

DECK CONSTRUTORA E INCOPORADORA LTDA

**LAUDO TÉCNICO E ANÁLISE DO PROJETO ESTRUTURAL
E DE FUNDAÇÕES**

ENG. MSc. LEONARDO ALMEIDA FEITOSA

**SERRA
DEZEMBRO/2018**

INTRODUÇÃO

Em atendimento a solicitação efetuada pelo INSTITUTO DE PESOS E MEDIDAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – IPEM/ES, a DECK CONSTRUTURA E INCORPORADORA LTDA elaborou o presente relatório de análise das patologias existentes no edifício da sede o IPEM/ES, e Bloco Anexo, localizado à Av. Marechal Mascarenhas de Moraes, nº 1595, Monte Belo, Vitória/ES.

- Nota de Empenho / Ordem de serviço: 2018RN00273 – Data: 08/10/2018
- Processo: 5902018

Responsável Técnico: Engenheiro Civil Leonardo Almeida Feitosa. Mestre em Estruturas. CREA: ES 025.801/D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ampliação do CPD - Parede Externa – Fachada – Trinca Vertical na Alvenaria - Infiltração.....	9
Figura 2 - Ruptura da alvenaria e infiltrações – Alvenaria nova com recorte no perímetro da viga existente.	10
Figura 3 - Ampliação do CPD - Viga Existente – Infiltrações – Trincas no encontro da laje nova com a viga/laje existente.....	11
Figura 4 - Altura da viga V16 do Projeto estrutural pav. Cobertura no local.....	12
Figura 5 - Ampliação da CPD -Trincas no reboco	13
Figura 6 - Ampliação da CPD – Trincas no reboco	13
Figura 7 – Ampliação da CPD - Infiltrações da parede Externa	14
Figura 8 - Ampliação do CPD - Parede da Fachada – Infiltrações da Parede Externa – Dreno do Ar-Condicionado incorretamente instalação.	15
Figura 9 - Ampliação do CPD - Parede Externa – Fachada – Trinca – Descolamento da estrutura inferior assente sobre solo.	16
Figura 10 - Ampliação do CPD - Parede Externa Fachada Lateral – Infiltrações e Fissuras – Falha/Ausência de junta de dilatação entre alvenaria nova e existente...	17
Figura 11 - Falha/Ausência de Chapim na interface entre a estrutura nova e a existente ocasionando as infiltrações.....	18
Figura 12 - Fissuras generalizadas da proteção mecânica da nova laje e da existente.....	19
Figura 13 - Trinca na proteção mecânica da laje de cobertura – Ponto de infiltração	20
Figura 14 - Segregação da argamassa da proteção mecânica.....	21
Figura 15 - Fissura na interface cinta – Laje de piso nova (radier) – Ausência de junta física com preenchimento de selante.	22
Figura 16 - Fissura na alvenaria na direção do rasgo para instalação de eletroduto.	23
Figura 17 - Depósito Anexo - Trincas e fissuras na alvenaria	24
Figura 18 - Depósito Anexo - Trincas horizontal/vertical adjacente a báscula	25
Figura 19 - Depósito Anexo - Fissura horizontal acima do vão das básculas	26
Figura 20 - Depósito Anexo - Trincas e fissuras –Trincas inclinadas e trinca na interface entre a alvenaria nova e existente.....	27

Figura 21 - Depósito Anexo - Trinca no vidro da janela – Janela e Porta Empenadas.	28
Figura 22 - Prédio Anexo - Trincas no pilar e descolamento do painel de alvenaria.	29
Figura 23 - Prédio Anexo - Trincas no Pilar - Descolamento da alvenaria-trincas da alvenaria – Observar que a viga apoia-se parcialmente no pilar.	30
Figura 24 - Prédio Anexo - Trincas no Pilar - Descolamento da alvenaria - Ampliado	31
Figura 25 - Prédio Anexo - Altura da viga por baixo da laje	32
Figura 26 - Prédio Anexo - Parede Externa – Descolamento da Parede – Ausência de estrutura	33
Figura 27 - Prédio Anexo - Parede Externa – Descolamento da Parede - Detalhe Ampliado	34
Figura 28 - Prédio Anexo - Parede da Fachada - Trinca da alvenaria 001	35
Figura 29 - Prédio Anexo - Parede da Fachada - Trinca da alvenaria 002	36
Figura 30 - Prédio Anexo - Parede da Fachada - Trinca da alvenaria 003	37
Figura 31 - Prédio Anexo - Parede da Fachada – Visão Ampla – Trincas conjuntas da alvenaria.	38
Figura 32 - Fissura Vertical na alvenaria da fachada	39
Figura 33 - Fissura Vertical na alvenaria da fachada - Detalhe Ampliado	40
Figura 34 – Prédio Anexo – Parede externa - Descolamento do quadro de alvenaria - Observar que a viga apoia-se parcialmente no pilar	41
Figura 35 - Prédio Anexo - Aproximadamente 1,5 metros de aterro (areia-argilosa) solicitando a estrutura do prédio Anexo.	42
Figura 36 - Reprodução parcial da planta de formas da Cobertura.	44
Figura 37 - Reprodução Parcial da Armação das lajes da Cobertura	45
Figura 38 - Det. de Armação da Viga da Cobertura - V16.	46
Figura 39 - Det. de Armação da Viga da Cobertura - V20.	47
Figura 40 - Det. de Armação da Viga da Cobertura - V21.	48
Figura 41 - Planta das formas da Fundação - Edificação Principal	49
Figura 42 - Planta das formas da Fundação - Edificação Principal-Ampliação da região da sala CPD	50
Figura 43 - Corte F-F das formas da Fundação	51
Figura 44 - Planta das formas da Fundação - Edificação Principal – Região da Sala CPD.	52

Figura 45 - Corte E-E - Planta das formas da Fundação	52
Figura 46 - Detalhe do Levantamento Arquitetônico – Região da Ampliação da Sala CPD.....	53
Figura 47 - Reprodução parcial do Relatório da Intervenção - Ampliação do CPD...	53
Figura 48 - Reprodução Parcial do Relatório da Intervenção - Ampliação do CPD ..	54
Figura 49 - Reprodução Parcial do projeto estrutural – Armação das lajes do pav. Térreo.....	55
Figura 50 - Laje pré-moldada embutida na viga existente.....	57
Figura 51 - Vista da laje nova laje pré-moldada e laje maciça existe por cima.	58
Figura 52 - Reprodução parcial do Relatório Descritivo da Obra – Novo Depósito Anexo	60
Figura 53 - Reprodução parcial do Relatório Descritivo da Obra – Novo Depósito Anexo	61
Figura 54 - Representação esquemática de fissuras decorrente de recalque diferencial.....	62
Figura 55 - Representação esquemática de recalque não-uniforme com distorção..	63
Figura 56 - Representação esquemática da transferência de carga da estaca para o solo e do Radier para o solo.....	64
Figura 57 - Representação esquemática da transferência de carga da estaca para o solo – Radier para o solo.....	64
Figura 58 - Representação esquemática do Efeito de Tschebotarioff.....	65
Figura 59 - Planta Baixa das formas da Fundação – Edifício Anexo.....	67
Figura 60 - Corte e Detalhamento das cintas - Pav. Térreo - Edifício Anexo	68
Figura 61 - Planta Baixa das formas da fundação Ampliada – Região do Auditório – Edifício Anexo	69
Figura 62 - Corte e Detalhamento das cintas - Ampliação da região do Auditório - Pav. Térreo – Edifício Anexo.....	70
Figura 63 - Reprodução parcial do levantamento arquitetônico – Edifício em Anexo	71
Figura 64 - Det. Ampliado do projeto estrutural - Sapata de borda - Corte	72
Figura 65 - Det. Ampliado do projeto Estrutural – Sapata de Borda – Planta baixa ..	72
Figura 66 - Desenho esquemático de uma viga de equilíbrio - Perspectiva.....	73
Figura 67 - Desenho esquemático de uma viga de equilíbrio – Em planta e corte.....	73
Figura 68 – “Pilar” da região do Auditório.....	74
Figura 69 - Prédio Anexo - Parede Externa - Pilar Não-Identificado 001	76

Figura 70 - Prédio Anexo - Parede Externa - Pilar Não-Identificado 002	77
Figura 71 - Projeto Estrutural - Formas da Fundação - Det. Ampliado.....	78
Figura 72 - Projeto Estrutural - Armação das lajes Fundação - Det. Ampliado	78
Figura 73 - Croqui da planta de formas da fundação	79
Figura 74 – Croqui Pav. Térreo - Parcela de carga recebida pela viga V23 (teoria das linhas de Ruptura)	81
Figura 75 - Situação da viga V23 - Antes da Obra	82
Figura 76 - Situação da viga V23 -Depois da Obra	83
Figura 77 - Distorção da Estrutura - Descolamento do quadro de alvenaria	88
Figura 78 - Linhas de Influência - Linhas de Ruptura da laje	96

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	2
1 DA VISTORIA E IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS.....	9
1.1 EDIFÍCIO SEDE – REFORMA E AMPLIAÇÃO DO CPD	9
1.2 DEPÓSITO ANEXO AO EDIFÍCIO SEDE	23
1.3 EDIFÍCIO ANEXO	29
2 ANÁLISE DOS PROJETOS E RELATÓRIO DESCRITIVO DAS OBRAS.....	42
2.1 AMPLIAÇÃO DO CPD – PROJETO DA EDIFICAÇÃO PRINCIPAL	43
2.2 DEPÓSITO ANEXO AO EDIFÍCIO SEDE	60
2.3 EDIFÍCIO EM ANEXO – AUDITÓRIO	66
3 ANÁLISE ESTRUTURAL	77
3.1 AMPLIAÇÃO DO CPD.....	77
4 CONCLUSÕES DA ANÁLISE	84
4.1 AMPLIAÇÃO DO CPD.....	86
4.2 DEPÓSITO EM ANEXO	87
4.3 EDIFÍCIO EM ANEXO	88
5 RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL	89
5.1 AMPLIAÇÃO DO CPD.....	90
5.2 DEPÓSITO EM ANEXO	91
5.3 EDIFÍCIO EM ANEXO – AUDITÓRIO	92
5.4 RECOMENDAÇÕES GENÉRICAS.....	94
5.4.1 Tratamento de trincas em alvenaria	94
6 LEVANTAMENTO DE CARGAS E DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO – PRÉDIO ANEXO.....	95
7 BIBLIOGRAFIA	100

1 DA VISTORIA E IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS

A seguir são apresentadas as fotos tiradas durante a vistoria técnica realizada no dia 18/10/2018 na Sede do IPEM/ES, identificando e apontando as principais patologias encontradas na edificação. A análise das fotos e prováveis causas das patologia encontradas, serão apresentadas na Seção 2.

1.1 EDIFÍCIO SEDE – REFORMA E AMPLIAÇÃO DO CPD

As fotos seguintes, são da região de ampliação do escritório interno da sede o IPEM-ES. Sala identificada como CPD, conforme relatório número CI nº 01-211/IPEM-ES/CPL.



Figura 1 - Ampliação do CPD - Parede Externa – Fachada – Trinca Vertical na Alvenaria - Infiltração



Figura 2 - Ruptura da alvenaria e infiltrações – Alvenaria nova com recorte no perímetro da viga existente.



Figura 3 - Ampliação do CPD - Viga Existente – Infiltrações – Trincas no encontro da laje nova com a viga/laje existente



Figura 4 - Altura da viga V16 do Projeto estrutural pav. Cobertura no local



Figura 5 - Ampliação da CPD -Trincas no reboco



Figura 6 - Ampliação da CPD – Trincas no reboco



Figura 7 – Ampliação da CPD - Infiltrações da parede Externa



Figura 8 - Ampliação do CPD - Parede da Fachada – Infiltrações da Parede Externa – Dreno do Ar-Condicionado incorretamente instalação.



Figura 9 - Ampliação do CPD - Parede Externa – Fachada – Trinca – Descolamento da estrutura inferior assente sobre solo.



Figura 10 - Ampliação do CPD - Parede Externa Fachada Lateral – Infiltrações e Fissuras – Falha/Ausência de junta de dilatação entre alvenaria nova e existente.



Figura 11 - Falha/Ausência de Chapim na interface entre a estrutura nova e a existente ocasionando as infiltrações.



Figura 12 - Fissuras generalizadas da proteção mecânica da nova laje e da existente.



Figura 13 - Trinca na proteção mecânica da laje de cobertura – Ponto de infiltração



Figura 14 - Segregação da argamassa da proteção mecânica



Figura 15 - Fissura na interface cinta – Laje de piso nova (radier) – Ausência de junta física com preenchimento de selante.



Figura 16 - Fissura na alvenaria na direção do rasgo para instalação de eletroduto.

1.2 DEPÓSITO ANEXO AO EDIFÍCIO SEDE.

Na sequência, as fotos das patologias identificadas no Depósito Anexo ao Edifício Sede.



Figura 17 - Depósito Anexo - Trincas e fissuras na alvenaria



Figura 18 - Depósito Anexo - Trincas horizontal/vertical adjacente a báscula

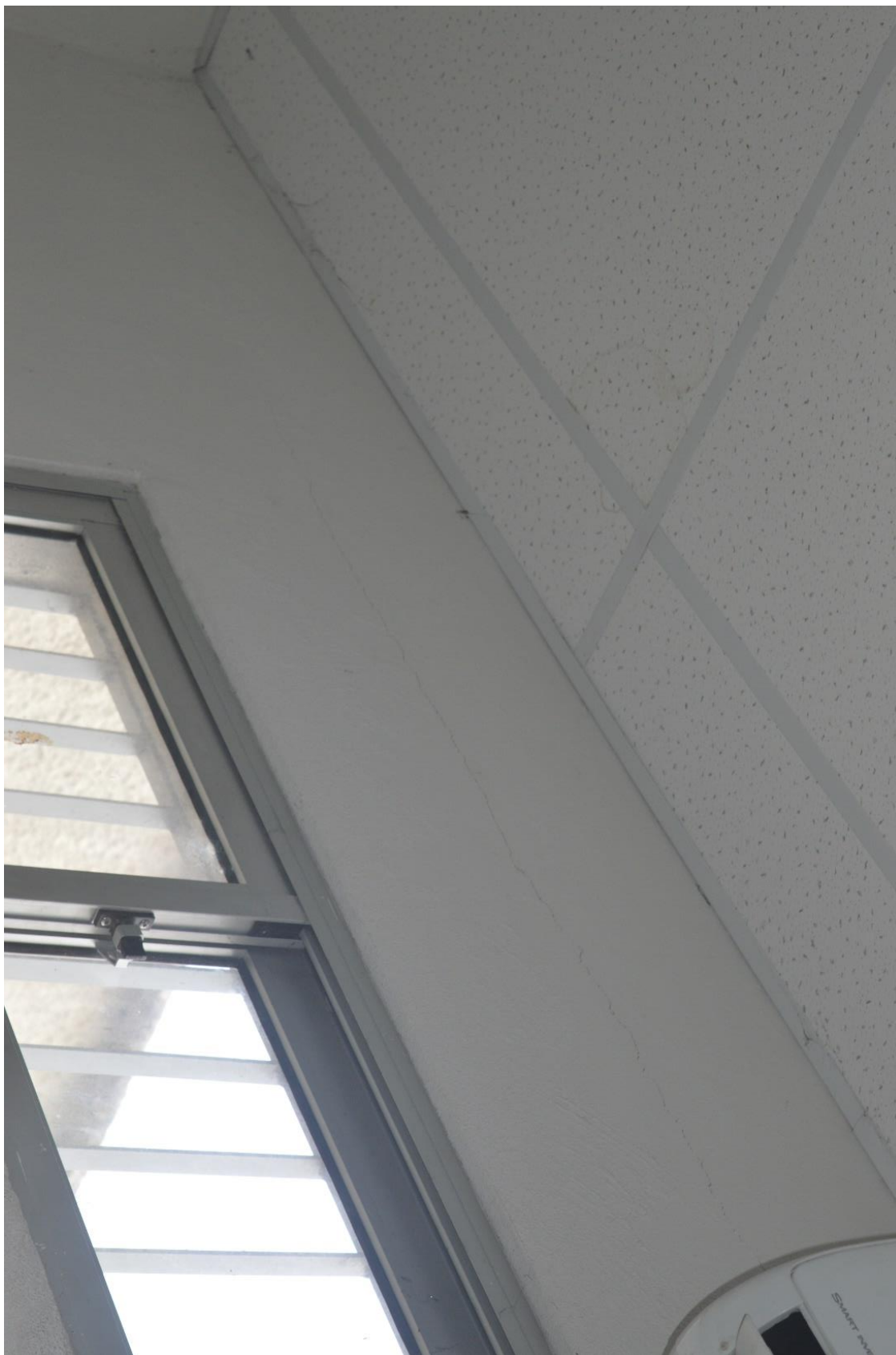


Figura 19 - Depósito Anexo - Fissura horizontal acima do vão das básculas



Figura 20 - Depósito Anexo - Trincas e fissuras –Trincas inclinadas e trinca na interface entre a alvenaria nova e existente.



Figura 21 - Depósito Anexo - Trinca no vidro da janela – Janela e Porta Empenadas.

1.3 EDIFÍCIO ANEXO

Na sequência, fotos das patologias identificadas no prédio anexo da sede do IPEM-ES, região do auditório.

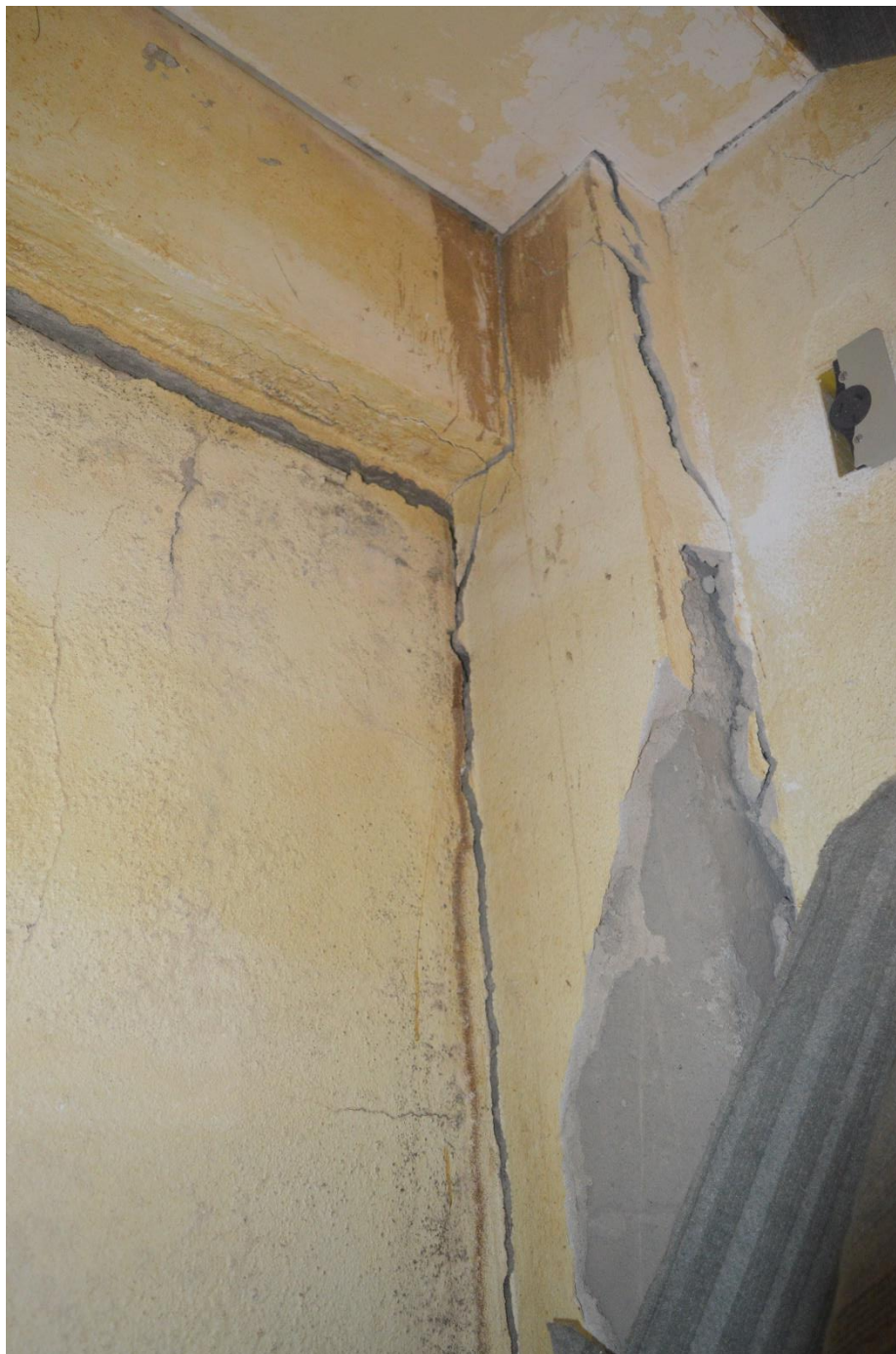


Figura 22 - Prédio Anexo - Trincas no pilar e descolamento do painel de alvenaria



Figura 23 - Prédio Anexo - Trincas no Pilar - Descolamento da alvenaria-trincas da alvenaria – Observar que a viga apoia-se parcialmente no pilar



Figura 24 - Prédio Anexo - Trincas no Pilar - Descolamento da alvenaria - Ampliado



Figura 25 - Prédio Anexo - Altura da viga por baixo da laje



Figura 26 - Prédio Anexo - Parede Externa – Descolamento da Parede – Ausência de estrutura



Figura 27 - Prédio Anexo - Parede Externa – Descolamento da Parede - Detalhe Ampliado



Figura 28 - Prédio Anexo - Parede da Fachada - Trinca da alvenaria 001



Figura 29 - Prédio Anexo - Parede da Fachada - Trinca da alvenaria 002



Figura 30 - Prédio Anexo - Parede da Fachada - Trinca da alvenaria 003



Figura 31 - Prédio Anexo - Parede da Fachada – Visão Ampla – Trincas conjuntas da alvenaria



Figura 32 - Fissura Vertical na alvenaria da fachada



Figura 33 - Fissura Vertical na alvenaria da fachada - Detalhe Ampliado



Figura 34 – Prédio Anexo – Parede externa - Descolamento do quadro de alvenaria - Observar que a viga apoia-se parcialmente no pilar



Figura 35 - Prédio Anexo - Aproximadamente 1,5 metros de aterro (areia-argilosa) solicitando a estrutura do prédio Anexo.

