos cuidados para que não haja ocorrência de segregação do material.

Figura 9 - Execução do ensaio de massa específica aparente no estado solto.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Figura 10 tem-se a ilustração da pesagem da amostra.

Figura 10 - Momento da pesagem da amostra.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A massa da amostra é a diferença entre a massa do recipiente cheio e a massa do recipiente vazio. Assim, tem-se:

$$\rho_{ap\ solo} = \frac{(M_{RC} - M_{RV})}{V_R} \quad \textbf{(eq.1)}$$

onde: $\rho_{ap\ solo}$: massa específica aparente no estado solto (g/cm³)

M_{RC}: massa do recipiente cheio (g)

M_{RV}: massa do recipiente vazio (g)

V_R: volume do recipiente (cm³)

6.3 PRODUÇÃO DOS TIJOLOS

6.3.1 Fôrmas

Visando reduzir a variabilidade dimensional, para efeito de ensaios de laboratório, além de facilitar a desfôrma dos tijolos, utilizaram-se neste trabalho fôrmas de PVC, sendo este processo diferente do procedimento tradicional, que utiliza fôrmas de madeira. Nos ensaios de retração, no entanto, foi mantida a fôrma de madeira indicada pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento- CEPED (1984).

As fôrmas de PVC e de madeira utilizadas nesse trabalho foram as mesmas utilizadas por Couto (2010), sendo elas:

- três fôrmas com capacidade para produzir 30 tijolos com dimensões de 7,5cm x 15 cm x 30 cm (altura x largura x comprimento);
- três fôrmas de madeira com dimensões de 3,5 cm x 8,5 cm x 60 cm (altura x largura x comprimento).

Ilustram-se na Figura 11 as fôrmas de PVC utilizadas na moldagem dos tijolos e a fôrma de madeira utilizada no ensaio de retração linear.

Figura 11 – Fôrma de PVC para a moldagem dos tijolos e fôrma de madeira para o ensaio de retração linear.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Antes da moldagem, as fôrmas foram devidamente lubrificadas com óleo mineral visando assim facilitar a desfôrma dos tijolos.

6.3.2 Amassamento

O amassamento em betoneira propiciou uma melhor homogeneização dos materiais e também uma maior produtividade. Salienta-se que ensaios realizados por Couto (2010) mostraram a viabilidade do processo de mistura em betoneira.

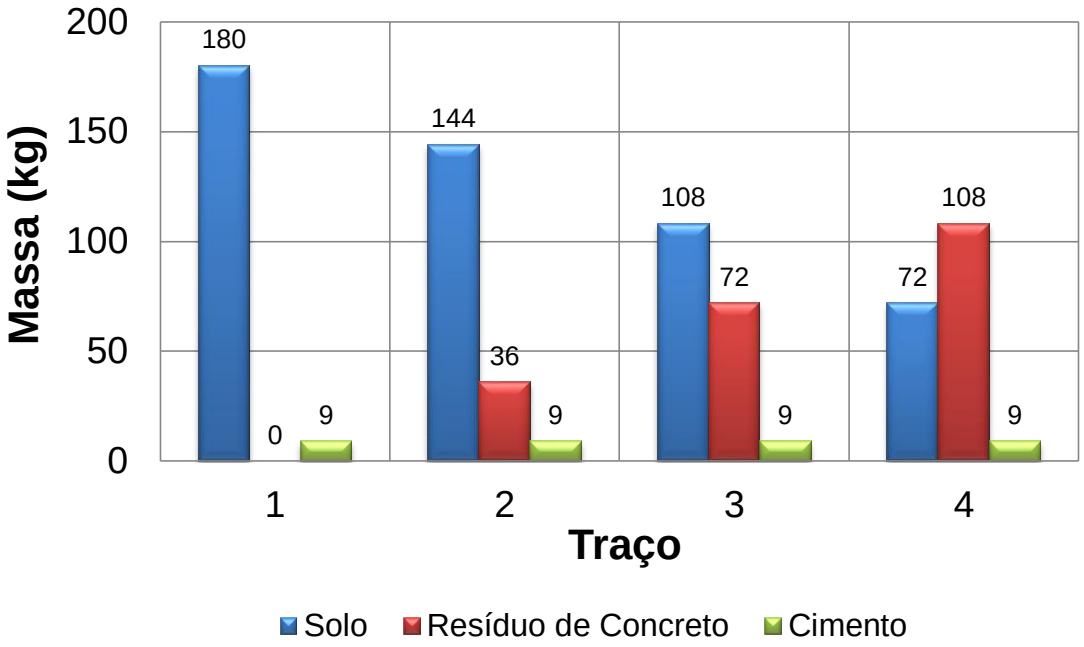
A quantidade de material para cada traço nessa etapa foi muito grande para uma única massada, dividindo-se ainda em mais três moldagens de iguais métodos e quantitativos, cada um correspondente a uma idade de realização de ensaios. De acordo com a tabela 2, pode-se verificar a nomenclatura usada para os amassamentos.

Tabela 2 – Tabela de nomenclatura dos amassamentos efetuados para cada grupo de tijolos de determinadas idades de ensaio.

TRAÇO	AMASSAMENTOS		
	7 dias	28 dias	56 dias
1	1-I	1-II	1-III
2	2-I	2-II	2-III
3	3-I	3-II	3-III
4	4-I	4-II	4-III

As misturas foram confeccionadas contendo 180 kg de solo com resíduo e 9 kg de cimento, ou seja, 5% em relação à massa da mistura. Por exemplo, para o traço 2-II (tabela 4), a ser ensaiado aos 28 dias, foram utilizados 36 kg de resíduo de concreto, 144 kg de solo e 9 kg de cimento, conforme se observa na Figura 12.

Figura 12 – Massa dos materiais utilizados na composição das misturas.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A colocação dos materiais na betoneira foi feita na seguinte sequência:

1. Colocação do RC e do solo, deixando em rotação por 5 minutos;
2. Colocação do cimento, deixando em rotação por mais 3 minutos;
3. Colocação da água de amassamento com a betoneira rodando até a mistura ser “cortada” pelas barras internas do equipamento.

O ponto de “corte” citado acima caracteriza a condição de trabalhabilidade adequada ao processo de lançamento nas fôrmas, além de promover uma boa homogeneização dos componentes.

6.3.3 Moldagem

Na Tabela3, tem-se a indicação da quantidade de corpos de prova produzidos para cada um dos traços utilizados em vista a realização do estudo preliminar.

Tabela 3 – Quantidade de corpos de provas produzidos.

TRAÇO	ADOBE	CP RETRAÇÃO
	7,5cm x 15cm x 30cm	3,5cm x 8,5cm x 30cm
1	69	3
2	69	3
3	69	3
4	69	3
TOTAL	276	12

Figura 13 – Moldagem do corpo de prova para ensaio de retração.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

6.3.4 Secagem e armazenamento

Os tijolos recém-confeccionados foram colocados para secar a sombra e cobertos com uma lona preta, conforme se observa na Figura 14, visando assim evitar a perda excessiva de umidade e, como consequência, a possível ocorrência de fissuras, ficando nesta condição pelo menos por 24 horas após a moldagem.

Figura 14 – Lona cobrindo os adobes moldados.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 15 mostra o momento da identificação dos corpos de prova e a retirada das fôrmas laterais.

Figura 15 – Identificação dos adobes e retirada das fôrmas laterais.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Após a desfôrma os corpos de prova foram transferidos para a câmara úmida onde permaneceram em cura até a realização dos ensaios aos 7, 28 e 56 dias.

Ilustram-se, na Figura 16, corpos de prova com idade de 54 dias, momentos antes de serem preparados para os ensaios.

Figura 16 – Adobes com 54 dias na câmara úmida.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

No ensaio de retração, os corpos de prova não foram retirados das fôrmas, as quais foram colocadas à sombra em local ventilado durante 7 dias, segundo as prescrições do CEPED (1984).

6.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

A caracterização física dos tijolos se efetuou a partir dos seguintes ensaios:

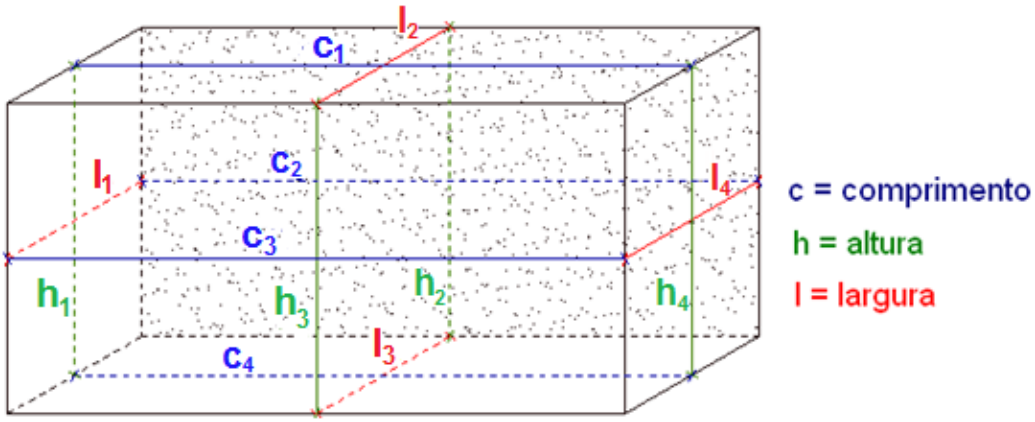
- Massa específica aparente;
- Retração linear;
- Teor de umidade higroscópica e absorção de água.

Antes da preparação dos adobes produzidos (23 unidades), foram selecionadas aleatoriamente 20 unidades, as quais foram utilizadas para a determinação da massa específica aparente e montagem dos corpos de prova a serem ensaiados à compressão simples. Os três restantes foram separados visando à realização do ensaio de absorção.

6.4.1 Massa específica aparente

Antes da realização do capeamento, os adobes foram mensurados em todas as suas faces, conforme se ilustra na Figura 17, sendo as medições feitas na linha média das faces, possibilitando assim a determinação do volume e da massa específica aparente de cada adobe.

Figura 17 – Representação das medições efetuadas.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

6.4.2 Retração Linear

O ensaio de retração linear foi realizado aos sete dias em conformidade com as recomendações do CEPED (1984). A Figura 18 mostra o corpo de prova dentro da fôrma, momentos antes da realização do ensaio.

Figura 18 – Corpo de prova momentos antes da aferição para o ensaio de retração linear.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

6.4.3 Umidade higroscópica e absorção

Os ensaios para a determinação da umidade higroscópica e absorção também foram realizados nas idades de 7, 28, 56 dias, utilizando-se os três adobes sobressalentes. Na determinação da umidade higroscópica, os adobes foram pesados e depois colocados para secar em estufa por 48 horas, sendo pesados novamente após atingirem a temperatura ambiente. A Figura 19 ilustra a realização deste procedimento, mostrando a pesagem antes e depois da secagem na estufa.

Figura 19- Pesagem do corpo de prova antes e depois da secagem na estufa.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para a determinação da absorção de água, os tijolos foram completamente imersos em água por 24 horas e posteriormente pesados, conforme se observa na Figura 20.

Figura 20 – Corpos de prova submersos e pesagem após a imersão.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

6.5 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

A caracterização mecânica foi realizada através do ensaio de compressão simples nas idades de 7, 28 e 56 dias.

Após a determinação da massa específica aparente, os 20 tijolos foram separados aleatoriamente, sendo 10 cortados ao meio para a confecção de prismas e os outros 10 deixados inteiros, conforme prescreve a NBR 8492 (ABNT, 1984e).

6.5.1 Preparação dos corpos de prova

Após serem mensurados, seguiu-se à preparação dos corpos de prova na forma de prismas visando à realização dos ensaios de resistências à compressão simples, como descrição a seguir:

6.5.1.1 Materiais e equipamentos

- Trena com precisão de 1,0 mm;
- Serra elétrica circular;
- Dispositivo para apoio dos adobes (opcional);
- Óleo mineral, para untar a bancada de trabalho;
- Tacho metálico;
- Cimento Portland comum;
- Areia fina;
- Espátulas e demais equipamentos auxiliares de laboratório.

6.5.1.2 Procedimentos

6.5.1.2.1 Corte e Junção

i. Marcação da posição de corte do adobe, de modo a se obter duas metades para a confecção do prisma;
ii. Realização do corte com uma serra elétrica, mantendo sua identificação nas duas metades;

A Figura 21 ilustra o momento de realização do corte dos adobes visando à confecção dos corpos de prova na forma de prisma.

Figura 21 – Marcação e corte nos corpos de prova.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

iii. Preparação de argamassa de cimento e areia fina no traço 1:3 (1 parte de cimento para 3 partes de areia);
iv. Colocação da argamassa na face de uma das metades se junção da outra metade, de modo a se obter um prisma com faces niveladas.
v. Remoção do excesso de material nas bordas do corpo de prova.

A Figura 22 mostra detalhes da preparação dos corpos de prova, com destaque para o umedecimento das faces antes da colocação da argamassa e do nivelamento das faces.

Figura 22– Umedecimento do adobe, nivelamento das faces e aspecto final dos corpos de prova.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

6.5.1.2.2 Capeamento

O procedimento utilizado para o capeamento dos prismas e também dos tijolos inteiros é descrito a seguir:

i. Lubrificação da bancada de vidro com óleo mineral;
ii. Umedecimento da superfície inferior do corpo de prova;
iii. Colocação de argamassa na bancada de modo a cobrir a área do corpo de prova a ser capeado;
iv. Colocação do prisma sobre a argamassa;
v. Realização de limpeza cuidadosa, com remoção do excesso de argamassa.

A Figura 23 ilustra o procedimento utilizado na confecção do capeamento, mostrando a banca lubrificada com óleo mineral e a colocação prisma.

Figura 23 – Bancada (de vidro) lubrificada com óleo mineral e colocação do prisma, pressionando-o contra a argamassa.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

vi. Após 30 minutos, remoção dos prismas da bancada com cuidado visando manter a integridade do capeamento, virando a face capeada para cima;
vii. Realização de limpeza da bancada e repetição do processo visando o capeamento da face oposta, tomando-se cuidado no sentido de manter o prumo e o nivelamento das faces regularizadas.

A Figura 24 ilustra os corpos de prova já capeados e prontos para a realização dos ensaios de compressão simples.

Figura 24 – Prismas e adobes capeados e prontos para o ensaio.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Finalizado o capeamento, os adobes foram colocados novamente na câmara úmida, onde ficaram por 24 horas antes da realização dos ensaios.

6.5.2 Resistência à compressão

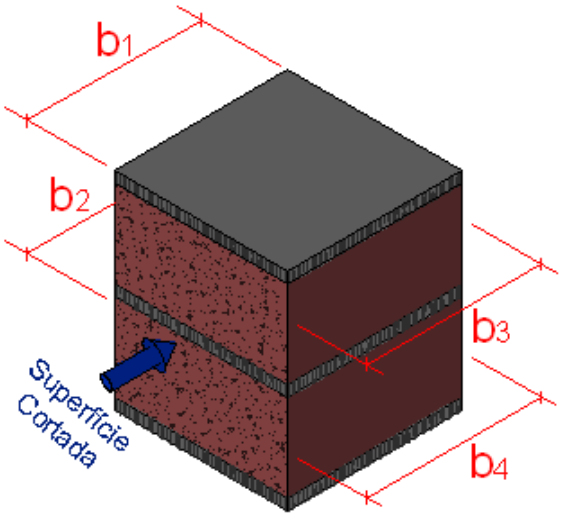
Nos ensaios de compressão simples foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Paquímetro com precisão de 0,05 mm;
- Máquina universal de ensaios;
- Célula de carga com capacidade para 50 kN.

Os procedimentos utilizados foram os seguintes:

a) A seção de ruptura dos prismas (adobes cortados) foi determinada após a medição da dimensão b, conforme indicado na Figura 25. Sendo este procedimento realizado no sentido de corrigir eventuais diferenças ocorridas no momento do corte dos adobes.

Figura 25 - Medição da dimensão b nos prismas.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

c) Realização do ensaio de compressão simples na máquina universal de ensaios, realizando-se os ajustes necessários para a aplicação do carregamento com velocidade constante de 50 kgf/s, como recomendado pela NBR 8492 (ABNT, 1984e).

A Figura 26 ilustra o momento da realização do ensaio de compressão simples. Observa-se que houve necessidade de um ajuste na altura, o qual foi feito com calços metálicos, acoplando-se também uma rótula, a qual serviu para a correção de possíveis falhas no nivelamento das faces durante a montagem de todos os componentes.

Figura 26 – Adobe e prisma no ensaio de compressão simples.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resumos dos resultados preliminares obtidos neste trabalho, assim como a discussão deles e a comparação com o de outros autores, quando encontrados na literatura consultada.

Os resultados parciais e os relatórios de ensaio se encontram nos apêndices, pois a inserção dos mesmos neste capítulo poderia comprometer o fluxo do texto.

7.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS

7.1.1 Teor de umidade no estado solto

Antes da adição de água foram recolhidas amostras para a determinação do teor de umidade da mistura. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Teor de umidade natural da mistura.

TRAÇO	1	2	3	4
w (%)	1,72	1,76	1,75	1,63

7.1.2 Composição granulométrica

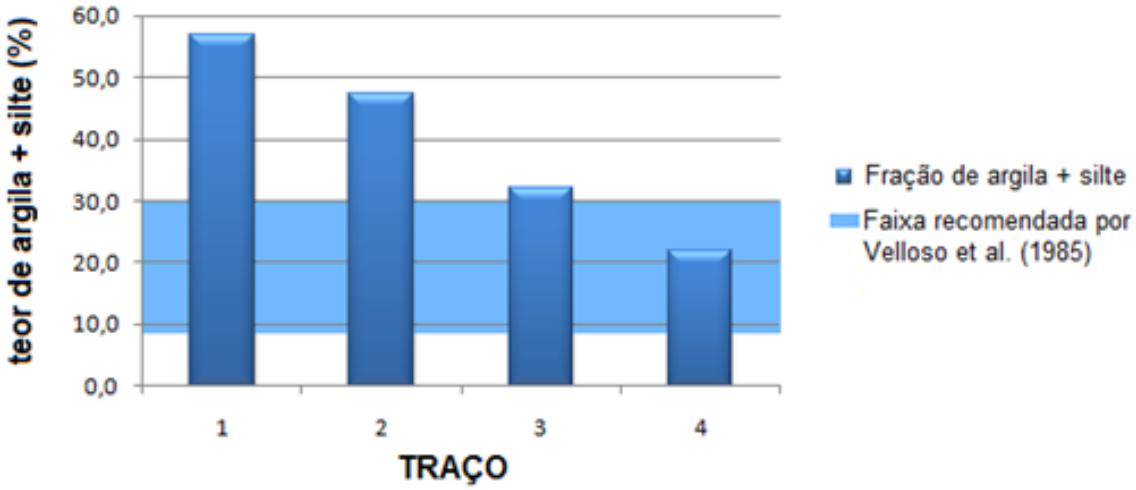
Na Tabela 5 são apresentados os resultados dos ensaios realizados para a determinação da composição granulométrica dos materiais em estudo.

Tabela 5 - Frações de granulometria para cada traço.

TRAÇO	1	2	3	4
Areia	43,0	52,6	68,0	78,0
Silte	10,7	9,3	7,0	4,4
Argila	46,3	38,1	25,0	17,6

Os gráficos representativos dos ensaios realizados são mostrados nas Figuras 27 a 30, nos quais se tem anotações descrevendo as recomendações e indicações feitas por Velloso et al. (1985), Martinez (1979), Alves (1985) e Hernandez (1983), quanto aos teores ideais de areia, argila e silte, tendo em vista a utilização destes materiais para a confecção de adobes.

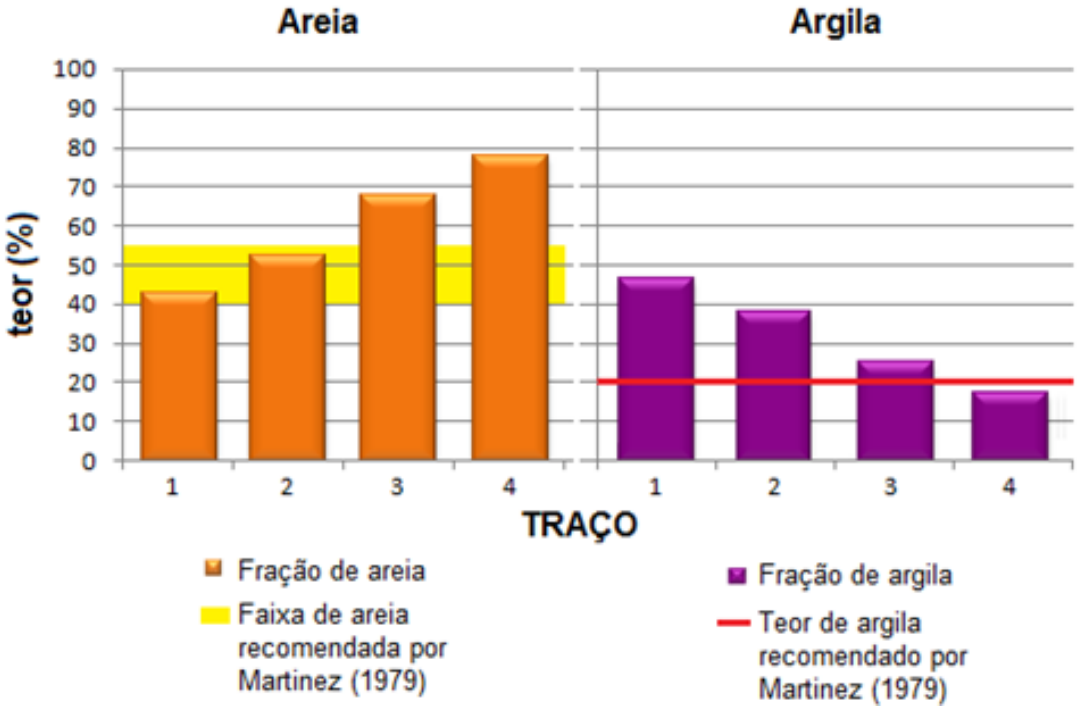
Figura 27 - Teor de argila + silte e recomendações feitas por Velloso et al. (1985).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

De acordo com Velloso et al. (1985), o único traço que se encaixa nesta recomendação é o traço 4.

Figura 28 - Teores de areia e argila e recomendações feitas por Martinez (1979).

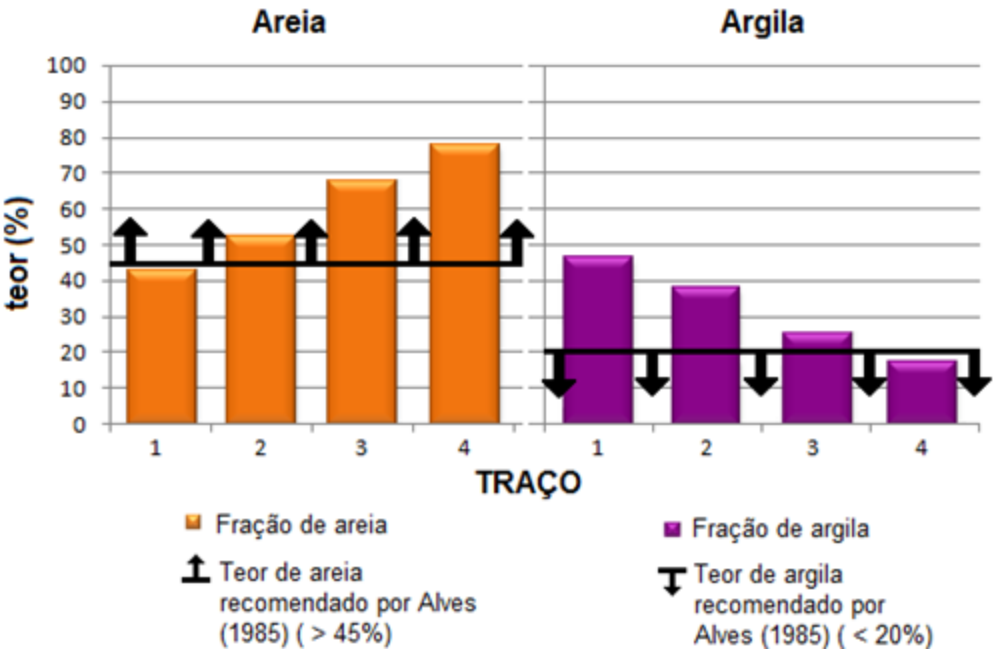


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Segundo Martinez (1979), somente os traços 1 e 2 se enquadrariam perante a porcentagem de areia, mas quando se trata do teor de argila indicado pelo mesmo autor, os dois traços citados atingem níveis altos da fração. Portanto, de acordo com

Martinez (1979), nenhum dos traços estudados é indicado para a confecção de adobes.

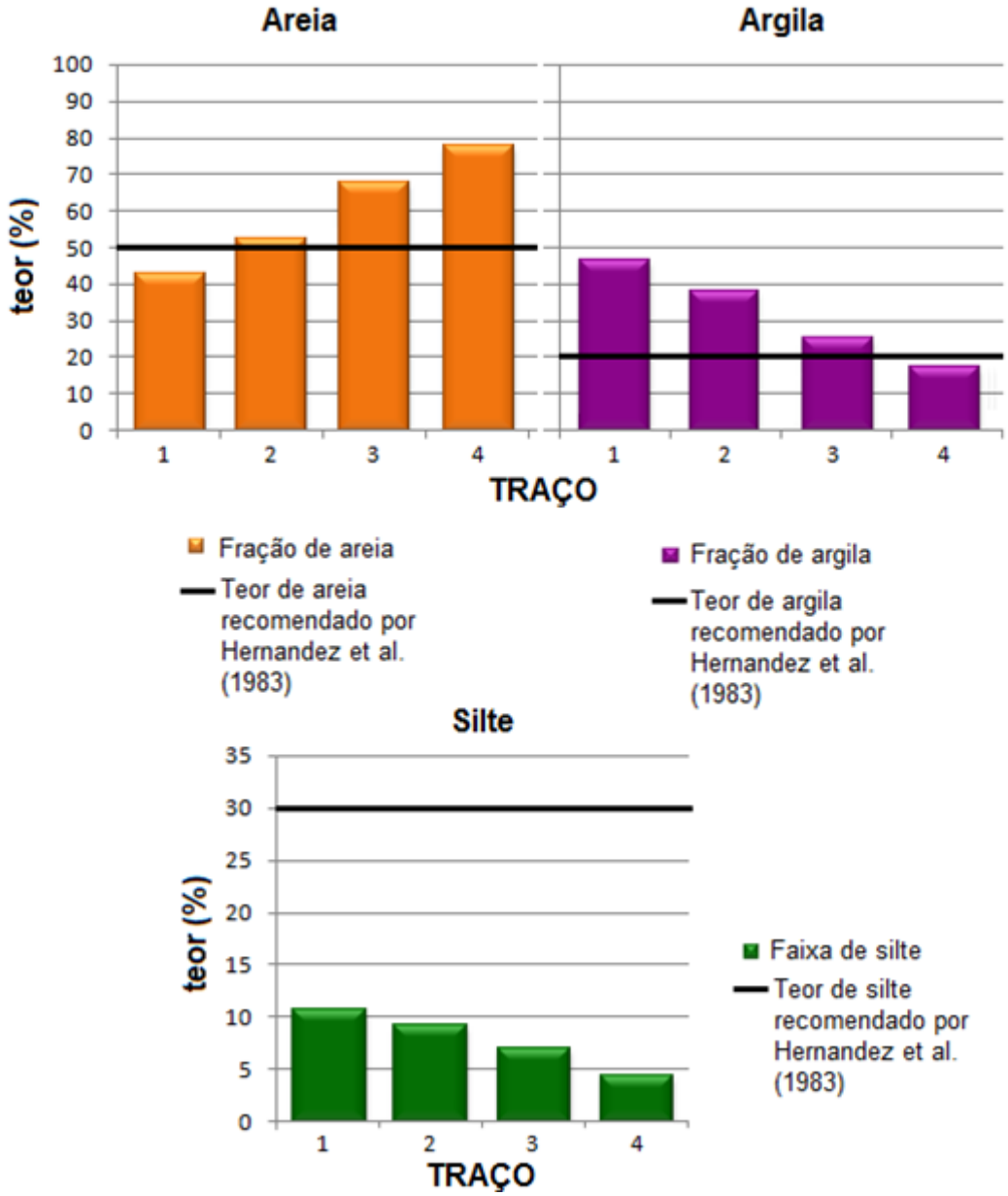
Figura 29 - Teores de areia e argila e recomendações de Alves (1985).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Segundo Alves (1985), o traço 4 é o único que pode ser indicado para a confecção de adobes. Ainda assim, observa-se que o traço 3 se aproxima dos teores solicitados.

Figura 30 - Representação gráfica do teor de areia, argila e silte das misturas em função dos traços e os teores de areia, argila e silte recomendados por Hernandez et al. (1983).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observa-se na Figura 30 que nenhum dos traços estudados se encaixa nas indicações feitas por (HERNANDEZ et al.,1983).

Na tabela 6, pode-se ter uma melhor percepção das considerações dos autores perante os traços estudados.

Tabela 6–Tabela de resumo das aprovações dos autores para cada traço.

