GOVERNO DO ESTADO

CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

# GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
# SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

## ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DO SISTEMA RIO PIRANGI AO SISTEMA LACUSTRE DE URUAÚ E ABASTECIMENTO D ÁGUA DAS COMUNIDADES DE SUA INFLUÊNCIA NO MUNICÍPIO DE BEBERIBE - CE

TOMO I - INTEGRAÇÃO DO SISTEMA RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ

VOLUME II - RELATÓRIO GERAL
PARTE A - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO E MEMORIAL DE CÁLCULO

SLA

FORTALEZA
MAIO DE 2000

GOVERNO DO ESTADO DO CEARA

# GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

## SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

**ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DO SISTEMA RIO PIRANGI AO SISTEMA LACUSTRE DE URUAÚ E ABASTECIMENTO D'ÁGUA DAS COMUNIDADES DE SUA INFLUÊNCIA NO MUNICÍPIO DE BEBERIBE - CE**

**TOMO I – INTEGRAÇÃO DO SISTEMA RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ**

# VOLUME II – RELATÓRIO GERAL

## PARTE A – DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO E MEMORIAL DE CÁLCULO

SLA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA

Lote. 02646 - Prep (X) Scan ( ) Index ( )
Projeto Nº 249/01/02/pt.A
Volume
Qtd A4 Qtd. A3
Qtd A2 Qtd A1
Qtd A0 Outros

FORTALEZA
MAIO/00

0249/01/02/pt.A
ex.3

# TOMO I – INTEGRAÇÃO DO SISTEMA RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ

## VOLUME 2 – RELATÓRIO GERAL

## PARTE A: DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO E MEMORIAL DE CÁLCULO

0249/01/02/ pt A

ESTADO DO CEARÁ - SECRETARIA DE RECURSOS - 00/0392 BIBLIOTECA ex 3

000093

## APRESENTAÇÃO

A SLA CONSULTORIA e PROJETOS Ltda , no âmbito do Contrato Nº 019 / 2000 / SRH, firmado com a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará e com base nas definições contidas no Edital Carta Convite Nº 03 / SRH / 2000, desenvolveu o Projeto Executivo de Integração do Sistema Pirangi ao Sistema Lacustre de Uruaú e Abastecimento d'Água das Comunidades de ITAPEIM, JATOBÁ, ANDREZA e ARATACA, situadas no Município de Beberibe - Ce

O projeto referido será apresentado através dos relatórios abaixo relacionados

**TOMO I – INTEGRAÇÃO SISTEMA RIO PIRANGI / LAGOA DE URUAÚ**

Volume 1 – Relatório dos Estudos Básicos e de Concepção

Volume 2 – Relatório Geral

Parte A – Descrição Geral do Projeto e Memorial de Cálculo

Parte B – Orçamento e Especificações Técnicas

Parte C – Desenhos

**TOMO II – ABASTECIMENTO D'ÁGUA DAS LOCALIDADES DE ITAPEIM, JATOBÁ, ANDREZA e ARATACA, no Município de BEBERIBE–Ce**

Volume 1 – Relatório dos Estudos Básicos, Topográficos e de Concepção

Volume 2 – Relatório Geral

Parte A – Descrição Geral dos Projetos e Memorial de Cálculo

Parte B – Orçamento e Especificações Técnicas

Parte C – Desenhos

O presente documento constitui a Parte A do Volume 2 do TOMO I, correspondendo ao Relatório Geral – Descrição Geral do Projeto e Memorial de Cálculo, do Projeto Executivo das Obras de "Transposição de águas do sistema Pirangi ao sistema lacustre de Uruaú"

# ÍNDICE

**1. INTRODUÇÃO** ..... **011**

**2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO** ..... **013**

**3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA** ..... **017**

3 1 CLIMA 017

3 2 VEGETAÇÃO 017

3 3 GEOMORFOLOGIA E SOLOS 017

3 4 INDICADORES SOCIO-ECONÔMICOS 01

**4. VAZÃO DE PROJETO** ..... **02**

**5. SÍNTESE DOS ESTUDOS DE CONCEPÇÃO** ..... **02**

5 1 OTIMIZAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EIXO DE TRANSFERÊNCIA 02

**5.1.1. Alimentação D'água da Estação de Bombeamento Central – EBC** ..... **02**

**5.1.2. Segmento 3: Adução Gravitária** ..... **02**

**6. DETALHAMENTO DO PROJETO** ..... **02**

6 1 DESCRIÇÃO GERAL

*a) Captação* . . . . . .

*b) Estação de Bombeamento Central – EBC* . . . . .

*c) Adução Pressurizada* . . . . . .

*d) Adução por Gravidade* . . . . . .

6 2 FICHA TÉCNICA

6 3 DESCRIÇÃO DO PROJETO ELÉTRICO

**6.3.1. Finalidade do Projeto** ..... **0**

**6.3.2. Concepção Geral** ..... **0**

**6.3.3. Carga Instalada** ..... **0**

**6.3.4. Níveis de Curto Circuito** ..... **036**

**6.3.5. Filosofia de Proteção da Subestação** ..... **036**

*6 3 5 1 Proteção de Alta Tensão* . . . . *036*

*6 3 5.2 Proteção de baixa Tensão* . . . . *036*

*6 3 5.3 Proteção dos Motores* . . . . . *037*

*6 3.5 4 Proteção de Sobretensão* . . . . . *037*

**6.3.6. Condutores** ..... **037**

*6 3.6 1. Condutores de Alta Tensão* . . . . . *037*

*6 3.6 2 Condutores de Baixa Tensão* . . . . . *037*

**6.3.7. Aterramento** ..... **038**

**6.3.8. Especificação dos Equipamentos** ..... **038**

*6 3 8 1. Para-raios* . . . . . *038*

*6 3.8 2 Chaves fusíveis* . . . . . *038*

*6 3.8 3 Transformador* . . . . . *039*

*6 3.8 4.Chave Seccionadora* . . . . . *039*

*6 3.8.5 Condutores* . . . . . *040*

*6 3.8 6 Disjuntor* . . . . . *041*

*6 3 8 7 Centro Comando de Motores* (CCM) *041*

**6.3.9. Recomendações Técnicas** ..... **041**

*6 3 9 1 Geral* . . . . . *041*

**7. MEMORIAL DE CÁLCULO** ..... **043**

7 1 CURVA CARACTERÍSTICA DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO 043

**7.1.1. Perdas de Carga nas Tubulações** ..... **043**

**7.1.2. Perdas de Carga Localizadas** ..... **043**

7 2 ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO CENTRAL CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE FUNCIONAMENTO DA LINHA ADUTORA 044

**7.2.1. Análise de NPSH** ..... **047**

7 3 SEGUNDO SEGMENTO DA TRANSPOSIÇÃO PIRANGI / URUAÚ 048

**7.3.1. Canal de Seção Circular com tubos RIB-LOC** ..... **048**

**7.3.2. Determinação da lâmina de fluxo** ..... **048**

**7.3.3. Regime de escoamento para os diferentes trechos** ..... **049**

**7.3.4. Remansos e ressaltos** ..... **050**

7 4 OBRA DE DESCARGA 052

**7.4.1. Dimensionamento da obra de descarga** ..... **053**

7 5 TRANSIENTES HIDRÁULICOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO 055

**7.5.1. Estudos preliminares do golpe de ariete no trecho de adução pressurizada** ..... **055**

**7.5.2. Estudos definitivos dos transientes** ..... **058**

**7.5.3. Verificação da estabilidade estrutural da Chaminé de Equilíbrio da linha adutora da Transposição PIRANGI/URUAÚ** ..... **062**

7 6 PROJETO ELÉTRICO 064

**7.6.1. Subestação** ..... **064**

*7 6 1 1 Carga Instalada* ..... *064*

*7 6.1 2 Transformador* ..... *065*

7 6 1 2 1 Pela Capacidade de Corrente *065*

7 6 1 2 2 Pelo Cálculo da Demanda 065

**7.6.2. Corrente de Curto Circuito** ..... **066**

**7.6.3. Dimensionamento de Cabos e Disjuntor** ..... **066**

*7 6 3.1. Alimentador Geral* ..... *066*

*7.6 3.2 Proteção do Trafo* ..... *066*

*7 6 3.3 Alimentação do* QGBT *067*

7 6 3 3 1 Corrente Nominal 067

*7 6.3 4 Alimentação dos Motores* ..... *067*

*7.7.3 2. Carregamentos* . . . . . *143*

*7 7 3 3. Esforços Solicitantes* . . . . . *143*

*7 7 3.4 Dimensionamento* . . . . . *150*

**7.7.4. Obras Tipo** ..... **151**

*7 7.4 1 Caixa de Ventosa e Caixa de Válvula de Descarga (Tampa Pre-moldada)* . . . . . *152*

*7 7 4 2. Tampa dos Poços de Visita* . . . . . *153*

*7 7 4 3 Laje do Poço de Visitas* . . . . . *154*

**ANEXOS**

ANEXO 01 – Estudos de alternativas para alimentação do poço de sucção da EBC **154**

Planilhas Orçamentárias

ANEXO 02 – Estudos de alternativas de infra-estrutura hidráulica para o Segmento 2 157

Planilhas Orçamentárias

ANEXO 03 – Quadros de cubação do movimento de terra das alternativas para o *160*

Segumento 2

## 1. INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará vem desenvolvendo esforços no sentido de prover as pequenas comunidades interioranas dos serviços básicos essenciais, destacando-se entre eles o abastecimento d'água potável As intervenções buscam em primeiro lugar combater o consumo de água de baixa qualidade e de alto custo, como é, por exemplo, o caso do abastecimento via caminhões-pipa Em segundo lugar, garantir à essas populações as condições sanitárias mínimas necessárias à sobrevivência do sistema urbano, sócio-econômico e cultural existente

Nessa perspectiva nasceu a idéia de perenizar a alimentação d'água da Lagoa do Uruaú, fonte de fundamental importância no contexto das ocupações urbanas que se desenvolveram nas suas circuvizinhanças, quer pelas atividades ligadas à pesca, à agricultura ou mesmo àquelas decorrentes do assédio turístico

O presente relatório apresenta os trabalhos desenvolvidos para uma solução de transposição das águas do rio Pirangi, perenizado pelo açude Batente, para o Sistema lacustre de Uruaú, combinando economicidade e viabilidade técnica Para esse fim, foram estudadas duas alternativas de transferência desde a seção do rio próximo à ponte de Itapeim até o córrego dos Grossos que desemboca na Lagoa do Uruaú

## 2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudos situa-se na região do Município de Beberibe, limitando-se ao Norte e ao Sul pelos paralelos de latitude 4° 12' e 4° 23', respectivamente, por outro lado, os meridianos 38° 04' e 38° 13' limitam a referida área a Leste e a Oeste, respectivamente, de acordo com a carta da SUDENE (Folha SB 24-X-A-11)

O acesso aos eixos de adução e à seção de captação no rio, desde Fortaleza, se dá inicialmente pela CE-040 até o Km 83, passando-se pelo entroncamento da Cidade de Beberibe A seguir toma-se uma estrada pavimentada à direita até o distrito de Itapeim por um percurso de aproximadamente 14 Km A ponte sobre o rio Pirangi, onde será construída a barragem de derivação e a captação dos sistemas está localizada a cerca de 1,0 Km antes da chegada ao distrito mencionado O percurso total até Itapeim é de 97 Km Os mapas das Figuras 2 1 e 2 2, mostram o trajeto referido

