

IMPLANTAR UMA LAJE DE COBERTURA EM UMA CASA RESIDENCIAL

Levi Mello Do Nascimento, Estudante de Engenharia Civil, Centro Universitário do Norte – UNINORTE, Manaus/AM.

José Roberto De Queiroz Abreu, Orientadora no Centro Universitário do Norte - UNINORTE, Manaus/AM

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo a implantação de uma laje de cobertura em uma casa residencial, com 2 quartos, 1 banheiro, e um corredor. A coleta dos dados foi realizada em 15 de agosto de 2018. Tendo por base o livro “concreto armado eu te amo vol.1” no que tange ao dimensionamento de lajes, e a NBR 6118 entre outras normas pertinentes ao assunto, foi realizado os cálculos necessários à correta estabilização da laje, área de aço necessária, resistência necessária do concreto, cobrimento nominal necessário para a laje, por último, foi feito o cronograma por meio do gráfico de Gantt, e o orçamento, o qual teve por base os preços unitários de referência do SINAPI, para a execução das lajes. Para finalizar, é necessário saber que quando não ocorre o correto dimensionamento da laje, podem ocorrer sérios problemas no que tange a patologias de obras, e em alguns casos até mesmo a ruptura da estrutura, colocando, assim, em risco vidas humanas.

Palavras-chave: Lajes, NBR 6118, método de Marcus,

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento relativo ao concreto armado é de extrema importância na área de engenharia civil, visto que é bastante empregado nesta área. Saber dimensionar uma estrutura de concreto armado é um diferencial para o profissional da área de engenharia civil. Não muito longe do concreto armado, temos o concreto protendido, que consiste no pré-alongamento das armaduras, todavia este trabalho de conclusão de curso não irá adentrar neste mérito, tendo por pleno foco o dimensionamento de lajes em concreto armado.

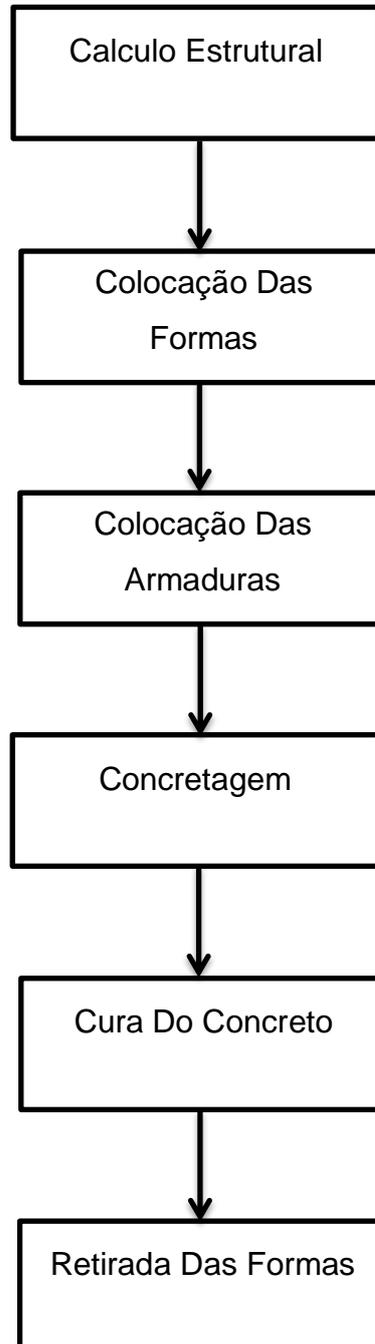
De acordo com a norma NBR - norma brasileira - 6118, os elementos de concreto armado são aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplica alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. Pode-se afirmar que nesta junção de concreto e armadura, aquele tem a função combater o esforço de compressão, enquanto este tem a função de combater o esforço de tração, proporcionando, assim, a possibilidade de vencer maiores vãos do que se fosse empregado apenas o concreto, que tem uma resistência muito baixa quanto à tração.

3 OBJETIVO DO PROJETO

Implantar uma laje de cobertura em uma casa residencial.

4 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, foram feitas pesquisas em normas técnicas e livros pertinentes ao assunto, em seguida foi realizada uma pesquisa de campo para coletar as dimensões da laje. A “posteriori” foram implantadas soluções para a construção da laje. A seguir, tem-se um fluxograma como o processo adotado.



Fonte: elaborado pelo autor

4.1 Asp ctos Gerais E Técnicos Quanto Ao Concreto Armado

4.1.1 Concreto

O concreto consiste na mistura de aglomerante, água e agregados. O cimento   o aglomerante e une os agregados.

O concreto   altamente resistente aos esforços de compressão, porém há uma deficiência quanto aos esforços de traço, sendo assim, pouco resistente a estes esforços. Com esta limita o, pode-se presumir que o concreto não venceria grandes vãos sozinho, pois seria necessário aumentar demasiadamente a sua se o transversal, acarretando, assim, maior custo.

