**MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

**1 – NORMAS ADOTADAS:**

- NBR6118 – PROJETO E EXECUÇÃO DE OBRAS DE CONCRETO ARMADO.

- NBR6120 – CARGAS PARA O CÁLCULO DE ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES.

- NBR6123 – FORÇAS DEVIDO AO VENTO EM EDIFICAÇÕES.

- NBR8681 – AÇÕES DE SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS.

**2 – DESCRIÇÃO:**

O edifício ADUTORA - HULHA NEGRA é constituído por 2 pavimentos: 1 térreo(s); 1 pavimentos de cobertura. A seguir é apresentado um quadro com detalhes de cada um destes pavimentos.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Pavimentos*** | ***Piso a Piso (m)*** | ***Cota (m)*** | ***Área (m2)*** |
| ***COBERTURA*** | 2,80 | 3,50 | 13,69 |
| ***Terreo*** | 0,70 | 0,70 | 20,64 |
| ***TOTAL*** | --- | --- | 34,3 |

**2.1 – MATERIAIS:**

**2.1.1 - Concreto:**

 - CONCRETO: **fck ≥ 30 MPa** em todos elementos estruturais.

 O concreto deverá ter resistência conforme o especificado no projeto estrutural, e deverá ser impermeável: a areia e brita utilizadas não poderão provocar reações álcali-agregado com o cimento, nem conter materiais orgânicos, ou argilosos, e a utilização de aditivos só poderá ser feito se comprovadamente não atacarem o aço ou concreto. A água a ser utilizada deverá ser de acordo com as normas vigentes, não podendo conter excesso de íons cloreto ou sulfatos.

 A obra deverá oferecer um adequado controle de qualidade e rígidos limites de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução dos serviços ( item 7.4..7.4 NBR 6118).

 A dosagem (traço) do concreto, bem como a indicação da granulometria dos agregados, forma de vibração, etc., deverão ser especificados por empresa especializada, com ensaios de laboratório.

 A relação água/cimento em massa deverá ser **≤** 0,55 para os elementos estruturais.

 A fixação do fator água/cimento e a utilização dos agregados, miúdos e graúdos, terão em vista a resistência e a trabalhabilidade de concreto, compatíveis com as dimensões e acabamento das peças.

 Todo concreto devera receber cura cuidadosamente. As peças serão mantidas úmidas pelo prazo mínimo de 07 (sete) dias e não poderão, de maneira alguma, ficar expostas sem proteção adequada.

 O adensamento será obtido por vibradores de imersão ou por vibradores de forma e o equipamento a ser utilizado terá dimensionamento compatível com a posição e tamanho da peça a ser concretada.

 A vibração será executada de modo a impedir as falhas de concretagem e evitar a agregação da nata de cimento.

 Antes do lançamento do concreto as formas deverão ser perfeitamente limpas, molhadas e perfeitamente estanques, a fim de impedir a fuga da nata de cimento.

**2.1.2 - Módulo de Elasticidade**:

 O módulo de elasticidade, em tf/m2, utilizado para o concreto é listado a seguir:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | ***Ecs*** | ***Eci*** |
| ***C30*** | 2607159 | 3067246 |

**2.1.3 - Armaduras:**

 Foram utilizadas as seguintes características para o aço estrutural utilizado no projeto:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Tipo de barra*** | ***Ecs(GPa)*** | ***fyk(MPa)*** | ***Massa específica(kg/m3)*** | ***nb*** | ***n1*** |
| ***CA-50*** | *210* | *250* | *7.850* | *1,5* | *2,25* |
| ***CA-60*** | *210* | *250* | *7.850* | *1,2* | *1,40* |

 **Aço CA-50 : Ø 6.3; Ø 8.0; Ø 10.0; Ø 12.5; Ø 16.0; Ø 20.0; Ø 25.0; Ø 32.0**

 **Aço CA-60 : Ø 4.2** e **Ø 5.0**

 A armadura a ser utilizada não poderá apresentar indícios de corrosão.

 É obrigatória a utilização de espaçadores entre forma e armação para garantir os cobrimentos de projeto.

 É obrigatória a utilização de “caranguejos” ou peças plásticas apropriadas, para garantir o posicionamento de armaduras negativas de lajes.

**2.1.4 - Formas:**

 As formas deverão garantir a geometria final das peças estruturais, serem bem travadas e escoradas, sem se deformarem, podendo ser utilizados desmoldantes. Deverão ser limpas e molhadas antes da concretagem. Não poderão ocasionar desaprumo ou desalinhamentos que prejudiquem o bom funcionamento estrutural, nem a estética. A retirada deverá ser cuidadosa, após o período necessário para se atingir a resistência e modulo de elasticidade necessários.