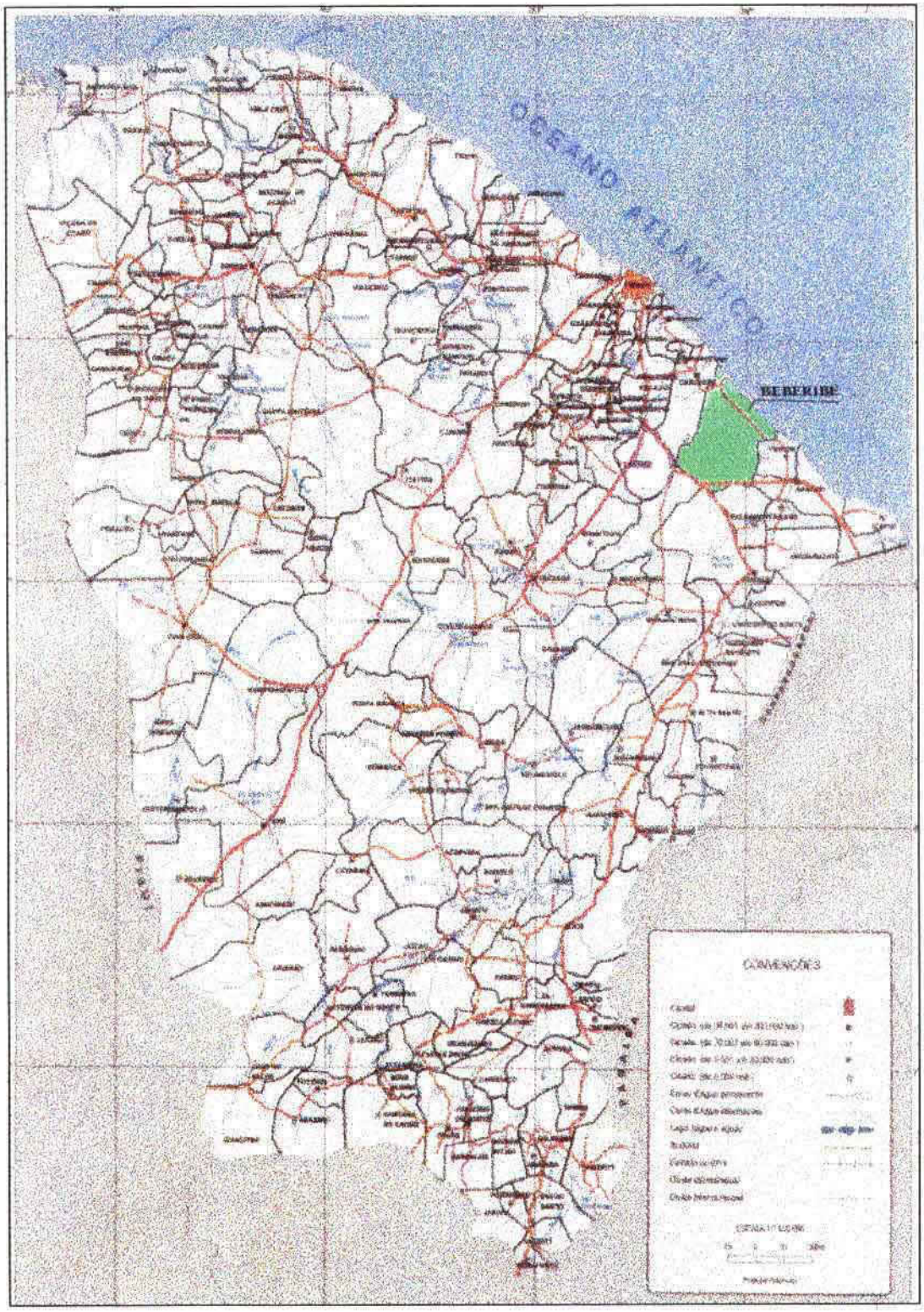



**Figura 2.1**

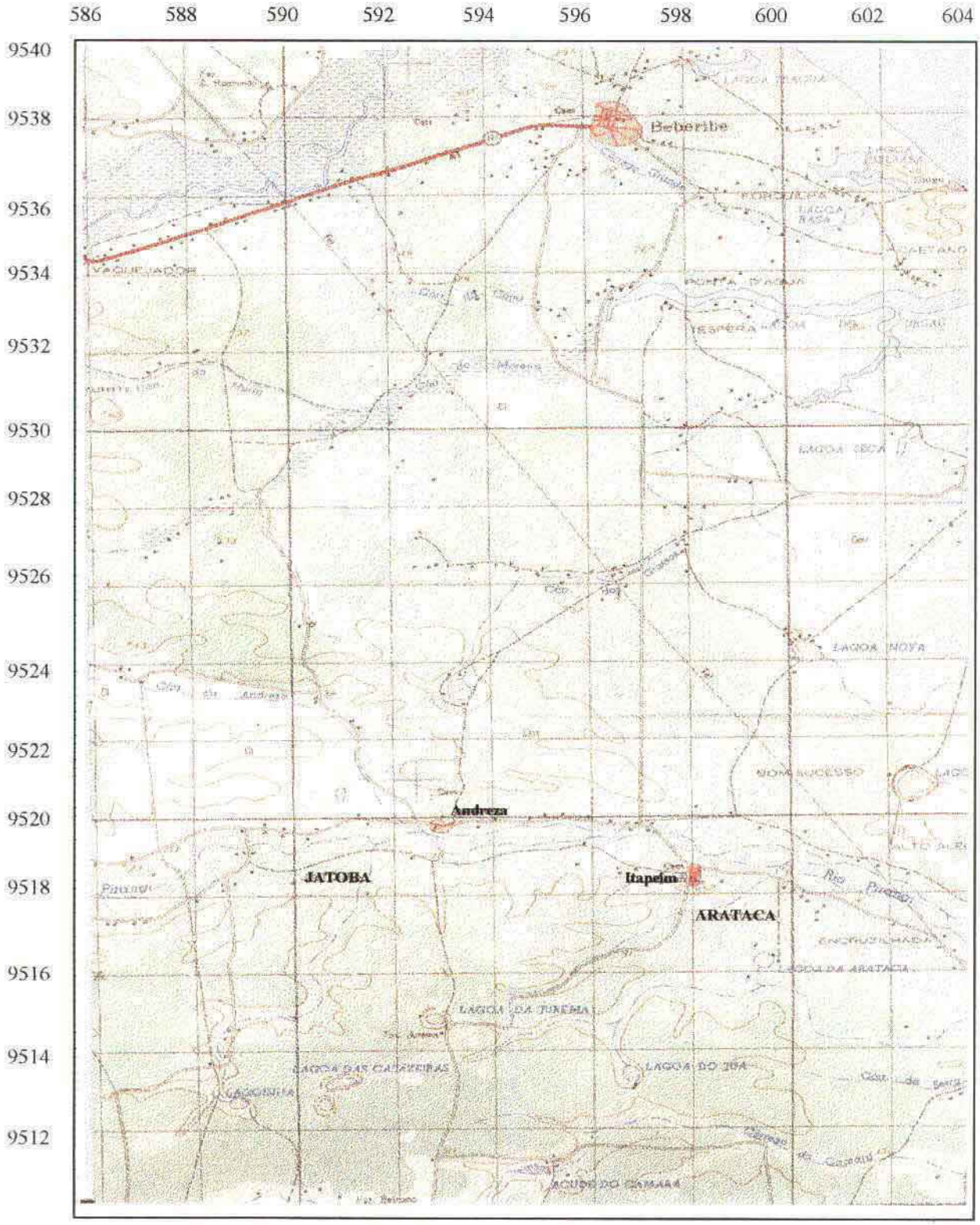

586
588
590
592
594
596
598
600
602
604
9540
9538
9536
9534
9532
9530
9528
9526
9524
9522
9520
9518
9516
9514
9512
Beberibe
LAGOA TRAIRA
LAGOA RASA
LAGOA SECA
LAGOA NOVA
Andreza
JATOBA
Itapeim
ARATACA
LAGOA DA TUREMA
LAGOA DAS CACIMBAS
LAGOA DO JOA
AÇUDE DO CAMARA

**Figura 2.2**

## 3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO PROJETO

(Fonte IPLANCE, 1997)

A região onde se situa o projeto dista aproximadamente 20 Km da orla marítima do Município de Beberibe, portanto apresenta características físico-climáticas típicamente litorâneas conforme será descrito a seguir

### 3 1 CLIMA

O clima é quente e úmido com temperatura média de 27° C e um regime de chuvas irregular no tempo e no espaço, concentrado no mês de Fevereiro, Março e abril apresentando média pluviométrica de 914 mm

### 3 2 VEGETAÇÃO

Na região predomina o complexo vegetacional da zona litorânea constituída de florestas mistas dicotillo-palmácea, mata ciliar com carnaúba e dicotiledôneas

### 3 3 GEOMORFOLOGIA E SOLOS

As principais unidades geomorfológicas são os sedimentos do grupo Barreira com tabuleiros prelitorâneos e as planícies litorâneas Os solos são aqueles característicos do grupo citado, alguns deles apresentando teores expressivos de salinidade tais como as unidades Solonetz Solonizado, Solonchak etc Destaque também para as areias quartzosas Distróficas e Marinhas A área de domínio do projeto possuem solos marcadamente arenosos

### 3 4 INDICADORES SÓCIO-ECONÔMICOS

Através dos indicadores abaixo é possível estabelecer um desenho geral do perfil socio-econômico do município

- Leitos por unidade de saúde ligados ao estado ou Município 00
- Unidades de saúde ligadas ao sistema único 09
- Mortalidade infantil 24 / 1000
- Abastecimento d'água / cobertura 77 ligações
- Sistema de esgotamento sanitário Ausência
- Produto Interno Bruto *per capta* R$ 1 451,16

A fonte das informações supracitadas é o boletim do IPLANCE Perfil Básico Municipal, 1998

## 4. VAZÃO DE PROJETO

Segundo o Relatório Geral do projeto executivo da barragem Batente, contratado pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – SRH, a capacidade de regularização desse açude é de aproximadamente 400 l/s Desde já está definido um limite máximo para as possibilidades do sistema de transposição proposto O mesmo relatório não fornece maiores informações quanto ao uso potencial e até mesmo quanto às demandas já existentes e dependentes das disponibilidades do reservatório em destaque Sabe-se, entretanto, que a cidade de Itarema, o distrito de São João do Uruaú e outros pequenos núcleos urbanos ribeirinhos têm nesse açude a fonte de seus abastecimentos

Estima-se que o aporte de água comprometido com as demandas acima citadas não devem ultrapassar uma vazão contínua da ordem de 20 l/s O fomento à agricultura irrigada a partir do açude Batente e outros usos tais como piscicultura e dessedentação de animais, em face da inexistência de dados no relatório referido, não fora, na oportunidade, objeto de estudos mais detalhados Em que pese a inexistência de planejamentos integrados para o aproveitamento hidroagrícola daquele manancial por parte dos agentes econômicos e do poder público, sabe-se que o trecho perenizado do Rio Pirangi certamente deverá induzir uma demanda por irrigação, como acontece nos outros vales também perenizados por barragens

Por outro lado o trecho perenizado até Itapeim é de 50 Km Nesse caso as perdas em trânsito, 5% a cada 10 Km de rio, deverão provocar perdas da ordem de 25% da vazão remanescente, em torno de 100 l/s, de acordo com Taborga (1990) Dessa maneira, caso não haja retiradas ao longo do percurso, chegaria à seção de captação da Transposição Pirangi / Uruaú e demais redes de abastecimento rural previstas nesse projeto, em torno de 280 l/s, dos quais 10 l/s ficariam então comprometidos com o abastecimento dos distritos de Itapeim, Andreza, Arataca, Jatobá e outros não incluídos no escopo desses serviços

Por fim restariam ainda quase 35 Km de leito de rio até a sua desembocadura e, nessa extensão, as várias ocorrências possíveis por consumo de água Assim, seria necessário vislumbrar um aporte de água para o atendimento dessas demandas incluindo a vazão mínima ecológica do rio, tarefa extremamente difícil diante das informações disponíveis