2 ANÁLISE DOS PROJETOS E RELATÓRIO DESCRITIVO DAS OBRAS

O IPEM-ES disponibilizou para a análise e elaboração do presente relatório o projeto estrutural (em parte) da edificação principal, além de um relatório (memorial

descritivo) de intervenções posteriores a construção da edificação principal, datados de Outubro de 2011. Este último, diz respeito a ampliação da sala CPD, adjacente ao edifício principal, e do depósito anexo ao edifício principal do complexo.

Foram disponibilizados também, três pranchas do projeto estrutural referente ao Prédio em Anexo – Auditório. Tais pranchas apresentam a planta de formas da fundação (em parte), além de detalhes de armação de vigas e cintas do referido prédio (também em parte).

Por último, foi disponibilizado um levantamento arquitetônico (As built) em formato DWG da edificação principal (planta baixa e cobertura) e do Prédio Anexo – Auditório.

Neste ponto, cumpre assinalar que, a ausência dos projetos: arquitetônico, estrutural e de fundações completo, inviabilizam uma análise detalhada da estrutura. Particularmente a ausência do relatório técnico de sondagem da região, leva a necessidade de especulações e de inferir a real situação da estrutura ao longo desta análise, como será apresentado adiante.

Esclarece-se assim que, todas as premissas consideradas para o desenvolvimento do presente relatório, foram tomadas a partir da análise dos projetos e relatório apresentado, e na ausência de informações pertinentes, admitiu-se a situação mais conservadora (a favor da segurança) para o desenvolvimento da análise.

2.1 AMPLIAÇÃO DO CPD – PROJETO DA EDIFICAÇÃO PRINCIPAL

Apresenta-se a seguir as imagens parciais das pranchas do projeto estrutural da edificação principal do IPEM-ES, especificamente da região da ampliação da sala do CPD.