 A execução dos elementos estruturais em concreto devera satisfazer as normas estabelecidas para o concreto armado, acrescidos das seguintes recomendações (no caso de formas de madeiras):

1. As formas de primeiro uso executadas em madeira compensada à prova de água de no mínimo 14mm de espessura.
2. As formas terão absoluto rigor no alinhamento, paralelismo, níveis e prumadas. Não será permitida a introdução de ferro de fixação das formas através do concreto.
3. As armaduras terão o recobrimento mínimo recomendado pela ABNT, nunca inferior a 3,0cm, e serão mantidas afastadas das formas através de espaçadores plásticos.
4. A retirada das formas será efetuada de modo a não danificar as superfícies do concreto.
5. O concreto não será em hipótese alguma, retocado ou pintado com nata de cimento.

**2.2 – PARAMETROS DE DURABILIDADE:**

**2.2.1 - Classe de Agressividade Ambiental**:

 Para o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais foi considerada a seguinte Classe de Agressividade Ambiental no projeto: **III – Forte**, conforme definido pelo item 6 da NBR6118.

**2.2.2 - Cobrimentos:**

 A definição dos cobrimentos foi feita com base na Classe de agressividade ambiental definida anteriormente e de acordo com o item 7.4.7 e seus subitens, da norma NBR 6118.

 Foi considerado que durante a execução da edificação será feito um rígido controle de qualidade e tolerância de medidas. Deste modo, cabe ao executor da obra a obediência do item 7.4.7.4 da NBR 6118.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Elemento Estrutural*** | ***Cobrimento (cm)*** |
| ***Lajes convencionais (superior / inferior)*** | 3,0 / 3,0 |
| ***Vigas*** | 3,0 |
| ***Pilares*** | 3,0 |

**2.3 – AÇÕES E COMBINAÇÕES:**

##

**2.3.1 – Carga Vertical:**

A seguir são apresentadas as cargas médias utilizadas em cada um dos pavimentos para o dimensionamento da estrutura.

A “carga média” de um pavimento é a razão entre as todas as cargas verticais características (peso-próprio, permanentes ou acidentais) pela área total estimada do pavimento.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Pavimento*** | ***Peso Próprio (tf/m2)*** | ***Permanente (tf/m2)*** | ***Acidental (tf/m2)*** |
| ***COBERTURA*** | 0,32 | 0,34 | 0,09 |
| ***Terreo*** | 0,32 | 0,51 | 0,28 |

OBS: Nas cargas permanentes do pavimento térreo, foram levado em conta as cargas dos blocos de apoio e das bombas, motivo pelo qual considerou-se 500 kgf/m2.

As cargas apresentadas foram obtidas do modelo dos pavimentos e não apresentam o peso próprio dos pilares.

Na análise estrutural do edifício não foi considera a redução de sobrecarga definida no item 2.2.1.8 da NBR 6120.

## 2.3.2 – Resumo de Combinações no Modelo Global:

No modelo estrutural global foram consideradas as seguintes combinações:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***ELU1*** | Verificações de estado limite último - Vigas e lajes | 4 |
| ***ELU2*** | Verificações de estado limite último - Pilares e fundações | 4 |
| ***FOGO*** | Verificações em situação de incêndio | 2 |
| ***ELS*** | Verificações de estado limite de serviço | 4 |
| ***COMBFLU*** | Cálculo de fluência (método geral) | 2 |

**2.4 – MODELO ESTRUTURAL:**

##

**2.4.1 – Explicações:**

Na análise estrutural do edifício foi utilizado o 'Modelo 4' do sistema CAD/TQS. Este modelo consiste em dois modelos de cálculo:

* Modelo de grelha para os pavimentos;
* Modelo de pórtico espacial para a análise global.

O edifício será modelado por um único pórtico espacial mais os modelos dos pavimentos. O pórtico será composto apenas por barras que simulam as vigas e pilares da estrutura, com o efeito de diafragma rígido das lajes devidamente incorporado ao modelo. Os efeitos oriundos das ações verticais e horizontais nas vigas e pilares serão calculados com o pórtico espacial.

Nas lajes, somente os efeitos gerados pelas ações verticais serão calculados. Nos pavimentos simulados por grelha de lajes, os esforços resultantes das barras de lajes sobre as vigas serão transferidas como cargas para o pórtico espacial, ou seja, há uma 'certa' integração entre ambos os modelos (pórtico e grelha). Para os demais tipos de modelos de pavimentos, as cargas das lajes serão transferidas para o pórtico por meio de quinhos de carga.

Tratamento especial para vigas de transição e que suportam tirantes pode ter sido considerado e são apontados no item 'Critérios de projeto'. A flexibilização das ligações viga-pilar, a separação de modelos específicos para análises ELU e ELS e os coeficientes de não-linearidade física também são apontados a seguir.

## 2.4.2 – Modelo Estrutural dos Pavimentos:

A análise do comportamento estrutural dos pavimentos foi realizada através de modelos de grelha ou pórtico plano. Nestes modelos as lajes foram integralmente consideradas, junto com as vigas e os apoios formados pelos pilares existentes.

