

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS
E MECÂNICAS DO ADOBE (TIJOLO DE
TERRA CRUA)**

ANDRÉA APARECIDA RIBEIRO CORRÊA

2003

57441

MF11049041

ANDRÉA APARECIDA RIBEIRO CORRÊA

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E
MECÂNICAS DO ADOBE (TIJOLO DE TERRA CRUA)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Dr. Vitor Hugo Teixeira

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

2003



**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Corrêa, Andréa Aparecida Ribeiro

Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua) / Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa. -- Lavras : UFLA, 2003.
62 p. : il.

Orientador: Vitor Hugo Teixeira.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Adobe. 2. Construção com terra. 3. Bioarquitetura. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-693.22
-721.04422

ANDRÉA APARECIDA RIBEIRO CORRÊA

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E
MECÂNICAS DO ADOBE (TIJOLO DE TERRA CRUA)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 22 de dezembro de 2003

Dr. Francisco Carlos Gomes

UFLA

Dr. Sebastião Pereira Lopes

UFLA

Dr. Tadayuki Yanagi Júnior

UFLA

Dr. Vitor Hugo Teixeira

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

Para minha avó, Iolanda

meus pais, José e Enóe

meu irmão, Evandro

e meus filhos, Ricardo e Livia

DEDICO

*Ao Universo, que conspira para que
tudo aconteça no momento certo,
mesmo sendo em algumas situações de
difícil compreensão.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Carlos Frederico Hermeto Bueno, pela feliz sugestão do tema e contribuição com seus conhecimentos e experiência.

Ao Prof. Dr. Moacir de Souza Dias Júnior, do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, pelo apoio e incentivo dispensados na orientação do primeiro trabalho científico, essencial para o início da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Marcelo Silva de Oliveira, do Departamento de Ciências Exatas da UFLA, pela clareza e discernimento nas discussões das questões propostas.

Ao Prof. Dr. Sebastião Pereira Lopes, pela presteza e atenção.

Ao Prof. Dr. Vitor Hugo Teixeira, pela serenidade e confiança no meu trabalho.

Aos consultores, arquitetos Cássio Humberto Versiani Velloso, Marcos Borges e professor José Eustáquio Machado Paiva, da Escola de Arquitetura da UFMG, pelas informações preciosas e solicitude.

À UFLA, com especial agradecimento aos professores do Departamento de Engenharia, pela oportunidade de treinamento e aprendizado.

Aos funcionários do Laboratório de Ciências dos Solos, Elaíse e Jairinho (*in memoriam*), aos funcionários do Departamento de Engenharia e aos ajudantes da produção dos adobes.

Aos colegas e amigos pela colaboração e convívio fraterno e a todos que de alguma forma colaboraram para que este trabalho concretizasse.

BIOGRAFIA

Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa, filha de Enóe (*in memoriam*) e José Corrêa, é mãe de Ricardo e Lívia, e lavrense do ano de 1959. Graduada em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, em dezembro de 1982, iniciou seus estudos sobre a utilização da terra crua na construção, no Departamento de Ciência do Solo da UFLA, sob a orientação do Prof. Dr. Moacir de Souza Dias Júnior. A primeira etapa da pesquisa financiada pelo CNPq culminou com o artigo científico intitulado "Estudo comparativo de métodos de campo e laboratório aplicados à confecção de blocos em adobe", publicado no volume 14 da revista Ciência e Prática da UFLA, no ano de 1990. Além da participação em workshops e congressos, a mestranda coordenou o curso de "Construções Alternativas" no XV ENEEAGRI, em outubro de 1998 na UFLA. Ampliou, então, seus conhecimentos em nível de Mestrado no Departamento de Engenharia, para concluir mais uma etapa da pesquisa, dedicando-se à produção de adobes para avaliar suas propriedades físicas e mecânicas. Em julho de 2001, participou de oficinas de diversas técnicas construtivas utilizando a terra crua combinada com outros materiais estabilizantes no curso Bio-construindo, promovido pelo Instituto de Permacultura do Cerrado- IPEC. Pretende resgatar o uso da terra crua na construção, para proporcionar moradias saudáveis, ecologicamente corretas e economicamente viáveis .

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1. Materiais	13
3.1.1. Equipamentos.....	13
3.1.2. Solos utilizados.....	15
3.2. Métodos	16
3.2.1. Identificação dos adobes.....	16
3.2.2. Ensaio.....	17
3.2.3. Preparo das misturas de solos	17
3.2.4. Processos de fabricação	18
3.2.5. Teor de umidade	21
3.2.6. Cura.....	22
3.2.7. Aferição dos resultados do ensaio de contração	23
3.2.8. Ensaio de resistência à compressão	23
3.2.9. Ensaio de resistência à flexão	23
3.2.9.1. Segundo Enteich & Augusto (1963).....	23
3.2.9.2. Rompimento na prensa manômetro.....	25
3.2.10. Delineamento experimental	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Propriedades físicas	27
4.1.1. Granulometria	27
4.1.2. Umidade ideal	28
4.1.3. Contração linear	30
4.1.4. Peso.....	32
4.1.5. Volume.....	35
4.1.6. Peso específico.....	38
4.1.7. Umidade.....	41
4.2. Propriedades mecânicas.....	44
4.2.1. Resistência à compressão.....	44
4.2.1.1. Análise comparativa fixando correção e comparando tamanho.....	44
4.2.1.2. Análise comparativa fixando tamanhos e comparando correção.....	45

4.2.2. Resistência à flexão.....	52
4.2.2.1. Análise comparativa fixando correção e comparando tamanho.....	52
4.2.2.2. Análise comparativa fixando tamanho e comparando correção.....	53
4.3. Sinopse dos resultados e discussão... ..	59
5. CONCLUSÕES	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Composição granulométrica dos solos.....	5
TABELA 2. Características físicas dos solos.	5
TABELA 3. Estados de consistência dos solos.	6
TABELA 4. Determinação da contração linear.....	7
TABELA 5. Quantidade de areia média adicionada na misturas solos.	18
TABELA 6. Umidade ótima e massa específica aparente seca máxima.	21
TABELA 7. Umidades ideais para BTC e BTA.....	22
TABELA 8. Combinações dos tipos de solos e locais.....	25
TABELA 9. Granulometria dos solos em seu estado natural comparada com o adobe.....	27
TABELA 10. Umidade ideal para produção de BTCs e BTAs.	29
TABELA 11. Contração linear dos solos.	30
TABELA 12. Peso dos adobes aos 35 dias nos três locais de cura.....	33
TABELA 13. Volume dos adobes aos 35 dias nos três locais de cura.	36
TABELA 14. Peso específico dos adobes aos 35 dias nos três locais de cura. .	39
TABELA 15. Umidade dos adobes aos 35 dias nos três locais de cura.....	41
TABELA 16. Resistência à compressão aos 35 dias de cura fixando correção.	45
TABELA 17. Resistência à compressão aos 35 dias de cura fixando tamanho.	47
TABELA 18. Resistência à flexão aos 35 dias de cura fixando correção.....	53
TABELA 19. Resistência à flexão aos 35 dias de cura fixando tamanho.....	54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Estados de consistência.....	6
FIGURA 2. Vista da cura no cômodo fechado.....	12
FIGURA 3. Vista da cura no galpão coberto.....	12
FIGURA 4. Vista da cura no tempo.....	12
FIGURA 5. Prensa Manômetro Zeloso.....	14
FIGURA 6. Vista das palhetas internas da maromba.....	14
FIGURA 7. Maromba.....	15
FIGURA 8. Formas de madeira utilizadas na produção artesanal (BTA).....	15
FIGURA 9. Tamanhos BTA (DA,CA,BA) e BTC (AP).....	18
FIGURA 10. Cura de BTCs no galpão coberto.....	19
FIGURA 11. Colocação da mistura de solo na Prensa MRC-1 Tecmor.....	19
FIGURA 12. Prensagem.....	20
FIGURA 13. Finalização do Processo de BTC.....	20
FIGURA 14. Ensaio de flexão.....	24
FIGURA 15. Rompimento no ensaio de flexão.....	24
FIGURA 16. Diagrama ilustrativo do delineamento experimental.....	26
FIGURA 17. Granulometria dos solos em seu estado natural comparada com o adobe.....	28
FIGURA 18. Contração linear para o LVAdm (N) e (60) aos sete dias.....	31
FIGURA 19. Contração linear para o LVAdarg (N) e (60) aos sete dias.....	31
FIGURA 20. Contração linear para o LVAdmarg (N), (40) e (60) aos sete dias.....	31
FIGURA 21. Solos vs peso aos 35 dias de cura em cômodo fechado.....	34
FIGURA 22. Solos vs peso aos 35 dias de cura em galpão coberto.....	34
FIGURA 23. Solos vs peso aos 35 dias de cura no tempo.....	35
FIGURA 24. Solos vs volume aos 35 dias de cura em cômodo fechado.....	37
FIGURA 25. Solos vs volume aos 35 dias de cura em galpão coberto.....	37
FIGURA 26. Solos vs volume aos 35 dias de cura no tempo.....	38
FIGURA 27. Solos vs peso específico aos 35 dias de cura em cômodo fechado.....	40
FIGURA 28. Solos vs peso específico aos 35 dias de cura em galpão coberto.....	40
FIGURA 29. Solos vs peso específico aos 35 dias de cura no tempo.....	41
FIGURA 30. Solos vs umidade aos 35 dias de cura em cômodo fechado.....	43
FIGURA 31. Solos vs umidade aos 35 dias de cura em galpão coberto.....	43

FIGURA 32. Solos vs umidade aos 35 dias de cura no tempo.	44
FIGURA 33. Resistência à compressão do LVAdm aos 35 dias em cômodo fechado.....	48
FIGURA 34. Resistência à compressão do LVAdm aos 35 dias em galpão coberto.	48
FIGURA 35. Resistência à compressão do LVAdm aos 35 dias no tempo.....	49
FIGURA 36. Resistência à compressão do LVAdarg aos 35 dias em cômodo fechado.....	49
FIGURA 37. Resistência à compressão do LVAdarg aos 35 dias em galpão coberto.	50
FIGURA 38. Resistência à compressão do LVAdarg aos 35 dias no tempo...50	
FIGURA 39. Resistência à compressão do LVAdmarg aos 35 dias em cômodo fechado.....	51
FIGURA 40. Resistência à compressão do LVAdmarg aos 35 dias em galpão coberto.	51
FIGURA 41. Resistência à compressão do LVAdmarg aos 35 dias no tempo.	52
FIGURA 42. Resistência à flexão do LVAdm aos 35 dias em cômodo fechado.	55
FIGURA 43. Resistência à flexão do LVAdm aos 35 dias em galpão coberto. .55	
FIGURA 44. Resistência à flexão do LVAdm aos 35 dias no tempo.....	56
FIGURA 45. Resistência à flexão do LVAdarg aos 35 dias em cômodo fechado.	56
FIGURA 46. Resistência à flexão do LVAdarg aos 35 dias em galpão coberto.	57
FIGURA 47. Resistência à flexão do LVAdarg aos 35 dias no tempo.....	57
FIGURA 48. Resistência à flexão do LVAdmarg aos 35 dias em cômodo fechado.....	58
FIGURA 49. Resistência à flexão do LVAdmarg aos 35 dias em galpão coberto.	58
FIGURA 50. Resistência à flexão do LVAdmarg aos 35 dias no tempo.....	59

RESUMO

CORRÊA, Andréa Aparecida Ribeiro. *Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua)*. 2003. 72p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola / Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Federal de Lavras.

Com a finalidade de verificar a viabilidade do tijolo de terra crua (adobe) na execução de moradias, realizou-se pesquisa para identificar as características físicas e mecânicas do material solo e para definir procedimentos e métodos de produção do mesmo, estabelecendo critérios que melhorem a qualidade do produto final. O solo escolhido foi o LATOSSOLO VERMELHO - AMARELO Distrófico, que é característico da região sul de Minas Gerais. Adotaram-se teores de umidade e correção granulométrica com areia média (0,25-0,50 mm), segundo Pacheco & Dias Júnior (1990) e Hernandez et al. (1983). A produção seguiu dois processos distintos, um deles com blocos de terra comprimida (BTC), utilizando prensa manual modelo MRC-1 TECMOR, no tamanho denominado AP (23x11x5,0 cm) e o outro artesanal, com formas de madeira denominado BTA, nos tamanhos BA (23x11x5,5 cm), CA (29x14x10 cm) e DA (29x14x14 cm). Após a fabricação, os adobes foram submetidos a ensaios de resistência à flexão e compressão, com monitoramento de peso, volume, peso específico e umidade em três períodos distintos de "cura" (secagem) que foram 7, 21 e 35 dias, sendo colocados em cômodo fechado, galpão coberto e em local desprotegido sujeito às intempéries. Para análise dos dados, optou-se pelo delineamento experimental inteiramente casualizado no esquema fatorial, com quatro repetições, adotando-se o teste de Tukey com nível de significância de 5%. A produção de BTCs não apresentou resultados satisfatórios quando comparada com a produção de BTAs. O tamanho BA (23x11x5,5 cm) apresentou os melhores resultados para resistência à flexão e compressão. A estabilização com areia média nos solos argilosos proporcionou a produção de adobes com menor contração. O galpão coberto é ideal para a cura. A resistência à compressão atingiu valores superiores aos encontrados na bibliografia consultada. Concluiu-se que a produção de adobes seguindo os critérios definidos na pesquisa como umidade adequada, estabilização com areia média (0,25-0,50 mm), utilização de "maromba", cuidados na produção e cura, resulta em tijolos de qualidade superior tanto em resistência como no aspecto estético, comprovando sua viabilidade como alvenaria na construção.

* Comitê Orientador: Dr. Vitor Hugo Teixeira (Orientador), Dr. Sebastião Pereira Lopes-UFLA (Co-orientador), Dr. Marcelo Silva de Oliveira- UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

CORRÊA, Andréa Aparecida Ribeiro. Evaluation of physical and mechanical properties of adobe bricks. 2003. 72p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering – Rural Constructions and Ambiance)* Universidade Federal de Lavras

With the aim to verify the feasibility of the adobe brick for housing construction, a research was done to evaluate the mechanical and physical characteristics of the material in order to define production procedures and methods, establishing thus criteria to improve the product quality. The soil chosen was dystrophic (Red – Yellow) Latosol that is typical in south region of Minas Gerais State. Humidity levels and granulometric correction with medium sand (0.25-0.50mm) were adopted according to Pacheco et Dias Junior (1990) and Hernandez et al (1983). The production followed two distinct processes, one of them with compressed dirt blocks (CDB) using manual press MCR-1 TECMOR, called as AP (23x11x5,0 cm) and another handicraft wood mold brick called BTA size of the bricks are: BA (23x11x5.5 cm), CA (29x14x10 cm) e DA (29x14x14 cm). After the manufacturing, the adobes were submitted to flexion and compression resistance tests, with weight, volume, density and humidity monitoring, in three drying distinct periods, that were ranged in seven, twenty-one and thirty-five days, placed in a close room, a shed and an unprotected place subject to weather changes. To analyze the data, a factorial design was used with four replications, with the use of the Tukey test at 5% of error level. The production of BTCs did not present satisfactory results when compared with the production of BTAs. The BA size (29x11x5.5 cm) presented the best results for compression and flexion resistance. The stabilization with medium sand in clay soils provides the production of adobes with minor contraction. The shed protection is ideal for the cure process. The resistance to compression achieved higher levels compared to the ones found in the bibliographic references. We concluded that the production of adobe following the criteria defined in the research such as appropriate humidity, medium sand stabilization, “maromba”, the care during production and drying, result in bricks of superior quality, concerning resistance and aesthetic aspects proving their feasibility in masonry construction.