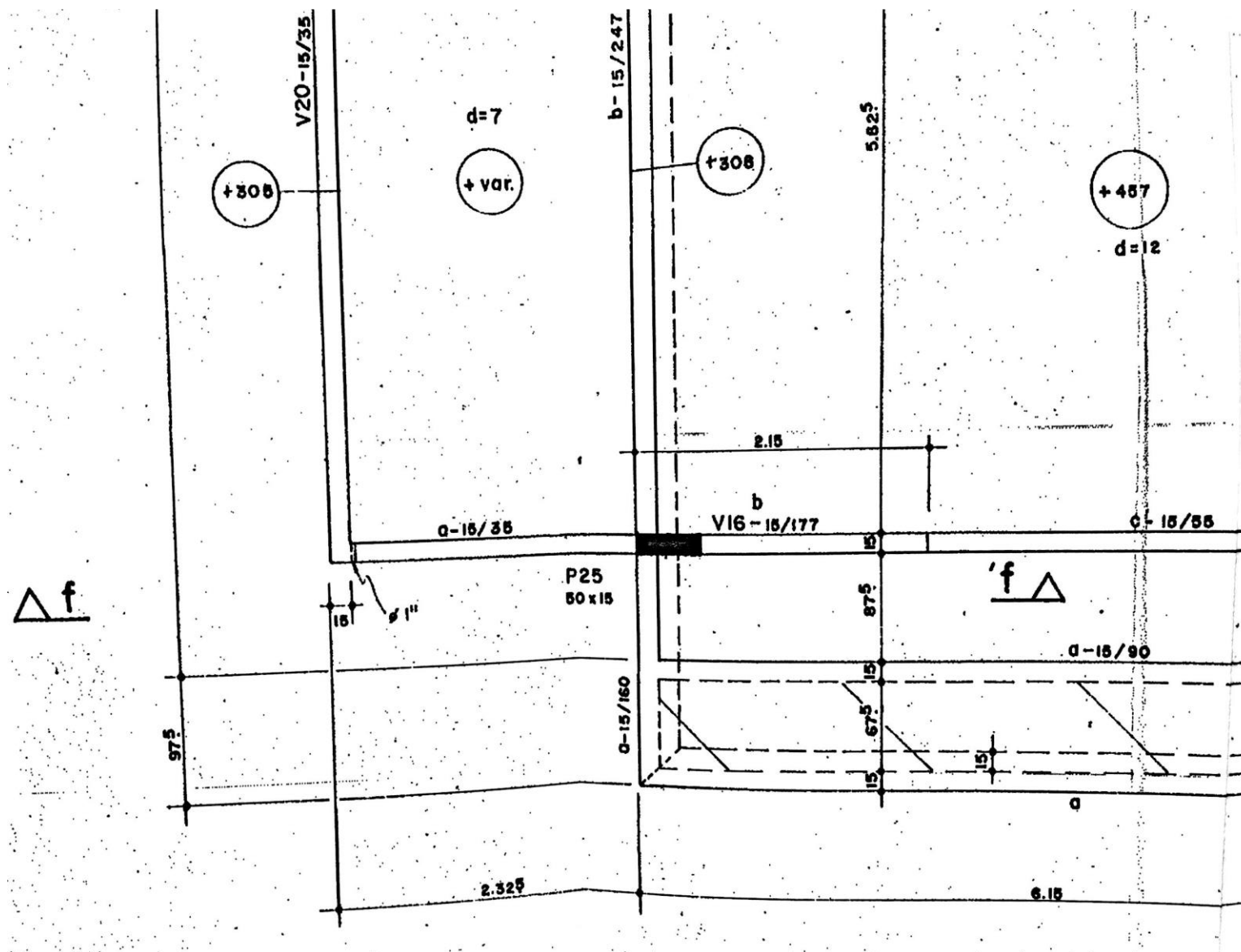


Figura 36 - Reprodução parcial da planta de formas da Cobertura

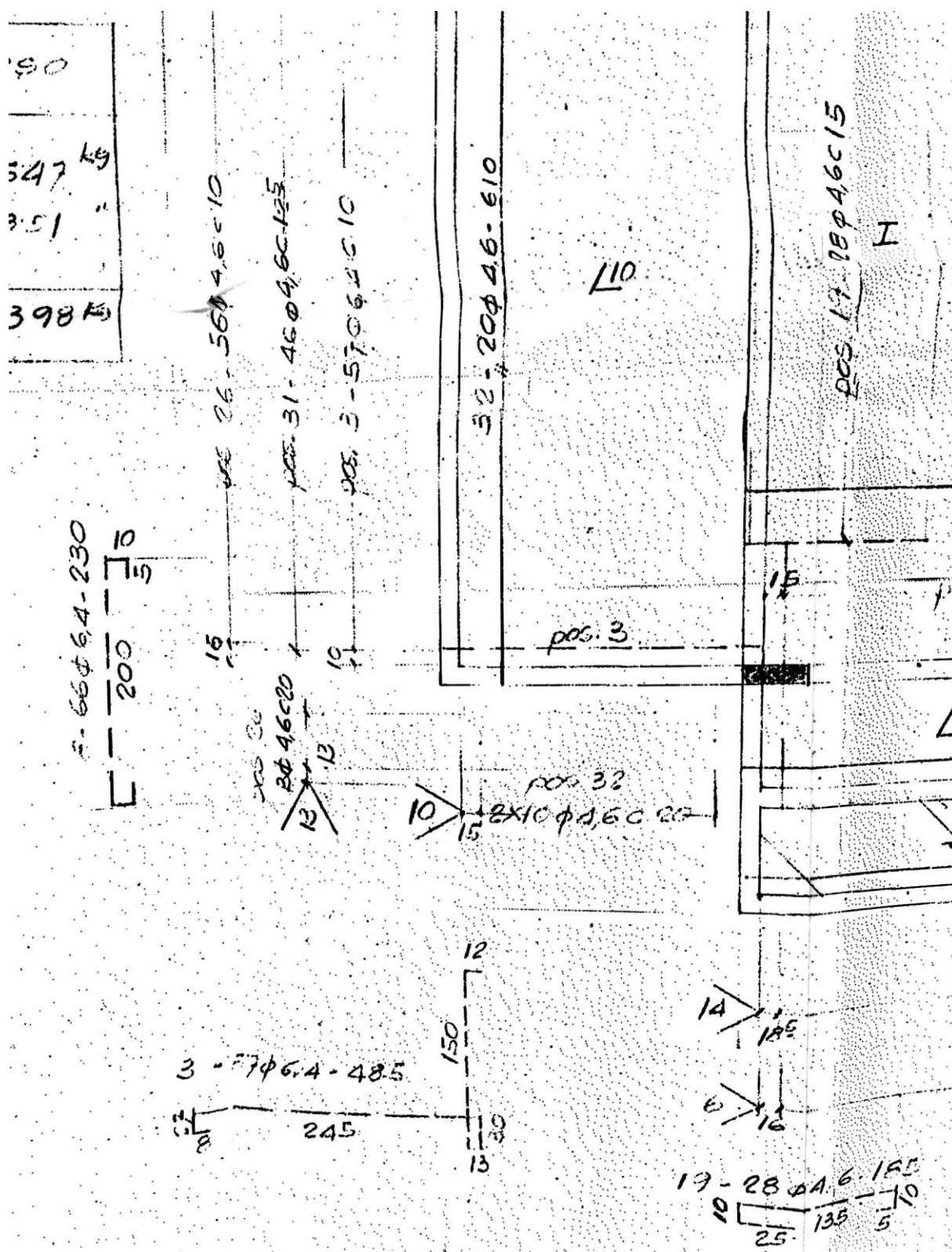


Figura 37 - Reprodução Parcial da Armação das lajes da Cobertura

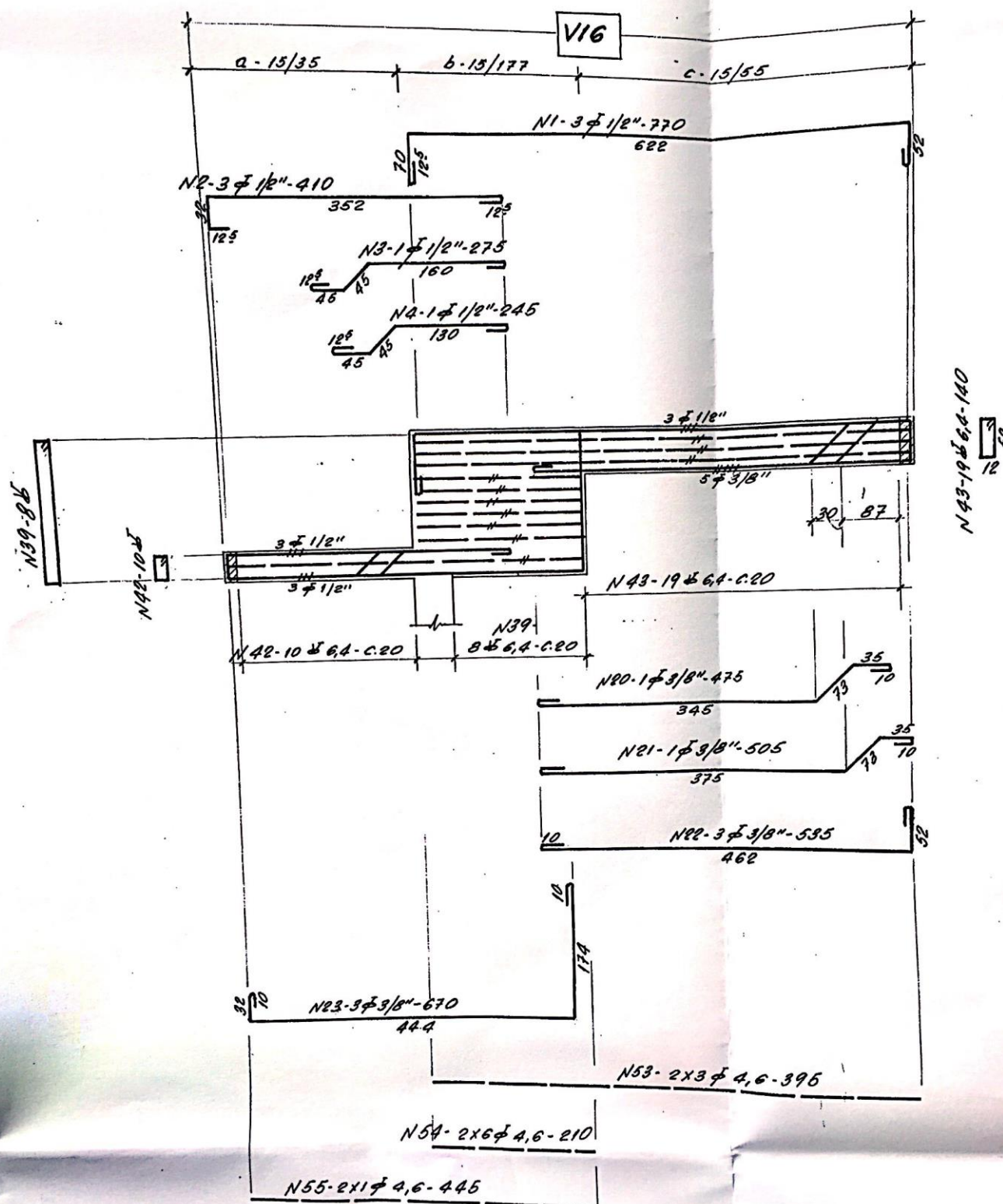


Figura 38 - Det. de Armação da Viga da Cobertura - V16

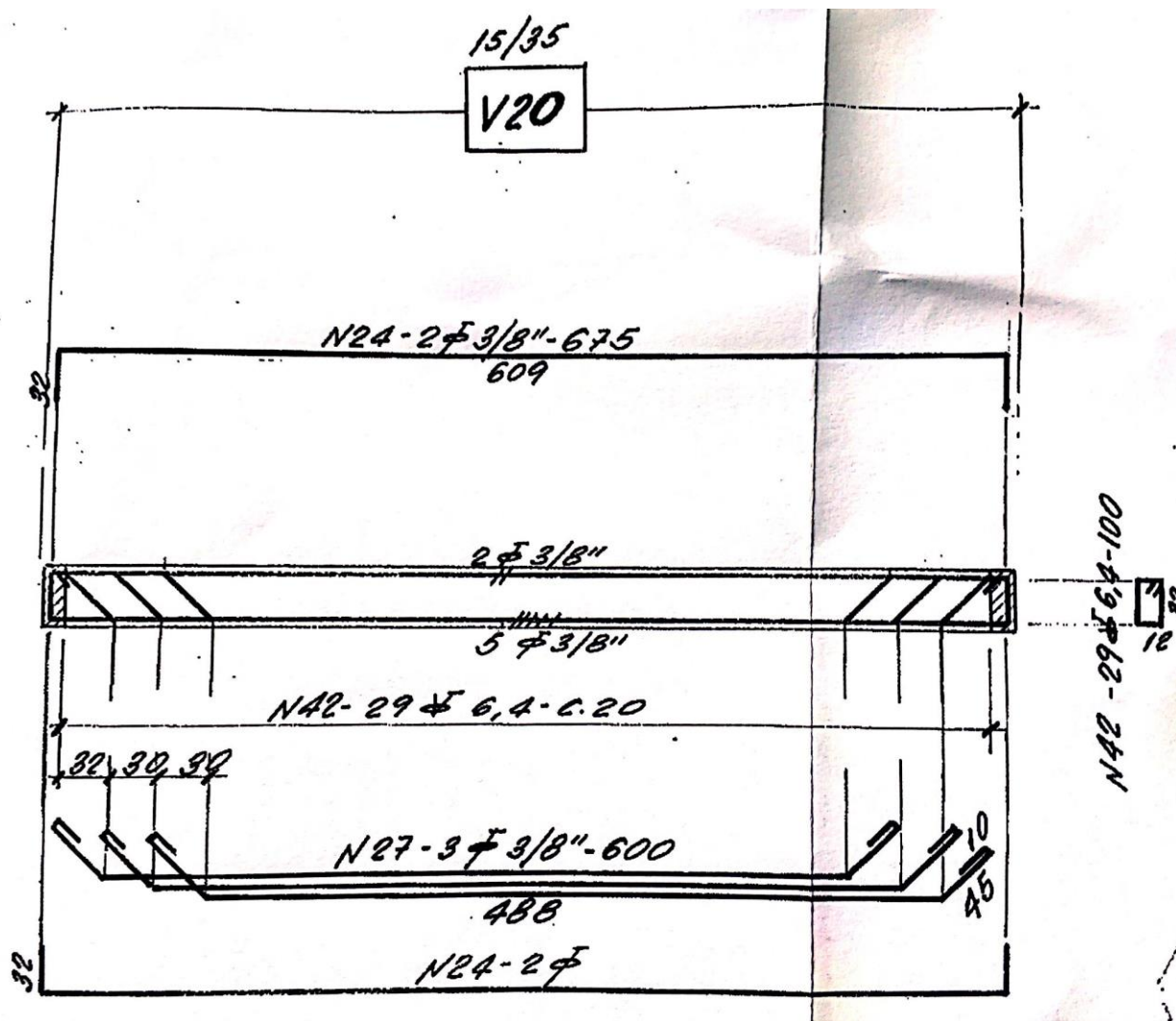


Figura 39 - Det. de Armação da Viga da Cobertura - V20

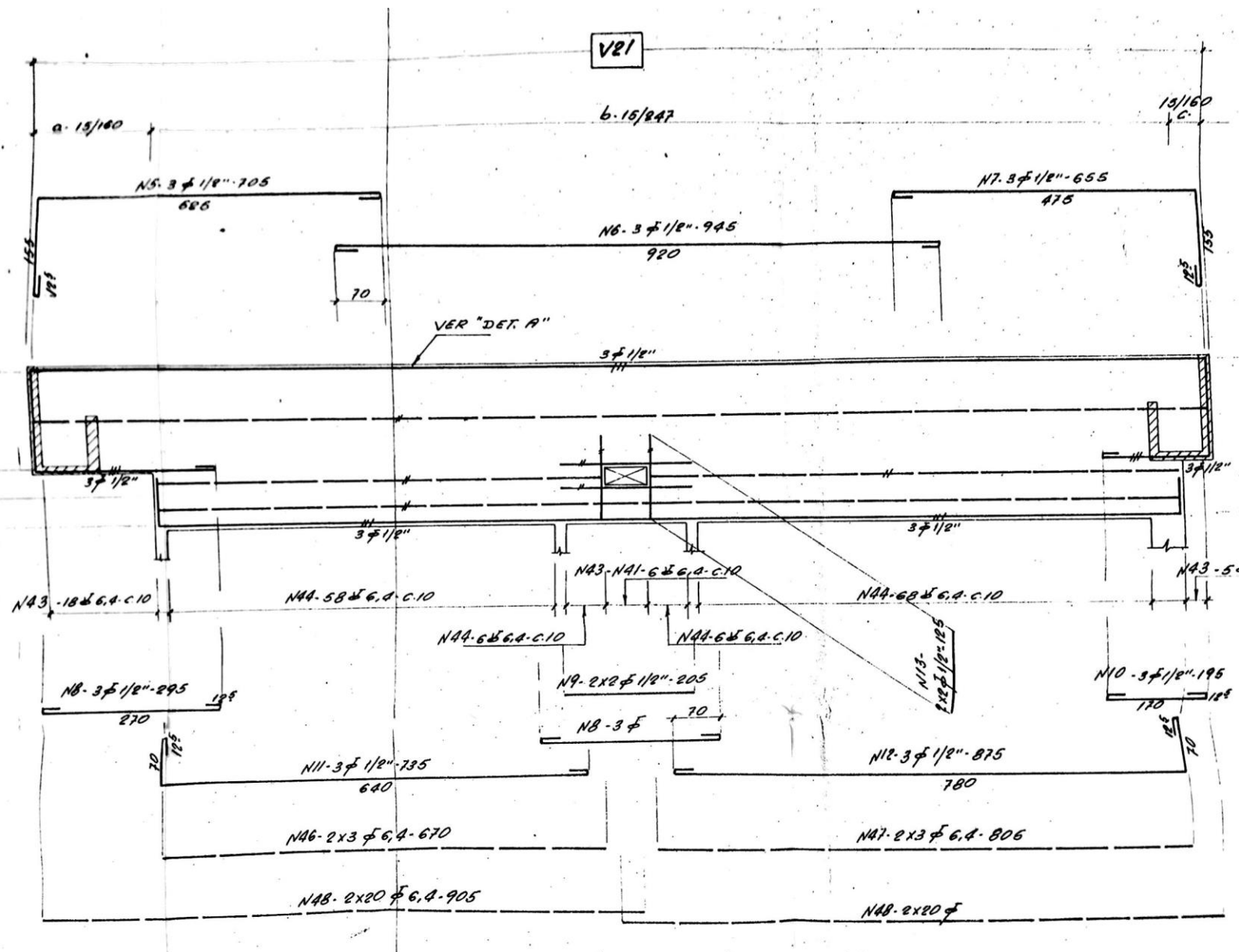


Figura 40 - Det. de Armação da Viga da Cobertura - V21

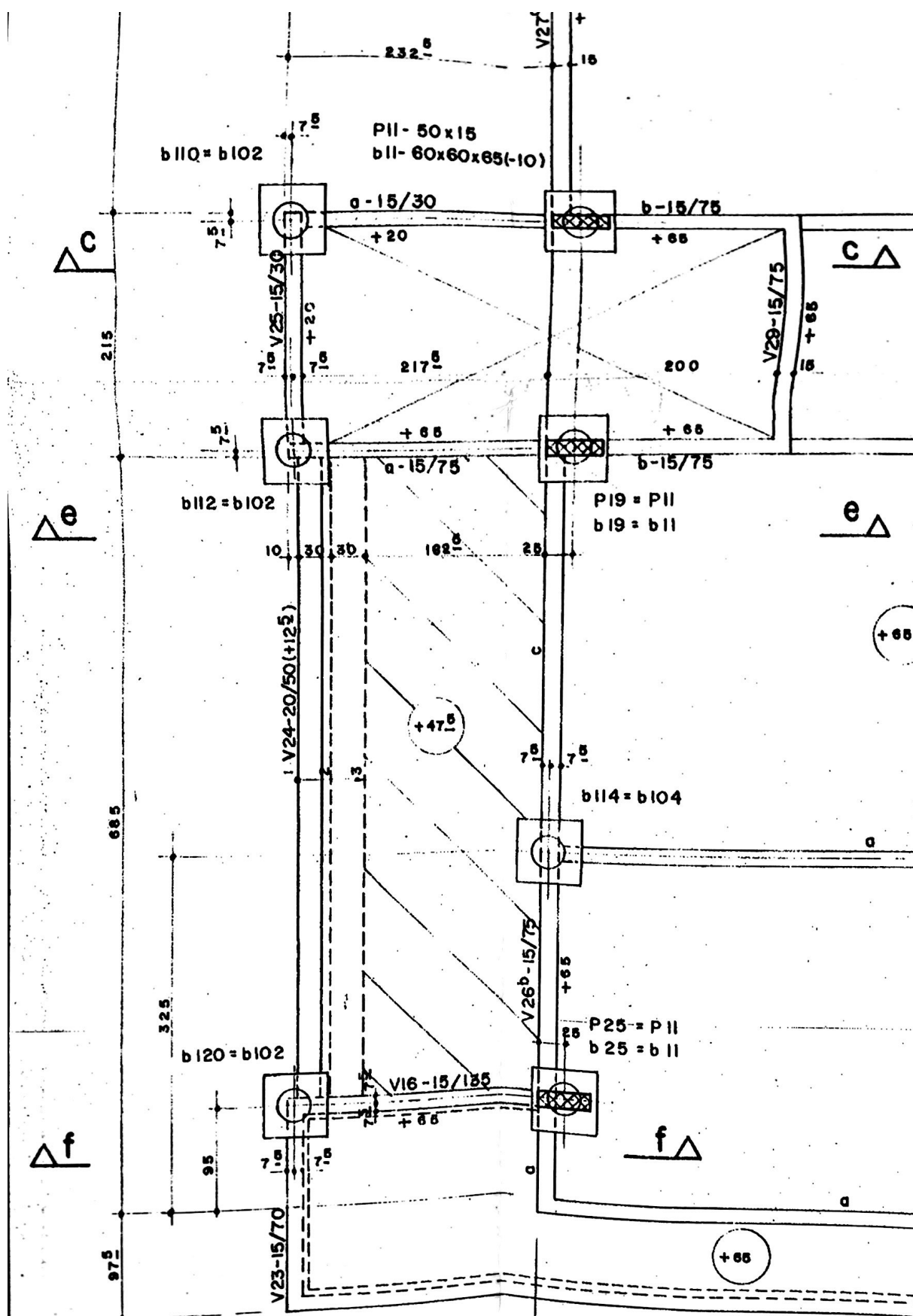


Figura 41 - Planta das formas da Fundação - Edificação Principal

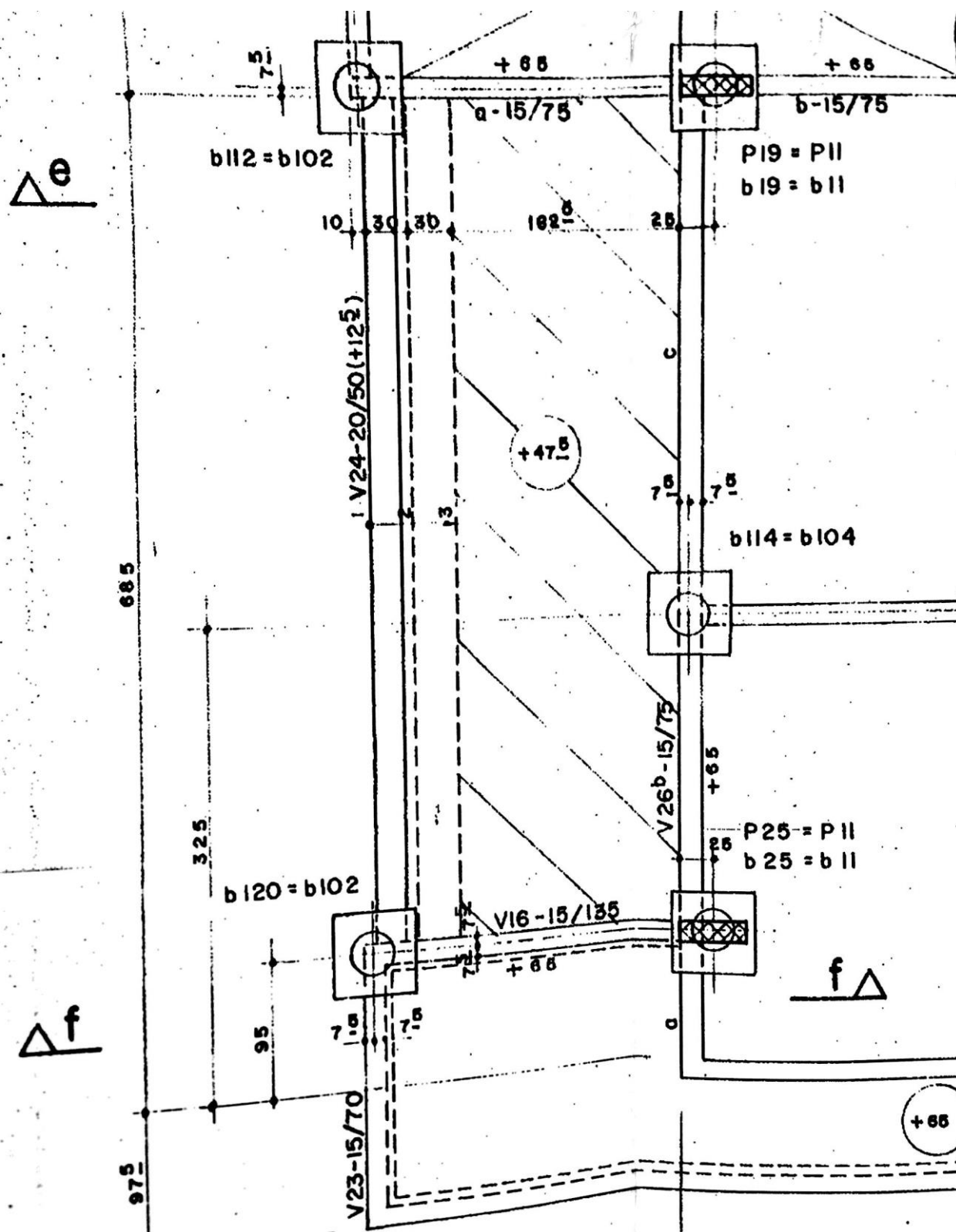


Figura 42 - Planta das formas da Fundação - Edificação Principal-Ampliação da região da sala CPD

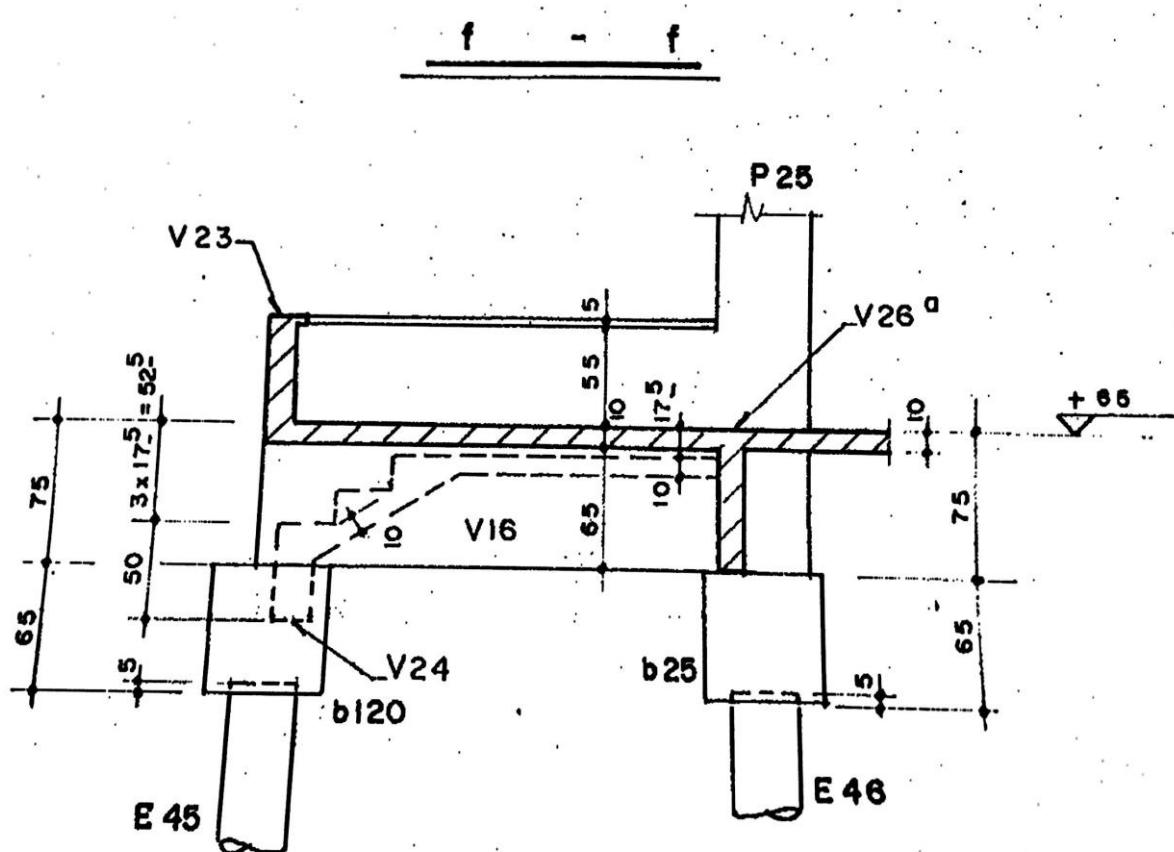


Figura 43 - Corte F-F das formas da Fundação

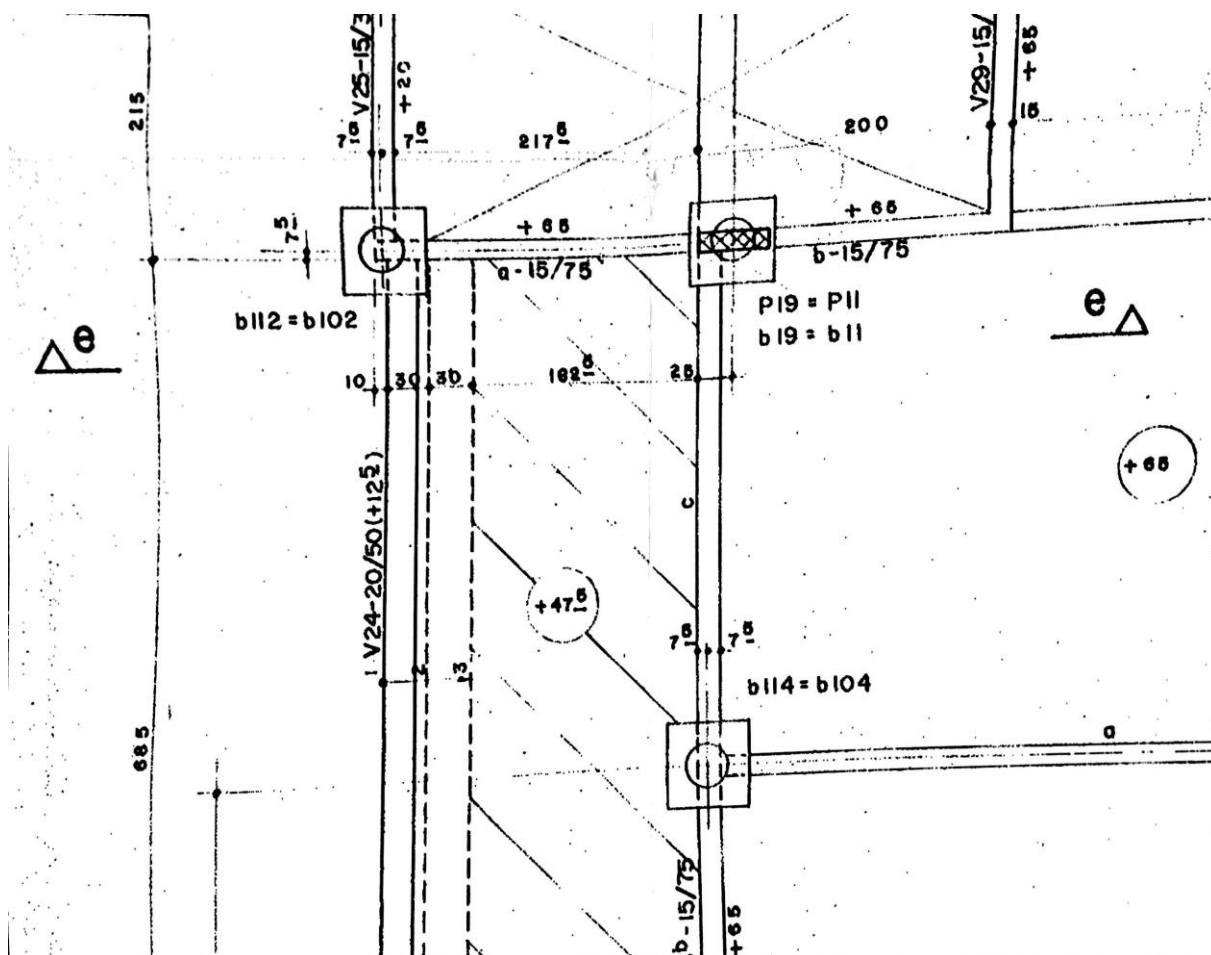


Figura 44 - Planta das formas da Fundação - Edificação Principal – Região da Sala CPD

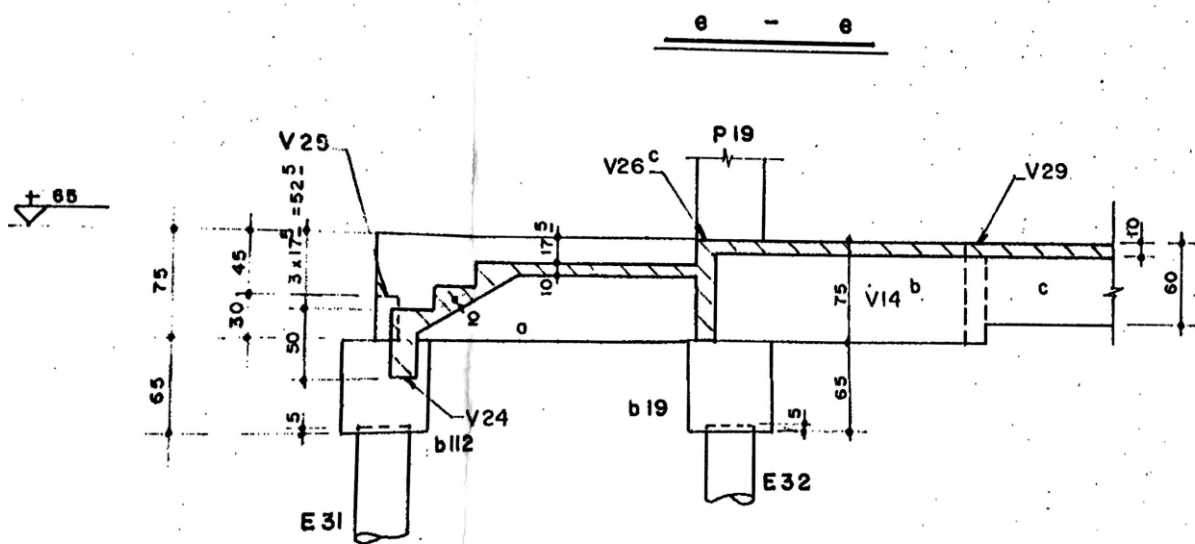


Figura 45 - Corte E-E - Planta das formas da Fundação

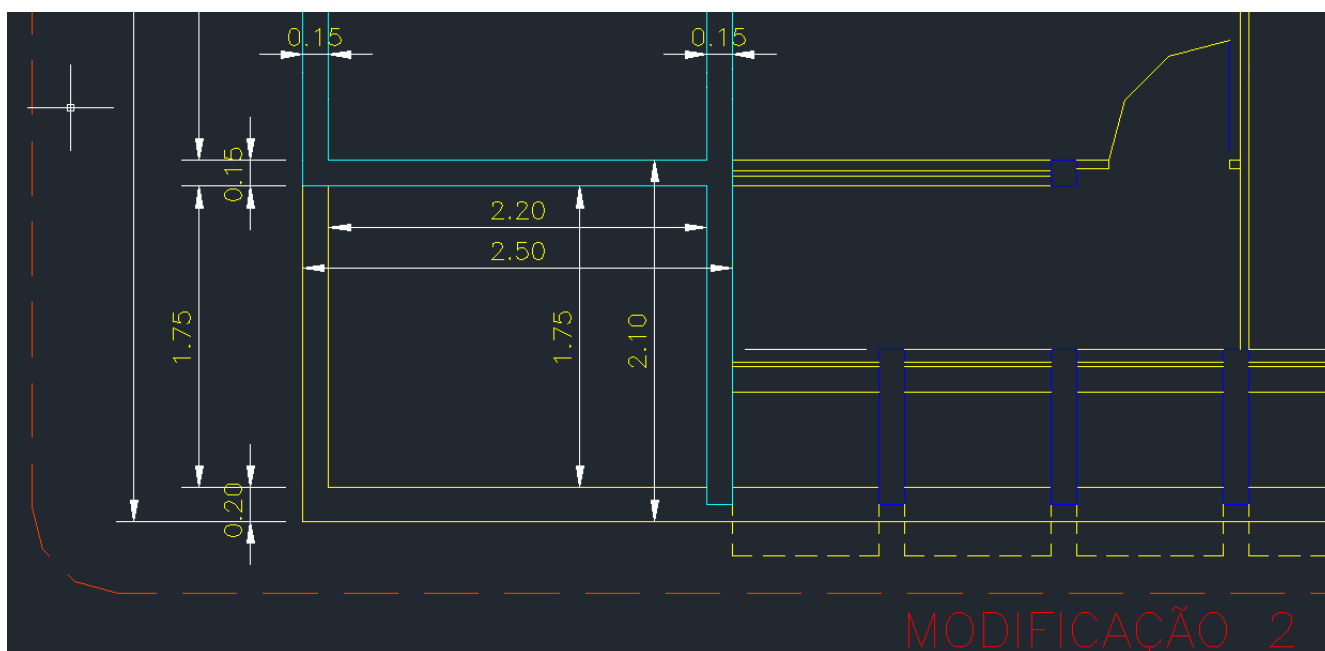


Figura 46 - Detalhe do Levantamento Arquitetônico – Região da Ampliação da Sala CPD.

8.12 - REFORMA DO CPD

8.12.1 – Serão demolidas alvenarias e retiradas janela e portas para a ampliação do CPD;

8.12.2 – Na jardineira, existente no local, será retirada a terra existente e demolido a laje de impermeabilização;

Figura 47 - Reprodução parcial do Relatório da Intervenção - Ampliação do CPD

8.12.3 – Após a demolição serão feitas escavações e nivelamentos para a regularização para a confecção de uma laje contínua (radier) em concreto armado com aditivo impermeabilizante, $f_{ck}=20\text{MPa}$ e armadura nas duas direções (armadura dupla), aço CA-50, 5/16" amarrados com arame pré-cozido. Deverá ser deixado como espera para os pilares (dois) ferros redondos 5/16";

8.12.4 – As alvenarias externas serão em bloco estrutural de 14x19x39cm assentados de acordo com o item 8.4.2 desta especificação;

8.12.5 – Os fechamentos das alvenarias serão em bloco canaleta com dois ferros de 5/16";

8.12.6 – O concreto armado usado para o preenchimento dos blocos (pilares) e a cinta de amarração $f_{ck}=20\text{MPa}$;

8.12.7 – A laje de cobertura pré-moldada, no mesmo nível e características da existente no local;

8.12.8 – A cobertura do CPD será impermeabilizada após regularização das lajes com argamassa de cimento e areia, espessura máxima de 3cm e caimentos de acordo com o indicado em planta. O encontro das alvenarias com a laje deverá ser arredondado, para se evitar rompimento da manta. Sobre a camada de regularização deverá utilizada manta asfáltica aluminizada, de 4 mm de espessura a base de asfalto modificado. A manta deverá atender à Norma da ABNT 9952, classe 2, aderida ao substrato com emulsão asfáltica, da marca Toradim ou equivalente. Após a aplicação do produto, deverá ser executado teste hidrostático de estanqueidade, isolando-se os trechos impermeabilizados e preenchendo-os com água durante pelo menos, 72 horas para observação. Sobre a impermeabilização executar proteção mecânica com espessura de no mínimo 3 cm. Deverá ser tomado cuidado especial na execução correta e adequada dos caimentos para os ralos de descidas de águas pluviais, devendo ser considerado um caimento mínimo de 1%.

Figura 48 - Reprodução Parcial do Relatório da Intervenção - Ampliação do CPD

As Figura 36 à Figura 45, tratam-se de reproduções parciais do projeto estrutural original da edificação principal do IPEM-ES. Verifica-se que a estrutura original, apresenta fundação estacada, construída com vigas, lajes maciças e pilares de concreto armado, com resistência característica de 15 Mpa, em conformidade com a tecnologia da época.

A adoção de estacas para a fundação é perfeitamente compreensível, mesmo tratando-se de uma edificação térrea para fins comerciais (escritório). Isto porque, a região onde está inserida a edificação se trata de um aterro assente sobre argila mole (mangue), de tal forma que a escolha da fundação original é perfeitamente razoável.

A Figura 46, apresenta a reprodução parcial do levantamento arquitetônico da edificação principal do IPEM-ES, em particular da região de ampliação da sala CPD. A análise conjunta das Figura 46 e Figura 42 (planta de formas da fundação na

região da ampliação da sala CPD), leva a conclusão de que as paredes de alvenaria levantadas para a ampliação da sala CPD foram assentadas sobre as vigas: V23 (vertical em planta) e V16 (horizontal em planta). Parte da alvenaria nova (da ampliação da sala) entretanto, possivelmente foi execução sobre a laje L16 (laje que suportava a carga da jardineira no projeto estrutural original), ou ainda sobre a nova laje apoiada diretamente sobre o solo (radier) executada durante a reforma conforme, corrobora a Figura 49, apresentada abaixo.