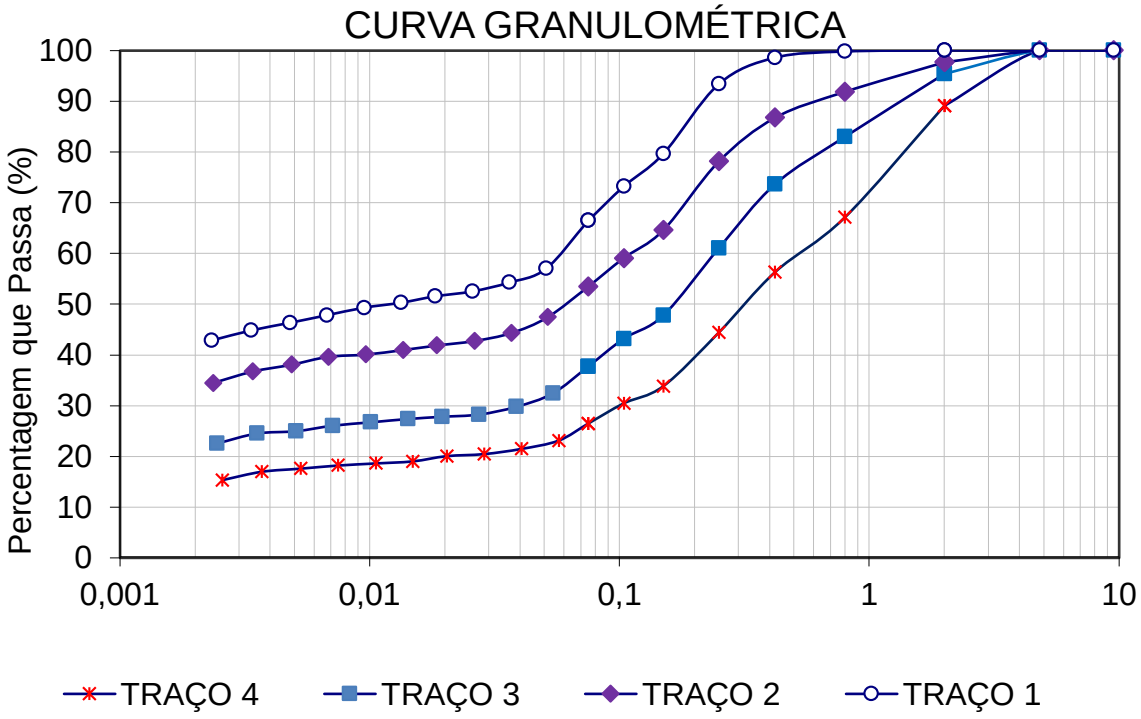
Traço / Autores	1	2	3	4
Velloso et al. (1985)	N(1)	N(1)	N(1)	S(2)
Martinez (1979)	N(1)	N(1)	N(1)	N(1)
Alves (1985)	N(1)	N(1)	N(1)	S(2)
Hernandez (1983)	N(1)	N(1)	N(1)	N(1)

(1) Não
(2) Sim

Notam-se discrepâncias nas indicações dos quatro autores em todos os traços confeccionados, porém o traço 4 mereceu maior consideração, tendo em vista que apresentou conformidade em duas das quatro indicações.

Na figura 31, é apresentado o gráfico da curva granulométrica para melhor visualização, ao qual se confirma que com o aumento do resíduo de concreto, tem-se uma melhor distribuição granulométrica.

Figura 31 - Curva granulométrica dos quatro traços ensaiados.

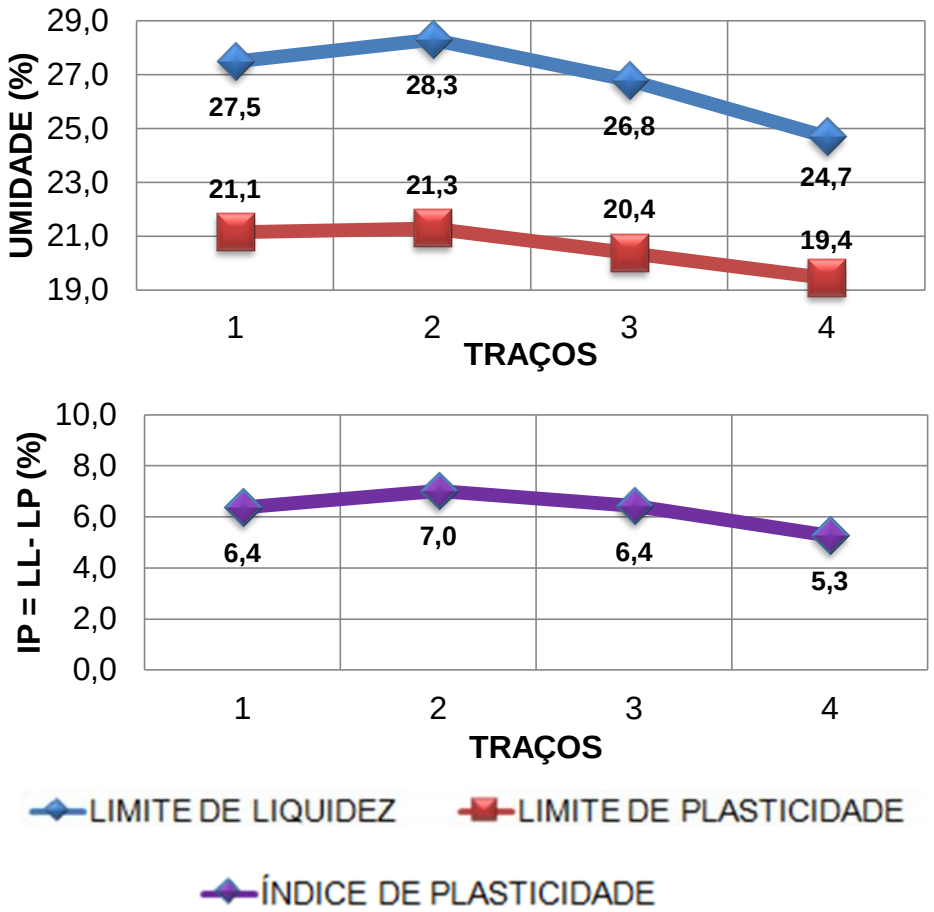


Fonte: Elaboração do próprio autor.

7.1.3 Limites de Atterberg (limites de consistência)

A Figura 32 ilustra as curvas obtidas nos ensaios de Limites de Liquidez e de Plasticidade.

Figura 32 - Limites de Liquidez e de Plasticidade.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

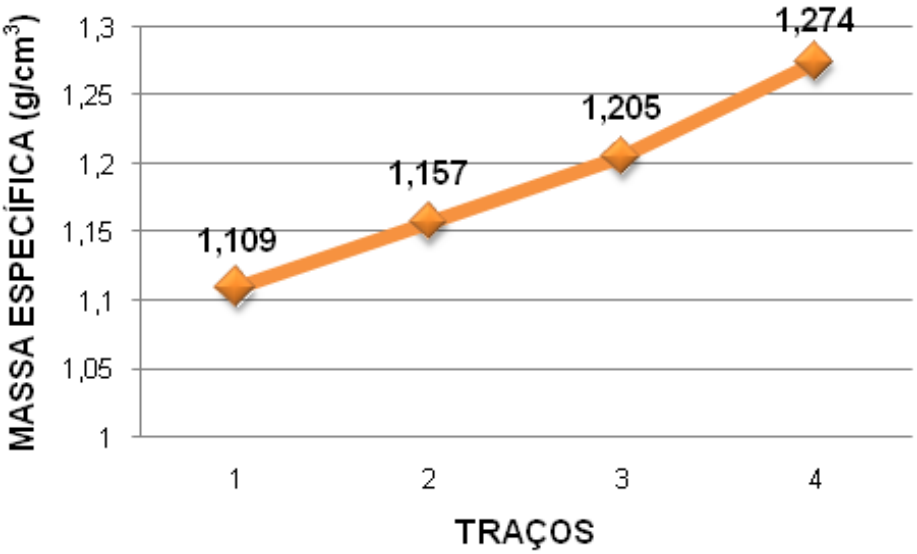
Como se pode observar pelas curvas apresentadas na Figura 32, após a mistura do RC com solo, os resultados apresentaram uma linearidade. Constataram-se ainda, nos ensaios dos Limites de Atterberg, que o traço 4 necessitava de uma menor quantidade de água de amassamento na confecção do adobe quando comparado com os outros traços estudados.

O traço 4 apresentou o menor índice de plasticidade que, de acordo com Souza et al. (2008), implica na melhora da trabalhabilidade do material.

7.1.4 Massa específica aparente no estado solto

No gráfico da figura 33 estão apresentados os valores da massa específica aparente no estado solto para cada traço.

Figura 33 - Massa específica no estado solto.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Percebe-se, na Figura 33, que houve aumento da massa específica aparente do solo no estado solto em função do aumento na quantidade de RC incorporada, o que já era esperado, uma vez que a adição do resíduo torna a mistura mais grossa (SOUZA et al., 2008), promovendo um melhor arranjo na distribuição das partículas. Ressalta-se que os solos arenosos são os mais indicados para a confecção do adobe, sendo este um dos objetivos deste trabalho.

7.2 TEOR DE ÁGUA PARA AMASSAMENTO

Na tabela 7 são apresentados valores de umidade do processo de amassamento do material em betoneira.

Tabela 7 – Umidade de amassamento de cada traço e massada, em que o "I" correspondente ao amassamento efetuado para ensaios a 7 dias, "II" para 28 dias e "III" para 56 dias.

TRAÇO	Umidade de amassamento (%)					Coeficiente de Variação (%)
	Amassamento			Média	Desvio	
	I(1)	II(2)	III(3)			
1	32,960	32,720	32,870	32,850	0,121	0,004
2	28,220	28,440	28,000	28,220	0,220	0,008
3	25,780	24,990	24,160	24,977	0,810	0,032
4	23,400	21,810	23,050	22,753	0,835	0,037

(1) "I" Corresponde ao amassamento efetuado para ensaios a 7 dias;
(2) "II" Corresponde ao amassamento efetuado para ensaios a 28 dias;
(3) "III" Corresponde ao amassamento efetuado para ensaios a 56 dias.

Observou-se que a adição de resíduo promoveu uma diminuição da quantidade de água necessária para se atingir a plasticidade desejada. Mesmo assim, comparando-se com os tijolos de solo-cimento, nota-se que o teor de umidade é bastante elevado, ficando entre 23% e 33%, enquanto no solo-cimento para este mesmo solo o valor da umidade fica entre 10% e 12% (SOUZA et al., 2008).

7.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

7.3.1 Massa específica aparente

São apresentados, na Tabela 8, os valores obtidos para a massa específica aparente dos traços estudados.

Tabela 8 – Média da massa específica aparente dos traços estudados.

TRAÇO	Massa específica aparente (g/cm³)					
	Amassamento			Média	Desvio	Coeficiente de Variação
	I(1)	II(2)	III(3)			
1	1,913	1,903	1,893	1,903	0,010	0,005
2	1,908	1,905	1,932	1,915	0,015	0,008
3	1,989	1,932	1,906	1,942	0,042	0,022
4	2,034	1,948	1,91	1,964	0,064	0,032

(1) "I" Corresponde ao amassamento efetuado para ensaios a 7 dias;
(2) "II" Corresponde ao amassamento efetuado para ensaios a 28 dias;
(3) "III" Corresponde ao amassamento efetuado para ensaios a 56 dias.

Percebe-se que houve um aumento gradativo da massa específica aparente em função do aumento da quantidade de RC adicionada, pois a adição dos resíduos promove uma melhor distribuição das partículas, reduzindo assim o índice de vazios, favorecendo o aumento da massa específica.

7.3.2 Retração Linear

Os valores obtidos nos ensaios de retração aos 7 dias são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Retração linear dos traços estudados.

Traço	Retração aos 7 dias (mm)					
	Amassamento			Média	Desvio	Coeficiente de Variação
	I(1)	II(2)	III(3)			
1	2,55	2,20	0,75	1,833	0,954	0,521
2	2,75	2,05	0,40	1,733	1,207	0,696
3	1,30	0,20	2,10	1,200	0,954	0,795
4	0,85	1,30	1,00	1,050	0,229	0,218

(1) "I" Corresponde ao amassamento efetuado para ensaios a 7 dias;
(2) "II" Corresponde ao amassamento efetuado para ensaios a 28 dias;
(3) "III" Corresponde ao amassamento efetuado para ensaios a 56 dias.

Observa-se que houve uma redução substancial da retração linear do material em função do aumento da quantidade de resíduos adicionada, cuja variação foi de 1,83 mm para 1,05 mm, ou seja, uma redução de aproximadamente de 60%.

7.3.3 Umidade higroscópica e absorção de água

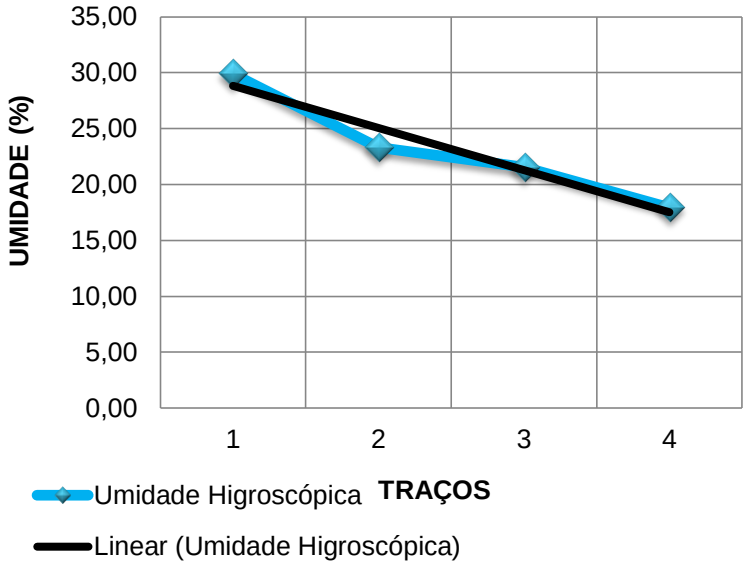
Na Tabela 10 são apresentados os valores obtidos nos ensaios de determinação da umidade higroscópica e absorção. São apresentados os valores de massa natural (g), massa seca (g), massa saturada (g), umidade higroscópica e absorção.

Tabela 10 – Umidade higroscópica e absorção dos traços estudados.

Traço	Massa natural (g)	Massa seca (g)	Massa saturada (g)	Umidade Higroscópica (%)	Absorção de Água (%)
1	6446,11	4961,67	6186,11	29,92	24,68
2	6453,33	5233,33	6365,56	23,31	21,63
3	6690,56	5503,89	6691,11	21,56	21,57
4	6718,89	5697,22	6773,89	17,93	18,90

As Figuras 34 e 35 mostram os gráficos da umidade higroscópica e da absorção de água em relação aos traços.

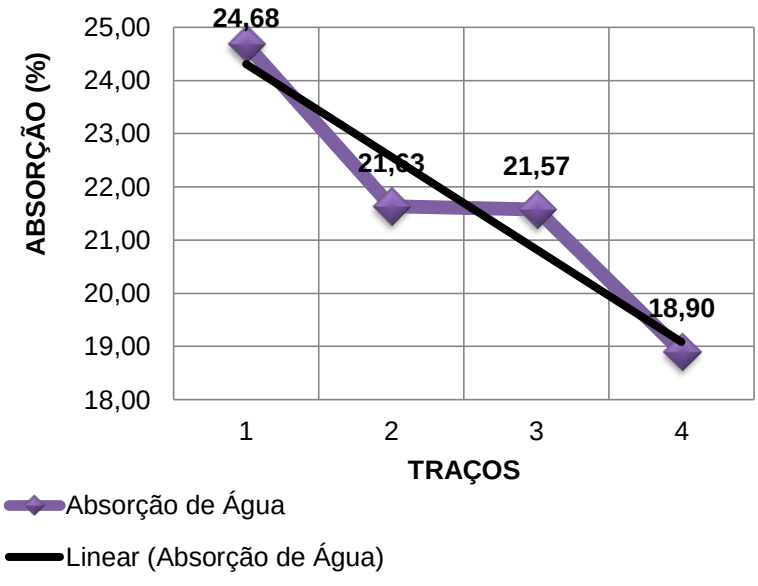
Figura 34 - Representação gráfica dos resultados de umidade higroscópica.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A umidade higroscópica decresceu com o aumento de resíduo de concreto porque a quantidade de partículas menores (argila e silte) diminuiu, pois são elas as maiores responsáveis pela absorção de umidade do ar.

Figura 35 - Absorção de água.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observa-se na Figura 35 que houve também um redução da absorção em função do acréscimo da quantidade de RC, com uma possível estabilização entre os traços 2 e 3, ficando estes valores próximos de 20%, próximo do valor indicado pela NBR 8491 (ABNT, 1984d) para a fabricação de tijolos de solo-cimento. Denota, então, que quanto maior a quantidade de RC e menor a de solo, menor será a absorção.

O único traço que se adequou a NBR 8491 (ABNT, 1984d) foi o 4 com absorção abaixo de 20% e nenhum de seus tijolos deu acima de 22% (permaneceram abaixo de 20%, como pode ser visto no item A.VII dos APÊNDICES).

7.4 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

7.4.1 Resistência à compressão

Os resultados dos ensaios nos prismas foram avaliados tendo como parâmetros as prescrições das normas NBR 7170 (ABNT, 1983b) e NBR 8491 (ABNT, 1984d), onde se tem, respectivamente, 1,5 MPa e 2,0 MPa prescritos como valores mínimos.

Para os tijolos, utilizou-se como referência apenas a NBR 8491 (ABNT, 1984d).

Nas tabelas 11 e 12, são apresentados os dados de média e dispersão dos resultados obtidos quanto à resistência à compressão.

Tabela 11 – Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação dos prismas referentes aos traços estudados.

PRISMAS									
IDADE	**7 dias**			**28 dias**			**56 dias**		
TRAÇO	$\bar{X}^{(1)}$	**σ(2)**	**CV(3)**	$\bar{X}^{(1)}$	**σ(2)**	**CV(3)**	$\bar{X}^{(1)}$	**σ(2)**	**CV(3)**
1	0,462	0,046	0,100	0,805	0,036	0,044	0,834	0,069	0,084
2	0,606	0,050	0,082	0,849	0,066	0,078	0,894	0,056	0,063
3	0,664	0,035	0,053	0,859	0,038	0,044	0,952	0,075	0,079
4	0,725	0,066	0,090	1,090	0,090	0,082	1,069	0,086	0,078

(1) Média (MPa)
(2) Desvio padrão (MPa)
(3) Coeficiente de variação

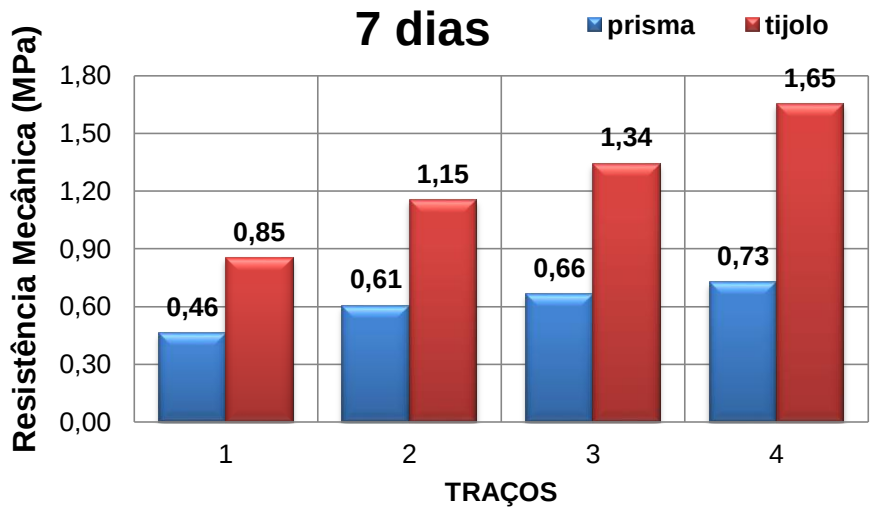
Tabela 12 – Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação dos tijolos referente aos traços estudados.

TIJOLOS									
IDADE	**7 dias**			**28 dias**			**56 dias**		
TRAÇO	$\bar{X}^{(1)}$	**σ(2)**	**CV(3)**	$\bar{X}^{(1)}$	**σ(2)**	**CV(3)**	$\bar{X}^{(1)}$	**σ(2)**	**CV(3)**
1	0,850	0,075	0,089	1,105	0,115	0,105	1,186	0,180	0,151
2	1,154	0,153	0,133	1,417	0,157	0,111	1,562	0,119	0,076
3	1,343	0,086	0,064	1,663	0,091	0,055	1,740	0,089	0,051
4	1,653	0,176	0,107	2,308	0,192	0,083	2,370	0,113	0,048

(1) Média (MPa)
(2) Desvio padrão (MPa)
(3) Coeficiente de variação

Os resultados obtidos nos ensaios de compressão simples são mostrados nas Figuras 36 a 38.

Figura 36 - Ensaio de compressão aos sete dias para prismas e tijolos.



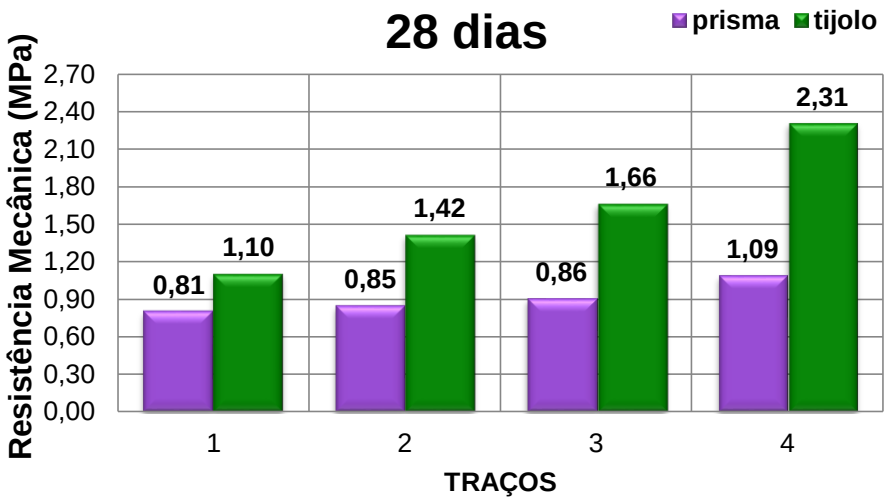
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Com relação à ruptura aos 7 dias, verificou-se que houve aumento da resistência com o aumento da porção de resíduo de concreto. Entretanto, a maior média obtida para os prismas foi de 0,73 MPa, no traço 4, ficando muito abaixo dos 2,0MPa indicados pela NBR 8491 (ABNT, 1984d).

Para os tijolos, os valores foram superiores aos obtidos nos prismas, devido ao fato da argamassa do prisma não transmitir a carga com eficácia entre as duas

partes dos tijolos. Contudo ambos foram inferiores aos indicados nas normas, com a ressalva de que os valores indicados nas normas se referem apenas aos prismas.

Figura 37 - Ensaio de compressão aos 28 dias.

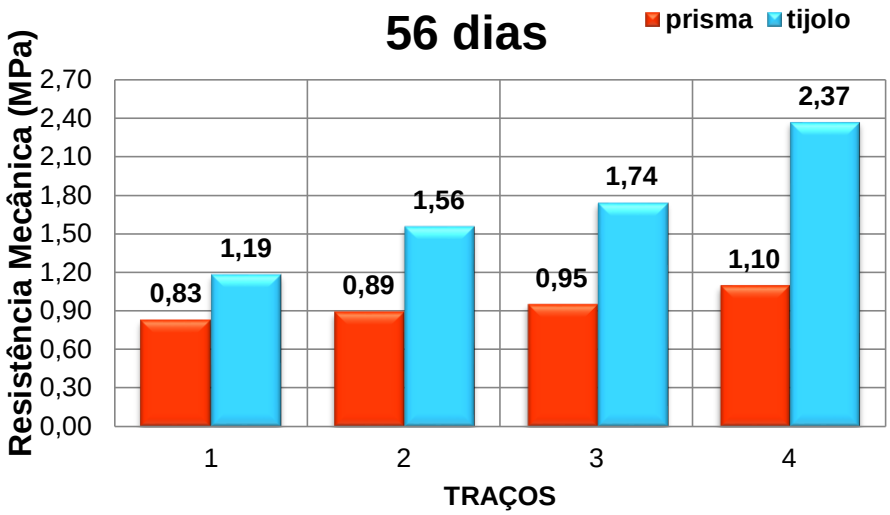


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Aos 28 dias, também houve um aumento da resistência em função do acréscimo da quantidade de RC, sendo que os tijolos do traço 4 chegaram a ultrapassar 2,0 MPa, valor estipulado pela NBR 8491 (ABNT, 1984d), ressalvando que este valor de resistência é prescrito na norma para a idade de sete dias.

Com relação aos prismas, embora se observe um discreto aumento da resistência em função do tempo e da quantidade RC adicionados, os valores obtidos foram inferiores aos recomendados pela NBR 8491 (ABNT, 1984d) e pela NBR 7170 (ABNT, 1983b).

Figura 38 - Ensaio de compressão aos 56 dias.

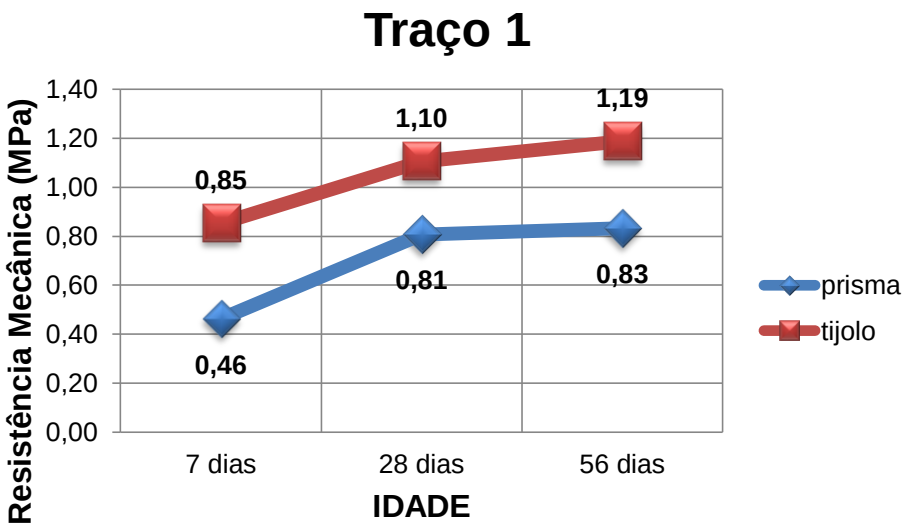


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observa-se que houve um aumento bastante discreto da resistência em função do tempo entre as idades de 28 e 56 dias.

As curvas apresentadas nas Figuras 39 a 42 mostram uma inflexão na curva, mostrando haver uma desaceleração do aumento da resistência em função do tempo.

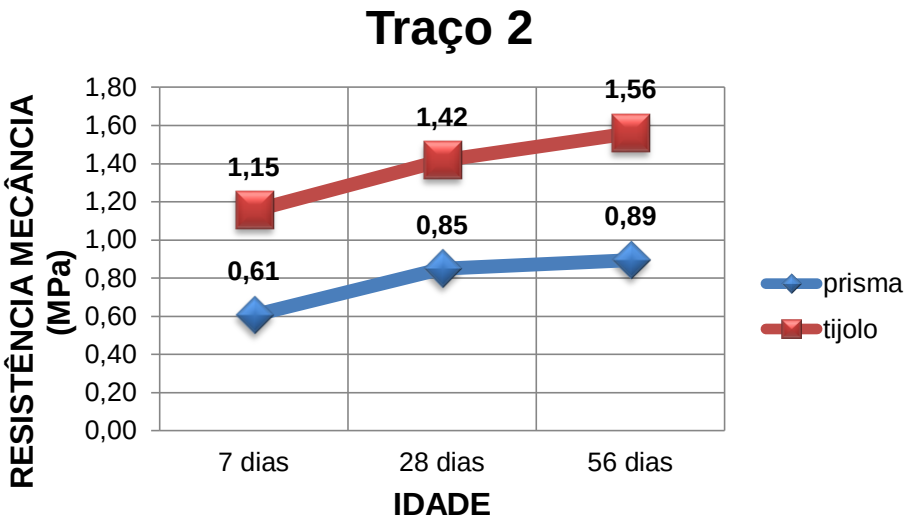
Figura 39 - Ensaio de compressão para o traço 1.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

O traço 1 apresentou todos os seus valores de resistência à compressão abaixo de 2,0 MPa.

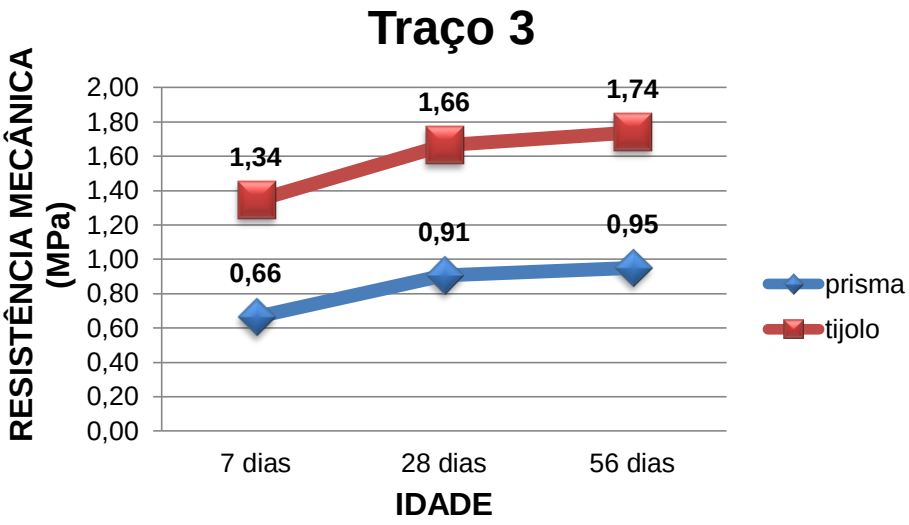
Figura 40 - Ensaio de compressão para o traço 2.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os resultados do traço 2 também ficaram abaixo de 2,0 MPa não atendendo, portando, ao padrão estabelecido na NBR 8491 (ABNT, 1984d).