* Guidance Committee: Dr. Vitor Hugo Teixeira (Adviser), Dr. Sebastião Pereira Lopes-UFLA (Co-Adviser), Dr. Marcelo Silva de Oliveira- UFLA (Co-Adviser),

1. INTRODUÇÃO

Construções com terra crua datam de milhares de anos. Martinez et al. (1979) referem-se a uma pintura mural em Tebas, cerca de 1500 anos a.C., que mostra a fabricação de adobes no Egito. Bardou (1981) descreve construções atuais na Costa do Marfim, Novo México, Arizona e em diversas regiões da Europa.

Do Oriente, essa técnica de construção chegou à Europa, atingindo a Ásia, África e Américas. Chan-Chan, capital da cultura chimu no Peru do século XIII, considerada o maior conjunto arqueológico do mundo, e Paquime, que data de 600 anos a.C. no México, são alguns entre inúmeros outros exemplos.

Após a Revolução Industrial, com o aparecimento do cimento e pré-fabricados, essa tecnologia foi esquecida e considerada erroneamente como frágil e ultrapassada. Porém, o processo de industrialização não se preocupou com a influência que essas novas tecnologias teriam no meio ambiente e no êxodo rural. Só a partir dos anos 70, quando ocorreu a crise energética, os processos tradicionais foram resgatados.

Construções com terra crua são largamente difundidas, principalmente em regiões de clima árido, como Texas, Novo México nos Estados Unidos e Oriente. No Egito, as obras do arquiteto Hassan Fathy são destaque pela qualidade estética e de execução. Na América Latina, África e Ásia, metade da população habita casas de terra, muitas de "adobe", denominação derivada da palavra "atop" de origem árabe, que significa tijolo sem queima ou cru.

No Continente Latino-Americano, surgiu em locais diversos e independentes. As técnicas trazidas pelos colonizadores portugueses e espanhóis uniram-se às técnicas nativas, surgindo inúmeras combinações e adaptações. De

acordo com Rodrigues (1980), as construções no Brasil iniciaram-se com a colonização portuguesa e foram amplamente difundidas, resistindo até os dias atuais. Em regiões de clima seco, notadamente no norte de Minas Gerais, interior da Bahia, Goiás, e Nordeste, principalmente no meio rural, o adobe e outros tipos de construção com terra crua, como a taipa leve (pau a pique), taipa de pilão, terra-palha, cob, super adobe, ainda são utilizadas, mas com poucas inovações tecnológicas. Cidades históricas mineiras como Ouro Preto e São João Del Rei são exemplos onde observam-se construções em perfeito estado de conservação. Em Tiradentes, o arquiteto Marcos Borges dedica-se à restauração e novos projetos que atendem também ao padrão médio e alto.

Entretanto, o que ocorre com frequência é a falta de conhecimentos científicos e definição de normas técnicas, que não atingem a população mais carente, resultando na precariedade das novas edificações que são executadas de forma inadequada, originando fissuras, problemas de umidade e desgaste da superfície. Sem orientação profissional e planejamento tanto na execução de projetos como no acompanhamento da obra, muitas construções não têm durabilidade e conforto. Há pouco interesse dos sistemas financeiros e de crédito. O conteúdo "Construções não Convencionais", que estimula as pesquisas e a sustentabilidade, não integra a maioria das estruturas curriculares universitárias, deixando uma lacuna que poderia beneficiar grande parte da população.

No Brasil e no mundo, instituições de ensino e pesquisa, como a ESALq/ USP em Piracicaba, CEPEC/CEPLAC (Centro de Pesquisas do Cacau em Itabuna), NPHU/UFF (Núcleo de Estudos e Projetos Habitacionais e Urbanos da Universidade Federal Fluminense), ENA (Ecovillage Network of the Americas), HABITERRA em Bogotá, Colômbia, CRATERRE (Faculte d'Architecture - Universidade Grenoble/França), THE EARTH

ARCHITECTURE CENTER no Novo México e outros núcleos desenvolvem estudos e executam construções com essa tecnologia.

O projeto Proterra, ligado ao Programa Iberoamericano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento (CYTED), promove a capacitação de mão-de-obra. A Universidade Metodista de Piracicaba possui Laboratório de Sistemas Construtivos, sob a coordenação do arquiteto Eduardo Salmar, da Archterra. A Rammed Earth Works é um centro de pesquisa sobre construções modernas com terra, fundada em 1978 pelo americano David Easton, considerado um dos precursores no assunto, juntamente com o alemão Gernot Minke, da Universidade de Kassel. Em Sydney, na Austrália, a Universidade de Tecnologia tem também desenvolvido estudos sobre o tema.

Associações como a ABC-TERRA (Associação Brasileira de Construtores com Terra, em São Paulo), a ABMTENC (Associação Brasileira de Ciências em Materiais e Tecnologias não Convencionais) e institutos como o IPEC (Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado em Pirenópolis, Goiás) e o IPEMA (Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica) promovem cursos e seminários que divulgam essa tecnologia.

Segundo a Secretaria de Planejamento do Estado de Minas Gerais, em 1998, a carência de moradias no Brasil foi de 5,8 milhões e, em nosso Estado, cerca de 700.000, notadamente para famílias de baixa renda com a maior concentração na zona urbana, isto é, aproximadamente 80 %, sendo a demanda anual de 600.000 moradias. 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 consumo de energia e são centralizadores, é de fundamental importância que essa tecnologia seja resgatada, porque além de gerar trabalho e cidadania, possibilita a integração do profissional com a comunidade em projetos de auto-construção e parcerias como, por exemplo, a Engenharia Pública.

TABELA 3. Estados de consistência dos solos.

Estados de consistência (%)	Solos		
	LVAdm	LVAdarg	LVAdmarg
Limite de Liquidez (LL)	34,40	44,20	52,00
Limite Plasticidade (LP)	31,94	32,25	41,47
Limite de Contração (LC)	26,70	22,69	20,86
Índice de Plasticidade (IP)	2,46	11,95	10,63

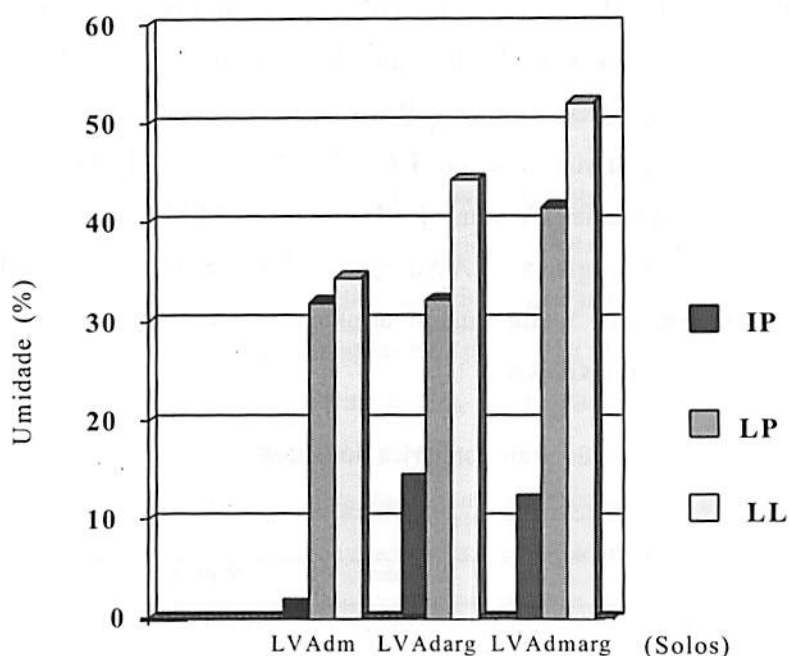


FIGURA 1. Estados de consistência.

Velloso et al. (1985) alertam para a importância da origem mineralógica do material fino componente da mistura de solo. O argilo mineral é responsável pelo grau de expansibilidade do solo. Argilas com alto teor de óxido de ferro e baixo caulínico tendem a ser pouco expansivas. Observando essas

características no material solo evita-se, assim, o fenômeno de contração, que pode contribuir para o aparecimento de trincas e microfissuras durante o processo de cura. Enteich & Augusto (1963) sugeriram a determinação da contração linear do solo pelo método proposto Alcock, A.E.S., no qual são confeccionadas caixas de madeira sem tampa com as medidas 61x3,8x3,8 cm, untadas com óleo queimado em seu interior. As misturas de solo com água em quantidade equivalente à umidade ótima (h_{ot}) preenchem o interior das caixa e os cantos, alisando-se posteriormente a superfície das mesmas. Em seguida, a caixa é colocada ao sol por três dias ou à sombra por sete dias. Após esse período, mede-se a contração, observando-se o aparecimento de trincas ou fissuras. Se a mistura de solo apresentar mais de duas trincas ou contrair mais de duas polegadas (5,08 cm), não deve ser utilizada para construção.

Pacheco & Dias Júnior (1990) determinaram a contração linear utilizando o método descrito acima, conforme mostrado na TABELA 4.

TABELA 4. Determinação da contração linear.

Solo	Contração Linear (cm)	Número de Trincas
LVAdm (N)*	1,58	3
LVAdm (60)**	0,40	7
LVAdarg (N)	1,80	2
LVAdarg (60)	0,96	2
LVAdmarg(N)	0,78	2
LVAdmarg(40)***	0,40	1
LVAdmarg (60)	0,16	0

* solo com sua composição granulométrica natural

** solo com sua composição granulométrica corrigida em 60% de areia média (0,25-0,50 mm)

*** solo com sua composição granulométrica corrigida em 40% de areia média (0,25-0,50 mm)

Quanto ao acréscimo de fibras na mistura, há divergências. Neumann et al. (1984), em estudo da resistência à compressão, com palha na mistura em

quantidades ideais, afirmam que a mesma controla a microfissuração. Já Milanez (1958) descarta sua utilização, definindo como ineficaz, em razão do apodrecimento do material com o tempo, o que promove a formação de canalículos, diminuindo a resistência dos tijolos. Sarmiento & Freire (1997), utilizaram fibras de bagaço de cana-de-açúcar desmeduladas mecanicamente, in natura e tratadas quimicamente com silicato de sódio combinado com sulfato de alumínio, misturadas à argamassa de cimento e areia. Observaram que a resistência à compressão simples do compósito foi reduzida com o aumento do teor de fibras na mistura e que o tratamento químico aumentou significativamente a resistência mecânica do material obtido.

Inúmeros trabalhos vêm sendo desenvolvidos com a mistura dos mais diversos estabilizantes como cimento, cloreto de cálcio, borra de carbureto, cinzas de bagaço de cana e outros segundo Rolim & Freire (1998), que estudaram o aproveitamento do material solo-vinhaça concentrada e sua possível utilização na fabricação de tijolos prensados, encontrando resultados de resistência à compressão de 1,92 MPa para solo arenoso e 1,7 MPa para solos argilosos.

Lavinsky et al. (1998), em experimento com BTCs (blocos de terra comprimida) desenvolvido em Uruçuca, região cacauceira no sul da Bahia, utilizaram cinza, casca e mel de cacau e esterco de vaca. O acréscimo de cinza em 30% nos solos foi a opção que apresentou melhores resultados de resistência à compressão, com 1,67 MPa.

Em parte da favela de San Remo, que ocupa área pertencente à USP, foi desenvolvido o "Projeto Favela" [1985?], pelo Centro de Pesquisa Apropriada da Prefeitura Universitária, com o objetivo de reurbanizar essa área localizada no *campus*. Para tanto, foram produzidos BTCs utilizando terra crua estabilizada com escórias industriais, especificamente a borra de carbureto e aditivo DS-328. O solo-carbureto, com porosidade elevada, assemelha-se ao

solo-cal, e o DS-328 é um aditivo químico metalo-orgânico empregado em pavimentação de estradas, que age impermeabilizando as partículas do solo e reduzindo sua expansão.

As dimensões empregadas para a produção artesanal são bem variadas. Ortega (1983) refere-se a 29x9x9 cm e 30x15x15 cm usados em Benin, África. Milanez (1958) cita adobes de 40x20x10 cm com 12,6 kg e 25x12x8 cm com 2,5 kg. No México, as medidas usuais são 38x38x8 cm e 39x18x18 cm e 40x20x15 cm, como cita Williams-Ellis (1950). Rodrigues (1980) define 30x15x15 cm; o arquiteto egípcio Hassan Fathy indica 25x15x6 cm; Lavinsky et al (1998) usaram formas dos tamanhos 23x11x7 cm e 23x11x10 cm em pesquisa desenvolvida no CEPLAC (Centro de Pesquisas do Cacau em Itabuna).

As formas são confeccionadas em madeira em vários modelos e tamanhos (duplas, simples, com encaixe, com $\frac{1}{2}$, e $\frac{3}{4}$ de tijolo), retangulares e quadradas, mas todas com “agarraderas” (apoios laterais para as mãos) nos extremos, para facilitar a produção e o desforme. Algumas são feitas com encaixe “macho-fêmea”, que aumenta a aderência quando as paredes são erguidas.

Milanez (1958) e Martinez et al. (1979) consideram de fundamental importância a homogeneização da mistura, que pode ser feita com os pés, ou utilizando a “maromba” ou “pipa”. Para a produção de BTCs, segundo Picchi et al. (1986), a quantidade ideal de água na mistura corresponde à umidade ótima h_{ot} . A determinação da h_{ot} é feita por meio de curvas de compactação com energia normal, utilizando a prensa modelo MRC-1 da TECMOR (Associação..., 1986).

Para a produção do adobe artesanal, Alves (1985) considera o volume de água adequado como o suficiente para umedecer as partículas. Segundo Hernandez et al. (1983), essa quantidade corresponde ao limite de liquidez, que

é o estado de consistência-limite entre o estado plástico e o líquido. O critério para atingir essa umidade é descrito a seguir:

- Adiciona-se água ao material solo, observando que o mesmo deve ser moldado facilmente, conservando sua forma, mas sem fluir como um líquido.
- Coloca-se a amostra de solo úmido em recipiente cilíndrico.
- Sustenta-se uma barra de ferro (de diâmetro 10 mm, comprimento 50 cm e marcação de 2 cm na extremidade) com uma das mãos, e guia a mesma com a outra mão sobre a superfície do material de solo.
- Observa-se se a penetração da barra no material de solo atinge 2 cm de profundidade; se isso ocorrer, essa é a umidade ideal para o adobe artesanal.

