



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA

## RELATÓRIO FINAL DE ESTÁGIO



**AF Engenharia Estrutural Ltda**

---

**Estruturas Especiais**

FORTALEZA, 19 DE JULHO DE 2006

LIANA CAVALCANTE LIMA

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Relatório Final de Estágio Curricular aceito em 19/07/06 pelos abaixo assinados:



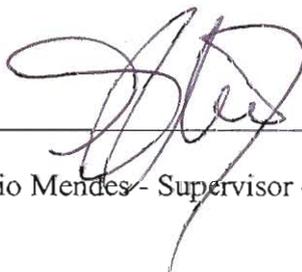
---

Liana Cavalcante Lima



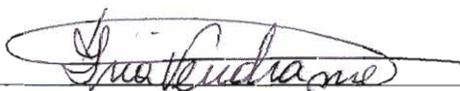
---

Francisco de Assis Farias - Orientador na Empresa



---

Flávio Mendes - Supervisor do ITA



---

Íria Vendrame - Coordenadora do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

## INFORMAÇÕES GERAIS

Estagiário

Nome do Aluno: LIANA CAVALCANTE LIMA

Curso: ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA

Empresa/Departamento: A F ENGENHARIA ESTRUTURAL LTDA

Orientador/Supervisor da Empresa: ENGENHEIRO FRANCISCO DE ASSIS FARIAS

Supervisor do ITA:

Professor FLAVIO MENDES

Período

03/05/2006 a 19/07/2006

Total de horas: 220 horas

## SUMÁRIO

I.	Introdução.....	5
II.	A Empresa.....	5
III.	Primeira Etapa do Estágio: Cálculo de Lajes.....	5
IV.	Segunda Etapa do Estágio: Cálculo da Espessura das Lajes.....	7
V.	Terceira Etapa do Estágio: Armação de Vigas quanto a Flexão e Cisalhamento.....	9
VI.	Quarta Etapa do Estágio: Estudo do Detalhamento de um Projeto em Planta.....	12
VII.	Anexos.....	16
VIII.	Referências Bibliográficas.....	35

## I. INTRODUÇÃO

O objetivo deste relatório é apresentar as atividades desenvolvidas no estágio curricular, realizado na empresa AF Engenharia Estrutural LTDA.

## II. A EMPRESA

### II.1. Histórico

A AF Engenharia é o escritório do Eng Francisco de Assis Farias e sua equipe. Uma empresa, como uma escola, que pratica e aplica conhecimentos permanentemente adquiridos na busca incansável da produção de projetos de qualidade. Ao longo de quase 25 anos de experiência, realizou centenas de projetos estruturais em concreto armado, protendido, alvenaria estrutural e estruturas mistas. O responsável técnico (Eng Farias) é mestre em edificações e ex-professor do departamento de estruturas da Universidade Federal do Ceará.

### II.2. Área onde foi desenvolvido o programa de estágio

O estágio foi desenvolvido no escritório de cálculo.

### II.3. O Estágio no Contexto da Empresa

É tradicional para a empresa a colaboração e formação de estagiários.

## III. PRIMEIRA ETAPA DO ESTÁGIO

### III.1. Resumo

Nesta primeira etapa do estágio, que teve duração de 4 semanas, foi dada ênfase no desenvolvimento do cálculo de lajes, com a distribuição dos respectivos esforços nas vigas e apoios decorrentes.

Para tal tarefa foi utilizado o projeto de cálculo estrutural realizado pela empresa, do prédio residencial de alvenaria estrutural Antônio Fradique, a ser construído na esquina da rua Oswaldo Cruz com rua Monsenhor Salazar, na cidade de Fortaleza-CE.

Foram realizados os cálculos das lajes do pavimento tipo, do terraço, do salão de festas, lajes da caixa d'água, e do teto da casa de máquinas. Todas as plantas em CAD estão em anexo a este relatório: a figura 1 é referente a laje do pavimento tipo, a figura 2 representa a laje do terraço, e as figuras 3, 4 e 5 são referências às lajes da caixa d'água, lajes do salão de festas e teto da casa de máquinas respectivamente.

III.2. Descrição conceitual de métodos, ferramentas, recursos estudados e utilizados no estágio

É importante salientar que foram analisadas as reações de apoio das lajes por um método simplificado, tão somente para avaliação das alvenarias estruturais de apoio.

Para verificação dos cálculos realizados à mão, foi utilizado o programa LAJES EM REGIME DE RUPTURA – SISTRUT SOFTWARE E TECNOLOGIA S/C LTDA. ABRIL 1991 –Marcelo de Paula Picarelli – VERSÃO 4.0 de cálculo de lajes retangulares, que se baseia no método de Marcus.

III.3. Resultados obtidos

Foram obtidas três planilhas: uma para a laje do pavimento tipo, outra para a laje do terraço, e outra para as lajes da caixa d'água, salão de festas e teto da casa de máquinas, com os dados obtidos de cada uma das lajes. Todos os dados como área e perímetro das lajes, cargas de peso estrutural e acidental considerados, e cargas finais obtidos estão detalhadas nas planilhas das tabela 1,2 e 3, respectivamente, em anexo.

III.4. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

O cálculo de lajes na primeira etapa foi de muita satisfação e incentivo para a aluna, uma vez que põe em prática o que foi estudado em sala.

Foi gerada uma dúvida em relação à obtenção das linhas de ruptura das lajes, por serem obtidas de método diferente do utilizado em sala. Isso foi justificado pelo método simplificado

que está sendo utilizado, que considera as lajes isostáticas, para verificação da alvenaria estrutural da estrutura.

Observe-se que neste prédio residencial há uma diferença peculiar que o salão de festas é situado no terraço. Isto foi exigência da construtora. Isso implica lajes de maior espessura no terraço, uma vez que a carga accidental sobe de  $150 \text{ kgf/m}^2$  para  $300 \text{ kgf/m}^2$ .

Após essa etapa, os dados de carga de peso próprio, accidental e total foram passados para a planta, riscados à mão em lápis, para serem utilizados por outro estagiário no cálculo da espessura das lajes, armaduras, e para realizar-se o detalhamento das mesmas. Essa foi a participação da estagiária neste projeto.

#### IV.SEGUNDA ETAPA DO ESTÁGIO

##### IV.1. Resumo:

Na segunda etapa do estágio, que durou 1 semana, a aluna aprendeu a utilizar o software SISTRUT para a obtenção da espessura das lajes maciças simuladas do projeto utilizado na terceira etapa, Residência Unifamiliar, do Condomínio Lagoa do Uruaú- Beberibe – CE. Na etapa anterior, o software foi utilizado para se verificar os resultados obtidos dos cálculos dos lançamento de esforços das lajes nas vigas. Agora efetuar-se-á, de fato, o cálculo completo das lajes deste segundo projeto.

IV.2. Descrição conceitual de métodos, ferramentas, recursos estudados/usados no estágio  
O programa utilizado é: LAJES EM REGIME DE RUPTURA – SISTRUT SOFTWARE E TECNOLOGIA S/C LTDA. ABRIL 1991 –Marcelo de Paula Picarelli – VERSÃO 4.0 –.

Este programa funciona resumidamente da seguinte maneira, para o cálculo estrutural de lajes:

1º Passo - Definição dos materiais e unidades de trabalho:  $f_{ck}$  do concreto em  $\text{tf/m}^2$ .

2º Passo – Definição dos dados da geometria do painel:

2.1 – Definição dos eixos de auxílio – O operador deve inserir as coordenadas dos eixos de auxílio a serem utilizados no desenho do painel, segundo eixos coordenados x e y.

