**MEMORIAL DESCRITIVO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO**

**ESCOLA MUNICIPAL BELVEDERE**

**Casa de Bombas**

Logotipo

Descrição gerada automaticamente

Sete Lagoas, Novembro de 2022

**PREFEITURA** **MUNICIPAL** **DE** **CONSELHEIRO LAFAIETE**

Avenida Mário Rodrigues Pereira, n° 10, Bairro Centro, Conselheiro Lafaiete/MG

CEP: 36400-026

**FICHA TÉCNICA**

**Empresa Contratada:**

**Marka Arquitetura e Engenharia Ltda.**

**Equipe Técnica:**

**José Atacizio da Fé | Engenheiro Civil, CREA-MG 87.669/D**

Autor do Projeto de Estruturas em Concreto Armado

**Sumário**

[1. Introdução 4](#_Toc118821772)

[2. Dados Da Obra 4](#_Toc118821773)

[3. Objetivo Do Memorial 4](#_Toc118821774)

[4. Normas Relacionadas Ao Projeto 4](#_Toc118821775)

[5. Critérios Para Durabilidade 5](#_Toc118821776)

[6. Propriedades Do Concreto 5](#_Toc118821777)

[7. Propriedades Do Aço 6](#_Toc118821778)

[8. Verificação De Incêndio 6](#_Toc118821779)

[9. Ações De Carregamento 6](#_Toc118821780)

[10. Combinações De Ações 7](#_Toc118821781)

[11. Carregamentos Previstos 10](#_Toc118821782)

[12. Imperfeições Globais 12](#_Toc118821783)

[13. Verificação De Estabilidade Global 13](#_Toc118821784)

[14. Análise De 2ª Ordem 13](#_Toc118821785)

1. **INTRODUÇÃO**

O presente memorial refere-se ao Projeto Estrutural em Concreto Armado da Casa de Bombas na Escola Belvedere em Conselheiro Lafaiete/MG.

1. **DADOS DA OBRA**

A obra refere-se a uma estrutura projetada em concreto armado. O projeto é composto por pavimentos conforme descrito na tabela a seguir.

Pavimentos da estrutura:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Pavimento | Altura (cm) | Nível (cm) |
| Térreo | 260 | 966,90 |
| Fundação | 40 | 964,30 |

1. **OBJETIVO DO MEMORIAL**

O objetivo desta memória de cálculo é apresentar as especificações de materiais, critérios de cálculo, o modelo estrutural e os principais resultados de análise e dimensionamento dos elementos da estrutura em concreto armado.

1. **NORMAS RELACIONADAS AO PROJETO**

Os principais critérios adotados neste projeto, referente aos materiais utilizados e dimensionamento das peças de concreto seguem prescrições normativas.

**Normas:**

- ABNT NBR 12655:2006 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento;

- ABNT NBR 14432 :2001 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento;

- ABNT NBR 14931:2004 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento;

- ABNT NBR 15200:2012 - Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio;

- ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;

- ABNT NBR 6120:2019 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;

- ABNT NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações;

- ABNT NBR 7480:2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;

- ABNT NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.

1. **CRITÉRIOS PARA DURABILIDADE**

Visando garantir a durabilidade da estrutura com adequada segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente a vida útil da estrutura, foram adotados critérios em relação à classe de agressividade ambiental e valores de cobrimentos das armaduras, conforme apresentado nas tabelas a seguir.

* Classe de agressividade ambiental adotada:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Pavimento | Classe de agressividade ambiental | Agressividade | Risco de deterioração da estrutura |
| Todos | II | moderada | pequeno |

* Cobrimentos das armaduras:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Elemento | Cobrimento (cm) | | |
| Peças externas | Peças internas | Peças em contato com o solo |
| Vigas | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Pilares | 3.00 | 3.00 | 4.50 |
| Lajes | 2.50 | - | 3.00 |
| Sapatas | - | - | 4.50 |

1. **PROPRIEDADES DO CONCRETO**

O concreto considerado neste projeto e que será empregado na construção deve atender as características da tabela a seguir.