Quanto ao período de cura, verificou-se muita diversidade de informações. Picchi et al. (1986) consideram 28 dias, Martinez (1979) e Enteich & Augusto (1963) sugerem 21 dias. Lavinsky et al. (1998) adotaram 23 e 27 dias.

Freqüentemente os locais escolhidos para a cura são descobertos, Lavinsky et al.(1998) não consideraram relevante a variação nos resultados de resistência à compressão de adobes quando secos ao sol, à sombra ou no secador de cacau, que apresentou menor desvio-padrão.

Pelo ensaio de resistência à flexão descrito por Enteich & Augusto (1963) propõe-se colocar o bloco sobre dois apoios de 2,5x2,5x15 cm, distanciados entre si por 20 cm. No centro e na parte superior do bloco, é colocado um terceiro apoio de mesma medida dos anteriores. Nesse apoio superior, atravessa-se material flexível e resistente em toda sua extensão, como arame, por exemplo, que irá prender um recipiente onde serão colocadas cargas até o rompimento do bloco. Para o ensaio de compressão, utilizam-se de normas técnicas segundo a ABNT (Associação..., 1986), utilizando prensa manômetro.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A fase experimental foi conduzida nas dependências do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras-UFLA. Para a secagem dos adobes determinaram-se três locais distintos, com as seguintes características:

(a) cômodo fechado conforme mostrado na FIGURA 2, em alvenaria de bloco de concreto, nas dimensões de aproximadamente 4x4 m, para que a cura dos adobes fosse protegida das ações do tempo, com registro de umidade e temperatura em termohigrógrafo Fuess, com temperatura variando entre 10 °C e 20 °C e umidade relativa do ar entre 50 % e 80 %, no mês de julho, entre 40 % e 90 % no mês de agosto, e no mês de setembro e outubro, entre 70 % e 90 %; (b) em galpão coberto conforme mostrado na FIGURA 3; e (c) em local descoberto, conforme mostrado na FIGURA 4, sujeito às variações climáticas.

O município de Lavras localiza-se na região sul do Estado de Minas Gerais a uma latitude 21° 45' S, e longitude 45° 00' W, com altitude média de 918 metros e precipitação anual de 1493 mm. As chuvas ocorrem predominantemente no verão, e no inverno, o clima é seco. A época escolhida foi o período de seca, a partir do mês de julho.

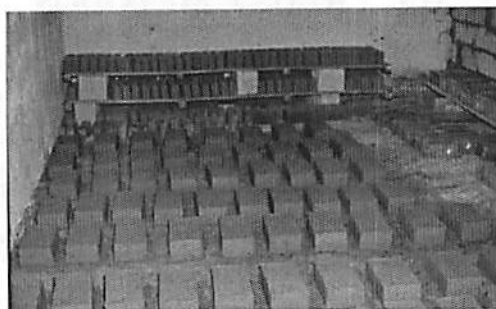


FIGURA 2. Vista da cura no cômodo fechado.

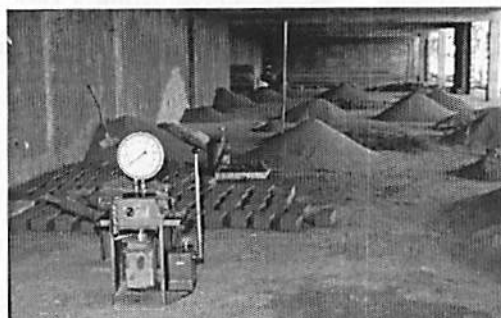


FIGURA 3. Vista da cura no galpão coberto.

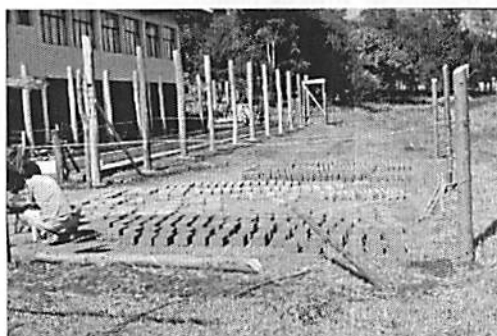


FIGURA 4. Vista da cura no tempo.

3.1. Materiais

3.1.1. Equipamentos

- Termohigrógrafo Fuess com escala de umidade relativa de 0 a 100%, resolução de 10g, variação de temperatura de -30° C a 50° C e resolução de 1° C
- Balança Eletrônica Digital ACATEC BEC 1000 com capacidade de 500 g
- Balança Solotest semi-Roberval capacidade 15 kg, resolução 10g
- Estufa marca FANEM a 105° C modelo 307/9
- Prensa Portátil – Tecmor Modelo MRC-1 com dimensões 0,50x0,35x1,00 m, peso de 120kg e produção de 1500 tijolos / dia.
- Prensa hidráulica Zeloso, manual, portátil, com manômetro de 100 toneladas conforme mostra a FIGURA 5.
- Maromba: tambor com eixo de ferro e palhetas que são movimentadas em círculo por animal por meio de uma haste, conforme mostrado nas FIGURAS 6 e 7.
- Formas de madeira: optou-se por medidas mais robustas com 29x14x10 cm e 29x14x14 cm e medidas mais esbeltas próximas do tijolo maciço queimado, com 23x11x5,5 cm . Foram confeccionadas com e sem fundo, simples e duplas, conforme mostra a FIGURA 8.

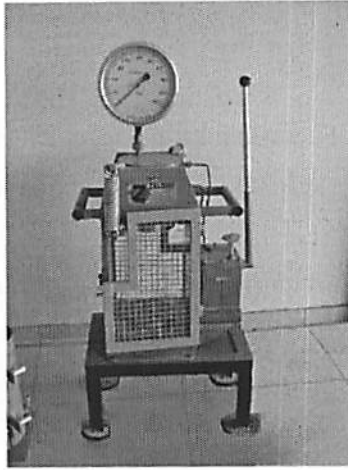


FIGURA 5. Prensa Manômetro Zeloso.



FIGURA 6. Vista das palhetas internas da maromba.



FIGURA 7. Maromba.

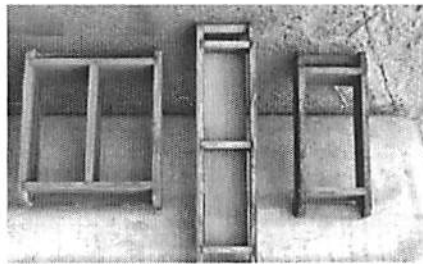


FIGURA 8. Formas de madeira utilizadas na produção artesanal (BTA).

3.1.2. Solos utilizados

No entorno do município existem diversos tipos de solo, como: LATOSSOLO VERMELHO; LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO; PODZÓLICO; e de BAIXADA. A variação na composição granulométrica é acentuada. Foi escolhido o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, por ser comum na região sul do Estado e típico do Brasil. Os materiais de solo utilizados foram caracterizados quanto à composição granulométrica e textural e estados de consistência por Pacheco & Dias Júnior (1990), com os resultados

citados na revisão bibliográfica. Utilizou-se também areia média (0,25-0,50 mm) para atingir as porcentagens de 40% e 60 % nos materiais de solo.

3.2. Métodos

3.2.1. Identificação dos adobes

Para facilitar a identificação das amostras, adotou-se a legenda abaixo:

- Solos

LATOSSOLO VERMELHO -AMARELO textura média.....LVAdm

LATOSSOLO VERMELHO -AMARELO textura argilosa.....LVAdarg

LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO textura muito argilosa.....

.....LVAdmarg

- Correção granulométrica

estado natural.....N

40% de areia na granulometria final.....40

60% de areia na granulometria final 60

- Processos de Fabricação

Mecânico na Prensa Manual Tecmor.....BTC

Artesanal (formas de madeira)BTA

- Períodos de Cura

07 dias.....7

21 dias.....21

35 dias.....35

- Locais de Cura

cômodo fechado.....F

galpão coberto.....G

tempo.....T

3.2.2. Ensaio

- Comparação dos Resultados do Ensaio de Contração Linear desenvolvido por Pacheco & Dias Júnior (1990) mediante nova leitura.
- Determinação da Umidade feita com Método da Estufa a 105 °C
- Determinação da Umidade Ideal proposta por Hernandez et al. (1983) para BTAs
- Determinação de Umidade Ideal segundo Pacheco & Dias Júnior (1990) para BTCs
- Ensaio de Resistência à Flexão segundo Enteich & Augusto (1963)
- Ensaio de Resistência à Flexão na Prensa Manômetro Zeloso para cargas maiores
- Ensaio de Resistência à Compressão na Prensa Manômetro Zeloso segundo Enteich & Augusto (1963).

3.2.3. Preparo das misturas de solos

Seguindo os critérios estabelecidos, que são as quantidades de solo em seu estado natural e corrigidos com areia média (0,25-0,50 mm), vários volumes foram criados, atendendo as quatro dimensões definidas, conforme mostra a FIGURA 9, que foram: AP 23x11x5,0 cm, BA 23x11x5,5 cm, CA 29x14x10 cm e DA 29x14x14 cm, em quantidades necessárias para os testes a serem executados. Todos os solos foram submetidos ao peneiramento com peneira # 4 (4,76 mm). Após o peneiramento, as correções foram feitas com o solo completamente seco, seguindo procedimento já definido por Pacheco & Dias Júnior (1990), que determinaram correção granulométrica de areia para 60% no material solo LVAdm e LVAdarg, e 40% e 60% para o LVAdmarg, conforme especificado na TABELA 5.

TABELA 5. Quantidade de areia média adicionada na misturas solos.

Solos no estado natural	% Final de areia	Areia média/mistura (g / kg)
LVAdm	60	325
LVAdarg	60	485
LVAdmarg	40	350
LVAdmarg	60	1025

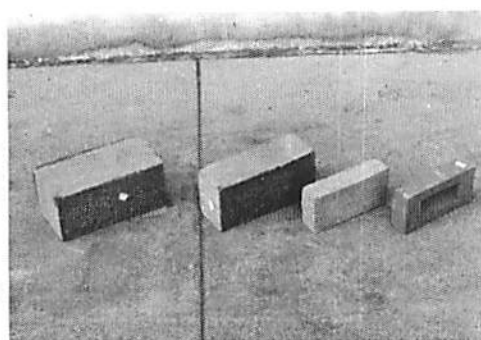


FIGURA 9. Tamanhos BTA (DA,CA,BA) e BTC (AP).

3.2.4. Processos de Fabricação

Dois processos distintos foram definidos: a fabricação de BTCs, utilizada para solo-cimento, solo-cal e outras misturas estabilizadas, denominada produção mecânica, conforme pode ser visto nas FIGURAS 10, 11, 12 e 13, sendo a produção artesanal tradicional (BTA), com a mistura dos componentes do adobe feita na “maromba” para melhor homogeneização.

- Produção Mecânica – BTCs

Os critérios adotados para BTCs estabeleceram que a quantidade de água fosse determinada em peso, com o umedecimento do material de solo utilizando regador, e para cada prensagem, com três unidades, 6,5 kg de mistura.

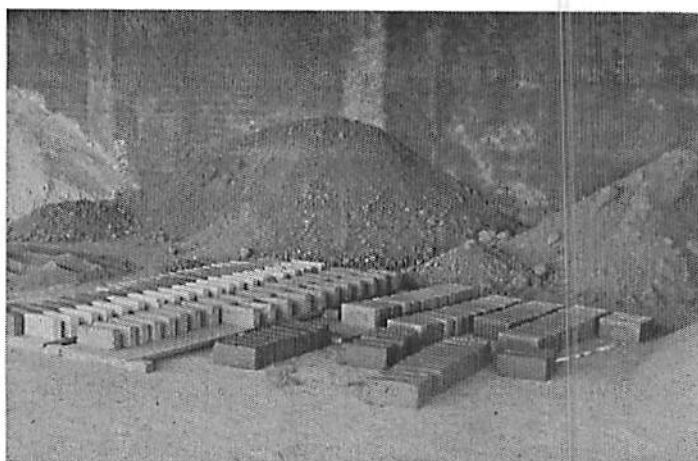


FIGURA 10. Cura de BTCs no galpão coberto.

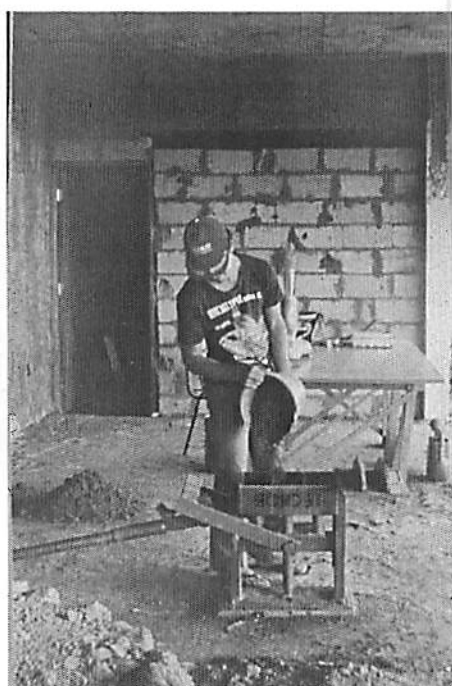


FIGURA 11. Colocação da mistura de solo na Prensa MRC-1 Tecmor.

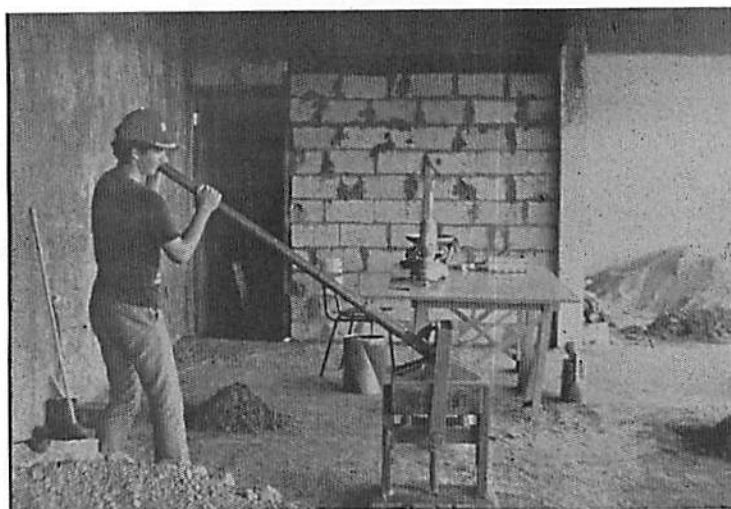


FIGURA 12. Prensagem.