2.2 – Arquitetura e definições de contorno – Deve-se circular toda a área dentro da qual estará situado o painel.

2.3 – Ocupação e cargas de arquitetura – Distribuição das cargas de peso próprio das paredes e cargas acidentais ao longo do painel.

2.4 – Estrutura e lançamento – Desenho da planta do painel, onde as linhas devem limitar as áreas das lajes.

2.5 – Pilares – Situação dos pilares e enumeração.

2.6 - Lajes – Enumeração das lajes e indicação se há algum vão entre as mesmas..  
No caso da simulação havia um vão, por conta da passagem da escada para o segundo andar, que é exatamente a ampliação.

2.7 – Vigas – geração de arquivos e enumeração.

### 3º Passo – Cálculo e Detalhamento do Painel

3.1 – Continuidade e Engastes – o operador deve indicar a posição das continuidades e dos engastes entre as lajes.

3.2 – Direções principais das armaduras – o operador indica este dado, que é a menor dimensão da laje.

3.3 – Cálculo das espessuras mínimas – Cálculo efetuado pelo programa, que indica as espessuras mínimas aceitáveis de cada laje.

3.4 – Imposição das espessuras – No caso, foi de 12 cm, por conta de as lajes serem treliçadas pré-moldadas.

3.5 – Momentos e armaduras necessárias – Cálculos fornecidos pelo programa.

### 3.6 – Compatibilização dos momentos negativos – feito pelo programa.

4º passo – Desenho esquemático das lajes, com suas linhas de ruptura, espessuras, e armaduras necessárias.

#### IV.3. Resultados obtidos e observações:

As lajes utilizadas para esta etapa são de simulação porque na verdade as lajes do projeto são treliçadas pré-fabricadas, com espessura definida de 12 cm. Tal espessura fica acima das espessuras necessárias calculadas pelo programa na simulação e do projeto real. Tal fato é facilmente verificável por um cálculo simples de dimensionamento.

#### IV.4. Conclusão:

A etapa de cálculo de armadura de lajes foi bastante interessante, uma vez que a aluna aprendeu na prática o cálculo das lajes, conforme visto em sala de aula. A facilidade da utilização de um *software* prático e de uso simples à mão do calculista também é importante tanto para a verificação das contas, algo sempre enfatizado pelo orientador do estágio, quanto na facilitação do trabalho como um todo.

## V. TERCEIRA ETAPA DO ESTÁGIO

### V.1. Resumo:

Nesta terceira etapa, que teve a duração de 3 semanas, foi realizada a armação de vigas quanto à flexão e cisalhamento.

V.2 Descrição conceitual de métodos, ferramentas, recursos estudados e utilizados no estágio:

De início, foi pedido que a aluna resolvesse quatro problemas básicos de vigas isostáticas e hiperestáticas, para desenhar os diagramas de Momento Fletor e Força Cortante, para se ter uma idéia da sua base a respeito do assunto. Em seguida, pediu-se para a aluna consultar as

bibliografias citadas em anexo. Com isso foram sanadas quaisquer dúvidas restantes a respeito da obtenção dos diagramas.

### V.3. Resultados Obtidos

Após dois dias de estudo, foi apresentado à aluna a planta do projeto Ampliação de Residência Unifamiliar – Condomínio Lagoa do Uruaú –Beberibe-CE, onde a aluna realizou os cálculos de armadura das vigas quanto à flexão e cisalhamento do projeto de ampliação. A figura 6 em anexo representa o projeto desta etapa.

No projeto em arquivo, é importante que se observe que as lajes numeradas de LT<sub>1</sub> à LT<sub>4</sub> e LT<sub>7</sub> são pré-fabricadas do tipo treliçadas, bidirecionais com nervuras ortogonais, o que quer dizer que a linha de ruptura da laje é uma linha reta à meia largura das bordas e paralela às mesmas. A carga total se divide igualmente entre os lados.

As cargas a serem descarregadas em cada laje são:

Carga	(kgf/m <sup>2</sup> )
Peso Próprio	200
Peso pavimento	100
Carga acidental	150
Parede eventual	150

Onde a carga de parede eventual ocorre para três lajes, LT<sub>2</sub>, LT<sub>3</sub> e LT<sub>4</sub>, pois em cima das mesmas há uma parede de alvenaria, observar figura 7, em anexo.

A carga total decorrente de cada laje ficou, então:

Laje	Carga (kgf/m <sup>2</sup> )
LT1	450
LT2	600
LT3	600
LT4	600
LT7	450

O que significa que metade de cada valor para cada lateral de cada laje.

As vigas a serem calculadas, que são as denominadas de  $V_1$  à  $V_8$ , foram separadas entre vigas isostáticas e vigas hiperestáticas, e realizados separadamente os diagramas de Força Cortante (FC) e Momento Fletor (MF), de acordo com as cargas existentes: descarregamento das lajes nas vigas, peso próprio, reação dos apoios.

Observe-se que a viga  $V_1$  tem uma parte que recebe descarregamento de uma laje de madeira, a qual considerou-se a carga de 450 kgf, também dividida entre as paredes laterais da laje.

Assim, foram obtidos todos os diagramas de MF e FC, manualmente, e foram conferidos com o programa SISTRUT para vigas, que oferece os valores exatos. Após isto, recorreu-se novamente ao software SISTRUT, para dimensionamento de vigas, e inseriram-se as características constantes do aço e do concreto a serem utilizadas, juntamente com os esforços obtidos para cada seção de importância de cada viga, primeiramente os momentos fletores, e após, as forças cortantes. O programa oferecia, ao final, a área total de armadura que deveria constar em cada seção de cada viga, para cada esforço.

Para a obtenção das quantidades e diâmetros dos cabos das armaduras de flexão e cisalhamento, a aluna foi instruída a fazê-lo um a um, tendo-se à mão a lista de diâmetros comerciais comumente utilizados para cada função de armadura para flexão e cisalhamento (estribos).

#### V.4. Conclusão e comentários:

Foi observado o quanto o aprendizado se torna mais fácil quando se recorre à prática e ao estudo voluntário do aluno. Mais uma vez tudo aquilo que é ensinado em sala foi novamente visto no decorrer do estágio, desde as matérias ministradas no começo do curso de Infra.

Houve um pouco mais de trabalho na obtenção da armadura de cisalhamento, uma vez que o cálculo a ser realizado é um pouco menos simples do que o cálculo de obtenção da armadura de flexão.

Foi enfatizado a importância do conceito de força cortante “à direita e à esquerda” de uma seção de uma viga, algo que gerou dificuldade de entendimento por parte da aluna, uma vez que se considerou a soma dos dois valores (que corresponde à reação no apoio) inicialmente para cálculo da armadura. Porém, a correção foi feita, e foi percebido a grande diferença na quantidade de armadura que um pequeno erro ocasiona.

## VI. QUARTA ETAPA DO ESTÁGIO

### VI.1. Resumo

Na quarta etapa do estágio, que teve duração de 2 semanas, a estagiária estudou o detalhamento de uma obra em planta pronta e impressa, a ser entregue para a construtora.

VI.2. Descrição conceitual de métodos, ferramentas, recursos estudados e utilizados no estágio

O projeto entregue à aluna foi de um prédio residencial de 13 andares, com o total de 37 pranchas plotadas.