Mesmo diante dessas incertezas a consultora, sob orientação da SRH, fixou a vazão total da transposição para a 1ª e 2ª etapas em 170 l/s ou 612 $m^3/h$ Obviamente que na 1ª etapa serão aduzidos metade desse valor, 85 l/s ou 306 $m^3/h$ Algumas estruturas do eixo de transposição já serão implantadas na condição de aduzir a vazão total, como são os casos do canal de aproximação, do canal circular "RIB LOC" e das obras de descarga Para a 2ª etapa restaria implantar o outro segmento de adução pressurizada (outra linha de PVC 300 mm) e mais um conjunto motor-bomba na estação de bombeamento central, conforme será detalhado a seguir

## 5. SÍNTESE DOS ESTUDOS DE CONCEPÇÃO

Duas foram as alternativas estudadas para a transposição Pirangi / Lagoa de Uruaú Na primeira decidiu-se por transferir as águas para um talvegue denominado Córrego dos Grossos, riacho que alimenta o sistema lacustre de Uruaú Essa alternativa procurou conduzir a transposição por um caminhamento paralelo à estrada pavimentada, que liga a sede do Distrito de Itapeim à CE-040 A segunda alternativa, seguindo a mesma concepção da primeira, constituiu-se numa variante da mesma por possuir um trecho comum, desde a captação até à EST 66, embora tenha tomado uma direção de maior afastamento da estrada referida Nesse caso o ponto de descarga, para esta alternativa, se deu à montante daquele escolhido na alternativa 1, também no riacho Córrego dos Grossos

Por afastar-se demasiadamente da estrada Itapeim – Beberibe, sem ter ampliado ampliar os benefícios da transferência de água, sobretudo quanto ao uso para abastecimento rural, foi escolhido como eixo de transposição a Alternetiva 1, com aproximadamente 6,5 Km de percurso

### 5 1 OTIMIZAÇÃO TECNICO-ECONÔMICA DO EIXO DE TRANSFERÊNCIA

Concluída a fase de seleção da linha base para o eixo de transposição, passou-se aos estudos das soluções de engenharia para fazer chegar ao riacho do Córrego as águas do Rio Pirangi Após os primeiros exames da questão chegou-se à conclusão de que haveria a necessidade de uma linha de recalque até a estaca 177 do caminhamento para vencer dois divisores de água que se apresentaram no percurso O trecho entre os dois divisores, ou entre os dois pontos mais altos do eixo, não oferecia vantagens técnicas e econômicas para uma adução por gravidade Daí a necessidade do prolongamento da linha de recalque até próximo ao segundo divisor na estaca 177 A partir daí a condução poderia, satisfatoriamente, ser realizada por gravidade

A questão da partida do bombeanento para alimentação da linha de recalque ficou parcialmente resolvida quando levou-se em consideração a parte B desse trabalho, referente aos projetos executivos dos sistemas de abastecimento das comunidades rurais mencionadas anteriormente As estações de bombeamento desses sistemas deveriam se posicionar à margem esquerda do rio e se integrar às instalações da transposição, inclusive para diluir custos operacionais

Por não se considerar vantajosa, pelas prevenções que se deve adotar, a implantação de uma estação de bombeamento flutuante à margem de rio, decidiu-se pela construção de uma Estação de Bombeamento Central (Sistemas Integrados) em uma área não inundável, distante cerca de 160 m da margem do rio onde foi prevista a construção de uma barragem móvel, com soleira fixa na cota 102,000

Assim a linha piezométrica do eixo de transposição o dividiu em três segmentos, a saber

1) Alimentação do rio à Estação de Bombeamento Central (EBC)
2) Da EBC à ESTACA 177 adução pressurizada
3) Da ESTACA 177 à ESTACA 328 adução gravitária

O segundo trecho já estava definido pela vazão de transferência, restava estudar alternativas para os outros trechos A seguir descreveremos de maneira sintética a abordagem e a seleção das alternativas adotadas

### 5.1.1. Alimentação D'água da Estação de Bombeamento Central - EBC

Duas alternativas foram estudadas

1) Alimentação pressurizada com utilização de bomba submersa abrigada e tubulação de recalque envelopada na saída seguida de trecho em aterro até a EBC

2) Canal de aproximação em seção trapezoidal revestido em concreto simples sobre manta plástica impermeável, incluindo acesso de manutenção e sistema de drenagem

Na primeira alternativa considerou-se os custos incrementais de instalações de rebaixamento de tensão e de comando e proteção elétrica

Para a Segunda alternativa considerou-se a ampliação das estruturas em concreto armado da Estação de Bombeamento Central, em consequência da baixa cota da linha d'água, numa área de cotas não inundáveis

A seguir os resultados das análises orçamentárias As planilhas dos orçamentos encontram-se no Anexo 01

ALTERNATIVA 1 ALIMENTAÇÃO PRESSURIZADA
**CUSTO R$ 154.173,84**

ALTERNATIVA 2 CANAL DE APROXIMAÇÃO
**CUSTO R$ 84.226,50**

Diante dos resultados das investigações financeiras realizadas decidiu-se pela alternativa 2, cuja vantagem nem mesmo levou em consideração os custos relativos a consumo de energia da 1ª alternativa

### 5.1.2. Seguimento 3: Adução Gravitária

Para aduzir as águas utilizando a energia de posição na estaca 177 duas possibilidades foram estudadas

1) Canal circular fechado utilizando tubos de PVC, DN 500 mm (1ª e 2ª etapas), flexíveis estruturados, assentado no subsolo, incluindo poços de visita implantados a cada 200 m e estrada de manutenção

2) Canal de seção trapezoidal revestido em concreto simples sobre manta plástica impermeável, estrada de manutenção, estruturas de drenagem e cercas de proteção

Após as investigações orçamentárias realizadas, verificou-se que os custos relativos às duas alternativas são praticamente iguais, com uma pequena diferença a favor da alternativa 1 Em face do exposto a solução foi adotada com base na prioridade dirigida ao canal fechado por razões de natureza operacional Portanto, ficou definida a escolha da alternativa 1

A seguir os resultados das análises orçamentárias As planilhas dos orçamentos para as duas alternativas encontram-se no Anexo 02 Os cálculos das quantidades de materiais envolvidos nos serviços de terraplenagem estão reunidos em quadros de cubação organizados no Anexo 03

ALTERNATIVA 1 CANAL CIRCULAR FECHADO
**CUSTO R$ 303.694,60**

ALTERNATIVA 2 CANAL ABERTO SEÇÃO TRAPEZOIDAL
**CUSTO R$ 313.838,68**

## 6. DETALHAMENTO DO PROJETO

### 6 1 DESCRIÇÃO GERAL

A previsão de vazão para a transposição de água do Rio Pirangi perenizado para a Lagoa de Uruaú é da ordem de 170 l/s dividida em duas etapas, conforme definido pela SRH O projeto executivo, objeto do presente relatório, embora propicie a captação e adução de apenas metade da vazão referida já detalhou trechos dessa transposição com suporte para conduzir a vazão total pré-estabelecida para as duas etapas Assim sendo, tanto o Canal de Aproximação, que desviará a água do rio para o poço de sucção da Estação de Bombeamento Central, como o segmento de adução por gravidade, realizada pelo canal circular fechado de PVC (RIB LOC), foram projetados para as duas etapas A seguir serão descritas as obras de transposição seguindo a ordem das instalações dos equipamentos

a) Captação

O plano d'água no leito perenizado do rio Pirangi será elevado para a cota 102,000 através de uma barragem rígida de soleira fixa na cota referida A partir da ombreira esquerda da referida barragem, implantar-se-á uma obra de tomada d'água para desvio da mesma na direção de um canal de seção trapezoidal revestido em concreto e manta plástica impermeabilizante O canal parte da cota de fundo 101,500 chegando na soleira de entrada do poço de sucção da Estação de Bombeamento Central, na cota 101,483 Nesse poço dar-se-á a recaptação da água e o seu recalcamento até o 2º divisor do caminhamento proposto, de onde partirá o canal circular fechado em tubos PVC nervurados

O canal de aproximação possui em torno de 165 m de comprimento, com fundo de 1,0 m, taludes de 3H 2V, altura total, incluindo a folga, de 2,0 m e declividade de 0,01% A folga de

1,0 m definida para o canal deveu-se à necessidade de assimilação das variações de níveis nas soleiras móveis da barragem, através da colocação de "stop-logs"

b) Estação de Bombeamento Central – EBC

A Estação de Bombeamento Central foi assim denominada por se constituir no centro de operações de bombeamento não só do eixo de transposição, objeto do presente relatório, como também dos sistemas de abastecimento dos núcleos urbanos de Itapeim, Andreza, Arataca, que são projetos executivos correspondentes à PARTE B do contrato Nº 19 / 2000 / SRH firmado com a SLA CONSULTORIA e PROJETOS Ltda Por essa razão foi reservado o espaço necessário para as instalações desses novos sistemas conforme pode ser visualizado na Planta A2 1

No que concerne à transposição, o sistema foi projetado para a 1ª etapa, para uma vazão de 306 $m^3/h$ ou 85 l/s Foi previsto para essa primeira etapa um conjunto motor-bomba ativo e um de reserva Na casa de bombas e compartimento de comando elétrico, também foi reservado espaço para o terceiro conjunto motor-bomba responsável pela vazão da 2ª etapa Os cálculos hidráulicos do sistema de bombeamento estão detalhados no Capítulo 7 – Memorial de Cálculo A seguir apresenta-se as curvas de performance do sistema e o seu quadro operacional, na Figura 6 1 e Quadro 6 1, respectivamente

QUADRO 6 1 Dados operacionais do sistema de bombeamento

| NÍVEIS D'ÁGUA | COTAS | VAZÃO ($m^3/s$) | ALT TOTAL (m.c.a) | RENDIMENTO $\eta$ (%) | POTÊNCIA (CV) | NPSH (m) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Disponível | Requerida |
| N A $_{MÍN}$ | 102,000 | 304,00 | 45,50 | 80,60 | 65 | 7,36 | 3,50 |
| N A $_{MAX}$ | 104,500 | 350,00 | 42,50 | 80,00 | 70 | 10,00 | 3,70 |

Vê-se através do quadro acima que a potência requerida para a bomba é de 70 CV, daí a subestação rebaixadora prevista para 75 KVA Para os níveis de sucção previstos não haverá problemas de cavitação, a menos que os detritos carreados pelo canal possam causar bloqueio de fluxo no crivo, o que se resolve com limpezas periódicas

c) Adução Pressurizada

Serão utilizados tubos de PVC rígido, DE Fofo, 1 MPA, junta elástica integrada Para a 1ª etapa está prevista uma tubulação de 3 400 m de comprimento, de diâmetro DN 300mm Durante o percurso da linha serão afixados registros de gaveta para descargas de manutenção nos pontos baixos, assim como ventosas para controle de saída e entrada de ar nos pontos altos Toda a tubulação será aterrada em valas de no mínimo 0,90 m de largura e 0,90 m de recobrimento A linha piezométrica parte na situação de maior exigência de pressão 4,55 Kg/cm$^2$ até 0,2 Kg/cm$^2$ no tanque de tranquilização da obra de transição prevista As oscilações de pressão causada por regimes transitórios serão abordados no Capítulo 7, ítem 7 4 O trecho pressurizado vai da Estaca 8+7,54 m , até a Estaca 177, no local da obra de transição PVC / RIB LOC

d) Adução por Gravidade

A partir da Estaca 177, a transposição de águas segue por um canal circular fechado, onde foram utilizados tubos de PVC nervurados confeccionados a partir de enrolamento helicoidal com encaixe macho e fêmea A vantagem do referido canal está na sua performance hidráulica uma vez que é um canal de paredes lisas O canal foi projetado enterrado mesmo naqueles trechos em que as cotas do terreno se apresentavam mais baixas que aquelas correspondentes à geratriz inferior do mesmo Nesse caso propôs-se o aterro desses trechos nas condições expostas na Planta A1 1 Importante ressaltar que o método de assentamento do tubo circular nestes trechos prevê, em primeiro lugar, a construção da sua plataforma de aterro, para em seguida promover-se a abertura das valas, a sua colocação e montagem, e por fim o seu

reaterro Outro aspecto importante é a implantação de poços de visita a cada 200 m no trecho de canal circular