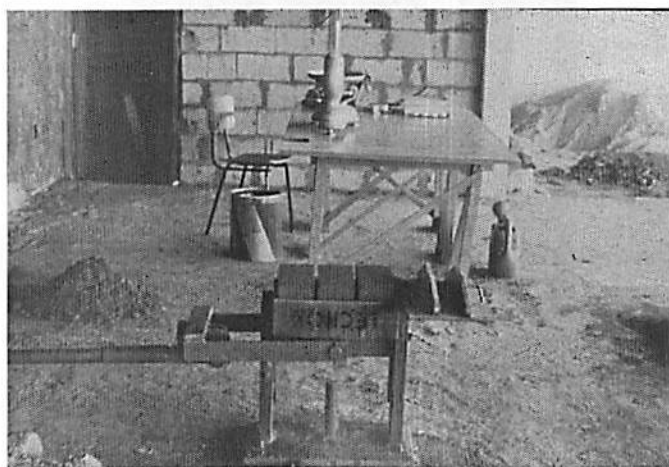


FIGURA 13. Finalização do Processo de BTC.

- Produção Artesanal (BTA)

Pelos critérios adotados para BTAs, estabeleceu-se que a quantidade de água fosse medida em litros, obedecendo aos teores determinados para cada

mistura, com umedecimento do material de solo com regador. A mistura foi feita com enxada e maromba para proporcionar maior "liga" com início da produção para as menores dimensões. A produção foi de 35 adobes para cada mistura e cada tamanho, que foram colocados nos três locais definidos. A produção prevista foi de 420 adobes para cada mistura de solo em seu estado natural e corrigidas com areia média, somando 2940 unidades.

3.2.5. Teor de Umidade

Para a produção mecânica (BTC), adotou-se a umidade ótima determinada por Pacheco & Dias Júnior (1990) por meio do ensaio de compactação descrito por Picchi et al. (1986). O método consiste na prensagem das amostras com teores crescentes de umidade. Determinam-se então a densidade máxima γ_{max} e a umidade ótima h_{ot} , com a energia de compactação da prensa. Os resultados estão na TABELA 6.

TABELA 6. Umidade ótima e massa específica aparente seca máxima.

Solos	γ_{max} (g/cm ³)	h_{ot} (%)
LVA _{adm} (N)	1,623	12,00
LVA _{adm} (60)	1,658	8,80
LVA _{darg} (N)	1,558	16,00
LVA _{darg} . (60)	1,618	11,60
LVA _{d marg} (N)	1,360	28,40
LVA _{d marg} . (40)	1,498	19,60
LVA _{d marg} . (60)	1,582	13,20

Para a produção artesanal (BTA), adotou-se a umidade determinada pelo método de campo descrito por Hernandez et al. (1983), cujos resultados

apresentados são a média de três repetições. Na Tabela 7 esses resultados são comparados com a umidade h_{or} , determinada para a produção mecânica (BTC).

TABELA 7. Umidades ideais para BTC e BTA.

Solos	h_{or} (%) para BTC	h (%) para BTA
LVAdm (N)	12,00	27,10
LVAdm (60)	8,80	22,35
LVAdarg (N)	16,00	34,76
LVAdarg. (60)	11,60	27,17
LVAdmarg (N)	28,40	48,53
LVAdmarg. (40)	19,60	38,19
LVAdmarg. (60)	13,20	30,04

3.2.6. Cura

Os ensaios de resistência à flexão e compressão foram feitos em três períodos distintos: 7, 21 e 35 dias, para que abrangessem o início, o meio e o limite máximo de cura. Ficou estabelecido como objeto de estudo para este trabalho o período de 35 dias.

Após a produção mecânica, os BTCs foram colocados no piso plano, permanecendo nessa posição durante um período de sete dias. Após esse período, ficaram apoiados sobre a face lateral maior, para que a secagem fosse mais uniforme.

Na produção artesanal, os adobes maiores foram produzidos diretamente no piso e seguiram-se os mesmos critérios adotados para os BTCs. Após os ensaios de compressão e flexão, determinaram-se teores de umidade, pesos, medidas das três dimensões, observando-se o aparecimento de fissuras e o aspecto visual da produção, cantos bem definidos e qualidade final. O procedimento foi feito para toda a amostragem.

3.2.7. Aferição dos resultados do ensaio de contração

Após seis meses do desenvolvimento do Ensaio de Contração Linear, foi feita nova medição nas amostras das caixas de madeira, com a finalidade de verificar se ocorreram alterações no número de fissuras e na contração.

3.2.8. Ensaio de resistência à compressão

Todas as amostras foram submetidas ao rompimento na prensa manômetro, seguindo os procedimentos descritos na seqüência abaixo:

- Cada amostra foi colocada na prensa entre duas chapas de ferro ocupando toda a face superior e inferior, para que a carga fosse distribuída uniformemente em toda a superfície e o resultado pudesse ser comparado entre os diversos tamanhos e misturas.
- Após o rompimento, foi feita a leitura com quatro repetições, para os três locais F, G, e T, nos períodos de 7, 21 e 35 dias. Os dados referentes aos períodos de 7 e 21 dias serão analisados em próximos trabalhos.
- Foi coletada amostra dos fragmentos para determinação da umidade após os ensaios. O objetivo foi observar se houve perdas bruscas de umidade e sua influência na qualidade final do adobe em próximos estudos.

3.2.9. Ensaio de resistência à flexão

3.2.9.1. Segundo Enteich & Augusto (1963)

O ensaio proposto por Enteich & Augusto (1963) segue os critérios descritos no referencial teórico. Os apoios de madeira inferiores foram colocados nos extremos dos comprimentos das amostras. Nas FIGURAS 14 e

15 observa-se o momento do ensaio de flexão em que o adobe atinge o limite máximo de resistência e, em seguida, seu rompimento.



FIGURA 14. Ensaio de flexão.

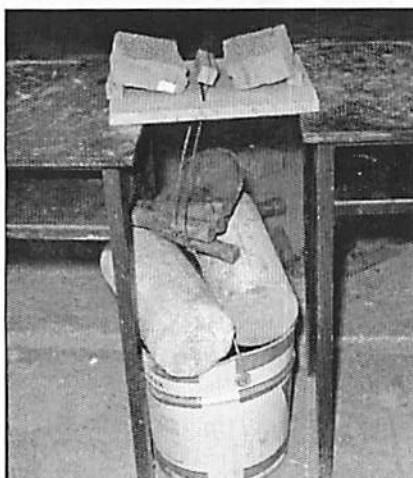


FIGURA 15. Rompimento no ensaio de flexão.

3.2.9.2 Rompimento na prensa manômetro

Optou-se pela utilização da prensa manômetro para o ensaio de flexão, quando os adobes não rompiam com a máxima carga possível pelo método anterior. O procedimento foi utilizar o êmbolo da prensa como carga que, ao entrar em contato com a amostra, pressionava-a até a resistência máxima de flexão, rompendo-se em seguida. Nesse momento era feita a leitura.

Para cada amostra submetida ao ensaio de flexão na prensa manômetro determinou-se a umidade pelo Método da Estufa, peso, volume e peso específico nos três períodos de cura, sendo prioridade para este trabalho apenas a cura aos 35 dias. Os dados referentes aos períodos de 7 e 21 dias serão objetivo de próximos estudos.

3.2.10. Delineamento experimental

Foram definidas nove combinações de tipos de solos e locais, conforme TABELA 8.

TABELA 8. Combinações dos tipos de solos e locais.

Locais	Tipos de solos		
	LVAdm	LVAdarg	LVAdmarg
F (cômodo fechado)	LVAdm (F)	LVAdarg (F)	LVAdmarg (F)
G (galpão coberto)	LVAdm (G)	LVAdarg (G)	LVAdmarg (G)
T (no tempo)	LVAdm (T)	LVAdarg (T)	LVAdmarg (T)

Cada uma dessas combinações gera um experimento isolado ou independente planejado e conduzido no esquema fatorial. Os fatores definidos para cada experimento foram tamanho, correção e cura. O fator tamanho tem como níveis AP (23x11x5,0 cm), BA (23x11x5,5 cm), CA (29x14x10 cm) e

DA (29x14x14 cm). O fator correção granulométrica tem como níveis natural com 0% de correção e 60% para LVAdm e LVAdarg, e para o LVAdmarg os níveis natural, 40% e 60%. O fator cura tem como níveis 7, 21 e 35 dias. As variáveis principais estudadas foram compressão e flexão. Antes de cada ensaio, as amostras foram medidas e pesadas e após o término deles, verificou-se a umidade. As variáveis acessórias então consideradas foram peso, volume, densidade e umidade. Todos os tratamentos foram feitos com quatro repetições. Foi adotado para a comparação o teste de Tukey por meio do software SANEST, cujos autores são Elio Paulo Zonta e Amauri Almeida Machado do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC. O nível de significância considerado foi de 5%.

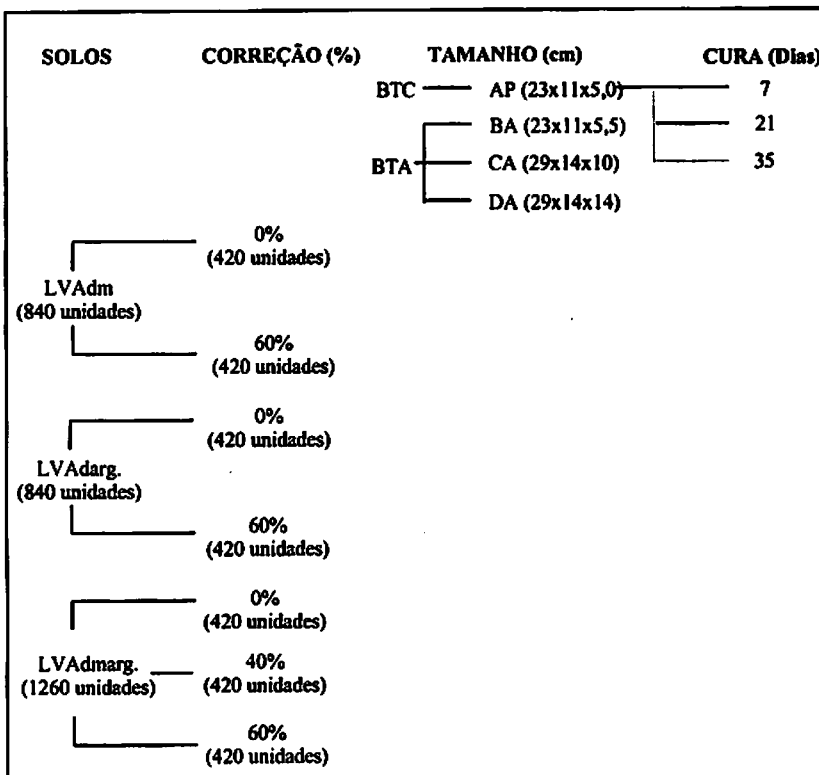


FIGURA 16. Diagrama ilustrativo do delineamento experimental.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Propriedades físicas

4.1.1. Granulometria

Na TABELA 9 e na FIGURA 17 verifica-se a composição granulométrica dos solos utilizados em seu estado natural, determinada por Pacheco & Dias Júnior (1990), que é comparada com a composição ideal para os adobes (Hernandez et al.,1986). O LVAdm é o solo cuja composição granulométrica mais assemelha-se ao adobe, o que não ocorreu para o LVAdarg e LVAdmarg. O solo que possui granulometria semelhante ao adobe pode ser utilizado em seu estado natural, simplificando-se os procedimentos na produção. Comparando-se as quantidades de areia dos solos em seu estado natural, observa-se que o LVAdmarg necessitou de mais areia que o LVAdarg. Portanto, não houve grandes variações no comportamento do LVAdarg quando comparado ao seu estado natural. Conhecer a granulometria do solo é um procedimento essencial para a produção de adobes porque, além de quantificar os componentes do material solo, define a necessidade ou não da estabilização com areia.

TABELA 9. Granulometria dos solos em seu estado natural, comparada com o adobe.

Granulometria	Solos			Adobe
	LVAdm	LVAdarg	LVAdmarg	
Areia (%)	47,0	40,6	19,0	50,0
Silte (%)	31,4	10,2	9,5	30,0
Argila (%)	21,6	49,2	71,5	20,0

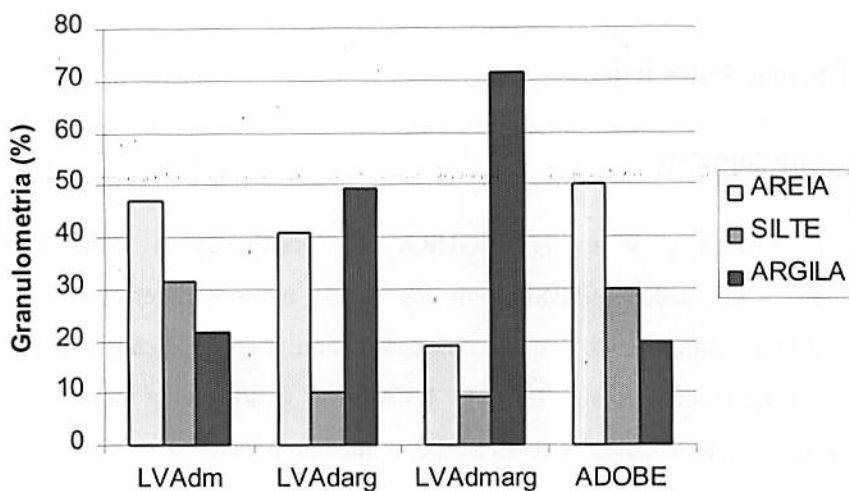


FIGURA 17. Granulometria dos solos em seu estado natural comparada com o adobe.

4.1.2. Umidade ideal

Pela TABELA 10, observa-se que a umidade ideal para os BTCs, determinada pela curva de compactação na prensa MRC-1 Tecmor, quando comparada aos resultados obtidos pelo ensaio proposto por Hernandez et al. (1986) para produção de BTAs, apresenta teores inferiores, em média duas vezes menor. Esse fato pode ser atribuído ao fato de a produção dos adobes ter seguido dois procedimentos distintos para determinar umidade ideal, demonstrando que, para a produção artesanal (BTAs), foi necessária maior quantidade de água, que aumentou para o solo mais argiloso. Quando acrescentou-se areia, diminuiu-se a quantidade de água para as misturas de solo, conforme pode ser observado na TABELA 10. Cada mistura de solo requer uma quantidade específica de água; portanto, não é possível definir um teor de umidade padrão para a confecção de

adobes. Pode-se inferir que nos solos em estudo quando acrescentou-se areia média, a quantidade de água necessária diminuiu em 30 % para os BTCs e 20 % para os BTAs. Pelo fato de os critérios serem diferentes, para BTCs adotou-se umidade ótima, e para BTAs adotou-se o Limite de Liquidez (Hernandez et al., 1986) justificaram necessidade de umidade específicas para cada processo de produção.

Quando se comparam os resultados de umidade ideal de BTAs dos solos em estado natural com o Limite de Liquidez determinado em laboratório por Pacheco & Dias Júnior (1990), constatou-se que os dados não são equivalentes; os valores obtidos no laboratório são superiores aos encontrados no teste de campo, feito com três repetições. A umidade adotada para os BTAs seguiu os resultados do teste de campo, conforme TABELA 10, atingindo resistências satisfatórias. Para o LVAdmarg, observou-se maior semelhança entre as umidades determinadas em laboratório e o método de campo.