### VI.3. Resultados Obtidos:

Foi observado no detalhamento:

1ª Prancha: Localização dos Pilares e cargas de fundação:

- Desenho da planta, com pilares e sapatas;
- Presença da cortina de estaca broca, que é o limite físico do terreno que deve ser escavado para que as fundações sejam feitas;

- Tabela com indicação das cargas dos pilares, casos de vento – piores situações, força cortante máxima, com verificação do ELU – Estado Limite Último dos pilares, fundações,  $M_x$  máximo e  $M_y$  máximo.
- Notas: NBR's respeitadas, ABNT, características do cimento.
- Carimbo;

#### 2ª Prancha: Forma das cintas e contenção

- Detalhes de contenção;
- Forma das cintas;
- Armaduras das lajes do subsolo;
- Detalhes de ancoragem da estaca/bloco;
- Notas/legenda;
- Detalhe de poços elevados;
- Carimbo (irá se repetir);

#### 3ª Prancha: Armadura dos blocos de coroamento e das sapatas

- Desenho das armaduras;
- Lista de aços utilizados, quantidade total em kgf (detalhe importante para o orçamento final);

#### 4ª Prancha: Armadura das vigas cintas:

- Desenho das armaduras das vigas, com cortes e detalhes das armaduras de flexão e cisalhamento;
- Lista de aço utilizado;

#### 5ª Prancha: Armadura dos Pilares

- Detalhamento de cada pilar e suas armaduras, de acordo com cada andar.

Observar que as armaduras vão diminuindo em direção ao andar mais alto. No último andar, a armadura é praticamente a mínima;

- Lista de aço utilizado;
- Cobrimento;
- Detalhe da emenda das barras nos pilares;

6ª Prancha: continuação da 5ª.

7ª Prancha : continuação.

8ª Prancha à 11ª Prancha: continuação.

12ª Prancha: Forma e armadura da escada de acesso ao segundo teto.

- Desenho bem detalhado de cada corte da escada. Como a escada não é pré-moldada, é bastante trabalhosa a sua execução, além de ser cara. Apenas esta escada utilizou pouco mais de 130 kgf de ferro.

13ª Prancha: Escada de acesso ao 1º teto e pavimento tipo.

14ª Prancha: Forma do 1º Teto:

- Detalhes;
- Dimensões;

15ª Prancha: armadura das lajes do 1º teto:

- O detalhamento das armaduras é feito na própria planta das lajes. Apenas para desenhos muito pequenos é feita uma ampliação e o detalhe é mostrado de maneira mais específica. Detalhamento igual ao aprendido em sala de aula;
- Lista de aço utilizado;

16ª Prancha: Detalhamento das vigas do 1º teto.

- Viga desenhada em escala, com cortes para mostrar detalhes dos estribos e da armadura de flexão, conforme aprendido em sala.

- Lista de aço utilizado;

17ª Prancha à 19ª Prancha: Continuação da 16ª Prancha.

20ª Prancha: Forma do 2º Teto

- Detalhes e dimensões.

21ª Prancha: Armadura das lajes do 2º teto – console. ( Semelhante à 15ª prancha)

22ª Prancha: Armadura das vigas do 2º teto.

23ª Prancha e 24ª Prancha: continuação da 22ª Prancha.

25ª Prancha: Forma do pavimento tipo, do 3º ao 11º teto.

26ª Prancha: Armaduras das lajes do pavimento tipo.

27ª Prancha: Armadura das vigas do pavimento tipo.

28ª Prancha: continuação.

29ª Prancha: Armadura das vigas protendidas do pavimento tipo.

- Detalhamento das armaduras ativas e passivas;
- Detalhes de ancoragem de monocordoalha;
- Detalhe de ancoragens ativas;
- Tabelas de armaduras ativas;
- Tabela de resumo de protensão;
- Notas sobre o tipo de cordoalha dos blocos, se engraxadas ou não;
- Plano de protensão: prazos e porcentagens de cabos a serem protendidos em cada etapa;
- Força de protensão a ser aplicada em cada cabo;

30ª Prancha: Forma do 12º teto

31ª Prancha: Armaduras das lajes do 12º teto

32ª Prancha: Armadura das vigas do 12º teto

33ª Prancha: continuação

34ª Prancha: Armadura das vigas protendidas do 12º teto

35ª Prancha: Forma e armadura das lajes do platô/ caixa d'água

36ª Prancha: Armadura das vigas do platô/ teto casa de máquinas

37ª Prancha: Armadura das vigas da caixa d'água.

#### VI.4. Conclusão e comentários:

Esta etapa do estágio foi de grande importância para o conhecimento da aluna de como se apresenta um projeto estrutural final. Com certeza será importante para a sua formação o estágio como um todo, que foi uma grande oportunidade de aprendizado e treinamento na sua carreira como Engenheira Civil.

#### VII. ANEXOS

Tabela 1 – Cálculos em planilha das lajes do pavimento tipo

Onde se considere:

g	peso próprio (kgf/m <sup>2</sup> ) carga acidental
q	(kgf/m <sup>2</sup> )
p	peso total (kgf/m <sup>2</sup> )
A	área da laje (m <sup>2</sup> ) perímetro da laje
2P	(m <sup>2</sup> ) área da divisão da
Ai	laje (m <sup>2</sup> )
Li	Comp de apoio de Ai (m)
Ki	Ai/Li (m)

Ed. Antônio Fradique  
Lajes do pavimento tipo

g 300  
q 150 300  
p 450 600

		Dados				Resultados			
		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
L1/L2									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,61	1,1	0,55		166	83	249,5
3,14	7,9	2	1,92	2,85	0,67		202	101	303,2
		3	0,61	0,45	1,36		407	203	610,0
L3									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	1,82	2,7	0,67	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
8,91	12	2	2,63	3,3	0,80		202	101	303,3
		3	1,82	2,7	0,67		239	120	358,6
		4	2,63	3,3	0,80		202	101	303,3
							239	120	358,6
L4/L9									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	1,82	2,7	0,67	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
8,91	12	2	2,63	3,3	0,80		202	101	303,3
		3	1,82	2,7	0,67		239	120	358,6
		4	2,63	3,3	0,80		202	101	303,3
							239	120	358,6
L5/L8									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,36	1,2	0,30	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
2,7	6,9	2	0,99	2,25	0,44		90	45	135,0
		3	0,36	1,2	0,30		132	66	198,0
		4	0,99	2,25	0,44		90	45	135,0
							132	66	198,0
L6/L7									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,17	0,45	0,38	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
2,26	6,84	2	1,54	2,6	0,59		113	57	170,0
		3	0,55	1,1	0,50		178	89	266,5
							150	75	225,0
L10									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	2,03	2,85	0,71	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
10,68	13,2	2	3,31	3,72	0,89		214	107	320,5
		3	2,03	2,85	0,71		267	133	400,4
		4	3,31	3,72	0,89		214	107	320,5
							267	133	400,4
L11									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	2,03	2,85	0,71	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
							214	107	320,5

