



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

SUPERVISIONADO

ALUNA : MARGARETH DA SILVA MAGALHÃES

MATRÍCULA : 921.1347-7 PERÍODO : 95.2

ORIENTADOR : MILTON BEZERRA DAS CHAGAS FILHO

Campina Grande

Maio/96

APRESENTAÇÃO

Este relatório é referente a estágio supervisionado do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba - Campus II, supervisionado pelo professor Milton Bezerra das Chagas Filho e tem como objetivo mostrar e analisar resultados da pesquisa, cujo título: "Estudo Experimental do Comportamento de Painéis de Tijolos de Terra Crua", foram obtidos através de ensaios realizados no Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia - Campus II - UFPB - Campina Grande - PB..



Biblioteca Setorial do CDSA. Agosto de 2021.

Sumé - PB

ÍNDICE

pg

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - MATERIAIS	3
2.1 - Materiais de base	3
2.2 - Equipamentos de ensaio dos tijolos e corpos de prova	5
3 - METODOLOGIA	6
3.1 - Tijolos de terra crua	6
3.2 - Argamassa de assentamento	9
3.3 - Painéis de tijolos de terra crua	11
4 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	14
4.1 - Solos	14
4.2 - Argamassas	15
4.3 - Tijolos	16
4.3.1 - Resistência à compressão e à tração dos tijolos	16
4.3.2 - Correlação entre resistência à tração e à compressão em tijolos	17
4.4 - Painéis de tijolos de terra crua	18
4.4.1 - Ensaio da primeira parede	18
4.4.2 - Ensaio da segunda parede	24
4.4.3 - Ensaio da terceira parede	30
4.4.4 - Ensaio da quarta parede	36
4.4.5 - Ensaio da quinta parede	41
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
6 - BIBLIOGRAFIA	49

1 - INTRODUÇÃO

Os primeiros materiais de construção foram aqueles ofertados pela natureza, como madeira, pedras, e, como não poderia deixar de ser, a terra.

Todas as grandes civilizações da antiguidade fizeram uso da terra crua para a construção de seus notáveis monumentos.

Os egípcios percebendo os efeitos benéficos das fibras, já misturavam a palha de trigo aos seus blocos de terra crua, com os quais foram edificadas tanto casas humildes para o povo como templos e palácios para os faraós.

Os Persas também foram exímios construtores com a terra crua. Em cidades notáveis da antiguidade encontram-se belíssimas obras de arquitetura em terra. Era comum a associação de colunas de pedras aos muros de tijolos de terra crua.

Como prova de solidez deste material temos construções como a muralha da china construída no século III A.C vista até os dias de hoje.

Há algum tempo a grande maioria das construções vêm utilizando aço e concreto por serem materiais "confiáveis" e não terem problema de aceitação, (tendo em vista a maciça publicidade em torno deles). Já a terra um dos mais antigos materiais de construção e um dos mais novos em termos de conhecimentos mecânicos, vem ganhando espaço desde que alguns grupos internacionais como o Laboratoire Geomateriaux e o Centro Internacional da Construção com Terra, ambos na França, foram criados para desenvolver pesquisas científicas sobre o assunto.

A nível local, há alguns anos iniciou-se na UFPB, com apoio da PUC no Rio de Janeiro, na pessoa do Prof. K. Ghavami, programa de pesquisa sobre material de construção não convencionais entre eles, a terra. Tal programa já foi estendido e a UFPB já tem cooperação com o Laboratoire Geomateriaux, França, e Politécnico de Torino, Itália.

O objetivo desta pesquisa é de estudar o comportamento dos painéis de tijolos prensados de terra crua quanto ao seu uso. Para isto estudar-se-á os tijolos de terra crua, a argamassa de assentamento e os painéis executados

Foram feitos estudos:

- de caracterização dos solos empregados;
- de compressão de argamassa com solo no estado natural, estabilizado com cal, cimento e com fibra de sisal;
- de compressão e tração nos tijolos;
- de cinco painéis de tijolos testados experimentalmente.

Os resultados obtidos ainda são parciais.

Os valores e conclusões finais serão apresentados posteriormente.

2 - MATERIAIS

Apresentam-se a seguir as características dos materiais utilizados neste trabalho e também os equipamentos empregados na fabricação e ensaios de tijolos e corpos de prova cilíndricos.

2.1 - MATERIAIS

Os materiais usados foram solos, fibras de sisal, estabilizantes cal e cimento, além da água.

2.1.1 SOLOS

Nesta primeira fase do trabalho foram selecionados dois solos de diferentes localidades do estado da Paraíba. As jazidas situam-se nos municípios de João Pessoa e Sapé. Todos os solos ao chegarem ao laboratório foram secos ao ar, destorroados, quarteados, passados na peneira de ABNT nº 4 (de abertura de 4,8 mm) e acondicionados em sacos plásticos para os futuros ensaios.

Em alguns casos utilizou-se também areia do rio Paraíba para corrigir a granulometria do solo de João Pessoa, muito argiloso para a fabricação de tijolos prensados.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Os ensaios de caracterização realizados estão indicados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Ensaio de Caracterização dos Solos

ENSAIO	NORMAS
Granulometria por peneiramento e sedimentação	ABNT(NBR-7181)
Limites de Atterberg:	
- Limite de Liquidez	ABNT(NBR-6459)
- Limites de plasticidade	ABNT(NBR-7180)
Massa específica real	ABNT(NBR-6508)

2.1.2 - FIBRAS

A fibra utilizada foi a da espécie Agave Sisalana Perrine do município de Pocinhos - Pb.

2.1.3 - ESTABILIZANTES

Os estabilizantes utilizados foram o cimento CII F-32 e a cal cimento Dolomil.

2.1.3 - ÁGUA

Utilizou-se a água potável do sistema de abastecimento de água fornecida pela CAGEPA- Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto do Estado da Paraíba.

3 - METODOLOGIA

Nos ensaios utilizou-se a seguinte metodologia:

Os tijolos estão sendo estudados através dos ensaios de compressão e de tração indireta.

A argamassa de assentamento, através de testes de resistência à compressão em corpos de prova.

Os painéis de tijolos têm tido seu comportamento estudado pelo ensaio experimental de compressão.

3.1 - TIJOLOS DE TERRA CRUA

Têm sido estudados os tijolos de terra crua através de ensaios de compressão e tração indireta.

O ensaio de resistência à tração indireta foi executado na prensa PAVITEST com velocidade 0,021mm/s. Este ensaio consiste na aplicação de carga distribuída ao longo da parte transversal e central do tijolo. Para melhor distribuir as cargas foi colocada uma chapa de aço de 15mm , e para forçar a ruptura na parte central do tijolo foram colocadas varetas de plástico como ilustra a Figura 3.1.

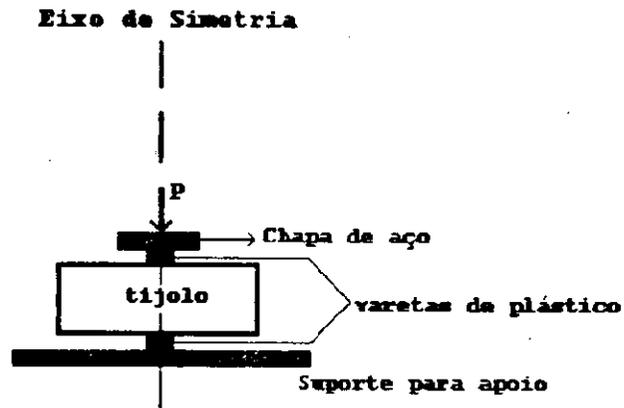


Figura 3.1- Ensaio de resistência à tração indireta em tijolos.

A força de ruptura foi medida através de um anel dinamométrico de constante elástica de 4,76Kgf/div. Os tijolos ao se romperem eram divididos em duas partes iguais, que posteriormente foram aproveitados na execução de resistência à compressão simples conforme se pode ver na Figura 3.2.

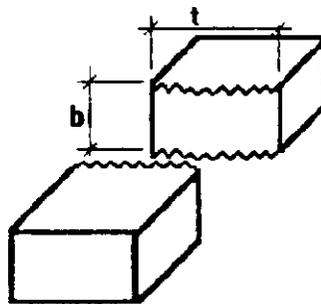


Figura 3.2- Modo de ruptura da secção transversal no centro do tijolo submetido à tração indireta.

A tensão de ruptura foi obtida como sugerida na proposta de norma internacional para ensaios de tijolos prensados, em discussão no comitê TCEBM (Comitê Técnico que Trata da Terra como Material de Construção) da RILEM (Reunião Internacional de Ensaios e de Pesquisas sobre Material de Construção) :

$$f_r = 2F/\pi \cdot b \cdot t$$

Onde: F= Força= 4,76 leituras do extensômetro.

b= espessura do tijolo

t= largura do tijolo.

Com o tijolo rompido à tração indireta faziam-se os dois ensaios obtendo-se, dessa forma correspondência entre as duas resistências de tração e compressão.

As duas partes de cada tijolo rompido à tração foram unidas (estando as superfícies cortadas invertidas) com uma pasta de cimento de espessura de 2mm. não sendo necessário o capeamento, pois ocorreu o nivelamento no próprio tijolo ao serem colados (os tijolos feitos com o solo de Sapê). Os tijolos feitos com o solo de João Pessoa foram colados e capeados com uma pasta de gesso.

Antes dos ensaios, os tijolos foram medidos, fazendo-se quatro determinações tanto de sua altura quanto de seus lados, obtendo-se a altura e a área da seção onde a carga seria aplicada. O instrumento utilizado nas medições foi o paquímetro com precisão de 0,01mm.

O ensaio de resistência à compressão simples consistia da aplicação de cargas distribuídas ao longo do tijolo que era colocado em uma prensa entre placas de teflon e borrachas de neoprene, conforme a Figura 3.3. Para melhor distribuir a carga era colocada uma chapa de aço de 12mm.

A placa de teflon e o neoprene têm o objetivo de reduzir o atrito entre a chapa de distribuição de carga e as faces do tijolo.

Foram medidas as tensões e deformações dos tijolos.

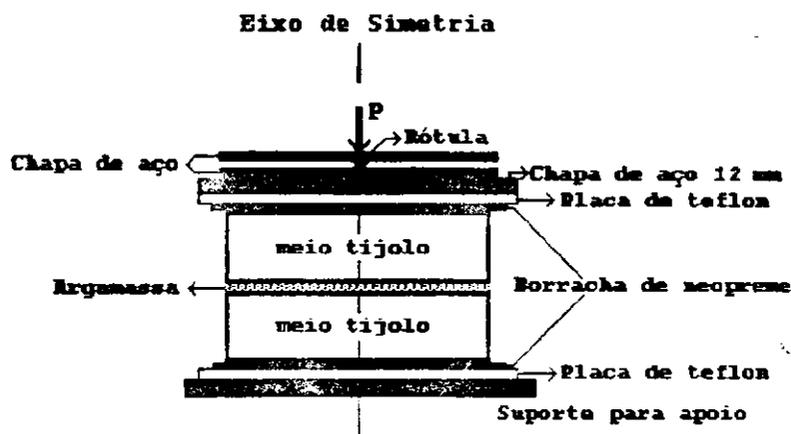


Figura 3.3 - Tijolo preparado para o ensaio de resistência à compressão simples.

3.2 - ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Partiu-se dos ensaios usados no Brasil para argamassa, com corpos de prova cilíndricos de 5cm de diâmetro por 10cm de altura. Os primeiros são normalmente usados para argamassas convencionais. Como a argamassa de terra crua apresenta dificuldades de preencher os moldes, preferiu-se aumentar o diâmetro de modo a facilitar a moldagem. Foi então feito estudo comparativo empregando-se os dois tipos de corpos de prova

Fixado um dos parâmetros, fazia-se variar os demais. Os parâmetros otimizados foram: porcentagem de água, teor de cimento e tempo de cura.

Foi executada uma bateria de ensaios de resistência à compressão simples, com o objetivo de se determinar a resistência mecânica do solo no estado natural e das misturas: solo-cimento-água, solo-fibra-água e solo natural.

A homogeneização das misturas e o adensamento dos corpos de provas foi feita ^{soa - feita} manualmente. Em cada corpo de prova foram feitas 3 camadas e em cada camada foram dados em média 50 golpes de soquete e batidas nas laterais dos corpos de prova para provocar vibrações e promover o adensamento da mistura.