Características do concreto:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| fck  (kN/cm²) | Ecs  (kN/cm²) | fct  (kN/cm²) | Abatimento  (cm) | Coeficiente de dilatação térmica  (/ºC) |
| 3 | 2684 | 0 | 5.00 | 0.00001 |

1. **PROPRIEDADES DO AÇO**

O aço considerado neste projeto para dimensionamento das peças em concreto armado e que será empregado na construção deve atender as características da tabela a seguir:

Características do aço:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Categoria | Massa específica  (kgf/m³) | Módulo de elasticidade  (kN/cm²) | fyk  (kN/cm²) |
| CA50 | 7850 | 21000 | 50 |
| CA60 | 7850 | 21000 | 60 |

1. **VERIFICAÇÃO DE INCÊNDIO**

Para a verificação da estrutura de concreto em situação de incêndio, foram considerados os seguintes parâmetros de projeto:

* Ocupação: E - Educacional
* Altura da edificação: 260,00 cm
* Profundidade do subsolo: 40.00 cm
* Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF):

|  |  |
| --- | --- |
| Elemento | TRRF (min) |
| Vigas | 30 |
| Pilares | 30 |
| Lajes | 30 |

* Revestimento dos elementos:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Elemento | Revestimento | |
| Físico (mm) | Efetivo (mm) |
| Vigas | 15.00 | 15.00 |
| Pilares | 15.00 | 15.00 |
| Lajes (superior) | 15.00 | 15.00 |
| Lajes (inferior) | 0.00 | 0.00 |

1. **AÇÕES DE CARREGAMENTO**

Para obtenção dos valores de cálculo das ações, foram definidos coeficientes de ponderação, conforme apresentado na tabela a seguir.

Coeficientes de ponderação das ações:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ação | Coeficientes de ponderação | | | | Fatores de combinação | | |
| Desfavorável | Favorável | Fundações | Incêndio | Psi0 | Psi1 | Psi2 |
| Peso próprio (G1) | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | - | - | - |
| Adicional (G2) | 1.40 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | - | - | - |
| Solo (S) | 1.40 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | - | - | - |
| Retração (R) | 1.20 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | - | - | - |
| Acidental (Q) | 1.40 | - | 1.00 | 1.00 | 0.70 | 0.60 | 0.40 |
| Água (A) | 1.20 | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Subpressão (AS) | 1.10 | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Temperatura 1 (T1) | 1.20 | - | 1.00 | 0.00 | 0.60 | 0.50 | 0.30 |
| Temperatura 2 (T2) | 1.20 | - | 1.00 | 0.00 | 0.60 | 0.50 | 0.30 |
| Vento X+ (V1) | 1.40 | - | 1.00 | 0.00 | 0.60 | 0.30 | 0.00 |
| Vento X- (V2) | 1.40 | - | 1.00 | 0.00 | 0.60 | 0.30 | 0.00 |
| Vento Y+ (V3) | 1.40 | - | 1.00 | 0.00 | 0.60 | 0.30 | 0.00 |
| Vento Y- (V4) | 1.40 | - | 1.00 | 0.00 | 0.60 | 0.30 | 0.00 |
| Desaprumo X+ (D1) | 1.40 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | - | - | - |
| Desaprumo X- (D2) | 1.40 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | - | - | - |
| Desaprumo Y+ (D3) | 1.40 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | - | - | - |
| Desaprumo Y- (D4) | 1.40 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | - | - | - |

1. **COMBINAÇÕES DE AÇÕES**

A partir das ações de carregamento definidas, obteve-se as seguintes combinações para análise e dimensionamento da estrutura nos estados limites (ELU) últimos e de serviço (ELS).

Combinações:

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo | Combinações |
| ELU-Concreto | 1.3G1+1.4G2+0.98Q+0.84V1+1.4D1  1.3G1+1.4G2+0.98Q+0.84V2+1.4D2  1.3G1+1.4G2+0.98Q+0.84V3+1.4D3  1.3G1+1.4G2+0.98Q+0.84V4+1.4D4  1.3G1+1.4G2+0.98Q+1.4V1+0.84D1  1.3G1+1.4G2+0.98Q+1.4V2+0.84D2  1.3G1+1.4G2+0.98Q+1.4V3+0.84D3  1.3G1+1.4G2+0.98Q+1.4V4+0.84D4  1.3G1+1.4G2+1.4D1  1.3G1+1.4G2+1.4D2  1.3G1+1.4G2+1.4D3  1.3G1+1.4G2+1.4D4  1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V1+0.84D1  1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V2+0.84D2  1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V3+0.84D3  1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V4+0.84D4  1.3G1+1.4G2+1.4Q+1.4D1  1.3G1+1.4G2+1.4Q+1.4D2  1.3G1+1.4G2+1.4Q+1.4D3  1.3G1+1.4G2+1.4Q+1.4D4  1.3G1+1.4G2+1.4Q+D1  1.3G1+1.4G2+1.4Q+D2  1.3G1+1.4G2+1.4Q+D3  1.3G1+1.4G2+1.4Q+D4  1.3G1+1.4G2+D1  1.3G1+1.4G2+D2  1.3G1+1.4G2+D3  1.3G1+1.4G2+D4  G1+G2+0.98Q+0.84V1+1.4D1  G1+G2+0.98Q+0.84V2+1.4D2  G1+G2+0.98Q+0.84V3+1.4D3  G1+G2+0.98Q+0.84V4+1.4D4  G1+G2+0.98Q+1.4V1+0.84D1  G1+G2+0.98Q+1.4V2+0.84D2  G1+G2+0.98Q+1.4V3+0.84D3  G1+G2+0.98Q+1.4V4+0.84D4  G1+G2+1.4D1  G1+G2+1.4D2  G1+G2+1.4D3  G1+G2+1.4D4  G1+G2+1.4Q+0.84V1+0.84D1  G1+G2+1.4Q+0.84V2+0.84D2  G1+G2+1.4Q+0.84V3+0.84D3  G1+G2+1.4Q+0.84V4+0.84D4  G1+G2+1.4Q+1.4D1  G1+G2+1.4Q+1.4D2  G1+G2+1.4Q+1.4D3  G1+G2+1.4Q+1.4D4 |
| ELU-Aço | 1.4G1+1.4G2+1.05Q+0.84V1+1.4D1  1.4G1+1.4G2+1.05Q+0.84V2+1.4D2  1.4G1+1.4G2+1.05Q+0.84V3+1.4D3  1.4G1+1.4G2+1.05Q+0.84V4+1.4D4  1.4G1+1.4G2+1.05Q+1.4V1+0.84D1  1.4G1+1.4G2+1.05Q+1.4V2+0.84D2  1.4G1+1.4G2+1.05Q+1.4V3+0.84D3  1.4G1+1.4G2+1.05Q+1.4V4+0.84D4  1.4G1+1.4G2+1.4D1  1.4G1+1.4G2+1.4D2  1.4G1+1.4G2+1.4D3  1.4G1+1.4G2+1.4D4  1.4G1+1.4G2+1.5Q+0.84V1+0.84D1  1.4G1+1.4G2+1.5Q+0.84V2+0.84D2  1.4G1+1.4G2+1.5Q+0.84V3+0.84D3  1.4G1+1.4G2+1.5Q+0.84V4+0.84D4  1.4G1+1.4G2+1.5Q+1.4D1  1.4G1+1.4G2+1.5Q+1.4D2  1.4G1+1.4G2+1.5Q+1.4D3  1.4G1+1.4G2+1.5Q+1.4D4  1.4G1+1.4G2+1.5Q+D1  1.4G1+1.4G2+1.5Q+D2  1.4G1+1.4G2+1.5Q+D3  1.4G1+1.4G2+1.5Q+D4  1.4G1+1.4G2+D1  1.4G1+1.4G2+D2  1.4G1+1.4G2+D3  1.4G1+1.4G2+D4  G1+G2+1.05Q+0.84V1+1.4D1  G1+G2+1.05Q+0.84V2+1.4D2  G1+G2+1.05Q+0.84V3+1.4D3  G1+G2+1.05Q+0.84V4+1.4D4  G1+G2+1.05Q+1.4V1+0.84D1  G1+G2+1.05Q+1.4V2+0.84D2  G1+G2+1.05Q+1.4V3+0.84D3  G1+G2+1.05Q+1.4V4+0.84D4  G1+G2+1.4D1  G1+G2+1.4D2  G1+G2+1.4D3  G1+G2+1.4D4  G1+G2+1.5Q+0.84V1+0.84D1  G1+G2+1.5Q+0.84V2+0.84D2  G1+G2+1.5Q+0.84V3+0.84D3  G1+G2+1.5Q+0.84V4+0.84D4  G1+G2+1.5Q+1.4D1  G1+G2+1.5Q+1.4D2  G1+G2+1.5Q+1.4D3  G1+G2+1.5Q+1.4D4 |
| ELU-Incêndio | 1.2G1+1.2G2+0.28Q+1.2D1  1.2G1+1.2G2+0.28Q+1.2D2  1.2G1+1.2G2+0.28Q+1.2D3  1.2G1+1.2G2+0.28Q+1.2D4  1.2G1+1.2G2+0.28Q+D1  1.2G1+1.2G2+0.28Q+D2  1.2G1+1.2G2+0.28Q+D3  1.2G1+1.2G2+0.28Q+D4  1.2G1+1.2G2+1.2D1  1.2G1+1.2G2+1.2D2  1.2G1+1.2G2+1.2D3  1.2G1+1.2G2+1.2D4  1.2G1+1.2G2+D1  1.2G1+1.2G2+D2  1.2G1+1.2G2+D3  1.2G1+1.2G2+D4  G1+G2+0.28Q+1.2D1  G1+G2+0.28Q+1.2D2  G1+G2+0.28Q+1.2D3  G1+G2+0.28Q+1.2D4  G1+G2+1.2D1  G1+G2+1.2D2  G1+G2+1.2D3  G1+G2+1.2D4 |
| Fundações | G1+G2+0.7Q+0.6V1+D1  G1+G2+0.7Q+0.6V2+D2  G1+G2+0.7Q+0.6V3+D3  G1+G2+0.7Q+0.6V4+D4  G1+G2+0.7Q+V1+0.6D1  G1+G2+0.7Q+V2+0.6D2  G1+G2+0.7Q+V3+0.6D3  G1+G2+0.7Q+V4+0.6D4  G1+G2+D1  G1+G2+D2  G1+G2+D3  G1+G2+D4  G1+G2+Q+0.6V1+0.6D1  G1+G2+Q+0.6V2+0.6D2  G1+G2+Q+0.6V3+0.6D3  G1+G2+Q+0.6V4+0.6D4  G1+G2+Q+D1  G1+G2+Q+D2  G1+G2+Q+D3  G1+G2+Q+D4 |
| ELS-Frequentes | G1+G2  G1+G2+0.4Q+0.3V1  G1+G2+0.4Q+0.3V2  G1+G2+0.4Q+0.3V3  G1+G2+0.4Q+0.3V4  G1+G2+0.6Q |
| ELS-Quase perm. | G1+G2  G1+G2+0.4Q |
| ELS-Raras | G1+G2  G1+G2+0.6Q+0.3V1  G1+G2+0.6Q+0.3V2  G1+G2+0.6Q+0.3V3  G1+G2+0.6Q+0.3V4  G1+G2+0.6Q+V1  G1+G2+0.6Q+V2  G1+G2+0.6Q+V3  G1+G2+0.6Q+V4  G1+G2+Q  G1+G2+Q+0.3V1  G1+G2+Q+0.3V2  G1+G2+Q+0.3V3  G1+G2+Q+0.3V4 |