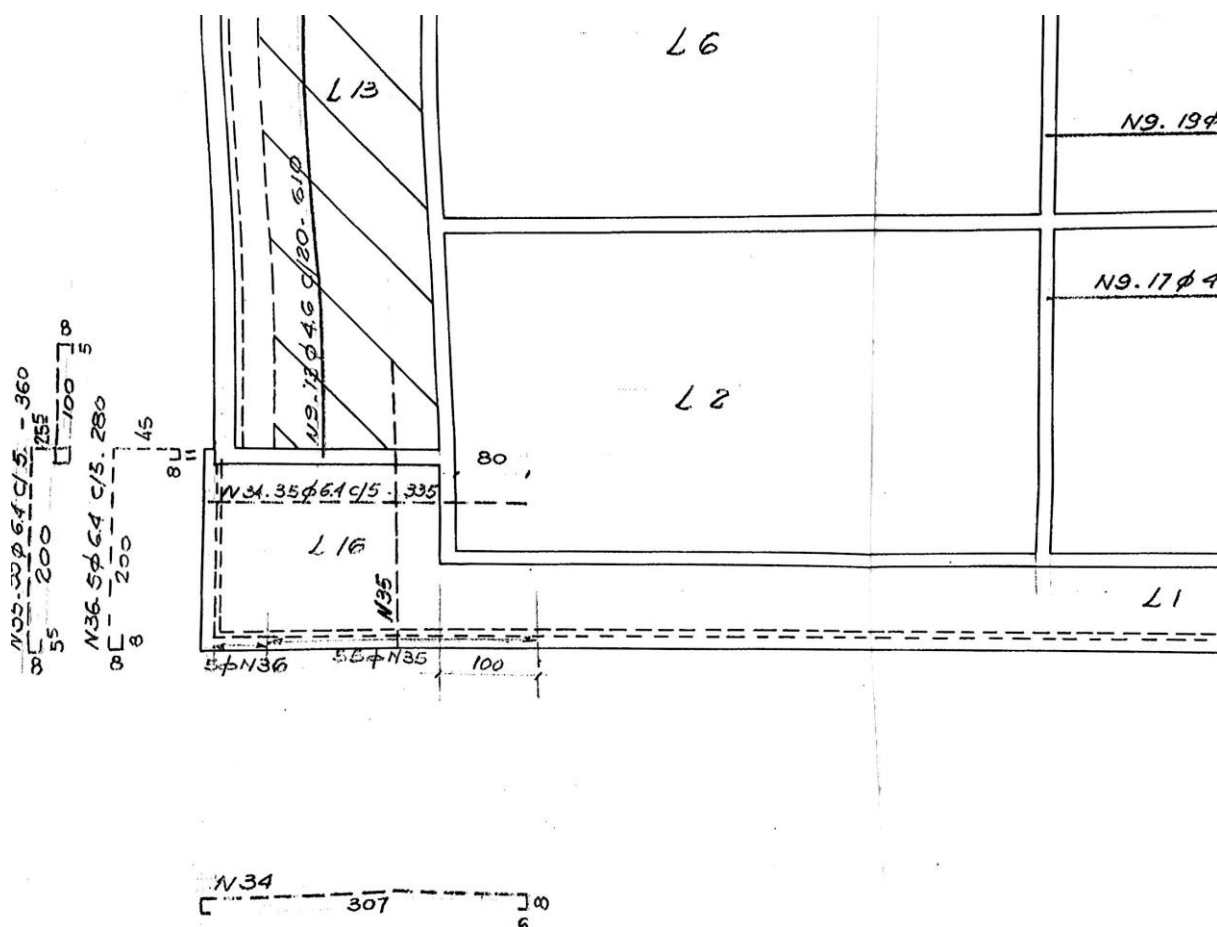


Figura 49 - Reprodução Parcial do projeto estrutural – Armação das lajes do pav. Térreo

As Figura 47 e Figura 48, são a reprodução parcial do relatório descritivo da obra, referente a ampliação da sala do CPD. Da leitura do texto, destaca-se dois pontos:

O primeiro seria o fato da laje L16, que suportava a carga da jardineira da fachada da edificação, ter sido demolida. E uma nova laje, apoiada diretamente sobre o solo compactado, ter sido executada. Esta nova laje (ou radier como indicado no relatório) recebe o piso elevado da ampliação da sala CPD. Esta nova laje (radier)

está contido dentro do perímetro delimitado pelas vigas, V16, V18, V23 e V26 do pavimento térreo, além de parte da laje L1 (apoio da jardineira existente que foi mantida). A Figura 15, mostra a fissura que se formou na interface entre a laje nova (radier) e as cintas perimetrais. A ausência de uma junta de encontro preenchida com isopor e selada com mastique, por si só, já configura na visão do autor, um erro construtivo. Esta fissura é uma não-conformidade que possibilita a ascensão de umidade proveniente do solo.

O item 8.12.3 do relatório, afirma que seriam deixadas esperas para amarração com pilares que nasceriam a partir do radier. Entretanto, não há qualquer pilar nascendo a partir do radier (laje apoiada sobre o solo), tampouco verificou-se a existência de esperas.

O item 8.12.4, não esclarece o substrato sobre o qual as alvenarias foram erguidas, embora seja possível verificar que as alvenarias novas foram assentes sobre as cintas da edificação original.

O item 8.12.6 do relatório, afirma que os blocos seriam preenchidos com concreto, de F_{ck} igual à 20 MPa, formando assim os “pilares” embutidos na alvenaria. Faltou informar se tais “pilares” estaria somente nas quinas da alvenaria estrutural, e também faltou a informação sobre o concreto de enchimento dos blocos, que deveria ser de baixa retração.

O segundo ponto de destaque seria a nova laje de cobertura, que fora executada apoiando-se parte na viga V16 do pavimento cobertura, parte na alvenaria estrutural executada sobre a viga V18 (do pavimento térreo). As Figura 3 e Figura 8 corroboram esta conclusão, sendo possível ainda identificar a direção de apoio da laje pré-moldada com vigotas treliçadas e enchimento de EPS, executada no local.

O item 8.12.7 do relatório, afirma que a laje pré-moldada fora executada no mesmo nível e características da existente no local. Em primeiro lugar, a laje existente no local é do tipo maciça com f_{ck} de 15 Mpa, ao passo que a nova laje executada é pré-moldada com enchimento de ESP e concreto com F_{ck} de 20 Mpa, conforme o próprio relatório. Em segundo lugar, tratando-se de uma laje pré-moldada, apoiada sobre a viga existente, como poderia a laje nova e a existente estarem no mesmo

nível? De fato não deveriam estar no mesmo nível. Entretanto, para evitar um “degrau” aparente na face superior da laje (olhando por cima da laje), o executor, escarificou o revestimento e o cobrimento da viga existente V16 do pavimento cobertura a fim de embutir a nova laje na viga existente e manter o nível entre a laje nova e a existente, conforme é possível visualizar na Figura 50.



Figura 50 - Laje pré-moldada embutida na viga existente

Da Figura 51, observa-se que o novo trecho de laje (pré-moldada) e a laje existente (maciça) efetivamente estão niveladas, isto é, com suas faces superiores em um mesmo nível ou próximo a isto, de tal forma que, quando da aplicação do revestimento e proteção mecânica da laje, chegou-se a um acabamento final nivelado.



Figura 51 - Vista da laje nova laje pré-moldada e laje maciça existe por cima.

Ocorre que, diferente do indicado no relatório do executor e já apontado acima, tais lajes não são iguais, pois não apresentam a mesma capacidade resistente, não apresentem a mesma espessura e principalmente, não apresentam sequer o mesmo sistema estrutural (uma é maciça e outra é pré-moldada).

Aliado a isto, verifica-se ainda uma proteção mecânica (argamassa de contra-piso) ou confeccionada com materiais de baixa qualidade, ou confeccionada com um traço incorreto. Pois a mesma, encontra-se em processo de segregação conforme se observa da Figura 14 e com fissuras aleatórias e generalizadas, típica de variação térmica, isto é, dilatação térmica (ver Figura 12).

Entende-se que, a falha na proteção mecânica, expondo a manta de impermeabilização, aliado a uma fissuração generalizada na interface entre a laje nova e a laje existente decorrente do processo construtivo erroneamente adotado, levou as manchas de infiltrações observadas na Figura 3.

Com relação ao processo construtivo da laje nova, a adoção de sistemas construtivos diferentes (laje maciça & laje pré-moldada) em nível, isto é, em contato direto face a face, levou a formação dessa fissura generalizada ao longo de toda a interface das lajes em decorrente de concretagem à frio em um primeiro momento e devido a variação térmica das lajes, em um segundo, que apresenta valores diferentes já que uma é em sua maior parte isopor ao passo que a outra é maciça.

Além disso, a escarificação efetuada pelo executor, do revestimento da viga (recobo) e de parte do cobrimento da viga (em projeto a viga tem 35 centímetros de concreto) compromete a durabilidade da mesma, já que expõem a armadura da viga ao contato com ar e água (ver Figura 4 com a altura da viga por baixo da laje). Ademais, tratando-se de uma viga em balanço, a retirada do cobrimento neste ponto expõem a armadura principal (que trabalha à tração) da viga, ou seja, o pior cenário.

À respeito da infiltração observada nas Figura 1, Figura 10 e Figura 11, entende-se ter havido duas falhas executivas na obra. A primeira é a ausência de uma junta entre a alvenaria existente e a alvenaria nova na fachada, levando a formação das fissuras observadas nas figuras supracitadas. E segunda falha executiva identificada é a ausência de chapim (metálico ou de qualquer outro material) observada na Figura 11, levando as manchas de infiltração observadas.

Quanto as infiltrações observadas nas Figura 7, Figura 8 e Figura 9, é evidente a falha grosseira na execução do dreno do ar-condicionado e instalação da linha frigorígena entre a máquina e a condensadora. Observa-se um furo aparente na fachada (ver Figura 8) por onde entra água da chuva provocando toda a infiltração.

Por último, destaca-se as fissuras observadas nas Figura 5 e Figura 6. Analisando as formas do pavimento cobertura (ver Figura 36 e Figura 40) verifica-se que o executor seccionou a alvenaria existente a fim de “abrir” uma nova porta no trecho da ampliação da sala do CPD. Ao fazê-lo, o executor comprometeu a rigidez da parede de alvenaria, levando a formação das fissuras observadas no revestimento (reboco) da viga V21 do pavimento cobertura. A viga V21, não recebeu acréscimo de carga em decorrência da obra realizada, de tal forma que, não é razoável admitir que as fissuras observadas nas figuras 5 e 6 alcance a estrutura de concreto (a viga em si). Ademais, não se verifica fissuras ou trincas na alvenaria da fachada à frente da

viga V21, algo que deveria se esperar caso a V21 estivesse sofrendo deformação excessiva. Conclui-se por fim, que estas fissuras (das figuras 5 e 6) juntamente com as fissuras da Figura 16, são fissuras com tratamento superficial sem comprometimento da estrutura.

2.2 DEPÓSITO ANEXO AO EDIFÍCIO SEDE

Apresenta-se a seguir as imagens da reprodução parcial do relatório descritivo da obra, da nova edificação anexa ao Edifício Principal, denominada Depósito Anexo.

8.9 – DEPÓSITO ANEXO AO EDIFÍCIO SEDE

8.9.1 – A boca de lobo existente deverá ser reposicionada cerca de 6,0 m, para evitar interferências com a nova edificação;

8.9.2 – Deverá ser preparada camada de areia compactada mecanicamente, com altura final, de 20cm. Nas laterais da edificação a ser erguida deverá ser prevista a construção de calçadas com 1,00m de largura mais os 10cm referentes ao meio fio em concreto;

→ 8.9.3 – Após o nivelamento da camada de areia, deverá ser colocada lona preta para evitar contato direto do concreto magro com o solo. Será utilizado concreto magro com espessura de 5cm, para receber pavimento estruturalmente armado com 10cm de espessura em concreto armado com $f_{ck}=20$ MPa, com aditivo impermeabilizante, armadura da série Q335, aço CA-60, 5/16", amarrados com arame pré-cozido, correspondendo a 5,37 Kg/m². Na referida laje de piso, deverão ser deixadas esperas de ferros redondos 5/16" a cada 1.5m para pilaretes que serão erguidos na alvenaria de blocos de concreto. Sob a laje deverão ser aplicadas três demãos de Viaplus 1000 da Viapol ou similar de acordo com recomendações do fabricante.

8.9.4 – As alvenarias externas serão em bloco estrutural de 14x19x39cm assentados de acordo com o item 8.4.2 desta especificação. Abaixo da área onde serão erguidas as alvenarias, a armadura no pavimento estrutural será dupla, sendo que a armadura superior deverá ter uma altura de 60 cm. A primeira fiada dos blocos será estrutural do tipo canaleta. Nos locais onde serão deixadas as esperas de ferro da laje do piso, serão erguidos pilaretes 10 x 10 cm preenchidos com concreto fluido. Nas 02 (duas) primeiras fiadas de assentamento dos blocos deverão ser previstas argamassa com aditivo impermeabilizante.

Figura 52 - Reprodução parcial do Relatório Descritivo da Obra – Novo Depósito Anexo

8.9.5 – Deverão ser feitos furos nos pilares a cada 1,0m de altura para fixação com argamassa para chumbamento (grout) de um ferro 5/16 no intuito de amarrar a alvenaria ao mesmo.

8.9.6 – Será empregado concreto armado com $f_{ck}=20\text{MPa}$ para o preenchimento dos pilares e para as cintas de amarração localizadas ao nível do piso, cobertura e nas vergas e contra-vergas para os vãos das janelas e portas;

8.9.7 – Para a cobertura do depósito, depois de retiradas as telhas tipo canaleta 90, deverá ser confeccionada uma laje de cobertura pré-moldada, com vigotas dispostas no sentido da menor direção, com as mesmas características descritas para a laje de ampliação do CPD;

8.9.8 – Depois de confeccionada a laje, as telhas deverão ser instaladas com caimento para frente do terreno. Também será feito o fechamento lateral com alvenaria. Nas duas laterais do telhado em contato com alvenarias deverá ser instalado um rufo em chapa galvanizada nº 24;

Diretoria de Administração e Finanças – DIRAF
Divisão de Engenharia – DIENG
Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, nº 50, Prédio-7, Xerém, Duque de Caxias - RJ CEP: 25250-020
Telefones: (021) 2679-9420, 2145-3087, Fax: (021) 2145-3258

22

Figura 53 - Reprodução parcial do Relatório Descritivo da Obra – Novo Depósito Anexo

Como apontado no relatório, o Depósito anexo ao prédio principal do IPEM-ES, se trata de uma edificação nova, não prevista originalmente no projeto estrutural. A edificação apresenta como finalidade o depósito e armazenamento de materiais, de baixo peso específico, servindo de apoio para as atividades laboratoriais da instituição. Assim como a edificação principal, o depósito é uma edificação térrea, isto é, formada por uma laje no nível do térreo (da rua) e uma laje de cobertura. Entretanto, diferente da edificação principal, o depósito não fora executado sobre uma fundação estacada, conforme apontado no relatório descritivo da obra (Figura 52 e Figura 53).

Além da diferença na fundação, a supra-estrutura (estrutura acima do nível do térreo) do depósito também é diferente da estrutura da edificação principal. O depósito fora executado com o uso de blocos de alvenaria estrutural, assentado sobre uma laje maciça apoiada diretamente sobre o solo compactado (radier), sem vigas ou pilares de concreto armado, e com a laje da cobertura apoiada sobre as paredes de alvenaria estrutural (item 8.9.3).

O tipo de laje adotado fora a mesma utilizado na ampliação da sala CPD conforme o relatório do executor, a saber, laje pré-moldada com vigotas treliçadas e enchimento de EPS, entretanto, não consta no relatório as informações básicas a respeito desta

laje, como por exemplo, sua espessura, a tensão característica do concreto utilizando na laje (tanto na capa moldada no local como na sapata pré-moldada), a capacidade resistente da laje, o vão que a laje “vence”, enfim, o relatório não passa de uma mera descrição superficial dos serviços executados, que não substitui a necessidade dos projetos complementares (item 8.9.7).

Cumprе assinalar ainda que, assim como na descrição da ampliação da sala CPD, a descrição da obra do Depósito Anexo não indica a capacidade resistente do bloco de alvenaria estrutural adotada, informação básica e fundamental para a construção, e que estaria presente em um projeto estrutural (item 8.9.4).

A análise conjunta das patologias identificadas nas Figura 17 a Figura 21, com a descrição do relatório para a estrutura do depósito (Figura 52 e Figura 53), aponta como provável causa das patologias identificadas, a ocorrência de recalque diferencial da estrutura. Destaca-se as fissuras inclinadas e fissuras ligando as aberturas na alvenaria (básculas) nas Figura 17, Figura 18 e Figura 20, típicas de recalque diferencial, como representado esquematicamente na Figura 54 abaixo.

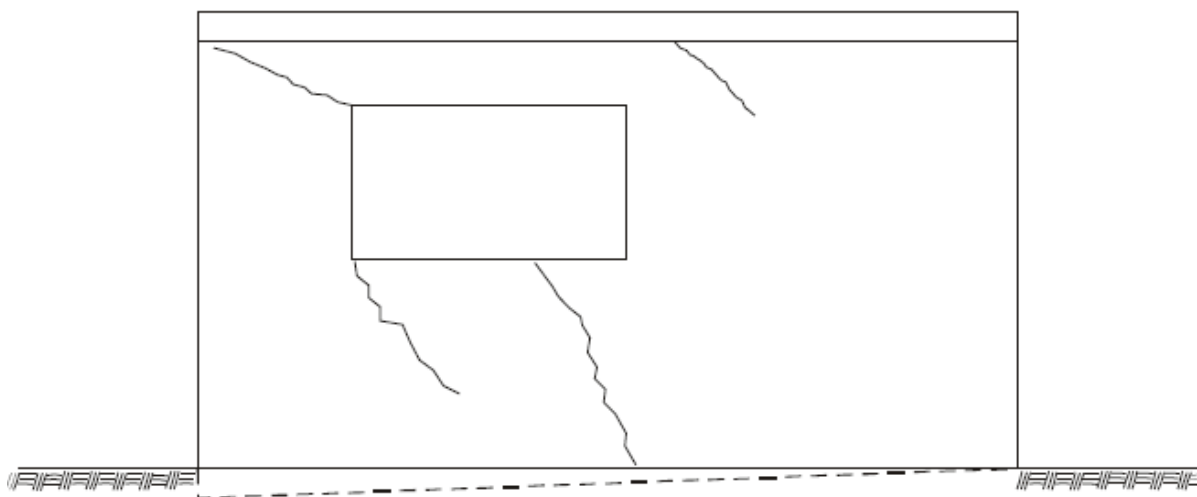


Fig. 4.9 Fissuras inclinadas causadas por recalques diferenciais nas fundações (heterogeneidade do solo)

Figura 54 - Representação esquemática de fissuras decorrente de recalque diferencial

A ocorrência do recalque diferencial da estrutura do depósito anexo deve-se a dois fatores, o primeiro é a famigerada baixa capacidade resistente do solo da região da sede do IPEM-ES (aterro sobre argila muito mole – mangue), a segunda é a baixa

rigidez da estrutura proposta para o depósito novo, associada ao fato deste ter sido executado adjacente à edificação principal do IPEM-ES. O mais provável é que uma interação de tensões não-trivial atuando no solo, provenientes parte da edificação principal, parte do depósito novo, tenha provocado um recalque desuniforme com distorção na estrutura do depósito novo, levando a formação de fissuras na alvenaria estrutural do depósito.