Para facilitar a saída e evitar a aderência do corpo de prova, passou-se vaselina cremosa nas paredes internas do molde cilíndricos. Depois da desmoldagem, os corpos de provas ficavam curando em sacos plásticos, em decorrência da presença dos estabilizantes: cimento ou cal na mistura, e curando ao ar livre os que não continham estabilizantes, durante 7, 28 e 60 dias.

Mediram-se as dimensões corretas do diâmetro e altura do corpo de prova, devido à retração ocorrida com a evaporação da água de moldagem. Esta provoca uma variação dimensional tanto na altura quanto no diâmetro do corpo de prova em relação ao seu molde cilíndrico. O instrumento utilizado nas medições foi o paquímetro com precisão de 0,01mm. Fizeram-se três determinações para a altura e diâmetro de cada corpo de prova. Foram moldados 18 corpos de prova para cada composição das misturas em estudo, sendo 6 determinações para cada tempo de cura. 3 determinações para corpos de prova com diâmetro de 5cm e 3 determinações para corpos de provas com diâmetro de 10cm. Após os respectivos períodos de cura, os corpos de prova foram capeados com uma pasta de gesso e rompidos na prensa Pavitest.

O ensaio de resistência à compressão simples consistia da aplicação de cargas distribuídas ao longo do corpo de prova cilíndrico que era colocado em uma prensa entre placas de teflon com borrachas de neoprene, como ilustra a Figura 3.4. Para melhor distribuir a carga era colocada uma chapa de aço de 15mm.

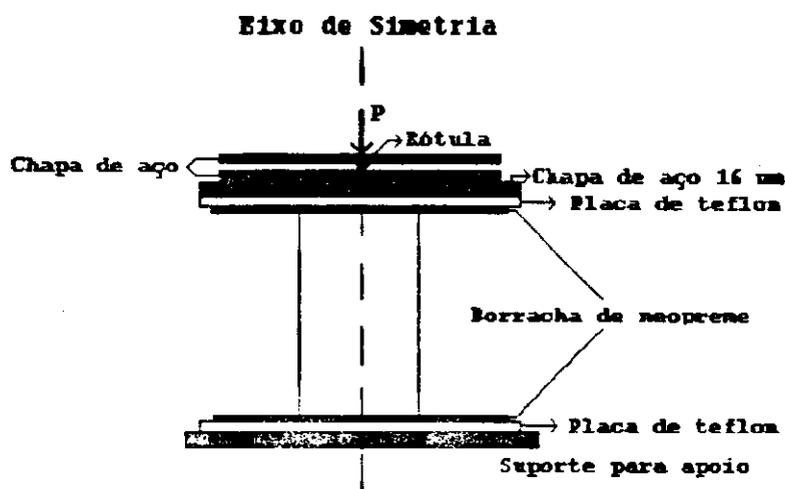


Figura 3.4 -Ensaio de resistência à compressão simples em corpos de prova cilíndricos.

Através do ensaio à compressão simples obtinha-se curvas tensão x deformação por meio das quais se analisava o comportamento das misturas.

3.3 - PAINEIS DE TIJOLOS DE TERRA CRUA

Foram executados cinco paredes com dimensões de aproximadamente $1m^2$. As paredes foram confeccionadas com o solo de João Pessoa no estado natural, com fibras de sisal (0,5%), com cimento no teor de 4% e com cal na proporção de 11:1 (solo: cal) e com o solo de Sapé com cimento (5%).

O ensaio de resistência na parede foi feito com o auxílio de um macaco hidráulico, através do qual foram aplicados ciclos de carregamento e descarregamento até a ruptura da parede.

Foram registrados os deslocamentos verticais ao longo da parede por meio de 4 extensômetros e o deslocamento horizontal no meio da parede através de um extensômetro. A instrumentação da parede é mostrada na Figura 3.5.

Para que se fosse possível distribuir as tensões de maneira uniforme, colocou-se no topo da parede um perfil metálico e na base da mesma uma borracha para liberar os seus deslocamentos horizontais .

Para regularização da superfície do topo da parede usou-se o mesmo solo utilizado na confecção da parede, passando na peneira 0,60 mm com umidade em torno de 28 a 32%. Sobre esta camada úmida foi posto e nivelado o perfil metálico. As características das paredes ensaiadas são mostradas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Características das paredes

PAREDE	DIMENSÕES (cm)		PESO MÉDIO DO TIJOLO (g)	COMPOSIÇÃO (Proveniência + aditivo)	ESPESSURA DA ARGAMASSA (cm)
	PAREDE	TIJOLO			
1	91x89	30x15x7,5	6800	João Pessoa Natural	1
2	92x98	30x15x7,5	6800	João Pessoa + Cimento(4%)	2
3	92x86	30x15x7,5	6800	João Pessoa + Sisal (0,5%)	1
4	85x98	28x14x9,5	7000	Sapé + Cimento (5%)	0,2
5	94x93	30x15x7,5	6800	João Pessoa + cal (11:1)	2



Figura 3.5 - Esquema da instrumentação de paredes. Posicionamento dos dois extensômetros verticais e do extensômetro horizontal

4 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A seguir, mostram-se os resultados obtidos. Como outros testes ainda estão sendo feitos para complementar as informações, fez-se uma discussão parcial dos resultados.

4.1 - SOLOS

Características dos Solos:

Tabela 4.3 - Apresentação das características dos solos.

GRANULOMETRIA(%) - ABNT	JOÃO PESSOA -PB	SAPÉ - PB
Pedregulho (acima de 4,8 mm)	0,80	0,04
Areia grossa (4,8 a 0,84 mm)	6,20	6,96
Areia média (0,84 a 0,25 mm)	24,00	23,00
Areia fina (0,25 a 0,05 mm)	34,50	41,00
TOTAL DE AREIA (%)	64,70	70,96
Silte	9,50	18,00
Argila	25,00	11,00
Silte + argila	34,50	29,00
MASSA ESPECÍFICA DOS GRÃOS (g/cm ³)	2,67	2,66
LIMITES DE ATTERBERG		
Limite de Liquidez - LL (%)	30,50	27,60
Limite de Plasticidade - LP (%)	20,00	21,60
Índice de Plasticidade - IP (%)	10,50	6,00
CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA	Areia argilosa e mistura de areia e argila mal graduadas	Areia argilosa e mistura de areia e argila mal graduadas

4.2 - ARGAMASSAS

Resistência à Compressão das argamassas

Tabela 4.4 - Resistência à compressão das argamassas

SOLO DE JOÃO PESSOA	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES (MPa)		
	7 d	28 d	60 d
	PEQUENO-GRANDE	PEQUENO-GRANDE	PEQUENO-GRANDE
Natural, W = 28%	1,03 - 0,87	-	- 1,36
Cimento(4%), W = 28%	0,83 - 0,81	-	-
Fibras de Sisal(0,5%), W = 28%	0,96 - 0,32	1,26 - 1,40	0,78 - 1,57
Cal 11:1 (Solo:cal), W = 32%	0,53 - 0,45	-	-
João Pessoa(90%) + Areia(10%) + Cimento(4%), W = 26%	0,48 - 0,74	0,58 - 0,74	0,62 - 0,57
João Pessoa(80%) + Areia(20%) + Cimento(4%), W = 25%	0,46 - 0,56	0,28 - 0,51	0,31 - 0,38
João Pessoa(70%) + Areia(30%) + Cimento(4%), W = 23%	0,77 - 0,86	0,60 - 0,84	0,62 - 0,72
João Pessoa(90%) + Areia(10%) + Cimento(6%), W = 28%	0,97 - 1,02	1,34 - 1,43	1,50 - 1,81
João Pessoa(80%) + Areia(20%) + Cimento(6%), W = 28%	0,92 - 0,65	1,30 - 1,22	1,50 - 1,53
João Pessoa(70%) + Areia(30%) + Cimento (6%), W = 26%	0,84 - 0,85	1,25 - 1,53	1,54 - 1,51

Observação: PEQUENO - CP (50X100)mm

GRANDE - CP (100X70)mm

4.3 - TIJOLOS

4.3.1 - Resistência à Compressão e à Tração dos Tijolos

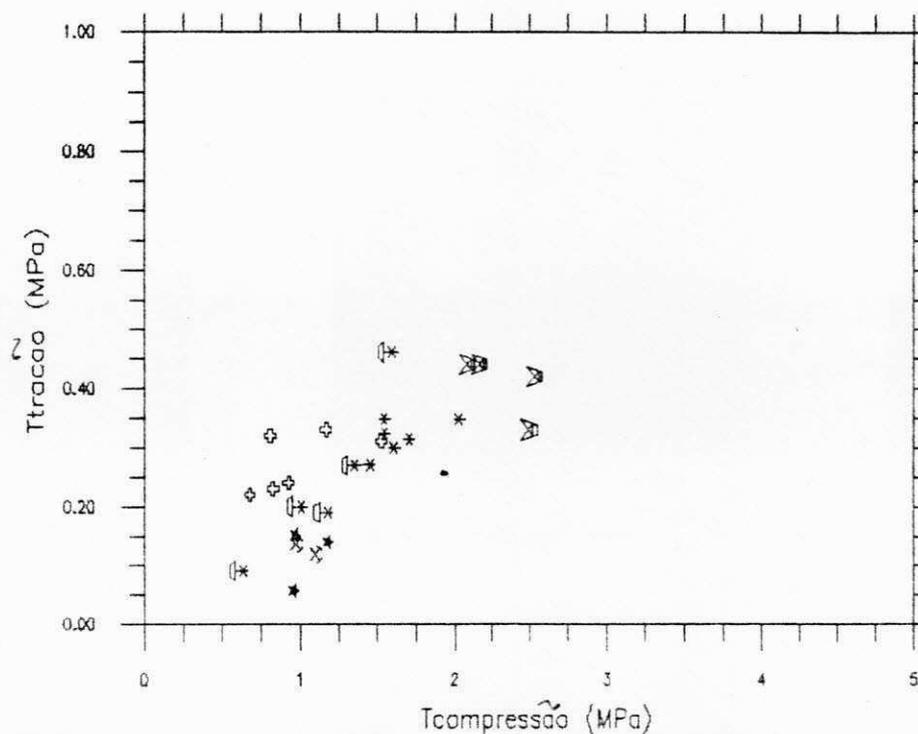
Tabela 4.5 - Resistência à compressão e à tração indireta dos tijolos

Resistência a Compressão e a Tração (MPa) - Cv (%)				
Tijolo	----- Cura ao ar -----			
Solo	R C S - Cv(%)		R T I - Cv(%)	
João Pessoa Natural	1,04	11,21	0,12	42,24
João Pessoa+Cimento(4%)	1,65	12,28	0,32	9,72
João Pessoa+Manipueira	1,04	8,80	0,13	10,87
João Pessoa+Sisal(0.5%)	1,26	20,09	0,28	44,70
João Pessoa+Cal(11:1)	1,05	28,66	0,29	16,51
Sapé+Cimento(5%)	2,32	9,85	0,41	12,88

OBS. RCS - Resistência à compressão simples

RTI - Resistência à tração indireta

4.3.2 - Correlação entre Resistência à Tração x Compressão em tijolos



- * Solo de Joao Pessoa Natural
- * Solo de Joao Pessoa + Cimento (4%)
- ⊕ Solo de Joao Pessoa + Fibra de Sisal (0,5%)
- ▴ Solo de Sape + Cimento (5%)
- ⊕ Solo de Joao Pessoa + Cal, traco (11:1)
- ⊗ Solo de Joao Pessoa + Manipueira

*podia separar.
Ficaria mais
visível para
tirar conclusões*

4.4 - PAINÉIS DE TIJOLOS DE TERRA CRUA

este capítulo
é de apresentação
de resultados

4.4.1 - Ensaio da Primeira Parede

Confeccionou-se a primeira parede utilizando-se 33 tijolos feitos com o solo de João Pessoa no estado natural. O assentamento dos tijolos foi feito com a argamassa do mesmo solo e com umidade de 28% superior a da utilizada na confecção dos tijolos que foi de 11%. A instrumentação da parede é mostrada nas Figuras 4.6 e 4.7 e o aspecto da parede após a sua confecção na Figura 4.8.