TABELA 10. Umidade ideal para produção de BTCs e BTAs.

Solos	Correção com areia	Umidade (%)	
	(Legenda)	BTCs	BTAs
LVAdm	N	12,00	27,10
LVAdm	60	8,80	22,35
LVAdarg	N	16,00	34,76
LVAdarg	60	11,60	27,17
LVAdmarg	N	28,40	48,53
LVAdmarg	40	19,60	38,19
LVAdmarg	60	13,20	30,04

4.1.4. Peso

Na TABELA 12 e nas FIGURAS 21 , 22 e 23, são apresentados os pesos dos BTCs e BTAs aos 35 dias de cura, para os três locais experimentais. As diferentes condições ambientais, os diferentes tamanhos e misturas de solos, e os dois processos de produção influenciaram para uma variação de 2 a 15% em peso. Comparando-se solo arenoso e argiloso, observou-se que o peso do último é menor devido ao maior índice de porosidade. Analisando os resultados no galpão coberto para todos os tamanhos, observou-se aumento do peso entre o estado natural e com 60% de areia em sua composição final em todos os solos, sendo de 5% a 10 % para o LVAdm , de 2% a 14% para o LVAdarg, e de 18% a 25% para o LVAdmarg. Para os tamanhos AP, BA e CA do LVAdarg, a variação ficou de 8% a 14 %, e para DA, de apenas 2%; por isso, a variação total representou 12%. À medida que os adobes foram estabilizados com areia, o peso aumentou e o número de vazios diminuiu, determinando um produto final mais estável e de melhor qualidade. O peso dos adobes no galpão coberto aos 35 dias de cura, para o tamanho AP, apresentou variação de 26% entre 1,486 e 2,051 kg; para BA, em 35% entre 1,563 kg e 2,415 kg; para CA, em 24% entre 4,945 kg e 6,549 kg, e para DA, em 27% entre 6,669 kg e 9,180 kg, sendo os maiores resultados obtidos, referentes aos solos arenosos e estabilizados com areia e os menores, aos argilosos. O tamanho CA apresentou maior aumento em peso no solo LVAdmarg quando comparado com os outros solos, ficando DA, que tem maior espessura, sem variação. Pode-se inferir que a espessura do adobe influenciou na eficiência da correção granulométrica com areia, principalmente nos solos mais argilosos, com maior eficiência nos adobes de menor espessura.

TABELA 12. Peso dos adobes aos 35 dias nos três locais de cura.

		Peso (kgf)			
		BTC	BTA		
Solos	Locais	AP (cm) 23x11x5,0	BA (cm) 23x11x5,5	CA (cm) 29x14x10	DA (cm) 29x14x14
LVAdm (N)	F	2,030	2,206	6,435	9,524
	G	2,051	2,191	6,143	8,760
	T	1,964	2,023	6,158	8,341
LVAdm (60)	F	1,900	2,338	6,560	10,020
	G	1,930	2,415	6,549	9,180
	T	1,903	2,334	6,466	9,365
LVAdarg (N)	F	1,741	1,889	6,250	9,058
	G	1,678	1,814	5,416	8,995
	T	1,613	1,755	5,403	9,138
LVAdarg (60)	F	1,863	2,058	6,345	9,738
	G	1,833	2,041	6,235	9,144
	T	1,788	1,985	6,278	9,075
LVAdmarg (N)	F	1,500	1,666	5,693	7,329
	G	1,486	1,563	4,945	6,669
	T	1,470	1,529	4,811	6,608
LVAdmarg (40)	F	1,560	1,896	6,150	8,293
	G	1,522	1,665	5,461	7,460
	T	1,596	1,451	5,370	7,289
LVAdmarg (60)	F	1,735	1,958	6,611	8,385
	G	1,808	1,930	5,934	8,720
	T	1,723	1,909	5,874	8,461

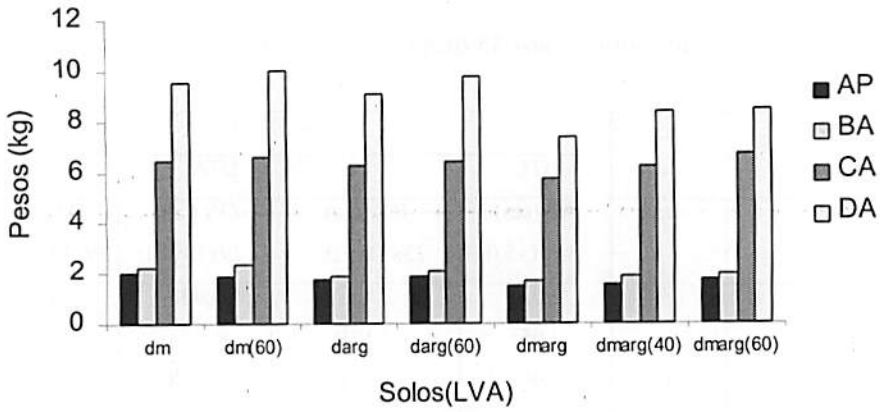


FIGURA 21. Solos vs peso aos 35 dias de cura em cômodo fechado.

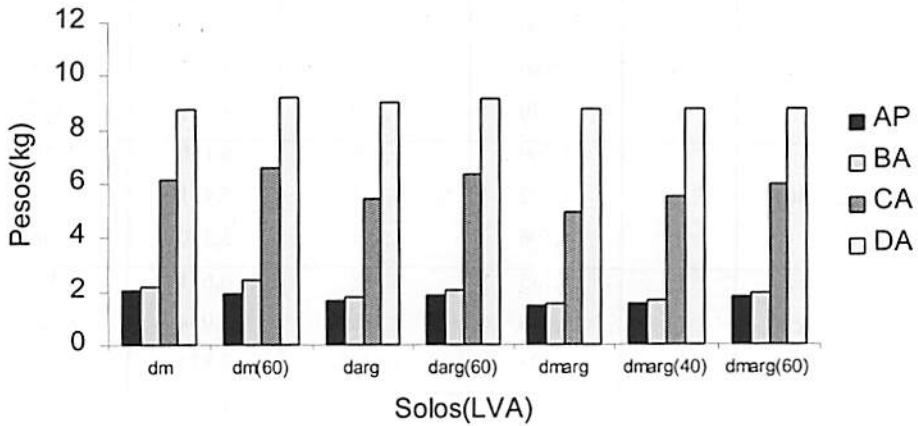


FIGURA 22. Solos vs peso aos 35 dias de cura em galpão coberto.

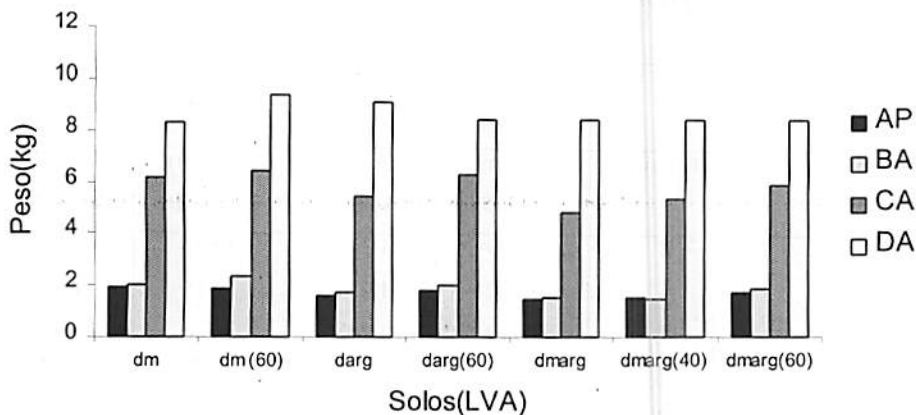


FIGURA 23. Solos vs peso aos 35 dias de cura no tempo.

4.1.5. Volume

Na TABELA 13 e nas FIGURAS 24, 25 e 26 são apresentados os resultados dos volumes dos BTCs e BTAs aos 35 dias de cura, para os três locais experimentais. O LVAdm e os solos estabilizados com areia apresentaram volumes maiores nos três locais de cura. A variação volumétrica é maior nos solos argilosos, demonstrando novamente a propriedade da areia em preencher os vazios, diminuindo a porosidade. Para os BTCs ocorreu menor variação volumétrica quando comparado aos BTAs, exceto para o LVAdmarg, devido a sua composição granulométrica. O volume do adobe no galpão coberto aos 35 dias de cura, considerando os solos no estado natural e estabilizados com areia média, para o tamanho AP, variou em 9% entre 1.072 e 1.181 cm³; para BA variou em 18% entre 1.097 e 1.337 cm³; para CA variou em 18% entre 3.172 e 3.848 cm³; e para DA, variou em 16% entre 4.207 e 5.002 cm³. Os solos arenosos apresentaram os maiores volumes e os argilosos, os menores.

TABELA 13. Volume dos adobes aos 35 dias nos três locais de cura.

		Volume (cm ³)			
		BTC	BTA		
Solos	Locais	AP (cm)	BA (cm)	CA (cm)	DA (cm)
		23x11x5,0	23x11x5,5	29x14x10	29x14x14
LVAdm (N)	F	1.170	1.271	3.591	4.826
	G	1.170	1.259	3.515	4.956
	T	1.170	1.188	3.326	4.469
LVAdm (60)	F	1.175	1.349	3.807	4.914
	G	1.175	1.337	3.848	5.002
	T	1.175	1.295	3.655	5.002
LVAdarg (N)	F	1.153	1.155	3.348	4.563
	G	1.153	1.115	3.228	4.563
	T	1.153	1.110	3.053	3.391
LVAdarg (60)	F	1.181	1.183	3.486	4.826
	G	1.181	1.183	3.461	4.901
	T	1.170	1.183	3.384	4.810
LVAdmarg (N)	F	1.078	1.120	3.308	4.308
	G	1.072	1.097	3.172	4.207
	T	1.072	1.092	3.159	4.308
LVAdmarg (40)	F	1.153	1.183	3.206	4.388
	G	1.153	1.172	3.335	4.580
	T	1.136	1.154	3.421	4.469
LVAdmarg (60)	F	1.175	1.183	3.486	4.914
	G	1.175	1.183	3.486	4.826
	T	1.175	1.183	3.421	4.826

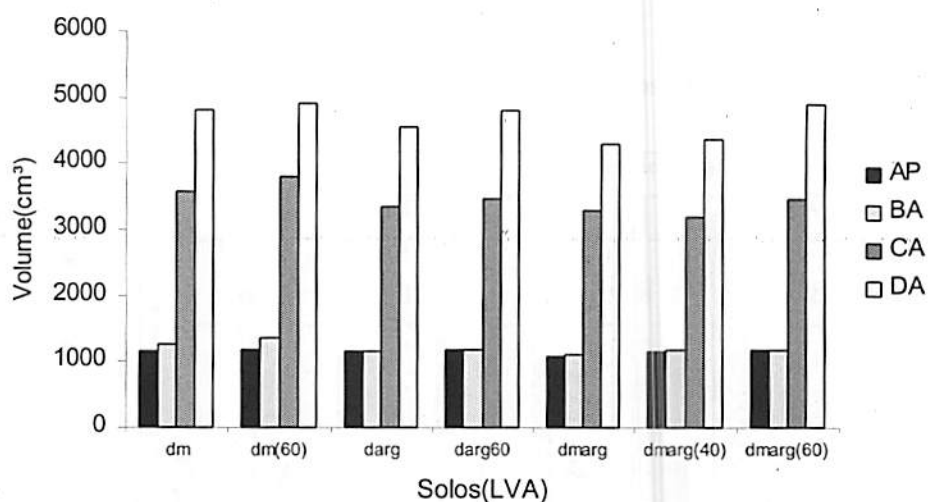


FIGURA 24. Solos vs volume aos 35 dias de cura em cômodo fechado.

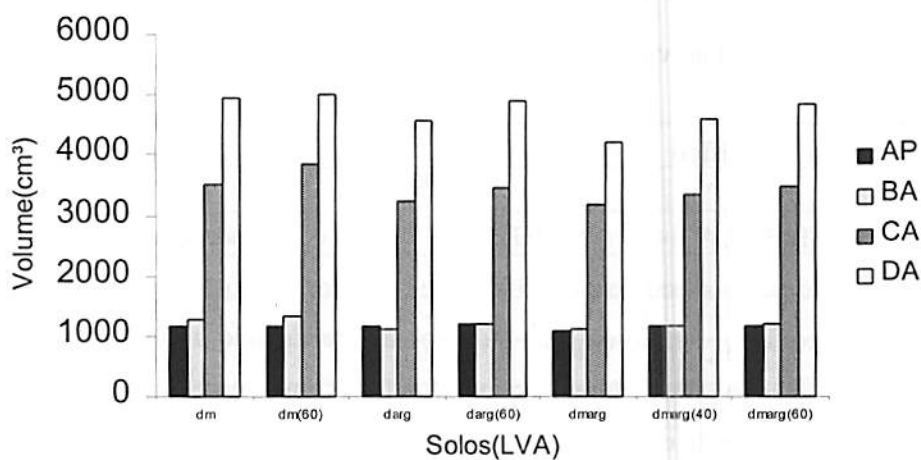


FIGURA 25. Solos vs volume aos 35 dias de cura em galpão coberto.

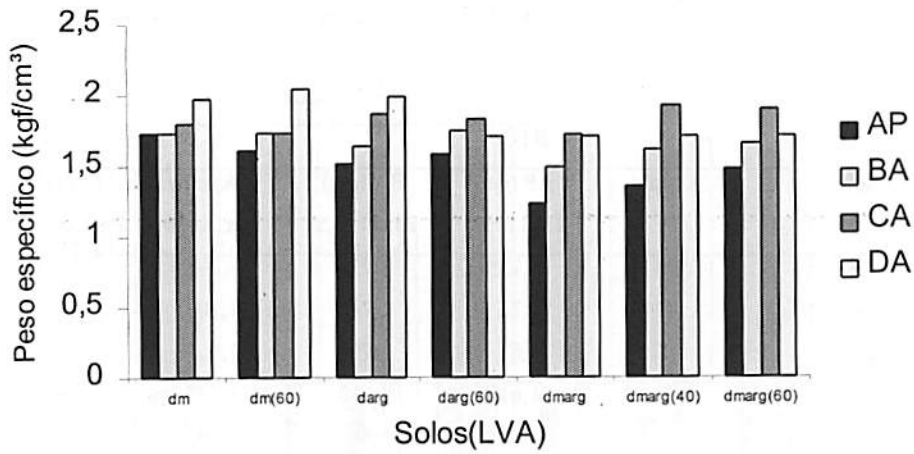


FIGURA 27. Solos vs peso específico aos 35 dias de cura em cômodo fechado.