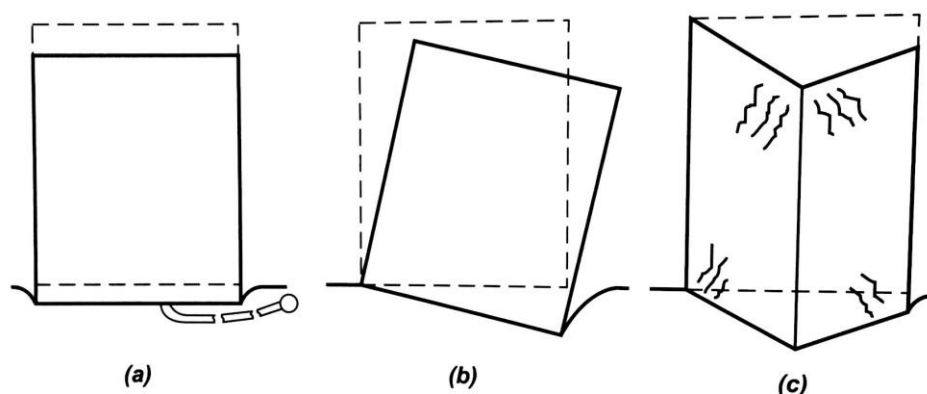


Fig. 2.10 - Principais modos de deformação de uma estrutura: (a) recalques uniformes; (b) recalques desuniformes sem distorção; (c) recalques desuniformes com distorção

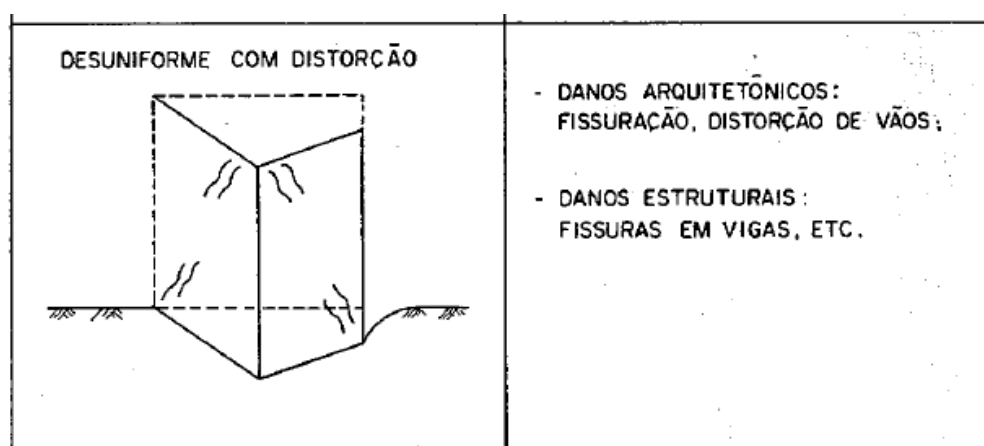


FIG. II.2-TIPOS DE RECALQUES EM EDIFICAÇÕES E OS TIPOS DE DANOS ASSOCIADOS (LOPES, 1988)

Figura 55 - Representação esquemática de recalque não-uniforme com distorção

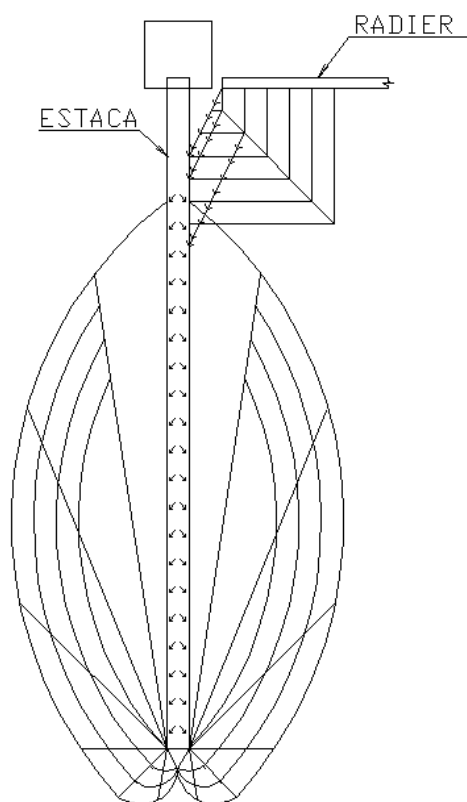


Figura 56 - Representação esquemática da transferência de carga da estaca para o solo e do Radier para o solo

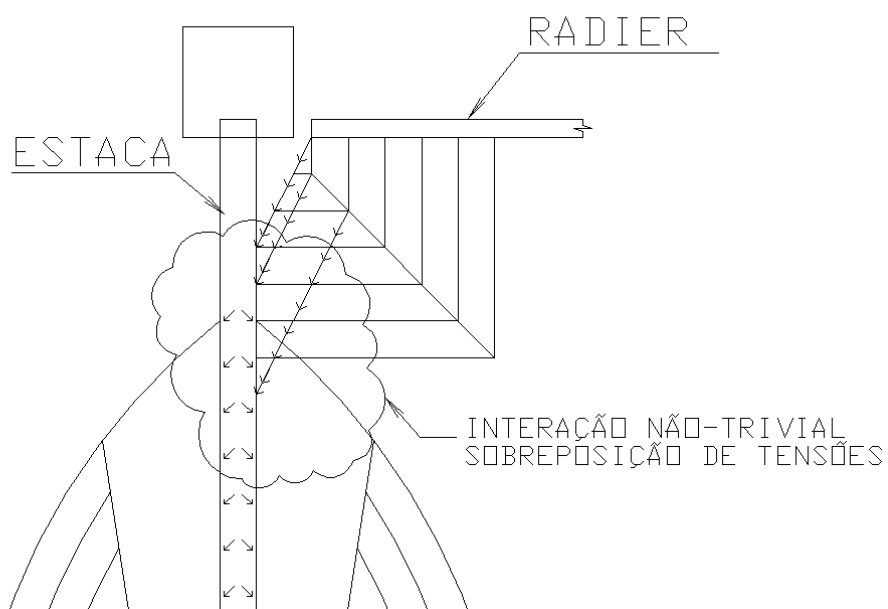


Figura 57 - Representação esquemática da transferência de carga da estaca para o solo – Radier para o solo

Cumprasse assinalar ainda que, sendo a edificação nova construída para fins de depósito, há depender do peso e quantidade de materiais estocados nesta (nível de

carregamento), haveria a possibilidade da ocorrência de esforços horizontais significativos atuando sobre as estacas da edificação principal, não previstos no projeto de fundações original, o chamada efeito Tschebotarioff.

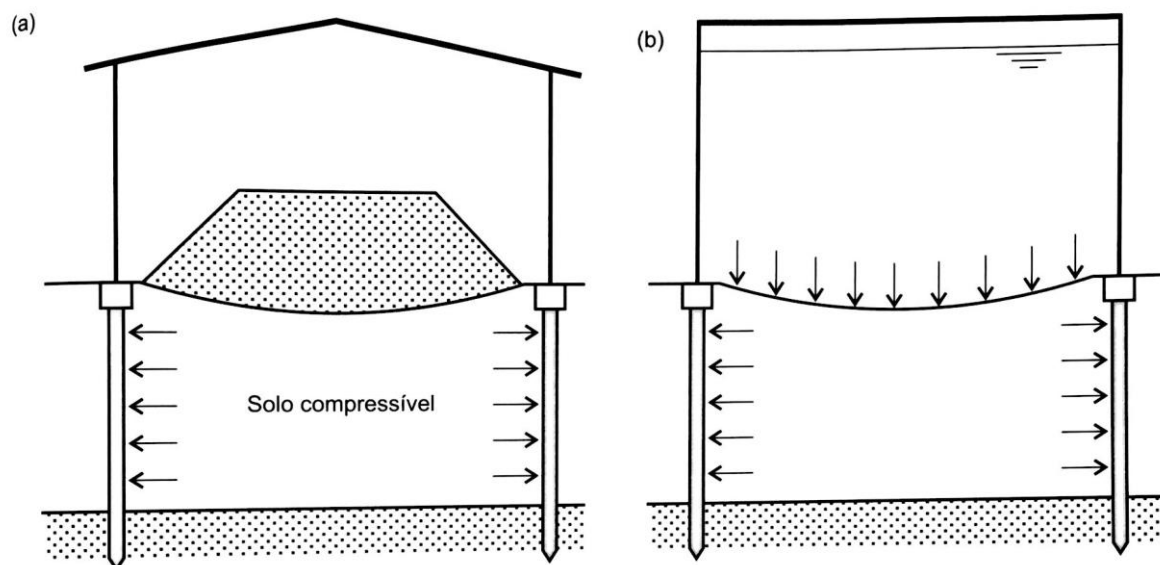


Figura 58 - Representação esquemática do Efeito de Tschebotarioff

Desta forma, recomenda-se fortemente que a referida edificação (Depósito Novo anexo ao edifício sede), tenha sua capacidade de utilização limitada. Destinando-se tão somente a estocagem de materiais leves, evitando-se assim o uso de tal edificação como: garagem, biblioteca, depósito de materiais de construção, depósito de materiais industriais, boate, oficinas automotivas, descarga de caminhão de 2 eixos ou mais, etc.

Destaca-se o item 8.9.2 do relatório descritivo da obra (Figura 52), onde se afirma ter sido executada a compactação mecânica de camada de areia com 20 centímetros de espessura. Não há informações sobre o grau de compactação projetado para esta camada. Não há indicação da capacidade resistente desta camada (tensão admissível considerada). Não há indicação da previsão de recalque, tampouco menção à qualquer relatório técnico de sondagem e/ou investigação do solo da região. Novamente esclarece-se que o referido relatório não passa de uma descrição superficial da obra executada, não sendo por si só, capaz de substituir os projetos complementares, ou dispensar a elaboração destes.

O item 8.9.3 indica a execução de pilaretes de concreto armado como reforço da alvenaria estrutural. Tais pilaretes não foram identificados no local durante as visitas técnicas realizadas.

O item 8.9.4 afirma que, nas regiões onde foram erguidas as alvenarias, dever-se-ia reforçar a laje do piso (radier) com tela soldada dupla, sendo a armadura superior posicionada a uma altura de 60 centímetros, o que não faz sentido algum já que a espessura da laje é de 10 centímetros.

Por fim, entende-se ter havido um equívoco na escolha do **sistema estrutural** adotado para a fundação da edificação do depósito novo anexo a edificação sede do IPEM-ES. A fundação não deveria ter sido do tipo radier, ou ainda, do tipo direta, uma vez que a edificação nova estaria locada imediatamente ao lado da edificação principal existente. A ausência do relatório técnico de sondagem em associação ao fato da edificação principal está estakeada, deveria ter sido levado em consideração pelo executor, que no entender deste autor, agiu com imperícia e contra a segurança. Tal afirmação está respaldada nas inúmeras fissuras e patologias observadas no depósito anexo. Fato consumado!

A ausência do relatório técnico de sondagem, dos projetos de estrutura e fundações, atenta contra o código de defesa do consumidor, que exige a obediência e cumprimento das normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Assim sendo, entende-se ter havido uma falha profissional tanto do projetista responsável técnico desta estrutura (se existiu um projetista), quanto do responsável pelo recebendo da obra, projetos e relatórios técnicos (IPEM-ES ou gerenciador contratado).

2.3 EDIFÍCIO EM ANEXO – AUDITÓRIO

Apresenta-se a seguir as imagens do projeto estrutural (parcial), do Edifício em Anexo do IPEM-ES.

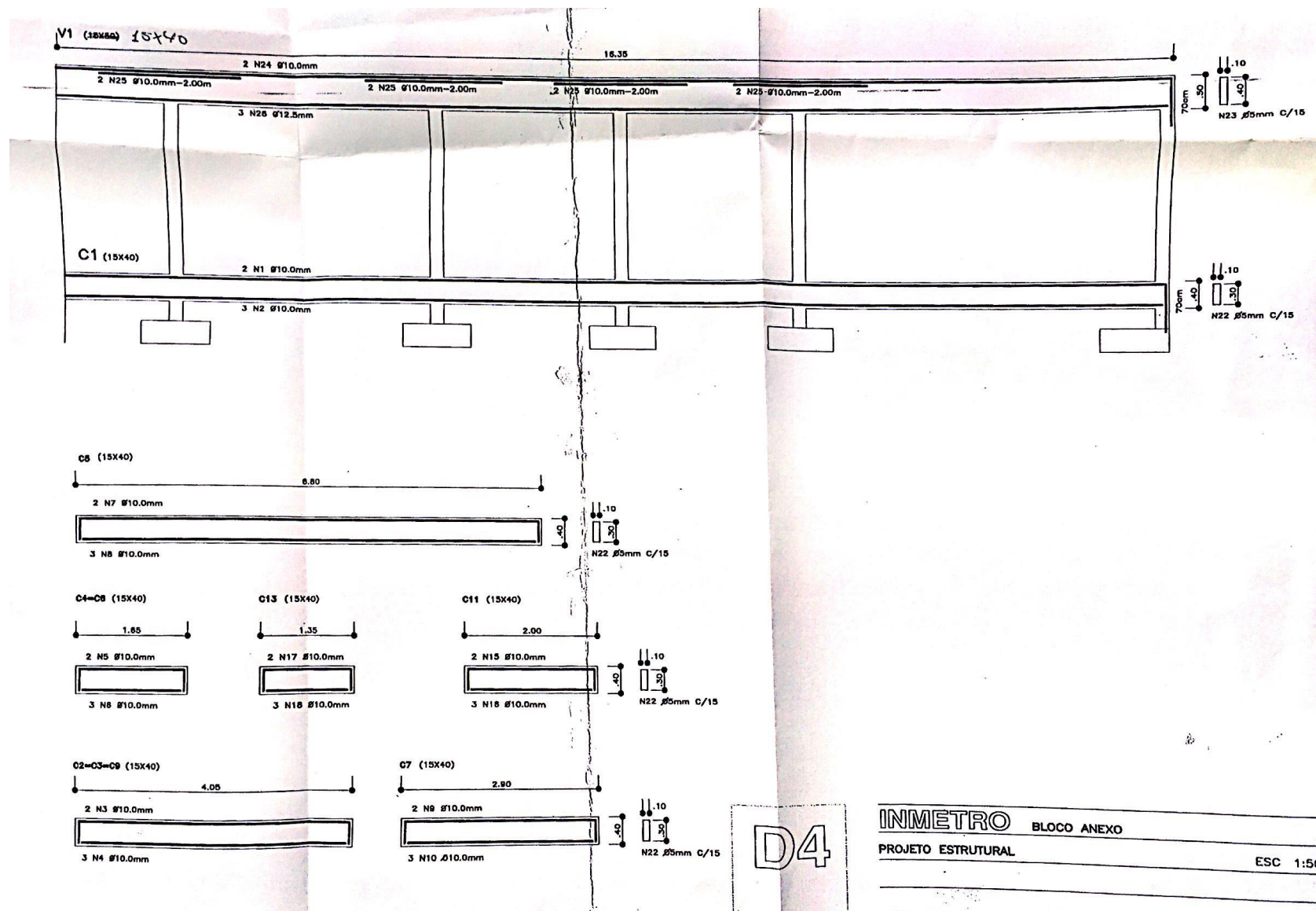


Figura 60 - Corte e Detalhamento das cintas - Pav. Térreo - Edifício Anexo

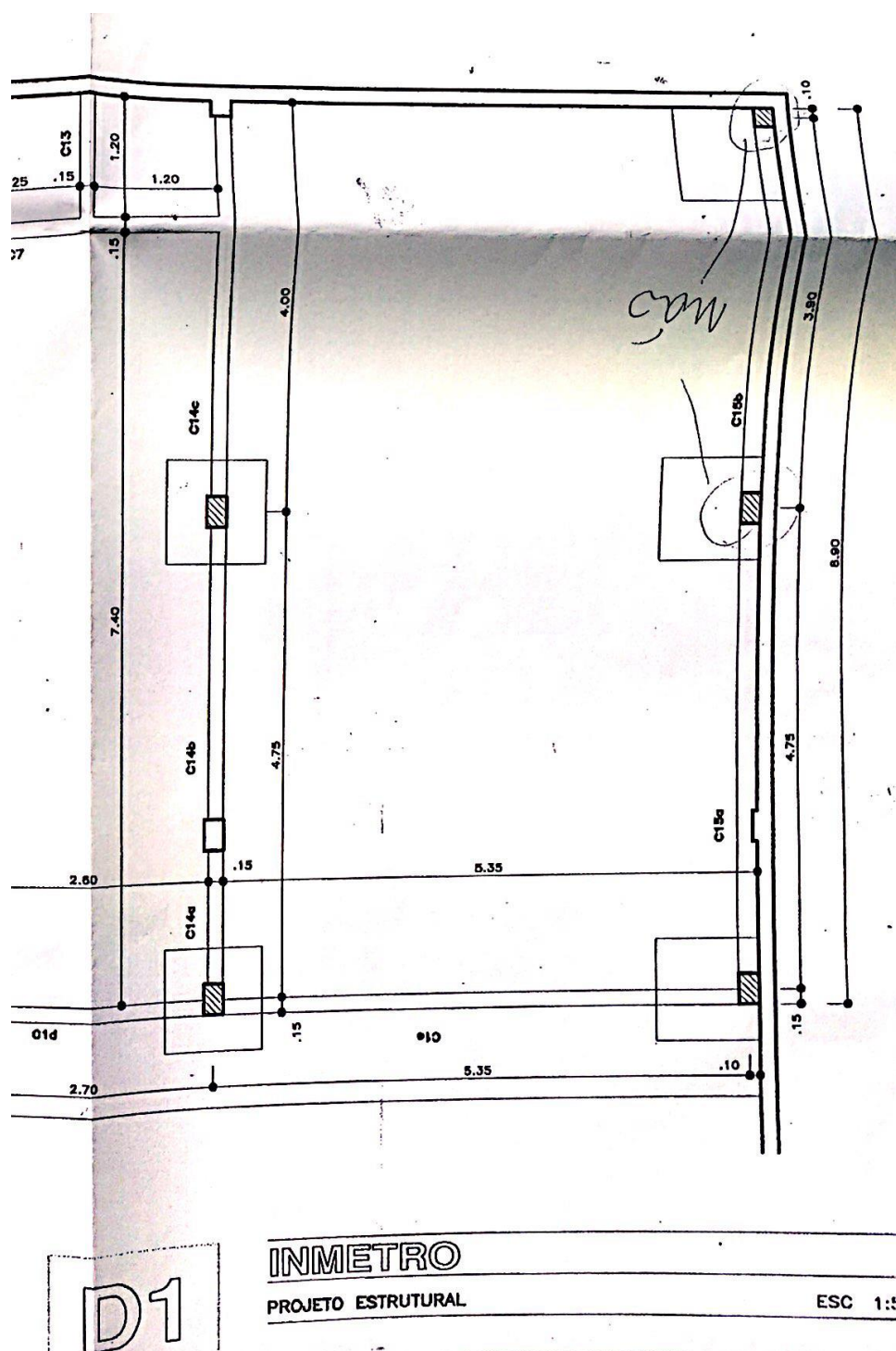


Figura 61 - Planta Baixa das formas da fundação Ampliada – Região do Auditório – Edifício Anexo

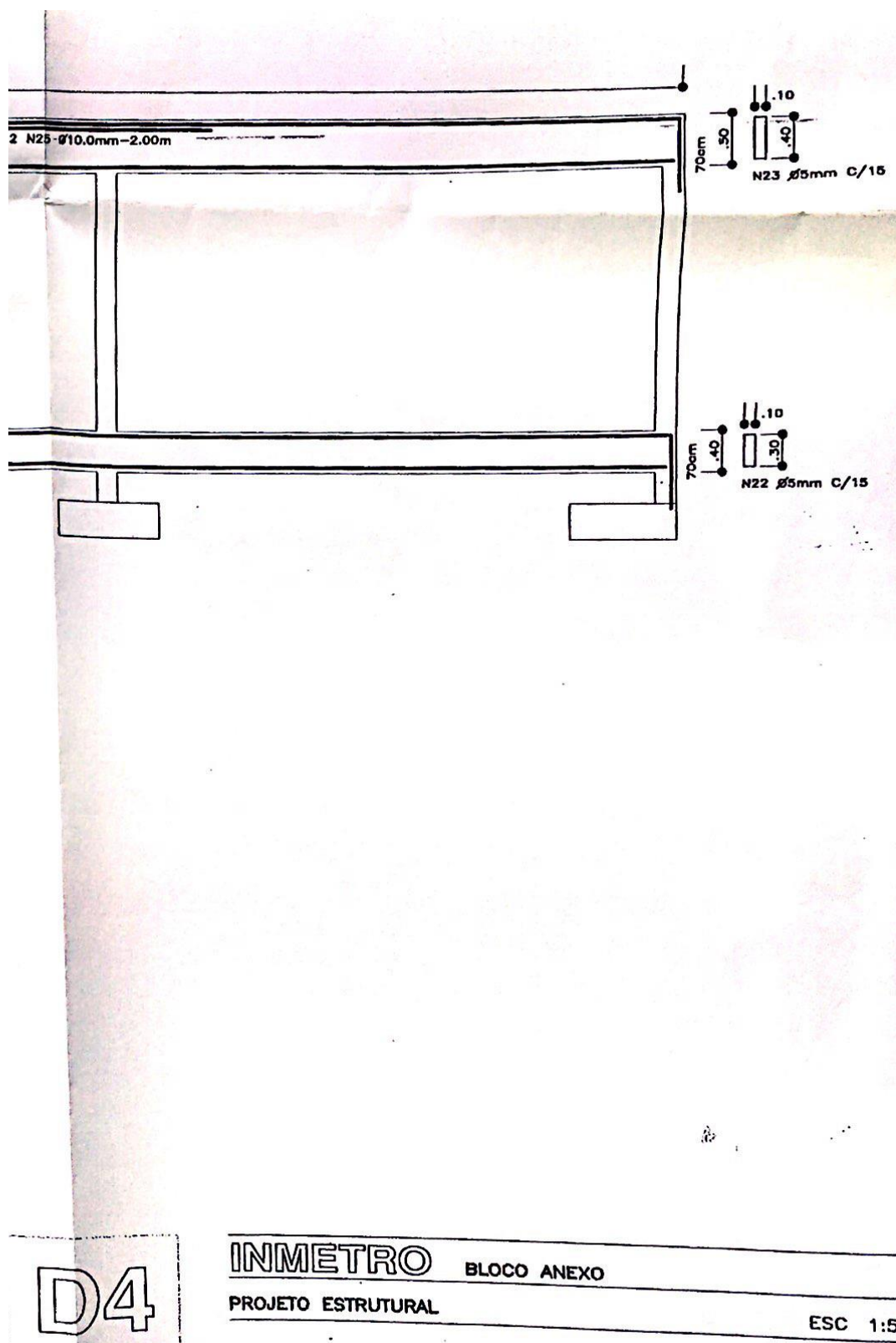


Figura 62 - Corte e Detalhamento das cintas - Ampliação da região do Auditório - Pav. Térreo – Edifício Anexo

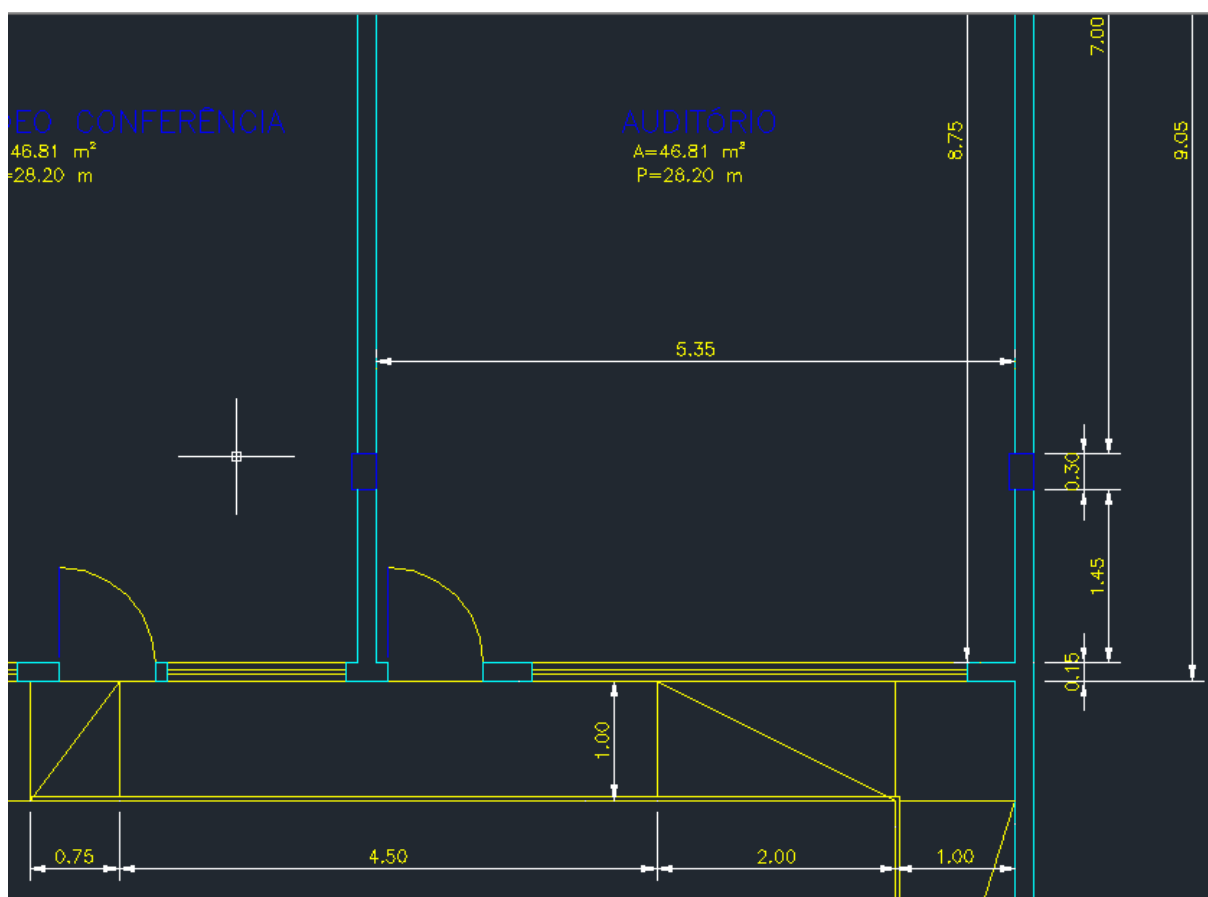


Figura 63 - Reprodução parcial do levantamento arquitetônico – Edifício em Anexo

Da análise das Figura 59 à Figura 63, verifica-se que o Edifício Anexo apresenta uma estrutura formada por fundação direta, isto é, sapatas rasas, sendo a superestrutura formada por vigas, lajes maciças e pilares de concreto armado.