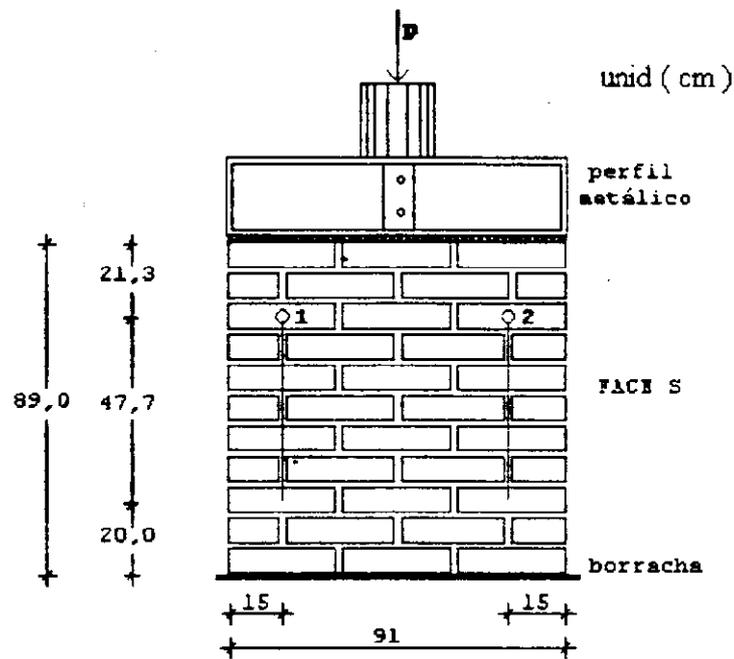


Figura 4.6 - Esquema da instrumentação da parede, FACE SUL.

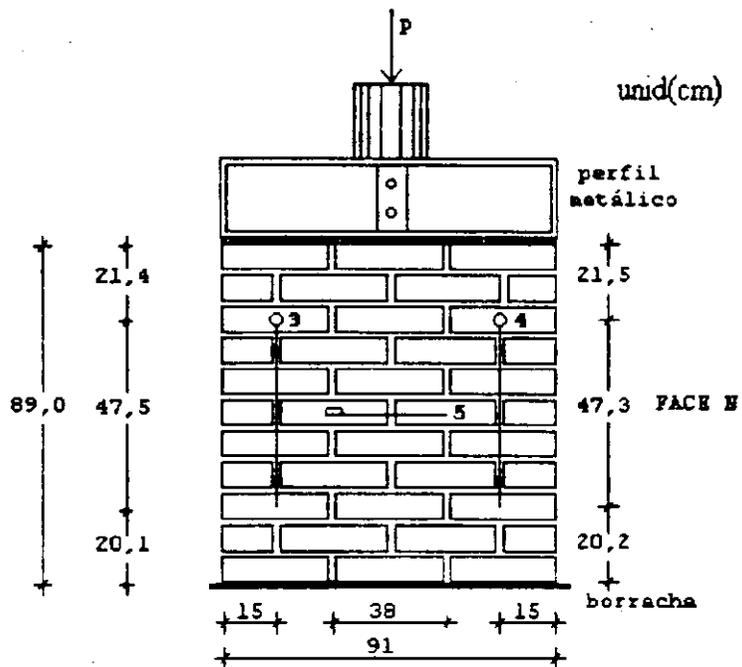


Figura 4.7 - Esquema da instrumentação da parede, FACE NORTE.



Figura 4.8 - Aspecto da parede de tijolos feitos com o solo de João Pessoa no estado natural após sua confecção.

O eixo da parede não ficou centralizado com o eixo do macaco hidráulico produzindo cargas excêntricas conforme se pode verificar na Figura 4.9.

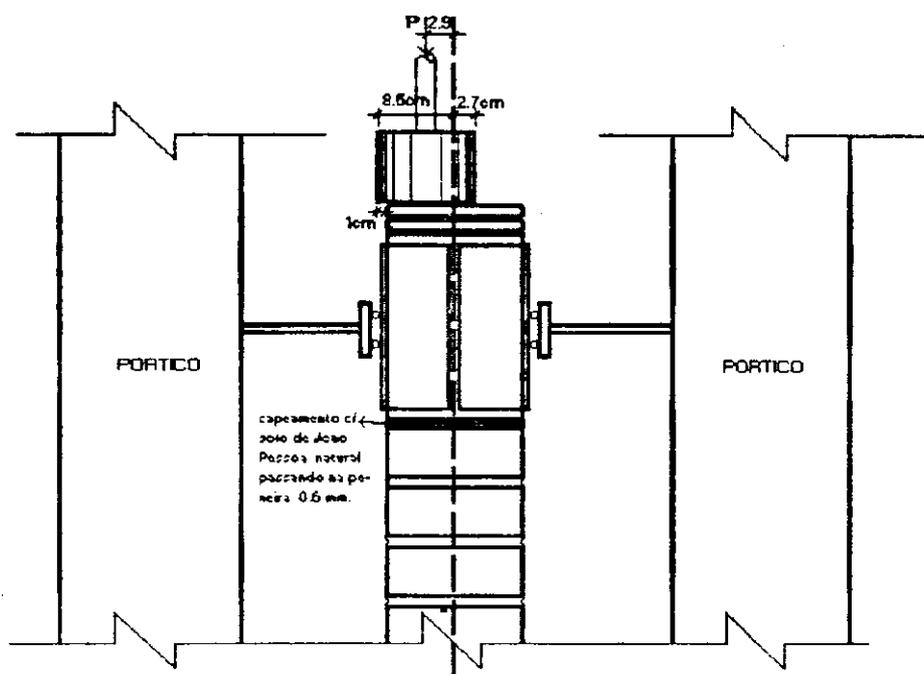
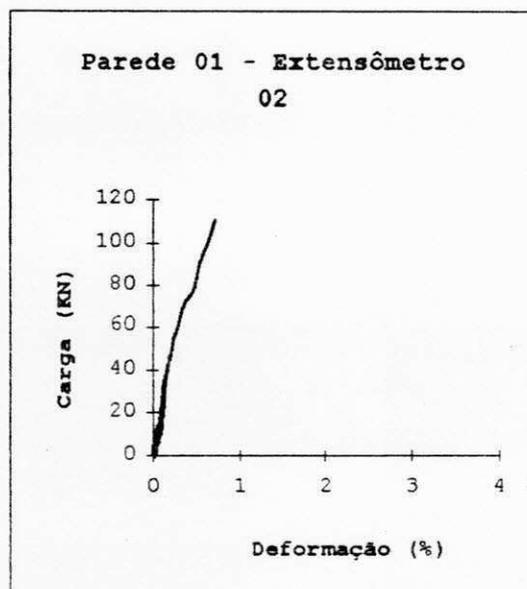
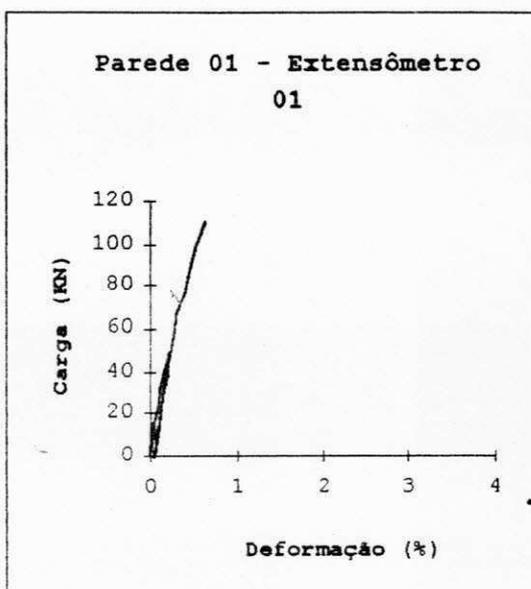


Figura 4.9 - Disposição do macaco na parede.

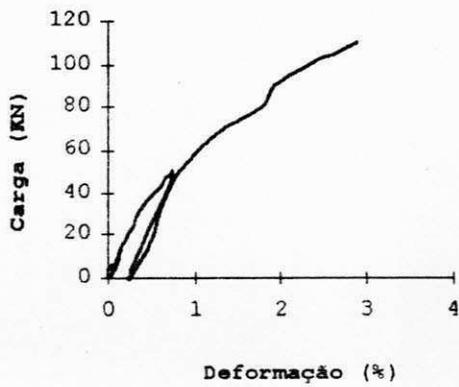
O ensaio de Resistência a compressão da parede procedeu-se aos 46 dias após a confecção dos tijolos. Através de um macaco foram aplicados três ciclos de carregamento e descarregamento até a ruptura da parede. A resistência média dos tijolos foi de 1,04 MPa e da argamassa medida no corpo de prova 5x10 cm foi de 1,03 MPa.

No primeiro e no segundo ciclo de carregamento e descarregamento não se observou aparecimento de fissuras, as mesmas foram detectadas a partir do terceiro e último ciclo quando se atingiu a carga de 60 kN. As fissuras apareceram horizontalmente na junta da sexta fiada na sua parte superior. Fissuras inclinadas começaram a surgir com a carga de 72 kN. Cargas crescentes foram aplicadas até atingir a carga de 116 kN, quando se deu a ruptura abrupta, sem nenhum aviso prévio de rompimento. Verificou-se após a ruptura que a parede foi cortada em três partes equidistantes precisamente nas juntas verticais do topo a base da parede.

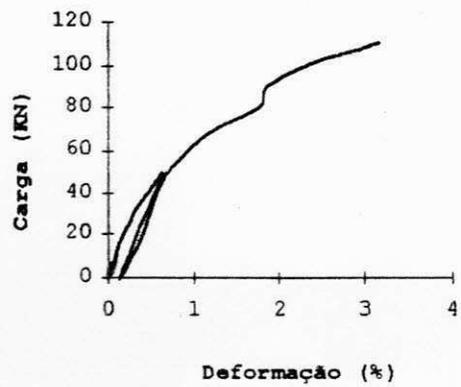
Abaixo estão mostrados os gráficos da relação entre a deformação (‰) e a carga (kN) mostrando o comportamento da parede registrado nos extensômetros verticais e horizontal.



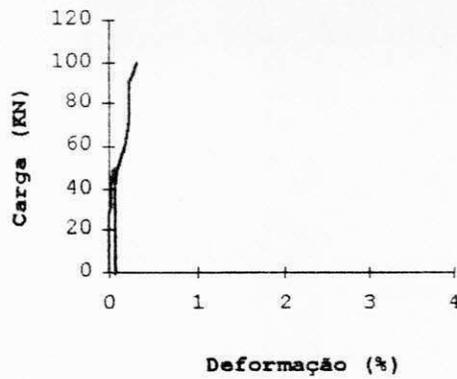
Parede 01 - Extensômetro
03



Parede 01 - Extensômetro
04



Parede 01 - Extensômetro
05



4.4.2 - Ensaio da Segunda Parede

Na confecção da segunda parede a argamassa para assentamento dos tijolos foi feita com o mesmo solo e 4% de cimento, com umidade de 28%, superior a da utilizada na confecção dos tijolos que foi de 11%. A instrumentação da parede é mostrada nas Figuras 4.10 e 4.11.