4.1.2 Concreto Armado

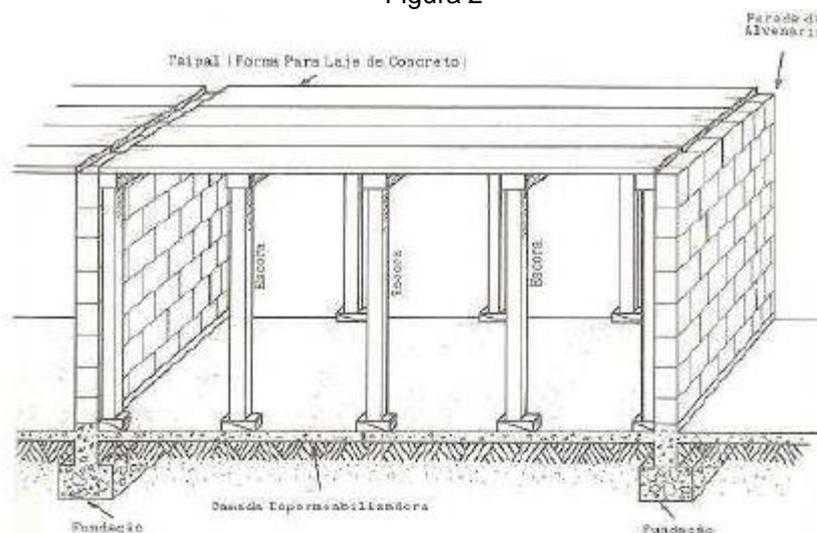
Devido   grande deficiência do concreto quanto   traço, foi incorporado ao mesmo o aço, pois este tem uma grande resistência   traço, fazendo, portanto, a jun o da alta resistência do concreto   compressão e do aço   traço, pode-se vencer v os maiores, com um maior custo-benefício.

4.1.3 Execu o Do Concreto Armado

4.1.3.1 Formas

No projeto do escoramento devem ser consideradas a deforma o e a flambagem dos materiais, além das vibra es a que este estará sujeito.

Figura 2



Fonte: Manual do Construtor do Eng. Roberto Chaves (Notas de Aula do Eng. Rafael Di Bello)

Quando da sua execu o, o escoramento deve ser apoiado sobre caixas de areia, cunhas ou outros dispositivos que facilite a remo o das f rmas, de maneira a não submeter a estrutura a impactos demasiadamente grandes.

Devem ser tomadas as precauções necessárias para que não haja recalques prejudicando, assim, a estrutura. Quando agentes destinados a facilitar a desmoldagem forem necessários, devem ser aplicados exclusivamente na fôrma antes da colocação da armadura e de maneira a não prejudicar a superfície do concreto.

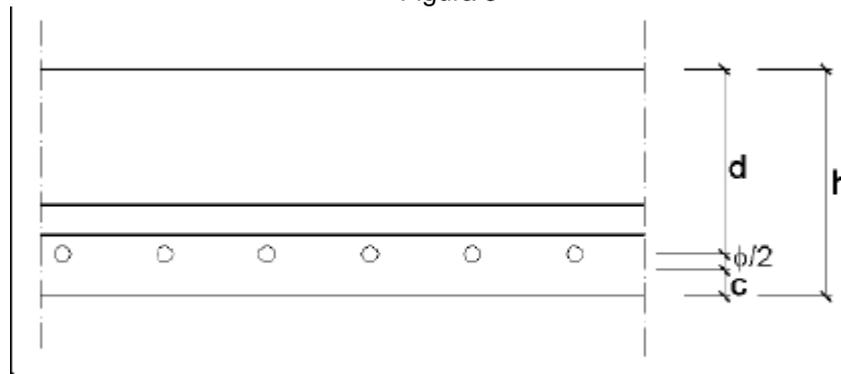
4.1.3.2 Armaduras

A superfície da armadura deve estar livre de ferrugem e substâncias que possam prejudicar o aço, o concreto ou a aderência entre esses materiais. Armaduras que apresentem produtos destacáveis na sua superfície em função de processo de corrosão devem passar por limpeza superficial antes do lançamento do concreto, e caso não sejam aproveitáveis, não devem ser utilizadas. Armaduras levemente oxidadas por exposição ao tempo em ambientes de agressividade fraca a moderada, por períodos de até três meses, sem produtos destacáveis e sem redução de seção, podem ser empregadas em estruturas de concreto. Caso a armadura apresente nível de oxidação que seja prejudicial a ponto de implicar redução da seção, deve ser feita uma limpeza enérgica e posterior avaliação das condições de utilização, de acordo com as normas de especificação do produto, eventualmente considerando-a como de diâmetro nominal inferior. No caso de corrosão por ação e presença de cloretos, a armadura deve ser lavada com jato de água sob pressão para retirada do sal e dos cloretos dessas pequenas cavidades. A limpeza pode ser feita por qualquer processo mecânico como, por exemplo, jateamento de areia ou jato de água. As barras de aço devem ser sempre dobradas a frio. As emendas devem ser feitas de acordo com o previsto no projeto, podendo ser emendas:

- por traspasse;
- por luva com preenchimento metálico, prensadas ou rosqueadas;
- por solda;
- por outros dispositivos devidamente justificados.

As luvas devem possuir resistência maior que as barras emendadas. A barra emendada, no ensaio de qualificação, deve obter o alongamento mínimo de 2%. A montagem da armadura deve ser feita por amarração, utilizando arames. A distância entre pontos de amarração das barras das lajes deve ter afastamento máximo de 35 cm. O cobrimento (distância entre a face da armadura e a face do concreto - proteção da armadura) deve ser mantido por dispositivos adequados ou espaçadores e sempre se refere à armadura mais exposta. Segue abaixo uma figura para apresentar a posição do cobrimento (c) na seção transversal de uma laje.

Figura 3



Fonte: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Lancamento/Pre-dimensionamen.pdf>

Para atingir o cobrimento necessário durante a concretagem, pode-se adotar espaçadores, que podem ser de argamassa, desde que relação água/cimento menor ou igual a 0,5, de plástico etc. segue abaixo imagem da utilização de espaçador.

Figura 4



Fonte: www.scpisos.com.br

4.1.3.3 Concretagem

A temperatura da massa de concreto, no momento do lançamento, não deve ser inferior a 5°C. exceto disposições em contrário, estabelecidas no projeto ou definidas pelo responsável técnico pela obra, a concretagem deve ser suspensa sempre que estiver prevista queda na temperatura ambiente para abaixo de 0°C nas 48 h seguintes, e em nenhum caso devem ser usados produtos que possam atacar as armaduras, em especial aditivos à base de cloreto de cálcio. Quando a concretagem for efetuada em temperatura ambiente muito quente ($\geq 35^\circ \text{C}$) ou quando a umidade relativa do ar for baixa ($\leq 50\%$) e a velocidade do vento alta ($\geq 30 \text{ m/s}$), então é recomendado adotadas as medidas necessárias para evitar a perda de consistência e reduzir a temperatura da massa de concreto. Imediatamente após as operações de lançamento e adensamento, devem ser tomadas providências para reduzir a perda de água do concreto (cura).