Destaca-se nas imagens do projeto estrutural, a posição e formato das sapatas de borda, isto é, as sapatas de divisa do lote. Tais sapatas apresentam no projeto o formato retangular, e não são indicadas no projeto estrutural vigas de equilíbrio para absorver aos esforços excêntricos nestas sapatas, isto é, “combater” o momento fletor que surge e impedir o giro do elemento de fundação, conforme mostrado novamente abaixo.

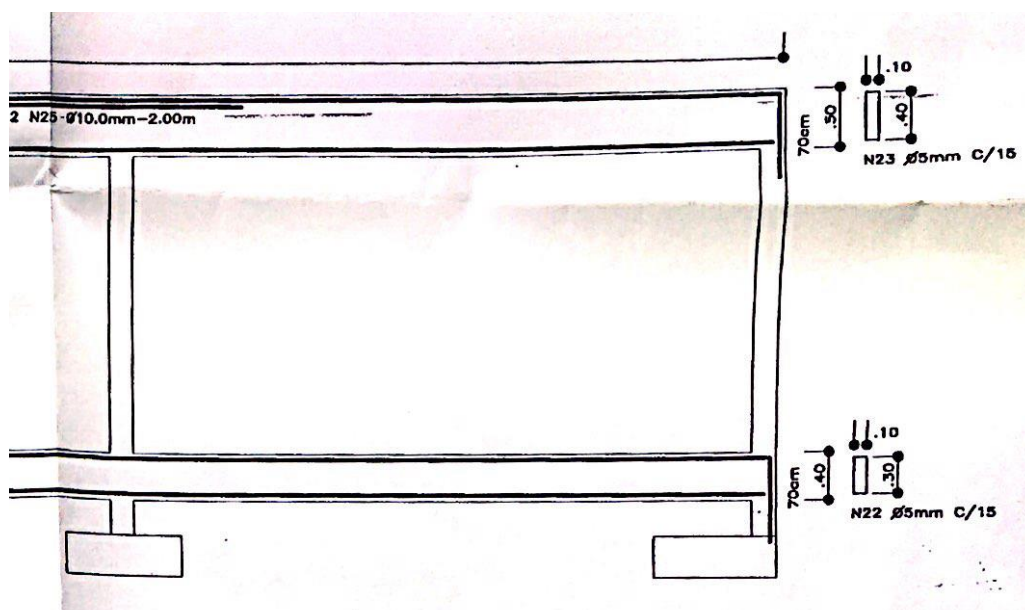


Figura 64 - Det. Ampliado do projeto estrutural - Sapata de borda - Corte

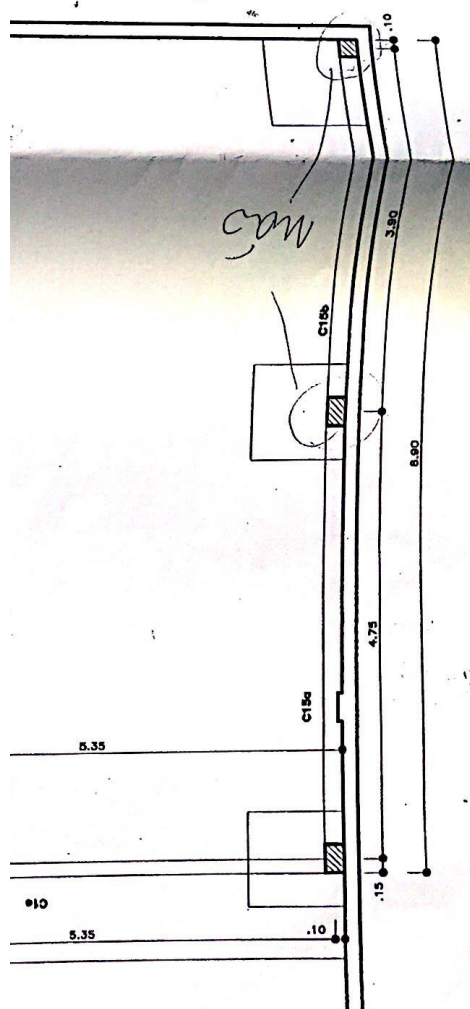


Figura 65 - Det. Ampliado do projeto Estrutural – Sapata de Borda – Planta baixa

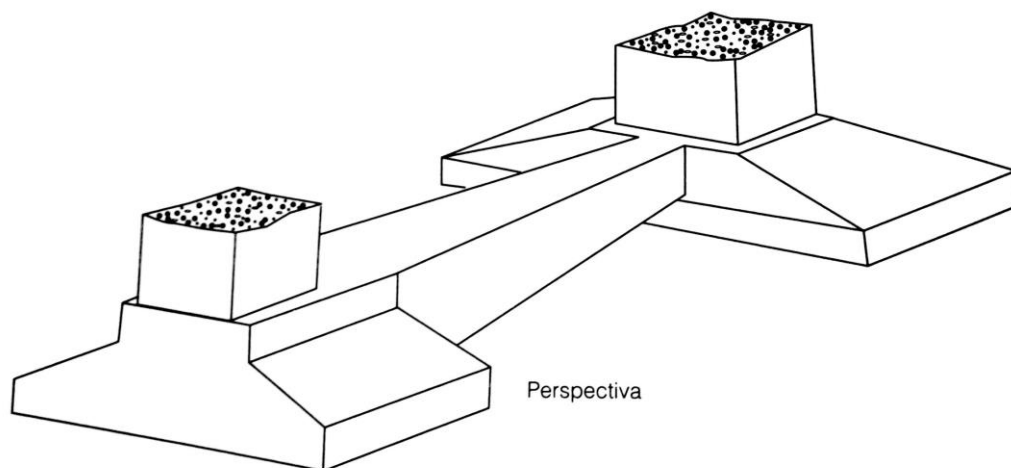


Figura 66 - Desenho esquemático de uma viga de equilíbrio - Perspectiva

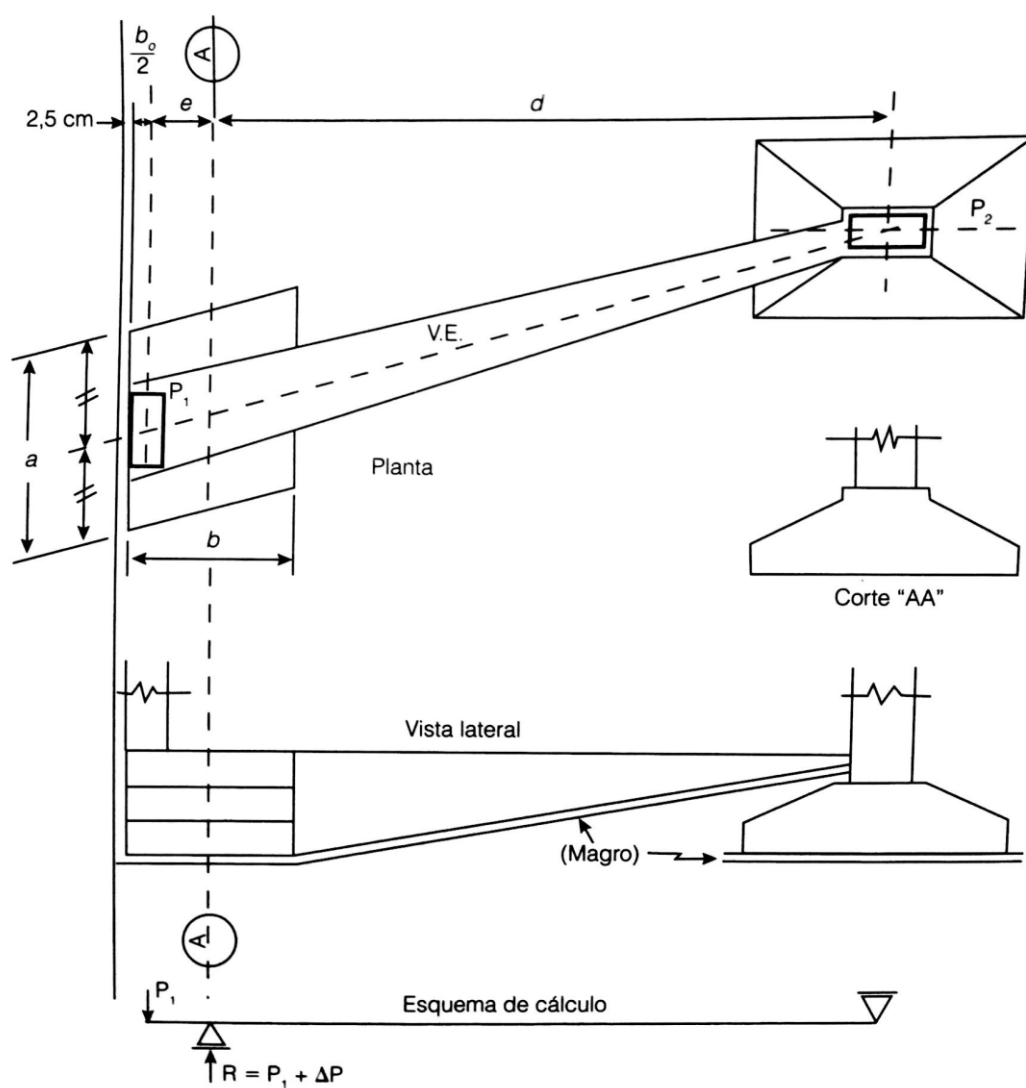


Figura 67 - Desenho esquemático de uma viga de equilíbrio – Em planta e corte

Outro ponto a ser destacado é a existente de um enchimento, com aparência de um pilar, presente tanto no projeto estrutural como no levantamento arquitetônico, distante um metro e quarenta e cinco centímetros da face interna da parede da fachada. O projeto estrutural não prevê fundação para este elemento, e também não o identifica como “pilar”, conforme pode ser observado nas Figura 65 e Figura 68.



Figura 68 – “Pilar” da região do Auditório

Entretanto, a Figura 34 na seção anterior e as Figura 69 e Figura 70, abaixo, indicam que trata-se sim de um pilar, possivelmente um pilar de travamento do muro de vedação do complexo, anterior ao prédio anexo (Auditório) que acabou por ser incorporado à estrutura da edificação durante a obra, alternado assim a concepção estrutural do projeto original.

A ausência os projetos detalhados, principalmente o projeto de fundações e o projeto estrutural (formas, cortes e armações), além deste pilar não-identificado, mas presente no projeto fornecido pela direção do IPEM-ES, inviabiliza (por falta de informações técnicas) a modelagem computacional do Prédio Anexo, a fim de se identificar a magnitude dos momentos fletores que atuam nas sapatas excêntricas de borda.

Para uma modelagem computacional adequada, seria necessário: ensaios destrutivos ou não para a determinação da resistência característica do concreto empregado, escarificação para identificação/confirmação das armaduras utilizadas em pilares e vigas, escarificação para determinação da espessura das lajes, inspeção táctil-visual da fundação, com a determinação exata da geométrica e formato das sapatas.

Ademais, ainda que levantasse pormenorizadamente (via modelo computacional) os valores das cargas normais e momentos fletores atuantes nas sapatas da borda da edificação, ainda assim, **não se dispõe do relatório técnico de sondagem** para estimativa da capacidade admissível de tensão do solo.

Das imagens do projeto estrutural (parcial) do Prédio em Anexo (Figura 59 à Figura 62) é somente possível, estimar a geometria das sapatas de borda, que teriam segundo tais figuras, 1 metro por 1 metro de dimensão em planta com 35 centímetros de altura.

Considerando as imagens do projeto estrutural (Figura 59 à Figura 62) além das trincas e fissuras observadas na região do auditório do prédio em anexo (Figura 22 à Figura 35) entende-se ter havido uma ruptura do sistema sapata-solo, por flexo-compressão excessiva, isto é, a sapata está transmitindo ao solo uma solicitação (tensão solicitante) superior a tensão admissível do mesmo.

Tal ruptura do sistema sapata-solo (ruptura por punção em solo mole) caracteriza-se na prática como um recalque excessivo da sapata, levando a formação das trincas e fissuras observadas no pilar, o descolamento do quadro de alvenaria adjacente ao pilar recalcado (Figura 22 e Figura 23), as fissuras verticais nas alvenarias da fachada (Figura 28 a Figura 33).

Por fim, destaca-se as Figura 26 e Figura 27, onde se verifica a ocorrência de trincas ao longo de toda a junta entre a alvenaria de vedação e a estrutura do prédio e muro de vedação (pilar falso escondendo a tubulação de drenagem pluvial). Tal alvenaria, aparentemente, não apresenta estrutura de travamento, e por apresentar uma altura relativamente elevada para a largura dos blocos utilizados em sua

confeção, encontra-se em um estado instável sobre risco iminente de desmoronamento.

A região do auditório e da alvenaria externa supracitada, já encontra-se interditada pela defesa civil da municipalidade.



Figura 69 - Prédio Anexo - Parede Externa - Pilar Não-Identificado 001



Figura 70 - Prédio Anexo - Parede Externa - Pilar Não-Identificado 002

3 ANÁLISE ESTRUTURAL

3.1 AMPLIAÇÃO DO CPD

Diante das patologias identificadas e da análise do projeto e relatório descritivo da obra realizada, parte-se para uma análise estrutural da região.

Ocorre que, com a retirada do jardim e a demolição da laje L16 do pavimento térreo, conforme descrito no relatório da obra, houve um alívio de carregamento nas vigas V23 e V18. Ao passo que, com a construção da alvenaria dita estrutural e a lajes da cobertura, houve um acréscimo de carregamento nas mesmas vigas. Cabe agora a análise comparativa entre estes carregamentos. Abaixo são apresentadas novamente as formas do pavimento térreo (Figura 71 e Figura 72).

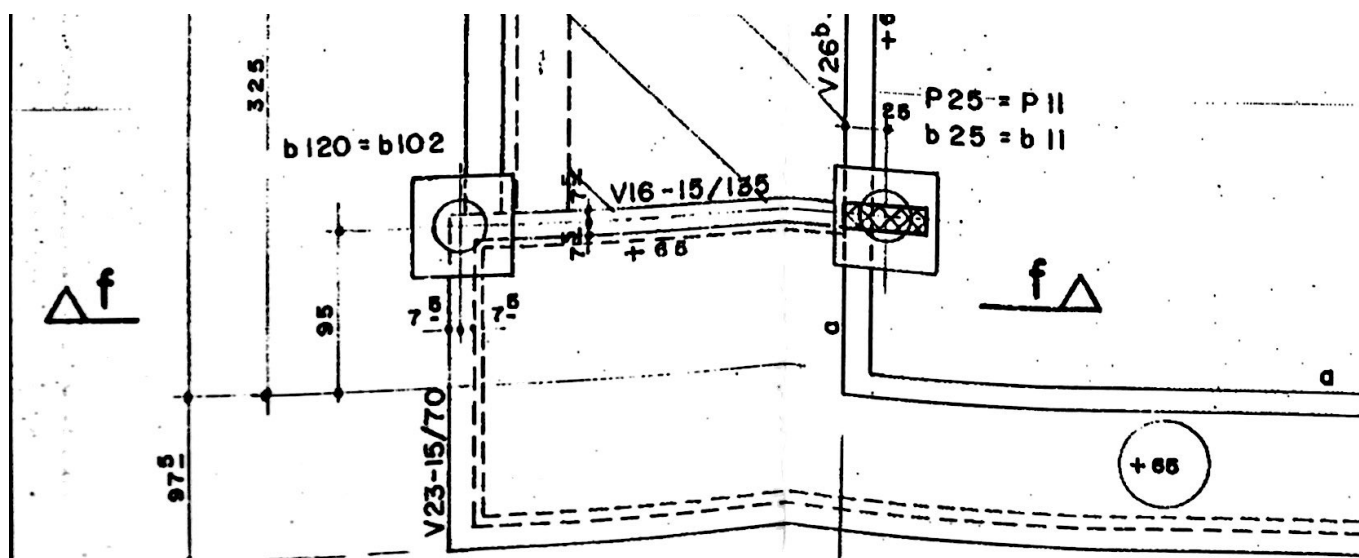


Figura 71 - Projeto Estrutural - Formas da Fundação - Det. Ampliado

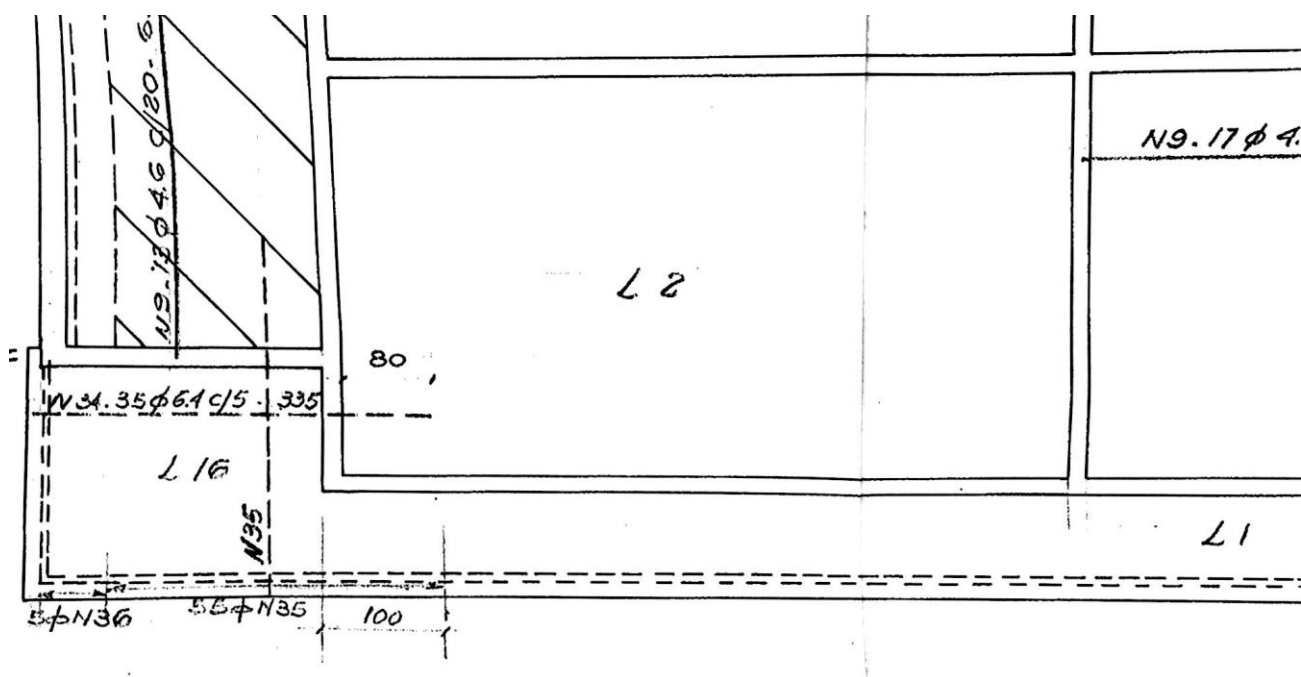


Figura 72 - Projeto Estrutural - Armação das lajes Fundação - Det. Ampliado

Como se vê pela Figura 72, a laje L16 e laje L1, não apresentam divisão física, por uma viga por exemplo, de tal forma que, tratam-se de uma laje armada em uma só direção (menor vão), já que apresenta uma relação de vão maior que 1 para 2.