Na sequência de assentamento do canal seguem-se quatro trechos de declividades diferenciadas procurando seguir o relevo do terreno para reduzir movimentos de terra Como a declividade do trecho seguinte é coincidentemente maior que a anterior não haverá alterações da linha d'água do escoamento por força do aparecimento de remansos Vale acrescentar que apenas o primeiro trecho possui declividade inferior à declividade crítica para a vazão de 170 l/s (1ª e 2ª etapas)

Já foi dito que o projeto e cálculos do referido canal, que se encontram expostos no Capítulo 7, subítem 7 3, foram desenvolvidos visando o atendimento integral das duas etapas, visto que qualquer outro estagiamento tornaria a solução muito mais onerosa, além do que, a previsão de implantação da segunda etapa é imediata, não compensando distribuir investimentos ao longo desse período Abaixo um quadro síntese dos níveis operacionais do canal para as duas etapas

QUADRO 6 2 Níveis operacionais do canal proposto para as duas etapas

| TRECHOS | ESTACAS | COMPRIM. (m) | DECLIVIDADE (m/m) | LÂMINA (Y/D) | ALTURA Y (m) | VELOCIDADE (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TRECHO 01 | E177 à E246 | 1 380 | 0,00101607 | 0,493 * | 0,246 | 0,88 |
| | | | | 0,800 ** | 0,400 | 1,00 |
| TRECHO 02 | E246 à E290 | 880 | 0,00341932 | 0,352 * | 0,176 | 1,37 |
| | | | | 0,519 ** | 0,259 | 1,65 |
| TRECHO 03 | E290 à E312 | 440 | 0,0048977 | 0,320 * | 0,160 | 1,56 |
| | | | | 0,467 ** | 0,233 | 1,88 |
| TRECHO 04 | E312 à E328 | 320 | 0,0164920 | 0,235 * | 0,117 | 2,41 |
| | | | | 0,335 ** | 0,167 | 2,94 |

* VAZÃO DA 1ª ETAPA 85 L/S

** VAZÃO DA 2ª ETAPA 170 L/S

Conforme pode ser observado no Quadro 6 2 acima, as velocidades no último trecho são altas para ambas as situações de escoamento A descarga dessas águas nas condições cinéticas referidas conferem a elas um grande poder erosivo Por essa razão foi projetado, ao final do trecho, estaca 328, um canal retangular horizontal com saída divergente onde deverá acontecer um ressalto hidráulico que permitirá dissipar energia e lançar no riacho uma corrente de baixa velocidade e pequena altura d'água, incapaz de erodir o leito do riacho dos Córregos

## 6 2 FICHA TÉCNICA

Assim dito, a transposição de água do Rio Pirangi para o sistema lacustre de Uruaú constitui-se de um conjunto de obras de pequeno porte com capacidade para transferir 85 l/s de água em sua primeira etapa e quase 170 l/s com as duas etapas em operação

A concepção segue um modelo bastante disseminado no Nordeste Brasileiro que é uma captação no referido rio, a partir de uma barragem de elevação de nível, com derivação à montante através de um canal de aproximação, seguindo até o reservatório de sucção da Estação de Bombeamento Central Da Estação de Bombeamento parte uma tubulação de recalque, que corresponderá ao trecho sob pressão do sistema adutor, até o segundo divisor de águas Dali prosseguirá um segundo trecho de adução, agora por gravidade, até a chegada no Riacho do Córrego onde será construída uma obra de descarga dotada de bacia de dissipação A alimentação elétrica do sistema será possível através do prolongamento de uma rede de AT de 13,8 KV a 200 metros do local de captação

A Ficha Técnica a seguir mostra um resumo das obras e equipamentos

**Ficha Técnica: Transposição Pirangi / Lagoa de Uruaú**

*A CAPTAÇÃO CANAL DE APROXIMAÇÃO*

- Seção trapezoidal
- Revestimento com manta impermeabilizante e concreto simples

- Vazão 200 l/s (na cota de nível d'água mínimo = 102,000)
- Altura 2,0 m
- Fundo 1,00 m
- Declividade 0,01%

*B. ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO (1ª ETAPA)*

- Conjunto Motor Bomba centrífuga 1750 rpm KSB 125-315, motor IP 54
- Nº de Unidades 01 ativa e 01 reserva
- Potência 70 CV

*C1 ADUÇÃO PRESSURIZADA*

- 1ª ETAPA
  - Tubo PVC DE FoFo, JEI, 1 MPA
  - $\phi$ 300 mm
  - Extensão 3400 m
  - Assentamento enterrado
- 2ª ETAPA
  - Tubo PVC DE FoFo, CL 15, JEI
  - $\phi$ 300 mm
  - Extensão 3400 m
  - Assentamento enterrado

*C2. ADUÇÃO GRAVITÁRIA (1ª e 2ª ETAPA)*

- Tipo canal circular
- Material. PVC nervurado enrolamento helicoidal com encaixe macho e fêmea
- $\phi$. 500 mm
- Extensão 3020 m

*D OBRA DE DESCARGA (1ª e 2ª ETAPA)*

- Tipo canal retangular horizontal com caixa de dissipação
- Dimensões Planta A6 1

*E. SUBESTAÇÃO REBAIXADORA (1ª e 2ª ETAPA)*

- Potência 75 KVA
- Tensão 380 / 440 V

*F. REDE ELÉTRICA (1ª e 2ª ETAPA)*

- Carga 13,8 KV
- Extensão 200 m

## 6 3 DESCRIÇÃO DO PROJETO ELÉTRICO

### 6.3.1. Finalidade do Projeto

O presente projeto tem como objetivo apresentar à CONCESSIONÁRIA para análise, o projeto de uma subestação abaixadora de 13 800-380/220V com potência instalada de 112,5kVA , o dimensionamento dos condutores, dispositivos de proteção, que se destinam ao suprimento de energia elétrica da ADUTORA DE BEBERIBE, que é formada pela Transposição Pirangi/Uruaú, Sistema Itapeim/Arataca, Sistema Andreza, Sistema Jatobá, no município de Beberibe - Ce

### 6.3.2.Concepção Geral

A energia será utilizada basicamente para iluminação, equipamentos e para o funcionamento dos Motores da Elevatória

A entrada de energia será aérea trifásica, a subestação será do tipo aérea, montada em poste 600/11 de concreto armado, duplo T, devidamente isolada, e constituída das seguintes unidades

a- unidade de entrada e medição ,

b- unidade de seccionamento e disjunção com proteção de sobrecorrente,

c- uma unidade de transformação 112,5kVA

O alimentador que liga o transformador ao Quadro de Comando dos Motores será em eletroduto de PVC rígido DN 3" embutido no piso e parede contendo 03(três) cabos de força de 70mm² e 01(um) neutro de 35mm²

As instalações prediais são convencionais A iluminação interna utiliza lâmpadas fluorescentes e incandescentes Todas as tomadas tem acesso para aterramento, sendo universal (podendo encaixar pino chato ou redondo) A iluminação externa é feita pôr lâmpadas de vapor de mercúrio, instaladas em luminárias publicas abertas, montadas na estrutura da Elevatória, acionadas automaticamente por fotocélulas

Toda proteção e controle geral das instalações elétricas é feita no Quadro Geral de Proteção de Baixa Tensão(QBBT) , através de disjuntores, com medição de tensão e corrente

A partida dos motores é feita através de chaves compensadoras automáticas, com proteções de sobrecorrente (fusíveis retardados), sobrecarga ( relé térmico) e falta de fase ( relé falta de fase)

Os motores são corrigidos automaticamente os seus fatores de potência para 0,92 (conforme Lei Federal) através de capacitores fixos para cada motor ( Correção Individual)

### 6.3.3.Carga Instalada

A carga instalada da subestação será de 02 (dois) motores de 70CV (01 reserva) , 02(dois) motores de 10CV (01 reserva) , 02(dois) motores 5CV (01 reserva), 02(dois) motores 3CV (01 reserva), com tensão nominal de 380V, 60HZ, com chave compensadora, e os serviços auxiliares de iluminação e tomadas de força e de uso comum

### 6.3.4.Níveis de Curto Circuito

Todos os materiais e equipamentos de Alta Tensão (13 800V) serão dimensionados para um nível de curto circuito simétrico de 5 kA Quanto a Baixa Tensão (380V) os materiais e equipamentos ligados aos transformadores de 112,5 kVA serão dimensionados para 5kA, bem como os ligados aos barramentos do QUADRO GERAL DE BAIXA TENSÃO (QGBT)

### 6.3.5.Filosofia de Proteção da Subestação

*6 3 5.1. Proteção de Alta Tensão (13.800V)*

O projeto da subestação prevê proteção de sobrecorrente através de Chave Fusível com capacidade de interrupção de 5kA completa, com elo fusível de 6K

*6 3 5 2 Proteção de Baixa Tensão (380V)*

A baixa tensão ligada ao transformador de 112,5 kVA será protegida por disjuntor termomagnético, 175A de corrente nominal, com capacidade de interrupção simétrica de 5kA

As chaves compensadoras terão proteção através de disjuntor acionado por relés para diversos tipos de faltas

Os serviços auxiliares serão protegidos por disjuntores termomagnético com capacidade de interrupção de 5KA

*6 3 5 3 Proteção dos Motores*

Os motores serão comandados por chaves compensadora, as quais deverão possuir proteção contra curto-circuito através de fusíveis devidamente dimensionados, proteção contra sobrecarga com relé térmico , proteção contra falta de fase, sub e sobretensão

Para maior segurança, todas as chaves seccionadoras dos circuitos dos motores serão do tipo abertura com carga e os circuitos dos serviços auxiliares serão protegidos com disjuntores termomagnéticos com capacidade de interrupção compatíveis com o item 6 2 deste documento

*6 3 5 4 Proteção de Sobretensão*

A subestação estará protegida contra sobretensão de origem atmosférica (onda plena e onda cortada), sobretensão de manobra e à frequência industrial (60Hz) através de pára-raios localizados na estrutura da subestação Todos os pára-raios são do tipo distribuição, com tensão nominal de 15 KV

**6.3.6.Condutores**

*6.3 6.1 Condutores de Alta Tensão*

O barramento de alta tensão será dimensionado para a potência da subestação (112,5 kVA), o mesmo será de vergalhão de cobre eletrolítico de 35mm$^2$, 7,5 mm de diâmetro

*6.3 6.2 Condutores de Baixa Tensão*

Os condutores ligados ao transformador de 112,5kVA foram dimensionados para suportar as correntes exigidas pelo transformador Na saída do transformador, terá 3 (três) cabos de cobre isolados EPR, 1kV, 70mm$^2$ de área, os quais farão a interligação do transformador ao Quadro de Comando dos Motores(CCM) Os cabos serão instalados em eletrodutos 3" polegadas (4 da norma NRB – 5410)

### 6.3.7.Aterramento

Todas as partes metálicas, não eletrificadas, serão aterradas, inclusive o transformador e o pára-raios

Será construída uma malha de terra com resistência menor ou igual a 20 ohms e interligado as partes metálicas através de cabos nu, bitola mínima de 35mm², hastes de 5/8" x 2,40m