Excetuadas as disposições em contrário, estabelecidas no projeto ou definidas pelo responsável técnico pela obra, a concretagem deve ser suspensa se as condições ambientais forem adversas, com temperatura ambiente superior a

40°C ou vento acima de 60 m/s. Recomenda-se que o intervalo de tempo transcorrido entre o instante em que a água de amassamento entra em contato com o cimento e o final da concretagem não ultrapasse a 2 h 30 min. Quando a temperatura ambiente for elevada, ou sob condições que contribuam para acelerar a pega do concreto, esse intervalo de tempo deve ser reduzido, a menos que sejam adotadas medidas especiais, como o uso de aditivos retardadores, que aumentem o tempo de pega sem prejudicar a qualidade do concreto. No caso de concreto bombeado, o diâmetro interno do tubo de bombeamento deve ser no mínimo 4x o diâmetro máximo do agregado.

Figura 5

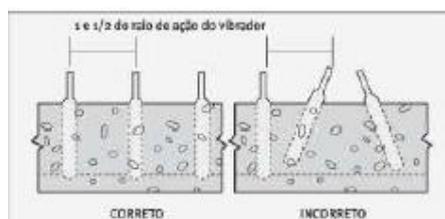


Fonte: revista.construcaomercado.com.br

Devem-se ter maiores cuidados quanto maiores forem a altura de lançamento e a densidade de armadura. Estes cuidados devem ser majorados quando a altura de queda livre do concreto ultrapassar 2 m, no caso de peças estreitas e altas, de modo a evitar a segregação e falta de argamassa (como nos pés de pilares e nas juntas de concretagem de paredes).

Quanto ao adensamento, este é de extrema importância, pois através dele consegue-se ter uma melhor disposição dos materiais componentes do concreto, de formar a evitar a segregação do concreto, ressalta-se que adensar demais, pode ocasionar danos maiores, do que se não adensasse.

Figura 6



Fonte: <http://www.pisosindustriais.com.br>

4.1.3.4 Cura e Retirada De Formas

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para:

- evitar a perda de água pela superfície exposta;
- assegurar uma superfície com resistência adequada;
- assegurar a formação de uma capa superficial durável.

O endurecimento do concreto pode ser acelerado por meio de tratamento térmico ou pelo uso de aditivos que não contenham cloreto de cálcio em sua composição e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem.

4.2 Memoriais De Cálculo

4.2.1 Características Dos Materiais Utilizados

4.2.1.1 Características Do Concreto

Consoante a NBR 6118/2014, quando o peso específico do concreto armado não for conhecido, adota-se 25,0 KN/m³, este foi o valor adotado neste trabalho de conclusão de curso – TCC.

Ainda segundo a NBR em apreço, foi usada, para efeitos de cálculo, e conforme a classe de agressividade do ambiente urbano, a qual é a moderada, o cobrimento nominal de 25 mm., resistência característica à compressão do concreto armado – FCK - de 25 MPa, e relação água/cimento igual a 0,60. As imagens a seguir podem comprovar a exigência da NBR 6118/2014.

Tabela 1

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1) 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1) 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1) 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um micro-clima com classe de agressividade um nível mais brando para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade um nível mais branda em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuvas em ambientes predominantemente secos ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Tabela 2

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

NOTAS:
1. O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na NBR 12655.
2. CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
3. CP Componentes a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 6118/2014

Tabela 3

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.
^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.
^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.
^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118/2014

4.2.1.2 Características Do Aço CA-25

A barra de aço CA-25 foi a adotada, que possui resistência característica ao escoamento de 250 Mpa; conforme a NBR 6118/2014, a massa específica do aço é de 7.850 kg/m³, módulo de elasticidade do aço 210 GPa, e 10⁻⁵/C-1 para o coeficiente de dilatação térmica para intervalos de temperatura entre -20°C e 150°C.

4.2.1.3 Características Dos Demais Matérias

Adotou-se, para efeitos de cálculo, um sistema de impermeabilização composto por uma manta asfáltica, de peso, por metro quadro, igual a 0,03 KN/m², argamassa de gesso, para a parte interior da residência, de peso específico igual a 12,5 KN/m³, e uma argamassa de regularização (cimento, água e agregado miúdo), para a parte exterior da laje, de peso específico igual a 21 KN/m³.

4.2.2 Características Geométricas Da Seção

4.2.2.1 Espessura da Laje

A espessura de uma laje é dada em função da relação entre o menor vão da laje dividido por 40.

$$H = L_{\text{menor}} / 40$$

Onde: H é a espessura da laje, L_{menor} é o menor vão da laje (em Cm)

Segundo a NBR 6118, a espessura mínima das lajes deve ser a seguinte:

- 7 cm para lajes de cobertura não em balanço;
- 8 cm para lajes de piso ou de cobertura em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 kN;
- 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas;
- 16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.

Como a laje a ser executada neste trabalho é de cobertura e não está em balanço a dimensão mínima a ser adotada é a de 7cm, exceto se a relação entre o menor vão e 40, for maior, em que terá que ser adotado este maior valor.

4.2.2.1 Espessura dos demais materiais empregados

A espessura adotada para a argamassa de regularização foi de 0,01m; para argamassa de gesso foi de 0,01m.