A carga atuante sobre a viga V18 (viga na horizontal em planta) seria aproximadamente (de maneira simplificada):

- Peso próprio da laje; sendo a espessura da laje de 10 centímetros e o peso específico do concreto de 2,5 tf/m²:

$$0,1.2,5 = 0,25tf/m^2$$

- Peso de terra – Jardineira: Sendo o rebaixo da laje de 55 centímetros e adotando o peso da terra para jardim de 1,6 tf/m³:

$$0,55.1,6 = 0,88tf/m^2$$

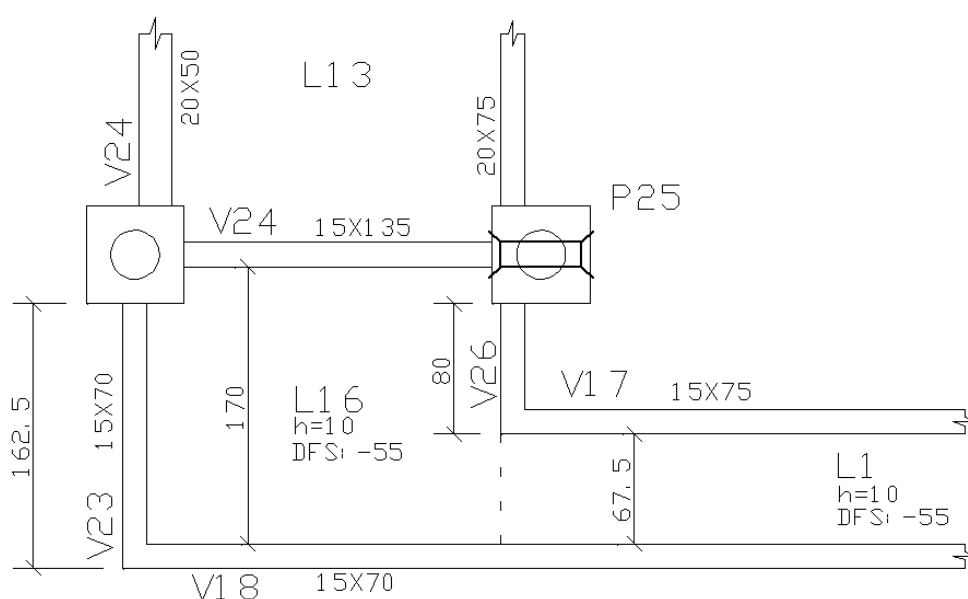


Figura 73 - Croqui da planta de formas da fundação

Tem-se assim uma carga permanente por metro de viga atuando em V18 e V24 na região da laje L16, igual à:

$$(0,25 + 0,88) \times \frac{1,7}{2} = 0,96tf/m$$

Ou seja, este foi o carregamento subtraído das vigas V24 e V18 do pavimento térreo.

Com a construção da parede em alvenaria estrutural e da laje da cobertura, o carregamento adicionado à viga V18 foi:

- Peso próprio da Alvenaria Estrutural: É a altura da parede (aprox. 1,8 metros) multiplicada pela espessura da parede (14 centímetros), peso específico dos blocos de alvenaria estrutural, que é aproximadamente 1,4 tf/m³.

$$0,14 \times 1,8 \times 1,4 = 0,353 \text{ tf/m}$$

- Peso próprio da laje pré-moldada treliçada com enchimento de EPS; Espessura equivalente a uma laje maciça de 6,5 cm, sendo o peso específico do concreto de 2,5 tf/m³.

$$0,065 \times 2,5 = 0,1625 \text{ tf/m}^2$$

- Peso do revestimento da Cobertura: Manta asfáltica e proteção mecânica da manta, conforme relatório descritivo da obra (ver Figura 48):
 - Regularização: 3 centímetros com argamassa de peso específico de 1,9tf/m³
 - Manta asfáltica: 4 milímetros com peso específico de 20 tf/m³
 - Proteção mecânica: 3 centímetros com argamassa de peso específico de 1,9tf/m³

$$(0,03 \times 1,9) + (0,004 \times 2) + (0,03 \times 1,9) = 0,122 \text{ tf/m}^2$$

- Deve ser considerado ainda uma carga acidental de 0,05 tf/m²

Assim, a carga adicional à viga V18 do pavimento térreo, após a intervenção foi de aproximadamente:

- Permanente (e peso próprio):

$$0,353 + (0,1625 + 0,122) \cdot \frac{1,7}{2} = 0,6 \text{ tf/m}$$

- Acidental:

$$0,05 \times \frac{1,7}{2} = 0,0425 \text{ tf/m}$$

Já a viga V23, que antes da intervenção recebia a carga de reação da viga V18 em sua ponta e uma parcela bem pequena da laje L16, passa agora a receber, a carga do peso próprio da alvenaria estrutural também.

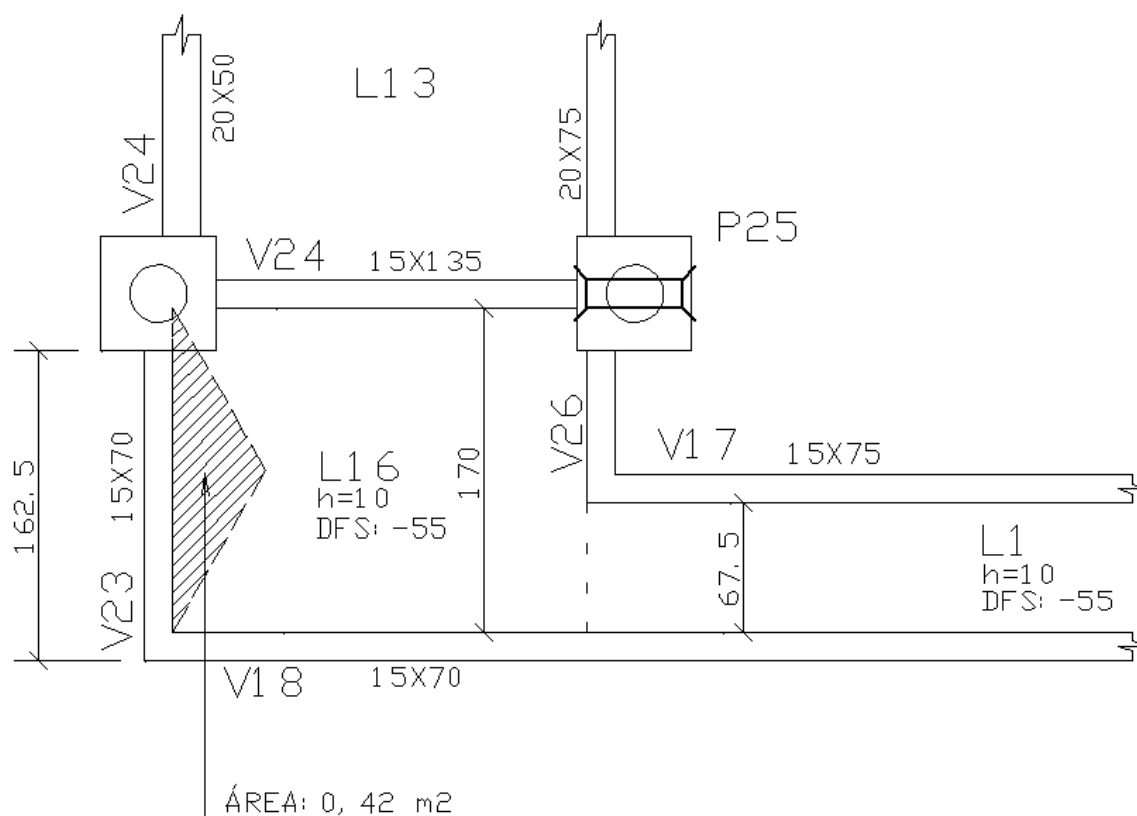


Figura 74 – Croqui Pav. Térreo - Parcela de carga recebida pela viga V23 (teoria das linhas de Ruptura)

Carga subtraída de V23 (tonelada por metro corrido de viga):

$$\frac{0,42 \times (0,25 + 0,88)}{1,7} = 0,28 \text{ tf/m}$$

Considerando a teoria das grelhas (laje armada em uma só direção):

$$R = \frac{q \cdot l}{4} = \frac{(0,25 + 0,88) \cdot 1,7}{4} = 0,0935 \text{ tf/m}$$

Por coerência de dimensionamento (e a favor da segurança), adota-se este último valor.

Acréscimo de carga em V23, após a intervenção:

$$0,14 \times 1,8 \times 1,4 = 0,353 \text{ tf/m}$$

Conclui-se que:

- Houve uma redução de carga atuando sobre a viga V18
- Houve um acréscimo de carga atuando diretamente sobre a V23.

De posse das cargas antes e depois da intervenção, vamos calcular aproximadamente a deformação esperada para a estrutura antes e depois da deformação.

Antes da Obra:

- Carga distribuída sobre a viga V23 (já incluindo o peso próprio da viga):
 $q = 0,36 \text{ tf/m}$
- Carga concentrada na ponta da V23: $5,9 \text{ tf}$

Depois da Obra:

- Carga distribuída sobre a viga V23 (já incluindo o peso próprio da viga): $q = 0,62 \text{ tf/m}$
- Carga concentrada na ponta da V23: $3,85 \text{ tf}$

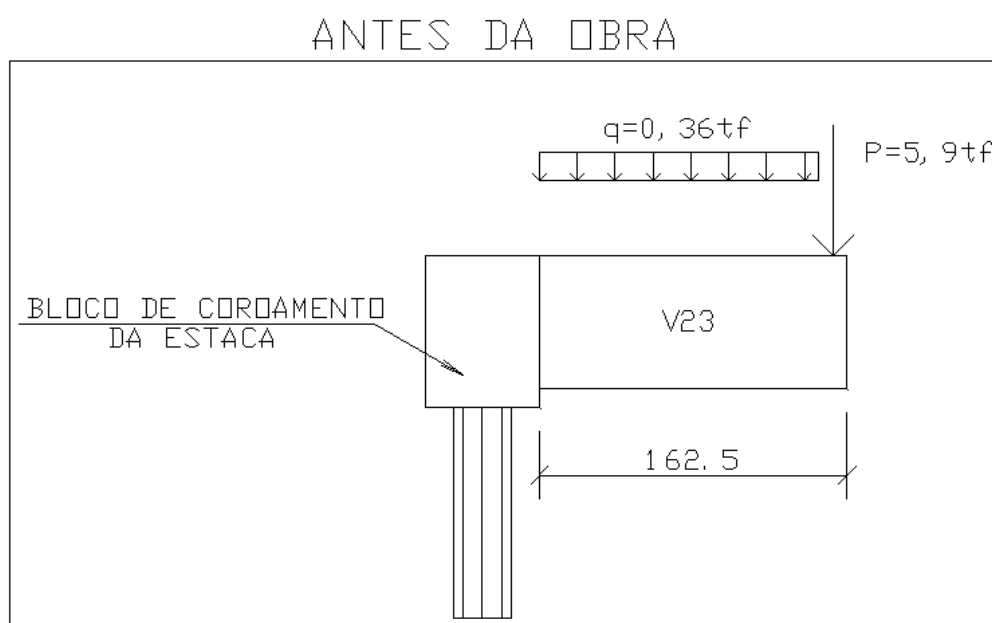


Figura 75 - Situação da viga V23 - Antes da Obra

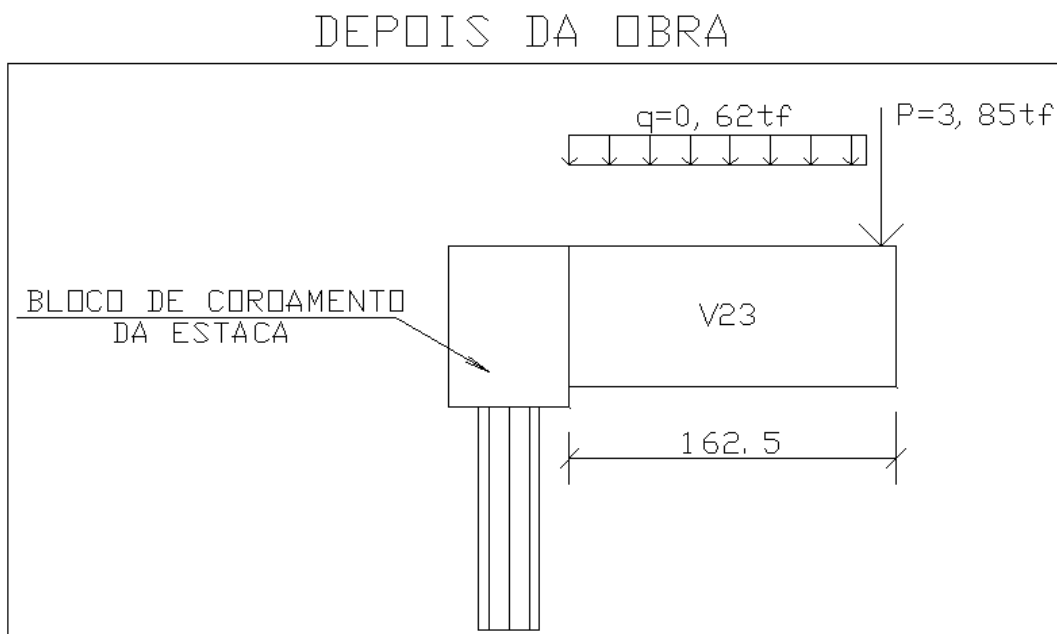


Figura 76 - Situação da viga V23 -Depois da Obra

Calculando a flecha (já considerando a flecha diferida) na ponta da viga V23, tem-se:

- Antes da Obra: 0,26 centímetros.
- Depois da Obra: 0,18 centímetros.

Diante das análises desenvolvidas, conclui-se que as intervenções executada na ampliação da sala da CPD têm consistência e foram razoáveis do ponto de vista estrutural, pois a alteração das cargas após a intervenção reduziram, de maneira geral, as solicitações sobre os elementos estruturais do pavimento térreo (cintas).

Tais reduções levariam a manutenção das deformações previstas no projeto estrutural original, de tal forma que, a princípio, não caberia responsabilizar uma deformação excessiva da estrutura pelas patologias identificadas na obra.

Por último, ainda analisando a edificação do ponto de vista estrutural, e admitindo de maneira simplificada um comportamento linear da estrutura, estima-se o aumento da deformação da viga V16 do pavimento Cobertura.

Como visto nas Figura 36 e Figura 38, a viga V16 apresenta um trecho em balanço de 2,32 metros e uma seção transversal de 15x35 centímetros.

O acréscimo de carga estimado para o trecho em balanço da viga, após a execução da laje e cobertura treliçada pré-moldada com enchimento de EPS, fora de:

$$(0,1625 + 0,122) \times \frac{1,7}{2} \cong 0,25 \text{ tf/m}$$

Além de uma carga acidental de 50 Kg/m²:

$$0,05 \times \frac{1,7}{2} = 0,0425 \text{ tf/m}^2$$

Considerando uma combinação ELS-Quase Permanente:

$$1,4 \times 0,25 + 1,4 \times 0,5 \times 0,0425 = 0,38 \text{ tf/m}^2$$

O que leva a uma flecha elástica (admitindo comportamento linear):

$$W_{max} = \frac{ql^4}{8EI} = \frac{0,38 \cdot 2,32^4}{8 \cdot 1843500 \cdot 5,36 \times 10^{-4}} = 0,09 \text{ cm}$$

Considerando a flecha ao longo do tempo de maneira aproximada: $2,5 \times 0,09 = 0,23$ centímetros ou 2,3 milímetros de flecha na ponta do balanço da viga V16.

Esta ordem de grandeza, também não justificaria as patologias identificadas no local.

4 CONCLUSÕES DA ANÁLISE

Conforme o Código de Defesa do Consumidor (CDC), a observância das normas técnicas brasileiras elaboradas pela ABNT, são obrigatórias. Ignorá-las corresponde a uma infração, sujeita as sanções cabíveis.

A falta de observação das normas, bem como deficiências no material e mão de obra, aliadas à eventual negligência dos construtores, podem ocasionar vícios e defeitos construtivos.

Vícios construtivos são anomalias da construção, decorrentes de inadequada qualidade ou quantidade de materiais, prometida ou esperada, que tornam o imóvel impróprio para o uso ou lhe diminuem o valor. Exemplo: Defeito em pintura, infiltrações, esquadria mal reguladas, etc.

Defeitos construtivos são falhas nos serviços ou produtos que colocam em risco a saúde e segurança do consumidor. Exemplo: Erros de projeto, de execução, risco de desmoronamento, erro de concepção estrutural.

A partir da entrega do imóvel (chaves), de modo geral, o consumidor tem 90 dias para reclamar do vício ou defeito. No caso de vícios ou defeitos de fácil constatação. Quando se trata de vícios ou defeitos ocultos, os 90 dias começam a correr a partir do momento em que tal falha é contratada. No caso de vícios, esse prazo de 90 dias após constatada a imperfeição oculta pode ser utilizado até o último dia do quinto ano contado a partir da data da entrega da obra. Já para o defeito (que afeta a solidez e a segurança da obra ou saúde do usuário), esse prazo se estender até **20 anos**.

Porém, esse prazo de 90 dias se interrompe com “a reclamação comprovadamente formulada pelo consumidor perante o fornecedor de produtos e/ou serviços até a resposta negativa correspondente, que deve ser transmitida de forma inequívoca” (art. 26, II, parágrafo 2º do CDC). Portanto aconselha-se que esta reclamação seja registrada em Cartório de Títulos e Documentos.

O construtor (executor da obra) tem responsabilidade pela reparação dos danos causados, independentemente da existência de culpa; basta haver relação de causa e efeito entre o dano causado e o defeito ou vício que originou esse dano.

O engenheiro (responsável pela obra) responde apenas se a culpa dele restar provada. A culpa é definida pelo artigo 159 do Código Civil: *“Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito, ou causar prejuízo a outrem, fica obrigado a reparar o dano.”*

Nesse caso, a reparação dos danos causados exige que se prove que houve ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência. O profissional liberal (engenheiro) está sob o regime em que a culpa deve ser provada.

O consumidor, assim entendido como toda pessoa física ou jurídica que adquire ou utiliza produto ou serviço como destinatário final (art. 2º do CDC), deve receber o “Manual de Uso e Manutenção” do empreendimento, bem como as plantas com a colocação correta dos pontos e das tubulações de luz e de água e receber as informações necessárias nos casos omissos ou duvidosos (CDC e a norma NB-578 da ABNT de julho de 1989).

4.1 AMPLIAÇÃO DO CPD

Diante da análise desenvolvida na seção 3 conclui-se que, no que diz respeito a **concepção estrutural** (sistema estrutural) adotado para a ampliação da sala do CPD, a reforma executada está correta. A diferença de carregamentos solicitantes antes e após a reforma, promoveram um alívio de solicitação em algumas peças de concreto armado, e nas peças que sofrem acréscimos, a intensidade destes foram insignificantes, não sendo responsáveis à princípio, pelas patologias observadas.

Entretanto, a vistoria técnica e a análise das patologias realizada na seção 2, levam a conclusão de erro e/ou falhas no **processo construtivo** da ampliação da Sala do CPD.

Destaca-se a ausência de juntas entre a alvenaria existente e a alvenaria nova; A escarificação da viga estrutural V16 do pavimento cobertura, expondo a armadura tracionada desta viga; A execução de lajes diferentes, em todos os sentidos, face-a-face, sem junta de dilatação ou outras medidas de prevenção contra a formação de fissuras; A ausência de chapim em parte da platibanda da cobertura, levando a infiltrações; O uso de materiais de baixa qualidade e/ou erro na composição da argamassa que promove a proteção mecânica da manta de impermeabilização da cobertura.

Considerando os defeitos construtivos identificados acima, a saber, ausência de junta de dilatação entre a alvenaria nova e a existente, ausência de junta entre a laje nova e a existente, escarificação inadequada da viga V16 do pavimento cobertura existente, argamassa de má qualidade aplicada como proteção mecânica, entende-se que o construtor e o engenheiro responsável técnico pela obra deveriam ser

acionados para reparação dos danos causados, ou para o pagamento pelo serviços de recuperação realizado por terceiro.

4.2 DEPÓSITO EM ANEXO

Diante das figuras levantadas durante as visitas técnicas ao IPEM-ES, presentes na seção 1.2 e a análise desenvolvida na seção 2.2, conclui-se que houve um erro na concepção estrutural da edificação. Este erro de concepção, a saber, sistema estrutural da fundação (radier sobre aterro não controlado associado a estrutura de baixa rigidez) é a causa principal das patologias identificadas no Depósito Anexo ao prédio principal do IPEM-ES.

Verifica-se aqui uma inviabilidade do ponto de vista financeiro e executivo de reforços capazes de estabilidade a edificação e evitar a formação de novas fissuras decorrente do recalque diferencial com distorção. Seria necessária a execução de estacas, cintas de equilíbrio e transição, além de reforços nas alvenarias estruturais e radier existentes. Diante desta conclusão, identifica-se duas linhas a serem seguidas:

- Demolição total da edificação e execução de nova edificação custeada pela empresa responsável técnicas pela execução da obra;
- Instalação de um plano de manutenção permanente, que acompanhe os recalques da edificação e a abertura de fissuras, que deverão ser tratadas e fechadas regulamente. O plano de manutenção deve também incluir a inspeção tátil-visual da laje do Depósito Anexo, para a identificação e tratamento de eventuais fissuras. Monitoramento das fissuras, e análise de aumento das fissuras com o tempo.

Por se tratar de um defeito de construção que compromete a durabilidade da estrutura, além de desvaloriza o imóvel, entende-se que o construtor e o engenheiro responsável técnico pela obra deveria ser acionados para a reparação dos danos causados, ou para o pagamento pelo serviços de recuperação realizado por terceiro.

4.3 EDIFÍCIO EM ANEXO

Diante das figuras apresentadas na seção 1.3 e da análise desenvolvida na seção 2.3, conclui-se que houve um erro na elaboração do projeto estrutural da edificação, associado a uma negligência por parte do responsável técnico da obra. A execução de sapatas de borda, sem a viga de equilíbrio para impedir o giro do elemento de fundação, acabaram por levar, na visão deste autor, a uma tensão máxima na sapata superior a tensão admissível do solo. O excesso de tensão na sapata levou a ruptura do sistema sapata-solo (puncionamento) e a ocorrência de um recalque excessivo da sapata.

Associado ao recalque excessivo da sapata, verifica-se a ruptura do pilar apoiado sobre tal sapata, além do descolamento do quadro de alvenaria de vedação adjacente ao conjunto pilar-sapata que recalcou.