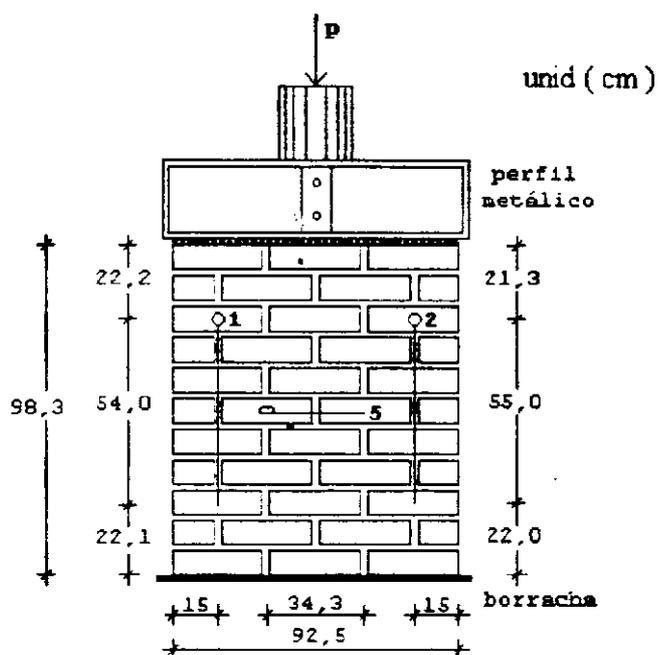


Figura 4.10 - Esquema da Instrumentação da parede, FACE NORTE

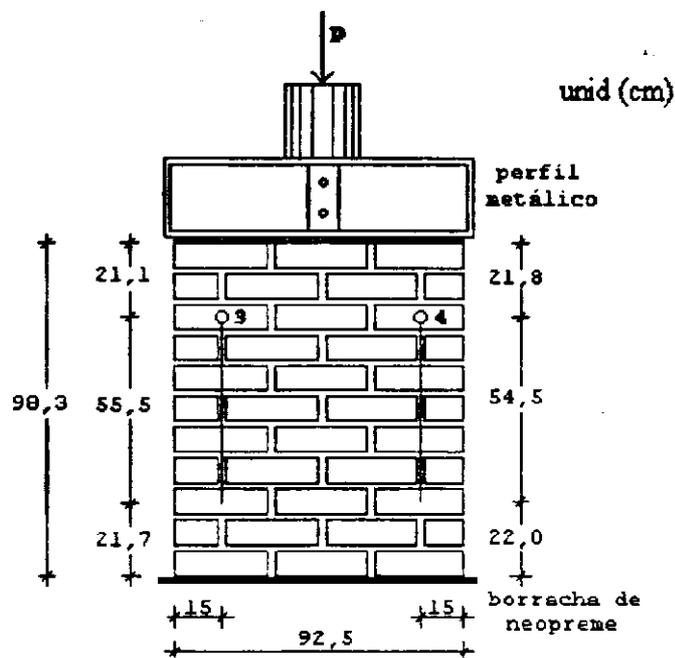


Figura 4.11 - Esquema da instrumentação da parede, FACE SUL.

O ensaio de Resistência a compressão da parede procedeu-se 90 dias após a confecção dos tijolos. A resistência média dos tijolos foi de 1,65 MPa e da argamassa média no corpo de prova 5x10 cm foi de 0,83 MPa.

No primeiro e no segundo ciclo de carregamento e descarregamento não se observou a presença de fissuras, as mesmas foram detectadas a partir do terceiro ciclo quando se atingiu a carga de 48 kN. As fissuras apareceram horizontalmente nas juntas. As fissuras verticais começaram a surgir com a carga de 76 kN. O terceiro ciclo foi interrompido quando se percebeu o empenamento da parede na carga de 98 kN. Isto deu-se à falta de escoramento do perfil metálico. Após a colocação do mesmo reiniciou-se o ensaio, onde as cargas crescentes foram aplicadas até quase atingir a máxima capacidade do macaco hidráulico, de 198 kN. Contudo não ocorreu a ruptura da parede. Os tijolos permaneceram praticamente intactos havendo indício de ruptura apenas em algumas juntas, onde apareceram fissuras verticais e horizontais, como se pode observar na Figura 4.12.

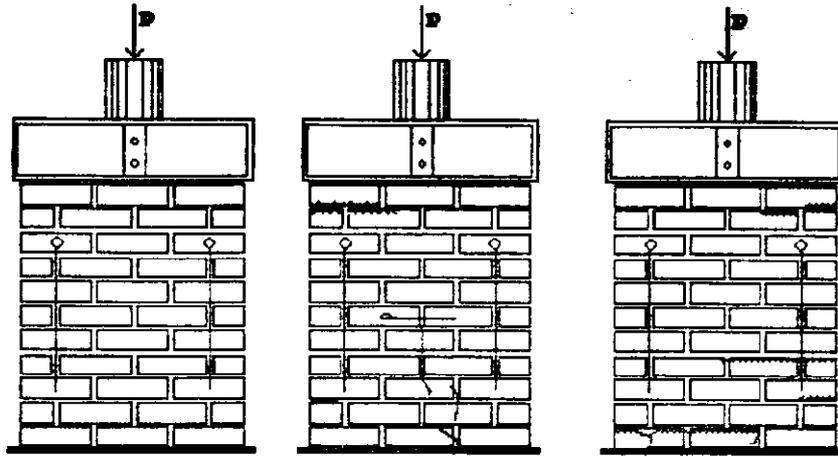


Figura 4.12- Detalhes das fissuras verticais e horizontais

Verificou-se ser necessário aplicar uma carga maior para se atingir a ruptura da parede quando se utiliza o tijolo confeccionado com o solo + cimento (4%), sendo necessário um equipamento de maior porte.

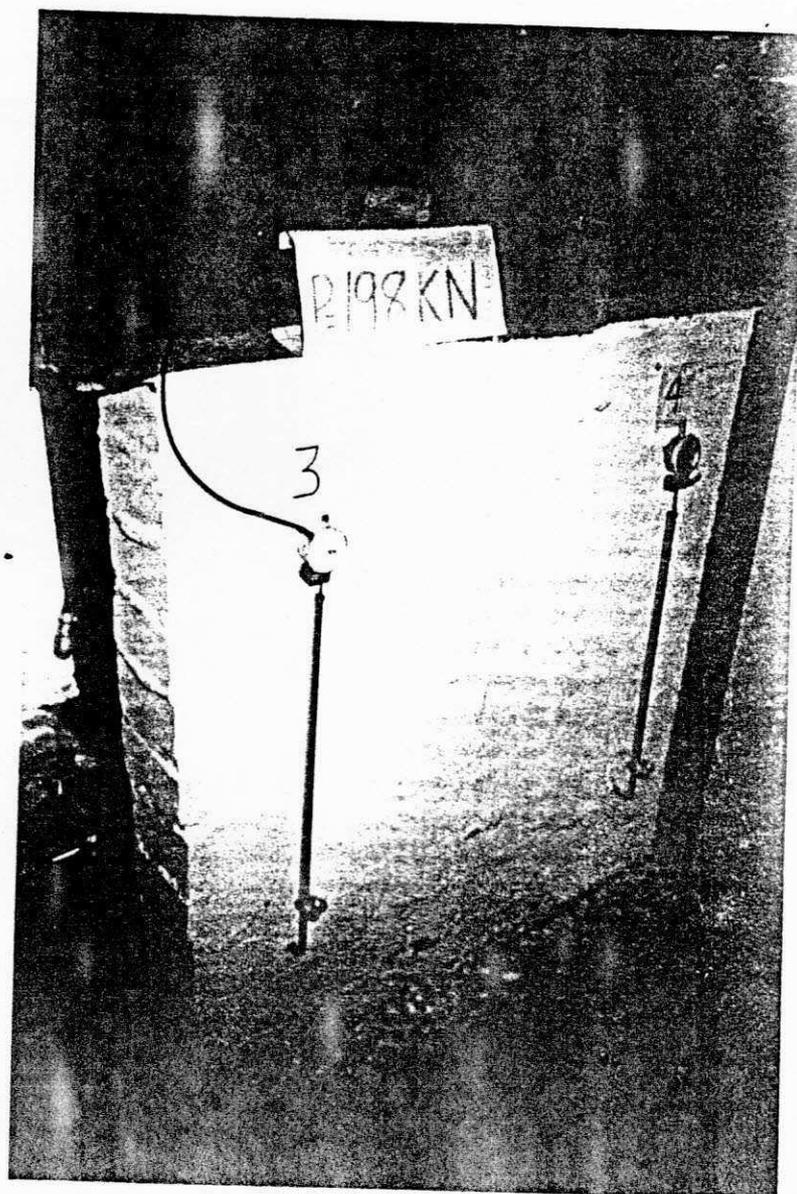
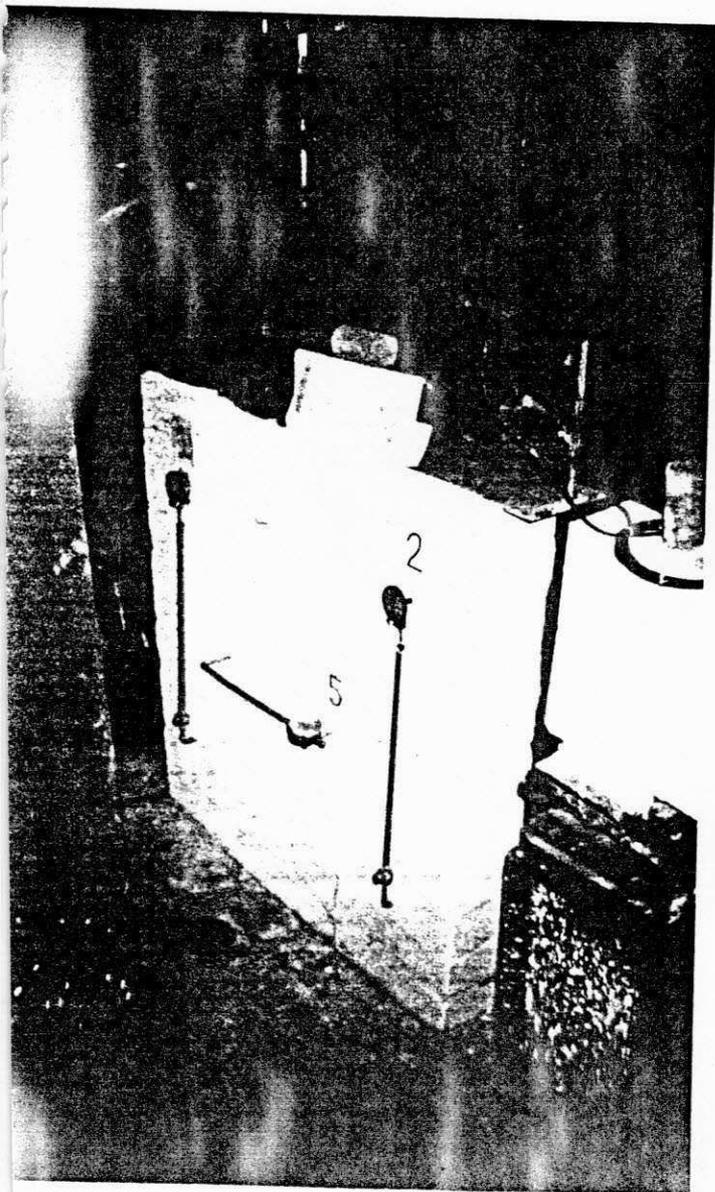
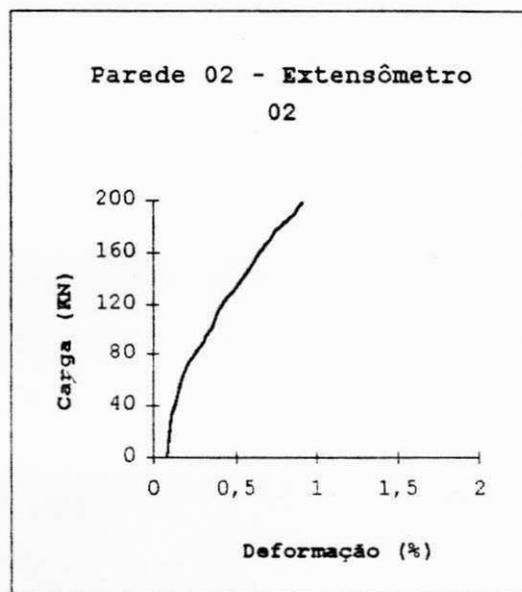
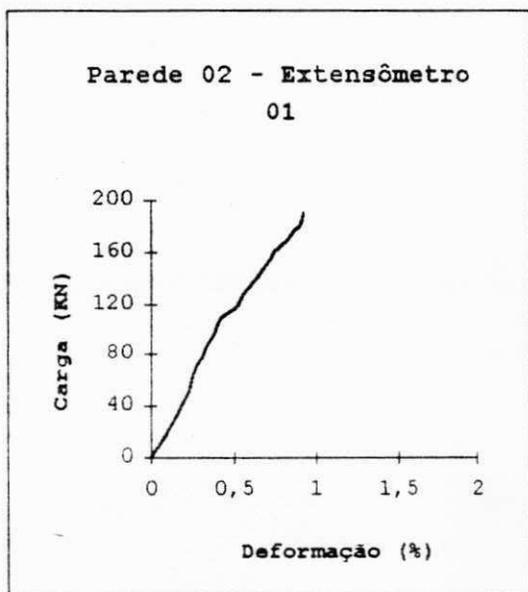
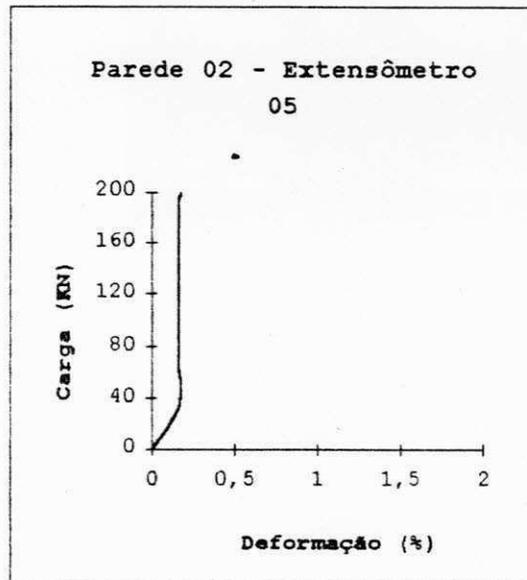
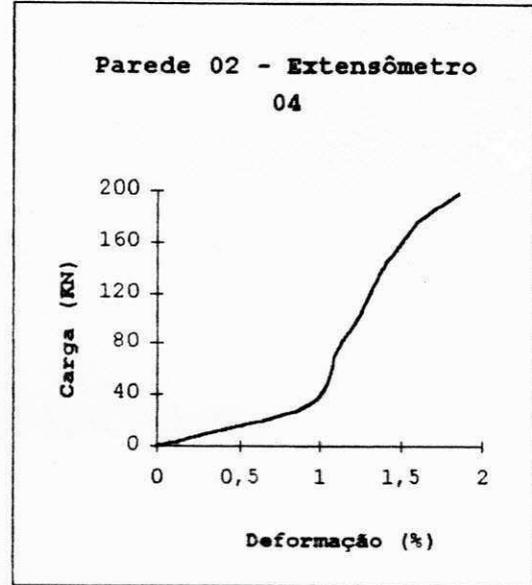
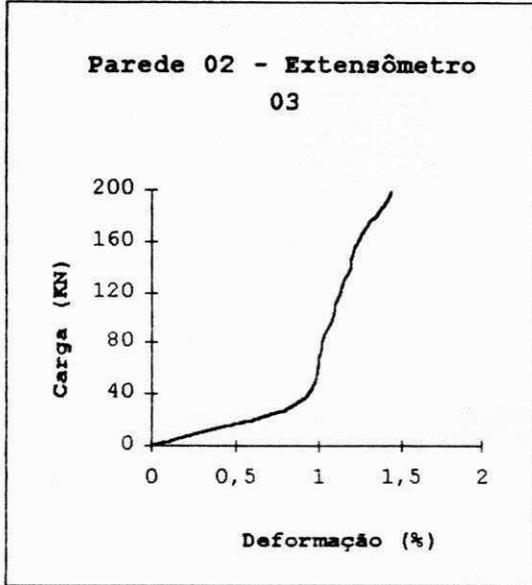