4.2.3 Ações Permanentes

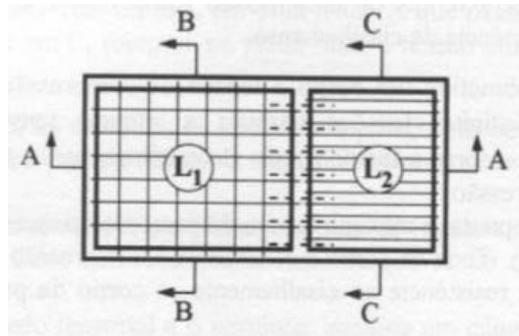
Ações permanentes são as que praticamente permanecem constantes durante toda a vida da construção. Exemplo de ações permanentes:

- peso próprio da estrutura e
- pelos pesos dos elementos construtivos fixos e das instalações permanentes.

4.2.4 Laje Armada em duas ou uma direção

Para verificar em quantas direções será armada a laje, deve-se fazer a razão entre o maior e o menor vão da laje, caso essa relação, seja maior que 2, então a laje deve ser armada em uma só direção (armadura paralela ao menor vão), caso contrário, deve ser armada nas duas direções, ou seja, tanto em X, quanto em Y.

figura 7



Fonte: Livro "Concreto Armado Eu Te Amo Vol. 1"

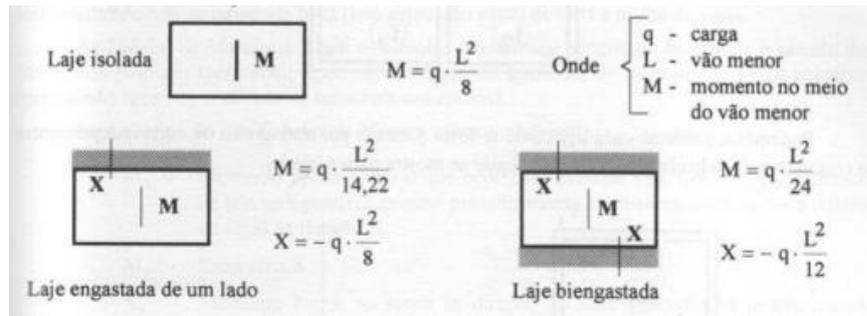
A laje 1 (L1) representa uma laje armada em suas duas direções, enquanto a laje 2 (L2) representa uma laje armada em uma só direção.

4.2.5 Cálculo Dos Momentos

Os momentos em uma laje podem ser positivos ou negativos a depender de onde se localizam. Na imagem anterior (imagem 9), pode-se verificar o momento positivo no meio do vão, onde é máxima, sendo distribuído para as extremidades, até onde não há a ocorrência de momento negativo, pois este tende a nós engastes entre laje.

As lajes armadas em uma só direção são dimensionadas como se fossem um conjunto de vigas paralelas, nestas não há a necessidade de adotar o método de marcus, para determinar os momentos atuantes na laje, pois este aplica-se somente quando a laje for armada em duas direções. Para os cálculos dos momentos em uma laje armada em uma só direção, têm-se as seguintes formulas.

Figura 8



Fonte: Livro “Concreto Armado Eu Te Amo Vol.1”

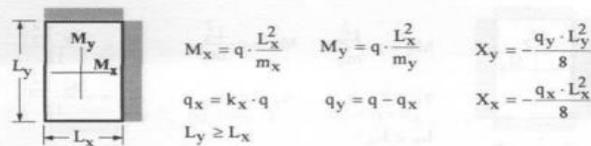
Em uma laje armada em duas direções, o cálculo dos momentos, positivos e negativos, dá-se pelo método de Marcus. Nos termos do livro concreto armado eu te amo, página 97:

O cálculo de lajes pelo processo de Marcus é na prática um cálculo de momentos no meio da laje (direção X e direção Y) e nos apoios (direção X e direção Y). As tabelas de Marcus são uma quantificação do cálculo das lajes supondo-as como uma grelha de vigas, mas levando em conta o efeito de resistência do fato da laje ser inteiriça e contínua e portanto mais resistente do que a grelha de vigas independentes imaginada.

Para a laje 2 e 4, adotou-se a seguinte tabela de Marcus:

Tabela 4

4º CASO: Cálculo das lajes armadas em cruz



Obs.: Como nesse caso o número de engastes em qualquer direção é igual, pegar $L_y \geq L_x$

L_y/L_x	m_x	m_y	k_x	L_y/L_x	m_x	m_y	k_x
1,00	37,1	37,1	0,500	1,50	20,6	46,4	0,835
1,02	35,9	37,2	0,519	1,52	20,4	47,1	0,842
1,04	34,7	37,3	0,538	1,54	20,2	47,8	0,848
1,06	33,5	37,4	0,556	1,56	19,9	48,5	0,855
1,08	32,3	37,5	0,575	1,58	19,7	49,2	0,861
1,10	31,7	37,6	0,594	1,60	19,5	49,9	0,868
1,12	30,2	37,8	0,610	1,62	19,3	50,7	0,873
1,14	29,4	38,1	0,626	1,64	19,1	51,4	0,878
1,16	28,6	38,4	0,643	1,66	19,0	52,2	0,883
1,18	27,8	38,6	0,659	1,68	18,8	53,0	0,888
1,20	27,0	38,9	0,675	1,70	18,6	53,8	0,893
1,22	26,4	39,3	0,688	1,72	18,4	54,7	0,897
1,24	25,9	39,7	0,701	1,74	18,3	55,6	0,901
1,26	25,4	40,0	0,715	1,76	18,2	56,5	0,905
1,28	24,8	40,4	0,728	1,78	18,0	57,4	0,909
1,30	24,2	40,8	0,741	1,80	17,9	58,2	0,913
1,32	23,8	41,3	0,752	1,82	17,8	59,2	0,916
1,34	23,4	41,8	0,762	1,84	17,7	60,1	0,919
1,36	23,0	42,3	0,773	1,86	17,6	61,0	0,923
1,38	22,6	42,8	0,783	1,88	17,5	62,0	0,926
1,40	22,1	43,3	0,794	1,90	17,4	62,9	0,929
1,42	21,8	43,9	0,802	1,92	17,3	63,9	0,932
1,44	21,5	44,5	0,810	1,94	17,2	64,9	0,934

Fonte: Livro “Concreto Armado Eu Te Amo Vol.1”

4.2.6 Cálculo Da Área De Aço

Para o cálculo da área de aço, adotou-se as seguintes fórmulas disponíveis no livro “concreto armado eu te amo”:

$K6 = (10^5 \times b \times d^2) / M$; onde $b = 1\text{m}$; d representa a altura útil; M o momento.