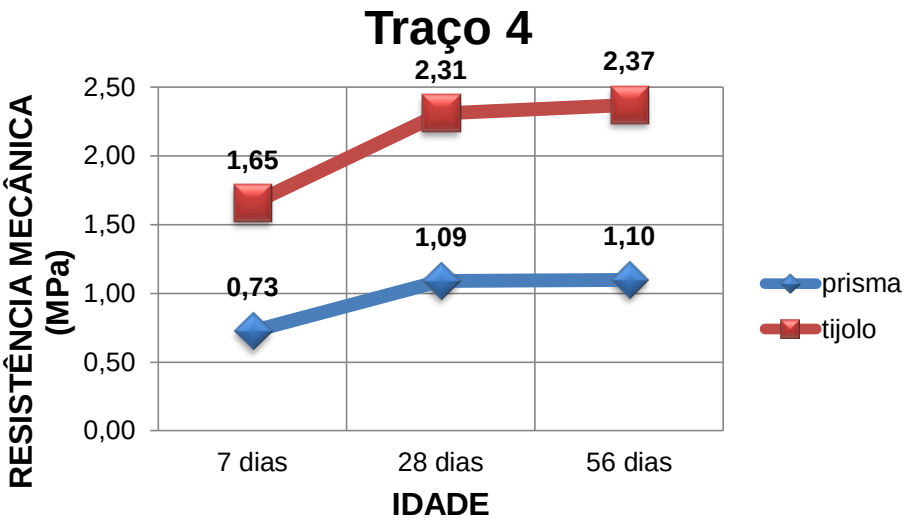
Figura 41 - Ensaio de compressão para o traço 3.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observa-se que o traço 3 também não atingiu 2,0 MPa, conforme estabelecido pela NBR 8491 (ABNT, 1984d), ficando portanto aquém do padrão mínimo normalizado.

Figura 42 - Ensaio de compressão para o traço 4.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Conforme se observa na Figura 41,nem mesmo o traço 4 foi capaz de alcançar o valor de 2,0 MPa prescrito na NBR 8491 (ABNT, 1984d) aos 7 dias, sendo este valor alcançado somente pelos tijolos inteiros aos 28 e aos 56 dias.

8 CONSIDERAÇÕES

Este estudo preliminar foi feito com o objetivo de se conhecer o comportamento do material frente às variáveis em estudo e melhor avaliar a sua aptidão ao processo mecanizado de produção em betoneira. Trata-se de um processo no qual se busca uma maneira de aumentar a produtividade e melhorar a homogeneização dos componentes, uma vez que se está utilizando uma pequena quantidade de cimento visando melhorar as características do material, razão pela qual se optou pela utilização dos recursos disponíveis no mercado de modo a facilita o trabalho e o rendimento dos operários.

Conclui-se que a utilização da betoneira é viável, pois possibilitou uma maior agilidade ao processo. Isto não exclui a possibilidade de utilização dos pés no amassamento do material, como se faz tradicionalmente. Trata-se apenas de uma opção a mais que poderá ser utilizado pelos produtores em função de suas necessidades.

Ficou claro, no entanto, que existe a necessidade de se aumentar a quantidade de cimento no sentido de compensar a quantidade de água requerida para se alcançar a trabalhabilidade requerida no amassamento mecanizado, de modo a se alcançar valores de resistência compatíveis com as prescrições normalizados, sendo isto o que se fez na continuação deste trabalho, tendo como base o traço 4, cujos resultados se mostraram mais satisfatórios.

9 OTIMIZAÇÃO DO TRAÇO 4

O estudo realizado visou à otimização do traço 4 com diferentes variações na quantidade de cimento e também com adição de cal hidratada, conforme havia sido proposto no projeto original.

9.1 PRODUÇÃO DOS TIJOLOS

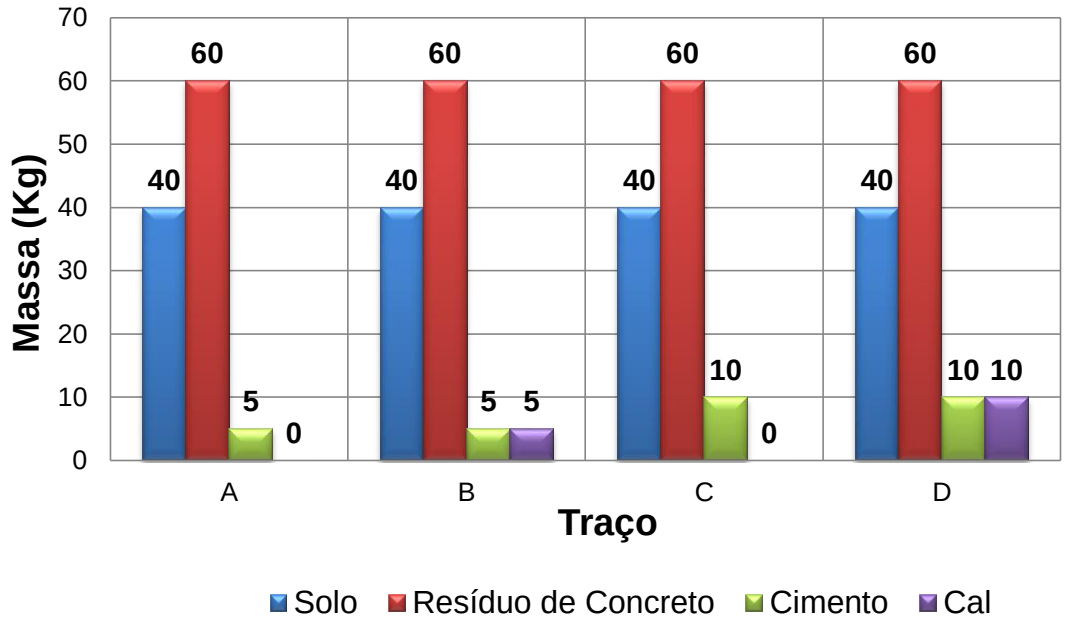
9.1.1 Definição dos traços

Foram avaliados quatro traços diferentes, todos com 40% de solo e 60% de RC, com diferentes dosagens de cimento e cal, conforme se mostram na Tabela 13 e na Figura 43.

Tabela 13 - Descrição dos traços estudados.

TRAÇO	SOLO (%)	RESÍDUO DE CONCRETO (%)	CIMENTO (%)	CAL (%)
A	40	60	5	0
B	40	60	5	5
C	40	60	10	0
D	40	60	10	10

Figura 43 – Composição dos traços estudados.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os traços foram homogeneizados em betoneira, seguindo-se o seguinte procedimento:

1. Adição do RC e do solo, deixando em rotação na betoneira por 5 minutos;
2. Com a betoneira desligada, adição do cimento, deixando a seguir em rotação por mais 3 minutos;
3. Adição da cal hidratada, deixando rodar por mais 3 minutos;
4. Após a homogeneização do material, iniciou-se a colocação da água de amassamento com a betoneira em rotação até alcançar a trabalhabilidade requerida, indicada pelo “corte” da mistura pelas barras internas do equipamento.

9.1.2 Quantidade de Água

O estudo da porção de água a ser utilizada foi feito de modo empírico e dedutivo, com o auxílio dos Limites de Atterberg. Para o início do estudo foi utilizado as porcentagens máxima e mínima de água na mistura como sendo o limite de liquidez e o limite de plasticidade, respectivamente.

9.1.3 Abatimento no cone de Abrams

A quantidade de água foi estipulada pelo ensaio de abatimento no Cone de Abrams (Figura 44), que também serviu para se avaliar a consistência do material e suas variações em função dos traços utilizados. Na realização deste ensaio, utilizou-se o procedimento indicado pela NBR NM 67 (ABNT, 1998).

Figura 44 – Ensaio de abatimento no Cone de Abrams.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

9.1.4 Moldagem

Após o amassamento na betoneira, o material foi lançado nas fôrmas, produzindo-se 13 adobes de 7,5 cm x 15 cm x 30 cm e 01 corpo de prova com 8,5 cm x 3,5 cm x 60 cm para os quatro traços em estudo.Deste modo, no total foram produzidos 52 adobes para os ensaios mecânicos e 04 corpos de prova para os ensaios de retração.

9.1.5 Secagem e armazenamento

O procedimento de secagem e armazenamento seguiu o mesmo adotado no item 6.3.4. A única modificação foi no tempo de armazenamento, sendo de 5 dias, porque nessa idade foram retirados para o ensaio de massa específica aparente e preparação para o ensaio de resistência a compressão aos 7 dias.

9.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

A caracterização física dos tijolos se efetuou a partir dos seguintes ensaios:

- Massa específica aparente;
- Retração linear;
- Teor de umidade higroscópica e Absorção de água.

Foram selecionadas aleatoriamente 10 unidades para a realização dos ensaios de determinação da massa específica aparente e montagem dos prismas para os ensaios de compressão simples. Os três corpos de prova restantes foram separados para a realização do ensaio de absorção.

9.3 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

A caracterização mecânica foi realizada através do ensaio de compressão simples aos sete dias, realizando-se apenas ensaios em prismas, conforme indicação da NBR 8491 (ABNT, 1984d).

9.3.1 Preparação dos corpos de prova e ensaio de compressão simples

Os corpos de prova prismáticos foram preparados seguindo-se o procedimento já descrito no item 6.5.1. Os ensaios de compressão simples seguiram o procedimento descrito no item 6.5.2.

10 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA OTIMIZAÇÃO

Neste capítulo são apresentados o estudo da quantidade de água para cada traço e os resumos dos resultados da otimização dos adobes, assim como a discussão deles.

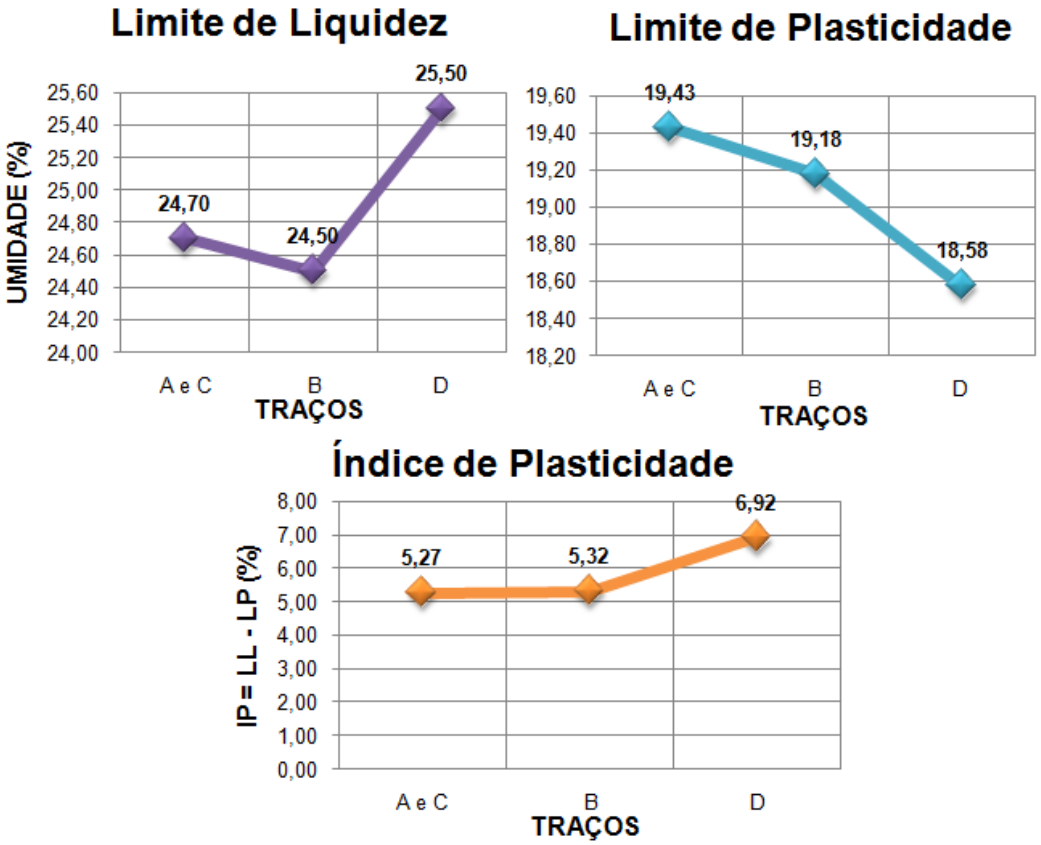
Os resultados e os relatórios de ensaio se encontram de forma completa nos apêndices, pois a inserção dos mesmos neste capítulo poderia comprometer o fluxo do texto.

10.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Para os ensaios de limite de consistência foi inviável o uso do cimento para sua realização, por isso os traços A e C se tornam semelhantes por não possuírem a adição de cimento que os diferenciaria. Entretanto, o uso da cal foi possível, por isso existe a diferenciação entre os traços B e D.

Os resultados obtidos nos ensaios para a determinação dos Limites de Atterberg são apresentados na Figura 45.

Figura 45 - Limites de Atterberg dos traços estudados.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Como pode se observar pela representação gráfica da Figura 45, no traço D, a adição de cal permitiu uma maior plasticidade ao material sem que se adicionasse muita água.

Observou-se também que a adição da cal promoveu retenção de água, fazendo com que a mistura se mantivesse plástica, com a mesma trabalhabilidade inicial, por um tempo maior. A adição de 5% de cal no traço B apresentou dados próximos aos traços A e C que não possuíam cal, entretanto, ao serem realizadas as moldagens, constatou-se uma melhor trabalhabilidade do traço B em relação ao A e C.

10.2 AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁGUA NO AMASSAMENTO

Realizou-se um estudo para se avaliar a adição de água de amassamento, tomando-se como base os Limites de Plasticidade e de Liquidez e também a relação água/cimento de 0,20 nos traços estudados. A relação a/c é baixa devido ao fato do cimento iniciar a sua reação de cimentação antes da adição de água, porque a mistura de solo+resíduo possui uma umidade natural de aproximadamente 2,5%.

Assim, considerou-se nos cálculos a existência de umidade natural nas misturas, sendo este valor subtraído para se obter a quantidade de água utilizada que corresponderia a umidade ideal de moldagem do material. A seguir se encontra os cálculos utilizados para determinação da quantidade de água máxima e mínima, tomando como exemplo o traço A.

- QUANTIDADE MÍNIMA DE ÁGUA:

$$Qtdágua_{min} = Massa_{r+s+c} \times \frac{(LP - 2{,}5)}{100} + Massa_{cimento} \times \frac{a}{c}$$

$$Qtdágua_{min} = 100 \times \frac{(19{,}43 - 2{,}5)}{100} + 5 \times 0{,}20$$

$$Qtdágua_{min} = 16{,}93 + 1{,}00$$

$$\boldsymbol{Qtdágua_{min} = 17{,}93\ kg}$$

- QUANTIDADE MÁXIMA DE ÁGUA:

$$Qtdágua_{máx} = Massa_{r+s+c} \times \frac{(LL - 2{,}5)}{100} + Massa_{cimento} \times \frac{a}{c}$$

$$\boldsymbol{Qtdágua_{máx} = 100 \times \frac{(22{,}07 - 2{,}5)}{100} + 5 \times 0{,}2}$$

$$Qtdágua_{máx} = 19{,}57 + 1{,}00$$

$$\boldsymbol{Qtdágua_{máx} = 20{,}57\ kg}$$

Assim, têm-se as Tabelas 14 e 15 que mostram os valores obtidos nos cálculos para a determinação das quantidades máximas e mínimas de água de amassamento para os traços estudados.

Tabela 14 – Quantidades máximas e mínimas de água de amassamento.

QUANTIDADE MÍNIMA DE ÁGUA						
Traços	**Limite de Plasticidade (%)**	**Massa resíduo+solo+cal (Kg)**	**Qtd água resíduo+solo+cal (Kg)**	**Massa cimento (Kg)**	**Qtd água cimento (Kg)**	**Qtd água TOTAL min. (Kg)**
A	19,43	100,00	16,93	5,00	1,00	17,93
B	19,18	105,00	17,51	5,00	1,00	18,51
C	19,43	100,00	16,93	10,00	2,00	18,93
D	18,58	110,00	17,68	10,00	2,00	19,68

Tabela 15 – Quantidades máximas e mínimas de água de amassamento.

QUANTIDADE MÁXIMA DE ÁGUA						
Traços	**Limite de Liquidez**	**Massa resíduo+solo+cal (Kg)**	**Qtd água resíduo+solo+cal (Kg)**	**Massa cimento (Kg)**	**Qtd água cimento (Kg)**	**Qtd água TOTAL min. (Kg)**
A	24,70	100,00	22,20	5,00	1,00	23,20
B	24,50	105,00	23,10	5,00	1,00	24,10
C	24,70	100,00	22,20	10,00	2,00	24,20
D	25,50	110,00	24,08	10,00	2,00	26,08

Para que houvesse o controle da quantidade de água adicionada, além de ser anotada a massa de água adicionada, foram retiradas amostras da mistura antes e depois da colocação da água, descobrindo-se as porcentagens de umidade natural e umidade de moldagem.

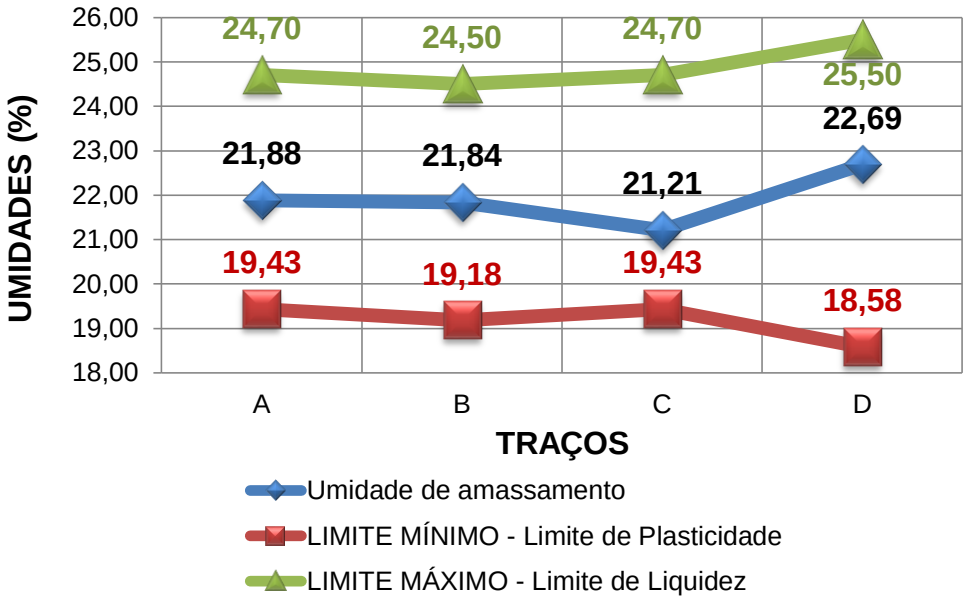
Na Tabela 16 são mostrados os valores da umidade natural, umidade de amassamento e a quantidade de água adicionada em cada um dos traços estudados.

Tabela 16 – Quantidade de água adicionada.

Traço	Umidade natural (%)	Umidade após amassamento (%)	Qtd de água adicionada (kg)
A	2,63	21,88	20,375
B	2,93	21,84	21,010
C	2,93	21,21	20,110
D	3,61	22,69	22,980

Na Figura 46 são apresentados os valores definidos como limites máximos e mínimos, ou seja, representativos dos limites de Liquidez e de plasticidade, mostrando que a umidade utilizada no amassamento ficou dentro desta faixa, admitindo-se, portanto, a confecção de um material de consistência plástica.

Figura 46 - Limites máximos e mínimos e umidade de amassamento.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observa-se na Figura 46, que a curva representativa da umidade de amassamento ficou entre as curvas representativas do limite de plasticidade e do limite de liquidez, denotando a confecção de um material de consistência plástica.

Cada traço apresenta misturas com massas totais diferentes, fazendo-se necessário uma relação entre o limite de plasticidade e a umidade efetiva, como disposto na tabela 17.

Tabela 17 – Relações entre os limites de plasticidade e as umidades de amassamento.

Traço	Umidade de Amassamento - U (%)	Limite de Plasticidade - LP (%)	Relação U/LP - 100 (%)
A	21,88	19,43	12,61
B	21,84	19,18	13,87
C	21,21	19,43	9,16
D	22,69	18,58	22,12

Apesar do Limite de Plasticidade não envolver o cimento nos ensaios, a relação feita na Tabela 17 serviu para um melhor entendimento do comportamento do material, em termos de trabalhabilidade, para os traços em estudo.

10.3 ABATIMENTO NO CONE DE ABRAMS

O ensaio de abatimento no Cone de Abrams objetivou conhecer e melhor identificar a trabalhabilidade do material, tendo em vista o seu amassamento em betoneira. Apresentam-se na Tabela 18 os valores obtidos nos ensaios de abatimento com o Cone de Abrams.

Tabela 18 – Abatimento no Cone de Abrams.

TRAÇO	Abatimento (cm)			
	1	2	3	Média
A	4,60	5,60	6,40	5,53
B	5,30	6,30	7,00	6,20
C	3,80	4,70	5,30	4,60
D	3,00	3,60	4,50	3,70

Observa-se na Tabela 18 que houve significativa variação nos valores obtidos, tendo possivelmente como causas principais os seguintes fatores:

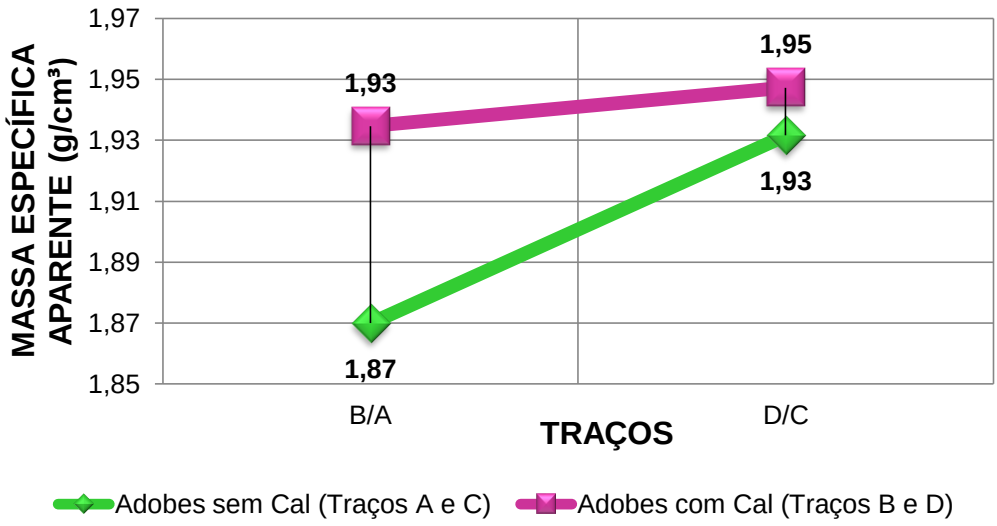
- Traço B: devido à presença de cal a 5%, pode-se admitir que houve uma maior retenção de água, o que promoveu uma maior plasticidade, tendo como resultado uma melhor trabalhabilidade mesmo com a utilização de água em menor quantidade.
- Traço D: a adição de 10% de cal e junto aos 10% de cimento segregou o material, fazendo com que este perdesse a sua consistência e, por conseguinte, a trabalhabilidade.

10.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

10.4.1 Massa específica aparente

A Figura 47 mostra as curvas obtidas nos ensaios de determinação da massa específica aparente.

Figura 47 - Massas específicas aparentes dos adobes.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observa-se na Figura 47 que houve aumento da massa específica aparente do material, sendo este aumento mais pronunciado nos traços sem adição de cal.

10.4.2 Retração Linear

Na tabela 19 estão descritos os valores médios de retração linear e retração relativa aos 7 dias de cada traço.

Tabela 19 – Média da retração linear para cada traço.

Traço	Retração Linear (mm)	Retração Relativa[1] (%)
A	0,79	0,13
B	0,13	0,02
C	3,08	0,51
D	4,32	0,72
[1] A retração relativa consiste da relação entre a retração linear e o comprimento inicial do corpo de prova.		

Observa-se na tabela 18 que os valores de retração linear ficaram bem abaixo dos 20 mm estipulados pelo CEPED (1984). O traço B apresentou um resultado muito baixo em relação aos outros em estudo, sendo que este fato provavelmente está associado à menor quantidade de água adicionada neste traço.

10.4.3 Umidade higroscópica e absorção de água

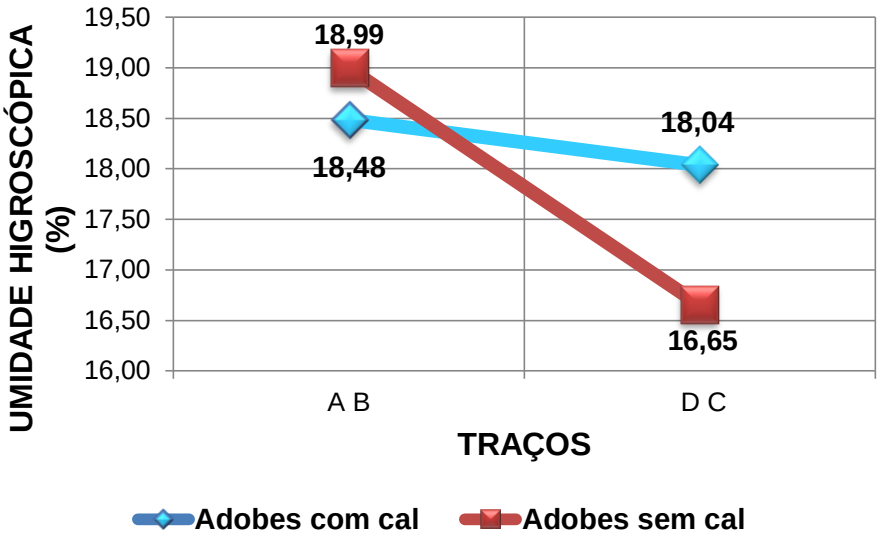
Apresentam-se, na Tabela 20, os valores médios obtidos nos ensaios de determinação da umidade higroscópica e de absorção dos traços estudados, sendo também apresentados valores de massa do material com umidade natural, massa seca e massa saturada.

Tabela 20 – Média das massas naturais, secas e saturadas com os resultados de umidade higroscópica e absorção de água para cada traço.

Traço	Massa natural (g)	Massa seca (g)	Massa saturada (g)	Umidade Higroscópica (%)	Absorção de Água (%)
A	6517	5477	6500	19,0	18,7
B	6667	5627	6635	18,5	17,9
C	6795	5825	6848	16,6	17,6
D	6773	5738	6843	18,0	19,3

Nas Figuras 48 e 49 é feita uma ilustração gráfica dos valores obtidos nestes ensaios, nas quais se avalia o comportamento do material em função da adição de cal.

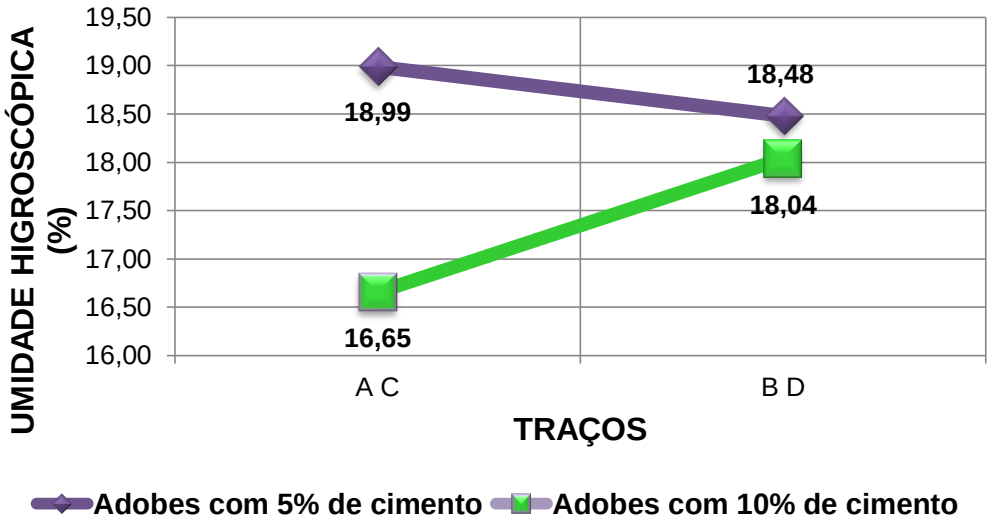
Figura 48 - Umidade higroscópica por adição ou não de cal.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observa-se na Figura 48 que quanto maior a adição de cimento na mistura, menor foi a absorção de umidade do ar. Ainda assim, nos adobes com cal, observa-se que a diferença de valores não é expressiva como no de adobes sem cal, presumindo que o cimento promove uma maior influência nesse ensaio.