18,04	18,3	2	6,66	6	1,11				333	167	499,5	
		3	2,42	3,15	0,77				230	115	345,7	
		4	2,47	3,15	0,78				235	118	352,9	
		5	0,43	0,3	1,43				430	215	645,0	
		6	4	2,85	1,40				421	211	631,6	
L12/L13		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)				g=300			
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)								q=150	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
32,38	26,69	1	1,21	2,2	0,55				p=450	165	83	247,5
		2	0,44	0,45	0,98					293	147	440,0
		3	4,05	2,6	1,56					467	234	701,0
		4	6,75	5,25	1,29					386	193	578,6
		5	3,03	1,65	1,84					551	275	826,4
		6	2,12	1,5	1,41					424	212	636,0
		7	3,02	4,35	0,69					208	104	312,4
		8	0,5	1,5	0,33					100	50	150,0
		9	1,19	1,35	0,88					264	132	396,7
		10	6,48	2,05	3,16					948	474	1422,4
		11	0,26	0,15	1,73					520	260	780,0
		12	3,05	3,65	0,84					251	125	376,0
L14/L17		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)				g=300			
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)								q=150	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
2,26	6,76	1	0,55	1,15	0,48				p=450	143	72	215,2
		2	0,89	1,58	0,56					169	84	253,5
		3	0,81	1,61	0,50					151	75	226,4
L15/L16		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)				g=300			
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)								q=150	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
2,4	6,4	1	0,36	1,2	0,30				p=450	90	45	135,0
		2	0,84	2	0,42					126	63	189,0
		3	0,36	1,2	0,30					90	45	135,0
		4	0,84	2	0,42					126	63	189,0
L18/L20		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)				g=300			
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)								q=150	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
9,87	12,22	1	2,51	2,7	0,93				p=450	279	139	418,3
		2	2,25	3	0,75					225	113	337,5
		3	2,34	2,74	0,85					256	128	384,3
		4	1,82	2,2	0,83					248	124	372,3
		5	0,91	1,58	0,58					173	86	259,2
L19		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)				g=300			
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)								q=150	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
2,22	6,65	1	0,89	2,4	0,37				p=450	111	56	166,9
		2	0,22	0,95	0,23					69	35	104,2
		3	0,89	2,4	0,37					111	56	166,9
		4	0,22	0,9	0,24					73	37	110,0

		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
L22									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,45	1,35	0,33		100	50	150,0
3,02	7,19	2	1,06	2,25	0,47		141	71	212,0
		3	0,45	1,35	0,33		100	50	150,0
		4	1,06	2,25	0,47		141	71	212,0
L23									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	1,77	2,7	0,66	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
6,07	9,9	2	1,26	2,25	0,56		197	98	295,0
		3	1,77	2,7	0,66		168	84	252,0
		4	1,26	2,25	0,56		197	98	295,0
							168	84	252,0
L24									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,36	1,2	0,30	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
2,64	6,8	2	0,96	2,2	0,44		90	45	135,0
		3	0,36	1,2	0,30		131	65	196,4
		4	0,96	2,2	0,44		90	45	135,0
							131	65	196,4
L21/L25									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,45	1,35	0,33	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
2,76	6,79	2	0,92	2,05	0,45		100	50	150,0
		3	0,45	1,35	0,33		135	67	202,0
		4	0,92	2,05	0,45		100	50	150,0
							135	67	202,0
L26									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	2,78	4,2	0,66	g=300 q=150 p=450	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
6,93	11,7	2	0,68	1,65	0,41		199	99	297,9
		3	2,78	4,2	0,66		124	62	185,5
		4	0,68	1,65	0,41		199	99	297,9
							124	62	185,5
L27									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,68	1,65	0,41	g=300 q=300 p=600	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
28,31	37,67	2	1,32	1,65	0,80		124	124	247,3
		3	5,2	7,05	0,74		240	240	480,0
		4	1,38	1,65	0,84		221	221	442,6
		5	2,25	3	0,75		251	251	501,8
		6	2,25	3	0,75		225	225	450,0
		7	2,35	1,75	1,34		225	225	450,0
		8	2,79	2,49	1,12		403	403	805,7
		9	2,79	2,49	1,12		336	336	672,3
		10	5,47	8	0,68		336	336	672,3
		11	1,78	3	0,59		205	205	410,3
							178	178	356,0



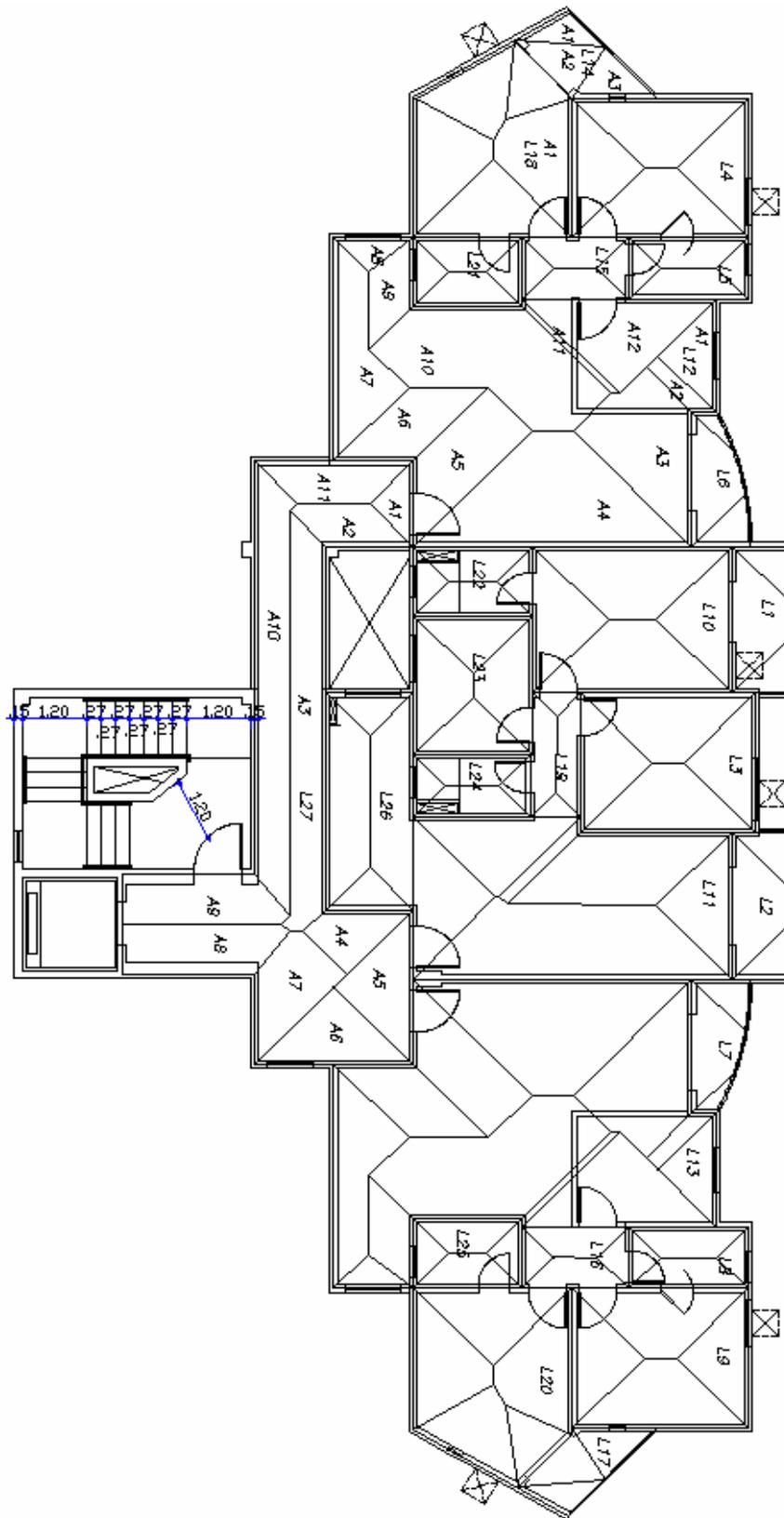


Figura 1 – Planta resumida do pavimento tipo.