$K3$ é dado em função de $K6$, conforme tabela T-13 do livro “concreto armado eu te amo”.

$A_s = (K3/10) \times (M/d)$; onde M representa o momento, d a altura útil, e A_s a área de aço.

Tabela 5

Tabela T-13 — Tabela de dimensionamento de vigas à flexão $k6$ e $k3$							
$\xi = x/d$	Valores de $k6$ para concreto de f_{ck} (MPa)			$k3/aços$			
	20	25	30	CA25	CA50A	CA50B	CA60B
0,01	1.447,0	1.158,0	965,0	0,647	0,323	0,323	0,269
0,02	726,0	581,0	484,0	0,649	0,325	0,325	0,271
0,03	486,0	389,0	324,0	0,652	0,326	0,326	0,272
0,04	366,0	293,0	244,0	0,655	0,327	0,327	0,273
0,05	294,0	235,0	196,0	0,657	0,329	0,329	0,274
0,06	246,0	197,0	164,0	0,660	0,330	0,330	0,275
0,07	212,0	169,0	141,0	0,663	0,331	0,331	0,276
0,08	186,0	149,0	124,0	0,665	0,333	0,333	0,277
0,09	166,0	133,0	111,0	0,668	0,334	0,334	0,278
0,10	150,0	120,0	100,1	0,671	0,335	0,335	0,280
0,11	137,0	110,0	91,4	0,674	0,337	0,337	0,281
0,12	126,0	100,9	84,1	0,677	0,338	0,338	0,282
0,13	117,0	93,6	78,0	0,679	0,340	0,340	0,283
0,14	109,0	87,2	72,7	0,682	0,341	0,341	0,284
0,15	102,2	81,8	68,1	0,685	0,343	0,343	0,285
0,16	96,2	77,0	64,2	0,688	0,344	0,344	0,287
0,167	92,5	74,0	61,7	0,690	0,345	0,345	0,288
0,17	91,0	72,8	60,6	0,691	0,346	0,3446	0,288
0,18	86,3	69,0	57,5	0,694	0,347	0,347	0,289
0,19	82,1	65,7	54,7	0,697	0,349	0,349	0,290
0,20	78,3	62,7	52,2	0,700	0,350	0,350	0,292
0,21	74,9	59,9	49,9	0,703	0,352	0,352	0,293
0,22	71,8	57,5	47,9	0,706	0,353	0,353	0,294
0,23	69,0	55,2	46,0	0,709	0,355	0,355	0,296
0,24	66,4	53,1	44,3	0,713	0,356	0,356	0,297
0,25	64,1	51,2	42,7	0,716	0,358	0,358	0,298
0,259	62,1	49,7	41,4	0,719	0,359	0,359	0,299
0,26	61,9	49,5	41,2	0,719	0,359	0,359	0,300

Fonte: Livro “Concreto Armado Eu Te Amo Vol 1”

Tabela 6

TABELA DE AÇO PARA LAJES:
Conhecendo a área de aço por metro de laje se escolhe o diâmetro e o espaçamento na tabela T₄.

TABELA T₄

Espaçamento "a" (cm)	Área em cm ² / m (A _s por metro)							bitola em mm	bitola em polegadas (")
	5 mm	6,3 mm	8 mm	10 mm	12,5 mm	16 mm	20 mm		
10	1,78	3,17	4,95	7,13	12,67	19,79	28,50		
11	1,62	2,88	4,55	6,48	11,50	18,00	25,90		
12	1,48	2,64	4,15	5,94	10,57	16,47	23,75		
12,5	1,42	2,54	4,00	5,70	10,12	15,82	22,78		
13	1,37	2,44	3,85	5,48	9,74	15,22	21,91		
14	1,27	2,27	3,55	5,09	9,05	14,12	20,35		
15	1,19	2,12	3,33	4,75	8,45	13,19	19,00		
16	1,11	1,98	3,12	4,45	7,91	12,36	17,80		
17	1,05	1,86	2,95	4,19	7,45	11,64	16,75		
17,5	1,02	1,81	2,85	4,07	7,24	11,30	16,28		
18	0,99	1,76	2,77	3,96	7,04	10,99	15,82		
19	0,94	1,67	2,62	3,75	6,66	10,42	15,00		
20	0,89	1,59	2,48	3,56	6,34	9,90	14,25		

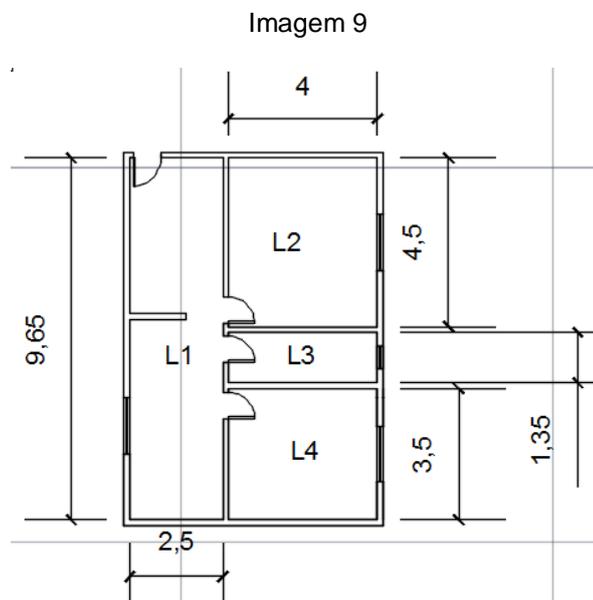
Como usar a tabela?
Conhecido A_s, entra na tabela.

