



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

PROJETO DE ESCADA

ALUNA: AMANDA CAMILA DA SILVA CAMPOS

PROFESSOR ORIENTADOR: ME. GABRIEL DE BESSA SPÍNOLA

NATAL - RN
2025/02

PROJETO DE ESCADA

Atividade Prática do Curso de Estruturas de Concreto Armado II do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

NATAL - RN
2025/02

RESUMO

Este documento faz referência a um projeto completo de uma escada com lances adjacentes de concreto armado e com os degraus em tijolos furados, sob a orientação do prof. ME. Gabriel de Bessa Spínola. O projeto faz parte do conjunto de atividades que compõem a disciplina de Estruturas de Concreto Armado II do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Palavras Chaves: Concreto Armado. Escada. Projeto estrutural. Dimensionamento.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	4
2. Dados iniciais do projeto.....	4
3. Dimensionamento da escada.....	4
4. Concepção estrutural.....	6
5. Vãos efetivos e vinculações nas bordas.....	8
6. Ações atuantes.....	8
6.1. Peso próprio.....	9
6.1.1. Peso próprio dos lances.....	9
6.1.2. Peso próprio do patamar.....	9
6.2. Revestimento e Mureta.....	9
6.3. Carga de uso.....	9
6.4. Ações na escada.....	10
6.4.1. Ações nos lances.....	10
6.4.2. Ações no patamar.....	10
7. Reações de apoio.....	10
8. Disposições construtivas.....	11
8.1. Diâmetro das barras.....	11
8.2. Espaçamento máximo.....	11
8.3. Armadura mínima.....	12
9. Dimensionamento das armaduras.....	12
9.1. Lance 01.....	12
9.2. Lance 02.....	13
10. Detalhamento.....	14
Referências.....	16

1. Introdução

O presente projeto tem por objetivo o dimensionamento estrutural de uma escada de lances adjacentes de um edifício residencial. A metodologia adotada baseia-se no modelo de cálculo de elementos isolados, no qual lances e patamares são tratados como lajes independentes.

O desenvolvimento do trabalho abrange a definição dos vãos efetivos, das condições de vinculação, o levantamento de cargas (ações e reações nas vigas de borda) e a análise dos momentos fletores. Posteriormente, realiza-se o detalhamento das armaduras, considerando as lajes como faixas de vigas de 1 metro de largura.

Todo o procedimento segue as diretrizes da ABNT NBR 6118 de 08/2023: Projeto de estruturas de concreto e da NBR 6120 de 09/2019: Ações para o cálculo de estruturas de edificações, respeitando as especificidades de uso da edificação. O embasamento teórico foi complementado pelas notas de aula do Prof. Libânio M. Pinheiro (EESC-USP) e pelas orientações ministradas na disciplina de Estruturas de Concreto Armado II da UFRN, pelo Prof. ME. Gabriel de Bessa Spínola.

2. Dados iniciais do projeto

- $h = 12 \text{ cm}$
- $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- Aço = CA-50 → $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- $c = 2 \text{ cm}$
- $g_{rev} = 1,0 \text{ kN/m}^2$
- $h_{par} = 1,1 \text{ m}$
- $g_{par} = 1,6 \text{ kN/m}^2$
- Coeficientes de ponderação: $\gamma_f = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$
- Escada com acesso público

3. Dimensionamento da escada

Os limites para o espelho “e” e profundidade “s” adotados obedecem às recomendações do Corpo de Bombeiros:

$$e = 16 \text{ cm} \leq 17 \text{ cm}$$

$$s = 30 \text{ cm} \geq 28 \text{ cm}$$

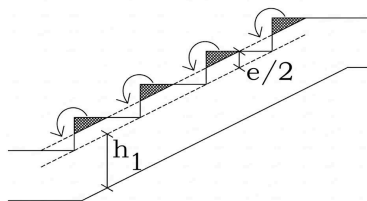
As dimensões definidas para os pisos e os espelhos devem respeitar a seguinte relação para a escada ser considerada segura e confortável:

$$60 \text{ cm} \leq 2e + s \leq 64 \text{ cm}$$

Como $e = 16 \text{ cm}$ e $s = 30 \text{ cm}$, logo

$$60 \text{ cm} \leq 2 \cdot 16 + 30 \leq 64 \text{ cm} \rightarrow 60 \text{ cm} \leq 62 \leq 64 \text{ cm} \rightarrow \text{ok!}$$

Para efeitos de cálculo, a espessura de concreto na área dos lances será considerada como sendo a espessura h_1 , na vertical, e a espessura do concreto será considerada equivalente à espessura $\frac{e}{2}$, como indicado na figura abaixo:



Para calcular a espessura h_1 , deve-se inicialmente conhecer a inclinação da escada em relação à horizontal, calculada por meio das dimensões do piso e do espelho:

$$\cos \alpha = \frac{s}{\sqrt{s^2 + e^2}} = \frac{30}{\sqrt{30^2 + 16^2}} = 0,88$$