Tabela 2 – Cálculos em planilha das lajes do terraço

Onde considere-se:

g	peso próprio (kgf/m <sup>2</sup> )
q	carga acidental (kgf/m <sup>2</sup> )
p	peso total (kgf/m <sup>2</sup> )
A	área da laje (m <sup>2</sup> )
2P	perímetro da laje (m <sup>2</sup> )
Ai	área da divisão da laje (m <sup>2</sup> )
Li	Comp de apoio de Ai (m)
Ki	Ai/Li (m)

Ed. Antônio Fradique		Lajes do Terraço				g	300		
						q	300	300	
						p	600	600	
		Dados				Resultados			
		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li (m)	Ki (m)	g=300 q=300 p=600	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
L1/L2									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,61	1,1	0,55		166	166	332,7
3,14	7,9	2	1,92	2,85	0,67		202	202	404,2
		3	0,61	0,45	1,36		407	407	813,3
L3									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	1,82	2,7	0,67	g=300 q=300 p=600	202	202	404,4
8,91	12	2	2,63	3,3	0,80		239	239	478,2
		3	1,82	2,7	0,67		202	202	404,4
		4	2,63	3,3	0,80		239	239	478,2
L4/L9									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	1,82	2,7	0,67	g=300 q=300 p=600	202	202	404,4
8,91	12	2	2,63	3,3	0,80		239	239	478,2
		3	1,82	2,7	0,67		202	202	404,4
		4	2,63	3,3	0,80		239	239	478,2
L5/L8									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,36	1,2	0,30	g=300 q=300 p=600	90	90	180,0
2,7	6,9	2	0,99	2,25	0,44		132	132	264,0



2,4	6,4	2	0,84	2	0,42	126	126	252,0
		3	0,36	1,2	0,30	90	90	180,0
		4	0,84	2	0,42	126	126	252,0
L18/L20		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=300 q=300 p=600		
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	2,51	2,7	0,93	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
9,87	12,22	2	2,25	3	0,75	279	279	557,8
		3	2,34	2,74	0,85	225	225	450,0
		4	1,82	2,2	0,83	256	256	512,4
		5	0,91	1,58	0,58	248	248	496,4
						173	173	345,6
L19		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=300 q=300 p=600		
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,89	2,4	0,37	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
2,22	6,65	2	0,22	0,95	0,23	111	111	222,5
		3	0,89	2,4	0,37	69	69	138,9
		4	0,22	0,9	0,24	111	111	222,5
						73	73	146,7
L22		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=300 q=300 p=600		
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,45	1,35	0,33	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
3,02	7,19	2	1,06	2,25	0,47	100	100	200,0
		3	0,45	1,35	0,33	141	141	282,7
		4	1,06	2,25	0,47	100	100	200,0
						141	141	282,7
L23		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=300 q=300 p=600		
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	1,77	2,7	0,66	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
6,07	9,9	2	1,26	2,25	0,56	197	197	393,3
		3	1,77	2,7	0,66	168	168	336,0
		4	1,26	2,25	0,56	197	197	393,3
						168	168	336,0
L24		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=300 q=300 p=600		
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,36	1,2	0,30	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
2,64	6,8	2	0,96	2,2	0,44	90	90	180,0
		3	0,36	1,2	0,30	131	131	261,8
		4	0,96	2,2	0,44	90	90	180,0
						131	131	261,8
L21/L25		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=300 q=300 p=600		
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,45	1,35	0,33	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
2,76	6,79	2	0,92	2,05	0,45	100	100	200,0
		3	0,45	1,35	0,33	135	135	269,3
		4	0,92	2,05	0,45	100	100	200,0
						135	135	269,3

L26		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=300 q=300 p=600	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)								
6,93	11,7	1	2,78	4,2	0,66		199	199	397,1
		2	0,68	1,65	0,41		124	124	247,3
		3	2,78	4,2	0,66		199	199	397,1
		4	0,68	1,65	0,41		124	124	247,3
L27		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=300 q=300 p=600	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)								
28,31	37,67	1	0,68	1,65	0,41		124	124	247,3
		2	1,32	1,65	0,80		240	240	480,0
		3	5,2	7,05	0,74		221	221	442,6
		4	1,38	1,65	0,84		251	251	501,8
		5	2,25	3	0,75		225	225	450,0
		6	2,25	3	0,75		225	225	450,0
		7	2,35	1,75	1,34		403	403	805,7
		8	2,79	2,49	1,12		336	336	672,3
		9	2,79	2,49	1,12		336	336	672,3
		10	5,47	8	0,68		205	205	410,3
		11	1,78	3	0,59		178	178	356,0

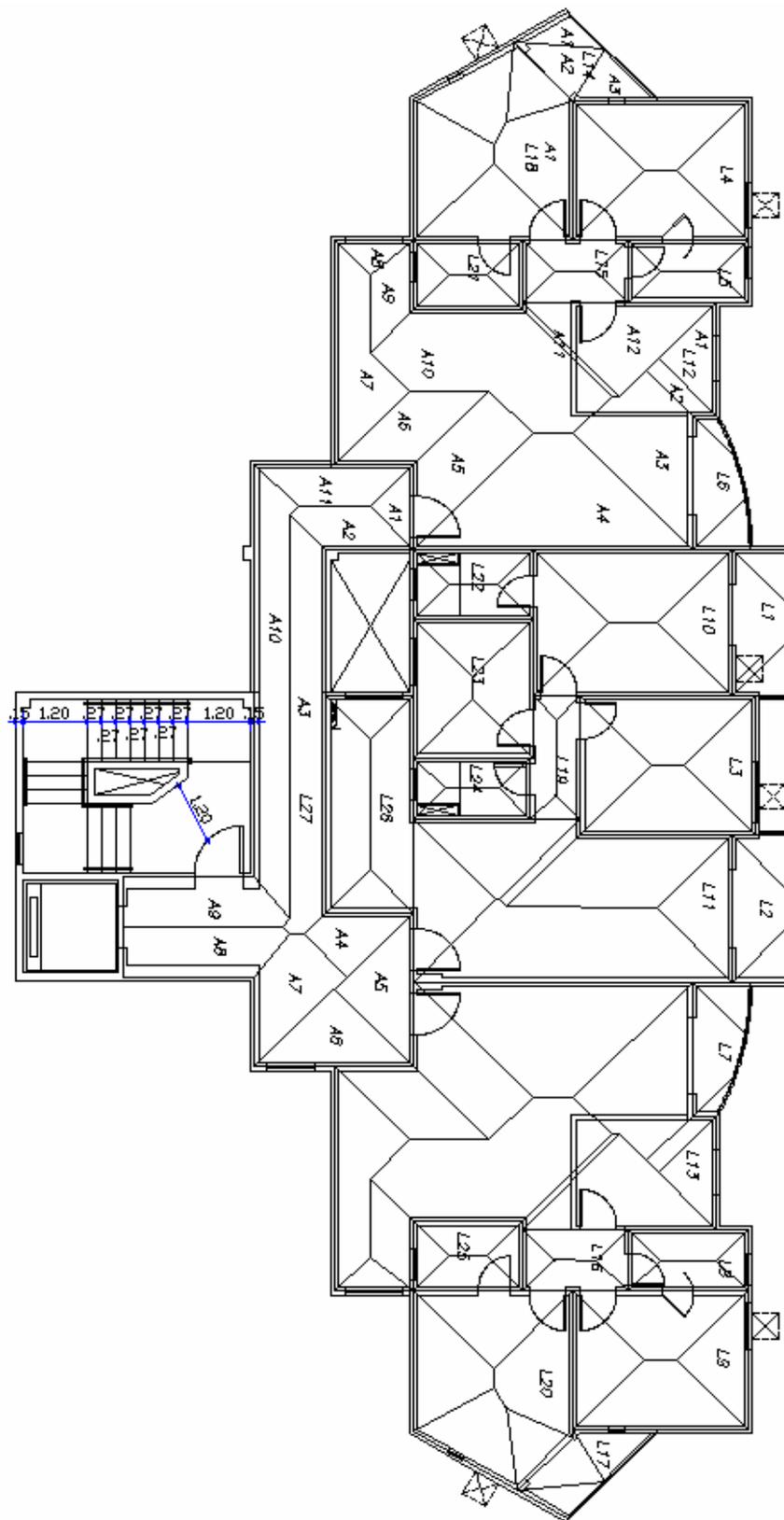


Figura 2 – Planta do pavimento do terraço.