1. **CARREGAMENTOS PREVISTOS**

As sobrecargas previstas sobre a estrutura são os seguintes:

* 1. Carregamentos das lajes

Os carregamentos foram previstos conforme tipo de ocupação da edificação, definidos com os seguintes valores:

**Pavimento Térreo**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lajes | | | | | | | | Temperatura  Caso T1  Caso T2  (ºC) | Retração  Deform. X  Deform. Y  (‰) |
| Dados | | | | | Sobrecarga (kgf/m²) | | |
| Nome | Tipo | Altura  (cm) | Elevação  (cm) | Peso próprio  (kgf/m²) | Permanente | Acidental | Localizada |
| L1 | Treliçada 1D | 12 | 0 | 151 | 182 | 10 | - |  |  |

* 1. Ação Do Vento

O efeito do vento sobre a edificação é avaliado a partir de diversos parâmetros que permitem definir as forças aplicadas sobre a estrutura

Parâmetros adotados para consideração do vento:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parâmetros | Valor adotado | Observações |
| Velocidade | 42.00m/s | - |
| Nível do solo (S2) | -200.00cm | - |
| Maior dimensão horizontal ou vertical (S2) | Menor que 20 m | - |
| Rugosidade do terreno (S2) | Categoria II | Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. |
| Fator topográfico (S1) | 1.0 | Demais casos. |
| Fator estatístico (S3) | 1.00 | Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação. |
| Ângulo do vento em relação à horizontal | 0° |  |
| Direções de aplicação do vento | Vento X+ (V1)  Vento X- (V2)  Vento Y+ (V3)  Vento Y- (V4) | Ver combinações de ações. |

As forças estáticas devido ao vento foram calculadas para cada direção a partir dos parâmetros definidos, conforme apresentado na tabela a seguir.