Que resulta em h_1 igual a:

$$h_1 = \frac{h}{\cos \alpha} = \frac{12}{0,88} = 13,64 \text{ cm}$$

A configuração final da escada em planta e em cortes está mostrada nas Figuras 01, 02 e 03, a seguir:

Figura 1 - Planta Baixa Escada

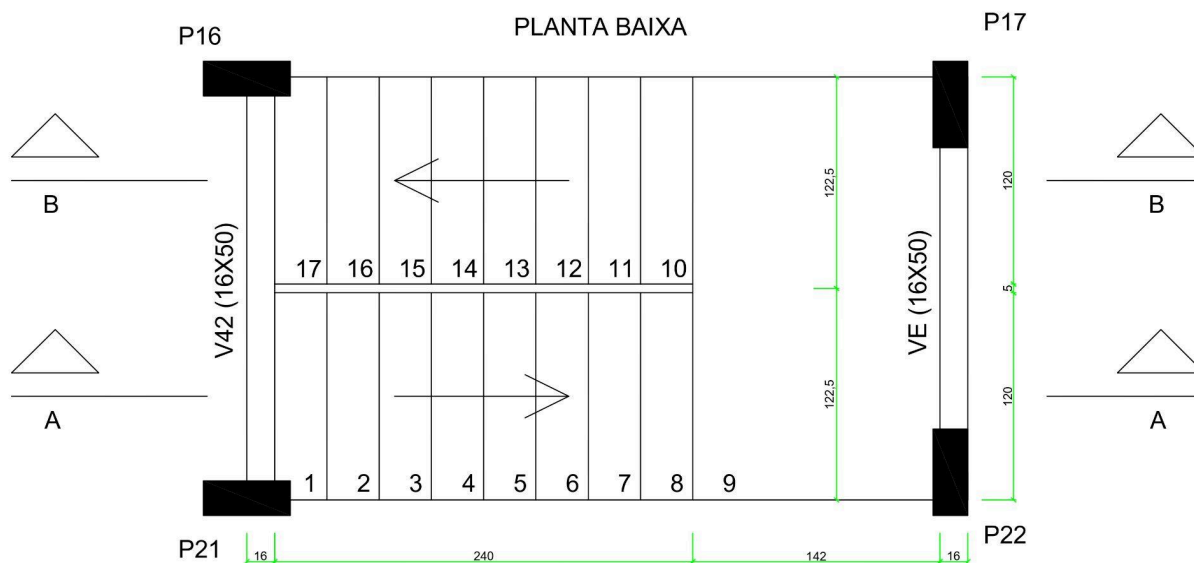


Figura 2 - Corte AA - Primeiro lance

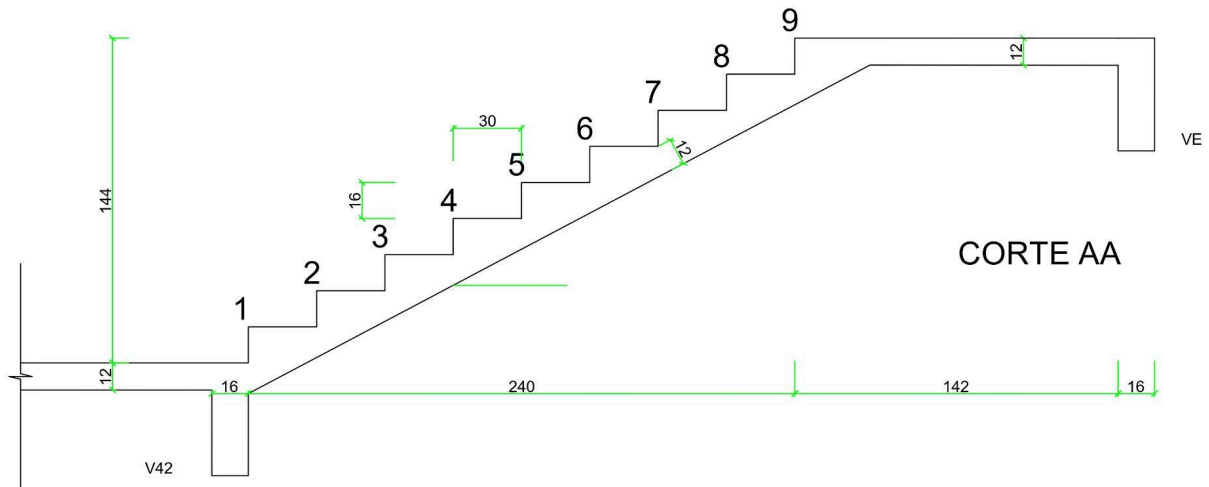
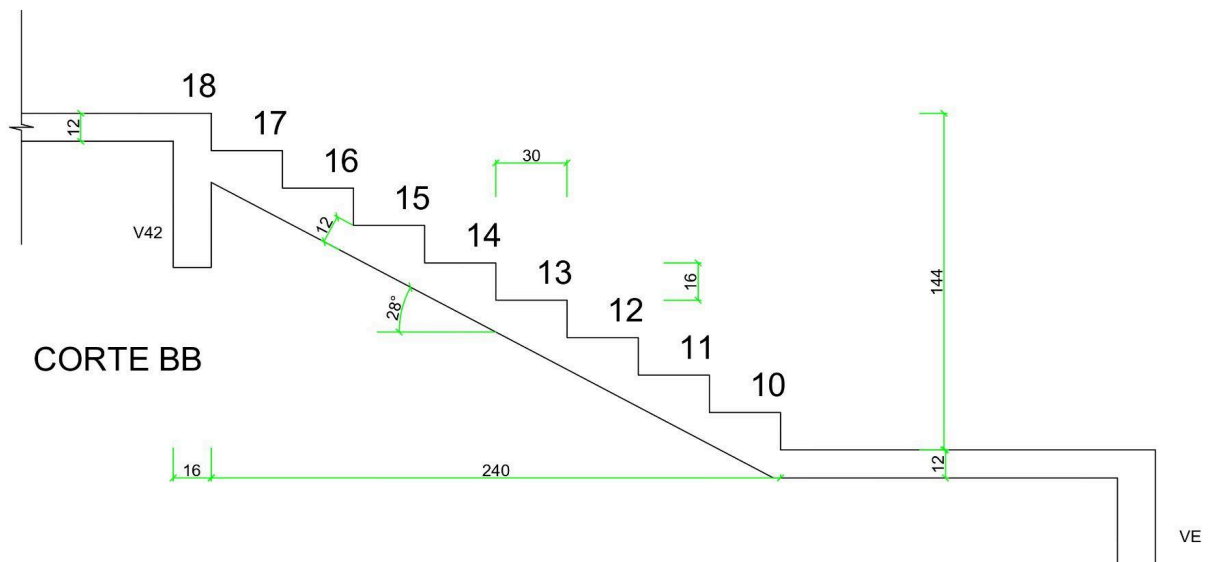


