

MEMÓRIA DE CÁLCULO

OBRA:

CONSTRUÇÃO DA EMEF ESTHER DA COSTA SANTOS

ENDEREÇO:

**RUA TRAVESSA PAVÃO, Nº 80, BAIRRO CENTRO, VILA
PAVÃO/ES**

PROPRIETÁRIO:

MUNICÍPIO DE VILA PAVÃO

AUTOR PROJETO:

**CARLOS RAPHAEL MONTEIRO DE LEMOS
ENGENHEIRO CÍVIL
CREA-ES 11840/D**

JANEIRO de 2022

SUMÁRIO

SUMÁRIO	3
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	1
3. REFERÊNCIAS	1
4. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO.....	2
5. MODELO DE CÁLCULO	2
6. DIMENSIONAMENTO DAS SEÇÕES	5
7. FUNDAÇÃO	6
8. RESULTADOS	8
9. CONCLUSÃO	10

1. INTRODUÇÃO

Este presente trabalho visa desenvolver, de acordo com a legislação e as normas vigentes, a memória de cálculo do projeto da base do castelo d'água referente à construção da EMEF Esther da Costa Santos, localizada na rua Travessa Pavão, nº80, bairro Centro – Vila Pavão/ES.

2. OBJETIVO

Dimensionamento de elementos estruturais através da análise de esforços.

3. REFERÊNCIAS

O presente trabalho tem como objetivo complementar as pranchas de armação e formas relativas às edificações.

O dimensionamento dos elementos citados fora executado tomando como base as normas que seguem:

- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos
- NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- NBR 6122 – Projeto e execução de fundações
- NBR 6123 – Força devidas ao vento em edificações
- NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimentos.

Documentos técnicos e livros como:

- Resistência do Materiais, V. Feodosiev
- Curso de Concreto Armado, José Milton de Araújo
- Exercícios de fundação – Urbano Rodriguez Alonso
- Fundações – de Rezende Lopes, Francisco; Velloso, Dirceu A.

Além dos softwares de dimensionamento e análise: TQS

4. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO

- Fck: 30 Mpa
- Módulo de Elasticidade ECS=26GPa
- Fator água-cimento ≤ 0.6 (máximo)
- Aço CA 50 e CA 60
- Es: 26 GPa
- Deformação limite do aço para dimensionamento: 10%.
- Grau de agressividade do Meio Ambiente: II (NBR 6118/2014)
- Limite de abertura de Fissuras ≤ 0.3 mm
- Dimensão máxima do agregado graúdo: 25 mm
- Método para análise de 2° Ordem Global: Gama Z
- Compactação com Proctor normal à 100%

5. MODELO DE CÁLCULO

O campo de deslocamentos e tensões foi calculada adotando-se a metodologia implementada pelo software comercial STRAP.

5.1 CONCRETO

Para a edificação foi utilizado concreto com Fck=30Mpa, com módulo de elasticidade = 26.1GPa

	<i>AlfaE</i>	<i>Ecs</i>	<i>Eci</i>	<i>Gc</i>
C30	1	2607159	3067246	0

Relação água-cimento em massa ≤ 0.6 ., de acordo com o item “7.4.2 da NBR 6118:2014, tabela 7.1”.

5.2 AÇO DE ARMADURA

Armaduras CA-50 e CA-60

<i>Tipo de barra</i>	<i>Ecs(GPa)</i>	<i>fyk(MPa)</i>	<i>Massa específica(kg/m3)</i>	<i>n1</i>
CA-50	210	500	7.850	2,25
CA-60	210	600	7.850	1,40

Deformação limite do aço para dimensionamento: 10%.

5.3 CARGAS E COMBINAÇÕES

Ações Permanentes:

- g1 - Peso próprio (permanente direta)
- g2 - Empuxo de terra (permanente direta)

Ações Variáveis Acidentais:

- q2 - Sobrecarga

Coeficientes de ponderação (γ_g , γ_q), fatores de combinação (ψ_q), e fatores de redução (ψ_1 , ψ_2) para:

- Combinação Normal (CN) em Estado Limite de Utilização (ELU);
- Combinação Quase Permanente (CQP) em Estado Limite de Serviço (ELS);
- Combinação Frequente (CF) em Estado Limite de Serviço (ELS).