Figura 49 - Representação gráfica dos resultados de umidade higroscópica pela quantidade adicionada de cimento.

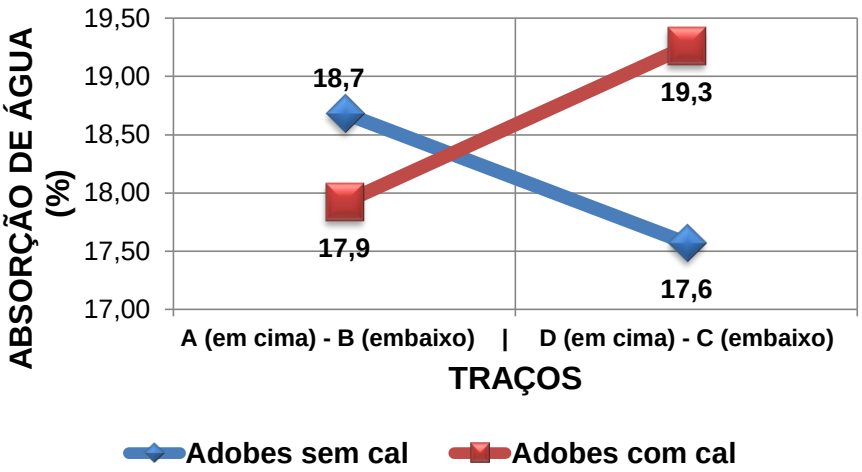


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observa-se, na Figura 49, a ocorrência de comportamentos bastante distintos nas duas curvas representativas dos adobes com adição de 5% de cimento e dos adobes com 10% de cimento, sendo que este fato pode estar associado à presença, ou não, da cal hidratada na composição dos traços. Observa-se nos adobes com 5% de cimento que quando a cal é adicionada, o resultado da umidade higroscópica diminui e, nos adobes com 10% de cimento, ocorre o inverso. Então, presume-se que o fato do resultado obtido para o traço D ser muito superior ao obtido para o traço C pode estar associado à presença da cal, que pode ter promovido alterações devido à retenção de água por parte da cal.

Nas Figuras 50 e 51 são apresentados os resultados obtidos nos ensaios de absorção.

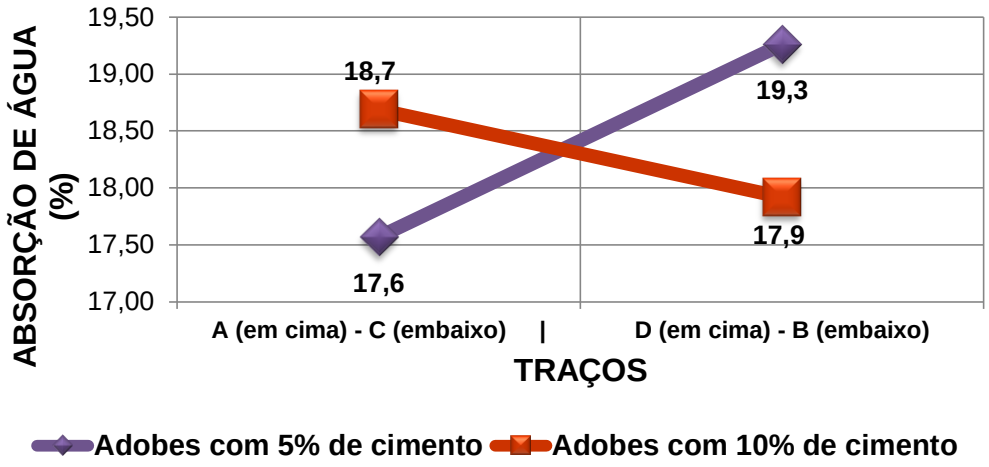
Figura 50 - Absorção de água por adição ou não de cal.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observa-se na Figura 50 que quanto maior é a adição de cal, maior é o valor obtido para a absorção, ocorrendo o oposto quando se tem apenas a adição de cimento.

Figura 51 - Absorção de água pela quantidade adicionada de cimento.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

10.5 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

Os resultados dos ensaios foram realizados aos 7 dias e apenas com adobes em prismas para que se pudesse confrontar as normas NBR 7170 (ABNT, 1983b) e NBR 8491 (ABNT, 1984d), aos quais os valores dos prisma deveriam ser superiores a 1,5 MPa e 2,0 MPa, respectivamente.

10.5.1 Resistência à compressão

Na tabela 21 são apresentados os dados de média e dispersão dos resultados obtidos quanto à resistência à compressão.

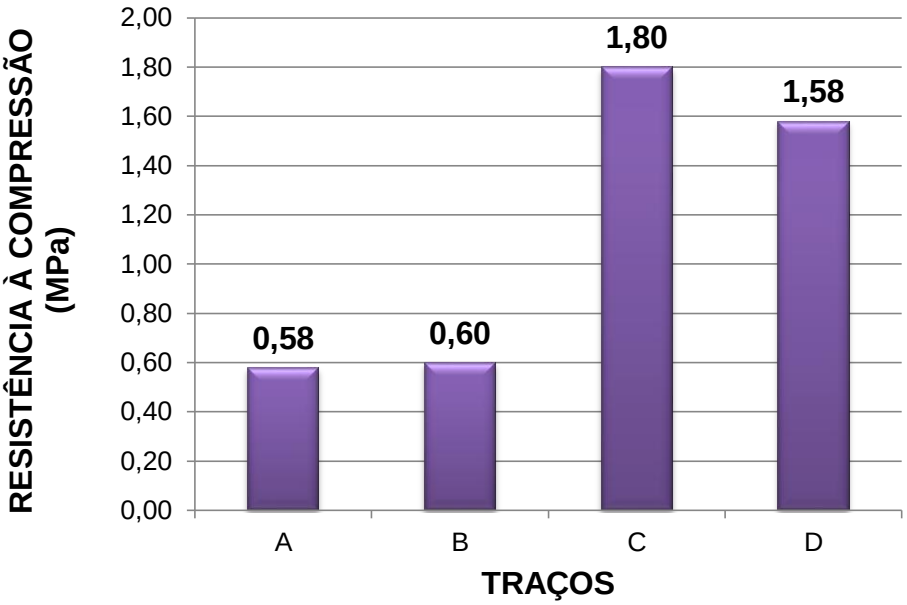
Tabela 21 – Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação dos resultados à compressão dos traços estudados.

TRAÇO	$\bar{X}^{(1)}$	$\sigma^{(2)}$	$CV^{(3)}$
A	0,585	0,030	0,051
B	0,595	0,031	0,053
C	1,801	0,113	0,063
D	1,577	0,048	0,030

(1) Média (MPa)
(2) Desvio padrão (MPa)
(3) Coeficiente de variação

Na Figura 52 são apresentados os resultados obtidos nos ensaios de compressão simples realizados para os traços estudados.

Figura 52 - Ensaio de compressão simples.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observa-se na Figura 52 que nenhum dos traços atingiu os 2,0 MPa de resistência à compressão indicado na NBR 8491 (ABNT, 1984d). Os traços C e D, com 10% de cimento, alcançaram, respectivamente, resistência de 1,80 MPa e de 1,58 MPa, atendendo, portanto, às recomendações da NBR 7170 (ABNT, 1983b), podendo ser classificados na Classe A da referida norma. O mesmo não aconteceu em relação aos traços A e B, com 5% de cimento.

O traço B, com adição de 5% de cal, apresentou aumento na resistência não significativa quando comparado ao traço A que não possui cal (lembrando que ambos possuem adição de 5% de cimento). Já no traço D, com 10% de cal, observa-se uma queda da resistência em relação ao traço C (que não possui cal), sendo que ambos possuem uma adição de 10% de cimento. Portanto, percebeu-seque a cal não conferiu um aumento significativo de resistência mecânica aos adobes estudados.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização dos estudos preliminares foi importante no sentido de avaliar e melhor conhecer o material e seu comportamento frente às variáveis e condições de trabalho estudadas, inclusive da utilização da betoneira no amassamento do material.

Observou-se que o aumento da quantidade de RC promoveu melhorias substanciais nos valores de resistência e absorção, mas a tentativa de se trabalhar com o solo melhorado com cimento não foi suficiente para se alcançar os objetivos de se obter valores de resistência e absorção superiores aos normalizados pelas NBR 8491 e NBR 7170. Ficou evidente a necessidade de se aumentar a quantidade de cimento para que fosse alcançado este objetivo, passando-se então a trabalhar com 10% de cimento, denotando, a partir de então, a utilização de um solo-cimento plástico e não mais de um solo melhorado com cimento.

Após o término dos estudos preliminares, passou-se a trabalhar com 10% de cimento e também se avaliou a possibilidade de utilização de cal hidratada na tentativa de melhorar a plasticidade do material com a esperança de que isto pudesse colaborar no sentido de reter água e assim melhorar a sua plasticidade, promovendo redução do fator água/cimento, resultando em maiores valores de resistência com menores quantidades de cimento. Contudo, observou que a quantidade de cimento, embora na ordem dos 10%, foi insuficiente para se atingir os valores de resistência normalizados, de modo que a adição de cal não trouxe os benefícios esperados. Estes benefícios seriam atingidos somente com valores mais elevados de resistência, pois se sabe que a adição de cal, por um lado melhora as propriedades do material fresco (trabalhabilidade), mas por outro, piora as propriedades do material endurecido (resistência). Então a adição de cal poderia promover melhoria do material no estado fresco, mas não prejudicaria tanto o objetivo de se alcançar 2,0 MPa, caso os valores de resistência tivessem sido bem maiores.

Com relação aos valores normalizados para a resistência, obtiveram-se 1,8 MPa e 1,58 MPa para o traço 4, aos sete dias, sendo este traço o mais indicado nos estudos preliminares, os quais foram feitos justamente visando a continuação do trabalho. Estes valores ficaram abaixo do limite mínimo de 2,0 MPa indicado na NBR 8491, mas acima do limite mínimo de 1,5 MPa indicado na NBR 7170. Ressalta-se

que estes resultados se referem a ensaios realizados aos 7 dias, conforme recomendação da NBR 8491, no entanto o material mostrou tendência de aumento da resistência até a idade de 56 dias.

No tocante à absorção, que também foi objeto de estudo neste trabalho, os estudos preliminares mostraram que a adição de RC promoveu melhorias consideráveis, mostrando uma tendência clara de redução da absorção em função do acréscimo de RC, mas os resultados ficaram acima do limite de 18% prescrito na NBR 8491. Na sequência do trabalho, com utilização de 10% de cimento, observou-se que os valores de absorção ficaram mais próximos dos limites normalizados, mas a adição de cal não contribui para a sua redução.

Com relação à betoneira, concluiu-se que a sua utilização possibilitou maior agilidade, tornando o processo mais produtivo, além de se obter uma melhor homogeneização da mistura, sendo isto um fator importante na realização dos ensaios, pois elimina possíveis distorções que poderiam estar associadas ao processo de mistura e homogeneização dos materiais para a confecção dos tijolos.

12 CONCLUSÃO

Em vista do exposto, conclui-se:

- A adição de RC contribuiu no sentido de promover uma tendência de aumento da resistência e de redução da absorção de umidade;

- A adição de cimento promoveu aumento de resistência em função do tempo até a idade de 56 dias e redução da absorção de umidade, ressaltando-se que o aumento da resistência promove melhoria em todas as propriedades do material endurecido, inclusive a sua estabilidade na presença de umidade.

-A utilização de cal hidratada não trouxe os benefícios esperados para os materiais em estudo;

- O aumento da quantidade de cimento, de 5% para 10%, foi insuficiente para se atingir aos 7 dias os valores de resistência normalizados, com a ressalva de que os valores de resistência continuam aumentando até a idade de 56 dias.

- A utilização da betoneira possibilitou maior agilidade, tornando o processo mais produtivo, além de se obter uma melhor homogeneização da mistura, sendo isto um fator importante, pois elimina a possibilidade de distorção nos resultados dos ensaios que poderiam estar associadas ao processo de mistura e homogeneização dos materiais;

- Embora tenha proporcionado maior agilidade ao processo, o uso da betoneira requer uma maior quantidade de água de amassamento e, como consequência, tem-se um aumento do fator água/ cimento e redução da resistência mecânica.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se que em estudos futuros possam ser utilizados resíduos de construções e demolição, tais como: concreto de diferentes origens e cerâmicos; ainda podem ser utilizados rejeitos industriais e aditivos

Estudar os diferentes tamanhos de tijolos que possam vir a dar uma melhor configuração ao adobe em relação à resistência mecânica e absorção de água.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. M.; MATTOS, E. A. C.; GORSKI, F. T.; SCAPINELLI, G. P. **Arquitetura de Terra.** São Carlos: UFSC, 2004. Disponível em: < http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2004-1/arq_terra/tecnicas.htm>. Acesso em: 13 out 2011.

AMORIM, A. B.**Crescente fértil e origem das primeiras cidades.**[S.l.: s.n., 200-]. Disponível em:< http://alcidesbarbosadeamorim.com.br/?p=881>. Acesso em: 30 mar. 2013.

ÂNGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 2005. 236f. Tese (Doutorado)– Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M**.** Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil.In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL – MATERIAIS RECICLADOS E SUAS APLICAÇÕES,2001, São Paulo. **Anais...**São Paulo: IBRACON, 2001. p.45-56.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7251:**agregado em estado solto: determinação da massa unitária.Rio de Janeiro, 1982, 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6460:**tijolo maciço para alvenaria - determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1983ª. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.**NBR 7170:**tijolo cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1983b. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.**NBR 6459:**solo – determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984ª. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7180:**solo – determinação do limite de plasticidades. Rio de Janeiro, 1984b. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7181:**solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984c. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.**NBR 8491:**tijolo maciço de solo-cimento (especificação). Rio de Janeiro, 1984d. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.**NBR 8492:**tijolo maciço de solo-cimento – determinação da resistência à compressão e da absorção d'água (método de ensaio). Rio de Janeiro, 1984e. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.**NBR 6457:**amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.**NBR NM 67:**concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.Rio de Janeiro, 1998.8 p.

AZEVEDO, J. C. **Arquitetura de interfaces funcionais em argilas e adobes.**2008. 241f.Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: < http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MAPO-7RELNJ>. Acesso em: 11 jul. 2012.

BAUER, L. A. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1994. 2v., 935p.

BOHADANA, I. P. B. **Avaliação de habitação de interesse social rural, construída com fardos de palha, terra e cobertura verde, segundo critérios de Sustentabilidade.** 2007. 179f.Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BOUTH, J. A. C. **Estudo da potencialidade da produção de tijolos de adobe misturados com outros materiais – uma alternativa de baixo custo para Construção Civil.** 2005. 82f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005. Disponível em: <http://bdtd.bczm.ufrn.br/tedesimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=584>. Acesso em: 11 jul. 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção.**Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2002.

BUSSOLOTI, F. **Como funcionam as construções com terra e adobe.**[S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <http://ambiente.hsw.uol.com.br/adobe2.htm>. Acesso em: 14 jun. 2012.

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO- CEPED. **Manual de construção com solo-cimento.** Camaçari: CEPED, 1984. 116p.

CORRÊA, A. A. R.; TEIXEIRA, V. H.; LOPES, S. P.; OLIVEIRA, M. S. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua).**Ciência e Agrotecnologia**,Lavras, v.30, n.3, p.503-515, 2006. ISSN: 1413-7054. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542006000300017>. Acesso em: 31 jul.2012.

COUTO, C. R. **Estudo de adobes produzidos com montículo de cupim.** 2010.51f.Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

DETHIER, J. **Arquitecturas de terra, ou o futuro de uma tradição milenar:** Europa – terceiro mundo – Estados Unidos. Lisboa: Litografia Tejo, 1993. 224p.

FARIA, O. B. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no Reservatório de Salto Grande (Americana-SP).** 2002. 200 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-10022003-103821/>. Acesso em: 13 out. 2011.

FERNANDES, J. P. **As antigas civilizações da Mesopotâmia:**história.João Pessoa:Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, [200-]. Notas de Aula. Disponível em: < http://files.professorjp.webnode.com.br/200000013-030520400b/Apostila%20-%20Mesopot%C3%A2mia.pdf >. Acesso em: 25 jul. 2012.

GONÇALVES, R. D. C**. Agregados reciclados de resíduo de concreto: um novo material para dosagens estruturais**. 2001. 148f.Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

ISAIA, G. C.; GASTALDINI, A. L. G. Perspectivas ambientais e econômicas do concreto com altos teores de adições minerais: um estudo de caso. **Ambiente Construído**,Porto Alegre, v.4, n.2, p.19-30, 2004.ISSN:1415-8876.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102 f. Tese (Livre docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

JUNQUEIRA, R.; BISELLI, A. **1000 Dias por toda América.** [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: < http://www.1000dias.com/rodrigo/o-antigo-e-o-novo-mexico/>. Acesso em: 4 ago. 2012.

MENDES, B. S.; BORJA, E. V. Estudo experimental das propriedades físicas de argamassas com adição de resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas.**Revista Holos,**Natal, v. 3, n. 23, p. 43-51, 2007.ISSN: 1807-1600

PEREIRA, N. C. **Análise das condições político institucionais para Inovação Tecnológica na Construção Civil:** adobe produzido com macrófitas aquáticas em Palmas-TO. 2008.166f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: < http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp086733.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2012.

PIMENTEL, S. H. **Produção mais limpa aplicada à construção civil.** 2009. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental)- Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2009-2/SCHEILA%20H.%20PIMENTEL.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2012.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 190f. Tese (Doutorado)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RAMOS, E. E. L. **Desenvolvimento dos conteúdos de pirâmide, tronco de pirâmide e prisma para um ambiente hipermídia voltado à geometria.**2001. 139f.Dissertação (Mestrado)-Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em:

<https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/4/4b/Diss._Elenita_Eliete_de_Lima_Ramos.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2012.

SILVA, C. G. T. **Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra crua.** 2000. 155f.Dissertação (Mestrado) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: < http://teses.icict.fiocruz.br/pdf/silvacgtm.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2012.

SOUZA, M. I. B.; SEGANTINI, A. A. S.; PEREIRA, J. A. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto.**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande,v.12, n.2, p.205–212, 2008. ISSN:1807-1929

TAGOMORI, A. T.; CAVALLARO, F.; DUARTE, D. **Construção em tijolo de adobe.**2011. 1f.Trabalho Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura)-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU,Universidade de São Paulo - USP, 2011. Pôster. Disponível em:<http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0221/Trabalhos_Finais_2011/Construcao_em_Tijolo_de_Adobe.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2012.

APÊNDICES

A *ESTUDOS PRELIMINARES*

A.I UMIDADE E MASSA ESPECÍFICA APARENTE NO ESTADO SOLTO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

ENSAIO DE UMIDADE E MASSA APARENTE NO ESTADO SOLTO

TRAÇO 1 - 100% Solo e 0% Resíduo de Concreto

Umidade %	
Cápsula	**M02**
(S + A + T) (g)	75,15
(S + T) (g)	74,39
(S) (g)	44,26
(A) (g)	0,76
(T) (g)	**30,13**
w(%)	**1,7**

MEA:	1,109 g/cm3

TRAÇO 2 - 80% Solo e 20% Resíduo de Concreto

Umidade %	
Cápsula	**M20**
(S + A + T) (g)	83,58
(S + T) (g)	82,66
(S) (g)	52,33
(A) (g)	0,92
(T) (g)	**30,33**
w(%)	**1,8**

MEA:	1,157 g/cm3

TRAÇO 3 - 60% Solo e 40% Resíduo de Concreto

Umidade %	
Cápsula	**M25**
(S + A + T) (g)	88,17
(S + T) (g)	87,14
(S) (g)	58,76
(A) (g)	1,03
(T) (g)	**28,38**
w(%)	**1,8**

MEA:	1,205 g/cm3

TRAÇO 4 - 40% Solo e 60% Resíduo de Concreto

Umidade %	
Cápsula	**M56**
(S + A + T) (g)	78,65
(S + T) (g)	77,83
(S) (g)	50,43
(A) (g)	0,82
(T) (g)	**27,40**
w(%)	**1,6**

MEA:	1,274 g/cm3

A.II ENSAIO DE GRANULOMETRIA

A.II.i Traço 1

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

ENSAIO DE GRANULOMETRIA CONJUNTA

SEDIMENTAÇÃO

Dados Gerais	
Solo Úmido (g):	66,00
Solo Seco (g):	64,89
ρs(g/cm³) :	2,64
Solo Seco Retido - # 200 (g):	21,77
Densímetro:	2
Defloculante:	Hexametafosfato de Sódio
Am Total (Pen.Grosso)	64,89

T (ºC)	Tempo (min.)	Leitura	Correção	Leitura Corrig.	Viscosid. μ x(10^4)	ρw (g/cm³)	Alt. Queda (cm)	Diâmetro ϕ (mm)	Porc. %
				0,00				0,075	66,4
20,0	1	27,0	-4,0	23,00	10,29	0,9982	13,5	0,0509	57,0
20,0	2	25,9	-4,0	21,90	10,29	0,9982	13,7	0,0362	54,3
20,0	4	25,2	-4,0	21,20	10,29	0,9982	13,9	0,0258	52,5
20,0	8	24,8	-4,0	20,80	10,29	0,9982	13,9	0,0182	51,5
20,0	15	24,3	-4,0	20,30	10,29	0,9982	14,0	0,0134	50,3
20,0	30	23,9	-4,0	19,90	10,29	0,9982	14,1	0,0095	49,3
20,0	60	23,3	-4,0	19,30	10,29	0,9982	14,2	0,0067	47,8
20,0	120	22,7	-4,0	18,70	10,29	0,9982	14,4	0,0048	46,3
21,0	240	21,9	-3,8	18,10	10,03	0,9980	14,5	0,0034	44,8
23,0	480	20,8	-3,5	17,30	9,56	0,9976	14,6	0,0023	42,9

PENEIRAMENTO

Peneiramento Grosso

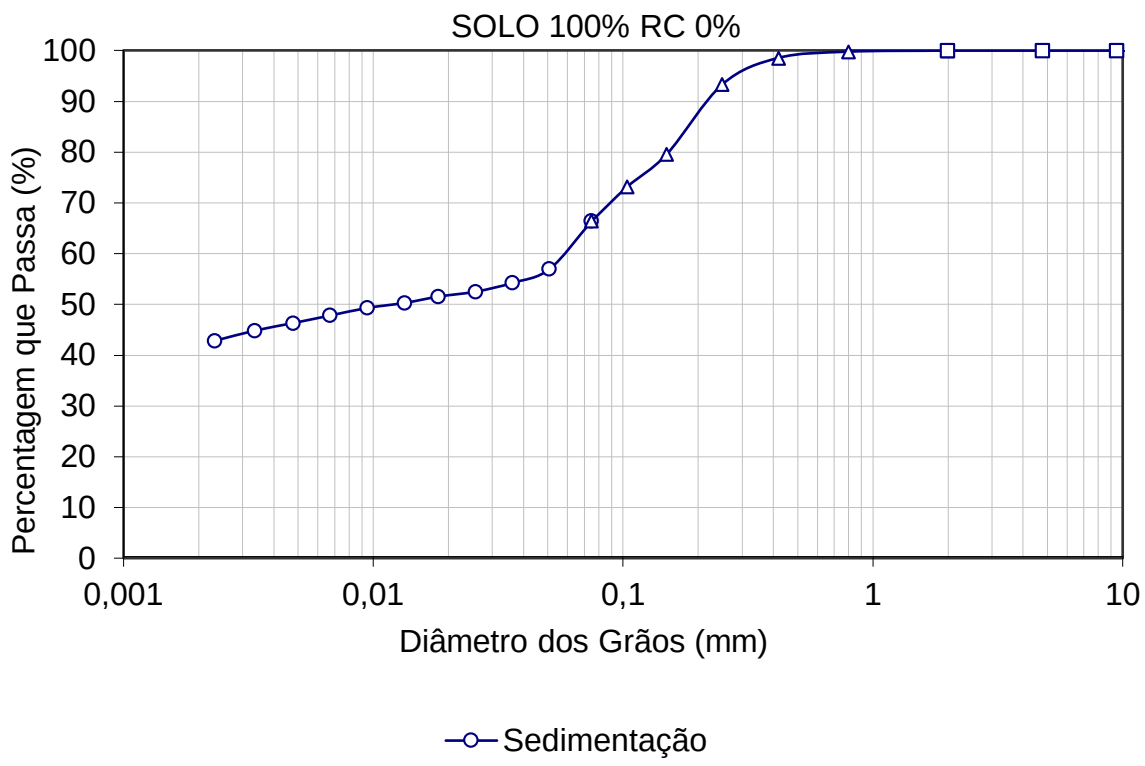
Peneira Nº	Diâmetro ϕ (mm)	Massa Retida (g)	Porc. % <ϕ
	50	0,00	100,0
	38	0,00	100,0
	25	0,00	100,0
	19	0,00	100,0
	13,5	0,00	100,0
	9,5	0,00	100,0
4	4,8	0,00	100,0
10	2,0	0,00	100,0

Peneiramento Fino

Peneira Nº	Diâmetro ϕ (mm)	Massa Retida (g)	Porc. % <ϕ
10	**2,0**	**0,00**	**100,0**
20	0,800	0,14	99,8
40	0,420	0,93	98,6
60	0,250	4,31	93,4
100	0,150	13,21	79,6
140	0,104	17,40	73,2
200	0,075	21,77	66,4
Prato	-		

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

ENSAIO DE GRANULOMETRIA CONJUNTA



A.II.ii Traço 2

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

ENSAIO DE GRANULOMETRIA CONJUNTA

SEDIMENTAÇÃO

Dados Gerais	
Solo Úmido (g):	71,92
Solo Seco (g):	**70,68**
ρs(g/cm³) :	2,63
Solo Seco Retido - # 200 (g):	**32,01**
Densímetro:	**2**
Defloculante:	Hexametafosfato de Sódio
Am Total (Pen.Grosso)	70,68

T (ºC)	Tempo (min.)	Leitura	Correção	Leitura Corrig.	Viscosid. μ x(10^4)	ρw (g/cm³)	Alt. Queda (cm)	Diâmetro ϕ (mm)	Porc. %
				0,00				**0,075**	53,4
20,0	1	25,3	-4,0	21,30	10,29	0,9982	13,8	0,0516	47,4
20,0	2	23,9	-4,0	19,90	10,29	0,9982	14,1	0,0369	44,3
20,0	4	23,2	-4,0	19,20	10,29	0,9982	14,3	0,0263	42,8
20,0	8	22,8	-4,0	18,80	10,29	0,9982	14,3	0,0186	41,9
20,0	15	22,4	-4,0	18,40	10,29	0,9982	14,4	0,0136	41,0
20,0	30	22,0	-4,0	18,00	10,29	0,9982	14,5	0,0097	40,1
20,0	60	21,8	-4,0	17,80	10,29	0,9982	14,5	0,0068	39,6
20,0	120	21,1	-4,0	17,10	10,29	0,9982	14,7	0,0049	38,1
21,0	240	20,3	-3,8	16,50	10,03	0,9980	14,8	0,0034	36,7
23,0	480	19,0	-3,5	15,50	9,56	0,9976	15,0	0,0024	34,5

PENEIRAMENTO

Peneiramento Grosso

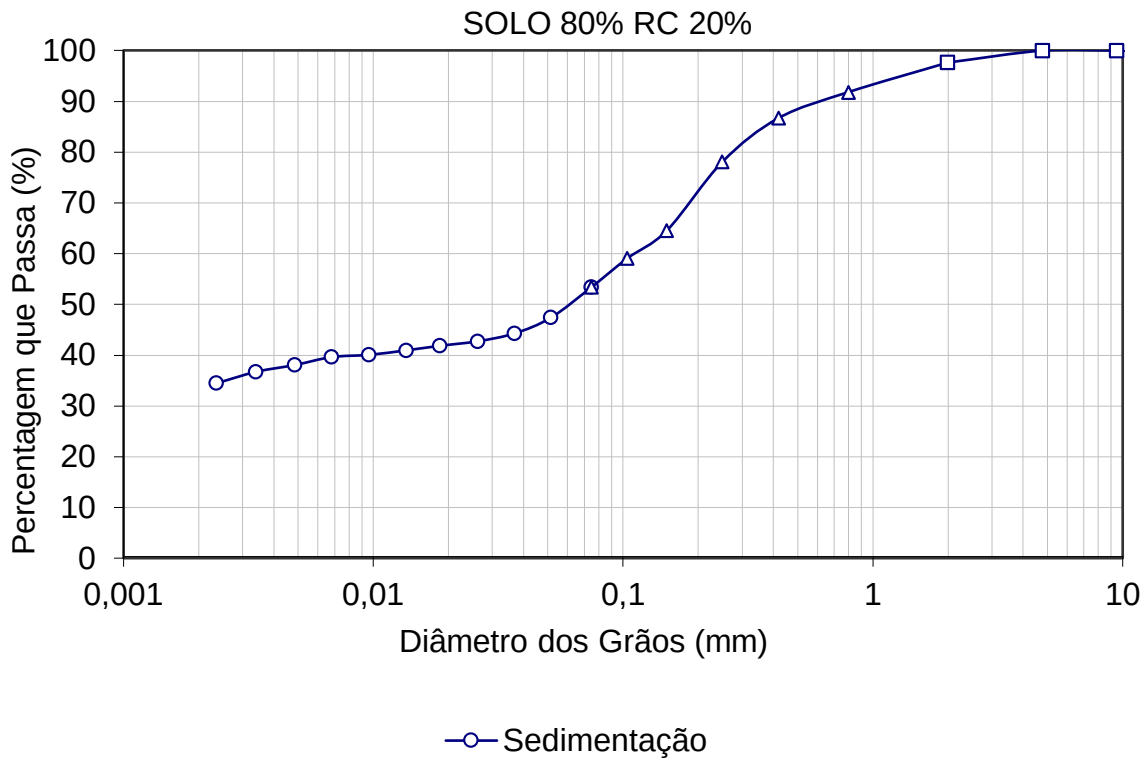
Peneira Nº	Diâmetro ϕ (mm)	Massa Retida (g)	Porc. % <ϕ
	50	0,00	100,0
	38	0,00	100,0
	25	0,00	100,0
	19	0,00	100,0
	13,5	0,00	100,0
	9,5	0,00	100,0
4	4,8	0,00	100,0
10	2	1,66	97,7