Figura 4.13 - Aspecto da parede de tijolos feitos com solo de João Pessoa estabilizado com cimento(4%) após atingir a capacidade máxima do macaco

Abaixo estão mostrados os gráficos da relação entre a deformação ($\%$) e a carga (kN) mostrando o comportamento da parede registrado nos extensômetros verticais e horizontal.





4.4.3 -Ensaio da Terceira Parede

A argamassa para assentamento dos tijolos utilizados na confecção da terceira parede foi feita com a mesma mistura utilizada para a confecção dos tijolos e na umidade de 31%. O esquema de instrumentação da parede nas suas duas faces é indicado nas Figuras 4.14 e 4.15.

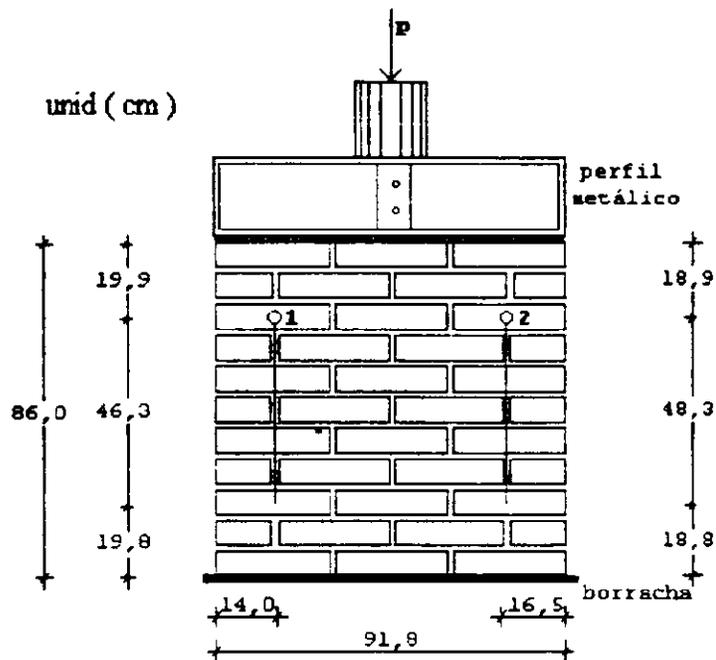


Figura 4.14 - Esquema da instrumentação da parede, FACE SUL.

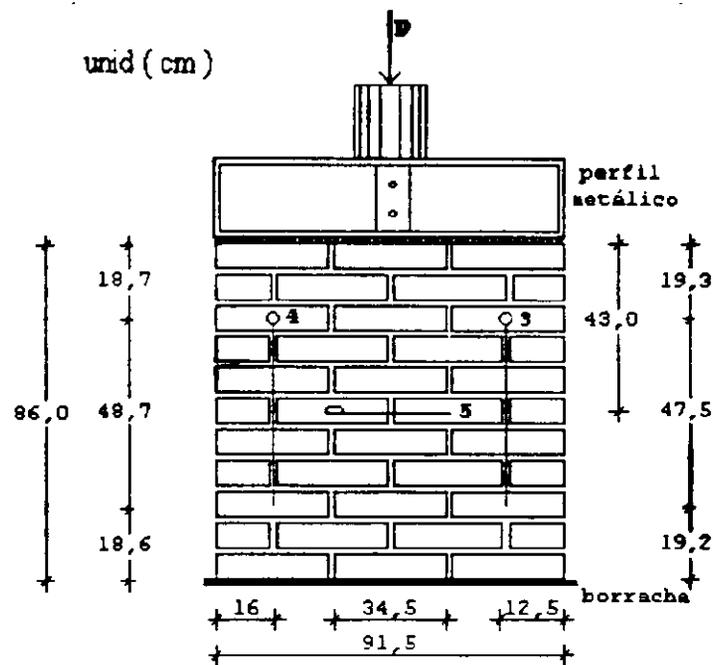


Figura 4.15 - Esquema da instrumentação da parede, FACE NORTE.

A carga excêntrica produzida pela não centralização do eixo da parede com o eixo do macaco hidráulico é mostrada na Figura 4.16.

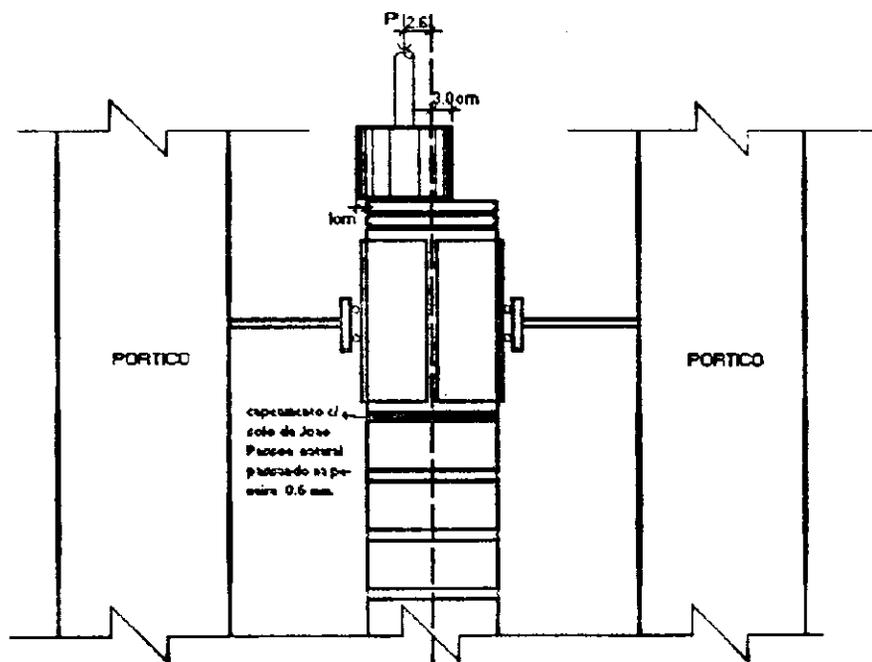


Figura 4.16 - Disposição do macaco na parede

O ensaio de Resistência a compressão procedeu-se aos 42 dias após a fabricação dos tijolo. A resistência média dos tijolos foi de 1,26 MPa e da argamassa média no corpo de prova 5x10 cm foi de 0,65 MPa.

Inicialmente aplicou-se a carga de acomodação de 2 kN. As cargas de carregamento e descarregamento no primeiro e segundo ciclos não produziram fissuras que pudessem ser detectadas e nem grandes deformações foram registradas em nenhum dos extensômetros. Mesmo no terceiro ciclo em que as cargas tiveram incrementos maiores, as fissuras não foram detectadas antes da carga de 100 kN. Isto deve-se a ação das fibras que mantém o material coeso, melhorando significativamente a sua ductibilidade. A partir da carga de 100 kN fissuras verticais e grandes deformações começam a aparecer, sendo observado o esmagamento da argamassa na junta inferior da quinta fiada. Quando se atingiu a carga de 114 kN ocorreu o empenamento da parede, sem contudo haver a ruptura da mesma.

Em comparação a parede confeccionada com tijolos com solo no estado natural, a parede de tijolos reforçados com fibras apresenta, como todo material dúctil, a vantagem de grandes deformações dando aviso prévio da iminência de uma ruptura.

As fissuras e deformações produzidas pelas cargas a que foi submetida a parede estão representadas esquematicamente na Figura 4.17.