Figura 3 - Corte BB - Segundo lance



4. Concepção estrutural

Serão consideradas apenas as vigas $V_{42 \text{ I}}$, do pavimento térreo, V_E , na altura do patamar, e $V_{42 \text{ II}}$, do pavimento superior. Desse modo, a escada será considerada como biapoiada nos dois lances e a armadura principal será posicionada na maior direção, ou seja, longitudinalmente.

A planta de forma e o corte dos dois lances da escada estão mostradas nas Figuras 04, 05 e 06, a seguir:

Figura 4: Planta de forma - Opção 1

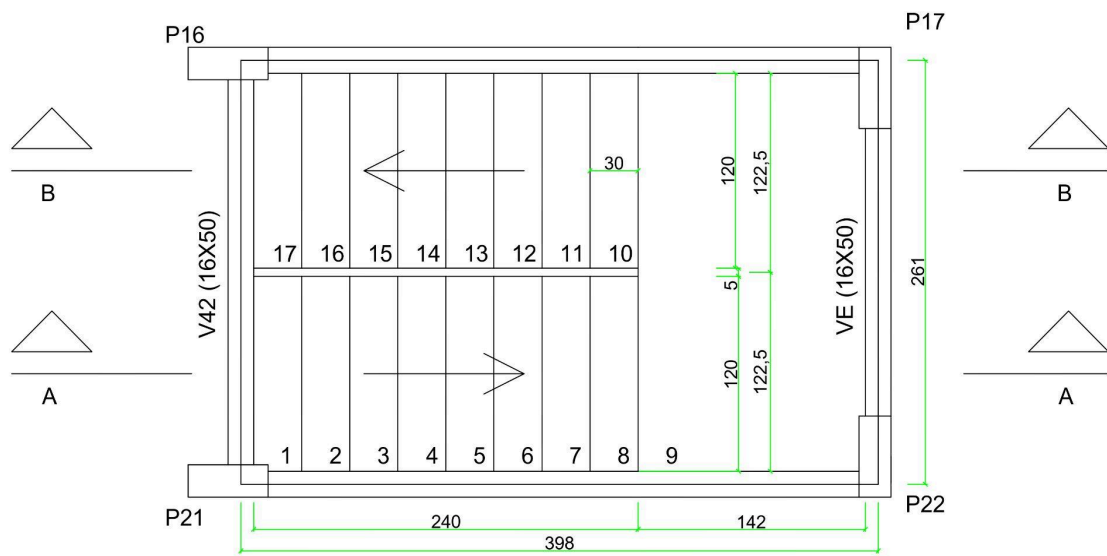