Peneiramento Fino

Peneira Nº	Diâmetro ϕ (mm)	Massa Retida (g)	Porc. % <ϕ
10	**2**	**1,66**	**97,7**
20	0,8	4,21	91,8
40	0,42	7,91	86,7
60	0,25	14,15	78,1
100	0,15	23,93	64,6
140	0,104	27,92	59,1
200	0,075	32,01	53,4
Prato	-		

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

ENSAIO DE GRANULOMETRIA CONJUNTA



A.II.iii Traço 3

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

ENSAIO DE GRANULOMETRIA CONJUNTA

TRAÇO 3

SEDIMENTAÇÃO

Dados Gerais	
Solo Úmido (g):	71,53
Solo Seco (g):	**70,30**
ρs(g/cm^3) :	2,62
Solo Seco Retido - # 200 (g):	**42,50**
Densímetro:	**2**
Defloculante:	Hexametafosfato de Sódio
Am Total (Pen.Grosso)	70,30

T (ºC)	Tempo (min.)	Leitura	Correção	Leitura Corrig.	Viscosid. μ x(10^4)	**ρw** (g/cm^3)	Alt. Queda (cm)	Diâmetro ϕ (mm)	Porc. **%**
				0,00				**0,075**	37,7
20,0	1	18,8	-4,0	14,80	10,29	0,9982	15,1	0,0541	32,4
20,0	2	17,6	-4,0	13,60	10,29	0,9982	15,4	0,0387	29,8
20,0	4	16,9	-4,0	12,90	10,29	0,9982	15,5	0,0274	28,3
20,0	8	16,7	-4,0	12,70	10,29	0,9982	15,6	0,0195	27,8
20,0	15	16,5	-4,0	12,50	10,29	0,9982	15,6	0,0142	27,4
20,0	30	16,2	-4,0	12,20	10,29	0,9982	15,7	0,0101	26,7
20,0	60	15,9	-4,0	11,90	10,29	0,9982	15,7	0,0071	26,1
20,0	120	15,4	-4,0	11,40	10,29	0,9982	15,8	0,0051	25,0
21,0	240	15,0	-3,8	11,20	10,03	0,9980	15,9	0,0035	24,5
23,0	480	13,8	-3,5	10,30	9,56	0,9976	16,0	0,0024	22,6

PENEIRAMENTO

Peneiramento Grosso

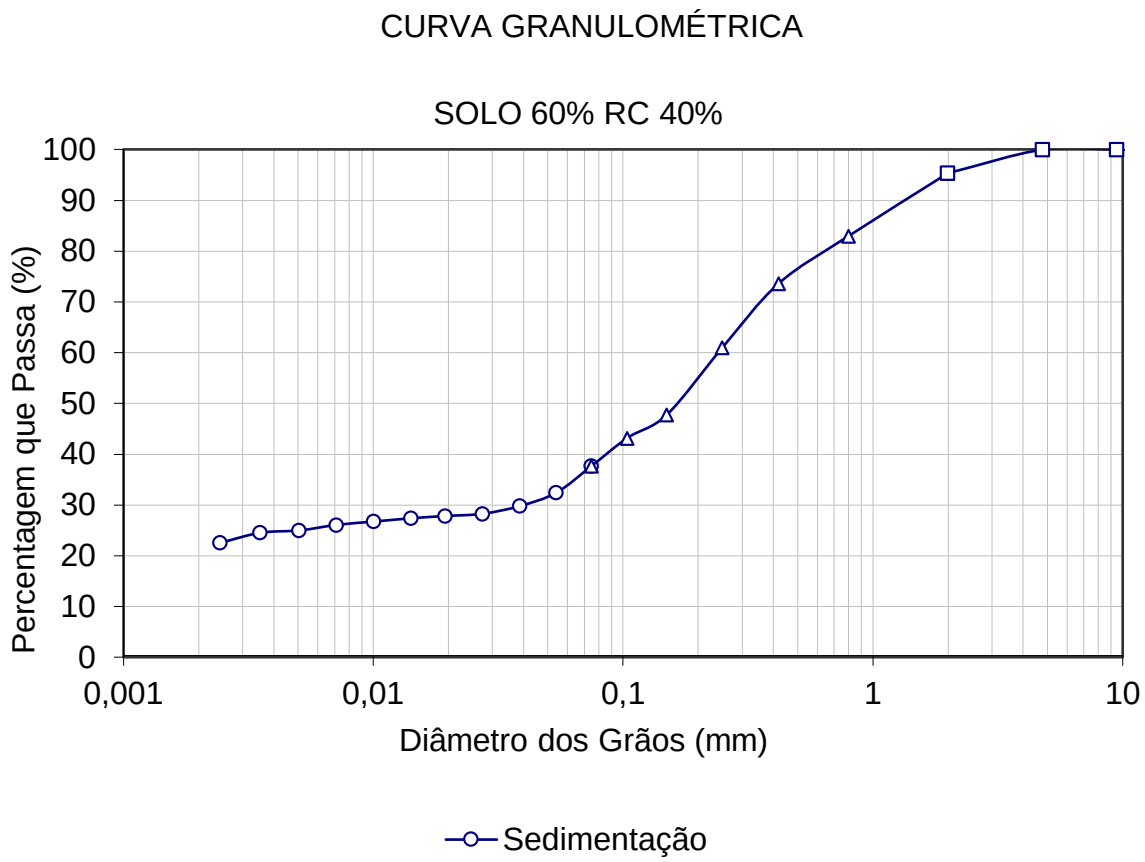
Peneira Nº	Diâmetro ϕ (mm)	Massa Retida (g)	Porc. % <ϕ
	50	0,00	100,0
	38	0,00	100,0
	25	0,00	100,0
	19	0,00	100,0
	13,5	0,00	100,0
	9,5	0,00	100,0
4	4,8	0,00	100,0
10	2,0	3,26	95,4

Peneiramento Fino

Peneira Nº	Diâmetro ϕ (mm)	Massa Retida (g)	Porc. % <ϕ
10	**2**	**1,66**	**97,7**
20	0,8	4,21	91,8
40	0,42	7,91	86,7
60	0,25	14,15	78,1
100	0,15	23,93	64,6
140	0,104	27,92	59,1
200	0,075	32,01	53,4
Prato	-		

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

ENSAIO DE GRANULOMETRIA CONJUNTA



A.II.iv Traço 4

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

ENSAIO DE GRANULOMETRIA CONJUNTA

TRAÇO 4

SEDIMENTAÇÃO

Dados Gerais	
Solo Úmido (g):	73,17
Solo Seco (g):	**72,00**
ρs(g/cm³) :	2,52
Solo Seco Retido - # 200 (g):	**50,58**
Densímetro:	**2**
Defloculante:	Hexametafosfato de Sódio
Am Total (Pen.Grosso)	72,00

T (ºC)	Tempo (min.)	Leitura	Correção	Leitura Corrig.	Viscosid. μ x(10⁴)	ρw (g/cm³)	Alt. Queda (cm)	Diâmetro ϕ (mm)	Porc. %
				0,00				**0,075**	26,5
20,0	1	15,3	-4,0	11,30	10,29	0,9982	15,8	0,0572	23,1
20,0	2	14,5	-4,0	10,50	10,29	0,9982	16,0	0,0406	21,5
20,0	4	14,0	-4,0	10,00	10,29	0,9982	16,0	0,0288	20,5
20,0	8	13,8	-4,0	9,80	10,29	0,9982	16,0	0,0203	20,1
20,0	15	13,3	-4,0	9,30	10,29	0,9982	16,1	0,0149	19,1
20,0	30	13,1	-4,0	9,10	10,29	0,9982	16,2	0,0106	18,6
20,0	60	12,9	-4,0	8,90	10,29	0,9982	16,2	0,0075	18,2
20,0	120	12,6	-4,0	8,60	10,29	0,9982	16,3	0,0053	17,6
21,0	240	12,1	-3,8	8,30	10,03	0,9980	16,3	0,0037	17,0
23,0	480	11,0	-3,5	7,50	9,56	0,9976	16,5	0,0026	15,4

PENEIRAMENTO

Peneiramento Grosso

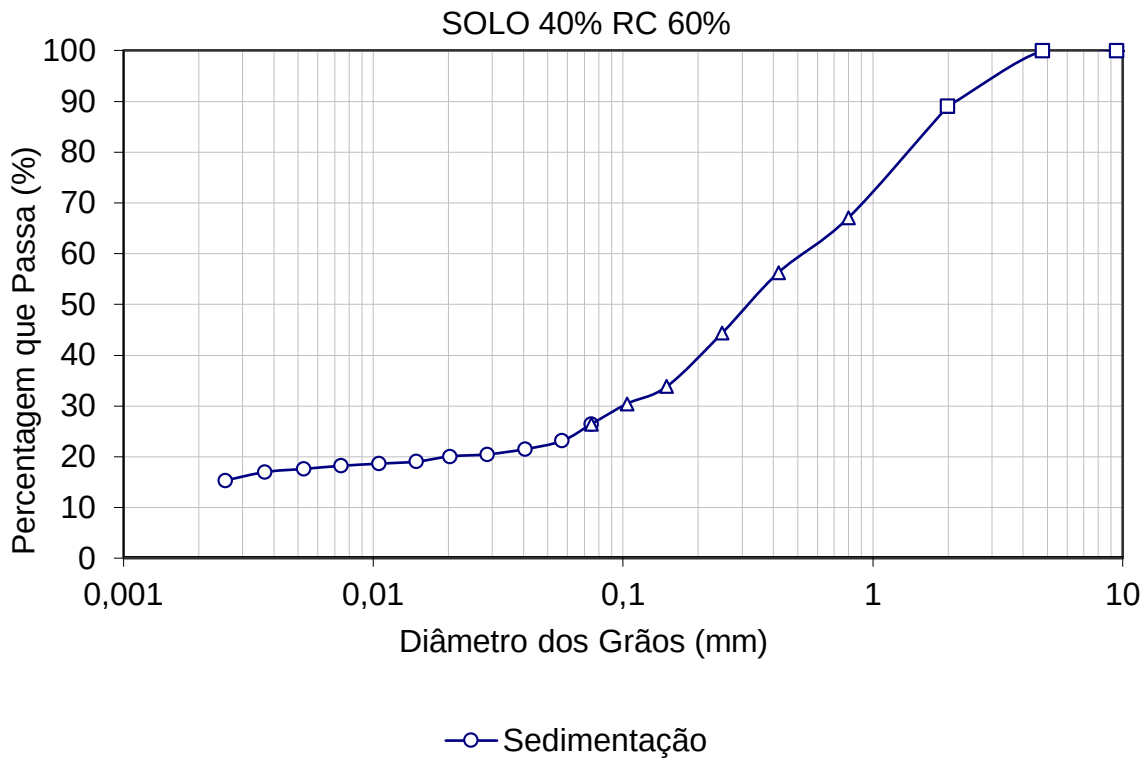
Peneira Nº	Diâmetro ϕ (mm)	Massa Retida (g)	Porc. % <ϕ
	50	0,00	100,0
	38	0,00	100,0
	25	0,00	100,0
	19	0,00	100,0
	13,5	0,00	100,0
	9,5	0,00	100,0
4	4,8	0,00	100,0
10	2,0	7,87	89,1

Peneiramento Fino

Peneira Nº	Diâmetro ϕ (mm)	Massa Retida (g)	Porc. % <ϕ
10	**2,0**	**7,87**	**89,1**
20	0,800	17,74	67,1
40	0,420	26,47	56,3
60	0,250	36,09	44,4
100	0,150	44,62	33,9
140	0,104	47,37	30,5
200	0,075	50,58	26,5
Prato	-		

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

ENSAIO DE GRANULOMETRIA CONJUNTA



A.III LIMITES DE ATTERBERG

A.III.i Traço 1

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

LIMITE DE LIQUIDEZ

Cápsula Nº	P07	P16	P17	P18	P30
Amostra Úmida + Tara (g)	23,62	24,56	23,18	26,31	29,22
Amostra Seca + Tara (g)	21,67	22,33	21,20	23,40	25,80
Água (g)	1,95	2,23	1,98	2,91	3,42
Solo (g)	7,51	8,41	7,20	10,40	11,34
Tara (g)	**14,16**	**13,92**	**14,00**	**13,00**	**14,46**
Umidade %	26,0	26,5	27,5	28,0	30,2
Número de Golpes	38	32	25	22	13

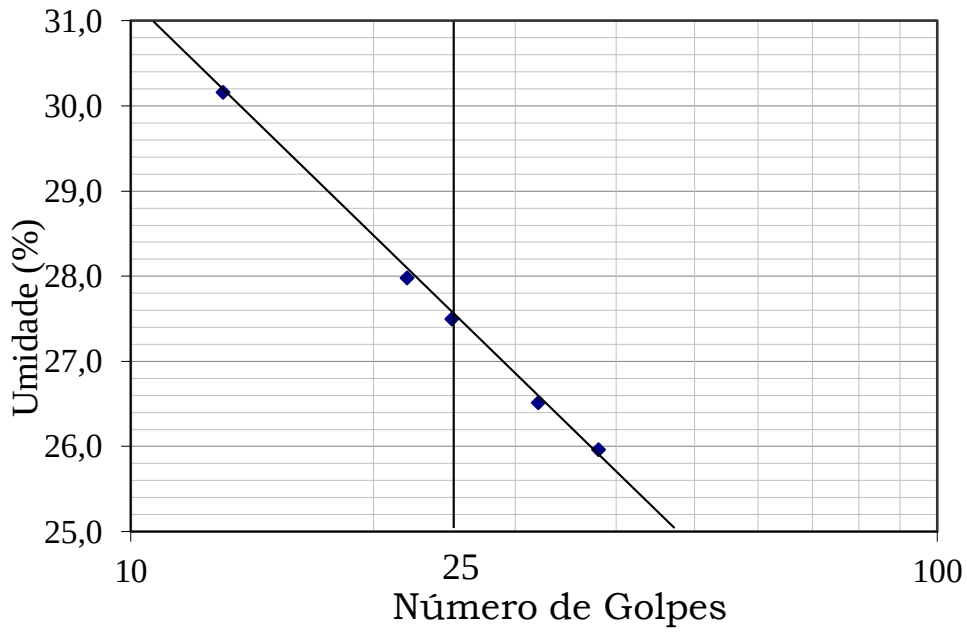
LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula Nº	P38	P39	P40
S + A + T (g)	17,31	17,20	18,01
S + T (g)	16,70	16,54	17,46
Água (g)	0,61	0,66	0,55
Solo (g)	2,88	3,12	2,61
Tara (g)	**13,82**	**13,42**	**14,85**
Umidade %	21,2	21,2	21,1

RESULTADOS

LIMITE DE LIQUIDEZ	**27,5**
LIMITE DE PLASTICIDADE	**21,1**
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	**6,4**

LIMITE DE LIQUIDEZ



A.III.ii Traço 2

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

LIMITE DE LIQUIDEZ

Cápsula Nº	P07	P16	P17	P18	P30
Amostra Úmida + Tara (g)	23,66	25,80	25,75	19,35	24,23
Amostra Seca + Tara (g)	21,66	23,19	23,11	17,04	21,09
Água (g)	2,00	2,61	2,64	2,31	3,14
Solo (g)	7,44	9,37	9,08	7,55	10,04
Tara (g)	**14,22**	**13,82**	**14,03**	**9,49**	**11,05**
Umidade %	26,9	27,9	29,1	30,6	31,3
Número de Golpes	36	28	21	15	12

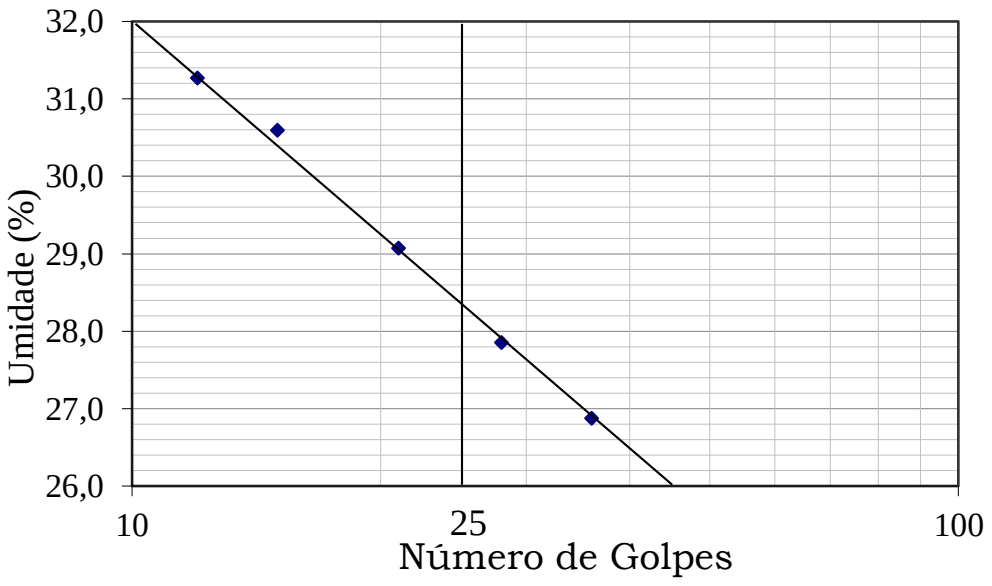
LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula Nº	P38	P39	P40
S + A + T (g)	17,52	17,24	17,84
S + T (g)	16,72	16,71	17,27
Água (g)	0,80	0,53	0,57
Solo (g)	3,72	2,49	2,71
Tara (g)	**13,00**	**14,22**	**14,56**
Umidade %	21,5	21,3	21,0

RESULTADOS

LIMITE DE LIQUIDEZ	**28,3**
LIMITE DE PLASTICIDADE	**21,3**
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	**7,0**

LIMITE DE LIQUIDEZ



A.III.iii Traço 3

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

LIMITE DE LIQUIDEZ

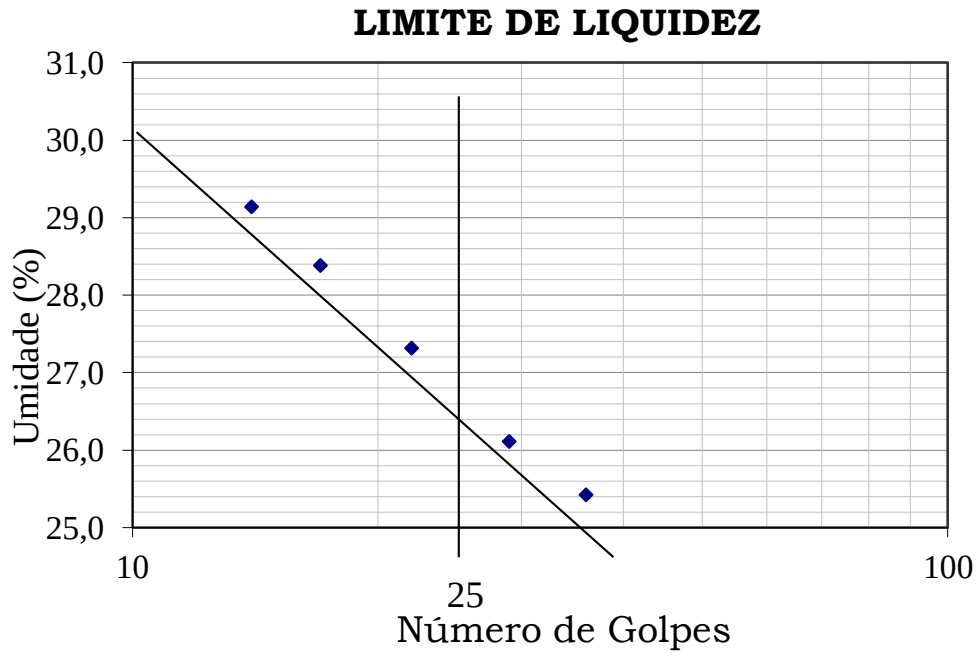
Cápsula Nº	P07	P16	P17	P18	P30
Amostra Úmida + Tara (g)	23,94	23,83	23,59	21,63	21,59
Amostra Seca + Tara (g)	21,09	20,90	20,70	19,07	19,11
Água (g)	2,85	2,93	2,89	2,56	2,48
Solo (g)	11,21	11,22	10,58	9,02	8,51
Tara (g)	**9,88**	**9,68**	**10,12**	**10,05**	**10,60**
Umidade %	25,4	26,1	27,3	28,4	29,1
Número de Golpes	36	29	22	17	14

LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula Nº	P38	P39	P40
S + A + T (g)	14,86	14,37	15,14
S + T (g)	14,10	13,72	14,21
Água (g)	0,76	0,65	0,93
Solo (g)	3,83	3,17	4,48
Tara (g)	**10,27**	**10,55**	**9,73**
Umidade %	19,8	20,5	20,8

RESULTADOS

LIMITE DE LIQUIDEZ	**26,8**
LIMITE DE PLASTICIDADE	**20,4**
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	**6,4**



A.III.iv Traço 4

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

LIMITE DE LIQUIDEZ

Cápsula Nº	P07	P16	P17	P18	P30
Amostra Úmida + Tara (g)	22,99	21,54	24,90	18,80	21,00
Amostra Seca + Tara (g)	20,54	18,81	21,91	16,34	18,10
Água (g)	2,45	2,73	2,99	2,46	2,90
Solo (g)	10,25	11,19	11,49	9,15	10,59
Tara (g)	**10,29**	**7,62**	**10,42**	**7,19**	**7,51**
Umidade %	23,9	24,4	26,0	26,9	27,4
Número de Golpes	31	27	18	14	12

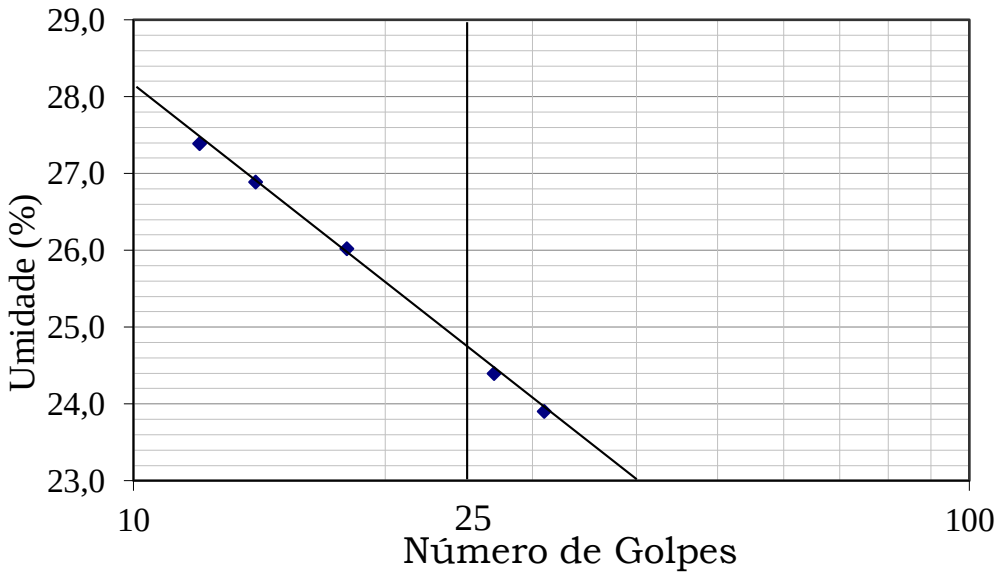
LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula Nº	P38	P39	P40
S + A + T (g)	17,55	18,98	17,02
S + T (g)	16,98	18,36	16,59
Água (g)	0,57	0,62	0,43
Solo (g)	2,94	3,16	2,23
Tara (g)	**14,04**	**15,20**	**14,36**
Umidade %	19,4	19,6	19,3

RESULTADOS

LIMITE DE LIQUIDEZ	**24,7**
LIMITE DE PLASTICIDADE	**19,4**
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	**5,3**

LIMITE DE LIQUIDEZ



A.IV UMIDADE DE AMASSAMENTO

A.IV.i Traço 1

Umidade T1-I		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	333,59	327,91
T+M	854,00	1368,30
T+Ms	837,80	1110,40
w (%)	**3,21**	**32,96**

Umidade T1-II		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	333,49	330,01
T+M	993,10	1329,10
T+Ms	947,40	1082,80
w (%)	**7,44**	**32,72**

Umidade T1-III		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	33,12	329,58
T+M	1101,80	2325,20
T+Ms	1079	1831,50
w (%)	**2,18**	**32,87**

A.IV.ii Traço 2

Umidade T2-I		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	329,73	333,31
T+M	833,7	1312,8
T+Ms	794,1	1070,4
w (%)	**8,53**	**32,89**

Umidade T2-II		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	333,09	329,54
T+M	1225,5	1661,5
T+Ms	1194,6	1366,6
w (%)	**3,59**	**28,44**

Umidade T2-III		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	33,46	329,78
T+M	994,9	1561,7
T+Ms	975,1	1292,2
w (%)	**2,10**	**28,00**

A.IV.iii Traço 3

Umidade T3-I		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	333,25	329,8
T+M	1425,3	1824,5
T+Ms	1365,4	1518,1
w (%)	**5,80**	**25,78**

Umidade T3-II		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	333,29	329,82
T+M	1032,8	1347,3
T+Ms	1011,4	1143,9
w (%)	**3,16**	**24,99**

Umidade T3-III		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	333	329,59
T+M	1248	1910
T+Ms	1214,1	1602,5
w (%)	**3,85**	**24,16**

A.IV.iv Traço 4

Umidade T4-I		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	329,57	333,11
T+M	1090,6	1573
T+Ms	1076,5	1337,9
w (%)	**1,89**	**23,40**

Umidade T4-II		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	330,79	334,31
T+M	912,3	1199,4
T+Ms	899,8	1044,5
w (%)	**2,20**	**21,81**

Umidade T4-III		
	Solo seco (g)	Solo úmido (g)
T	329,61	333,24
T+M	1020,2	1939,1
T+Ms	1008,6	1638,3
w (%)	**1,71**	**23,05**

A.V MASSA ESPECÍFICA APARENTE DO ADOBE

A.V.i Traço 1-I

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 1-I

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	300,00	299,50	300,50	300,00	78,40	81,25	78,60	81,85	149,05	150,35	149,25	148,90	6820,00	3586,42	1,90
2	299,00	300,00	300,00	298,00	82,55	77,00	78,10	77,85	148,00	149,15	147,90	149,95	6740,00	3511,00	1,92
3	300,50	297,50	299,00	298,50	79,00	78,70	75,25	77,20	147,95	149,40	149,95	148,55	6655,00	3452,06	1,93
4	299,50	298,50	299,50	299,00	75,40	76,65	73,70	74,60	148,65	149,05	147,95	147,85	6430,00	3332,58	1,93
5	299,00	300,50	299,00	301,00	77,90	76,80	77,65	75,20	149,20	150,35	148,10	149,50	6645,00	3442,07	1,93
6	299,50	299,00	300,00	298,50	73,05	76,05	77,70	77,10	148,40	150,10	148,85	149,50	6605,00	3392,42	1,95
7	299,00	298,50	299,00	299,00	77,85	78,35	75,25	78,00	148,30	148,45	148,35	150,40	6785,00	3442,25	1,97
8	298,50	298,00	298,50	299,50	77,70	76,30	76,70	78,80	147,05	147,30	147,80	149,50	6505,00	3417,68	1,90
9	299,50	299,00	298,00	297,50	77,00	77,30	78,40	76,90	149,10	149,55	148,90	149,60	6590,00	3449,12	1,91
10	299,50	297,50	299,00	297,50	76,90	78,20	75,80	77,90	149,00	149,90	148,20	148,60	6430,00	3430,42	1,87
11	298,50	299,00	298,00	300,00	79,60	77,95	79,60	78,75	149,00	149,40	148,60	149,35	6660,00	3519,01	1,89
12	298,50	298,00	300,00	299,00	79,50	79,05	77,40	81,80	149,20	150,45	149,40	149,10	6810,00	3550,30	1,92
13	300,50	299,50	299,00	300,00	80,10	79,20	78,20	79,00	148,45	149,20	148,75	148,65	6760,00	3528,31	1,92
14	297,50	299,50	298,00	300,00	77,45	77,55	78,20	77,60	148,80	147,45	150,10	150,40	6770,00	3463,07	1,95
15	299,00	299,00	301,00	299,00	77,65	76,75	80,35	77,10	149,45	146,40	148,05	149,65	6695,00	3464,81	1,93
16	299,00	298,50	297,50	298,00	76,65	78,45	77,00	78,90	147,55	148,60	148,70	149,30	6345,00	3444,43	1,84
17	297,50	299,00	299,00	299,50	75,50	77,15	75,60	76,00	148,90	149,70	149,25	149,90	6420,00	3395,77	1,89
18	298,00	298,50	299,00	299,50	76,75	75,80	76,75	76,40	148,80	149,25	148,45	149,00	6470,00	3399,11	1,90
19	298,00	298,00	299,50	300,00	76,20	76,50	77,45	76,75	148,70	148,20	149,80	150,45	6465,00	3423,34	1,89
20	299,50	299,00	298,50	298,00	75,55	77,60	76,15	76,90	147,80	147,75	149,15	148,90	6480,00	3393,81	1,91
														MÉDIA	**1,91**