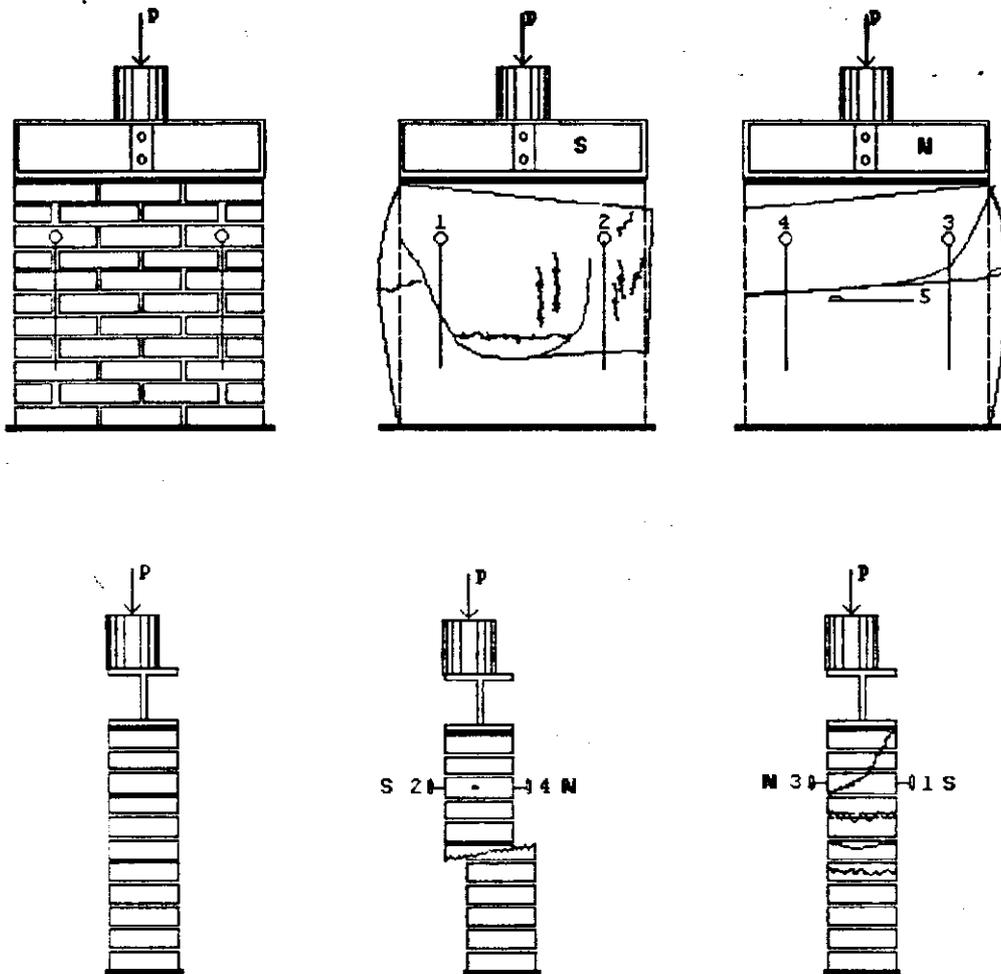
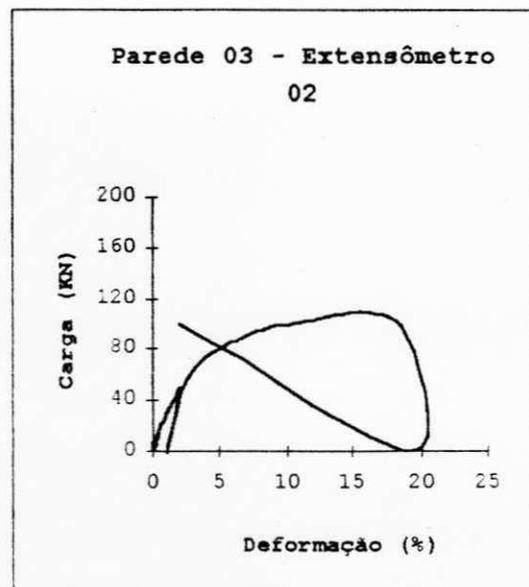
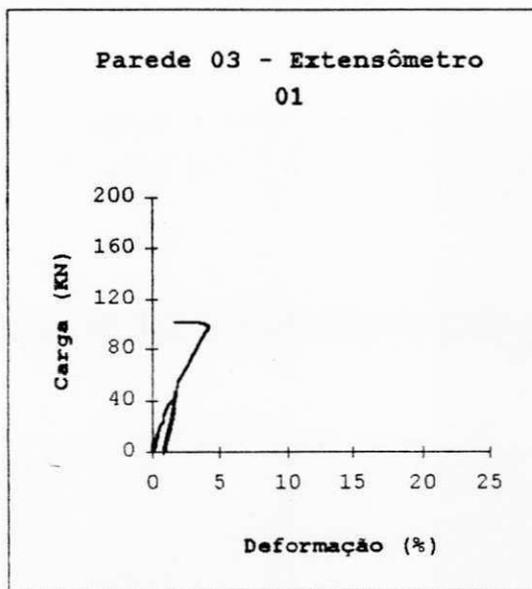
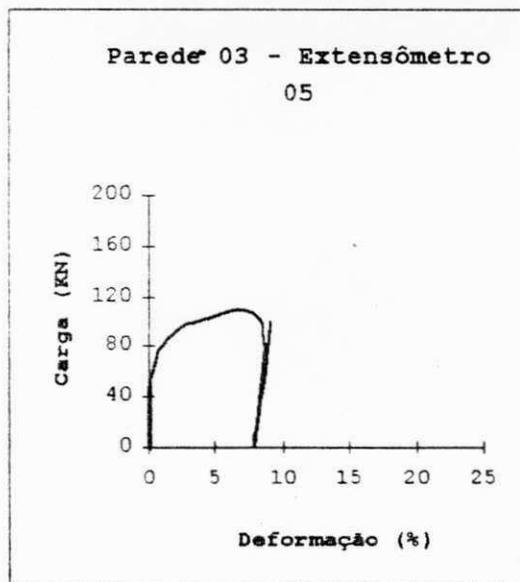
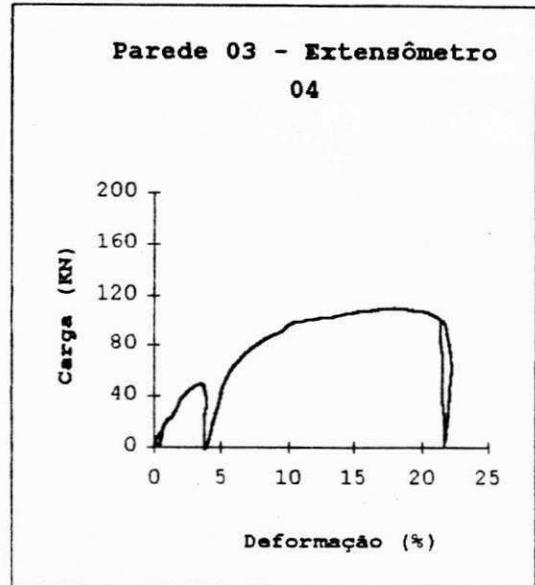
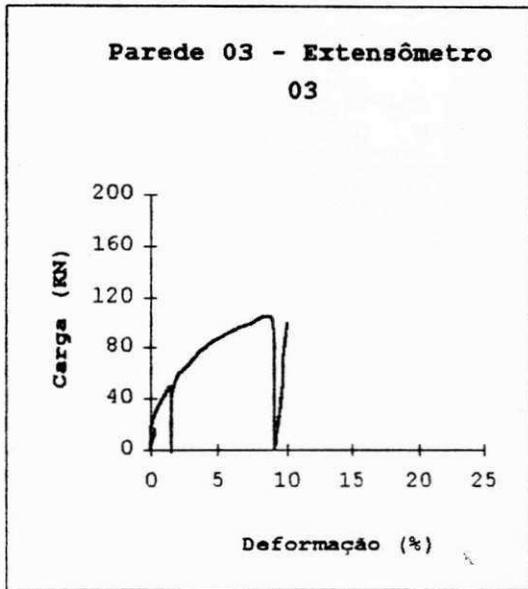


Figura 4.17 - Detalhes da fissuração da parede

Abaixo estão mostrdos os gráficos da relação entre a carga (kN) e a deformação (%) mostrando o comportamento da parede registrado nos extensômetros verticais e horizontal.





4.4.4 - Ensaio da Quarta Parede

esta apresentação está no capítulo 4.

Na confecção da quarta parede foram necessários 27 tijolos confeccionados com o solo de Sapé estabilizado com 5% de cimento. A parede constitui-se de 9 fiadas assentadas com argamassa de mesmo solo passando na peneira de malha 0,60 mm estabilizado com 5% de cimento em umidade saturada. Os tijolos utilizados eram de encaixe, tipo macho-fêmea, como se pode ver na Figura 4.18. Este tipo de tijolo foi idealizado pelo prof. R. Mattone, do Politécnico de Torino, que também trabalha em cooperação com a UFPb.

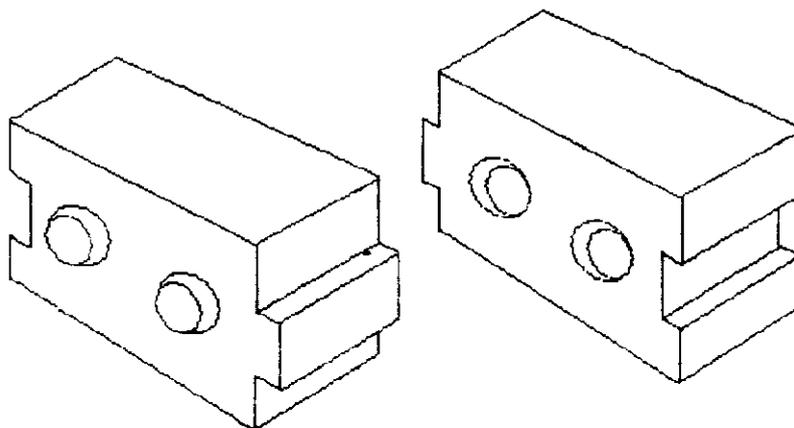
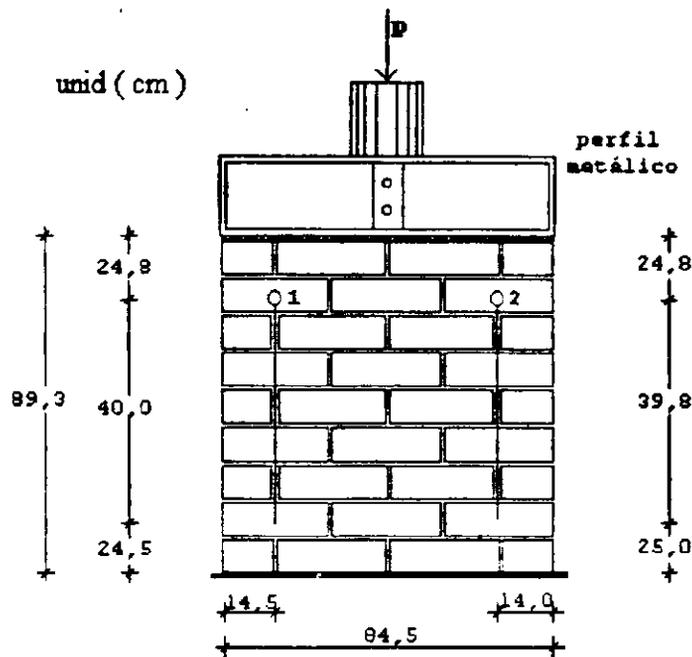


Figura 4.18 - Tijolo de encaixe confeccionado com o solo de Sapé

Foi utilizada uma argamassa fluida para se obter uma maior aderência no encaixe entre os tijolos. Após a confecção dos tijolos os mesmos sofreram cura úmida, por meio de molhagem direta para que posteriormente fossem utilizados na construção da parede. A resistência média dos tijolos foi de 2,32 MPa.

Utilizou-se extensômetros verticais e horizontais na instrumentação da parede em ambas as faces, conforme as Figuras 4.19 e 4.20.



*metodologia
no capitulo
Capital e outros.*

Figura 4.19 - Esquema de instrumentação da parede, FACE SUL.