	CN-ELU	CQP-ELS	CF-ELS
Ações Permanentes:	γ_g	γ_g	γ_g
Cargas permanentes	1,4	1	1
Retração	1,2	1	1
Ações Variáveis (qdo. princ.):	γ_q	γ_q	γ_q
Sobrecarga	1,4	1	1
Empuxo hidrostático	1,4	1	1
Gradiente térmico	1,2	1	1
Ações Variáveis (qdo. secnd.):	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga	0,8	0,7	0,6
Empuxo hidrostático	0,8	0,7	0,6
Gradiente térmico	0,6	0,5	0,3

Grandezas Físicas das Ações:

- g_1 - Peso próprio do bloco = Volume dos elementos multiplicado pelo peso específico da pedra – 30% (vazios). Unidades: peso em tf e o volume em m^3 .
- g_2 -Empuxo de terra

Argila com areia fina cor variegada

$$\gamma_t = 18,00 \text{ kN/m}^3 \text{ Godoy, 1972}$$

$$\phi = 0^\circ \quad K_0 = 1,00 \quad K_0 = 1 - \sin \phi$$

$$p = K_0 \cdot \gamma_t \cdot h$$

- g_3 - Enchimentos = Volume do elemento multiplicado pelo peso específico do material. Unidades: peso em tf e volume em m^3 .
- g_4 - Retração: Não Consideramos uma retração em toda a estrutura
- q_1 - Empuxo Hidrostático interno: Em todas as faces internas estão sendo aplicada uma pressão de base ao topo. O peso específico utilizado no cálculo destas pressões é o da água, igual a 1 tf/m^3 multiplicado pela altura da lamina d'água.
- q_2 - Sobrecarga: Nas lajes de tampa e escadas foram consideradas sobrecargas de utilização iguais a $0,3 \text{ tf/m}^2$.

Combinações:

Estado Limite Último - ELU-CN

$$C01 = 1,40 \cdot g_1 + g_2 + 1,20 \cdot q_2$$

$$C02 = 1,40(g_1 + g_2) + 1,40 \cdot q_2$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF

$$C05 = 1,00 \cdot (g_1 + g_2) + 0,70 \cdot q_1$$

$$C06 = 1,00 \cdot (g_1 + g_2) + 0,60 \cdot q_1$$

6. DIMENSIONAMENTO DAS SEÇÕES

Os cálculos de paredes e lajes de fundo e tampas foram considerados um elemento estrutural de 100 cm de largura e altura h , para o dimensionamento a flexo-tração com a força da envoltória máxima nas direções x e y e momentos da envoltória máxima e mínima nas direções x e y . A compressão aqui foi desprezada por entender que a solicitação máxima acontece quando o elemento estrutural em questão é tracionado junto com a flexão.

Após a verificação da flexo-tração o elemento foi verificado com relação à formação de fissuras.

Momento mínimo para a dispensa de análise de fissuração (ESTÁDIO I e II):

$$M_R = a f_{ct} I_o / y_t [tf.m] \quad (1)$$

Calculando teremos, M_r para um $f_{ck} = 30$ MPa e h variado igual à:

- $h=15\text{cm}$; $M_r = 3,45\text{tf.m}$
- $h=20\text{cm}$; $M_r = 4,60\text{tf.m}$
- $h=25\text{cm}$; $M_r = 5,75\text{tf.m}$
- $h=30\text{cm}$; $M_r = 6,90\text{tf.m}$
- $h=40\text{cm}$; $M_r = 9,20\text{tf.m}$

Armadura mínima prevista em norma:

$$A_{s,min} = \rho_{min} 100h \left[\frac{cm^2}{m} \right] \quad (2)$$

Sendo ρ_{min} taxa de armadura mínima conforme a NBR 6118:2014

Tabela 17.3 - Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas								
Forma da seção	Valores de $\rho_{\min}^{1)}$ ($A_{s,\min}/A_c$) %							
	ω_{\min} f_{ck}	20	25	30	35	40	45	50
Retangular	0,035	0,150	0,150	0,173	0,201	0,230	0,259	0,288
T (mesa comprimida)	0,024	0,150	0,150	0,150	0,150	0,158	0,177	0,197
T (mesa tracionada)	0,031	0,150	0,150	0,153	0,178	0,204	0,229	0,255
Circular	0,070	0,230	0,288	0,345	0,403	0,460	0,518	0,575

¹⁾ Os valores de ρ_{\min} estabelecidos nesta tabela pressupõem o uso de aço CA-50, $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$. Caso esses fatores sejam diferentes, ρ_{\min} deve ser recalculado com base no valor de ω_{\min} dado.

NOTA - Nas seções tipo T, a área da seção a ser considerada deve ser caracterizada pela alma acrescida da mesa colaborante.