Figura 5: Corte AA - Primeiro lance

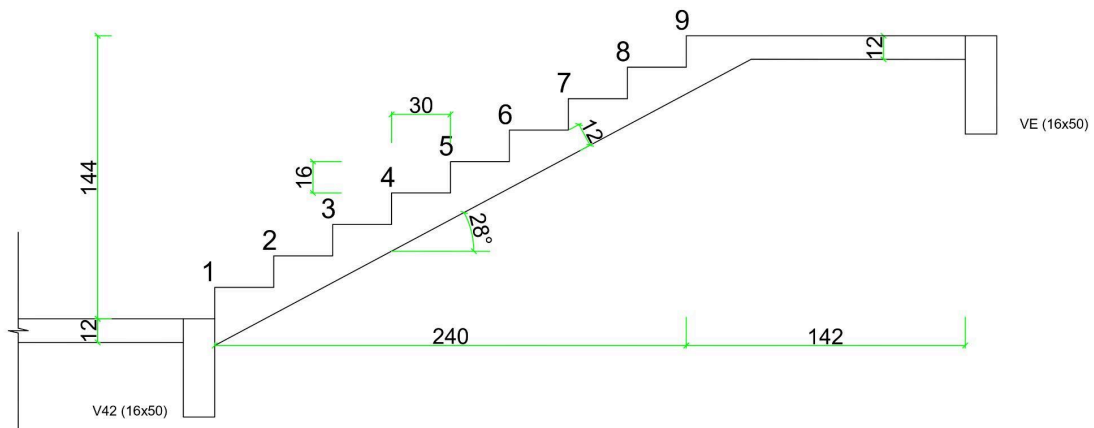
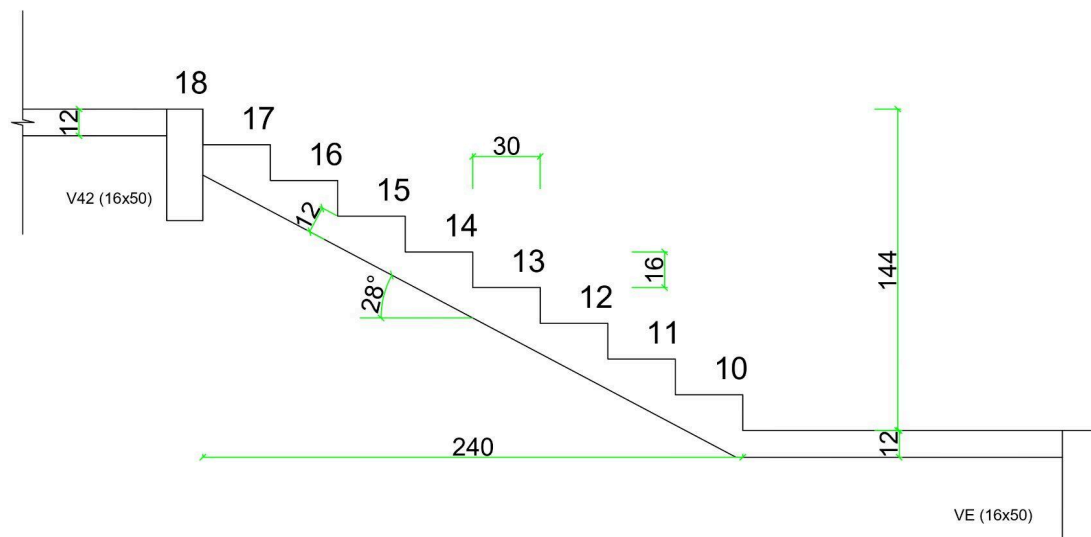
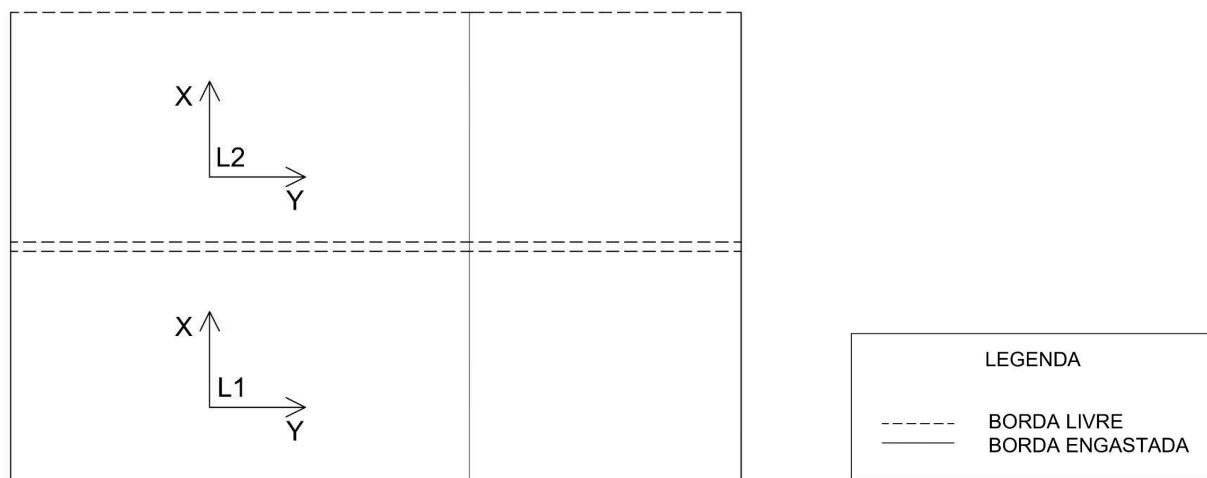


Figura 6: Corte BB - Segundo lance



5. Vãos efetivos e vinculações nas bordas

Figura 7: Vínculos da escada



6. Ações atuantes

As ações atuantes foram consideradas de acordo com os possíveis carregamentos que ocorrerão futuramente na escada, sejam elas permanentes ou variáveis. Os carregamentos utilizados, foram: peso próprio, piso, revestimento e carga de uso.