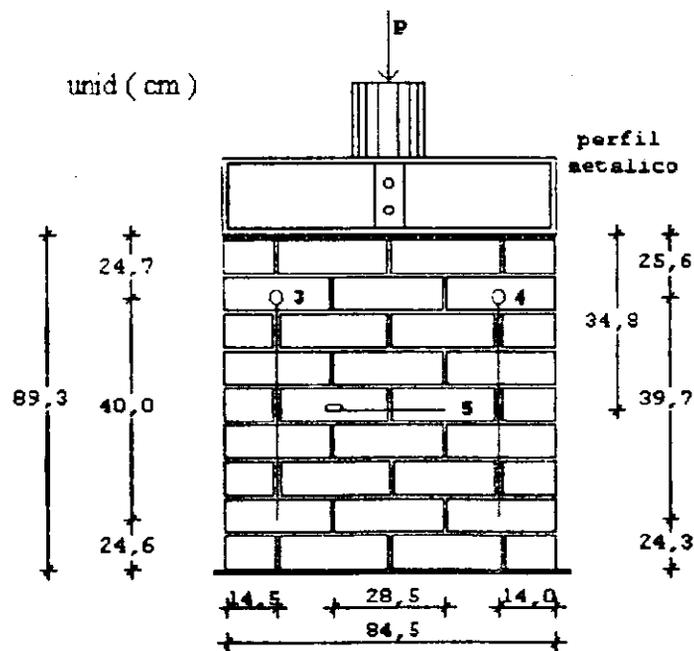
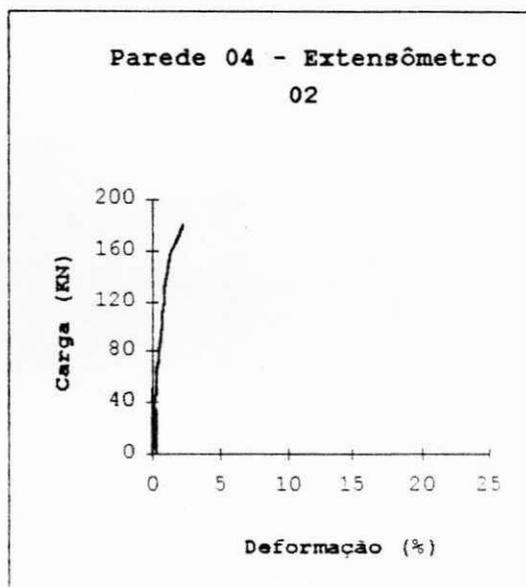
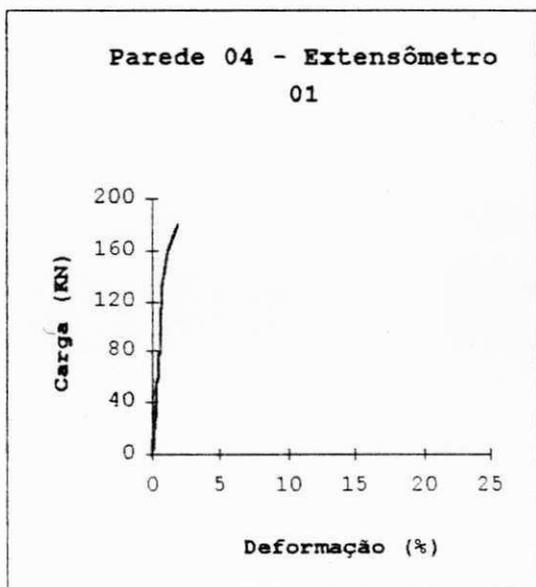
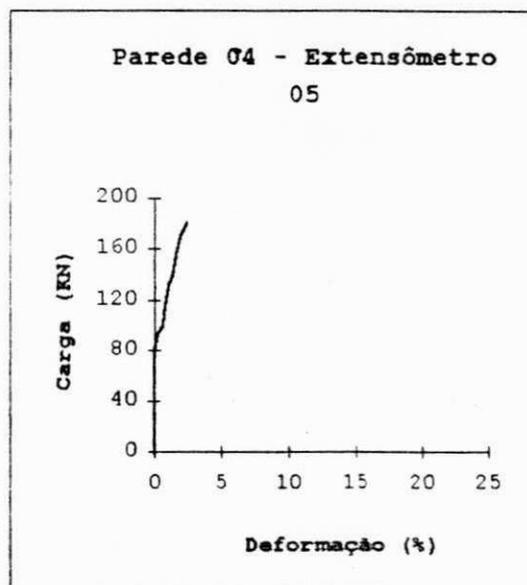
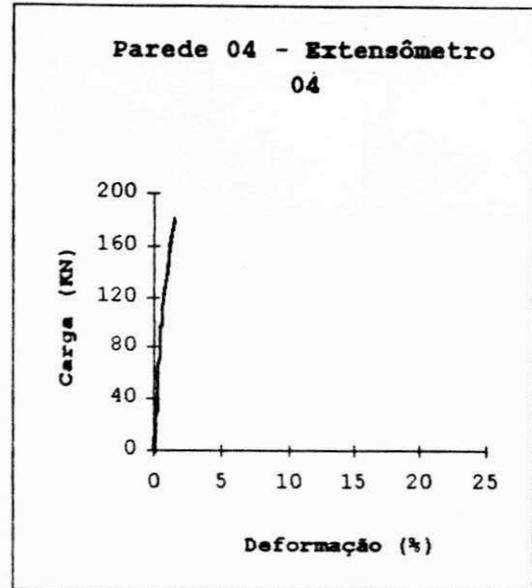
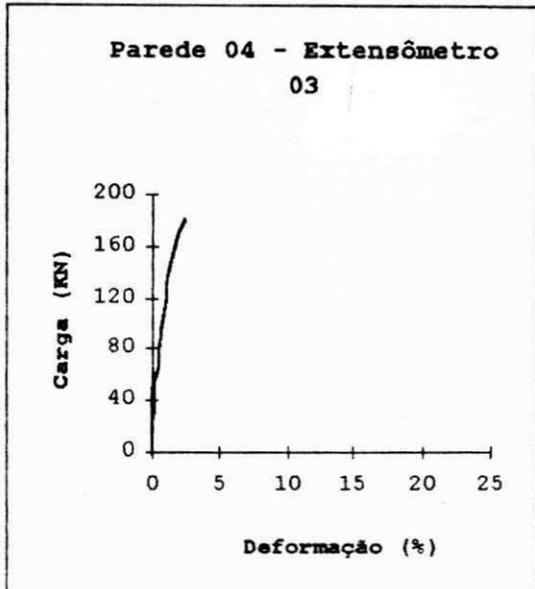


Figura 4.20 - Esquema da Instrumentação da parede, FACE NORTE.

Abaixo estão mostrados os gráficos da relação entre a carga (kN) e a deformação (%) mostrando o comportamento da parede registrado nos extensômetros verticais e horizontal.





4.4.5 - Ensaio da Quinta Parede

A parede constituiu-se de 12 fiadas de tijolos assentadas com argamassa de mesmo solo, passando na peneira de malha 0,60 mm, e com umidade de 32%. A resistência média dos tijolos foi de 1,05 MPa e da argamassa medida no corpo de prova 5x10 cm foi de 0,53 MPa. A instrumentalização da parede nas suas duas faces é mostrada nas Figuras 4.22 e 4.23.

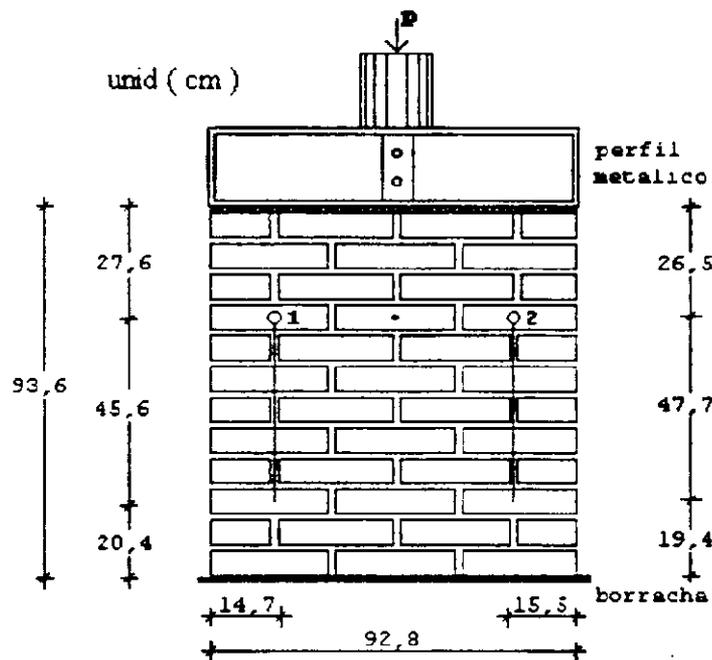


Figura 4.22- Esquema da Instrumentação da parede, FACE SUL.

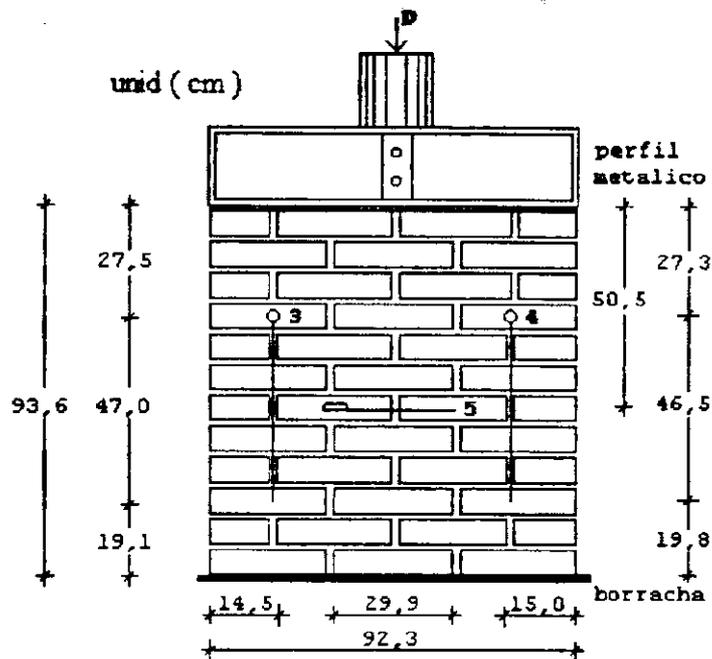


Figura 4.23 - Esquema da Instrumentação da parede, FACE NORTE.

No primeiro e no segundo ciclo de carregamento e descarregamento não se observou aparecimento de fissuras, as mesmas foram detectadas a partir do terceiro e último ciclo quando se atingiu a carga de 60 kN. As fissuras apareceram inicialmente nas juntas. Fissuras inclinadas começaram a surgir com a carga de 72 kN. A partir da carga de 80 kN ocorreu a propagação e expansão da abertura das fissuras. Cargas crescentes foram aplicadas até atingir carga de 99 kN, quando se observou a ruptura da parede com a queda de tensão

Devido a confecção da parede, não se pode coincidir o eixo da parede com o do macaco, produzindo-se uma carga excêntrica como mostra a Figura 4.24.

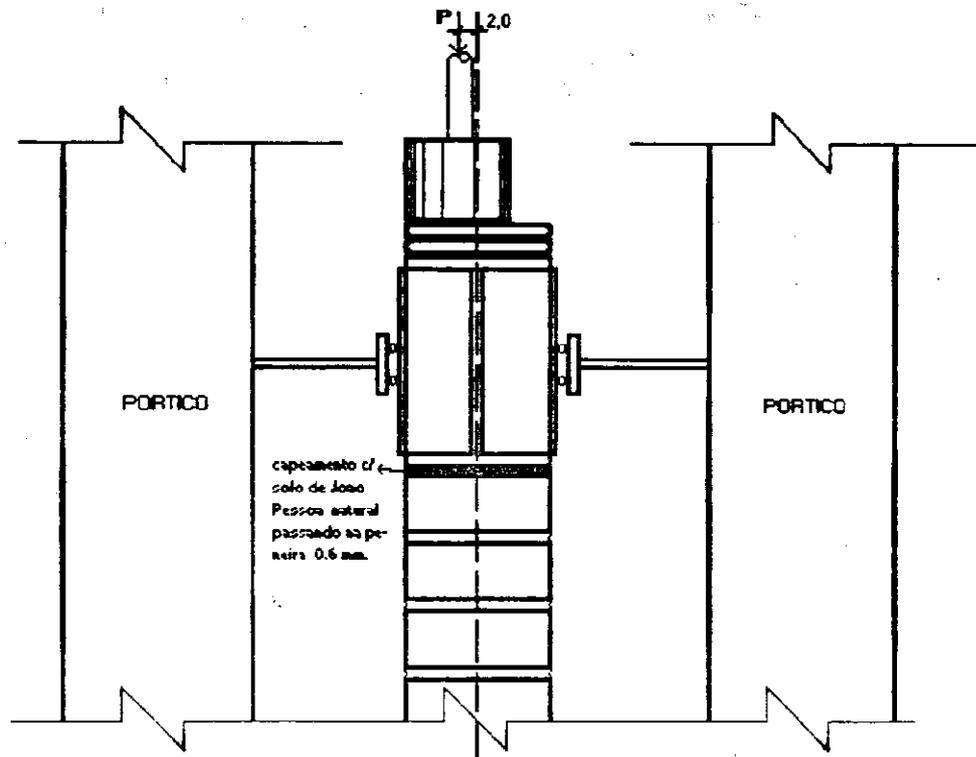


Figura 4.24 - Disposição do macaco na parede.

As fissuras e deformações produzidas pelas cargas a que foi submetida a parede estão representadas esquematicamente na Figura 4.25 .