* 1. Forças Aplicadas Nos Pavimentos Da Estrutura Devido Ao Vento Estático

Vento X+

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pavimento | Fachada  (cm) | Fachada  transv.(cm) | Nível  (cm) | Altura relativa  (cm) | Área de influência  (m²) | S2 | Coeficiente de arrasto | Forças  (tf) | Forças transversais  (tf) | Torção  (kgf.m) | Momento tombamento  (kgf.m) |
| Térreo | 222.66 | 245.85 | 260.00 | 300.00 | 2.89 | 0.92 | 1.22 | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 994.37 |
| Fundação | 222.66 | 245.85 | 0.00 | 40.00 | 3.34 | 0.89 | 1.22 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 141.32 |

Momento de tombamento total na base (kgf.m) = 1135.69

Força cortante total na base (tf) = 0.68

Vento X-

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pavimento | Fachada  (cm) | Fachada  transv.(cm) | Nível  (cm) | Altura relativa  (cm) | Área de influência  (m²) | S2 | Coeficiente de arrasto | Forças  (tf) | Forças transversais  (tf) | Torção  (kgf.m) | Momento tombamento  (kgf.m) |
| Térreo | 222.66 | 245.85 | 260.00 | 300.00 | 2.89 | 0.92 | 1.22 | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 994.37 |
| Fundação | 222.66 | 245.85 | 0.00 | 40.00 | 3.34 | 0.89 | 1.22 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 141.32 |

Momento de tombamento total na base (kgf.m) = 1135.69

Força cortante total na base (tf) = 0.68

Vento Y+

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pavimento | Fachada  (cm) | Fachada  transv.(cm) | Nível  (cm) | Altura relativa  (cm) | Área de influência  (m²) | S2 | Coeficiente de arrasto | Forças  (tf) | Forças transversais  (tf) | Torção  (kgf.m) | Momento tombamento  (kgf.m) |
| Térreo | 245.85 | 222.66 | 966,90 | 300.00 | 3.20 | 0.92 | 1.27 | 0.38 | 0.00 | 0.00 | 1142.21 |
| Fundação | 245.85 | 222.66 | 964,30 | 40.00 | 3.69 | 0.89 | 1.27 | 0.41 | 0.00 | 0.00 | 162.33 |

Momento de tombamento total na base (kgf.m) = 1304.53

Força cortante total na base (tf) = 0.79

Vento Y-

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pavimento | Fachada  (cm) | Fachada  transv.(cm) | Nível  (cm) | Altura relativa  (cm) | Área de influência  (m²) | S2 | Coeficiente de arrasto | Forças  (tf) | Forças transversais  (tf) | Torção  (kgf.m) | Momento tombamento  (kgf.m) |
| Térreo | 245.85 | 222.66 | 966,90 | 300.00 | 3.20 | 0.92 | 1.27 | 0.38 | 0.00 | 0.00 | 1142.21 |
| Fundação | 245.85 | 222.66 | 964,30 | 40.00 | 3.69 | 0.89 | 1.27 | 0.41 | 0.00 | 0.00 | 162.33 |

Momento de tombamento total na base (kgf.m) = 1304.53

Força cortante total na base (tf) = 0.79

1. **IMPERFEIÇÕES GLOBAIS**

Imperfeições geométricas globais devido ao desaprumo dos elementos verticais para verificação do estado limite último da estrutura.

Parâmetros adotados para consideração das imperfeições globais:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parâmetros | Valor adotado | Observações |
| Direções de aplicação | Direção X  Direção Y | Ver combinações de ações. |

1. **VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE GLOBAL**

A análise global da estrutura é um importante instrumento de avaliação da estrutura, permitindo também avaliar a importância dos esforços de segunda ordem globais. Os parâmetros para avaliação de estabilidade global (Gama-Z e P-Delta), quando aplicáveis, poderão ser verificados nos resultados da análise.

1. **ANÁLISE DE 2ª ORDEM**

Os valores do efeito P-Delta para avaliação e determinação dos esforços de 2ª ordem na estrutura, quando aplicável, poderão ser verificados nos resultados da análise.