### 6.3.8.Especificação dos Equipamentos

*6 3 8 1 Para-raios*

Os pára-raios deverão ser classe distribuição completo, com braçadeiras metálicas para fixação e possuírem as seguintes características

| | |
|---|---|
| a- Tensão nominal | 12KV |
| b- Corrente mínima nominal de descarga | 5kA |
| c- Máxima tensão residual de descarga (8 x 20 μS) | 43KV |
| d- Tensão Disruptura | |
| - Impulso Normalizada (Valor da Crista) | 43KV |
| - Impulso Atmosférico Cortada na Frente(Valor Crista) | 50KV |
| - Frequência Industrial Mínima (Valor Eficaz) | 18KV |
| e – Inclin da Frente da tensão de Impulso Atmosférico | 100KV/μS |

*6.3.8 2. Chaves Fusíveis*

As chaves fusíveis deverão ser do tipo indicadora, serem fornecidas completas, com ferragem de fixação , conectores e terminais, e possuírem as seguintes características

| | |
|---|---|
| a- Tensão nominal | 15KV |
| b- Corrente nominal | 200 A |
| c- Capacidade de interrupção simétrica | 5KA |
| d- NBI | 95A |
| e- Elo Fusível | 6K |

6 3 *8 3 Transformador*

O transformador deverá ser fabricado de acordo com as normas de ABNT e ter as seguintes características

| | |
|---|---|
| a- Tensão nominal | 15KV |
| b- Derivações Primárias | 13 800-13 200-12 600V |
| c- Potência | 112,5kVA |
| d- Capacidade de interrupção simétrica | 5KA |
| e -Tensões Secundárias | 380/220V |
| f - Montagem | em poste |
| g- Impedância a 75°C | 3 5% |
| h- NBI | 95KV |

*6 3 8 4 Chave Seccionadora*

As chaves seccionadoras deverão ser do tipo abertura com carga, comando simultâneo, fornecidas com toda ferragem para os comandos de abertura e fechamento, completa de conectores terminais e de aterramento e ter as seguintes características

| | |
|---|---|
| a- Tensão nominal | 15KV |
| b- Corrente nominal | 200 A |
| c- Comando | simultâneo |
| d- Abertura | com carga |
| e- NBI | 95KV |

*6.3 8 5 Condutores*

a- Os barramentos deverão ser completamente isolados e constituídos de barra de cobre eletrolítico com 99,9% de pureza,

b- Os barramentos deverão se projetados para as maiores correntes em regime permanente e em curto-circuito do disjuntor ligado a eles,

*6.3.8.6. Disjuntor*

O disjuntor deverá trifásico, com as seguintes características

| | |
|---|---|
| a- Tensão nominal | 15KV |
| b- Correntes nominal | 175A |
| c- Capacidade de interrupção simétrica | 5KA |
| d- Montagem | fixa |
| e- NBI | 95KV |

*6 3 8 7. Centro de Comando de Motores (CCM)*

O quadro metálico deve atender as normas da CAGECE e projeto, sendo seus componentes de fácil reposição e de fabricantes testados e conhecidos

Deve ser previsto ventilação adequada e que as partes energizadas fiquem protegidas do acesso e manuseio acidental Devem ser modulados, contudo com barramento geral de alimentação de fase, neutro e terra (proteção) E previsto comando manual ou automático local

Os motores reservas devem ser proibidos de uso por meio de intertravamentos eletromecânicos

Os quadros devem ser sinalizados por plaquetas fixadas nas portas frontais e com manuais completo colocados adequadamente no interior dos quadros

### 6.3.9. Recomendações Técnicas

*6 3.9 1. Geral*

A construção do padrão de energia deverá obedecer rigorosamente as especificações técnicas das normas de Fornecimento de Energia Elétrica da COELCE que regem as instalações em tensão primária (NT-002)

Todos os materiais usados devem ser novos, de fabricantes reconhecidos e respeitada idoneidade

Os transformadores serão recebidos com certificado de garantia e relatórios de ensaios fornecidos pelo fabricante

Os eletrodutos são antichama, as emendas devem ser por luvas e curvas rosqueáveis Deve ser evitado o uso de fogo para emendar ou confeccionar curvas

Os condutores devem ser antichama e ter isolamento uniforme em toda sua extensão, não se aceitando emendas ou reposição de isolamento por fitas ou outro material Serão de cobre, tempera mole, isolados para 750V e 1kV, cores para identificar fase (branco ou preto), neutro (azul), retorno (vermelho) e proteção ou terra (verde)

## 7 1 CURVAS CARACTERÍSTICAS DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO

### 7.1.1. Perdas de carga nas tubulações

As perdas de carga nas tubulações foram calculadas através da fórmula universal, também conhecida como fórmula de Darcy-Weisbach, que expressa a seguinte relação entre as perdas de carga e os parâmetros característicos das tubulações

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

A determinação das perdas, $h_f$ , foi obtida a partir do cálculo de "f ", fator de fricção, utilizando-se a fórmula de Colebrook-White, válida em todo o domínio dos escoamentos turbulentos

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{K}{3,7D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

O cálculo foi feito através de procedimentos iterativos, adotando-se para o parâmetro rugosidade, os seguintes valores, para os diversos tipos de materiais

- ferro fundido K = 0,00065 m
- tubo PVC rígidos K = 0,00010 m

Abaixo a denominação dos parâmetros da fórmula de Colebrook-Write

- f → fator de fricção
- g → gravidade (9,8 m/s²)
- D → diâmetro interno do tubo (em m)
- Re → número de Reynolds
- K → rugosidade absoluta (em m)

### 7.1.2. Perdas de Carga Localizadas

Uma vez que há ocorrência de perdas diferenciadas na passagem por conexões tais como, curvas, reduções, válvulas em geral e estas variam com a velocidade de fluxo, pode-se exprimir essas perdas singulares ou localizadas, pela fórmula abaixo, resultante do teorema de Borda-Belanger

$$\Delta h = k' \frac{V^2}{2g} \quad \text{ou} \quad \Delta h = k' \frac{8Q^2}{\pi^2 D^4 g}, \text{ sendo}$$

- k' → coeficiente de perdas obtido experimentalmente
- v → velocidade de fluxo (m/s)
- g → gravidade (9,8 m/s²)
- Q → vazão do sistema (m³/s)
- D → diâmetro interno das peças (ne)

## 7 2 ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO CENTRAL CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE FUNCIONAMENTO DA LINHA ADUTORA

As curvas de funcionamento do sistema determinam as alturas totais de carga necessárias à elevação do fluido para a vazão estabelecida Elas são expressas por equações quadráticas (uma relativa às perdas localizadas e outra relativa às perdas contínuas) e são definidas pelos níveis d'água operacionais dos poços de sucção

– Equação das perdas de carga localizadas (barrilete e obra de descarga)

A seguir, no Quadro 7 1, serão relacionadas as peças especiais e conexões que compõem o arranjo hidromecânico do sistema de bombeamento e adução No quadro 7 1 serão indicadas também as quantidades, diâmetros nominais e os coeficientes de perdas experimentais correspondentes à cada peça

QUADRO 7 1 Peças especiais e conexões que compõem o arranjo hidromecânico do sistema de bombeamento e adução

| TUBOS E CONEXÕES | QUANT (ud) | ϕ (mm) | COEF. DE PERDAS | PERDAS - FUNÇÃO DA VAZÃO (x $Q^2$) |
|---|---|---|---|---|
| **SUCÇÃO** | | | | |
| Válvula de pé c/ crivo | 01 | 300 | 4,00 | 35,05 |
| Toco. FoFo, L = 2,0 m | 01 | 300 | - | 3,505 |
| Curva 90°, FoFo | 01 | 300 | 0,40 | - |
| Registro de gaveta aberto | 01 | 300 | 0,20 | 1,753 |
| Redução excêntrica | 01 | 300 X 150 | 0,20 | 1,753 |
| Toco. FoFo, L = 1,0 m | 01 | 300 | - | |
| Toco equivalente ⇒ L = 3,0 m | 01 | | | 2,00 |
| Obs Diâmetro interno de DN 300 = 311,60 m | | | | |
| TOTAL | | | | 44,061 |
| **RECALQUE** | | | | |
| Redução concêntrica, Aço | 01 | 125 X 250 | 0,15 | 2,69 |
| Curva 90°, FoFo | 07 | 250 | 0,40 | 7,18 |
| Tê saída lateral | 01 | 250 | 1,30 | 23,36 |
| Válvula borboleta aberta | 01 | 250 | 0,30 | 5,39 |
| Registro de gaveta aberto | 01 | 250 | 0,20 | 3,59 |
| Ampliação concêntrica | 01 | 250 | 0,30 | 5,39 |
| Válvula de retenção p dupla | 01 | 250 | 2,75 | 49,41 |
| Toco, FoFo, L = 1,50 m | 01 | 250 | - | - |
| Toco, FoFo, L = 1,00 m | 01 | 250 | - | - |
| Toco, FoFo, L = 1,50 m | 01 | 250 | - | - |
| Toco, FoFo, L = 0,50 m | 01 | 250 | - | - |
| Toco, FoFo, L = 1,20 m | 01 | 250 | - | - |
| Toco equivalente ⇒ L ≅ 6,00 m | | | | 10,31 |
| Obs Diâmetro interno de DN 250 = 260,40 m | | | | |
| TOTAL | | | | 107,32 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **LINHA ADUTORA** | | | | |
| Tubo PVC de FoFo DN 300, CL 1,0 MPA | | 300 | - | 1624,32 (+ 10%) |
| **OBRA DE DESCARGA** | | | | |
| Curva 90°, FoFo | 01 | 300 | 0,40 | 4,09 |
| Registro de descarga aberto | 01 | 300 | 0,20 | 2,04 |
| Entrada (jato afogado) | 01 | 300 | 1,00 | 10,22 |
| **TOTAL GERAL** | | | | **≅ 1791,37** |

* Com base na velocidade da menor seção

Com base nos procedimentos técnicos estabelecidos anteriormente, a equação de perdas para as tubulações de sucção, recalque e obra de descarga é

$$\Delta H = 167{,}73\ Q^2$$

Para a determinação dessa equação foram utilizados os seguintes parâmetros

- $V = 0{,}000001\ m/s^2$ (viscosidade cinemática)
- $K = 0{,}00065$ m (rugosidade absoluta do ferro fundido0
- $K = 0{,}0001$ m (rugosidade absoluta do PVC)
- $f_{PVC} = 0{,}0169284$
- $f_{FoFo} = 0{,}0241944$

- Equação das perdas de carga contínuas

$$\Delta H = 167{,}73\ Q^2$$

- Equação Geral

$$\Delta H = 1791{,}73\ Q^2$$

$$\Delta H = 1792\ Q^2$$

- Curva de Performance do Conjunto Motor-bomba Selecionado

Tipo Centrífuga de Eixo Horizontal

Rotação 1750 r p m

Fabricante KSB MEGANORM, tamanho 125-315

Rotor 319

### 7.2.1. Análise de NPSH

A avaliação das condições de instalação da Estação de Bombeamento Central, no que se refere à propensão à cavitação, baseou-se na determinação do NPSH disponível e na sua confrontação com o requerido pelo modelo do conjunto motor-bomba selecionado Assim

- NPSH disponível = $\frac{P_o}{\gamma} - (h_s + \frac{p_v}{\gamma} + \Delta h_s)$

$P_o \rightarrow$ pressão atmosférica

$h_s \rightarrow$ altura de sucção

$\frac{P_o}{\gamma} \rightarrow$ pressão de vapor a 30°

$\Delta h_s \rightarrow$ perdas de carga na sucção

- NPSH disponível = 10,33 – (2,00 + 0,57 + 0,40) = 10,33 – 2,97

  NPSH disponível = 7,36 m

Em função do catálogo do fabricante o NPSH requerido é aproximadamente 3,50 m, donde