Tabela 3 – Cálculos em planilha das lajes da caixa d'água, salão de festas e casa de máquinas

Onde considere-se:

g	peso próprio (kgf/m <sup>2</sup> )
q	carga acidental (kgf/m <sup>2</sup> )
p	peso total (kgf/m <sup>2</sup> )
A	área da laje (m <sup>2</sup> )
2P	perímetro da laje (m <sup>2</sup> )
Ai	área da divisão da laje (m <sup>2</sup> )
Li	Comp de apoio de Ai (m)
Ki	Ai/Li (m)

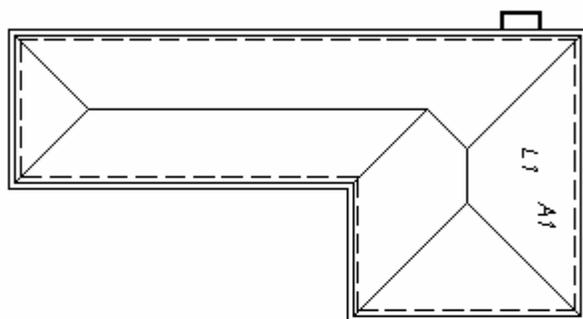
Ed. Antônio Fradique  
Lajes Caixa d'água

		Dados			Resultados					
		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li (m)	Ki (m)	g=300 q=100 p=400	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)	
L1										
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	3,3	1,1	3,00		900	300	1200,0	
19,75	22,28	2	2,25	2,85	0,79		237	79	315,8	
		3	2,34	0,45	5,20		1560	520	2080,0	
		4	4,32	4,44	0,97		292	97	389,2	g 300
		5	0,95	1,95	0,49		146	49	194,9	q 100
		6	6,57	7,44	0,88		265	88	353,2	p 400
L2/L3										
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	3,06	3,5	0,87	g=300 q=150 p=450	262	131	393,4	
13,02	14,44	2	3,44	3,72	0,92		277	139	416,1	g 300
		3	3,06	3,5	0,87		262	131	393,4	q 150
		4	3,44	3,72	0,92		277	139	416,1	p 450
L12/L13										
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	3,06	3,5	0,87	g=475 q=1850 p=2325	415	1617	2032,7	
13,02	14,44	2	3,44	3,72	0,92		439	1711	2150,0	g 475
		3	3,06	3,5	0,87		415	1617	2032,7	q 1850
		4	3,44	3,72	0,92		439	1711	2150,0	p 2325

		Divisões	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	g=400 q=1000 p=1400	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)		
L4											
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	1,21	1,8	0,67		269	672	941,1	g	400
3,24	7,2	2	1,21	1,8	0,67		269	672	941,1	q	1000
		3	0,81	1,8	0,45		180	450	630,0	p	1400
L5											
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,63	1,12	0,56	g=250 q=50 p=300	141	28	168,8		
9,03	20,16	2	1,94	2,85	0,68		170	34	204,2		
		3	0,4	0,45	0,89		222	44	266,7		
		4	3,08	2,7	1,14		285	57	342,2		
		5	0,4	0,45	0,89		222	44	266,7	g	250
		6	1,94	2,85	0,68		170	34	204,2	q	50
		7	0,63	1,12	0,56		141	28	168,8	p	300
L6											
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	5,2	2,85	1,82	g=300 q=150 p=450	456	91	547,4		
42,83	33	2	0,6	0,45	1,33		333	67	400,0		
		3	1,82	2,7	0,67		169	34	202,2		
		4	0,6	0,45	1,33		333	67	400,0		
		5	5,26	2,85	1,85		461	92	553,7		
		6	7,07	6	1,18		295	59	353,5		
		7	1,67	1,35	1,24		309	62	371,1		
		8	1,48	1,65	0,90		224	45	269,1		
		9	0,81	1,8	0,45		113	23	135,0		
		10	4,95	3,85	1,29		321	64	385,7	g	250
		11	9,82	5,25	1,87		468	94	561,1	q	50
		12	3,51	3,75	0,94		234	47	280,8	p	300
L7											
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,45	1,35	0,33	g=300 q=150 p=450	83	17	100,0		
3,03	7,2	2	1,06	2,25	0,47		118	24	141,3	g	250
		3	0,45	1,35	0,33		83	17	100,0	q	50
		4	1,06	2,25	0,47		118	24	141,3	p	300
L8											
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	1,77	2,7	0,66	g=300 q=150 p=450	164	33	196,7		
6,07	9,9	2	1,26	2,25	0,56		140	28	168,0	g	250

		Divisões			g=300 q=150 p=450						
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	Ai (m <sup>2</sup> )	Li(m)	Ki(m)	gi(kgf/m)	qi(kgf/m)	pi(kgf/m)				
		3	1,77	2,7	0,66	164	33	196,7	q	50	
		4	1,26	2,25	0,56	140	28	168,0	p	300	
		L9									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,36	1,2	0,30	75	15	90,0			
2,64	6,8	2	0,96	2,2	0,44	109	22	130,9	g	250	
		3	0,36	1,2	0,30	75	15	90,0	q	50	
		4	0,96	2,2	0,44	109	22	130,9	p	300	
		L11									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	0,68	1,65	0,41	124	62	185,5			
13,82	22,45	2	1,33	1,65	0,81	242	121	362,7			
		3 <sup>a</sup>	2,15	2,85	0,75	226	113	339,5	g	300	
		5B	2,81	4,5	0,62	187	94	281,0	q	150	
		6	1,79	3	0,60	179	90	268,5	p	450	
		L14									
A (m <sup>2</sup> )	2P (m)	1	2,57	2,64	0,97	389	730	1119,5	g	400	
5,14	9,18	2	2,57	2,64	0,97	389	730	1119,5	q	750	
										p	1150