Bitola
↑
A_s
←
Espaçamento

Fonte: Livro "Concreto Armado Eu Te Amo Vol. 1"

4.2.7 Planta Baixa

Abaixo se pode ver a planta baixa da casa objeto deste trabalho de conclusão de curso.



Fonte: Imagem do autor

4.2.8 Dimensionamento Das Lajes

4.2.8.1 Laje 1 (L1)

I. Calculo da espessura da laje Espessura da laje

$$H = 250\text{cm}/40 = 6,25\text{cm}, \text{ adota-se } 7\text{cm}$$

II. Calculo da carga permante

$$\text{- Argamassa de cimento e areia} = 21\text{KN/m}^3 \times 0,01\text{m} = 0,21\text{KN/m}^2$$

$$\text{- Concreto armado} = 25\text{KN/m}^3 \times 0,07\text{m} = 1,75\text{KN/m}^2$$

$$\text{- Argamassa de gesso} = 12,5\text{KN/m}^3 \times 0,01\text{m} = 0,125\text{KN/m}^2$$

$$\text{- Manta asfáltica} = 0,03\text{KN/m}^3$$

$$\text{Total} = 2,12\text{KN/m}^2$$

III. Laje Armada em quantas direções

$$9,65\text{m}/2,5\text{m} = 3,86, \text{ como este é maior que } 2, \text{ será armada em } 1 \text{ só direção.}$$

IV. Calculo dos momentos

- Momento positivo

$$M = 2,12 \text{ KN/m}^2 \times (2,5\text{m})^2 / 14,22 = 0,94\text{KN.m}$$

- Momento negativo

$$X = - 2,12 \text{ KN/m}^2 \times (2,5\text{m})^2 / 8 = -1,66\text{KN.m}$$

V. Dimensionamento das Armaduras

-para o momento positivo (0,94KN.m)

$$K6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,045\text{m})^2 / 0,94\text{KN.m} = 215,43$$

$$K3 = 0,660$$

$$As = (0,660/10) \times (0,94\text{KN.m}/0,045\text{m}) = 1,38\text{cm}^2/\text{m}$$

Conforme Tabela T4 do livro “concreto armado eu te amo”, pode-se adotar uma barra de diâmetro igual a 5 mm a cada 12,5cm (\emptyset 5mm c/12,5cm)

-para momento negativo (-1,66KN.m)

$$K6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,045\text{m})^2 / -1,66\text{KN.m} = -122$$

$$K3 = 0,671$$

$$As = (0,671/10) \times (1,66\text{KN}\cdot\text{m}/0,045\text{m}) = 2,48 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 6,3\text{mm } c/12,5\text{cm})$$

4.2.8.2 Laje 2 (L2)

I. Calculo da espessura da laje Espessura da laje

$$H = 400/40 = 11,25\text{cm}, \text{ adota-se } 10\text{cm}$$

II. Calculo da carga permanente

$$\text{- Argamassa de cimento e areia} = 21\text{KN}/\text{m}^3 \times 0,01\text{m} = 0,21\text{KN}/\text{m}^2$$

$$\text{- Concreto armado} = 25\text{KN}/\text{m}^3 \times 0,10\text{m} = 2,5\text{KN}/\text{m}^2$$

$$\text{- Argamassa de gesso} = 12,5\text{KN}/\text{m}^3 \times 0,01\text{m} = 0,125\text{KN}/\text{m}^2$$

$$\text{- Manta asfáltica} = 0,03\text{KN}/\text{m}^3$$

$$\text{Total} = 2,865\text{KN}/\text{m}^2$$

III. Laje Armada em quantas direções

$$4,5\text{m}/4\text{m} = 1,125, \text{ como este é menor que } 2, \text{ será armada em } 2 \text{ direções.}$$

IV. Calculo dos momentos

- Momento positivo

$$M_x = 2,865\text{KN}/\text{m}^2 \times (4\text{m})^2 / 30,2 = 1,52\text{KN}\cdot\text{m}$$

$$M_y = 2,865\text{KN}/\text{m}^2 \times (4\text{m})^2 / 37,8 = 1,22\text{KN}\cdot\text{m}$$

- Momento negativo

$$Q_x = 0,610 \times 2,865\text{KN}/\text{m}^2 = 1,75\text{KN}/\text{m}^2 ; Q_y = 2,865\text{KN}/\text{m}^2 - 1,75\text{KN}/\text{m}^2 = 1,115, \text{ adotar } 1,12 \text{ KN}/\text{m}^2$$

$$X_x = - 1,75\text{KN}/\text{m}^2 \times (4\text{m})^2 / 8 = - 3,5\text{KN}\cdot\text{m}$$

$$X_y = - 1,12\text{KN}/\text{m}^2 \times (4,5\text{m})^2 / 8 = - 2,835 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

V. Dimensionamento das Armaduras

- Para os momentos positivos

$$M_x = 1,52\text{KN}\cdot\text{m}$$

$$K_6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,075\text{m})^2 / 1,52\text{KN}\cdot\text{m} = 370,06$$

$$K_3 = 0,652$$

$$A_s = (0,652/10) \times (1,52\text{KN.m}/0,075\text{m}) = 1,33 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 5\text{mm c/ } 13\text{cm})$$

$$M_y = 1,22\text{KN.m}$$

$$K_6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,075\text{m})^2 / 1,22\text{KN.m} = 461,07$$

$$K_3 = 0,649$$

$$A_s = (0,649/10) \times (1,22\text{KN.m}/0,075\text{m}) = 1,056 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 5\text{mm c/ } 17\text{cm})$$