6.1. Peso próprio

A escada e os degraus serão executados em concreto armado. Segundo a NBR 6120/2019, o peso específico aparente do concreto armado é de $\gamma_{conc} = 25 \text{ kN/m}^3$. A ação atuante na escada devido ao peso próprio será calculada separadamente para a área dos lances e para a área do patamar.

6.1.1. Peso próprio dos lances

A ação devido ao peso próprio na área dos lances é calculada multiplicando-se o peso específico aparente do concreto armado pela espessura vertical de concreto da escada (h_1) mais o peso específico aparente do tijolo furado multiplicado pela espessura média dos degraus ($\frac{e}{2}$). Portanto, nos lances, a ação total devido ao peso próprio é igual a:

$$g_{pp, lances} = \gamma_{conc} \cdot h_1 + \gamma_{conc} \cdot \frac{e}{2} = 25 \cdot 0,1360 + 25 \cdot \frac{0,16}{2} = 5,4 \text{ kN/m}^2$$

6.1.2. Peso próprio do patamar

A ação no patamar devido ao peso próprio é igual ao peso específico aparente do concreto armado multiplicado pela espessura do patamar:

$$g_{pp, pat} = \gamma_{conc} \cdot h = 25 \cdot 0,12 = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

6.2. Revestimento e Mureta

Para a força uniformemente distribuída de revestimento inferior (forro), será adotado o valor da ação devido ao revestimento igual a:

$$g_{rev} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Para a força uniformemente distribuída de uma mureta de tijolo furado separando os lances, com uma altura igual a 1,1 m, será adotado o valor da ação correspondente a:

$$g_{mur} = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

6.3. Carga de uso

As ações variáveis são definidas de acordo com a utilização que será destinada à escada. Segundo a Tabela 2 da NBR 6120/2019, para escadas com acesso ao público, a carga de uso a ser considerada é de $3,00 \text{ kN/m}^2$. Assim, as cargas de uso da escada será:

$$q_{uso} = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

6.4. Ações na escada

A ação total na escada é, então, calculada como sendo o somatório de todas as cargas permanentes e variáveis que são distribuídas na área dos lances e do patamar, separadamente.

6.4.1. Ações nos lances

$$p_{L1} = g_{pp, lances} + g_{rev} + q_{uso} = 5,4 + 1 + 3 = 9,4 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{L2} = g_{pp, lances} + g_{rev} + g_{mur} + q_{uso} = 5,4 + 1 + 1,6 + 3 = 10,6 \text{ kN/m}^2$$

6.4.2. Ações no patamar

$$p_{pat} = g_{pp, pat} + g_{rev} + q_{uso} = 3 + 1 + 3 = 7 \text{ kN/m}^2$$

7. Reações de apoio

Figura 8: Lance 1 e Patamar

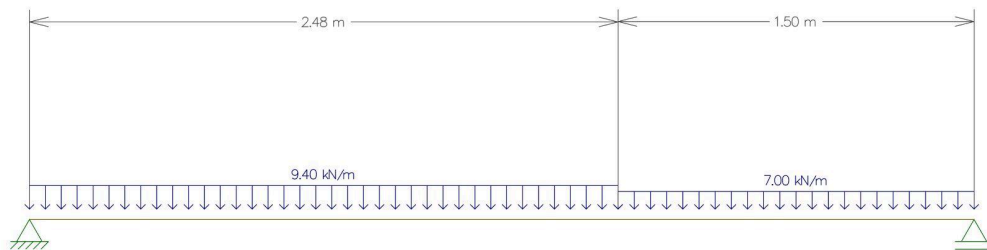


Figura 9: Reações de Apoio

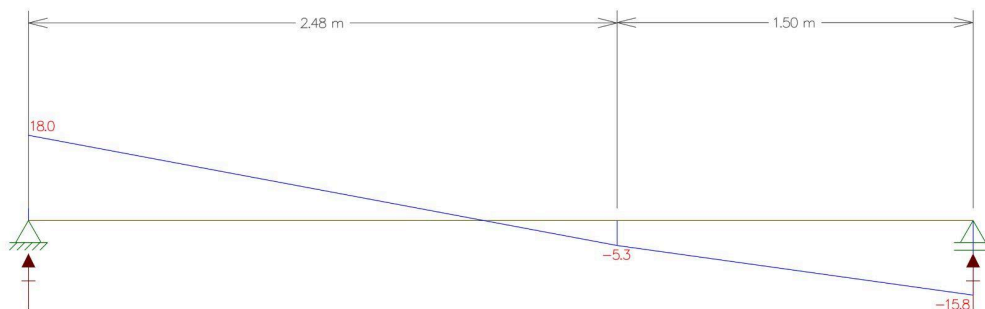
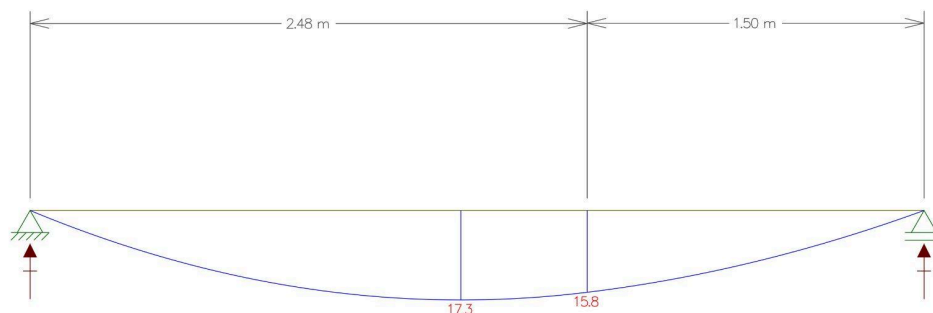