$NPSH_{disponível} > NPSH_{requerido}$ (7,36 >> 3,50)

Em face do resultado acima, conclui-se que não haverá problemas de operação qualquer que seja o ponto de trabalho do sistema

## 7 3 SEGUNDO SEGMENTO DA TRANSPOSIÇÃO PIRANGI / URUAÚ

### 7.3.1. Canal de Seção Circular com tubos RIB-LOC

O segundo trecho da transposição das águas do rio Pirangi ao sistema lacustre de Uruaú foi projetado em escoamento livre, através de um canal de seção circular utilizando tubos flexíveis estruturados com diâmetro igual a 500 mm O perfil do referido canal procurou acompanhar as declividades naturais do terreno, procurando-se evitar lâminas superiores a 80% do diâmetro, conforme estabelece Quintela (1981) O canal encerra com uma obra de descarga dotada de bacia de dissipação (ressalto hidráulico) conforme detalhamento posterior

### 7.3.2. Determinação da lâmina de fluxo

Dados do problema

- Q = 0,170 $m^3/s$ (considerando 1ª e 2ª etapas)
- $\eta$ (Manning) = 0,009 (informação do fabricante)
- Declividades e comprimentos

  trecho 1 L = 1120 m, i = 0,0010607 m/m

  trecho 2 L = 880 m, i = 0,00341932 m/m

  trecho 3 L = 440 m, i = 0,00489773 m/m

  trecho 4 L = 320 m, i = 0,0164920 m/m
- Diâmetro do tubo 500 mm

Tomando partido da fórmula de Gaucler-Manning, para escoamentos uniformes, adaptadas a canais de seção circular e através de processos iterativos, utilizando-se calculadoras programáveis, foi possível determinar os dados característicos do escoamento conforme espostos na Tabela 7 1 abaixo

TABELA 7 1 Dados característicos do escoamento no canal circular

| TRECHOS | DECLIVIDADE (m/m) | COMPRIMENTO (m) | LÂMINA (Y/D) | ALTURA (Y; m) | VELOCIDADE (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| TRECHO 1 | 0,00101607 | 1380 | 0,80 | 0,40 | 1,009 |
| TRECHO 2 | 0,00341932 | 880 | 0,52 | 0,26 | 1,65 |
| TRECHO 3 | 0,00489773 | 440 | 0,46 | 0,23 | 1,88 |
| TRECHO 4 | 0,01649200 | 320 | 0,33 | 0,16 | 2,94 |

A expressão utilizada na iteração para cálculo do ângulo da seção de escoamento é

$$\theta_{n=1} = \text{sem}\ \theta_n + 6{,}063 \left(\frac{Q}{K\sqrt{i}}\right)^{0,6} D^{-1,6}\ \theta_n 0{,}4$$

Este tipo de resolução deve limitar-se ao domínio de θ em que existe uma única solução ou seja, para $\theta < 4{,}53$ rad ou $(h/D) < 0{,}82$ O valor de Y/D calcula-se a partir do valor de θ assim obtido

### 7.3.3. Regime de escoamento para os diferentes trechos

Para classificação dos regimes de escoamento nos diferentes trechos de adução gravitária desenvolveu-se a curva de energia específica para as condições de escoamento dadas A equação da energia específica é expressa da seguinte forma

$$E(y) = y + \frac{V^2}{2g}\text{, sendo}$$

$y \rightarrow$ altura da lâmina (m)

$V \rightarrow$ velocidade do escoamento (m/s)

$g \rightarrow$ gravidade (9,81 m/s$^2$)

Na Tabela 7 2 e Figura 7 2, a seguir, expõe-se os dados e o gráfico da curva de energia, de onde, aproximadamente, definiu-se a altura crítica do escoamento, assim como a declividade crítica para a vazão e seção de canal dadas

Sendo $Y_c$ , $I_c$ assim definidos, podemos classificar os regimes de escoamento para os vários trechos Os valores de $I_c$ e $Y_c$ são, respectivamente, 0,265% e 0,28 m, obtidos do gráfico extraído da Tabela 7 2

Trecho 1, $i_1 = 0{,}1\%$ , portanto $i_1 < i_c \Rightarrow$ Regime lento

Trecho 2, $i_2 = 0{,}34\%$ , portanto $i_2 > i_c \Rightarrow$ Regime rápido

Trecho 3, $i_3 = 0{,}49\%$ , portanto $i_3 > i_c \Rightarrow$ Regime rápido

Trecho 4, $i_1 = 1{,}65\%$ , portanto $i_4 > i_c \Rightarrow$ Regime rápido

### 7.3.4. Remansos e ressaltos

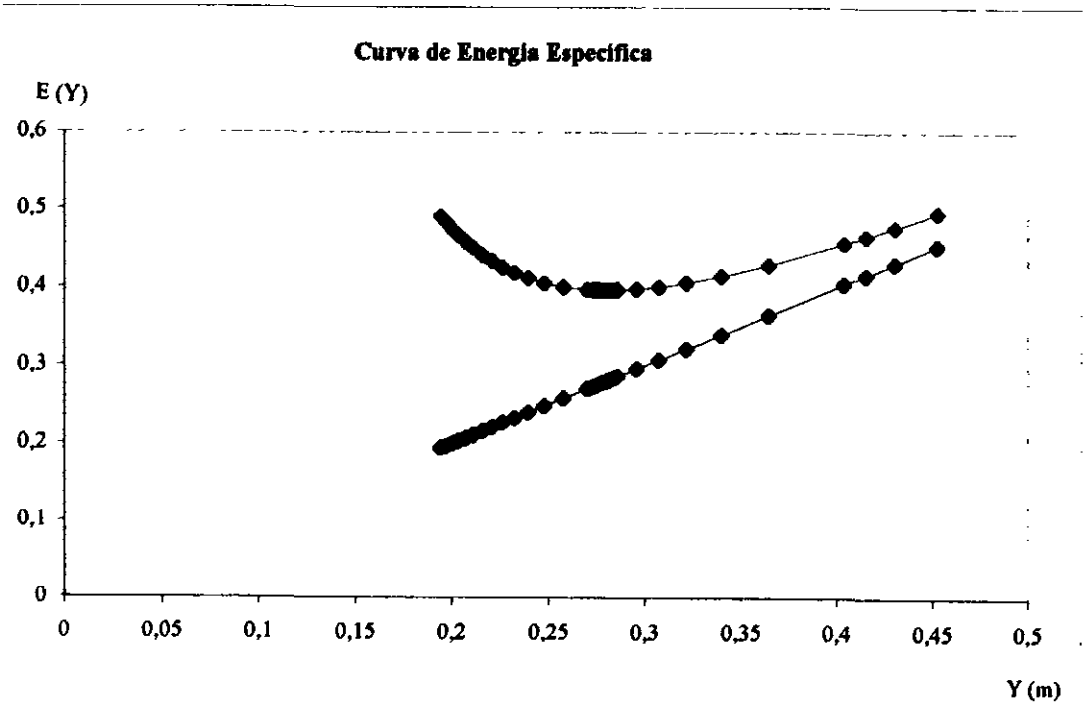
No regime lento o escoamento é controlado por jusante, bem como no regime rápido o mesmo é controlado por montante Dessa forma, na mudança do primeiro para o segundo trecho ambos os escoamentos serão comandados pelo regime crítico a se estabelecer no ponto de mudança de declividades Sendo assim não haverá formação de remansos para montante alterando a linha d'água do trecho inicial, nem ressaltos na zona de transição

Nas outras zonas de alteração de declividades (note-se que as declividades crescem no sentido do escoamento) e considerando ainda que, para esses trechos, as declividades são sempre superiores à declividade crítica, as transições também não provocaram remansos nos trechos anteriores

TABELA 7 2 Valores da Curva de Energia Específica para Q = 0,170 m3/s

| I (m/m) | O (rad) | Y/D | Y (m) | V (m/s) | V /2g | E (Y) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,000850 | 5,028 | 0,904 | 0,45241895 | 0,90982794 | 0,042190972 | 0,494609922 |
| 0,000900 | 4,753 | 0,860 | 0,43038196 | 0,94563368 | 0,045577118 | 0,475959078 |
| 0,000950 | 4,586 | 0,830 | 0,41526026 | 0,97525444 | 0,048477127 | 0,463737387 |
| 0,001000 | 4,464 | 0,807 | 0,40353593 | 1,00118690 | 0,051089460 | 0,454625390 |
| 0,001250 | 4,093 | 0,729 | 0,36457877 | 1,10828579 | 0,062604352 | 0,427183122 |
| 0,001500 | 3,876 | 0,679 | 0,33975650 | 1,19659887 | 0,072979045 | 0,412735545 |
| 0,001750 | 3,723 | 0,643 | 0,32165959 | 1,27333484 | 0,082639226 | 0,404298816 |
| 0,002000 | 3,605 | 0,614 | 0,30746683 | 1,34224902 | 0,091826322 | 0,399293152 |
| 0,002250 | 3,508 | 0,591 | 0,29563362 | 1,40653685 | 0,100833125 | 0,396466745 |
| 0,002500 | 3,429 | 0,571 | 0,28581761 | 1,46523788 | 0,109425181 | 0,395242791 |
| 0,002550 | 3,416 | 0,568 | 0,28427672 | 1,47493545 | 0,110878419 | 0,395155139 |
| 0,002600 | 3,400 | 0,564 | 0,28233321 | 1,48736361 | 0,112754868 | 0,395088078 |
| 0,002630 | 3,392 | 0,562 | 0,28125740 | 1,49434353 | 0,113815626 | 0,395073026 |
| 0,002640 | 3,389 | 0,561 | 0,28096702 | 1,49623399 | 0,114103779 | 0,395070799 |
| 0,002645 | 3,389 | 0,561 | 0,28086746 | 1,49688480 | 0,114203063 | 0,395070523 |
| 0,002646 | 3,389 | 0,561 | 0,28087014 | 1,49686722 | 0,114200381 | 0,395070521 |
| 0,002647 | 3,388 | 0,561 | 0,28081759 | 1,49721098 | 0,114252840 | 0,395070430 |
| 0,002648 | 3,388 | 0,651 | 0,28079493 | 1,49735925 | 0,114275470 | 0,395070400 |
| 0,002649 | 3,388 | 0,561 | 0,28075614 | 1,49761317 | 0,114314231 | 0,395070371 |
| 0,002650 | 3,388 | 0,561 | 0,28072610 | 1,49780985 | 0,114344258 | 0,395070358 |
| 0,002660 | 3,386 | 0,561 | 0,28050038 | 1,49928947 | 0,114570281 | 0,395070661 |
| 0,002700 | 3,375 | 0,558 | 0,27922584 | 1,50770250 | 0,115859675 | 0,395085515 |
| 0,002750 | 3,361 | 0,554 | 0,27743142 | 1,51971736 | 0,117713601 | 0,395145021 |
| 0,002800 | 3,350 | 0,552 | 0,27610355 | 1,52873859 | 0,119115274 | 0,395218824 |
| 0,002850 | 3,338 | 0,549 | 0,27461587 | 1,53897983 | 0,120716561 | 0,395332431 |
| 0,002900 | 3,326 | 0,546 | 0,27309511 | 1,54959792 | 0,122388059 | 0,395483169 |
| 0,003000 | 3,302 | 0,540 | 0,27008281 | 1,57108660 | 0,125805969 | 0,395888779 |
| 0,003500 | 3,203 | 0,515 | 0,25777951 | 1,66562325 | 0,141401677 | 0,399181182 |
| 0,004000 | 3,123 | 0,495 | 0,24778794 | 1,75133595 | 0,156329134 | 0,404117074 |
| 0,004500 | 3,057 | 0,478 | 0,23943386 | 1,83005713 | 0,170698731 | 0,410132591 |
| 0,005000 | 3,001 | 0,465 | 0,23250792 | 1,90080335 | 0,184151548 | 0,416659468 |
| 0,005500 | 2,951 | 0,452 | 0,22627021 | 1,96924007 | 0,197650686 | 0,423920896 |
| 0,006000 | 2,907 | 0,441 | 0,22076473 | 2,03372343 | 0,210806880 | 0,431571610 |
| 0,006500 | 2,867 | 0,431 | 0,21585509 | 2,09474292 | 0,223646682 | 0,439501772 |
| 0,007000 | 2,830 | 0,422 | 0,21124509 | 2,15530337 | 0,236765169 | 0,448010259 |
| 0,007500 | 2,798 | 0,414 | 0,20727021 | 2,21025050 | 0,248991196 | 0,456261406 |
| 0,008000 | 2,768 | 0,407 | 0,20363171 | 2,26291790 | 0,260998849 | 0,464630559 |
| 0,008500 | 2,742 | 0,400 | 0,20048007 | 2,31048317 | 0,272086263 | 0,472566333 |
| 0,009000 | 2,717 | 0,394 | 0,19736908 | 2,35930856 | 0,283707282 | 0,481076362 |
| 0,009500 | 2,693 | 0,388 | 0,19447544 | 2,40648505 | 0,295166682 | 0,489642122 |