- para momentos negativos

$$X_x = - 3,5\text{KN.m}$$

$$K_6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,075\text{m})^2 / -3,5\text{KN.m} = -160,72$$

$$K_3 = 0,663$$

$$A_s = (0,663/10) \times (3,5\text{KN.m}/0,075\text{m}) = 3,094\text{cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 8\text{mm c/ } 16,5\text{cm})$$

$$X_y = - 2,835 \text{ KN.m}$$

$$K_6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,075\text{m})^2 / -2,835 \text{ KN.m} = -198,42$$

$$K_3 = 0,660$$

$$A_s = (0,660/10) \times (2,835\text{KN.m}/0,075\text{m}) = 2,50 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 6,3\text{mm c/ } 12,5\text{cm})$$

4.2.8.3 Laje 3 (L3)

I. Calculo da espessura da laje Espessura da laje

$$H = 135\text{cm}/40 = 3,35\text{cm}, \text{ adota-se } 7\text{cm}$$

II. Calculo da carga permante

$$\text{- Argamassa de cimento e areia} = 21\text{KN/m}^3 \times 0,01\text{m} = 0,21\text{KN/m}^2$$

$$\text{- Concreto armado} = 25\text{KN/m}^3 \times 0,07\text{m} = 1,75\text{KN/m}^2$$

$$\text{- Argamassa de gesso} = 12,5\text{KN/m}^3 \times 0,01\text{m} = 0,125\text{KN/m}^2$$

$$\text{- Manta asfáltica} = 0,03\text{KN/m}^3$$

$$\text{Total} = 2,12\text{KN/m}^2$$

III. Laje Armada em quantas direções

$$4\text{m}/1,35\text{m} = 2,97, \text{ como este é maior que } 2, \text{ será armada em } 1 \text{ só direção.}$$

IV. Calculo dos momentos

- Momento positivo

$$M = 2,12 \text{ KN/m}^2 \times (1,35\text{m})^2 / 24 = 0,17\text{KN.m}$$

- Momento negativo

$$X = - 2,12 \text{ KN/m}^2 \times (1,35\text{m})^2 / 12 = - 0,33\text{KN.m}$$

V. Dimensionamento das Armaduras

-para o momento positivo (0,17KN.m)

$$K6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,045\text{m})^2 / 0,17\text{KN.m} = 1191,18$$

$$K3 = 0,647$$

$$As = (0,647/10) \times (0,17\text{KN.m}/0,045\text{m}) = 0,245\text{cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 5\text{mm } c/50\text{cm})$$

-para momento negativo (- 0,33KN.m)

$$K6 = (10^5 \times 1\text{m} \times (0,045)^2) / -0,33\text{KN.m} = -613,64$$

$$K3 = 0,649$$

$$As = (0,649/10) \times (0,33\text{KN.m}/0,045\text{m}) = 0,476\text{cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 5\text{mm } c/30\text{cm})$$

4.2.8.4 Laje 4 (L4)

I. Calculo da espessura da laje Espessura da laje

$$H = 350/40 = 8,75\text{cm}, \text{ adota-se } 9\text{cm}$$

II. Calculo da carga permanente

$$\text{- Argamassa de cimento e areia} = 21\text{KN/m}^3 \times 0,01\text{m} = 0,21\text{KN/m}^2$$

$$\text{- Concreto armado} = 25\text{KN/m}^3 \times 0,09\text{m} = 2,25\text{KN/m}^2$$

$$\text{- Argamassa de gesso} = 12,5\text{KN/m}^3 \times 0,01\text{m} = 0,125\text{KN/m}^2$$

$$\text{- Manta asfáltica} = 0,03\text{KN/m}^3$$

$$\text{Total} = 2,615\text{KN/m}^2$$

III. Laje Armada em quantas direções

$$3,5\text{m}/4\text{m} = 0,875, \text{ como este é menor que } 2, \text{ será armada em } 2 \text{ direções.}$$

IV. Calculo dos momentos

- Momento positivo

$$M_x = 2,615\text{KN/m}^2 \times (3,5\text{m})^2 / 29,4 = 1,090\text{KN.m}$$

$$M_y = 2,615\text{KN/m}^2 \times (3,5\text{m})^2 / 38,1 = 0,85\text{KN.m}$$

- Momento negativo

$$Q_x = 0,626 \times 2,615 \text{KN/m}^2 = 1,636 \text{KN/m}^2, \text{ adotar } 1,64 \text{KN/m}^2; Q_y = 2,615 \text{KN/m}^2 - 1,636 \text{KN/m}^2 = 0,979, \text{ adotar } 0,98 \text{KN/m}^2$$

$$X_x = - 1,64 \text{KN/m}^2 \times (3,5\text{m})^2 / 8 = - 2,52 \text{KN.m}$$

$$X_y = - 0,98 \text{KN/m}^2 \times (4\text{m})^2 / 8 = - 1,96 \text{KN.m}$$

V. Dimensionamento das Armaduras

- Para os momentos positivos

$$M_x = 1,090 \text{KN.m}$$

$$K_6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,065\text{m})^2 / 1,090 \text{KN.m} = 387,61$$

$$K_3 = 0,652$$

$$A_s = (0,652/10) \times (1,090 \text{KN.m} / 0,065\text{m}) = 1,10 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 5\text{mm c/ } 16\text{cm})$$

$$M_y = 0,85 \text{KN.m}$$

$$K_6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,065\text{m})^2 / 0,85 \text{KN.m} = 497,06$$

$$K_3 = 0,649$$

$$A_s = (0,649/10) \times (0,85 \text{KN.m} / 0,065\text{m}) = 0,85 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 5\text{mm c/ } 20\text{cm})$$