A.V.ii Traço 1-II

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 1-II

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	301,00	301,00	300,50	301,00	80,10	78,50	77,40	76,70	149,45	150,65	150,25	148,90	6650,00	3523,73	1,89
2	301,00	301,00	300,00	300,00	78,75	77,85	75,95	76,80	149,10	148,95	150,90	150,70	6590,00	3483,95	1,89
3	298,00	299,50	298,00	299,00	77,00	76,00	75,85	75,65	145,55	148,20	150,05	151,10	6460,00	3380,94	1,91
4	300,00	300,00	299,50	296,00	76,35	76,30	77,45	76,60	149,40	152,05	148,20	149,15	6545,00	3430,56	1,91
5	299,50	300,50	301,00	299,00	77,10	77,15	77,50	76,75	148,30	149,70	151,05	148,55	6565,00	3456,74	1,90
6	300,50	301,50	301,00	300,00	77,20	76,55	77,30	76,45	148,80	148,75	149,60	149,75	6540,00	3450,11	1,90
7	297,00	301,00	300,00	299,00	78,00	77,15	77,80	77,35	148,05	150,05	150,90	148,30	6600,00	3466,48	1,90
8	299,00	300,00	300,00	297,00	75,25	76,20	77,90	75,40	148,00	147,45	149,80	148,95	6515,00	3383,98	1,93
9	299,50	299,50	300,00	300,00	77,20	78,55	80,10	76,15	149,35	149,15	150,55	149,30	6690,00	3497,43	1,91
10	299,50	301,00	300,00	299,50	77,90	76,95	77,95	77,10	149,20	148,60	150,05	150,60	6630,00	3477,37	1,91
11	299,50	300,00	300,50	299,00	77,20	79,30	76,50	79,75	149,15	149,30	148,90	150,75	6650,00	3504,37	1,90
12	300,00	300,00	301,00	299,50	79,35	78,95	76,10	75,20	140,85	148,65	149,45	151,35	6640,00	3428,12	1,94
13	300,00	300,00	298,00	300,00	79,10	78,65	79,45	75,75	145,00	148,35	149,95	149,75	6580,00	3474,11	1,89
14	300,00	300,50	299,00	299,00	79,00	80,10	76,20	76,15	148,15	148,65	150,25	150,00	6615,00	3482,23	1,90
15	299,50	301,50	300,00	300,00	77,05	77,30	77,35	75,00	147,75	149,50	148,50	149,65	6545,00	3426,78	1,91
16	300,00	301,00	299,50	299,00	78,05	79,25	77,20	77,30	148,15	149,80	149,75	149,75	6590,00	3491,39	1,89
17	300,00	299,50	299,00	298,00	78,70	77,50	77,65	76,65	148,50	150,20	147,30	150,25	6410,00	3461,17	1,85
18	299,00	299,00	300,50	297,50	75,80	76,25	76,50	75,70	149,15	148,65	149,60	149,50	6485,00	3393,78	1,91
19	299,50	299,50	300,00	298,50	77,75	78,20	76,75	76,15	149,55	149,20	150,20	149,80	6600,00	3460,10	1,91
20	299,00	298,50	299,00	299,50	76,25	76,95	73,60	76,75	148,80	149,30	148,95	150,25	6535,00	3388,24	1,93
														MÉDIA	**1,90**

A.V.iii Traço 1-III

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 1-III

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	297,50	298,00	300,50	301,00	75,40	76,50	75,90	75,35	150,20	149,75	149,85	148,45	6550,00	3391,99	1,93
2	299,50	295,00	291,00	295,00	76,65	75,55	76,25	76,90	141,60	143,75	140,50	164,48	6195,00	3324,89	1,86
3	293,00	294,00	298,00	295,50	75,90	75,10	76,25	77,40	146,00	143,95	143,60	166,94	6325,00	3374,35	1,87
4	294,50	298,00	298,00	300,50	75,85	77,85	76,20	76,00	146,45	149,35	143,30	149,30	6390,00	3349,53	1,91
5	291,00	295,00	291,00	300,00	75,50	76,80	76,70	77,60	149,30	140,65	149,20	141,00	6225,00	3271,21	1,90
6	300,00	299,50	299,00	300,00	75,75	76,80	76,85	75,50	149,30	149,50	150,75	149,40	6505,00	3419,84	1,90
7	300,50	299,00	301,00	299,00	76,40	76,60	75,40	76,95	147,75	151,80	149,25	149,60	6400,00	3424,60	1,87
8	298,50	297,50	300,00	290,00	77,00	76,60	78,35	74,85	150,60	149,70	147,40	150,25	6340,00	3399,58	1,86
9	285,00	288,00	287,00	295,00	75,35	77,40	76,40	75,95	147,40	145,90	149,40	148,35	6250,00	3254,38	1,92
10	299,50	299,00	297,00	300,00	76,20	75,10	75,50	77,35	150,65	151,60	148,85	149,25	6450,00	3410,84	1,89
11	300,50	299,50	298,00	299,00	77,25	76,00	76,60	76,95	148,80	148,70	149,35	148,80	6495,00	3417,91	1,90
12	299,00	298,00	298,50	300,00	75,85	76,40	76,60	77,10	148,40	148,30	149,75	148,20	6390,00	3398,45	1,88
13	297,00	298,00	291,00	300,00	77,50	75,90	76,45	76,30	151,50	149,30	149,90	148,25	6350,00	3398,05	1,87
14	294,00	300,00	288,00	300,00	78,20	75,80	77,65	76,40	148,50	149,30	150,20	148,70	6325,00	3394,80	1,86
15	299,00	298,50	298,00	298,50	75,05	76,75	74,30	75,75	147,35	149,05	149,15	149,20	6555,00	3349,27	1,96
16	300,50	300,00	297,00	300,50	77,15	75,55	76,10	75,90	150,85	147,80	149,75	150,00	6475,00	3413,04	1,90
17	300,50	301,00	300,00	299,00	79,30	78,05	76,60	78,60	149,15	149,60	148,45	149,70	6670,00	3499,48	1,91
18	300,00	301,00	298,50	301,00	76,60	78,60	77,35	76,85	148,80	148,70	150,05	149,85	6590,00	3467,11	1,90
19	300,00	300,50	299,50	301,00	77,45	78,55	77,20	77,35	150,10	149,90	148,70	148,90	6620,00	3482,61	1,90
20	293,00	300,00	300,00	286,00	78,40	75,75	76,70	77,00	149,30	149,55	150,60	143,10	6250,00	3360,45	1,86
														MÉDIA	**1,89**

A.V.iv Traço 2-I

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 2-I

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	299,00	301,00	300,00	299,00	74,20	76,15	75,30	75,30	149,30	146,25	149,75	149,60	6460,00	3354,11	1,93
2	300,00	301,00	300,50	300,00	78,20	78,65	78,00	76,95	150,10	150,10	148,45	147,10	6690,00	3487,26	1,92
3	300,00	298,50	300,50	300,50	79,55	78,45	77,60	77,40	149,65	151,30	149,50	148,80	6710,00	3515,38	1,91
4	300,00	299,00	300,50	298,00	79,40	79,90	77,05	75,70	149,65	151,15	149,00	149,75	6690,00	3500,62	1,91
5	300,00	300,00	301,00	300,00	76,85	78,10	76,20	76,35	149,95	149,85	150,25	149,40	6470,00	3459,08	1,87
6	300,00	299,50	299,00	299,00	76,85	76,85	75,35	76,60	149,05	150,00	149,00	148,75	6560,00	3413,10	1,92
7	299,50	300,00	300,00	299,50	76,00	77,25	76,15	76,85	149,80	149,55	147,90	149,35	6505,00	3422,93	1,90
8	299,00	299,00	299,00	298,50	79,10	78,05	76,35	79,05	150,20	150,55	150,00	148,45	6710,00	3498,33	1,92
9	300,00	300,00	299,00	300,50	76,25	78,30	77,10	74,85	149,65	149,30	148,70	147,80	6395,00	3420,55	1,87
10	299,50	299,00	300,00	299,50	75,40	77,20	77,75	76,25	150,00	150,25	149,20	148,80	6495,00	3433,46	1,89
11	300,00	300,00	301,00	300,50	77,75	79,10	77,10	78,15	149,50	149,45	150,05	148,25	6700,00	3499,40	1,91
12	299,50	297,50	300,00	300,00	78,10	77,35	77,90	76,85	149,75	148,60	149,00	148,45	6605,00	3456,66	1,91
13	299,00	299,00	297,50	300,00	77,35	75,50	76,60	78,25	149,60	149,65	149,05	150,60	6590,00	3442,32	1,91
14	299,50	299,50	300,00	299,00	78,95	79,00	78,20	75,65	149,10	148,25	148,45	148,30	6690,00	3467,47	1,93
15	299,00	299,50	299,50	299,50	78,20	77,35	77,40	77,45	149,80	149,30	148,65	148,25	6580,00	3461,49	1,90
16	299,50	299,00	299,00	300,00	77,45	78,90	77,15	75,75	150,05	149,70	149,60	150,35	6620,00	3470,08	1,91
17	299,00	299,50	299,00	299,50	76,85	78,55	76,25	77,80	149,40	149,50	148,70	149,35	6590,00	3454,96	1,91
18	299,00	299,00	300,00	298,00	77,85	78,00	78,90	76,45	150,30	148,60	145,75	148,90	6560,00	3451,82	1,90
19	298,50	299,00	299,00	299,50	76,85	77,15	75,45	75,75	148,85	148,75	150,30	148,85	6500,00	3403,52	1,91
20	299,50	299,00	299,50	300,00	78,35	79,55	76,55	78,60	148,60	149,25	148,85	148,35	6690,00	3486,94	1,92
														MÉDIA	**1,91**

A.V.v Traço 2-II

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 2-II

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	300,00	300,50	299,00	301,00	75,55	77,20	76,35	76,05	149,30	149,90	150,85	149,25	6615,00	3430,36	1,93
2	300,00	300,00	300,00	299,00	76,95	75,25	75,60	75,35	148,80	149,80	149,95	150,05	6460,00	3399,64	1,90
3	301,00	300,50	300,50	299,00	76,45	76,05	76,95	76,90	148,40	148,50	149,80	150,90	6490,00	3435,51	1,89
4	299,50	300,00	299,50	299,00	75,30	77,25	78,70	77,00	149,30	147,70	149,30	149,50	6640,00	3437,80	1,93
5	299,00	299,50	298,50	300,00	77,10	78,10	77,80	76,25	147,10	149,85	150,95	149,75	6655,00	3456,77	1,93
6	299,50	297,00	300,00	299,50	76,70	75,80	76,60	76,75	149,05	147,95	150,20	150,60	6505,00	3416,77	1,90
7	300,00	301,00	299,00	299,50	75,45	76,40	76,25	76,65	146,35	147,70	149,65	149,10	6425,00	3385,88	1,90
8	300,00	300,00	299,50	300,00	75,60	77,75	76,85	77,30	147,55	149,40	149,45	149,80	6490,00	3436,03	1,89
9	300,00	300,00	298,50	300,00	77,95	76,45	77,25	77,65	147,85	146,10	149,95	149,70	6535,00	3438,21	1,90
10	300,00	300,00	300,50	299,50	75,85	76,20	76,10	75,50	149,30	149,60	150,25	150,25	6500,00	3412,65	1,90
11	300,00	300,50	298,50	301,00	75,90	76,00	75,50	77,50	148,85	149,10	150,30	150,00	6540,00	3420,12	1,91
12	300,50	300,00	299,50	299,50	76,50	76,60	75,05	76,80	148,25	148,55	150,25	149,60	6490,00	3410,11	1,90
13	299,50	298,50	301,00	299,00	76,60	77,45	77,10	78,10	147,70	148,85	150,95	148,25	6640,00	3448,66	1,93
14	300,00	300,00	299,50	300,00	75,60	77,85	77,75	76,85	149,05	149,85	150,10	149,90	6565,00	3457,77	1,90
15	300,00	300,00	299,50	299,50	74,85	75,10	76,80	76,00	149,45	149,90	149,75	151,40	6470,00	3405,94	1,90
16	300,00	299,50	299,00	300,00	75,80	76,50	75,05	76,60	147,90	149,40	150,25	149,50	6410,00	3398,37	1,89
17	300,00	297,50	298,00	297,50	74,55	76,10	75,60	76,15	148,15	146,40	150,60	149,50	6395,00	3352,00	1,91
18	299,50	300,00	300,00	298,50	75,40	76,20	76,10	77,30	148,30	149,45	149,35	151,00	6450,00	3414,68	1,89
19	299,00	300,00	299,50	298,50	77,40	75,80	76,25	75,15	149,05	149,20	150,05	150,80	6485,00	3413,06	1,90
20	300,50	300,50	299,50	299,00	77,25	75,45	77,45	76,90	148,40	150,05	151,30	150,95	6590,00	3456,90	1,91
														MÉDIA	**1,90**

A.V.vi Traço 2-III

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 2-III

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	299,50	299,50	300,50	298,00	75,80	72,20	75,90	78,05	149,55	150,55	150,90	149,90	6550,00	5245,00	3394,95
2	300,00	297,00	299,50	300,00	76,75	74,75	74,50	75,90	148,45	147,45	150,85	148,75	6595,00	5180,00	3361,07
3	299,50	300,00	299,50	300,00	77,70	78,65	76,15	77,30	149,05	148,75	149,65	148,80	6655,00	5295,00	3460,58
4	301,00	299,50	300,00	299,00	75,00	75,60	71,30	75,70	149,00	150,05	149,90	149,35	6280,00	5115,00	3337,12
5	300,00	299,00	300,00	299,50	76,55	76,15	75,35	76,80	149,15	148,95	149,60	150,90	6380,00	5240,00	3417,28
6	299,50	300,00	300,00	294,50	77,05	77,05	72,00	76,30	149,75	149,25	149,40	149,85	6410,00	5230,00	3375,12
7	301,00	300,00	301,00	297,00	79,05	77,05	77,85	72,15	149,50	150,00	149,75	149,70	6590,00	5240,00	3434,73
8	300,00	299,50	298,50	297,50	77,45	75,15	75,75	72,20	149,40	149,45	150,15	149,40	6510,00	5155,00	3359,53
9	299,00	298,50	300,00	297,50	71,65	73,45	71,10	69,75	149,40	149,55	146,20	150,40	6535,00	4970,00	3179,77
10	300,00	299,00	299,00	299,50	78,30	76,95	77,35	77,20	149,25	149,55	149,75	150,40	6565,00	5315,00	3471,90
11	299,50	300,00	301,00	299,50	78,65	77,65	77,30	78,20	149,20	148,60	150,05	150,40	6585,00	5365,00	3497,52
12	299,00	300,50	299,50	296,00	72,45	71,70	73,75	77,35	150,10	149,85	150,25	151,70	6530,00	6145,00	3318,20
13	300,00	299,50	299,00	301,00	78,35	78,25	77,55	76,75	148,75	150,65	150,00	148,85	6670,00	5320,00	3485,97
14	300,00	297,50	300,00	299,50	77,65	77,50	71,85	76,15	146,55	149,05	150,00	148,80	6460,00	5305,00	3370,16
15	298,00	299,50	299,50	299,50	78,70	76,60	78,00	76,75	149,80	149,55	151,10	150,30	6430,00	5815,00	3482,24
16	296,00	300,00	299,00	298,00	72,50	72,05	74,40	71,85	148,55	146,90	147,55	149,05	6520,00	5055,00	3209,32
17	300,50	296,00	298,50	300,00	77,75	76,60	76,80	77,85	143,95	150,60	149,00	149,95	6505,00	5890,00	3424,26
18	300,00	299,50	299,00	294,00	72,90	73,40	75,45	69,10	148,95	149,75	148,60	147,90	6455,00	5265,00	3225,60
19	299,50	297,00	299,00	299,50	77,10	77,80	74,10	76,70	148,55	149,45	149,55	149,30	6575,00	5455,00	3406,82
20	297,00	300,50	296,50	296,50	73,45	75,25	72,40	71,35	148,25	150,35	148,50	149,15	6455,00	5230,00	3243,62
														MÉDIA	**1,93**

A.V.vii Traço 3-I

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 3-I

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	300,00	300,00	298,50	300,00	79,45	78,30	79,55	78,15	149,25	149,45	150,60	150,95	7100,00	3545,85	2,00
2	298,50	299,00	297,00	300,00	76,80	79,00	80,40	77,85	147,30	148,55	148,55	150,55	7090,00	3487,27	2,03
3	300,00	300,50	300,00	299,50	80,25	81,10	79,00	77,40	150,00	149,85	151,35	150,85	7065,00	3586,90	1,97
4	299,50	300,00	300,00	300,00	78,45	77,05	77,40	76,95	150,00	149,10	149,20	150,50	6940,00	3477,39	2,00
5	299,00	299,50	300,50	299,00	81,20	79,80	78,50	78,35	148,90	149,40	150,30	150,15	7120,00	3562,42	2,00
6	301,00	299,50	301,00	299,00	80,00	79,10	77,10	78,30	149,70	149,20	151,80	150,50	7005,00	3546,68	1,98
7	300,00	300,00	299,00	300,00	78,65	78,10	78,15	78,15	149,45	149,20	150,65	150,15	6990,00	3515,65	1,99
8	300,50	300,00	299,00	300,00	77,90	78,30	77,85	78,65	149,20	149,05	151,15	149,05	6985,00	3507,33	1,99
9	301,00	300,00	299,00	300,50	82,00	80,95	77,35	79,90	149,00	149,20	151,10	149,70	7160,00	3597,74	1,99
10	300,00	300,00	299,00	300,50	80,90	81,35	79,40	78,15	149,10	148,45	149,05	148,40	7085,00	3566,28	1,99
11	300,00	300,00	299,00	300,50	80,50	78,90	78,25	78,35	148,80	149,30	150,55	150,15	7095,00	3546,41	2,00
12	301,00	300,00	300,00	301,00	78,55	77,85	77,45	78,50	149,50	149,60	151,75	150,40	7010,00	3527,13	1,99
13	296,50	300,00	299,00	301,00	77,55	76,10	77,40	77,30	149,85	149,25	149,90	150,30	6810,00	3454,78	1,97
14	300,50	299,00	298,50	300,00	76,15	77,55	75,40	78,05	148,90	149,20	148,15	149,75	6730,00	3426,68	1,96
15	300,00	298,00	298,50	300,00	73,60	78,45	78,00	78,95	148,55	149,55	150,50	151,05	6945,00	3464,09	2,00
16	300,50	297,00	300,00	299,00	78,80	78,90	78,75	78,30	149,40	149,50	148,70	150,35	6955,00	3518,55	1,98
17	301,00	301,00	300,00	300,50	78,20	78,10	78,75	74,75	149,75	149,45	150,15	150,45	6980,00	3491,35	2,00
18	300,50	300,00	299,00	300,00	78,05	78,05	77,50	77,05	148,35	149,05	150,75	150,60	6950,00	3486,08	1,99
19	300,00	300,00	300,00	299,50	77,40	79,20	78,20	77,85	148,90	149,55	150,30	150,05	6925,00	3508,82	1,97
20	300,00	300,50	299,00	300,00	77,20	76,20	77,40	75,55	148,80	148,85	150,25	149,50	6790,00	3430,07	1,98
														MÉDIA	**1,99**

A.V.viii Traço 3-II

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 3-II

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	299,50	297,00	300,50	299,00	77,55	76,80	76,90	75,70	150,70	150,60	145,15	149,25	6605,00	3417,01	1,93
2	299,00	299,00	300,50	300,00	77,35	75,90	76,05	77,90	150,75	149,55	147,10	149,50	6670,00	3433,85	1,94
3	299,00	300,50	299,00	300,00	76,60	77,60	76,65	76,60	149,25	150,30	149,30	149,70	6730,00	3446,14	1,95
4	300,00	300,00	299,50	301,00	79,55	77,15	77,15	76,75	149,00	149,85	149,10	149,25	6810,00	3479,39	1,96
5	299,00	300,00	298,50	301,50	77,00	78,65	77,60	77,60	150,75	149,50	149,85	149,15	6780,00	3489,78	1,94
6	298,50	299,00	299,50	299,00	75,50	75,60	75,40	75,60	148,85	149,95	148,90	149,20	6480,00	3369,80	1,92
7	299,50	300,00	298,00	300,50	76,55	76,25	76,55	76,55	150,75	149,45	149,35	148,90	6635,00	3426,76	1,94
8	300,00	300,00	299,50	297,50	76,25	78,50	74,90	75,05	149,20	149,50	149,35	148,90	6535,00	3401,92	1,92
9	299,00	299,50	300,00	299,00	76,65	77,50	76,60	76,75	148,35	149,75	149,15	149,10	6665,00	3431,17	1,94
10	301,00	299,50	300,00	299,00	76,30	75,75	75,90	75,65	149,35	149,60	148,80	149,10	6520,00	3396,15	1,92
11	300,50	299,50	301,00	298,00	77,45	74,30	79,95	76,80	149,65	150,15	150,15	149,00	6650,00	3461,66	1,92
12	299,50	299,00	300,00	299,00	76,60	78,00	77,25	76,70	151,15	150,75	149,55	150,30	6740,00	3474,06	1,94
13	299,00	299,50	299,00	299,50	77,85	75,55	77,20	76,65	150,75	148,55	149,60	148,55	6570,00	3433,27	1,91
14	299,50	300,00	300,50	299,00	76,50	77,25	79,80	77,75	149,45	150,20	149,75	148,60	6665,00	3487,54	1,91
15	299,50	300,00	299,50	300,00	75,55	77,30	75,95	77,35	149,65	150,35	149,90	149,15	6625,00	3435,87	1,93
16	299,50	299,50	299,50	299,00	76,95	77,25	77,35	76,00	150,60	150,15	149,95	149,50	6755,00	3453,88	1,96
17	300,00	300,00	301,00	299,00	75,65	76,90	78,65	77,00	149,75	149,75	149,20	148,90	6640,00	3453,38	1,92
18	299,00	299,50	299,00	298,00	78,15	75,75	75,05	76,95	149,30	150,05	149,90	148,45	6555,00	3415,33	1,92
19	299,50	300,00	299,00	300,00	76,05	74,40	77,05	74,55	149,40	150,55	149,35	149,00	6575,00	3384,20	1,94
20	300,00	297,50	299,50	299,00	76,55	78,65	78,50	78,90	149,15	148,35	150,45	150,50	6670,00	3495,97	1,91
														MÉDIA	**1,93**

A.V.ix Traço 3-III

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 3-III

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	300,00	301,00	301,00	300,00	77,30	77,15	76,90	76,90	149,95	150,70	150,00	149,70	6600,00	3475,62	1,90
2	300,50	300,00	300,50	300,50	79,50	77,10	79,00	78,25	150,25	150,30	149,70	150,30	6755,00	3538,47	1,91
3	299,00	300,00	300,00	301,50	78,15	75,70	77,00	76,25	149,40	148,90	150,85	149,75	6525,00	3449,98	1,89
4	300,00	300,00	301,00	301,00	78,45	76,00	76,65	75,75	150,15	150,80	148,85	149,55	6595,00	3454,07	1,91
5	300,50	300,50	301,00	299,50	75,60	78,55	76,05	75,60	149,75	150,00	149,55	150,25	6595,00	3441,97	1,92
6	300,50	299,50	300,00	300,00	77,95	75,35	75,30	75,90	149,85	149,10	149,95	150,50	6535,00	3422,20	1,91
7	300,00	300,00	300,50	299,50	77,40	76,10	76,70	77,90	149,80	150,85	149,50	149,85	6555,00	3466,13	1,89
8	300,50	300,00	300,00	300,00	78,35	78,35	77,45	78,55	149,35	149,30	149,65	150,05	6635,00	3509,66	1,89
9	300,50	300,00	300,50	300,00	77,70	78,25	77,35	77,45	150,25	151,00	149,65	149,95	6690,00	3503,81	1,91
10	301,50	300,50	300,00	301,00	79,40	76,40	78,25	78,25	149,85	149,80	150,45	150,10	6720,00	3523,33	1,91
11	300,00	301,00	300,50	300,00	81,65	79,15	78,40	74,55	149,60	149,10	150,35	149,90	6675,00	3527,91	1,89
12	300,50	300,50	300,00	300,50	76,40	76,25	76,70	78,30	149,20	150,20	149,20	149,25	6550,00	3452,97	1,90
13	300,50	299,50	299,50	300,50	78,15	78,25	76,70	77,00	149,75	150,00	150,15	150,30	6575,00	3489,79	1,88
14	300,50	299,50	300,00	300,50	76,10	75,90	77,95	75,20	150,20	150,95	149,95	150,25	6520,00	3442,10	1,89
15	301,00	300,00	300,00	300,00	78,65	72,00	75,85	77,00	149,70	147,40	150,00	148,40	6500,00	3391,59	1,92
16	300,00	299,00	299,50	299,50	76,85	72,40	78,10	75,90	149,50	147,80	151,15	149,60	6655,00	3394,81	1,96
17	300,00	301,00	300,00	299,00	79,05	78,15	77,60	75,20	149,95	149,25	150,30	150,10	6710,00	3485,18	1,93
18	300,00	300,50	300,00	300,00	77,40	76,85	77,65	76,60	147,75	148,10	150,45	150,25	6680,00	3452,11	1,94
19	300,00	300,00	300,50	300,00	77,10	76,15	77,15	76,25	148,65	149,80	148,45	150,05	6505,00	3433,71	1,89
20	300,50	300,00	300,00	300,00	78,15	77,20	76,30	76,25	149,65	149,80	149,80	149,80	6555,00	3459,83	1,89
														MÉDIA	**1,91**

A.V.x Traço 4-I

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 4-I

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	300,00	300,00	300,00	299,00	75,50	77,45	78,15	77,87	150,95	148,86	149,31	150,10	6775,00	3468,50	1,95
2	300,00	300,00	301,00	301,00	75,50	76,42	76,45	77,94	149,40	149,75	149,68	150,46	6760,00	3447,65	1,96
3	299,50	299,00	300,00	301,00	76,76	76,57	76,78	77,56	150,32	150,00	150,59	148,77	6730,00	3458,00	1,95
4	300,00	299,50	301,50	301,00	77,87	77,01	78,22	78,51	149,95	150,25	148,53	149,54	6890,00	3501,33	1,97
5	299,00	299,50	300,00	300,00	76,69	80,85	79,06	78,98	149,12	149,97	149,49	149,10	6995,00	3532,13	1,98
6	300,00	300,50	300,50	300,00	76,55	79,34	77,82	78,85	149,92	150,07	146,44	149,20	6905,00	3493,60	1,98
7	300,50	300,00	300,50	301,00	75,93	76,15	76,02	76,03	150,58	149,85	149,02	148,95	6675,00	3418,03	1,95
8	300,00	299,50	300,50	299,50	76,65	78,31	78,30	78,19	149,99	148,77	146,96	148,87	6860,00	3470,77	1,98
9	299,50	299,00	300,00	300,00	76,27	76,19	77,26	77,56	150,53	149,80	150,05	149,51	6810,00	3451,95	1,97
10	299,50	298,50	301,00	300,00	78,60	77,32	80,21	76,59	149,70	149,87	148,82	149,44	6910,00	3502,46	1,97
11	299,50	299,50	300,00	300,50	77,73	76,92	77,82	77,89	151,50	151,54	150,95	149,66	6960,00	3511,33	1,98
12	300,00	300,00	300,00	300,00	78,19	81,76	79,58	79,76	150,64	149,87	149,26	145,42	7020,00	3563,22	1,97
13	300,00	300,00	300,00	299,50	78,27	80,68	79,53	77,47	150,41	149,40	148,67	149,65	7015,00	3541,88	1,98
14	300,00	300,00	300,50	300,00	79,85	76,88	78,21	77,41	151,86	149,02	149,55	149,68	6985,00	3516,05	1,99
15	300,50	297,00	300,00	299,00	76,55	76,31	79,28	77,57	149,50	149,91	148,36	149,50	6880,00	3458,27	1,99
16	300,00	301,00	301,00	300,00	79,73	76,43	79,51	79,93	149,38	149,91	148,89	149,59	6970,00	3543,20	1,97
17	301,00	299,50	300,00	300,00	76,29	78,95	78,93	78,45	149,73	150,93	147,32	149,72	6880,00	3504,95	1,96
18	300,00	300,00	300,50	300,00	76,49	76,95	76,15	77,90	149,55	149,10	148,20	149,30	6795,00	3438,50	1,98
19	299,50	300,50	300,00	300,00	75,88	77,62	76,82	78,78	150,29	150,54	149,21	149,64	6865,00	3475,52	1,98
20	301,00	299,00	301,00	300,00	76,01	16,23	46,69	46,79	150,72	150,11	149,65	149,67	6755,00	2091,61	3,23
														MÉDIA	**2,03**