FIGURA 7 2 Gráfico da Curva de Energia Específica



- Perda de carga na entrada do Canal Circular

Quando a água entra num canal cuja declividade é menor que a crítica, há uma perda de carga igual a

$$\Delta h = 0{,}1 \frac{V^2}{2g}$$ , sendo, V, a velocidade do canal $\Rightarrow$ $\Delta h = 0{,}1 \left(\frac{1{,}00}{2g}\right)^2 = 0{,}005$ m

7 4 OBRA DE DESCARGA

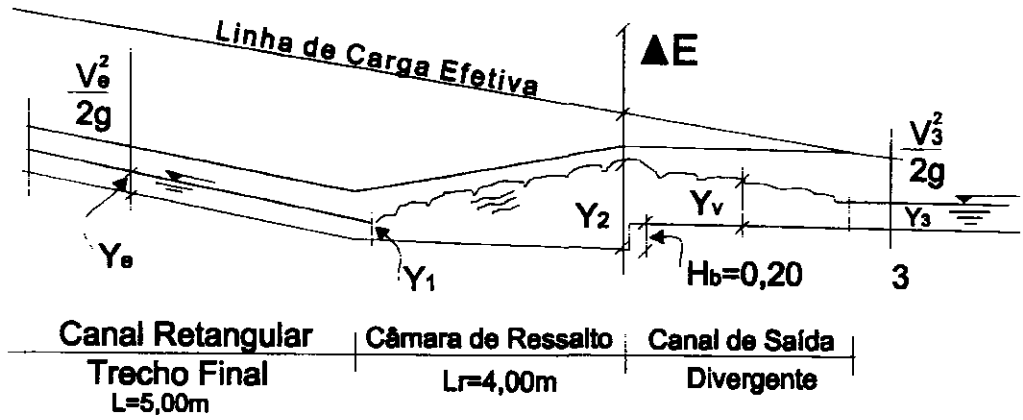
A obra de descarga situada, obviamente, no trecho final de canal, requererá prevenção contra o forte poder erosivo das águas efluentes A velocidade uniforme do último trecho, como calculado, é da ordem de 3 m/s, suficientemente capaz de provocar profundas aberturas erosivas no solo, no local de deságue, colocando em risco o próprio canal de transposição

Em virtude do exposto, a obra de descarga deverá conter bacia de dissipação capaz de neutralizar a carga cinética remanescente do escoamento, lançando no leito do córrego efluente com carga hidráulica compatível com a resistência dos solos existentes

A velocidade de despejo final a ser alcançada não deve ser superior a 0,40 m/s, com baixas alturas de fluxo, em torno de 0,30 m

Para alcançar esses objetivos utilizamos o ressalto hidráulico como instrumento de dissipação de energia com saída por um canal de seção divergente com declividade mínima, conforme será detalhado a seguir

### 7.4.1. Dimensionamento da Obra de Descarga




- Marcha de cálculo das alturas conjugadas, $y_1$ e $y_2$

I) Cálculo da altura crítica $y_c$

$$Y_c = \sqrt[3]{(q^2/g)} = \sqrt[3]{(0,17^2/9,81)} = 0,14 \text{ m}$$

$$Q = 0,17/1,0 = 0,17$$

II) Cálculo do número de Froude

$V_{CC} = 2,94$ m/s $\qquad V_{CR} = 1,55$ m/s

$\bar{V} = 2,24$ m/s $\qquad y_{CR} = 0,11$ m

$$|F = \frac{\bar{V}^2}{g\ y} = \frac{(2,24)^2}{9,81\ \ 0,11} = 4,65$$

$$|F = 4,65$$

III) Cálculo dos conjugados, $y_1$ e $y_2$

$y_1 = 0,11$ (considerando canal retangular em regime uniforme)

$$\frac{y_2}{y_1} = 0,5\ [\sqrt{(1 + 8\ F_R^2)} - 1]$$

$y_2 = 0,5 \times 0,11 \quad \{\sqrt{[91 + 8(4,65)^2]} - 1\}$

$y_2 = 0,67$ m

IV) Cálculo da largura do ressalto

$L_r = 6,9 \; y_r$ , onde $y_r = y_2 - y_1$ , assim

$y_r = 0,67 - 0,11 = 0,56$

$L_r = 6,9 \times 0,56 = 3,86$

V) Canal de saída (regime uniforme)

$I = 0,0001$ m/m , $F = 1,00$ m , $K = 60 \quad \Rightarrow$

$\Rightarrow \quad y_s = 0,65$ m , $V_{(saída)} = 0,26$ m/s

VI) Verificação das relações entre parâmetros encontrados

$y_1 / y_c = \{ 2 / y_2 / [y_1(y_2 \quad y_1 + 1)]\}^3$

$y_1 / y_c = \{ 2 / 0,67 / [0,11(0,67 \times 0,11 + 1)]\}^3$

$y_1 / y_c = 0,673 \quad \Leftrightarrow \quad 0,11 / 0,14 = 0,78$

Obs Resultado razoavelmente próximo

VII) Linha d'água no canal divergente

Na condição de movimento permanente e com base no princípio da conservação da massa, a linha d'água pode ser estimada para avaliação das condições de despejo utilizando-se a equação de Glaucker-Manning Resulta

$Y_{(entrada)} = 0,54$ m, $V_{(entrada)} = 0,26$ m/s

$Y_{(meio)} = 0,33$ m, $V_{(meio)} = 0,24$ m/s

$Y_{(boca)} = 0,26$ m, $V_{(boca)} = 0,22$ m/s

1111054

Nas condições acima não haverá problemas de erosão nos solos da área de descarga

7 5 TRANSIENTES HIDRÁULICOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO

A análise do fenômeno do golpe de ariete, nas instalações de recalque, será feita com vista a determinar as linhas piezométricas mínimas e máximas durante o evento da interrupção do fornecimento de energia elétrica Para atingir este objetivo será utilizaremos duas metodologias

1 Para o estudo preliminar adotaremos a metodologia baseada na seguinte bibliografia

KINNO, H e KENNEDY, J F –Water Charts for Centrifugal Pump Systems Journal of the Hidraulics Division, American Society of Engeneers, Volume 91, nro HY 3, May 1965, Part 1 of 2 parts

2 Para o estudo definitivo adotaremos modelos numéricos para análise de transitórios em adutoras com base no método das retas características

**7.5.1. Estudos preliminares do golpe de ariete no trecho de adução pressurizada**

➢ Aplicação do método 1

O método KINNO e KENNEDY, como é chamado, calcula as cotas piezométricas, máximas e mínimas na bomba e no ponto médio da adutora

Os fatores que devem ser calculados para servir como entrada nos gráficos são

- Constante da linha, $\rho$ (adimensional)

$$\rho = \frac{a \; V_R}{2 \; g \; H_R}$$ , sendo

$a \rightarrow$ celeridade de propagação do golpe de ariete (m/s)

$V_R \rightarrow$ velocidade da água na adutora para o ponto de funcionamento ótimo (m/s)

$H_R \rightarrow$ altura manométrica no ponto de ótimo rendimento (m)

$g \rightarrow$ aceleração da gravidade ($m/s^2$) , assim

$$\rho = \frac{462 \times 1{,}204}{2 \times 9{,}81 \times 46} = 0{,}61$$

$$a = \frac{9\,900}{\sqrt{[48{,}3 + K\,(D/e)]}} = \frac{9\,900}{\sqrt{[48{,}3 + 18 \times (0{,}2998 / 0{,}01310)]}} \cong 462 \text{ m/s}$$

- Constante da bomba (K1) $(s^{-1})$

$K1 = 896\,000\, H_R\ Q_R / [WR^2\ E_R\ (N_R)^2]$, sendo

$Q_R$ → vazão no ponto de máximo rendimento $(m^3/s)$,

$WR^2$ → momento de inércia das massas girantes (inclui todas as bombas, motores e eventuais volantes) $(kgfm^2)$,

$E_R$ → rendimento no ponto de funcionamento (adimensional)

$N_R$ → rotação do grupo motor-bomba (rpm)

$K1 = 896\,000 \times 46 \times 0{,}085 / [1{,}5606 \times 0{,}80 \times (1750)^2]$

$K1 = 0{,}916\ s^{-1}$

- Adimensional $\tau$

$\tau = \frac{1}{K1\,(2\,L/a)}$, sendo

$K1$ → constante da bomba $(s^{-1})$

$L$ → Comprimento da adutora (m)

$a$ → Celeridade (m/s)

$$\tau = \frac{1}{0{,}916 \times (2 \times 3400/462)} = 0{,}074$$

- Fator de perda de carga, $h_f$ (adimensional)

$$h_f = \frac{H_f}{H_R}, \text{ onde}$$

$H_f \rightarrow$ perda de carga na adutora (m c a)

$$h_f = \frac{12,94}{46,00} = 0,281$$

Entrando nos gráficos das Figuras 7 5, com $\tau = 0,074$, $\rho = 0,61$ e $h_f = 0.281$ , ter-se-á a pressão adimensional mínima na bomba ($h_d = 0,01$) e no meio da adutora ($h_d = 0,1$) Assim

A pressão mínima na bomba

$$H_{MÍN} = h_d \times H_R = 0,01 \times 46 = 0,46 \text{ m c a}$$

A pressão mínima na adutora (meio)

$$H_{MÍN\ (meio)} = h_{d\ (meio)} \times H_R = 0,1 \times 46 = 4,60 \text{ m c a}$$

Entrando nos gráficos das Figuras 7 6, para encontrar as pressões máximas na bomba e no meio da adutora

A pressão máxima na bomba

$$H_{MAX} = h_m \times H_R \Rightarrow H_{MAX} = 1,70 \times 46 = 78,20 \text{ m c a}$$

A pressão máxima no meio da adutora

$$H_{MAX\ (meio)} = h_{m\ (meio)} \times H_R \Rightarrow H_{MÁX\ (meio)} = 1,40 \times 46 = 64,40 \text{ m c a}$$

Diante desses resultados encontrados, ainda que de forma preliminar, pode-se antevê que os riscos de danificação das instalações de recalque poderiam acontecer com muito maior probabilidade por ocorrência de depressões na linha de adução, atingindo, eventualmente, as pressões de colapso dos materiais empregados (sobretudo PVC) do que propriamente pela ocorrência de sobrepressões Em todo caso as pressões transientes calculadas, se assim se

mantiverem no aprofundamento dos estudos, são perfeitamente assimiláveis pelas instalações projetadas, o que exporemos a seguir