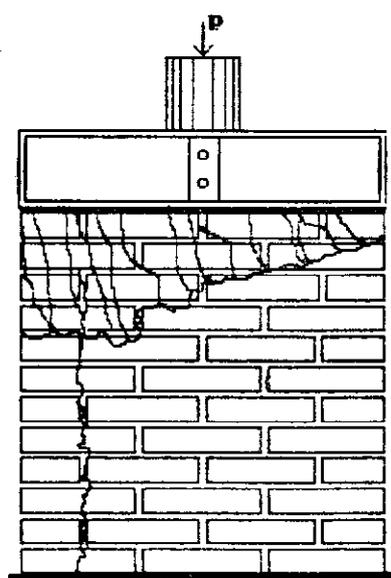
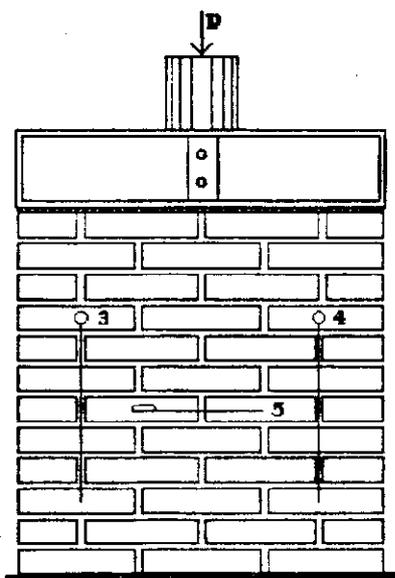
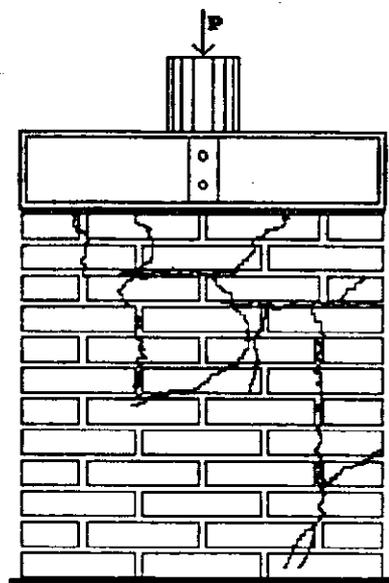
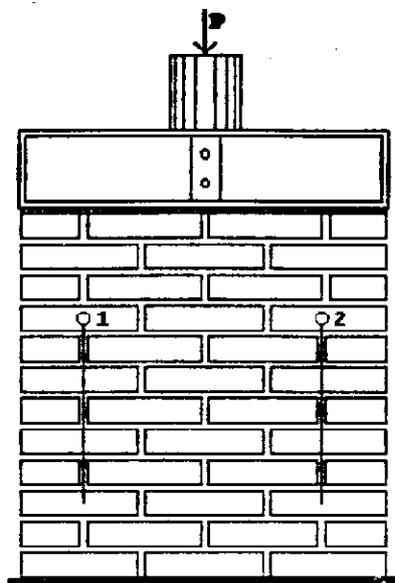


Figura 4.25 - Detalhes da fissuração da parede

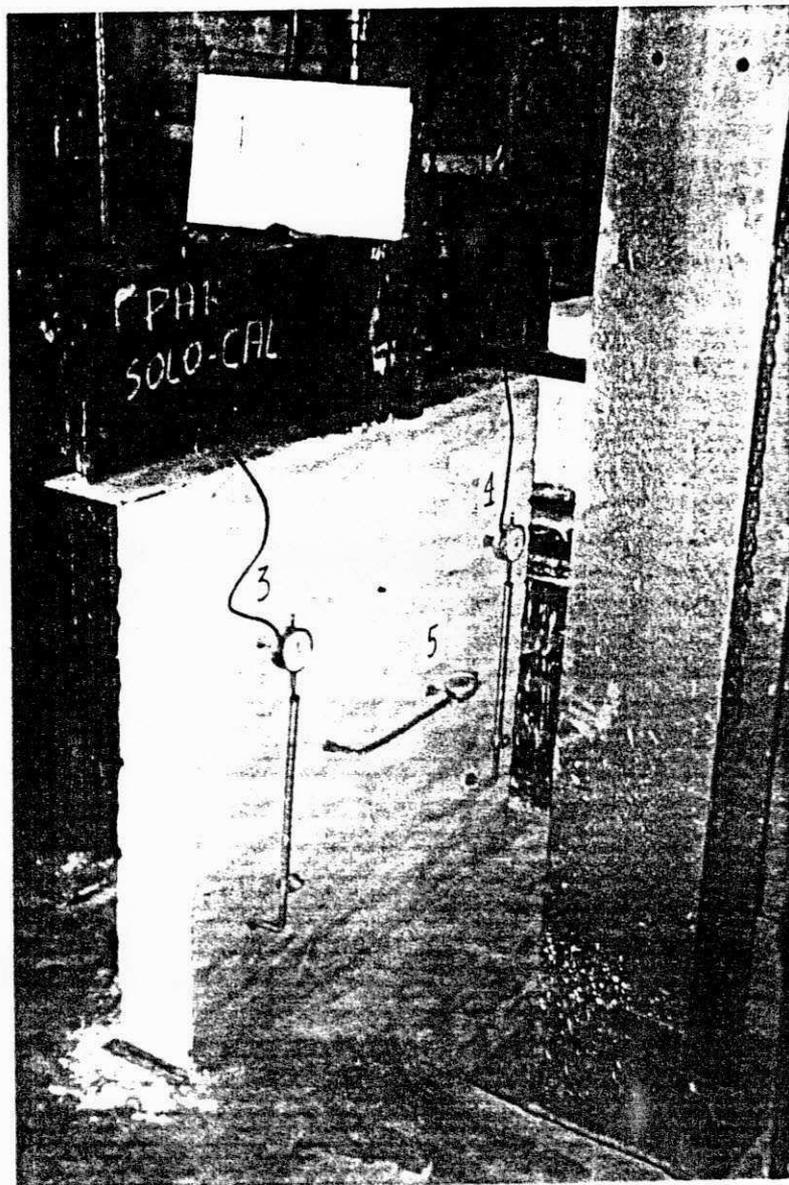
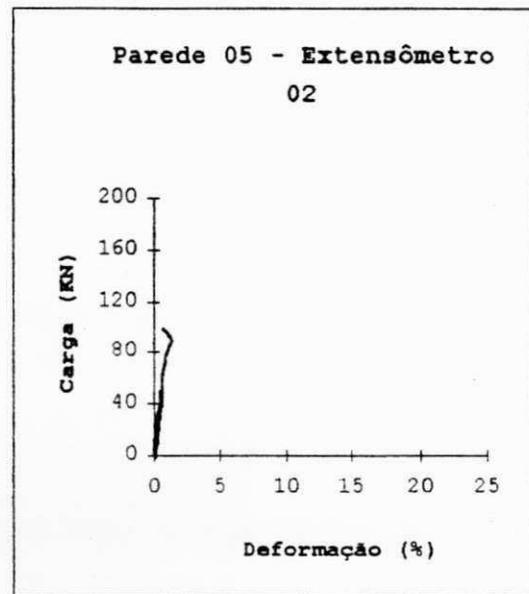
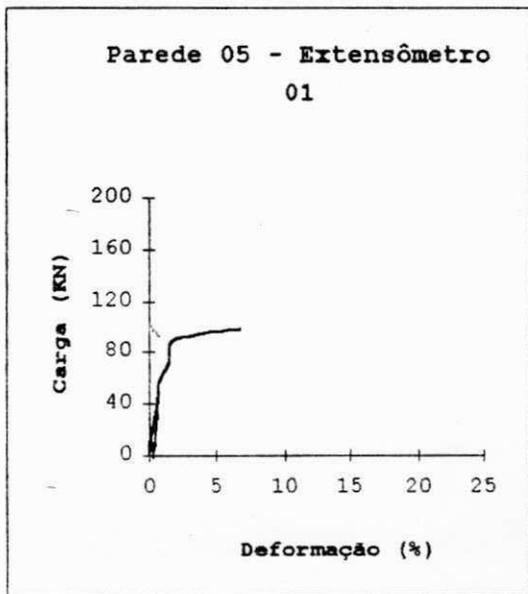
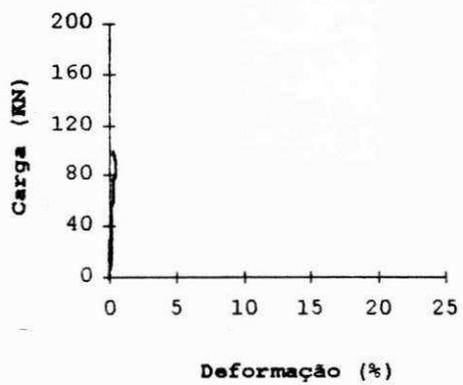


Figura 4.26 - Aspecto da parede de tijolos feitos com o solo de João Pessoa estabilizado com cal na proporção 11:1 (solo:cal) com a carga de 48 KN

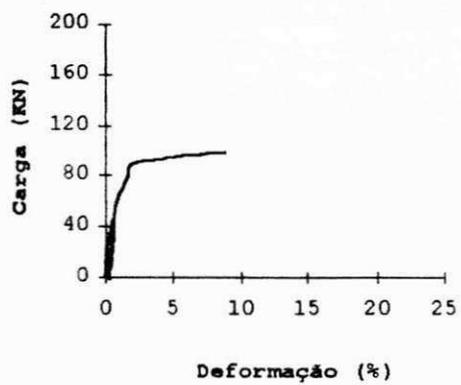
Abaixo estão mostrados os gráficos da relação entre a carga (kN) e a deformação (%) mostrando o comportamento da parede registrado nos extensômetros verticais e horizontal.



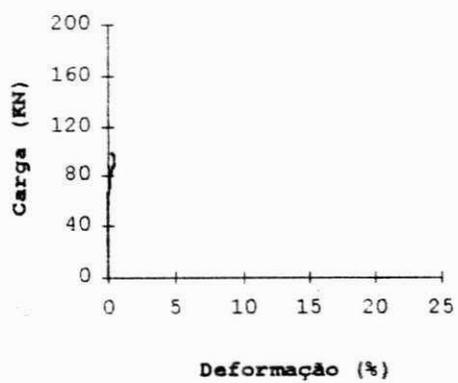
Parede 05 - Extensômetro
03



Parede 05 - Extensômetro
04



Parede 05 - Extensômetro
05



5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios até agora desenvolvidos em laboratório mostram que com a terra crua pode-se construir paredes de resistência muitas vezes superior às cargas de serviço a que seriam submetidos muros de edificações comuns de até dois pavimentos, se bem que os painéis tenham esbeltez baixa, numa edificação as paredes apresentam contenção lateral que minimizam o problema da flambagem.

Em etapas futuras vai-se estudar teórica e experimentalmente que correlações podem ser usadas partindo-se do ensaio de painéis e se ter resistência de paredes.

6 - BIBLIOGRAFIA

Barbosa, N. P.; Ghavami, K. - 1995 - "Desenvolvimento de Elementos Estruturais Usando Blocos de Barro Reforçado com Fibras Vegetais". Relatório de Cooperação Internacional CNPq - CNRS, DTCC-UFPB/DEC-PUC-Rio.

Houban, H; Guiland - 1998 - "Traité de Construction en Terre". Edition Paranthèses, Marseille, França.

Olivier, M.; El Gharbi, Z; Mesbah, A. - 1995 - "Proposition d'une norme d'essai pour les Blocs de Terre Compressés". Document Provisoire de Travail, Laboratoire Geomatériaux, ENTPE, França.

Olivier, M. - 1985 - "Optimization de La Fabrication de Briques de Terre Crue pour la Construction". Communication au Colloque Tropical S 85, Brasília, Février 1985 - Société Brésilienne de Mécanique des Sols, vol. 2, Technical sessions, p 413 à 422.

Olivier, M.; Mesbah, A. - 1987 - "The Static Compressive Test to Optimize de Mechanical Characteristics of Compressed Raw Earth". Symposium on Building Materials for Low-Income Housing, Bangkok, Thailand, 20 au 26 janvier 1987, p.64 à 71.

Olivier, M.; Mesbah, A.; Adam, W. - 1989 - "Influence du Malaxage et du Type de Presse sur la Fabrication des Briques de Terre Compressée". Third CIB RILEM Symposium, Materials for Low Income Housing, México, 6 au 10 novembre 1989, 10p.

Olivier, M.; Mesbah, A. - 1991 - "Essais Simplifiés pour L'identification des sols, en Construction en Terre" Journées Scientifiques sur "l'Habitat Economique en Zone Tropicale", Bamako, Mali, 18-25 novembre 1991, 14p.

Olivier, M. - 1994 - "Le matériau Terre - Compactage, Comportement, application aux Structures en Blocs de Terre". Thèse de Doctorat en Génie Civil, INSA de Lyon, 31 janvier 1994, 450p + annexes 270p.

Timóteo de Sousa, S.M. - 1993 - "Tijolos de Terra Crua Reforçada com Fibras Vegetais". Tese de Mestrado, orientação prof. Normando Perazzo e Romildo Dias Toledo Filho, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Departamento de Engenharia Civil, Campina Grande, Paraíba.