A.V.xi Traço 4-II

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 4-II

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	299,50	301,00	300,00	300,50	75,85	76,70	76,00	78,55	149,90	150,60	149,55	148,75	6600,00	3450,84	1,91
2	299,50	300,00	300,50	301,00	77,90	76,30	78,40	77,20	151,70	149,50	149,95	149,75	6730,00	3493,39	1,93
3	300,50	300,00	300,00	300,00	78,10	75,10	76,30	77,50	150,50	149,80	150,00	149,75	6740,00	3455,48	1,95
4	300,00	299,50	300,00	300,50	77,65	78,60	79,15	79,45	150,55	150,05	149,00	149,45	6935,00	3536,45	1,96
5	299,50	299,50	300,00	300,50	77,00	76,30	76,20	78,80	150,85	149,80	149,45	149,90	6825,00	3466,93	1,97
6	300,00	300,50	301,00	300,50	76,15	77,55	76,80	79,20	149,65	149,45	149,65	148,35	6715,00	3473,06	1,93
7	300,50	299,50	301,50	298,50	77,20	76,80	79,65	77,00	150,50	149,60	147,80	149,60	6820,00	3480,25	1,96
8	300,50	300,50	301,50	302,00	76,10	77,75	77,90	76,90	149,95	149,85	149,55	149,50	6750,00	3478,65	1,94
9	300,00	301,00	300,50	300,50	75,75	76,20	75,60	76,15	149,50	150,70	149,10	149,75	6675,00	3416,90	1,95
10	298,00	301,00	300,00	300,00	78,00	77,00	79,05	76,75	149,40	150,10	149,00	149,50	6810,00	3481,94	1,96
11	301,00	299,50	300,00	300,00	78,20	78,80	81,10	79,05	150,15	149,85	149,50	149,15	6995,00	3561,39	1,96
12	301,00	300,00	300,00	300,00	76,20	76,75	76,00	76,10	151,00	150,50	149,70	149,60	6665,00	3439,25	1,94
13	299,50	300,00	300,00	300,50	76,85	77,40	78,15	76,65	149,85	150,90	149,85	149,40	6850,00	3476,81	1,97
14	301,00	300,50	299,50	299,50	75,85	80,00	76,55	76,50	149,30	149,05	148,90	148,95	6795,00	3454,55	1,97
15	300,00	300,50	299,50	299,00	78,40	81,00	80,10	79,65	151,75	150,95	149,65	150,15	6965,00	3602,39	1,93
16	301,00	300,00	300,50	300,00	77,60	76,75	77,15	76,15	150,70	149,70	149,00	148,95	6745,00	3455,86	1,95
17	299,00	299,50	301,00	301,50	76,10	76,45	73,55	76,35	149,90	150,20	150,15	148,90	6660,00	3400,57	1,96
18	301,00	301,00	300,50	300,00	77,45	77,55	78,05	77,40	151,15	150,45	150,00	149,80	6760,00	3508,00	1,93
19	299,50	300,00	300,50	300,00	76,20	75,75	76,00	76,50	149,55	150,60	149,10	148,65	6650,00	3413,07	1,95
20	300,00	300,00	299,00	299,50	77,45	76,15	77,60	77,60	150,35	150,80	150,10	149,65	6750,00	3474,86	1,94
														MÉDIA	**1,95**

A.V.xii Traço 4-III

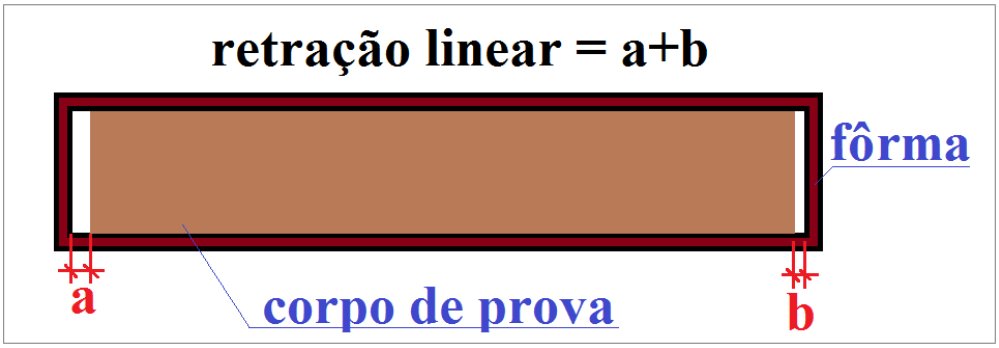
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO 4-III

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
1	301,00	301,00	300,50	301,50	77,15	77,75	77,75	76,65	149,90	149,95	150,05	151,50	6690,00	3499,37	1,91
2	299,50	301,50	300,00	300,00	78,30	76,80	76,40	76,65	147,05	150,40	149,10	150,35	6635,00	3451,65	1,92
3	300,00	300,00	288,50	299,00	76,75	77,00	76,90	74,75	149,65	150,65	148,85	149,90	6550,00	3394,58	1,93
4	300,50	300,00	300,00	300,00	78,15	76,65	79,50	78,15	149,80	147,30	149,70	150,35	6790,00	3499,82	1,94
5	300,50	300,50	301,00	300,50	75,90	76,80	75,00	75,95	145,75	150,00	148,70	149,30	6360,00	3387,52	1,88
6	300,50	301,00	300,00	299,50	78,25	77,85	76,75	76,45	145,00	149,75	149,40	150,45	6700,00	3451,18	1,94
7	301,00	300,50	299,50	300,00	76,70	78,15	81,60	78,10	143,80	149,45	149,70	149,60	6805,00	3497,66	1,95
8	300,00	300,50	301,00	301,00	80,05	78,15	80,05	78,20	145,05	150,40	149,90	150,65	6785,00	3543,70	1,91
9	300,00	299,50	301,00	300,00	77,10	76,75	76,50	77,80	149,70	149,85	148,55	149,15	6590,00	3452,24	1,91
10	300,00	301,00	300,00	299,50	75,90	78,20	76,65	77,20	149,30	149,75	147,35	149,10	6465,00	3439,89	1,88
11	301,00	300,00	300,50	299,50	76,25	76,60	77,20	75,45	149,55	149,85	150,65	149,80	6600,00	3438,88	1,92
12	301,00	300,00	300,50	300,50	76,95	77,15	77,20	77,10	149,80	149,25	150,00	149,50	6730,00	3466,88	1,94
13	300,00	300,50	300,00	298,50	78,30	76,35	75,45	76,05	150,05	150,65	150,20	151,25	6470,00	3453,65	1,87
14	300,00	300,50	301,00	299,50	78,05	76,70	78,70	78,35	149,85	149,50	149,35	150,60	6700,00	3506,58	1,91
15	301,00	301,00	301,00	300,00	77,70	76,50	76,10	75,95	150,60	151,50	149,80	150,00	6630,00	3464,86	1,91
16	300,00	299,50	300,50	300,00	77,35	76,55	75,90	76,35	150,75	150,60	149,90	150,25	6650,00	3452,80	1,93
17	300,50	300,00	300,00	300,50	77,30	77,50	78,75	75,75	149,85	150,80	150,10	150,40	6605,00	3489,20	1,89
18	300,50	300,00	300,00	300,00	76,60	75,60	76,75	77,80	150,65	150,65	149,45	150,50	6470,00	3459,57	1,87
19	299,50	301,00	300,00	299,00	78,10	77,25	77,10	78,40	149,35	150,55	148,75	149,70	6580,00	3485,99	1,89
20	300,00	300,00	300,00	300,00	77,45	76,10	77,45	75,55	149,20	149,65	149,20	150,00	6545,00	3437,48	1,90
														MÉDIA	**1,91**

A.VI RETRAÇÃO LINEAR

Figura 53 – Demonstração de como foram efetuadas as leituras de retração.



A.VI.i Traço 1

Retração Linear T1-I (mm)	
a	b
1,50	1,05

Retração Linear T1-II (mm)	
a	b
0,55	1,65

Retração Linear T1-III (mm)	
a	b
0,15	0,60

A.VI.ii Traço 2

Retração Linear T2-I (mm)	
a	b
1,55	1,20

Retração Linear T2-II (mm)	
a	b
1,20	0,85

Retração Linear T2-III (mm)	
a	b
0,20	0,20

A.VI.iii Traço 3

Retração Linear T3-I (mm)	
a	b
0,70	0,60

Retração Linear T3-II (mm)	
a	b
0,10	0,10

Retração Linear T3-III (mm)	
a	b
1,05	1,05

A.VI.iv Traço 4

Retração Linear T4-I (mm)	
a	b
0,40	0,45

Retração Linear T4-II (mm)	
a	b
0,60	0,70

Retração Linear T4-III (mm)	
a	b
0,40	0,60

A.VII UMIDADE HIGROSCÓPICA E ABSORÇÃO DE ÁGUA

A.VII.i Traço 1

T1-I					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6715	5110	6565	31,41	28,47
2	6495	4975	6375	30,55	28,14
3	6510	4955	6380	31,38	28,76

T1-II					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6590	5115	6315	28,84	23,46
2	6485	5115	6215	26,78	21,51
3	6595	5130	6285	28,56	22,51

T1-III					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6140	4595	5655	33,62	23,07
2	6310	4795	6125	31,60	27,74
3	6175	4840	5760	27,58	19,01

A.VII.ii Traço 2

T2-I					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6490	5280	6075	22,92	15,06
2	6440	5005	6255	28,67	24,98
3	6540	5390	6100	21,34	13,17

T2-II					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6455	5235	6385	23,30	21,97
2	6470	5215	6375	24,07	22,24
3	6535	5290	6395	23,53	20,89

T2-III					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6390	5110	6815	25,05	33,37
2	6370	5260	6545	21,10	24,43
3	6390	5215	6630	22,53	27,13

A.VII.iii Traço 3

T3-I					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6815	5525	6735	23,35	21,90
2	6820	5515	6755	23,66	22,48
3	6980	5650	6900	23,54	22,12

T3-II					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6645	5490	6665	21,04	21,40
2	6595	5430	6595	21,45	21,45
3	6560	5420	6580	21,03	21,40

T3-III					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6780	5635	6665	20,32	18,28
2	6490	5395	6595	20,30	22,24
3	6530	5475	6580	19,27	20,18

A.VII.iv Traço 4

T4-I					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6770	5675	6770	19,30	19,30
2	6865	5735	6840	19,70	19,27
3	6915	5775	6885	19,74	19,22

T4-II					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6730	5650	6735	19,12	19,20
2	6730	5735	6790	17,35	18,40
3	6740	5640	6675	19,50	18,35

T4-III					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6515	5615	6680	16,03	18,97
2	6585	5645	5725	16,65	1,42
3	6620	5805	6865	14,04	18,26

A.VIII RESISTÊNCIA MECÂNICA

A.VIII.i Traço 1-I

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	139,90	143,30	151,25	151,45	149,05	150,35	149,25	148,90	218,82	0,92	0,42	
2	147,05	141,90	147,95	152,80	148,00	149,15	147,90	149,95	219,29	0,94	0,43	
3	149,20	141,40	144,15	143,90	147,95	149,40	149,95	148,55	215,49	0,85	0,39	
4	140,70	142,90	148,75	150,55	148,65	149,05	147,95	147,85	216,22	1,02	0,47	
5	149,60	147,20	142,85	145,50	149,20	150,35	148,10	149,50	218,39	0,91	0,42	
6	151,60	146,95	144,10	143,95	148,40	150,10	148,85	149,50	218,82	1,07	0,49	
7	149,65	147,95	143,10	143,60	148,30	148,45	148,35	150,40	217,47	1,09	0,50	
8	150,20	148,25	145,15	144,80	147,05	147,30	147,80	149,50	217,58	1,07	0,49	
9	149,35	145,40	145,25	148,10	149,10	149,55	148,90	149,60	219,49	1,18	0,54	**MÉDIA (MPa)**
10	149,20	145,50	133,30	145,65	149,00	149,90	148,20	148,60	213,58	1,01	0,47	**0,46**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	298,50	299,00	298,00	300,00	149,00	149,40	148,60	149,35	445,59	3,72	0,83	
12	298,50	298,00	300,00	299,00	149,20	150,45	149,40	149,10	446,93	3,33	0,75	
13	300,50	299,50	299,00	300,00	148,45	149,20	148,75	148,65	445,92	4,13	0,93	
14	297,50	299,50	298,00	300,00	148,80	147,45	150,10	150,40	445,70	3,31	0,74	
15	299,00	299,00	301,00	299,00	149,45	146,40	148,05	149,65	444,42	4,24	0,95	
16	299,00	298,50	297,50	298,00	147,55	148,60	148,70	149,30	443,01	4,05	0,91	
17	297,50	299,00	299,00	299,50	148,90	149,70	149,25	149,90	446,44	3,71	0,83	
18	298,00	298,50	299,00	299,50	148,80	149,25	148,45	149,00	444,76	3,49	0,78	
19	298,00	298,00	299,50	300,00	148,70	148,20	149,80	150,45	446,18	3,93	0,88	**MÉDIA (MPa)**
20	299,50	299,00	298,50	298,00	147,80	147,75	149,15	148,90	443,35	4,01	0,90	**0,85**

A.VIII.ii Traço 1-II

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	146,05	147,45	147,05	147,20	149,45	150,65	150,25	148,90	220,13	1,81	0,82	
2	146,70	146,90	146,85	145,50	149,10	148,95	150,90	150,70	219,60	1,69	0,77	
3	149,40	147,35	147,30	145,40	145,55	148,20	150,05	151,10	219,16	1,83	0,83	
4	144,00	147,30	147,00	147,15	149,40	152,05	148,20	149,15	219,10	1,75	0,80	
5	144,75	145,75	145,45	149,35	148,30	149,70	151,05	148,55	218,61	1,74	0,80	
6	147,15	147,00	143,60	149,40	148,80	148,75	149,60	149,75	219,04	1,87	0,85	
7	142,35	146,55	148,60	147,15	148,05	150,05	150,90	148,30	218,26	1,84	0,84	
8	145,35	141,35	148,20	145,65	148,00	147,45	149,80	148,95	215,60	1,80	0,83	
9	142,25	143,70	141,80	142,60	149,35	149,15	150,55	149,30	213,29	1,57	0,74	**MÉDIA (MPa)**
10	145,50	144,30	147,20	146,35	149,20	148,60	150,05	150,60	218,19	1,69	0,77	**0,81**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	299,50	300,00	300,50	299,00	149,15	149,30	148,90	150,75	448,20	4,69	1,05	
12	300,00	300,00	301,00	299,50	140,85	148,65	149,45	151,35	442,91	4,35	0,98	
13	300,00	300,00	298,00	300,00	145,00	148,35	149,95	149,75	444,05	4,53	1,02	
14	300,00	300,50	299,00	299,00	148,15	148,65	150,25	150,00	447,23	4,60	1,03	
15	299,50	301,50	300,00	300,00	147,75	149,50	148,50	149,65	446,92	5,05	1,13	
16	300,00	301,00	299,50	299,00	148,15	149,80	149,75	149,75	447,90	5,40	1,21	
17	300,00	299,50	299,00	298,00	148,50	150,20	147,30	150,25	445,88	4,61	1,03	
18	299,00	299,00	300,50	297,50	149,15	148,65	149,60	149,50	446,18	6,06	1,36	
19	299,50	299,50	300,00	298,50	149,55	149,20	150,20	149,80	448,13	4,79	1,07	**MÉDIA (MPa)**
20	299,00	298,50	299,00	299,50	148,80	149,30	148,95	150,25	446,48	5,22	1,17	**1,10**

A.VIII.iii Traço 1-III

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	144,55	141,60	151,65	153,70	150,20	149,75	149,85	148,45	221,17	1,72	0,78	
2	141,20	139,60	147,70	145,00	140,80	141,60	143,75	140,50	203,11	1,66	0,82	
3	150,45	143,50	136,15	141,00	140,20	146,00	143,95	143,60	204,79	1,89	0,92	
4	140,90	143,20	151,95	149,40	146,45	149,35	143,30	149,30	215,30	1,82	0,85	
5	151,45	141,55	142,60	146,50	149,30	140,65	149,20	141,00	211,07	1,52	0,72	
6	147,35	140,75	148,70	154,30	149,30	149,50	150,75	149,40	221,27	2,12	0,96	
7	144,75	148,70	149,95	152,45	147,75	151,80	149,25	149,60	222,85	1,92	0,86	
8	148,65	146,80	140,15	147,25	150,60	149,70	147,40	150,25	217,82	1,83	0,84	
9	143,75	147,05	134,05	140,10	147,40	145,90	149,40	148,35	208,70	1,67	0,80	**MÉDIA (MPa)**
10	145,60	146,70	147,80	147,35	150,65	151,60	148,85	149,25	220,42	1,74	0,79	**0,83**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	300,50	299,50	298,00	299,00	148,80	148,70	149,35	148,80	445,62	5,02	1,13	
12	299,00	298,00	298,50	300,00	148,40	148,30	149,75	148,20	444,32	5,08	1,14	
13	297,00	298,00	291,00	300,00	151,50	149,30	149,90	148,25	443,97	5,58	1,26	
14	294,00	300,00	288,00	300,00	148,50	149,30	150,20	148,70	440,81	7,00	1,59	
15	299,00	298,50	298,00	298,50	147,35	149,05	149,15	149,20	443,83	6,12	1,38	
16	300,50	300,00	297,00	300,50	150,85	147,80	149,75	150,00	448,05	5,04	1,12	
17	300,50	301,00	300,00	299,00	149,15	149,60	148,45	149,70	447,86	5,17	1,15	
18	300,00	301,00	298,50	301,00	148,80	148,70	150,05	149,85	448,24	4,77	1,06	
19	300,00	300,50	299,50	301,00	150,10	149,90	148,70	148,90	448,57	4,51	1,01	**MÉDIA (MPa)**
20	293,00	300,00	300,00	286,00	149,30	149,55	150,60	143,10	436,64	4,46	1,02	**1,19**

A.VIII.iv Traço 2-I

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	143,55	147,05	152,10	148,45	149,30	146,25	149,75	149,60	219,80	1,21	0,55	
2	145,30	146,95	148,45	148,80	150,10	150,10	148,45	147,10	219,50	1,37	0,62	
3	150,10	150,65	145,50	145,30	149,65	151,30	149,50	148,80	221,55	1,41	0,64	
4	148,35	151,95	146,50	145,65	149,65	151,15	149,00	149,75	222,00	1,35	0,61	
5	149,25	148,75	144,50	147,70	149,95	149,85	150,25	149,40	221,12	1,41	0,64	
6	154,20	155,55	142,60	142,75	149,05	150,00	149,00	148,75	221,97	1,29	0,58	
7	145,50	145,75	149,25	146,10	149,80	149,55	147,90	149,35	218,73	1,35	0,62	
8	145,75	146,95	145,80	148,15	150,20	150,55	150,00	148,45	219,70	1,39	0,63	
9	144,60	143,40	144,15	150,90	149,65	149,30	148,70	147,80	216,99	1,45	0,67	**MÉDIA (MPa)**
10	149,00	149,60	147,35	147,25	150,00	150,25	149,20	148,80	221,80	1,11	0,50	**0,61**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	300,00	300,00	301,00	300,50	149,50	149,45	150,05	148,25	448,50	5,72	1,28	
12	299,50	297,50	300,00	300,00	149,75	148,60	149,00	148,45	445,73	4,33	0,97	
13	299,00	299,00	297,50	300,00	149,60	149,65	149,05	150,60	447,49	5,13	1,15	
14	299,50	299,50	300,00	299,00	149,10	148,25	148,45	148,30	444,83	4,31	0,97	
15	299,00	299,50	299,50	299,50	149,80	149,30	148,65	148,25	446,07	5,84	1,31	
16	299,50	299,00	299,00	300,00	150,05	149,70	149,60	150,35	448,84	6,05	1,35	
17	299,00	299,50	299,00	299,50	149,40	149,50	148,70	149,35	446,59	4,71	1,05	
18	299,00	299,00	300,00	298,00	150,30	148,60	145,75	148,90	443,68	4,49	1,01	
19	298,50	299,00	299,00	299,50	148,85	148,75	150,30	148,85	446,07	5,93	1,33	**MÉDIA (MPa)**
20	299,50	299,00	299,50	300,00	148,60	149,25	148,85	148,35	445,54	5,01	1,12	**1,15**

A.VIII.v Traço 2-II

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	150,10	149,80	144,30	146,30	149,30	149,90	150,85	149,25	221,18	1,64	0,74	
2	148,75	148,55	148,40	148,20	148,80	149,80	149,95	150,05	222,19	1,96	0,88	
3	148,05	148,70	146,80	147,30	148,40	148,50	149,80	150,90	220,68	1,79	0,81	
4	144,00	144,00	152,20	151,30	149,30	147,70	149,30	149,50	220,26	1,68	0,76	
5	147,30	144,50	145,55	146,25	147,10	149,85	150,95	149,75	217,99	2,04	0,94	
6	144,55	146,85	148,40	146,45	149,05	147,95	150,20	150,60	219,04	1,90	0,87	
7	144,70	146,35	150,30	146,55	146,35	147,70	149,65	149,10	217,82	1,86	0,85	
8	147,80	146,70	147,85	148,85	147,55	149,40	149,45	149,80	220,30	1,85	0,84	
9	147,25	151,60	148,15	139,55	147,85	146,10	149,95	149,70	217,61	2,05	0,94	**MÉDIA (MPa)**
10	146,25	148,05	145,20	146,35	149,30	149,60	150,25	150,25	219,47	1,89	0,86	**0,85**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	300,00	300,50	298,50	301,00	148,85	149,10	150,30	150,00	448,69	6,65	1,48	
12	300,50	300,00	299,50	299,50	148,25	148,55	150,25	149,60	447,30	7,28	1,63	
13	299,50	298,50	301,00	299,00	147,70	148,85	150,95	148,25	446,07	7,35	1,65	
14	300,00	300,00	299,50	300,00	149,05	149,85	150,10	149,90	448,99	5,69	1,27	
15	300,00	300,00	299,50	299,50	149,45	149,90	149,75	151,40	450,00	5,73	1,27	
16	300,00	299,50	299,00	300,00	147,90	149,40	150,25	149,50	447,23	6,51	1,46	
17	300,00	297,50	298,00	297,50	148,15	146,40	150,60	149,50	443,39	6,61	1,49	
18	299,50	300,00	300,00	298,50	148,30	149,45	149,35	151,00	447,83	6,46	1,44	
19	299,00	300,00	299,50	298,50	149,05	149,20	150,05	150,80	448,20	5,80	1,29	**MÉDIA (MPa)**
20	300,50	300,50	299,50	299,00	148,40	150,05	151,30	150,95	450,34	5,35	1,19	**1,42**

A.VIII.vi Traço 2-III

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	145,20	144,25	145,25	149,25	149,55	150,55	150,90	149,90	219,31	2,04	0,93	
2	143,25	141,05	150,40	147,80	148,45	147,45	150,85	148,75	216,80	1,91	0,88	
3	141,75	144,80	149,30	151,90	149,05	148,75	149,65	148,80	219,03	1,82	0,83	
4	147,25	145,65	147,05	143,30	149,00	150,05	149,90	149,35	218,10	2,05	0,94	
5	146,85	145,40	146,10	147,75	149,15	148,95	149,60	150,90	219,27	2,15	0,98	
6	148,35	147,80	140,70	146,30	149,75	149,25	149,40	149,85	218,04	1,89	0,87	
7	144,45	144,85	146,10	148,90	149,50	150,00	149,75	149,70	218,73	1,79	0,82	
8	141,80	139,55	153,45	153,90	149,40	149,45	150,15	149,40	220,17	2,12	0,96	
9	144,60	147,30	148,50	146,55	149,40	149,55	146,20	150,40	218,47	1,84	0,84	**MÉDIA (MPa)**
10	149,05	147,05	142,75	143,20	149,25	149,55	149,75	150,40	217,89	1,95	0,89	**0,89**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	299,50	300,00	301,00	299,50	149,20	148,60	150,05	150,40	448,69	6,68	1,49	
12	299,00	300,50	299,50	296,00	150,10	149,85	150,25	151,70	449,54	7,01	1,56	
13	300,00	299,50	299,00	301,00	148,75	150,65	150,00	148,85	448,50	6,82	1,52	
14	300,00	297,50	300,00	299,50	146,55	149,05	150,00	148,80	444,69	6,80	1,53	
15	298,00	299,50	299,50	299,50	149,80	149,55	151,10	150,30	449,25	6,45	1,44	
16	296,00	300,00	299,00	298,00	148,55	146,90	147,55	149,05	441,45	7,50	1,70	
17	300,50	296,00	298,50	300,00	143,95	150,60	149,00	149,95	443,27	6,64	1,50	
18	300,00	299,50	299,00	294,00	148,95	149,75	148,60	147,90	443,61	7,30	1,65	
19	299,50	297,00	299,00	299,50	148,55	149,45	149,55	149,30	445,77	6,37	1,43	**MÉDIA (MPa)**
20	297,00	300,50	296,50	296,50	148,25	150,35	148,50	149,15	443,65	7,99	1,80	**1,56**

A.VIII.vii Traço 3-I

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	147,10	146,65	146,55	141,95	149,25	149,45	150,60	150,95	218,43	1,37	0,63	
2	144,40	144,15	151,00	150,60	147,30	148,55	148,55	150,55	219,44	1,43	0,65	
3	150,15	148,95	144,90	143,85	150,00	149,85	151,35	150,85	221,20	1,39	0,63	
4	151,80	148,80	141,45	142,45	150,00	149,10	149,20	150,50	218,75	1,48	0,68	
5	142,35	144,60	147,70	149,35	148,90	149,40	150,30	150,15	218,54	1,47	0,67	
6	141,50	145,20	152,95	151,05	149,70	149,20	151,80	150,50	221,96	1,53	0,69	
7	144,30	144,60	150,10	150,75	149,45	149,20	150,65	150,15	220,95	1,55	0,70	
8	144,25	143,30	148,45	148,15	149,20	149,05	151,15	149,05	218,49	1,58	0,72	
9	143,75	143,10	151,90	147,80	149,00	149,20	151,10	149,70	219,59	1,45	0,66	**MÉDIA (MPa)**
10	142,55	144,25	150,75	149,95	149,10	148,45	149,05	148,40	218,48	1,34	0,61	**0,66**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	300,00	300,00	299,00	300,50	148,80	149,30	150,55	150,15	448,91	6,11	1,36	
12	301,00	300,00	300,00	301,00	149,50	149,60	151,75	150,40	451,69	5,95	1,32	
13	296,50	300,00	299,00	301,00	149,85	149,25	149,90	150,30	448,16	6,68	1,49	
14	300,50	299,00	298,50	300,00	148,90	149,20	148,15	149,75	446,26	5,59	1,25	
15	300,00	298,00	298,50	300,00	148,55	149,55	150,50	151,05	448,43	5,99	1,34	
16	300,50	297,00	300,00	299,00	149,40	149,50	148,70	150,35	447,15	5,77	1,29	
17	301,00	301,00	300,00	300,50	149,75	149,45	150,15	150,45	450,79	5,94	1,32	
18	300,50	300,00	299,00	300,00	148,35	149,05	150,75	150,60	448,88	6,30	1,40	
19	300,00	300,00	300,00	299,50	148,90	149,55	150,30	150,05	448,91	5,42	1,21	**MÉDIA (MPa)**
20	300,00	300,50	299,00	300,00	148,80	148,85	150,25	149,50	447,86	6,48	1,45	**1,34**

A.VIII.viii Traço 3-II

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	145,25	145,75	148,55	145,50	150,70	150,60	145,15	149,25	217,82	1,89	0,87	
2	148,80	146,70	145,20	147,45	150,25	149,8	149,65	149,6	220,30	2,07	0,94	
3	148,05	144,35	146,35	147,30	149,25	150,3	149,3	149,7	219,24	1,87	0,85	
4	148,30	145,95	147,25	147,75	149	149,85	149,1	149,25	219,94	1,81	0,82	
5	150,30	149,30	143,15	145,95	150,75	149,5	149,85	149,15	220,49	1,86	0,84	
6	148,15	144,75	146,00	146,00	148,85	149,95	148,9	149,2	218,20	1,78	0,82	
7	150,25	144,60	145,40	143,25	150,75	149,45	149,35	148,9	218,25	1,81	0,83	
8	145,55	145,80	144,20	145,25	149,2	149,5	149,35	148,9	216,69	1,95	0,90	
9	147,10	146,20	147,80	147,75	148,35	149,75	149,15	149,1	219,48	1,86	0,85	**MÉDIA (MPa)**
10	148,30	147,35	145,95	146,45	149,35	149,6	148,8	149,1	219,36	1,92	0,88	**0,86**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	300,50	299,50	301,00	298,00	149,65	150,15	150,15	149,00	448,84	7,06	1,57	
12	299,50	299,00	300,00	299,00	151,15	150,75	149,55	150,30	450,37	7,47	1,66	
13	299,00	299,50	299,00	299,50	150,75	148,55	149,60	148,55	446,97	7,17	1,60	
14	299,50	300,00	300,50	299,00	149,45	150,20	149,75	148,60	448,13	7,63	1,70	
15	299,50	300,00	299,50	300,00	149,65	150,35	149,90	149,15	448,91	8,08	1,80	
16	299,50	299,50	299,50	299,00	150,60	150,15	149,95	149,50	449,21	7,63	1,70	
17	300,00	300,00	301,00	299,00	149,75	149,75	149,20	148,90	448,20	6,64	1,48	
18	299,00	299,50	299,00	298,00	149,30	150,05	149,90	148,45	446,59	7,77	1,74	
19	299,50	300,00	299,00	300,00	149,40	150,55	149,35	149,00	448,16	7,63	1,70	**MÉDIA (MPa)**
20	300,00	297,50	299,50	299,00	149,15	148,35	150,45	150,50	447,34	7,51	1,68	**1,66**