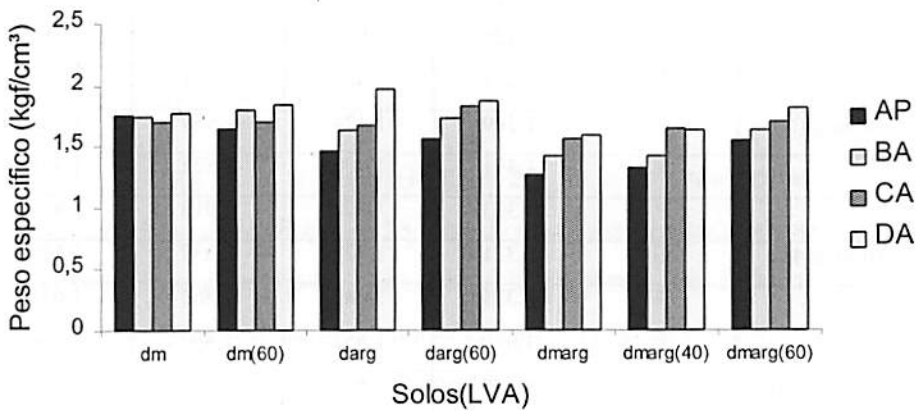


FIGURA 28. Solos vs peso específico aos 35 dias de cura em galpão coberto.

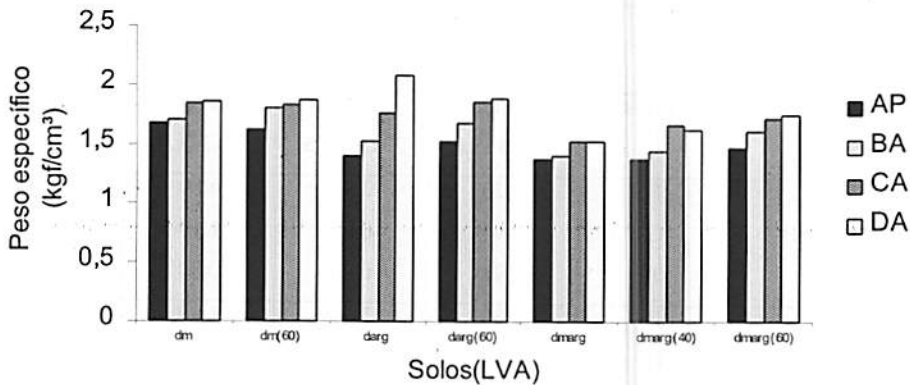


FIGURA 29. Solos vs peso específico aos 35 dias de cura no tempo.

4.1.7. Umidade

Na TABELA 15 e FIGURAS 30, 31 e 32 são apresentados os resultados de umidade aos 35 dias de cura, nos três locais experimentais. A umidade apresentou maiores variações nos solos mais argilosos, porque esses retêm mais água. Os adobes que ficaram no cômodo fechado tiveram a cura muito lenta, apresentando umidade ainda significativa no final do processo, ocorrendo o oposto nas amostras que ficaram no tempo. No local galpão coberto, aos 35 dias de cura, a umidade das amostras para o tamanho AP teve variação de 65%, entre 0,97 e 2,76%; para BA de 83% entre 0,93 e 5,41%; para CA de 92% entre 0,42 e 5,15%, e para DA, de 80% entre 0,81 e 3,94%. O resultado de umidade aos 35 dias, no local galpão coberto, determinou que nesse período de cura os adobes encontram-se em condições de uso para construção de alvenaria.

TABELA 15. Umidade dos adobes aos 35 dias nos três locais de cura.

Solos		Umidade (%)			
		BTC		BTA	
		AP (cm) 23x11x5,0	BA (cm) 23x11x5,5	CA (cm) 29x14x10	DA (cm) 29x14x14
LVAdm (N)	F	2,23	2,91	6,80	8,34
	G	0,97	0,93	1,10	0,97
	T	0,98	0,96	0,84	1,42
LVAdm (60)	F	1,37	3,00	1,90	5,79
	G	0,84	1,35	0,42	0,81
	T	1,02	0,67	0,54	0,54
LVAdarg(N)	F	5,25	3,62	18,79	17,47
	G	1,77	2,22	2,29	2,02
	T	1,22	1,21	1,59	1,84
LVAdarg (60)	F	2,42	4,40	7,04	11,66
	G	1,37	1,31	1,93	1,53
	T	1,06	1,06	1,28	2,02
LVAdmarg (N)	F	6,64	9,94	24,60	12,96
	G	2,40	5,41	5,15	3,94
	T	1,63	2,16	3,92	4,79
LVAdmarg(40)	F	6,07	6,66	13,23	10,36
	G	2,76	2,43	2,76	1,88
	T	2,44	1,69	1,48	1,29
LVAdmarg(60)	F	2,30	3,02	13,78	7,12
	G	1,91	1,89	1,68	2,02
	T	2,39	1,06	0,84	2,13

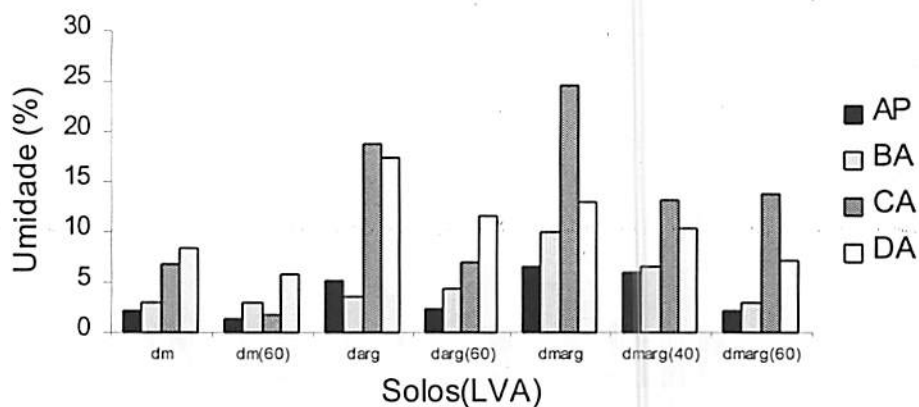


FIGURA 30. Solos vs umidade aos 35 dias de cura em cômodo fechado.

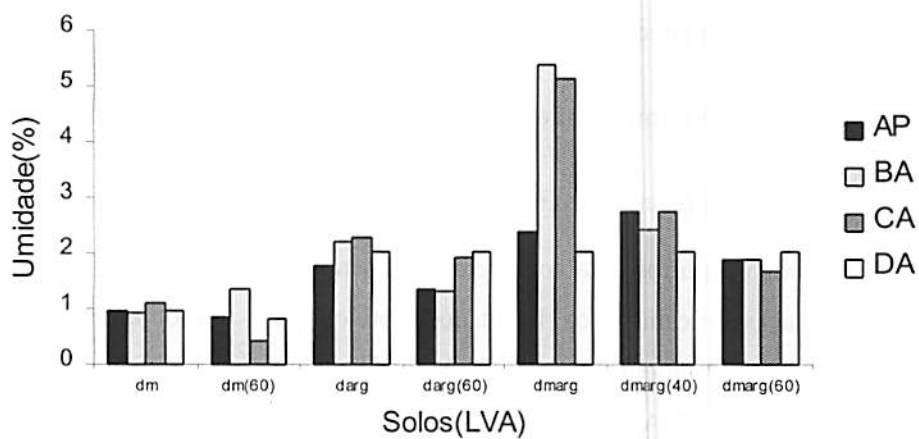


FIGURA 31. Solos vs umidade aos 35 dias de cura em galpão coberto.

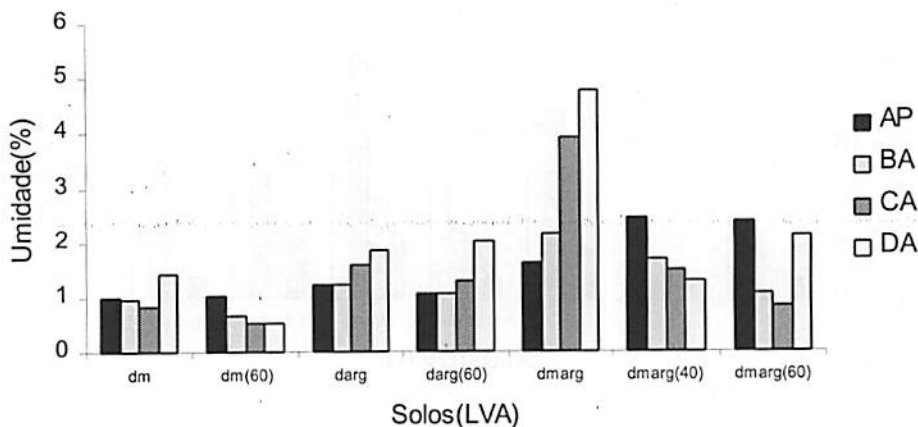


FIGURA 32. Solos vs umidade aos 35 dias de cura no tempo.

4.2. Propriedades mecânicas

4.2.1 Resistência à compressão

4.2.1.1. Análise comparativa fixando correção e comparando tamanho

A comparação foi feita considerando o sentido horizontal da TABELA 16, pela qual verificam-se os resultados obtidos pelo desdobramento das interações triplas. A interação entre os fatores tamanhos, correção e cura foi significativa para o LVAdm, LVAdarg e LVAdmarg. Tanto para os solos no estado natural quanto para os estabilizados, o tamanho BA (23x11x5,5 cm) apresentou resultados superiores, destacando-se dos demais, ao passo que o tamanho AP (23x11x5,0 cm), produzido com a prensa manual, apresentou os piores resultados. Para os três solos em estudo, pode-se inferir baseando-se na TABELA 16, que houve menor variação entre os resultados para o LVAdm, que para o LVAdarg e o LVAdmarg. Esses últimos tiveram resultados superiores devido à propriedade “ligante” da argila, mas, em contrapartida, o aproveitamento da produção foi menor, principalmente nos adobes localizados

no tempo, que apresentaram trincas e fissuras. No estado natural, nota-se menor variação entre os resultados de LVAdm, caracterizando menor influência para tamanhos diferentes. Para LVAdarg e LVAdmarg, ocorreu o oposto, destacando-se o menor tamanho BA (23x11x5,5 cm) e CA (29x14x10 cm), que tem menor espessura que DA (29x14x14 cm) como os melhores resultados. Considerando a cura em galpão coberto, a correção granulométrica estabiliza os resultados para os adobes maiores, e contribui para melhorar a resistência, além de ser mais eficiente para CA, que tem mesmas dimensões de DA, mas tem menor espessura.

TABELA 16. Resistência à compressão aos 35 dias de cura fixando correção.

Solos	Locais	Correção	Resistência à compressão (MPa)			
			BTC	BTA	BTA	BTA
			AP (cm) 23x11x5,0	BA (cm) 23x11x5,5	CA (cm) 29x14x10	DA (cm) 29x14x14
LVAdm	F	N	1,50 ^b	2,63 ^a	2,89 ^a	2,38 ^{ab}
		60	0,71 ^c	2,25 ^a	1,38 ^{bc}	2,13 ^{ab}
	G	N	2,06 ^a	2,38 ^a	1,88 ^a	1,63 ^a
		60	0,71 ^c	2,63 ^a	1,75 ^b	1,63 ^b
	T	N	1,50 ^a	1,75 ^a	1,63 ^a	1,75 ^a
		60	0,69 ^b	2,13 ^a	0,75 ^b	1,63 ^a
LVAdarg	F	N	1,33 ^{bc}	3,88 ^a	1,06 ^c	1,90 ^b
		60	1,00 ^c	2,63 ^a	2,25 ^{ab}	1,69 ^b
	G	N	1,25 ^c	4,00 ^a	1,88 ^c	2,75 ^b
		60	1,00 ^c	2,38 ^b	3,44 ^a	1,88 ^b
	T	N	1,05 ^c	4,75 ^a	2,63 ^b	2,38 ^b
		60	0,75 ^c	3,38 ^a	2,94 ^{ab}	2,38 ^b
LVAdmarg	F	N	1,69 ^c	3,75 ^b	3,13 ^c	5,00 ^a
		40	1,00 ^b	2,88 ^a	3,25 ^a	2,69 ^a
		60	1,13 ^c	3,00 ^a	1,88 ^{bc}	2,13 ^b
	G	N	1,75 ^c	3,38 ^b	4,50 ^a	3,38 ^b
		40	1,38 ^c	3,50 ^a	2,50 ^b	2,50 ^b
		60	1,06 ^c	3,21 ^a	2,81 ^a	1,88 ^b
	T	N	1,88 ^c	4,00 ^b	4,88 ^a	2,00 ^c
		40	1,63 ^b	3,00 ^a	3,25 ^a	1,88 ^b
		60	1,63 ^c	2,88 ^a	2,00 ^b	1,75 ^b

Médias com letras iguais na horizontal não diferem entre si, com nível de significância de 5% , pelo Teste de Tukey.

4.2.1.2. Análise comparativa fixando tamanhos e comparando correção

A comparação foi feita considerando o sentido horizontal da TABELA 17, na qual constata-se os resultados obtidos pelo desdobramento das interações triplas. A interação entre os fatores tamanho, correção e cura foi significativa. Para os tamanhos BA (23x11x5,5 cm) e CA (29x14x10 cm), a correção granulométrica teve melhores resultados. A estabilização com areia, apesar dos resultados em alguns casos ser inferior ao estado natural dos solos, proporcionou principalmente no LVAdarg e LVAdmarg melhor qualidade dos adobes, diminuindo a perda na produção devido à ocorrência de trincas e fissuras. Para o tamanho AP (23x11x5,0 cm), a correção granulométrica apresentou resistências menores com relação ao estado natural para todos os solos. Para BA (23x11x5,5 cm), observa-se um melhor resultado da correção com areia para o LVAdmarg, que mantém a resistência e diminui a probabilidade de contração. Para CA (29x14x10 cm), observou-se o melhor resultado em todas as misturas de solos, com acréscimo na resistência para LVAdm e LVAdarg, e para LVAdmarg, a correção com 60% apresentou resultados superiores à de 40%. Com o tamanho DA (29x14x14 cm), quando comparado com CA (29x14x10 cm), demonstrou-se que a espessura maior teve influência na perda de resistência do adobe, quando estabilizado.

TABELA 17. Resistência à compressão aos 35 dias de cura fixando tamanho.