A seguir são apresentados o tipo de modelo estrutural utilizado em cada um dos pavimentos:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Pavimento*** | ***Descrição do Modelo*** | ***Modelo Estrutural*** |
| ***COBERTURA*** | Modelo somente de vigas | Grelha (3 graus de liberdade) |
| ***Terreo*** | Modelo somente de vigas | Grelha (3 graus de liberdade) |

Para a avaliação das deformações dos pavimentos em serviço, também foram realizadas análises considerando a não-linearidade física, onde através de incrementos de carga, as inércias reais das seções são estimadas considerando as armaduras de projeto e a fissuração nos estádios I, II ou III.

Os esforços obtidos dos modelos estruturais dos pavimentos foram utilizados para o dimensionamento das lajes à flexão e cisalhamento.

Nestes modelos foi utilizado o módulo de elasticidade secante do concreto. A seguir são apresentados os valores utilizados para cada um dos pavimentos:

|  |  |
| --- | --- |
| ***Pavimento*** | ***Módulo de elasticidade adotado (tf/m2)*** |
| ***COBERTURA*** | 2607159 |
| ***Terreo*** | 2607159 |

## 2.4.3 – Modelo Estrutural Global:

No modelo de pórtico foram incluídos todos os elementos principais da estrutura, ou seja, pilares e vigas, além da consideração do diafragma rígido formado nos planos de cada pavimento (lajes). A rigidez à flexão das lajes foi desprezada na análise de esforços horizontais (vento).

Os pórticos espaciais foram modelados com todos os pavimentos do edifício, para a avaliação dos efeitos das ações horizontais e os efeitos de redistribuição de esforços em toda a estrutura devido aos carregamentos verticais.

As cargas verticais atuantes nas vigas e pilares do pórtico foram extraídas de modelos de grelha de cada um dos pavimentos.

Foram utilizados dois modelos de pórtico espacial: um específico para análises de Estado Limite Último - ELU e outro para o Estado Limite de Serviço - ELS. As características de cada um destes modelos são apresentadas a seguir.

## 2.4.4 – Critérios de Projeto:

A seguir são apresentadas algumas considerações de projeto utilizadas para a análise estrutura do edifício em questão:

* Flexibilização das ligações viga/pilar : Sim;
* Modelo enrijecido para viga de transição: Sim
* Método para análise de 2ª. Ordem global: P-Delta
* Análise por efeito incremental: Não
* Análise com interação fundação-estrutura: Não

## 2.4.5 – Modelo ELU:

O modelo ELU foi utilizado para obtenção dos esforços necessários para o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais.

Apenas no neste modelo foram utilizados os coeficientes de não linearidade física conforme indicados pelo item 15.7.3 da NBR6118. A seguir são apresentados estes valores:

|  |  |
| --- | --- |
| ***Elemento estrutural*** | ***Coef. NLF*** |
| ***Pilares*** | 0,80 |
| ***Vigas*** | 0,40 |
| ***Lajes*** | 0,30 |

O módulo de elasticidade utilizado no modelo foi de secante, de acordo com o fck do elemento estrutural (já apresentado anteriormente).

## 2.4.6 – Modelo ELS:

O modelo ELS foi utilizado para análise de deslocamento do edifício.

Neste modelo a inércia utilizada para os elementos estruturais foi a bruta.

## 2.4.7 – Considerações das Fundações:

Todas as fundações foram consideradas rigidamente conectadas à base.

## 2.4.8 – Esforços de Cálculo:

Os esforços obtidos na análise de pórtico foram utilizados para o dimensionamento de vigas e pilares, onde um conjunto de combinações conciliando os esforços de cargas verticais e de vento são agrupados e ponderados segundo as prescrições das normas NBR8681 e NBR6118.

No dimensionamento das armaduras das vigas é utilizada uma envoltória de esforços solicitantes de todas as combinações pertencentes ao grupo ELU1. Para o dimensionamento de armaduras dos pilares são utilizadas todas as hipóteses de solicitações (combinações do grupo ELU2); neste conjunto de combinações são aplicadas as reduções de sobrecarga previstas na NBR6120, caso o projeto esteja utilizando este método.

**MEMÓRIA DE CÁLCULO – MONOVIA**

**1 – NORMAS ADOTADAS:**

- NBR8800 – PROJETO DE ESTRUTURAS DE AÇOS E DE ESTRUTURAS MISTAS DE AÇO E CONCRETO DE EDIFICIOS.

**2– CÁLCULO PERFIL MONOVIA:**

**Perfil: Tipo I – 6¨**

 W = 86 cm3

 I = 635 cm4

 E = 200.000 Mpa

Carregamento total considerado: 500 kgf

Momento máximo: 650 kgfm = 65000 kgfcm

 W = (65000) / (0,9x2500) = 28,9 cm3

Deformação máxima:

 δ = 0,0003 cm