Figura 10: Momentos Fletores



Portanto, a partir dos diagramas, foram obtidas as reações de apoio nas vigas $V_{42\text{ I}}$, do pavimento térreo, V_E , e $V_{42\text{ II}}$, do pavimento superior, e o momento fletor máximo nos lances da escada:

$$V_{42\text{ I}} = 18 \text{ kN/m}$$

$$V_E = 15,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{42\text{ II}} = 20 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{máx I}} = 17,3 \text{ kNm/m}$$

$$M_{\text{máx II}} = 19 \text{ kNm/m}$$

8. Disposições construtivas

8.1. Diâmetro das barras

De acordo com a NBR 6118/2023, o diâmetro máximo para armaduras de lajes submetidas à flexão é igual a:

$$\phi_{\text{máx}} \leq \frac{h}{8}$$

Portanto, para a escada deste projeto, as armaduras não podem ter diâmetros superiores a:

$$\phi_{\text{máx}} \leq \frac{12}{8} = 1,50 \text{ cm} = 15,0 \text{ mm}$$

8.2. Espaçamento máximo

Segundo a NBR 6118/2023, os espaçamentos máximos para armaduras são iguais a:

$$s_{\text{máx}} \leq 2h \text{ ou } 20 \text{ cm}$$

Visto que a escada tem espessura de concreto igual a 12 cm:

$$s_{\text{máx}} \leq 2 \cdot 12 \text{ ou } 20 \text{ cm}$$

$$s_{\text{máx}} \leq 24 \text{ ou } 20 \text{ cm}$$

$$s_{\text{máx}} = 20 \text{ cm}$$

Já para as armaduras secundárias, também conhecidas como armadura de distribuição:

$$s_{\text{máx}} = 33 \text{ cm}$$

8.3. Armadura mínima

As taxas mínimas para armaduras (ρ_{\min}) são apresentadas na Tabela 17.3 da NBR 6118/2023. O dimensionamento das armaduras da escada é definido do mesmo modo que é feito para vigas, considerando $b_w = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$. Prosseguindo dessa forma, obtém-se uma armadura por metro linear. Para armaduras negativas e armaduras positivas principais de lajes armadas em uma direção:

$$\rho_s \geq \rho_{\min}$$

E para armaduras de distribuição:

$$A_{s \text{ dist}} \geq \begin{cases} 0,20 \cdot A_{s \text{ principal}} \\ 0,5 \cdot A_{s, \min} \\ 0,90 \text{ cm}^2/\text{m} \end{cases}$$

No caso da escada, que será armada em apenas longitudinalmente:

$$\rho_{\min} = 0,150\%$$

$$A_{s \min} = \rho_{\min} \cdot A_c = \frac{0,150}{100} \cdot 100 \cdot 12 = 1,80 \text{ cm}^2/\text{m}$$

9. Dimensionamento das armaduras

9.1. Lance 01

Para o cálculo, serão utilizados os coeficientes k_c e k_s da Tabela 1.1 e na escolha das armaduras e dos espaçamentos será utilizada a Tabela 1.4a, de PINHEIRO (1993).

$$M_d = \gamma_f \cdot M_k = 1,4 \cdot 17,3 \cdot 100 = 2.422 \text{ kN cm/m}$$

$$\phi_{\text{adotado}} = 1,25 \text{ cm}$$

$$d = h - c - \frac{\phi}{2} = 12 - 2 - \frac{1,25}{2} = 9,375 \text{ cm}$$

$$k_c = \frac{100 \cdot 9,375^2}{2.442} = 3,6 \text{ cm}^2/\text{kN}$$

$$\text{Considerando C25 e CA50} \rightarrow k_s = 0,025 = \frac{A_s \cdot d}{M_d}$$

$$A_s = \frac{0,025 \cdot 2.442}{9,375} = 6,51 \text{ cm}^2/\text{m} > 1,80 \text{ cm}^2/\text{m} = A_{s, \min}$$

$$A_{s \text{ nec}} = 6,51 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Assim, foi escolhida a seguinte armadura:

$$\phi \text{ 12,5 c/18}$$

Com área de aço efetiva:

$$A_{se} = 6,82 \text{ cm}^2/\text{m}$$

A armadura de distribuição deve ter, no mínimo, a seguinte área de aço:

$$A_{s, dist} \geq \{0,20 \cdot 6,82 = 1,36 \text{ cm}^2/\text{m}; 0,5 \cdot 1,8 = 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}; 0,90 \text{ cm}^2/\text{m}\}$$

$$A_{s, dist} = 1,36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Foi escolhida a seguinte armadura:

$$\phi 6,3 \text{ c}/22$$

Com área de aço efetiva:

$$A_{s, dist e} = 1,42 \text{ cm}^2/\text{m}$$

9.2. Lance 02

Para o cálculo, serão utilizados os coeficientes k_c e k_s da Tabela 1.1 e na escolha das armaduras e dos espaçamentos será utilizada a Tabela 1.4a, de PINHEIRO (1993).

$$M_d = \gamma_f \cdot M_k = 1,4 \cdot 19 \cdot 100 = 2.660 \text{ kN cm}/\text{m}$$

$$\Phi_{adotado} = 1,25 \text{ cm}$$

$$d = h - c - \frac{\Phi}{2} = 12 - 2 - \frac{1,25}{2} = 9,375 \text{ cm}$$

$$k_c = \frac{100 \cdot 9,375^2}{2.660} = 3,3 \text{ cm}^2/\text{kN}$$

$$\text{Considerando C25 e CA50} \rightarrow k_s = 0,025 = \frac{A_s \cdot d}{M_d}$$

$$A_s = \frac{0,025 \cdot 2.660}{9,375} = 7,09 \text{ cm}^2/\text{m} > 1,80 \text{ cm}^2/\text{m} = A_{s, \text{mín}}$$

$$A_{s, nec} = 7,09 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Assim, foi escolhida a seguinte armadura:

$$\phi 12,5 \text{ c}/17$$

Com área de aço efetiva:

$$A_{se} = 7,22 \text{ cm}^2/\text{m}$$

A armadura de distribuição deve ter, no mínimo, a seguinte área de aço:

$$A_{s, dist} \geq \{0,20 \cdot 7,22 = 1,44 \text{ cm}^2/\text{m}; 0,5 \cdot 1,8 = 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}; 0,90 \text{ cm}^2/\text{m}\}$$

$$A_{s, dist} = 1,44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Foi escolhida a seguinte armadura:

$$\phi 6,3 \text{ c}/20$$

Com área de aço efetiva:

$$A_{s, dist e} = 1,56 \text{ cm}^2/\text{m}$$

10. Detalhamento

Figura 11: Detalhamento do Lance 1

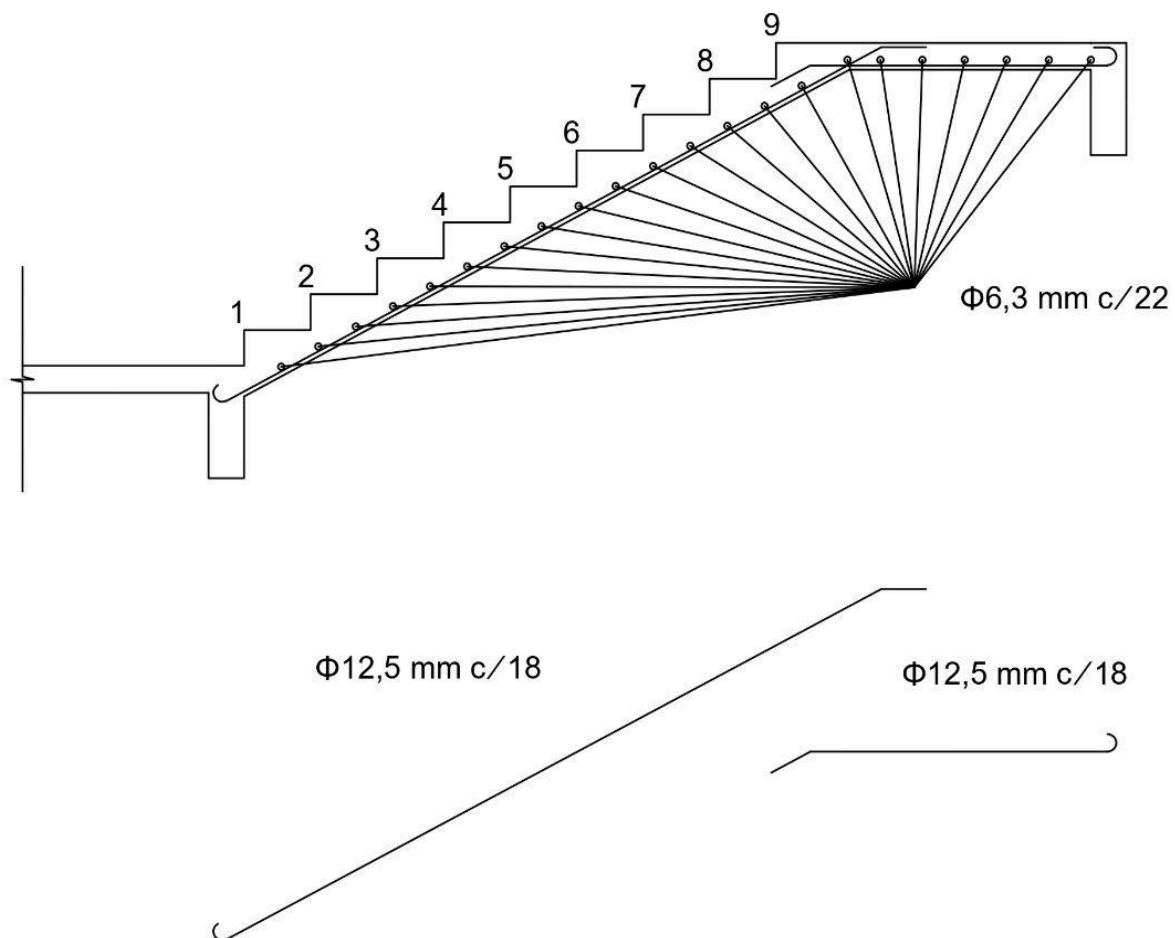
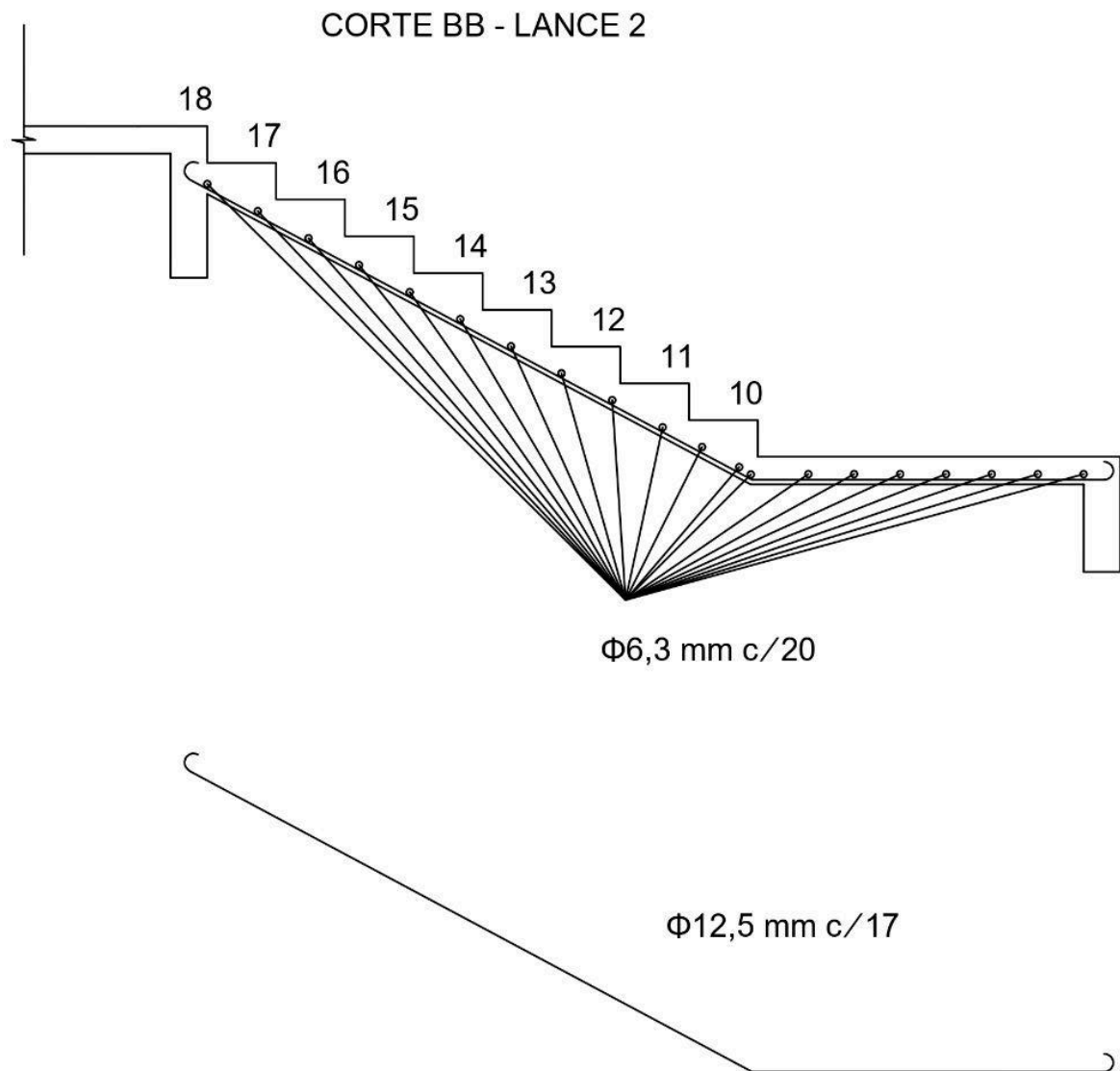


Figura 12: Detalhamento do Lance 2



Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120**: ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.