Solos	Tamanhos	Locais	Resistência à compressão (MPa)		
			Natural	60 %	40 %
LVAdm	AP (23x11x5cm)	F	1,50 ^a	0,71 ^b	
		G	2,06 ^a	0,71 ^b	
		T	1,50 ^a	0,69 ^b	
	BA (23x11x5,5 cm)	F	2,63 ^a	2,25 ^a	
		G	2,38 ^a	2,63 ^a	
		T	1,75 ^a	2,13 ^a	
	CA (29x14x10 cm)	F	2,89 ^a	1,38 ^b	
		G	1,88 ^a	1,75 ^a	
		T	1,63 ^a	0,75 ^b	
	DA (29x14x14 cm)	F	2,13 ^a	2,13 ^a	
		G	1,63 ^a	1,63 ^a	
		T	1,75 ^a	1,63 ^a	
LVAdarg	AP (23x11x5cm)	F	1,33 ^a	1,00 ^a	
		G	1,25 ^a	1,00 ^a	
		T	1,06 ^a	0,75 ^a	
	BA (23x11x5,5 cm)	F	3,88 ^a	2,63 ^b	
		G	4,00 ^a	2,38 ^b	
		T	4,75 ^a	3,38 ^b	
	CA (29x14x10 cm)	F	1,07 ^b	2,25 ^a	
		G	1,88 ^b	3,44 ^a	
		T	2,63 ^a	2,94 ^a	
	DA (29x14x14 cm)	F	1,90 ^a	1,69 ^a	
		G	2,75 ^a	1,88 ^b	
		T	2,38 ^a	2,38 ^a	
LVAdmarg	AP (23x11x5cm)	F	1,69 ^a	1,13 ^a	1,00 ^a
		G	1,75 ^a	1,06 ^a	1,38 ^a
		T	1,88 ^a	1,63 ^a	1,63 ^a
	BA (23x11x5,5 cm)	F	3,75 ^a	3,00 ^b	2,88 ^b
		G	3,38 ^a	3,25 ^b	3,00 ^b
		T	4,00 ^a	2,88 ^b	2,38 ^a
	CA (29x14x10 cm)	F	3,13 ^a	1,88 ^b	3,25 ^a
		G	4,50 ^a	2,81 ^b	2,50 ^a
		T	4,88 ^a	2,00 ^b	3,25 ^b
	DA (29x14x14 cm)	F	5,00 ^a	2,13 ^b	2,69 ^b
		G	3,38 ^a	1,88 ^b	2,50 ^b
		T	2,00 ^a	1,75 ^a	1,88 ^a

Médias com letras iguais na horizontal não diferem entre si, com nível de significância de 5%, pelo Teste de Tukey

Na FIGURAS 33, 34 e 35 estão representados, respectivamente, os resultados de resistência à compressão para o LVAdm (N) e LVAdm (60) nos três locais de cura. Analisando os resultados obtidos no galpão coberto, observa-

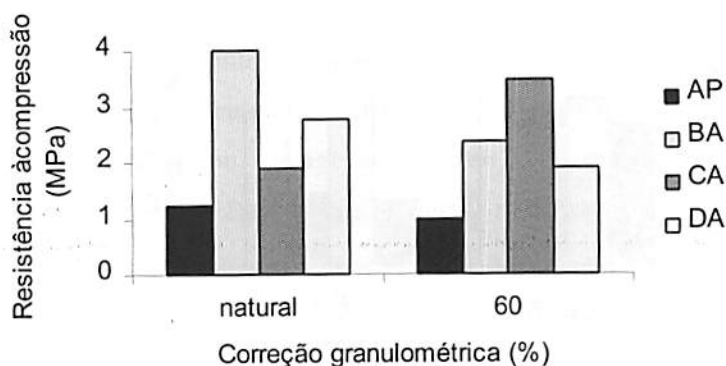


FIGURA 37. Resistência à compressão do LVAarg aos 35 dias em galpão coberto.

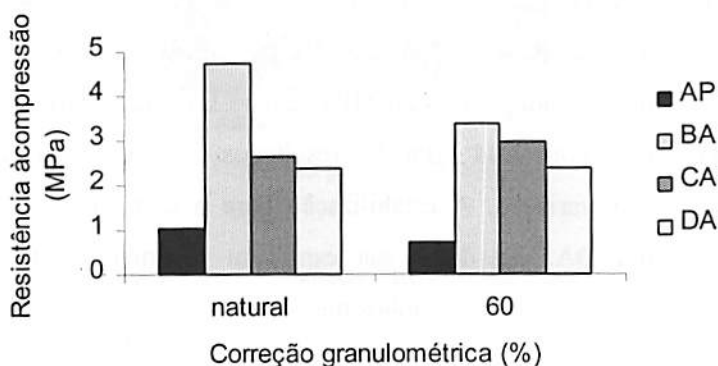


FIGURA 38. Resistência à compressão do LVAarg aos 35 dias no tempo.

Nas FIGURAS 39, 40 e 41 estão representados, respectivamente, os resultados de resistência à compressão para o LVAdmarg (N) e LVAdmarg (60) nos três locais de cura. Para o LVAdmarg (N), o tamanho CA (29x14x10 cm) com 4,50 MPa foi o melhor resultado; para o LVAdmarg (40), BA (23x11x5,5 cm) destacou-se com 3,50 MPa, e para LVAdmarg (60), a variação entre BA (23x11x5,5 cm), com 3,21 MPa, e CA (29x14x10 cm) com 2,81MPa, não foi significativa. O LVAdmarg apresentou maior variação nos resultados em

seu estado natural, sendo o tamanho CA mais beneficiado pela estabilização, por ter espessura menor que DA. Os tamanhos maiores mostraram-se mais instáveis.

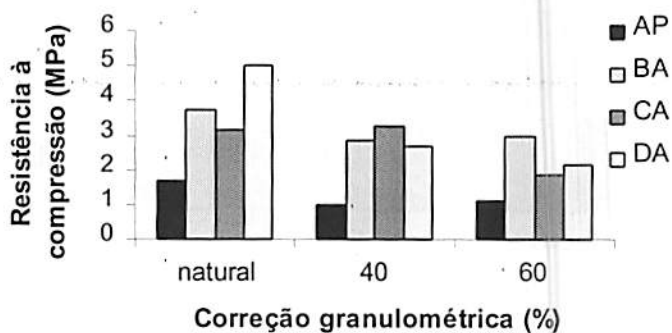


FIGURA 39 Resistência à compressão do LVAdmarg aos 35 dias em cômodo fechado.

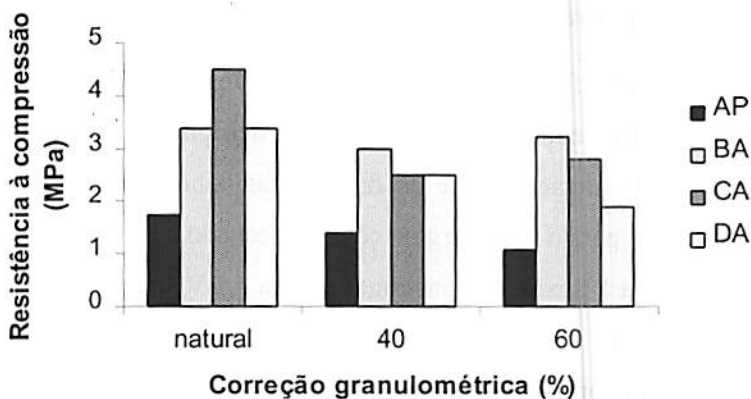


FIGURA 40 Resistência à compressão do LVAdmarg aos 35 dias em galpão coberto.

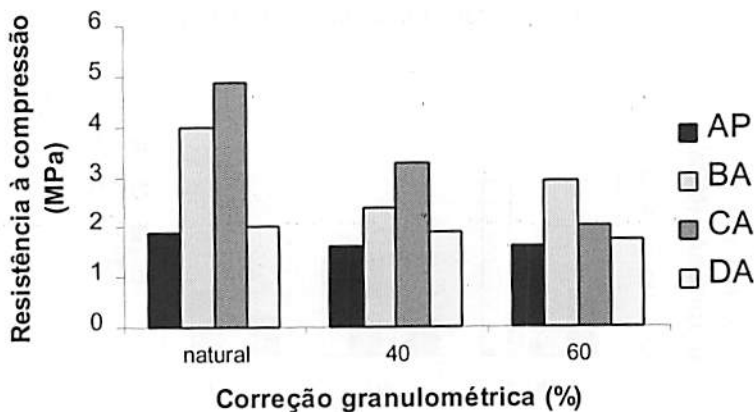


FIGURA 41 Resistência à compressão do LVAdmarg aos 35 dias no tempo.

4.2.2. Resistência à flexão

4.2.2.1. Análise comparativa fixando correção e comparando tamanho

A comparação foi feita no sentido horizontal da TABELA 18, cujos resultados estão relacionados, obtidos através de desdobramento de interações triplas e duplas. A interação entre os fatores tamanho, correção e cura foi significativa, exceto para o LVAdarg no cômodo fechado e no galpão coberto. O ensaio de resistência à flexão demonstrou que para o LVAdm, o LVAdarg, e o LVAdmarg, tanto no estado natural como corrigido com areia média, os melhores resultados apresentados foram para o tamanho BA (23x11x5,5 cm) e para LVAdmarg. Observa-se que, para LVAdarg, não ocorreu interação significativa entre os três fatores no cômodo fechado e no galpão coberto, tendo sido feito o desdobramento entre os fatores tamanho e cura, pelo fato de a correção não ter influenciado nos resultados. Esse fator teve importância com a cura no tempo, em que se pôde inferir que a estabilização com areia média para o adobe exposto às variações climáticas determinou o preenchimento de vazios,

evitando-se a contração da argila. Observou-se também que houve equivalência entre os resultados dos demais tamanhos.

TABELA 18. Resistência à flexão aos 35 dias de cura fixando correção.

Solos	Locais	Correção (%)	Resistência à Flexão (MPa)			
			BTC		BTA	
			AP (cm) (23x11x5)	BA (cm) (23x11x5,5)	CA (cm) (29x14x10)	DA (cm) (29x14x14)
LVAdm	F	N	0,24 ^b	0,40 ^a	0,15 ^c	0,26 ^b
		60	0,15 ^c	0,51 ^a	0,15 ^c	0,26 ^b
	G	N	0,25 ^b	0,55 ^a	0,10 ^c	0,09 ^c
		60	0,12 ^b	0,45 ^a	0,12 ^b	0,15 ^b
	T	N	0,17 ^{bc}	0,51 ^a	0,11 ^c	0,23 ^b
		60	0,14 ^c	0,43 ^a	0,15 ^c	0,24 ^b
LVAdarg	F	-	0,17 ^b	0,49 ^a	0,10 ^b	0,18 ^b
		-	-	-	-	-
	G	-	0,17 ^b	0,57 ^a	0,12 ^b	0,22 ^b
		-	-	-	-	-
	T	N	0,20 ^{bc}	0,64 ^a	0,14 ^c	0,25 ^b
		60	0,12 ^b	0,58 ^a	0,11 ^b	0,13 ^b
LVAdmarg	F	Natural	0,20 ^{bc}	0,62 ^a	0,15 ^c	0,30 ^b
		40%	0,24 ^b	0,57 ^a	0,13 ^b	0,24 ^b
		60%	0,13 ^b	0,58 ^a	0,09 ^b	0,20 ^b
	G	Natural	0,24 ^b	0,77 ^a	0,12 ^c	0,18 ^{bc}
		40%	0,20 ^b	0,62 ^a	0,13 ^b	0,19 ^b
		60%	0,08 ^b	0,52 ^a	0,11 ^b	0,13 ^b
	T	Natural	0,22 ^b	0,72 ^a	0,16 ^b	0,21 ^b
		40%	0,18 ^b	0,55 ^a	0,14 ^b	0,17 ^b
		60%	0,13 ^b	0,53	0,11 ^b	0,20 ^b

Médias com letras iguais na horizontal não diferem entre si, com nível de significância de 5%, pelo Teste de Tukey.

4.2.2.2. Análise comparativa fixando tamanho e comparando correção

A comparação foi feita no sentido horizontal da TABELA 19, cujos resultados obtidos pelos desdobramentos em interações duplas e triplas estão relacionados. A interação entre os fatores tamanho, correção e cura foi significativa, exceto para o LVAdarg no cômodo fechado e no galpão coberto. Observa-se que à medida que os tamanhos aumentam, a correção com areia mostra-se mais eficiente equilibrando os resultados de resistência. Quando se

- O processo artesanal que utiliza a “maromba” para a mistura do material de solo, conferiu melhores resistências aos adobes, por proporcionar maior homogeneização da mistura.
- Os resultados de resistência à compressão encontrados foram superiores à média referida na bibliografia consultada, que variou de 0,5 Mpa para BTA e 18 Mpa para BTC.
- Os resultados médios de resistência à flexão correspondem a aproximadamente 30% dos resultados de compressão.
- A produção em galpão coberto possibilita a perda gradual de água, contribuindo para melhor qualidade do adobe.
- O tamanho BA (23x11x5,5 cm) superou as expectativas, demonstrando que adobes robustos não são sinônimo de maior resistência.
- Comparando-se resultados de CA (29x14x10 cm) e DA (29x14x14 cm), observa-se que o primeiro tamanho tem resistências superiores ao segundo, sugerindo que menor espessura proporciona blocos de melhor resistência à compressão. O oposto ocorreu para a resistência à flexão.
- O peso, volume, peso específico e umidade final contribuíram como variáveis acessórias para a análise e discussão dos resultados.
- A estabilização com areia média foi mais eficiente para os solos argilosos.

5. CONCLUSÕES

O processo de produção de BTA (bloco de terra artesanal) apresentou resultados superiores quando comparado à produção de BTC (bloco de terra comprimida), para produção de adobes em estado natural e estabilizados com areia média, optando-se, então, pelo primeiro processo.

O local de cura ideal para o adobe é o galpão coberto, por proporcionar perda gradual de umidade e maior uniformidade na secagem, evitando-se assim o fenômeno da contração e o aparecimento de trincas, que diminuem a resistência e o aproveitamento da produção.

A espessura dos adobes nos tamanhos CA e DA influenciou os resultados de resistência à flexão e compressão. Quando maior, diminuiu a resistência à compressão, aumentando a resistência à flexão.

A estabilização com areia média proporcionou adobes de melhor qualidade, principalmente nos tamanhos maiores CA (29x14x10 cm) e DA (29x14x14 cm).

O tamanho BA (23x11x5,5 cm) apresentou os melhores resultados de resistência à flexão e compressão.

Os critérios adotados na produção referentes à umidade ideal e estabilização com areia média promoveram a melhor qualidade no produto final.

Todo material de solo deve ser caracterizado quanto à granulometria e composição mineralógica para que seja determinada a sua viabilidade para produção de adobes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. T. *Terra tierra earth terre*. [S.l.: s. n.], [1985?]. Trabalho acadêmico encontra do no Arquivo do Departamento de Materiais de Construção da Escola de Arquitetura da UFMG. Não paginado.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182: solo-ensaio decompactação: método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1986. 10 p.

BARDOU, P.; ARZOUMANIAN, V. *Arquitetura de Adobe*. 2. ed. Barcelona: Gustavo Gilli, 1981. 165 p.

CLIFTON, J. R.; BROWN, P. W.; ROBBINS, C. R. *Methods for Characterizing adobe building materials*. Washington: U.S. Department of Commerce, 1978. 52 p.

CLIFTON, J. R. *Preservation of historic adobe structures a status report*. Washington: U.S. Government Printing Office, 1977. 30p.

ENTEICH, G.; AUGUSTO, A. *Suelo-cimento su application en la edificacion*. Bogotá, Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento, 1963. 99 p.

FREIRE, W. J.; RAMIREZ SARMIENTO, C. *Argamassa de cimento e areia combinada com fibras de bagaço de cana-de-açúcar*. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.17, n. 2, p.1-8, dez.1997.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS-CETEC. *Prática de Implantação de tecnologias apropriadas ao meio rural*. Belo Horizonte, 1985. 57 p.