Calculando teremos, $A_{s,min}$ para um $f_{ck} = 30\text{MPa}$, $b = 100\text{cm}$, seção retangular e h variado igual à:

- $h = 15\text{cm}$; $A_{s,min} = 3,45\text{cm}^2/\text{m}$ Ø8 C/12
- $h = 20\text{cm}$; $A_{s,min} = 4,60\text{cm}^2/\text{m}$ Ø8 C/10 ou Ø10 C/15
- $h = 25\text{cm}$; $A_{s,min} = 5,75\text{cm}^2/\text{m}$ Ø8 C/10 ou Ø10 C/18
- $h = 30\text{cm}$; $A_{s,min} = 6,90\text{cm}^2/\text{m}$ Ø12,5 C/15 ou Ø10 C/10
- $h = 40\text{cm}$; $A_{s,min} = 9,20\text{cm}^2/\text{m}$ Ø12,5 C/12 ou Ø16 C/20

Foram utilizadas as seguintes seções de concreto para as respectivas estruturas:

- BASE DO CASTELO D'AGUA

7. FUNDAÇÃO

Para a estrutura do da base do castelo d'agua utilizamos a estrutura apoiada diretamente sobre o solo. Como modelo de cálculo adotamos um sistema de molas de resposta linear. Para obter a tensão média admissível a partir desse ensaio, utiliza-se o número médio de golpes aplicando a seguinte fórmula:

Como modelo de cálculo adotamos um sistema de molas de resposta linear. Para obter a tensão média admissível a partir desse ensaio, utiliza-se o número médio de golpes aplicando a seguinte fórmula:

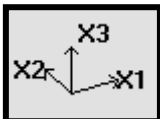
$s = 0,20 * \text{SPT Médio (kgf/m}^2\text{)}$. A partir dos valores de tensão média admissível é possível obter o valor de K_v por correlação, utilizando a tabela abaixo:














Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ³)	Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ³)
0,25	0,65	2,15	4,30
0,30	0,78	2,20	4,40
0,35	0,91	2,25	4,50
0,40	1,04	2,30	4,60
0,45	1,17	2,35	4,70
0,50	1,30	2,40	4,80
0,55	1,39	2,45	4,90
0,60	1,48	2,50	5,00
0,65	1,57	2,55	5,10
0,70	1,66	2,60	5,20
0,75	1,75	2,65	5,30
0,80	1,84	2,70	5,40
0,85	1,93	2,75	5,50
0,90	2,02	2,80	5,60
0,95	2,11	2,85	5,70
1,00	2,20	2,90	5,80
1,05	2,29	2,95	5,90
1,10	2,38	3,00	6,00
1,15	2,47	3,05	6,10
1,20	2,56	3,10	6,20
1,25	2,65	3,15	6,30
1,30	2,74	3,20	6,40
1,35	2,83	3,25	6,50
1,40	2,92	3,30	6,60
1,45	3,01	3,35	6,70
1,50	3,10	3,40	6,80
1,55	3,19	3,45	6,90
1,60	3,28	3,50	7,00
1,65	3,37	3,55	7,10
1,70	3,46	3,60	7,20
1,75	3,55	3,65	7,30
1,80	3,64	3,70	7,40
1,85	3,73	3,75	7,50
1,90	3,82	3,80	7,60
1,95	3,91	3,85	7,70
2,00	4,00	3,90	7,80
2,05	4,10	3,95	7,90
2,10	4,20	4,00	8,00

Fonte: Safe, Morrison (1993)

Adotamos uma taxa de solo de 2,0Kg/cm², conforme sondagem fornecida.














8. RESULTADOS



Linha	Valor
	-0.509
	-0.470
	-0.431
	-0.392
	-0.353
	-0.314
	-0.275
	-0.236
	-0.197
	-0.158
	-0.119
	-0.080
	-0.002

FUNDO - ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX/MIN - MOMENTOS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



Linha	Valor
	-0.509
	-0.470
	-0.431
	-0.392
	-0.353
	-0.314
	-0.275
	-0.236
	-0.197
	-0.158
	-0.119
	-0.080
	-0.002

FUNDO - ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX/MIN - MOMENTOS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)

Lajes Maciças em Concreto Armado - NBR 6118											
Materiais		Esforços		Seção			SEGURANÇA				
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mk (tf.m/m)	Nk (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	ξmáx.	As,min (cm²/m)	γc	γs	γf	Classe Agres.
500	30	1.00	8.36	40	4.3	0.5	6.92	1.40	1.15	1.40	Classe III

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica				
Armadura necessária	Arranjo			
	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)	
As1 (cm²/m)	-	16	15.0	13.40
As2 (cm²/m)	-	16	15.0	13.40

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω_1	ω_2
Zona O	-	0.000	0.000

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO							
Materiais		Esforços		Seção			
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ϕ	Esp. (cm)
500	30	1	8.36	40	4.3	16	15.0
Cálculo							
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η_1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)
13.40	210,000	26,072	2.90	2.25	16.30	15.00	244.50
α_s	ρ_{ri}	ξ	x (cm)	σ_{si} (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)
8.05	0.008223392	0.742	26.47	1.82	0.00	9.34269E-06	0.002626936

9. CONCLUSÃO

Todos os elementos da estrutura foram calculados para que os esforços solicitantes de cálculo não superam as forças resistentes de cálculo com base nas referidas normas.

Serra, 07 de janeiro de 2022

CARLOS RAPHAEL MONTEIRO DE LEMOS
ENGENHEIRO CÍVIL
CREA-ES 011840/D