TETO CASA MÁQUINAS  
ESCALA 1:100



TAMPA DA CAIXA/PLATO  
ESCALA 1:100

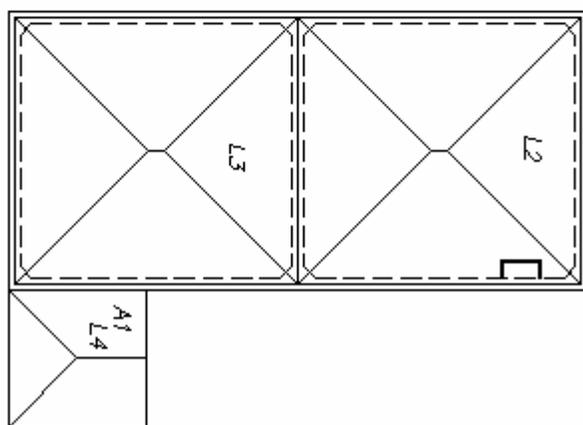


Figura 3 – Planta resumida das lajes da caixa d'água

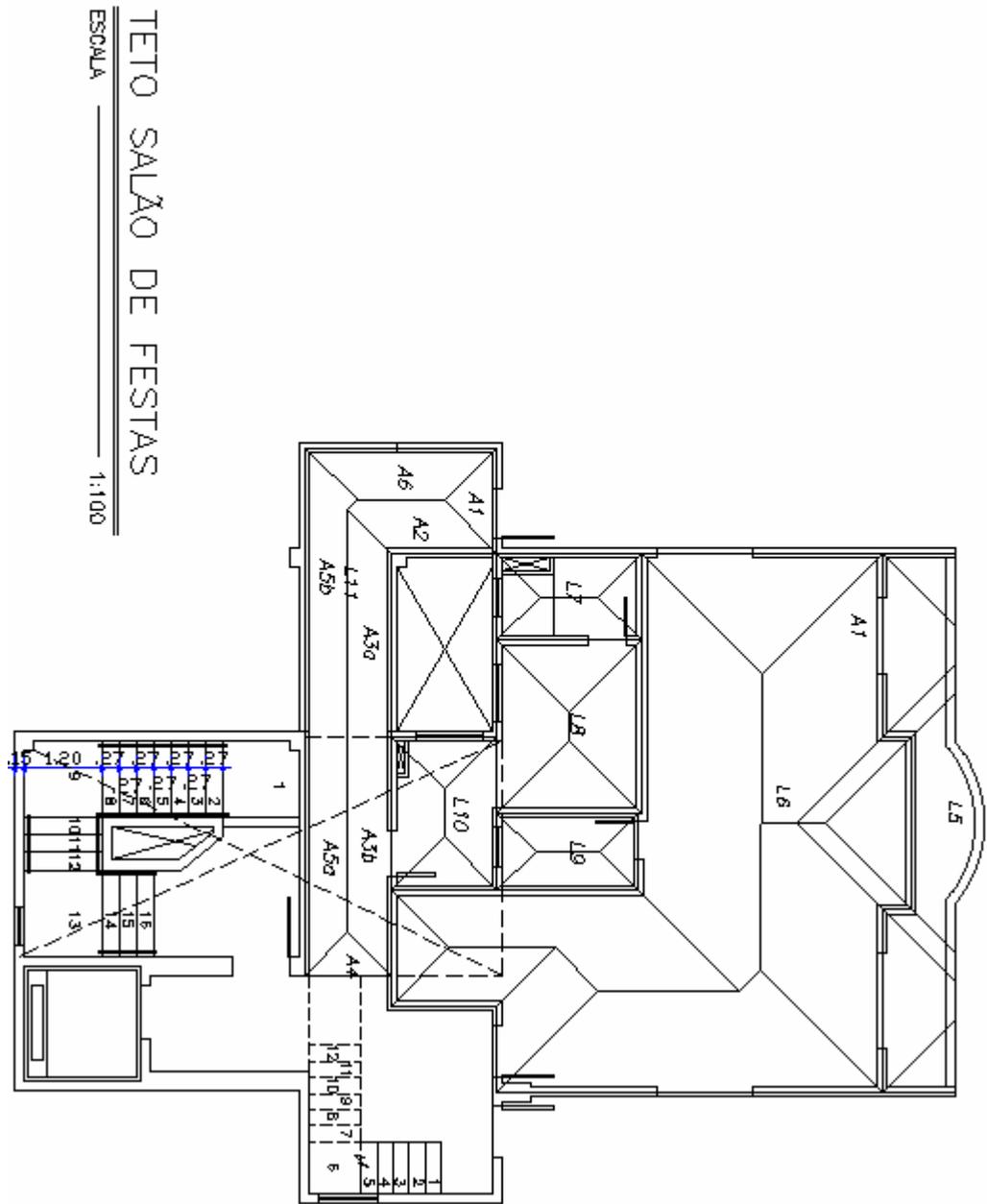


Figura 4 – Planta resumida do salão de festas

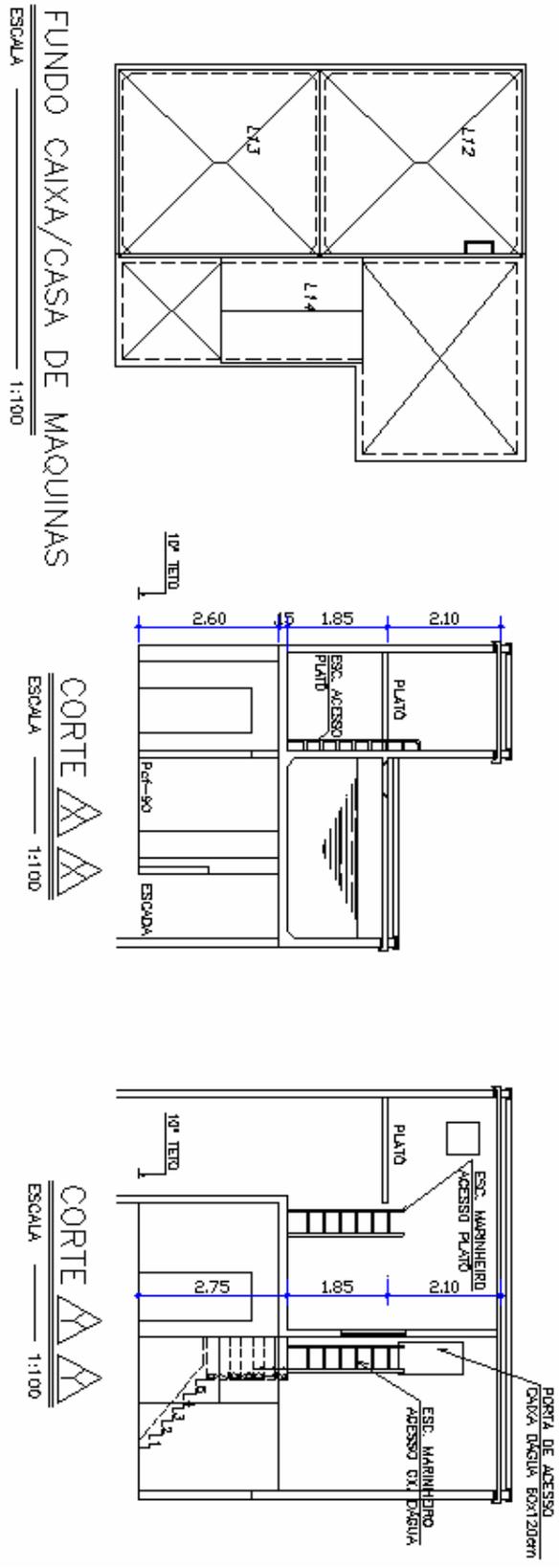


Figura 5 – Planta resumida do teto da casa de máquinas

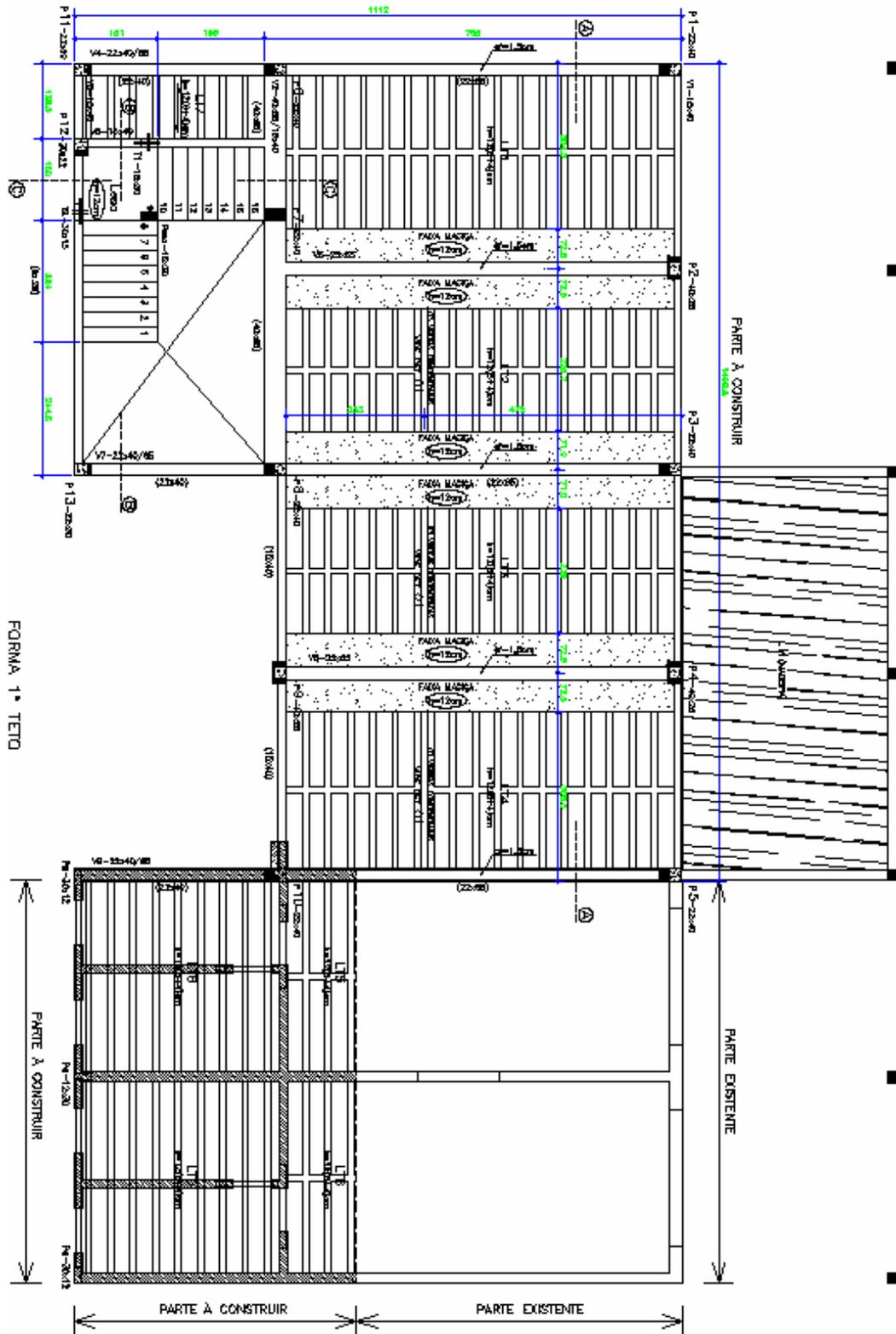


Figura 6 – Planta do projeto do Condomínio Lagoa do Uruaú.