- para momentos negativos

$$X_x = - 2,52 \text{KN.m}$$

$$K_6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,065\text{m})^2 / -2,52 \text{KN.m} = -167,66$$

$$K_3 = 0,663$$

$$A_s = (0,663/10) \times (2,52 \text{KN.m} / 0,065\text{m}) = 2,58 \text{cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 6,3\text{mm c/ } 12\text{cm})$$

$$X_y = - 1,96 \text{KN.m}$$

$$K_6 = 10^5 \times 1\text{m} \times (0,065\text{m})^2 / -1,96 \text{KN.m} = -215,57$$

$$K_3 = 0,660$$

$$A_s = (0,660/10) \times (1,96 \text{KN.m} / 0,065\text{m}) = 1,99 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{Ø } 6,3\text{mm c/ } 16\text{cm})$$

4.3 Imagens Da Execução Da Laje

Figura 10



Fonte: Imagem do autor

Figura 11



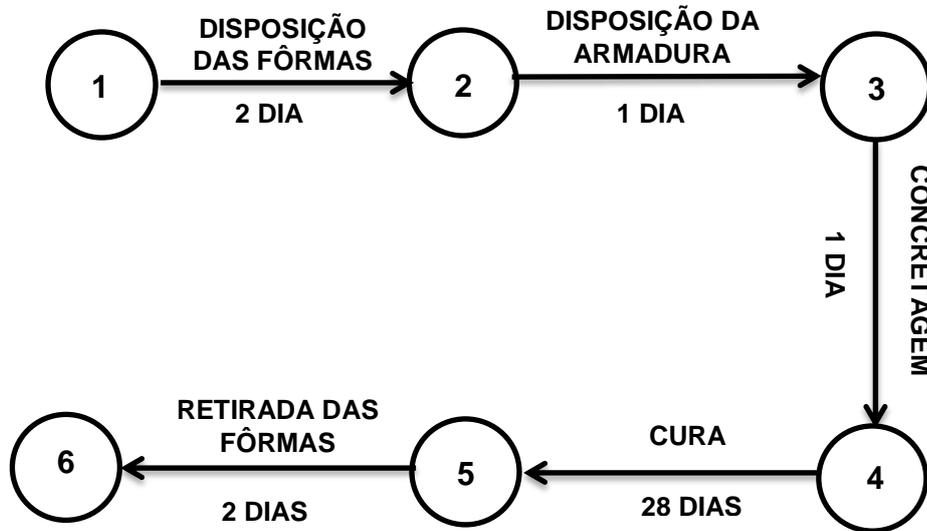
Fonte: Imagem do autor

Figura 12



Fonte: Imagem do autor

5 CRONOGRAMA



Fonte: elaborado pelo autor

Com base no cronograma acima, pode-se inferir que a obra terá duração de 34 dias, que é justamente o caminho crítico do cronograma.

Este cronograma tem por base a técnica PERT/CPM, a qual consiste na junção de duas técnicas distintas que são a CPM (Critical Path Method – Método do Caminho Crítico), foi desenvolvida também em 1957 pela E. I. Dupont de Neymours, e a PERT (Program Evaluation and Review Technique – Técnica de Avaliação e Revisão de Programas) é muito utilizado no planejamento, revisão e avaliação de projetos, sendo uma técnica que utiliza três estimativas de tempo para cada atividade.

6. ORÇAMENTO

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE	UN	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Fôrmas	61,53	m ²	22,54	1386,8862
2	concretagem				
2.1	laje 1	1,95	m ³	517,89	1009,8855
2.2	laje 2	1,93	m ³	517,89	999,5277
2.3	laje 3	0,48	m ³	517,89	248,5872
2.4	laje 4	1,37	m ³	517,89	709,5093
	total item 2				2967,5097
3	Armação da laje				
3.1	laje 1	36,4	kg	8,63	314,132
3.2	laje 2	43,17	kg	8,63	372,5571
3.3	laje 3	2,54	kg	8,63	21,9202
3.4	laje 4	28,23	kg	8,63	243,6249
	total item 3				952,2342
4	Impermeabilização	61,53	m ²	75,04	4617,2112
5	argamassa de gesso	61,53	m ²	11,99	737,7447
6	argamassa de regularização	0,6153	m ³	322,79	198,612687
	CUSTO TOTAL				10860,19869
	BDI (30%)				3258,059606
	TOTAL GERAL				R\$ 14.118,26

Para os cálculos relativos ao orçamento, foi adotado o Sistema Nacional De Pesquisa De Custos E Índices Da Construção Civil (SINAPI) de 19/07/2018, disponível no site www.caixa.gov.br, como referência.

7 CONCLUSÃO

Conforme exposto, pode-se inferir que, para o dimensionamento de uma laje, devem-se observar as normas técnicas pertinentes e a devida metodologia, adotando o cobrimento nominal, espessura da laje, resistência característica à compressão do concreto adequadas, para que a estrutura possua a segurança e o monolitismo necessários. Por fim vale ressaltar que o correto lançamento do concreto e um espaçamento entre armaduras pode prevenir um série de patologias.

REFERÊNCIAS

Livro “Concreto Armado Eu Te Amo vol. 1”

Manual do Construtor do Eng. Roberto Chaves (Notas de Aula do Eng. Rafael Di Bello)

NBR 6118

Sítio: <http://www.pisosindustriais.com.br>

Sítio: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Lancamento/Pre-dimensionamen.pdf>

Sítio: www.scpisos.com.br

Sítio: www.revista.construcaomercado.com.br

www.caixa.gov.br