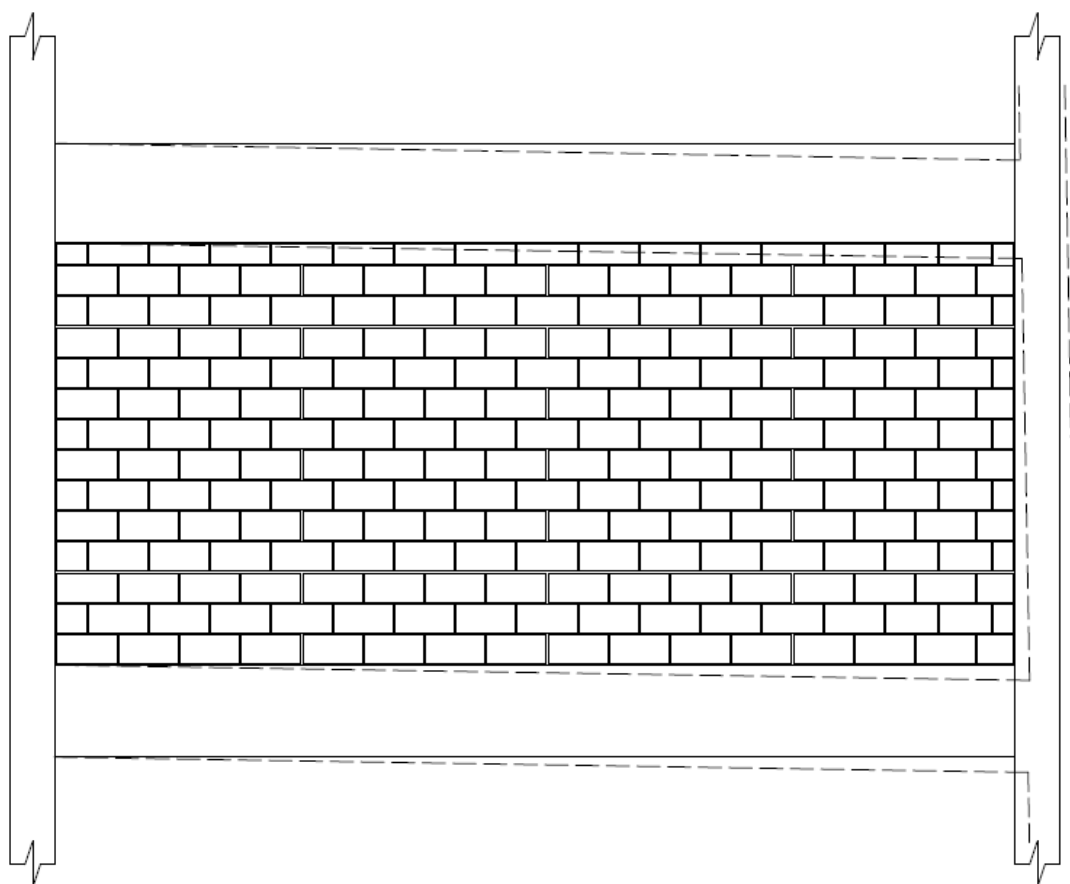


Figura 77 - Distorção da Estrutura - Descolamento do quadro de alvenaria

Não foi apresentado pelo IPEM-ES o relatório técnico de sondagem da região (projeção da edificação) do prédio anexo (finalidade auditório/depósito). Esta construção assim como o Depósito anexo (finalidade depósito), apresentam fundações rasas, isto é, formadas por sapatas diretas. Ao passo que a edificação principal, cuja carga de utilização é menor (fins comerciais) apresenta fundação profunda.

Infere-se a partir disto que, ou os responsáveis técnicos da obra dispunham de um relatório técnico de sondagem que constatava a capacidade resistente do solo, ou agiram de forma negligente e com imperícia e executaram as edificações: Prédio Anexo e Depósito Anexo, sem as informações técnicas necessárias para tanto.

Novamente, por se tratar de uma defeito de construção, a saber, erro no projeto de fundação/estrutural e negligencia e/ou omissão do responsável técnico pela execução da obra, que compromete a durabilidade da estrutura, coloca em risco a segurança de seus usuários, além de desvaloriza o imóvel, entende-se que o construtor e o engenheiro responsável técnico pela obra deveria ser acionados para a reparação dos danos causados, ou para o pagamento pelo serviços de recuperação realizado por terceiro.

Ainda a respeito do Prédio em Anexo, deve-se ressaltar, o armazenamento inadequado de material arenoso, com finalidades civis, implementado pelo vizinho do complexo do IPEM-ES. Conforme se observa na Figura 35, o material arenoso está aplicando uma carga de empuxo lateral (ainda que pequena) não prevista no projeto estrutural original. Demais, e principalmente, o contato do material úmido como a alvenaria de vedação do Prédio Anexo, leva a formação de manchas de umidade identificadas na parede interna do auditório.

5 RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

A seguir são apresentadas as recomendações de recuperação estrutural e arquitetônicas a serem executadas nas três regiões analisadas do complexo do IPEM-ES. Os principais detalhes executivos, serão apresentados em pranchas de projetos estrutural e reforço.

5.1 AMPLIAÇÃO DO CPD

Diante das patologias identificadas e da análise desenvolvida nas seções anteriores, propõem-se a seguinte lista de serviços a serem executados na região da ampliação da sala do CPD:

- Retirada / demolição de toda a proteção mecânica da região da sala do CPD.

Dada a condição da argamassa existente na cobertura da sala do CPD, as fissuras generalizadas e a segregação do cimento (ver Figura 12 a Figura 14) propõem a retirada de toda a camada de proteção mecânica da manta asfáltica.

- Retirada / demolição de todas a manta asfáltica.

As infiltrações existentes na viga V18 do pavimento cobertura (ver Figura 2 e Figura 3) denunciam a ruptura da manta asfáltica de impermeabilização. Diante deste fato, recomenda-se a retirada da manta asfáltica.

- Execução de junta de Dilatação entre a alvenaria nova e a existente.

Execução de corte com serra circular entre a alvenaria nova e a existente (ver Figura 1 e Figura 10). Aplicação de espuma expansiva (adesivo elástico à base de poliuretano), seguida de selante de poliuretano de baixo módulo para juntas de fachada (Mastique - referência Sika flex 1^a- plus ou similar).

- Execução de novo telhado

Execução de telhado com estrutura em pontaletes de madeira de lei (parajú ou similar) e telha ondulada tipo fibrocimento (marca de referência Brasilit ou similar) com 6 mm de espessura com inclinação mínima de 9% (5°).

- Execução de calha de alvenaria.

Executa calha com blocos de alvenaria cerâmica (tijolo). Inclinação de 1%, impermeabilizada com manta asfáltica.

- Execução de Rufo de Concreto

Executar rufo de concreto embutido na alvenaria existente, com 30 centímetros de largura.

- Execução de chapim em granito com 2 centímetros de espessura, já com pingadeira.
- Demolição/Retirada do reboco danificado e execução de novo recobo reforçado com malha de aço.

Demolição/retirada do reboco da região da ampliação da sala do CPD, danificado pela infiltração e trincado. Região da viga V18 do pavimento cobertura, ao redor da porta, acima do quadro de distribuição e abaixo da máquina de ar-condicionado (ver Figura 1 a Figura 7). Execução de novo reboco com malha de aço do tipo soldada com fios de 1,2 milímetros, galvanizada específica para reforço de alvenaria.

- Aplicação de massa corrida e pintura de toda a região da ampliação da sala do CPD.
- Instalação de nova linha frigorígena, para ar- condicionado da ampliação da sala do CPD.

5.2 DEPÓSITO EM ANEXO

Diante das patologias identificadas e da análise desenvolvida nas seções anteriores, propõem-se a seguinte lista de serviços a serem executados na região do Depósito Anexo:

- Demolição/Retirada do reboco danificado e execução de novo recobo reforçado com malha de aço.

Demolição/retirada do reboco da região do Depósito Anexo, na região ao redor das básculas, e demais regiões com fissuras, conforme Figura 17 a Figura 20. Execução de novo reboco com malha de aço do tipo soldada com fios de 1,2 milímetros, galvanizada específica para reforço de alvenaria.

- Aplicação de massa corrida e pintura de todas as paredes internas do Depósito Anexo, que apresentam fissuras.

5.3 EDIFÍCIO EM ANEXO – AUDITÓRIO

Diante das patologias identificadas e da análise desenvolvida nas seções anteriores, propõem-se a seguinte lista de serviços a serem executados na região do Prédio Anexo:

- Demolição total da laje do piso da sala do auditório.

A demolição da laje do piso da sala do auditório se faz necessária para ter acesso ao nível da fundação do prédio em anexo, para a execução de novas sapatas de reforço e vigas de equilíbrio ligadas às sapatas excêntricas de borda. Deve-se preservar a armação de ancoragem da laje nas cintas do pavimento. Desta forma, ao longo de todo o perímetro da laje, a demolição deve ser cuidadosa.

- Demolição total da rampa de acessibilidade à frente da sala de auditório.

A demolição da rampa de acessibilidade à frente da sala do auditório, se faz necessária para ter acesso ao nível da fundação do prédio anexo, e execução dos reforços de fundação necessários.

- Demolição total da parede da fachada que oculta a tubulação de drenagem pluvial.

Dada a ausência de estrutura de travamento desta parede, associada ao descolamento desta com a alvenaria do muro de vedação, verifica-se a iminência de desmoronamento deste trecho de alvenaria dada sua esbeltez e ausência de estrutura (ver Figura 26).

- Demolição total da alvenaria de vedação interna.

O quadro de alvenaria de vedação que sofreu descolamento da estrutura, deverá ser demolido.

- Adequação e/ou eventual execução de contenção de terra por parte do vizinho.

O lote vizinho ao complexo do IPEM-ES, na região adjacente ao Prédio Anexo, possui estocado, grandes volumes de areia (areia pouco argilosa). Este materiais está provocando uma pequeno empuxo sobre a alvenaria da edificação do IPEM-ES. Além disso, o contato de areia úmida (devido à chuvas) provoca a formação de manchas de umidade na parte interna da edificação. Este material deve ser corretamente contido, sem contato direto com a estrutura da edificação do IPEM-ES.

- Execução de novos elementos de fundação

Execução de novas sapatas, e vigas de equilíbrio para a adequação da estruturas a situação de campo, a saber, sapatas excêntricas de borda.

- Execução de Reforço nas sapatas existentes

As sapatas existentes, deverão ser reforçadas, isto é, ampliada a área de contato da sapata com o solo, além do engastamento com a viga de equilíbrio.

- Execução de reforço dos Pilares rompido existente.

O pilar existente fissurado, deverá se escarificado até o nível de suas armaduras principais ou além, até a profundidade da trinca. Execução de uma ponte de aderência e o alargamento da seção transversal do pilar, desde a fundação até o topo do pilar.

- Retirada do reboco interno da sala e execução de novo reboco e pintura

A parede do auditório de divisa com o vizinho deverá ter seu reboco todo retirado. Deve-se executar um novo reboco (utilizar reboco impermeabilizado como garantia), emassamento e pintura.

- Execução de nova laje de piso do auditório

Execução de laje de concreto armado, executada sobre aterro compactado. Com lona plástica. E armação adequada.

- Execução de contra-piso de regularização sobre nova laje.
- Assentamento de porcelanato polido para região de alta tráfego de pessoas, e rejuntamento.
- Execução de nova alvenaria de vedação na sala do auditório.

Execução de nova alvenaria de vedação, na região da alvenaria demolida. O aperto desta nova alvenaria deverá ser executado com espuma expansiva e selante de Poliuretano (mastique).

- Execução de ponto de dreno de ar-condicionado. Embutido na nova alvenaria de vedação.
- Adequação da tubulação de drenagem pluvial, e fixação da mesma com abraçadeiras metálicas na alvenaria do muro de vedação.

5.4 RECOMENDAÇÕES GENÉRICAS

5.4.1 Tratamento de trincas em alvenaria

Para a recuperação das fissuras e trincas observadas na alvenarias nas regiões internas da edificação sobre as portas, janelas e básculas, recomenda-se proceder da seguinte forma:

1. Remoção do revestimento (reboco) de aproximadamente 2,5 centímetros de espessura com largura de aproximadamente 25 centímetros para cada lado da trinca;
2. Limpeza da região para remoção de poeira e materiais soltos;
3. Verificação da integridade do bloco cerâmico (tijolo); Caso o bloco cerâmico esteja levemente danificado, isto é, com trincas deve-se aplicar no bloco um selante de trincas, sendo o produto de referência Sikadur 43 (adesivo epóxi injetável de baixa viscosidade) da marca Sika ou similar. Caso o bloco esteja rompido, deve-se preencher com grout (argamassa de baixa retração) os

septos do bloco rompido até o nivelamento do mesmo, isto é, nivelamento da parede. Produto de referência SikaGrout TIX – graute de baixa fluidez ou similar.

4. Fixação de tela eletrosoldada galvanizada com fio de 1,2 mm de diâmetros. Esta tela deve transpassar qualquer trinca em 20 centímetros. A tela deve ser presa com pregos pequenos para evitar danos a alvenaria.
5. Toda a região deve receber novo chapisco. Cimento e areia grossa em traço de 1:2 em volume.
6. Reexecutar o revestimento com argamassa de cimento, cal hidratada e areia. Recomenda-se um traço de 1:2:8 em volume para areia média seca.

6 LEVANTAMENTO DE CARGAS E DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO – PRÉDIO ANEXO

A seguir as considerações para a determinação da geometria das sapatas reforçadas.

- A tensão do solo admitida foi de 1 Kgf/cm² (0,1MPa).
- Alvenaria: 0,52 tf/m
- Peso próprio das vigas: $0,15 \times 0,5 \times 2,5 = 0,1875 \text{ tf/m}$

Pavimento cobertura:

- Espessura da laje da cobertura considerada: 0,12 cm → 0,3 Kgf/m²
- Carga permanente para a cobertura: 100 Kgf/m²
- Carga Acidental: 50 kgf/m²
- Total: 0,45 kgf/m²

Pavimento Térreo:

- Espessura da laje da cobertura considerada: 0,12 cm → 0,3 Kgf/m²
- Carga permanente para o térreo: 100 Kgf/m²
- Carga Acidental: 400 kgf/m²
- Total: 0,8 kgf/m²

Lançando mão do método das linhas de ruptura, para a determinação das cargas atuando sobre os pilares.

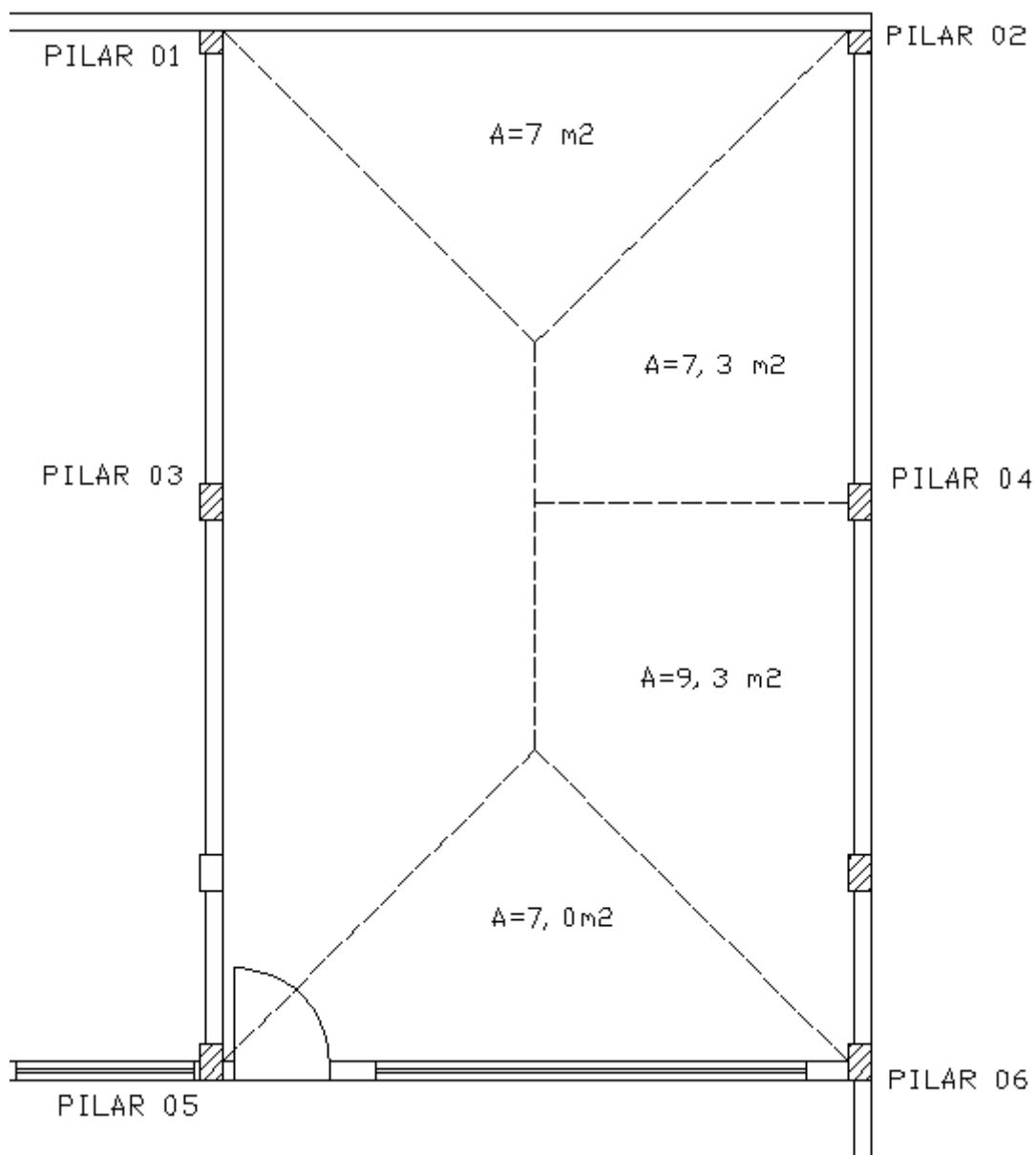


Figura 78 - Linhas de Influência - Linhas de Ruptura da laje

Pilares P2:

$$\frac{0,45(7 + 7,3)}{2} = 3,22tf$$

$$\frac{0,8(7 + 7,3)}{2} = 5,72tf$$

$$0,52 \cdot (2,85 + 2,15) = 2,6tf$$

$$2 \cdot 0,15 \cdot 0,52 \cdot 5(2,85 + 2,15) = 1,875tf$$

$$TOTAL: 13,415tf$$

Peso próprio da sapata: $1 \cdot 1 \cdot 0,35 \cdot 2,5 = 0,875tf$

Acréscimo de carga devido a excentricidade da sapata de borda:

$$e = \frac{100 - 20}{2} = 40$$

$$d = 200 - 40 = 160 \text{ cm}$$

$$\Delta P = (13,415 + 0,875) \cdot \frac{40}{160} = 3,5725tf$$

$$R = 13,415 + 0,875 + 3,5725 = 17,8625tf$$

$$A_f = \frac{17,9}{10} = 1,8 \text{ m}^2$$

Geometria adotada: 1,4x1,25 metros (sapata existente de 1x1 ampliada).

Pilares P4:

$$\frac{0,45(7,3 + 9,3)}{2} = 3,735tf$$

$$\frac{0,8(7,3 + 9,3)}{2} = 6,64tf$$

$$0,52 \cdot (4,35) = 2,26tf$$

$$2 \cdot 0,15 \cdot 0,52 \cdot 5(4,35) = 1,63125tf$$

$$TOTAL: 14,27tf$$

Peso próprio da sapata: $1.1.0,35.2,5=0,875tf$

Acréscimo de carga devido a excentricidade da sapata de borda:

$$e = \frac{100 - 20}{2} = 40$$

$$d = 200 - 40 = 160 \text{ cm}$$

$$\Delta P = (14,27 + 0,875) \cdot \frac{40}{160} = 3,79tf$$

$$R = 14,27 + 0,875 + 3,79 = 18,935tf$$

$$A_f = \frac{18,935}{10} = 1,9 \text{ m}^2$$

Geometria adotada: 1,0x1,90 metros (sapata existente de 1x1 ampliada).

Pilares P6:

$$\frac{0,45(7,0 + 9,3)}{2} = 3,67tf$$

$$\frac{0,8(7,0 + 9,3)}{2} = 6,52tf$$

$$0,52 \cdot (2,85 + 2,2) = 2,63tf$$

$$2.0,15.0,5.2,5(2,85 + 2,2) = 1,9tf$$

$$TOTAL: 14,72tf$$

Peso próprio da sapata: $1.1.0,35.2,5=0,875tf$

Acréscimo de carga devido a excentricidade da sapata de borda:

$$e = \frac{100 - 20}{2} = 40$$

$$d = 200 - 40 = 160 \text{ cm}$$

$$\Delta P = (14,72 + 0,875) \cdot \frac{40}{160} = 3,9 \text{ tf}$$

$$R = 14,72 + 0,875 + 3,9 = 19,5 \text{ tf}$$

$$A_f = \frac{19,5}{10} = 1,95 \text{ m}^2$$

Geometria adotada: 1,0x2,0 metros (sapata existente de 1x1 ampliada).

7 BIBLIOGRAFIA

Alonso, U. R. (1995). *Previsão e Controle de Fundações*. São Paulo: Edgard Blucher.

Alonso, U. R. (2010). *Exercícios de Fundações* (2ª ed.). São Paulo: Blucher.

Araújo, J. M. (2003). *Curso de Concreto Armado* (2ª ed., Vol. I). Cidade Nova: Editora Dunas.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1980). *NBR6120* (Cargas para o cálculo de estruturas de edificações ed.). Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1988). *NBR6123*: (Forças devido ao vento em edificações ed.). Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2003). *NBR8681* (Ações e segurança nas estruturas - Procedimentos ed.). Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2008). *NBR7482* (Fios de aço para estruturas de concreto protendido - Especificações ed.). Rio de Janeiro.

ASSOSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2014). *NBR6118*: (Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos ed.). Rio de Janeiro.

CINTRA, J. C., & AOKI, N. (2010). *Fundações por Estacas - Projeto Geotécnico*. São Paulo: Oficina de Textos.

Féodosiev, V. I. (1977). *Resistência dos Materiais* (7 ed.). Porto: Ed. Lopes da Silva.

Pinto, C. D. (2006). *Curso Básico de Mecânica dos Solos*. São Paulo: Oficina de Textos.

TQS Informática LTDA. (2008). *MANUAL SISE - SISTEMA DE INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA*. São Paulo.

TQS INFORMÁTICA LTDA. (2013). *MANUAL PÓRTICO-TQS*. São Paulo.

Velloso, D. A. (2010). *Fundações*. São Paulo: Oficina de Textos.

Vitório, A. (s.d.). *Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia*. Pernambuco: Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia.

www.sika.com.br - Sika Brasil.