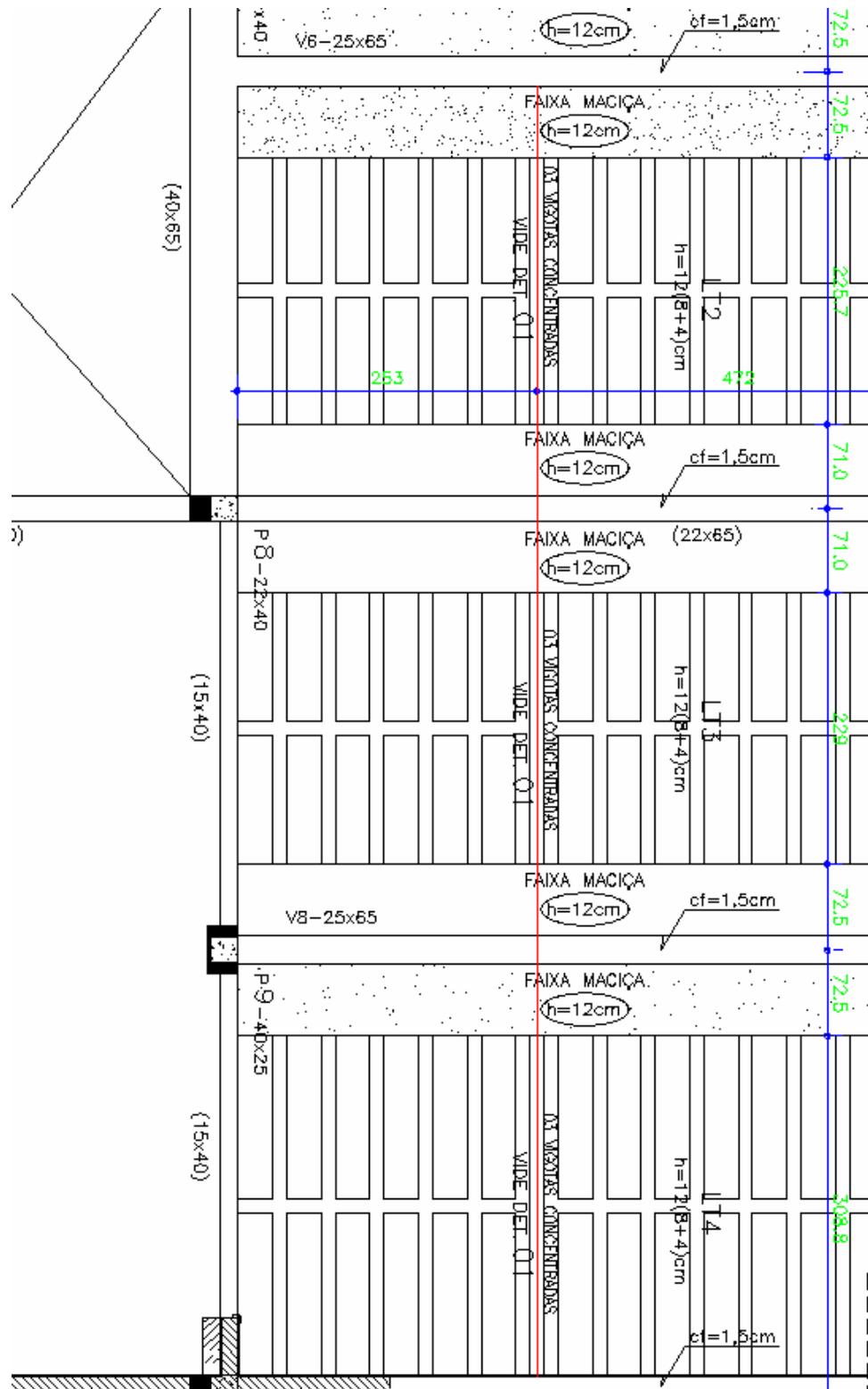


Figura 7 – Detalhe da parede de alvenaria que passa sobre as lajes LT<sub>2</sub>, LT<sub>3</sub> e LT<sub>4</sub>, parede em vermelho.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gorfin, Bernardo e Oliveira, Miriam Marques: **Estruturas Isostáticas**, 8ª edição. Ed. LTC, Rio de Janeiro, 1972.

Botelho, Manoel Henrique Campos: **Concreto Armado Eu Te Amo**, 4ª edição. Ed. Edgar Blucher, São Paulo, 2002.