A.VIII.ix Traço 3-III

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	147,15	148,05	146,65	145,80	149,95	150,70	150,00	149,70	220,50	2,25	1,02	
2	148,65	146,05	147,20	148,65	150,25	150,30	149,70	150,30	221,66	1,92	0,87	
3	145,25	145,05	149,80	148,75	149,40	148,90	150,85	149,75	220,41	1,81	0,82	
4	152,05	149,75	144,20	146,65	150,15	150,80	148,85	149,55	222,00	2,15	0,97	
5	146,60	149,40	147,85	145,05	149,75	150,00	149,55	150,25	220,67	1,90	0,86	
6	145,50	147,20	142,20	145,95	149,85	149,10	149,95	150,50	217,60	2,16	0,99	
7	144,65	145,75	145,95	150,10	149,80	150,85	149,50	149,85	219,92	2,19	1,00	
8	148,90	149,65	146,40	147,50	149,35	149,30	149,65	150,05	221,56	2,10	0,95	
9	152,55	148,70	143,45	145,45	150,25	151,00	149,65	149,95	221,62	2,24	1,01	**MÉDIA (MPa)**
10	148,50	150,25	142,10	146,20	149,85	149,80	150,45	150,10	220,22	2,27	1,03	**0,95**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	300,00	301,00	300,50	300,00	149,60	149,10	150,35	149,90	449,77	7,53	1,67	
12	300,50	300,50	300,00	300,50	149,20	150,20	149,20	149,25	448,95	7,82	1,74	
13	300,50	299,50	299,50	300,50	149,75	150,00	150,15	150,30	450,15	7,97	1,77	
14	300,50	299,50	300,00	300,50	150,20	150,95	149,95	150,25	451,20	7,48	1,66	
15	301,00	300,00	300,00	300,00	149,70	147,40	150,00	148,40	447,00	7,34	1,64	
16	300,00	299,00	299,50	299,50	149,50	147,80	151,15	149,60	447,79	7,97	1,78	
17	300,00	301,00	300,00	299,00	149,95	149,25	150,30	150,10	449,70	7,90	1,76	
18	300,00	300,50	300,00	300,00	147,75	148,10	150,45	150,25	447,60	7,84	1,75	
19	300,00	300,00	300,50	300,00	148,65	149,80	148,45	150,05	447,90	7,52	1,68	**MÉDIA (MPa)**
20	300,50	300,00	300,00	300,00	149,65	149,80	149,80	149,80	449,47	8,75	1,95	**1,74**

A.VIII.x Traço 4-I

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	143,05	145,60	146,00	150,70	150,95	148,86	149,31	150,10	219,22	1,54	0,70	
2	147,80	150,55	144,45	146,75	149,40	149,75	149,68	150,46	220,82	1,59	0,72	
3	149,30	149,70	146,55	146,25	150,32	150,00	150,59	148,77	221,81	1,86	0,84	
4	145,15	145,25	148,80	145,90	149,95	150,25	148,53	149,54	218,78	1,83	0,84	
5	146,90	145,70	147,40	146,20	149,12	149,97	149,49	149,10	218,98	1,62	0,74	
6	144,00	149,90	144,70	148,00	149,92	150,07	146,44	149,20	218,37	1,49	0,68	
7	146,90	146,50	148,10	145,50	150,58	149,85	149,02	148,95	219,54	1,51	0,69	
8	146,40	144,05	145,50	147,45	149,99	148,77	146,96	148,87	216,80	1,52	0,70	
9	144,45	147,75	144,50	146,65	150,53	149,80	150,05	149,51	218,72	1,54	0,70	**MÉDIA (MPa)**
10	143,80	148,85	144,75	146,65	149,70	149,87	148,82	149,44	218,23	1,40	0,64	**0,73**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	299,50	299,50	300,00	300,50	151,50	151,54	150,95	149,66	452,55	7,51	1,66	
12	300,00	300,00	300,00	300,00	150,64	149,87	149,26	145,42	446,39	7,16	1,60	
13	300,00	300,00	300,00	299,50	150,41	149,40	148,67	149,65	448,41	8,19	1,83	
14	300,00	300,00	300,50	300,00	151,86	149,02	149,55	149,68	450,27	6,58	1,46	
15	300,50	297,00	300,00	299,00	149,50	149,91	148,36	149,50	446,65	7,50	1,68	
16	300,00	301,00	301,00	300,00	149,38	149,91	148,89	149,59	449,07	6,97	1,55	
17	301,00	299,50	300,00	300,00	149,73	150,93	147,32	149,72	448,46	6,86	1,53	
18	300,00	300,00	300,50	300,00	149,55	149,10	148,20	149,30	447,30	9,13	2,04	
19	299,50	300,50	300,00	300,00	150,29	150,54	149,21	149,64	449,76	7,64	1,70	**MÉDIA (MPa)**
20	301,00	299,00	301,00	300,00	150,72	150,11	149,65	149,67	450,49	6,66	1,48	**1,65**

A.VIII.xi Traço 4-II

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	149,00	147,55	145,00	145,75	149,90	150,60	149,55	148,75	219,80	2,43	1,11	
2	148,50	149,70	144,70	143,65	151,70	149,50	149,95	149,75	220,29	2,32	1,05	
3	146,20	146,45	145,90	147,50	150,50	149,80	150,00	149,75	219,79	2,51	1,14	
4	150,80	145,35	148,55	144,95	150,55	150,05	149,00	149,45	220,77	2,23	1,01	
5	150,05	147,50	147,45	147,60	150,85	149,80	149,45	149,90	222,23	2,60	1,17	
6	148,20	147,70	146,20	147,50	149,65	149,45	149,65	148,35	220,03	2,59	1,18	
7	147,40	151,05	144,55	139,35	150,50	149,60	147,80	149,60	217,47	2,15	0,99	
8	146,35	146,20	147,65	148,70	149,95	149,85	149,55	149,50	220,41	2,23	1,01	
9	150,95	148,10	147,20	146,70	149,50	150,70	149,10	149,75	222,00	2,75	1,24	**MÉDIA (MPa)**
10	147,55	148,25	141,35	149,80	149,40	150,10	149,00	149,50	219,37	2,20	1,00	**1,09**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	301,00	299,50	300,00	300,00	150,15	149,85	149,50	149,15	449,17	11,21	2,50	
12	301,00	300,00	300,00	300,00	151,00	150,50	149,70	149,60	450,98	9,95	2,21	
13	299,50	300,00	300,00	300,50	149,85	150,90	149,85	149,40	450,00	12,44	2,76	
14	301,00	300,50	299,50	299,50	149,30	149,05	148,90	148,95	447,34	9,82	2,20	
15	300,00	300,50	299,50	299,00	151,75	150,95	149,65	150,15	451,50	9,94	2,20	
16	301,00	300,00	300,50	300,00	150,70	149,70	149,00	148,95	449,32	10,26	2,28	
17	299,00	299,50	301,00	301,50	149,90	150,20	150,15	148,90	449,74	10,22	2,27	
18	301,00	301,00	300,50	300,00	151,15	150,45	150,00	149,80	451,99	9,69	2,14	
19	299,50	300,00	300,50	300,00	149,55	150,60	149,10	148,65	448,43	10,62	2,37	**MÉDIA (MPa)**
20	300,00	300,00	299,00	299,50	150,35	150,80	150,10	149,65	450,11	9,68	2,15	**2,31**

A.VIII.xii Traço 4-III

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PRISMA

CP	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
1	146,95	149,25	145,05	149,85	149,90	149,95	150,05	151,50	222,18	2,29	1,03	
2	146,65	149,45	145,50	149,20	147,05	150,40	149,10	150,35	220,41	2,66	1,21	
3	143,45	147,30	144,80	148,75	149,65	150,65	148,85	149,90	218,77	2,12	0,97	
4	144,50	148,05	145,75	149,00	149,80	147,30	149,70	150,35	219,19	2,71	1,24	
5	144,05	148,85	147,00	148,55	145,75	150,00	148,70	149,30	218,37	2,32	1,06	
6	143,30	149,20	143,50	151,20	145,00	149,75	149,40	150,45	218,22	2,23	1,02	
7	147,35	148,55	150,00	147,20	143,80	149,45	149,70	149,60	219,65	2,26	1,03	
8	146,45	147,75	147,90	146,55	145,05	150,40	149,90	150,65	219,27	2,27	1,04	
9	142,45	150,00	143,20	147,55	149,70	149,85	148,55	149,15	217,70	2,30	1,06	**MÉDIA (MPa)**
10	146,00	145,45	149,00	144,90	149,30	149,75	147,35	149,10	217,86	2,25	1,03	**1,10**

TIJOLO

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	c_3 (mm)	c_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Área (cm²)	Carga (ton)	Resistência (MPa)	
11	301,00	300,00	300,50	299,50	149,55	149,85	150,65	149,80	450,26	10,54	2,34	
12	301,00	300,00	300,50	300,50	149,80	149,25	150,00	149,50	449,66	10,54	2,34	
13	300,00	300,50	300,00	298,50	150,05	150,65	150,20	151,25	451,24	9,77	2,17	
14	300,00	300,50	301,00	299,50	149,85	149,50	149,35	150,60	449,85	11,31	2,51	
15	301,00	301,00	301,00	300,00	150,60	151,50	149,80	150,00	452,55	10,46	2,31	
16	300,00	299,50	300,50	300,00	150,75	150,60	149,90	150,25	451,13	11,41	2,53	
17	300,50	300,00	300,00	300,50	149,85	150,80	150,10	150,40	451,24	10,93	2,42	
18	300,50	300,00	300,00	300,00	150,65	150,65	149,45	150,50	451,13	10,99	2,44	
19	299,50	301,00	300,00	299,00	149,35	150,55	148,75	149,70	448,58	10,76	2,40	**MÉDIA (MPa)**
20	300,00	300,00	300,00	300,00	149,20	149,65	149,20	150,00	448,54	10,06	2,24	**2,37**

B Otimização do Traço 4

B.I LIMITES DE ATTERBERG

B.I.i Traço B

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

LIMITES DE CONSISTÊNCIA – 5% de cal

LIMITE DE LIQUIDEZ

Cápsula Nº	P34	P35	P36	P39	P50
Amostra Úmida + Tara (g)	25,78	24,51	28,49	26,49	25,60
Amostra Seca + Tara (g)	23,50	22,67	25,58	23,78	22,20
Água (g)	2,28	1,84	2,91	2,71	3,40
Solo (g)	9,67	7,54	11,63	10,36	12,71
Tara (g)	**13,83**	**15,13**	**13,95**	**13,42**	**9,49**
Umidade %	23,6	24,4	25,0	26,2	26,8
Número de Golpes	41	29	23	14	11

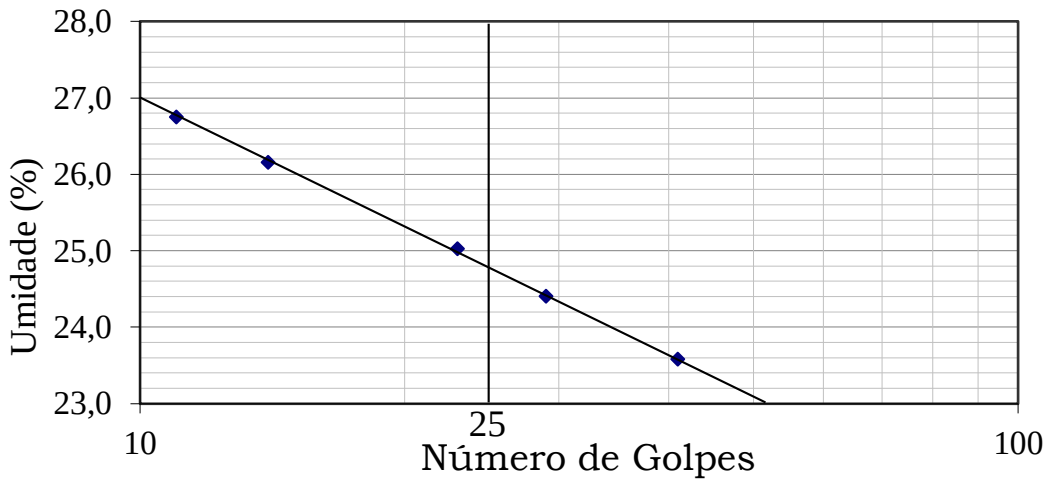
LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula Nº	P13	P26	P27
S + A + T (g)	17,57	18,49	17,25
S + T (g)	17,00	17,78	16,76
Água (g)	0,57	0,71	0,49
Solo (g)	2,96	3,74	2,54
Tara (g)	**14,04**	**14,04**	**14,22**
Umidade %	19,3	19,0	19,3

RESULTADOS

LIMITE DE LIQUIDEZ	**24,5**
LIMITE DE PLASTICIDADE	**19,2**
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	**5,3**

LIMITE DE LIQUIDEZ



B.I.ii Traço D

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

LIMITES DE CONSISTÊNCIA – 10% de cal

LIMITE DE LIQUIDEZ

Cápsula Nº	P34	P35	P36	P39	P50
Amostra Úmida + Tara (g)	25,78	24,51	28,49	26,49	25,60
Amostra Seca + Tara (g)	23,50	22,67	25,58	23,78	22,20
Água (g)	2,28	1,84	2,91	2,71	3,40
Solo (g)	9,67	7,54	11,63	10,36	12,71
Tara (g)	**13,83**	**15,13**	**13,95**	**13,42**	**9,49**
Umidade %	23,6	24,4	25,0	26,2	26,8
Número de Golpes	41	29	23	14	11

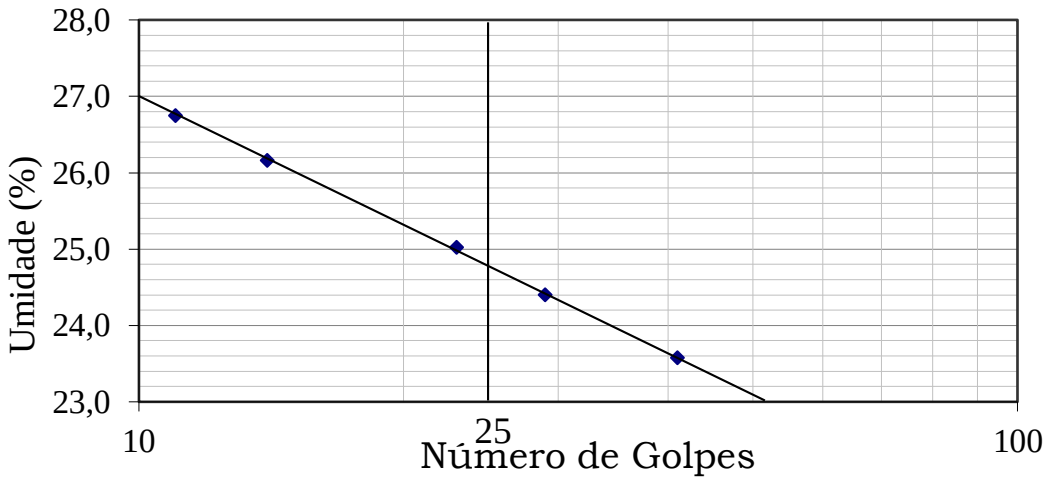
LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula Nº	P13	P26	P27
S + A + T (g)	17,57	18,49	17,25
S + T (g)	17,00	17,78	16,76
Água (g)	0,57	0,71	0,49
Solo (g)	2,96	3,74	2,54
Tara (g)	**14,04**	**14,04**	**14,22**
Umidade %	19,3	19,0	19,3

RESULTADOS

LIMITE DE LIQUIDEZ	**24,5**
LIMITE DE PLASTICIDADE	**19,2**
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	**5,3**

LIMITE DE LIQUIDEZ



B.II MASSA ESPECÍFICA APARENTE DO ADOBE

B.II.i Traço A

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO A

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Volume (cm^3)	Massa (g)	Massa específica (g/cm^3)
1	300,50	300,50	78,01	76,86	149,36	149,26	3501,08	6505,00	1,86
	300,00	299,50	77,85	78,70	149,96	150,76			
2	300,00	300,00	77,25	77,31	150,07	150,75	3463,25	6485,00	1,87
	300,50	299,50	75,73	76,69	149,84	151,03			
3	300,00	299,00	79,14	78,07	149,94	151,03	3533,81	6595,00	1,87
	300,00	300,00	77,41	78,61	150,34	150,89			
4	300,50	301,00	76,43	78,56	149,04	150,69	3505,14	6595,00	1,88
	300,00	300,50	78,47	78,26	149,25	149,73			
5	300,50	299,00	76,43	78,36	150,14	150,95	3494,32	6540,00	1,87
	300,00	300,00	76,66	77,94	149,86	151,66			
6	301,00	301,00	76,90	79,70	149,81	150,18	3522,63	6630,00	1,88
	301,00	300,50	76,93	78,09	149,86	151,29			
7	300,00	300,00	76,60	78,50	148,48	150,54	3479,37	6495,00	1,87
	300,50	299,50	77,61	77,41	149,48	149,87			
8	301,00	300,00	76,18	78,94	149,59	150,89	3486,03	6545,00	1,88
	300,00	301,00	76,74	77,00	149,91	150,57			
9	301,00	301,00	77,43	79,02	149,64	150,72	3522,53	6655,00	1,89
	300,00	300,00	77,13	78,94	149,07	150,71			
10	300,00	300,00	77,11	78,83	149,59	150,97	3536,44	6605,00	1,87
	301,00	301,00	77,70	79,41	150,10	150,83			
								MÉDIA	**1,87**

B.II.ii Traço B

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO B

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Volume (cm^3)	Massa (g)	Massa específica (g/cm^3)
1	300,00	300,50	76,51	78,30	150,48	150,40	3487,73	6705,00	1,92
	300,00	299,50	77,08	77,44	149,61	150,85			
2	300,00	300,00	75,94	79,73	149,57	151,74	3547,86	6930,00	1,95
	300,00	300,00	79,74	78,97	149,63	150,94			
3	301,00	300,00	74,68	77,74	149,33	150,04	3436,21	6590,00	1,92
	300,00	300,00	77,15	75,83	149,25	150,96			
4	300,00	300,00	76,16	77,23	149,53	150,69	3496,34	6685,00	1,91
	300,00	300,00	78,58	78,35	149,78	150,90			
5	300,00	300,00	76,55	77,06	148,84	150,39	3449,40	6625,00	1,92
	301,00	300,00	76,50	77,86	148,71	148,92			
6	301,00	301,00	77,77	77,90	149,93	150,84	3507,62	6795,00	1,94
	300,00	300,00	75,62	79,55	149,24	150,82			
7	300,00	301,00	79,78	80,34	149,75	149,71	3537,78	6880,00	1,94
	300,00	300,00	76,34	78,13	148,26	151,55			
8	300,00	299,50	76,72	80,05	149,55	150,17	3524,68	6840,00	1,94
	300,00	301,00	79,28	78,03	148,45	150,10			
9	300,00	300,50	77,08	77,21	149,44	151,26	3508,73	6770,00	1,93
	299,00	301,00	78,08	78,90	149,81	150,43			
10	300,00	300,00	78,92	78,69	149,35	149,51	3544,98	6870,00	1,94
	300,00	299,50	78,08	80,32	149,65	150,03			
								MÉDIA	**1,93**

B.II.i. Traço C

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO C

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Volume (cm^3)	Massa (g)	Massa específica (g/cm^3)
1	301,00	301,00	76,86	76,06	150,02	149,72	3440,74	6690,00	1,94
	301,00	301,00	75,50	75,90	150,45	150,81			
2	300,50	300,50	76,17	76,95	150,48	150,02	3491,76	6715,00	1,92
	300,50	301,00	78,78	77,20	149,84	150,89			
3	300,00	301,00	77,34	79,42	150,38	150,60	3569,38	6910,00	1,94
	300,50	301,00	79,61	79,68	149,69	150,41			
4	301,00	301,00	77,85	79,17	149,98	149,98	3540,84	6820,00	1,93
	302,00	302,00	77,63	78,40	149,59	150,69			
5	301,00	300,00	76,37	77,17	150,20	150,15	3490,46	6755,00	1,94
	301,00	301,00	76,94	78,50	150,11	150,53			
6	301,50	301,00	78,48	79,39	149,91	149,28	3576,49	6925,00	1,94
	301,50	301,00	78,51	80,66	150,21	149,75			
7	300,00	301,00	76,80	80,05	150,16	149,90	3582,12	6905,00	1,93
	301,00	300,50	79,28	80,99	150,86	150,27			
8	299,50	300,50	78,58	78,87	150,01	149,32	3560,18	6895,00	1,94
	300,00	301,00	78,85	79,76	150,42	150,51			
9	300,00	300,00	75,92	78,12	150,61	150,18	3527,11	6870,00	1,95
	300,50	301,00	78,41	80,58	150,00	149,40			
10	300,00	300,50	76,86	78,73	149,38	149,40	3498,99	6765,00	1,93
	300,00	301,00	78,87	76,92	149,99	149,79			
								MÉDIA	**1,93**

B.II.iii Traço D

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

MASSA ESPECÍFICA DO TRAÇO D

CP	c_1 (mm)	c_2 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Volume (cm^3)	Massa (g)	Massa específica (g/cm^3)
1	300,00	300,00	77,85	76,12	149,51	149,55	3483,05	6800,00	1,95
	301,00	300,50	77,27	78,53	150,15	149,72			
2	301,00	301,50	76,72	77,17	150,30	150,67	3486,31	6840,00	1,96
	300,50	300,50	78,00	76,42	150,10	150,26			
3	301,50	300,00	77,25	77,50	150,32	150,16	3495,95	6745,00	1,93
	300,50	300,50	77,61	77,26	149,87	150,59			
4	302,00	300,00	76,53	76,31	149,58	149,74	3468,40	6710,00	1,93
	301,00	301,00	77,96	77,81	149,20	148,89			
5	301,50	300,00	76,04	76,30	150,83	150,32	3470,96	6715,00	1,93
	301,00	300,50	76,63	77,63	150,15	150,97			
6	300,00	301,00	77,83	77,33	150,13	150,51	3505,68	6870,00	1,96
	302,00	300,50	77,17	77,62	150,14	150,69			
7	300,50	300,50	76,58	76,89	149,11	148,45	3445,00	6700,00	1,94
	300,00	300,00	76,94	77,26	149,26	149,86			
8	300,50	301,00	76,43	77,65	149,33	149,71	3504,38	6845,00	1,95
	301,50	300,50	77,61	79,21	150,34	150,03			
9	299,00	301,00	76,91	76,70	149,38	150,02	3507,75	6795,00	1,94
	302,00	301,00	77,17	79,74	151,02	150,55			
10	300,00	301,00	76,82	79,16	150,69	150,25	3536,31	6950,00	1,97
	301,00	302,00	78,68	77,21	150,58	151,22			
								MÉDIA	**1,95**

B.III RETRAÇÃO LINEAR

RETRAÇÃO LINEAR (mm)			
TRAÇO	**a**	**b**	**TOTAL**
A	0,02	0,77	**0,79**
B	0,13	0,00	**0,13**
C	1,40	1,68	**3,08**
D	1,98	2,34	**4,32**

B.IV UMIDADE HIGROSCÓPICA E ABSORÇÃO DE ÁGUA

B.IV.i Traço A

TRAÇO A					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6515	5490	6500	15,77	18,40
2	6445	5390	6420	16,43	19,11
3	6590	5550	6580	15,81	18,56

B.IV.ii Traço B

TRAÇO B					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6635	5585	6600	15,91	18,17
2	6695	5650	6660	15,69	17,88
3	6670	5645	6645	15,43	17,71

B.IV.iii Traço C

TRAÇO C					
CP	**Massa (g)**	**Massa seca (g)**	**Massa encharcada (g)**	**Umidade Higroscópica (%)**	**Absorção de Água (%)**
1	6915	5900	6965	14,57	18,05
2	6790	5825	6850	14,09	17,60
3	6680	5750	6730	13,82	17,04

B.IV.iv Traço D

TRAÇO D					
CP	Massa (g)	Massa seca (g)	Massa encharcada (g)	Umidade Higroscópica (%)	Absorção de Água (%)
1	6770	5750	6845	14,90	19,04
2	6810	5750	6870	15,43	19,48
3	6740	5715	6815	15,04	19,25

B.V RESISTÊNCIA MECÂNICA

B.V.i Traço A

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - TRAÇO A

CP	b_1/b_2 (mm)	b_3/b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Carga (ton)	Resistência (MPa)
1	147,22	147,85	149,36	149,26	1,34	0,60
	148,87	151,02	149,96	150,76		
2	149,67	148,57	150,07	150,75	1,28	0,57
	148,59	149,13	149,84	151,03		
3	147,13	150,97	149,94	151,03	1,30	0,58
	147,18	149,63	150,34	150,89		
4	146,80	148,45	149,04	150,69	1,15	0,52
	149,34	149,51	149,25	149,73		
5	150,83	148,98	150,14	150,95	1,39	0,62
	150,93	148,67	149,86	151,66		
6	150,75	153,14	149,81	150,18	1,38	0,61
	148,10	146,20	149,86	151,29		
7	148,94	147,07	148,48	150,54	1,35	0,61
	148,84	149,63	149,48	149,87		
8	148,34	149,00	149,59	150,89	1,28	0,57
	150,94	149,30	149,91	150,57		
9	149,23	146,51	149,64	150,72	1,27	0,57
	148,00	151,57	149,07	150,71		
10	146,71	146,34	149,59	150,97	1,34	0,60
	151,35	150,14	150,10	150,83		
					MÉDIA	**0,58**

B.V.ii Traço B

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - TRAÇO B

CP	b_1/b_2 (mm)	b_3/b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Carga (ton)	Resistência (MPa)
1	147,60	148,92	150,48	150,40	1,29	0,58
	149,35	148,64	149,61	150,85		
2	149,98	149,86	149,57	151,74	1,34	0,60
	146,78	144,34	149,63	150,94		
3	147,89	146,12	149,33	150,04	1,41	0,63
	150,94	148,26	149,25	150,96		
4	149,68	147,25	149,53	150,69	1,21	0,55
	147,09	147,03	149,78	150,90		
5	145,31	147,24	148,84	150,39	1,41	0,64
	151,86	149,89	148,71	148,92		
6	145,81	148,25	149,93	150,84	1,23	0,55
	149,24	147,39	149,24	150,82		
7	149,60	149,15	149,75	149,71	1,31	0,59
	147,19	148,00	148,26	151,55		
8	147,82	149,44	149,55	150,17	1,31	0,59
	148,13	148,15	148,45	150,10		
9	148,60	151,52	149,44	151,26	1,33	0,60
	147,11	146,39	149,81	150,43		
10	146,71	148,36	149,35	149,51	1,39	0,63
	149,06	148,79	149,65	150,03		
					MÉDIA	**0,60**

B.V.iii Traço C

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - TRAÇO C

CP	b_1/b_2 (mm)	b_3/b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Carga (ton)	Resistência (MPa)
1	152,15	146,22	150,02	149,72	4,41	1,97
	148,16	150,14	150,45	150,81		
2	147,73	150,69	150,48	150,02	3,96	1,76
	148,85	150,36	149,84	150,89		
3	148,93	148,16	150,38	150,60	3,70	1,66
	147,73	150,28	149,69	150,41		
4	147,58	150,29	149,98	149,98	3,96	1,77
	149,28	149,44	149,59	150,69		
5	153,39	144,42	150,20	150,15	3,93	1,76
	150,62	147,62	150,11	150,53		
6	149,01	148,73	149,91	149,28	3,89	1,75
	147,02	150,37	150,21	149,75		
7	149,45	148,91	150,16	149,90	3,82	1,71
	147,62	149,73	150,86	150,27		
8	149,06	148,07	150,01	149,32	4,47	2,00
	149,92	147,72	150,42	150,51		
9	150,52	147,27	150,61	150,18	4,22	1,88
	150,45	149,50	150,00	149,40		
10	150,51	148,54	149,38	149,40	3,94	1,76
	147,33	150,99	149,99	149,79		
					MÉDIA	**1,80**

B.V.iv Traço D

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - TRAÇO D

CP	b_1/b_2 (mm)	b_3/b_4 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Carga (ton)	Resistência (MPa)
1	151,58	146,58	149,51	149,55	3,52	1,58
	149,63	148,46	150,15	149,72		
2	150,34	148,08	150,30	150,67	3,34	1,49
	153,37	144,68	150,10	150,26		
3	148,87	149,13	150,32	150,16	3,37	1,51
	147,86	149,60	149,87	150,59		
4	147,89	150,28	149,58	149,74	3,51	1,58
	149,17	148,19	149,20	148,89		
5	148,43	148,75	150,83	150,32	3,60	1,61
	145,82	151,19	150,15	150,97		
6	149,79	148,47	150,13	150,51	3,49	1,56
	148,80	147,73	150,14	150,69		
7	149,39	148,54	149,11	148,45	3,53	1,59
	149,05	147,84	149,26	149,86		
8	149,01	148,03	149,33	149,71	3,57	1,60
	146,27	151,31	150,34	150,03		
9	150,67	147,15	149,38	150,02	3,70	1,65
	149,92	148,53	151,02	150,55		
10	148,35	149,34	150,69	150,25	3,59	1,60
	152,54	145,95	150,58	151,22		
					MÉDIA	**1,58**