HERNANDEZ, R., ENRIQUE, L.; LUNA, M. L. A.. *Cartilha de Pruebas de Campo para seleccion de tierras en la fabricación de adobes*. México: Conescal, 1983. 72 p.

LAVINSKY, E. C. A.; SERÓDIO, R. S.; FERREIRA FILHO, E. de M.; CUNHA, J. *Fabri co manual de adobes no sul da Bahia: definição de técnica, forma e solo*. In: CONGRES SO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 10., Londrina. *Anais...* Londrina: CEPLAC/CEPEC/EMARC, 1991.

LAVINSKY, E. C. A.; SERÓDIO, R. S.; FERREIRA FILHO, E. de M.; CUNHA, J. Resistência de adobes estabilizados com diversos materiais disponíveis na região cacauzeira da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19. Piracicaba., SP. Anais... Piracicaba: CEPLAC/CEPEC/EMARC, 1990.

MARTINEZ, E. A. (Coord.). Manual para la Construcion das viviendas con adobe. [S. l.: s. n.], 1979. 16 p. (Cuadernos de Material Didático, 2).

MILANEZ, A. Casa de terra, as técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo. S.C.: SESP, 1958.

NEUMANN, J. V.; BERNALES, J. B.; BLONDET, M. Resistência Sísmica de la Mamposteria de adobe. Lima; Pontificia Universidade Católica del Peru. 19 p. (Publicacion 01-84.01. Série Difision).

ORTEGA, A. Materiaux et techniques de construction. Lima: Pontificia Universidad Católica del Peru, 1983. 43 p.

PACHECO, A. A. R. C.; DIAS JUNIOR, M. S. Estudo comparativo de métodos de campo e laboratório aplicados à confecção de blocos em adobe. [S.l.: s.n.], 1990. 14 p.

PICCHI, F. A.; CINCOTTO, M. A.; BARROS, T. M. C. Tijolos de Solo Cal. A Construção, São Paulo, n. 2017, p. 25-30, out. 1986.

PROJETO Favela. São Paulo: USP, [1985?]. 20 p.

RODRIGUES, J. W. A casa de moradia no Brasil antigo. Revista do Serviço de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, p.159-197, 1980.

ROLIM, M. M.; FREIRE, W. J. Resistência à compressão de tijolos fabricados com solo-vinhaça concentrada. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 17, n.3,p.1-8, mar.1998.

SERÓDIO, R. S.; LAVINSKY, E.C.A.; FERREIRA. FILHO, E. de M.; Resistencia de adobes confeccionados com solos lateríticos da região cacauzeira da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., 1992, Santa Maria, RS. Anais ... Santa Maria, RS: CEPLAC/CEPEC/EMARC, 1992.

SILVA, R. T. Arquitetura e energia; uma tecnologia de projetos. Belo Horizonte: UFMG, 1981. 38 p.

TECMOR. Tecnologia em Solo-cimento. Prensa manual Modelo MRC1. São Carlos: Sitec, [1985?]. Catálogo de Equipamentos Mecânicos.

VELLOSO, C. H. V.; LARA, D. S.; FARIA NETO, J. L.; SAFFAR, J. M. E.; PEREIRA, N. T. Z. I Relatório parcial de acompanhamento do projeto "estabilização de solos por processos físicos e físicos-químicos para a construção de paredes de alvenaria ou monolíticos em habitações unifamiliares de baixo custo. Belo Horizonte: CETEC, 1985. 14 p.

WILLIAMS-ELLIS, C.; EASTWICK-FIELD, E. Building in cob, pise, and stabilized earth. London: Country Life, 1950. 138 p.

ANEXOS

ANEXO A

Página

TABELA 1A	Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm em cômodo fechado.....	67
TABELA 2A	Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm em galpão coberto.....	67
TABELA 3A	Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm no tempo.....	67
TABELA 4A	Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg em cômodo fechado.....	68
TABELA 5A	Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg em galpão coberto.....	68
TABELA 6A	Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg no tempo.....	68
TABELA 7A	Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg em cômodo fechado.....	69
TABELA 8A	Quadros de análise de variância para a variável compressão e o fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg em galpão coberto.....	69
TABELA 9A	Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg no tempo.....	69



ANEXO B

		Página
TABELA 1B	Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm em cômodo fechado.....	70
TABELA 2B	Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm em galpão coberto.....	70
TABELA 3B	Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm no tempo.....	70
TABELA 4B	Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg em cômodo fechado.....	71
TABELA 5B	Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg em galpão coberto.....	71
TABELA 6B	Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg no tempo.....	71
TABELA 7B	Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg em cômodo fechado.....	72
TABELA 8B	Quadros de análise de variância para a variável flexão e o fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg em galpão coberto.....	72
TABELA 9B	Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg no tempo.....	72

TABELA 1A. Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm em cômodo fechado.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	1243.0173611	72.2918	0.00001
CORREÇÃO	1	455.0104167	26.4626	0.00003
CURA	2	1028.6796875	59.8263	0.00001
TAM*COR	3	106.1701389	6.1747	0.00116
TAM*CUR	6	500.4782986	29.1070	0.00001
COR*CUR	2	230.1744792	13.3866	0.00006
TAM*COR*CUR	6	114.0425347	6.6325	0.00006
RESIDUO	72	17.1944444		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 16.218750				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 25,567%				

TABELA 2A Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm em galpão coberto.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	1246.4678819	63.6861	0.00001
CORREÇÃO	1	134.1901042	6.8562	0.01045
CURA	2	200.0963542	10.2236	0.00028
TAM*COR	3	355.2178819	18.1492	0.00001
TAM*CUR	6	233.7595486	11.9435	0.00001
COR*CUR	2	22.0651042	1.1274	0.32994
TAM*COR*CUR	6	65.7907986	3.3615	0.00585
RESIDUO	72	19.5720486		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 19.848959				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 22,288%				

TABELA 3A Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm no tempo.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	911.9123264	59.5568	0.00001
CORREÇÃO	1	1076.6901042	70.3184	0.00001
CURA	2	631.6250000	41.2513	0.00001
TAM*COR	3	241.6831597	15.7843	0.00001
TAM*CUR	6	101.7951389	6.6482	0.00006
COR*CUR	2	481.9479167	31.4759	0.00001
TAM*COR*CUR	6	183.5972222	11.9907	0.00001
RESIDUO	72	15.3116319		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 19.328125				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 22,245%				

TABELA 4A Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg em cômodo fechado.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	1351.4609375	136.9652	0.00001
CORREÇÃO	1	38.1276042	3.8641	0.05024
CURA	2	1800.5026042	182.4737	0.00001
TAM*COR	3	177.1345486	17.9519	0.00001
TAM*CUR	6	413.0442708	41.8604	0.00001
COR*CUR	2	6.2526042	0.6337	0.53835
TAM*COR*CUR	6	61.1345486	6.1957	0.00009
RESÍDUO	72	9.8671875		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 13.223958				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 23,754%				

TABELA 5A Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg em galpão coberto.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	2045.2256944	120.0010	0.00001
CORREÇÃO	1	240.6666667	14.1208	0.00061
CURA	2	166.2682292	9.7556	0.00037
TAM*COR	3	798.8958333	46.8742	0.00001
TAM*CUR	6	326.8064236	19.1750	0.00001
COR*CUR	2	4.1901042	0.2458	0.78574
TAM*COR*CUR	6	42.0546875	2.4675	0.03123
RESÍDUO	72	17.0434028		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 21.197916				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 19,475%				

TABELA 6A Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg no tempo.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	2449.4470486	171.2754	0.00001
CORREÇÃO	1	1137.8151042	79.5607	0.00001
CURA	2	420.2109375	29.3829	0.00001
TAM*COR	3	557.7803819	39.0023	0.00001
TAM*CUR	6	170.0199653	11.8885	0.00001
COR*CUR	2	89.7057292	6.2726	0.00344
TAM*COR*CUR	6	57.4314236	4.0158	0.00190
RESÍDUO	72	14.3012153		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 24.015625				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 15,747%				

TABELA 7A Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg em cômodo fechado.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	1220.3101852	71.9299	0.00001
CORREÇÃO	2	1054.5156250	62.1573	0.00001
CURA	2	4808.5833333	283.4368	0.00001
TAM*COR	6	354.2771991	20.8825	0.00001
TAM*CUR	6	928.3310185	54.7195	0.00001
COR*CUR	4	272.1458333	16.0413	0.00001
TAM*COR*CUR	12	177.2199074	10.4460	0.00001
RESÍDUO	108	16.9652778		
TOTAL	143			
MÉDIA GERAL = 18.791666				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 21,919%				

TABELA 8A Quadros de análise de variância para a variável compressão e o fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg em galpão coberto.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	3372.9166667	193.3006	0.00001
CORREÇÃO	2	673.3559028	385898	0.00001
CURA	2	1306.50694444	74.8754	0.00001
TAM*COR	6	137.2795139	7.8674	0.00001
TAM*CUR	6	398.8680556	22.8590	0.00001
COR*CUR	4	216.8038194	12.4249	0.00001
TAM*COR*CUR	12	201.0746528	11.5235	0.00001
RESÍDUO	108	17.449074		
TOTAL	143			
MÉDIA GERAL = 24.513889				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 17,040%				

TABELA 9A Quadros de análise de variância para a variável compressão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg no tempo.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	2598.9189815	140.8876	0.00001
CORREÇÃO	2	2289.1736111	124.0962	0.00001
CURA	2	5.0069444	0.2714	0.76656
TAM*COR	6	146.7314815	7.9543	0.00001
TAM*CUR	6	194.7523148	10.5575	0.00001
COR*CUR	4	37.2361111	2.0186	0.09591
TAM*COR*CUR	12	151.9814815	8.2389	0.00001
RESÍDUO	108	18.4467593		
TOTAL	143			
MÉDIA GERAL = 25.756945				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 16,675%				

TABELA 1B Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm em cômodo fechado.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	69.7099409	340.8709	0.00001
CORREÇÃO	1	8.1311477	39.7601	0.00001
CURA	2	8.9567750	43.7973	0.00001
TAM*COR	3	4.5900358	22.4446	0.00001
TAM*CUR	6	4.1209405	20.1508	0.00001
COR*CUR	2	5.7478791	28.1062	0.00001
TAM*COR*CUR	6	3.9870960	19.4923	0.00001
RESIDUO	72	0.2045054		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 2.231552				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 20,265%				

TABELA 2B Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm em galpão coberto.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	73.8528473	472.4632	0.00001
CORREÇÃO	1	2.2022054	14.0883	0.00062
CURA	2	0.1176087	0.7524	0.52090
TAM*COR	3	5.6454756	36.1161	0.00001
TAM*CUR	6	1.4020550	8.9695	0.00001
COR*CUR	2	0.2555006	1.6345	0.20048
TAM*COR*CUR	6	0.4931862	3.1551	0.00852
RESIDUO	72	0.1563145		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 2.323521				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 17,016%				

TABELA 3B Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdm no tempo.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	56.5883292	289.7787	0.00001
CORREÇÃO	1	4.0606702	20.7940	0.00010
CURA	2	0.2193525	1.1233	0.33129
TAM*COR	3	2.5307310	12.9594	0.00001
TAM*CUR	6	0.3140468	1.6082	0.15668
COR*CUR	2	0.4611759	2.3616	0.09956
TAM*COR*CUR	6	0.5909658	3.0262	0.01082
RESIDUO	72	0.1952812		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 2.373250				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 18,620%				

TABELA 4B Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg em cômodo fechado.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	55.1477431	119.6047	0.00001
CORREÇÃO	1	5.8721906	12.7356	0.00097
CURA	2	13.2651217.	28.7695	0.00001
TAM*COR	3	1.0503623	2.2780	0.08555
TAM*CUR	6	3.0635146	6.6442	0.00006
COR*CUR	2	0.6514847	1.4129	0.24892
TAM*COR*CUR	6	0.1755377	0.3807	0.88913
RESIDUO	72	0.4610834		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 1.755344				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 38,684%				

TABELA 5B Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg em galpão coberto.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	114.1139504	209.9334	0.00001
CORREÇÃO	1	8.9230736	16.4156	0.00031
CURA	2	1.0088094	1.8559	0.16176
TAM*COR	3	0.9144582	1.6823	0.17705
TAM*CUR	6	1.6731001	3.0780	0.00983
COR*CUR	2	0.7982850	1.4686	0.23571
TAM*COR*CUR	6	0.9654534	1.7761	0.11555
RESIDUO	72	0.5435721		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 2.535417				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 29,079%				

TABELA 6B Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdarg no tempo.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	126.3429388	385.8537	0.00001
CORREÇÃO	1	23.9690129	73.2018	0.00001
CURA	2	1.3256649	4.0486	0.02103
TAM*COR	3	4.2200036	12.8880	0.00001
TAM*CUR	6	2.1858407	6.6756	0.00006
COR*CUR	2	0.4961023	1.5151	0.22523
TAM*COR*CUR	6	1.1485831	3.5078	0.00451
RESIDUO	72	0.3274374		
TOTAL	95			
MÉDIA GERAL = 2.664052				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 21,479%				

TABELA 7B Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg em cômodo fechado.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	99.8620140	237.8943	0.00001
CORREÇÃO	2	6.7447501	16.0675	0.00002
CURA	2	33.3142134	79.3621	0.00001
TAM*COR	6	1.3253232	3.1572	0.00704
TAM*CUR	6	15.8350768	37.7228	0.00001
COR*CUR	4	0.9326771	2.2219	0.07044
TAM*COR*CUR	12	2.507344	5.9731	0.00001
RESIDUO	108	0.4197748		
TOTAL	143			
MÉDIA GERAL = 2.277180				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 28,452%				

TABELA 8B Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg em galpão coberto.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	214.1120873	337.4475	0.00001
CORREÇÃO	2	16.8235684	26.5145	0.00001
CURA	2	1.0722608	1.6899	0.18749
TAM*COR	6	3.3802379	5.3274	0.00018
TAM*CUR	6	0.3719384	0.5862	0.74273
COR*CUR	4	1.8536185	2.9214	0.02409
TAM*COR*CUR	12	0.5588194	0.8807	0.56904
RESIDUO	108	0.6345049		
TOTAL	143			
MÉDIA GERAL = 2.740375				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 29,067%				

TABELA 9B Quadros de análise de variância para a variável flexão e os fatores tamanho, correção e cura para o LVAdmarg no tempo.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L	Q.M	VALOR F	PROB.>F
TAMANHO	3	163.0345648	460.4739	0.00001
CORREÇÃO	2	14.8221295	41.8635	0.00001
CURA	2	0.1791787	0.5061	0.61000
TAM*COR	6	3.9660795	11.2018	0.00001
TAM*CUR	6	1.6598871	4.6882	0.00047
COR*CUR	4	0.7509397	2.1209	0.08214
TAM*COR*CUR	12	1.4737059	4.1623	0.00008
RESIDUO	108	0.3540582		
TOTAL	143			
MÉDIA GERAL = 2.830326				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 21,023%				