### 7.5.2. Estudos Definitivos dos Transientes

- Aplicação do Método 2

O modelo matemático aqui utilizado para análise dos transientes hidráulicos e para dimensionamento dos equipamentos de proteção, como já comentado O referido modelo é baseado no método das retas características e constitui-se num *software* de demonstrada precisão e performance, conhecido nos meios técnicos como CTRAN

As equações básicas utilizadas na análise de transitórios hidráulicos podem ser matematicamente expressas pela equação dinâmica do *momentum* (formulação matemática da 2ª lei de Newton) e pela equação da continuidade O sistema constituído por essas equações diferenciais é então resolvido tomando partido das retas características e a solução é o conhecimento das vazões "Q", e cargas piezométricas "H" ao longo da tubulação, dada pela abcissa x a cada instante "t", durante a ocorrência do regime transiente

Para a formulação do problema do transitório hidráulico na linha adutora da transposição Pirangi/Uruaú, foram reunidos os dados referentes ao sistema envolvendo equipamentos, materiais, dimensões, perfil do terreno de assentamento, que expressam as características da linha e suas condições de contorno Esses dados são mostrados no Quadro 7 2

QUADRO 7 2 Dados da adutora para análise de transientes hidráulicos

**1. Conjunto motor-bomba (KSB MEGANORM 125-315, 1.750 RPM)**

- $H_{MAN}$ = 46 m c a
- VAZÃO = 304 $m^3/h$ ou 0,085 $m^3/s$
- ROTAÇÃO NOMINAL 1 750 rpm
- RENDIMENTO DA BOMBA 0,80
- CONJUGADO (Momento de Inércia do Conjunto) = 0,9801 Kg $m^2$
- DESNÍVEL GEOMÉTRICO = 32 m
- POTÊNCIA DO CONJUNTO = 75 CV
- MONOESTÁGIO ROTOR 319
- Nº DE UNIDADES 01 unidade

**2. Adutora**

- TUBOS TIPO PVC RÍGIDO DE FoFo, JEI, CL 1 MPA
- DIÂMETRO DN 300 mm e DI = 299,8 mm
- ESPESSURA 13,10 mm
- COMPRIMENTO 3 380 m
- NÍVEL D'ÁGUA MAXIMO DO RESERVATÓRIO DE DESCARGA COTA 132,00
- NÍVEL D'ÁGUA MÍNIMO DE SUCÇÃO COTA 100,000
- EXTENSÃO DA EST 08 À EST 177

**3. Equação da Curva do Encanamento**

- $H = 1\,791,73\,Q^2$ (Regime Permanente)

**4. Equação da Curva da Bomba**

- Os pontos que definem a curva de performance da bomba consta da Figura 7 1

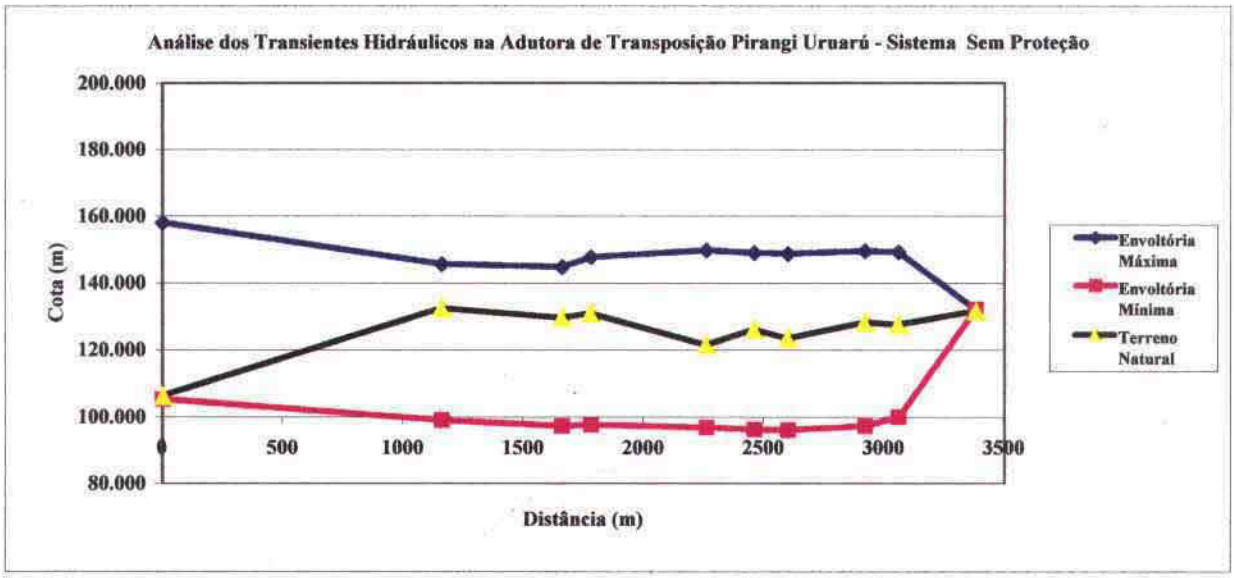
As simulações foram realizadas para o sistema sem qualquer proteção conforme atesta a Figura 7 3 A partir da análise das condições transientes reveladas na referida figura e tomando partido das condições topográficas do terreno na estaca 154, decidimos pela colocação de uma chaminé de equilíbrio de 650 m de diâmetro e altura de 14,0 m

A simulação com a referida chaminé patrocinou o levantamento da envoltória de pressões mínimas ficando dessa forma o sistema, no regime transiente, operando com cargas hidráulicas positivas O resultado da simulação encontra-se na Figura 7 4

**ANÁLISE DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS NA ADUTORA DA TRANSPOSIÇÃO PIRANGI URUARÚ**

**SISTEMA SEM PROTEÇÃO** **Data: 09/08/00**

| Estaca ou Ponto | Dist da EE | Cota Terreno | Envoltória Máxima | Envoltória Mínima | Sobrepressão Máxima | Subpressão Mínima | Amplitude de Carga Hidráulica | Observação |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Est 8 | 0 | 106.151 | 157.971 | 105.218 | 51.820 | -0.933 | 52.753 | Eelevatória |
| Est 66 | 1160 | 132.368 | 145.554 | 98.937 | 13.186 | -33.431 | 46.617 | PVC DN 300 |
| Est 91 | 1660 | 129.500 | 144.694 | 97.162 | 15.194 | -32.338 | 47.532 | PVC DN 300 |
| Est 97 | 1780 | 130.877 | 147.673 | 97.579 | 16.796 | -33.298 | 50.094 | PVC DN 300 |
| Est 121 | 2260 | 121.416 | 149.658 | 96.715 | 28.242 | -24.701 | 52.943 | PVC DN 300 |
| Est 131 | 2460 | 126.025 | 148.842 | 96.118 | 22.817 | -29.907 | 52.724 | PVC DN 300 |
| Est 138 | 2600 | 123.405 | 148.629 | 95.877 | 25.224 | -27.528 | 52.752 | PVC DN 300 |
| Est 154 | 2920 | 128.178 | 149.455 | 97.174 | 21.277 | -31.004 | 52.281 | PVC DN 300 |
| Est 161 | 3060 | 127.443 | 149.064 | 99.889 | 21.621 | -27.554 | 49.175 | PVC DN 300 |
| Est 177 | 3380 | 131.556 | 132.000 | 132.000 | 0.444 | 0.444 | 0 | PVC DN 300 |



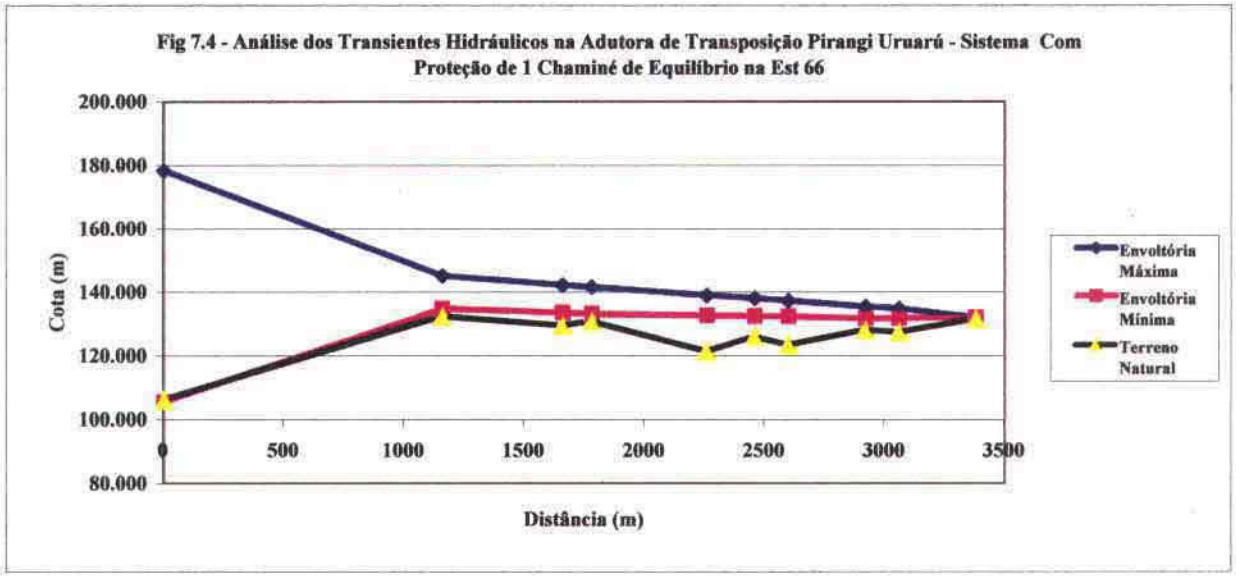

000060

SISTEMA COM PROTEÇÃO DE 1 CHAMINÉ EST 66 Data: 09/08/00

| Estaca ou Ponto | Dist da EE | Cota Terreno | Envoltória Máxima | Envoltória Mínima | Sobrepressão Máxima | Subpressão Mínima | Amplitude de Carga Hidráulica | Observação |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Est 8 | 0 | 106.151 | 178.386 | 105.502 | 72.235 | -0.649 | 72.884 | Eelevatória |
| Est 66= 1 Chaminé | 1160 | 132.368 | 145.033 | 134.627 | 12.665 | 2.259 | 10.406 | PVC DN 300 |
| Est 91 | 1660 | 129.500 | 142.154 | 133.435 | 12.654 | 3.935 | 8.719 | PVC DN 300 |
| Est 97 | 1780 | 130.877 | 141.462 | 133.065 | 10.585 | 2.188 | 8.397 | PVC DN 300 |
| Est 121 | 2260 | 121.416 | 138.910 | 132.545 | 17.494 | 11.129 | 6.365 | PVC DN 300 |
| Est 131 | 2460 | 126.025 | 138.031 | 132.325 | 12.006 | 6.300 | 5.706 | PVC DN 300 |
| Est 138 | 2600 | 123.405 | 137.214 | 132.305 | 13.809 | 8.900 | 4.909 | PVC DN 300 |
| Est 154 | 2920 | 128.178 | 135.406 | 131.694 | 7.228 | 3.516 | 3.712 | PVC DN 300 |
| Est 161 | 3060 | 127.443 | 134.764 | 131.738 | 7.321 | 4.295 | 3.026 | PVC DN 300 |
| Est 177 | 3380 | 131.556 | 132.000 | 132.000 | 0.444 | 0.444 | 0 | PVC DN 300 |

Chaminé: Diâmetro=0,65m; Dligação=250mm; Altura= 12,67m (útil mínima), Altura total recomendada= 14,2m

**Fig 7.4 - Análise dos Transientes Hidráulicos na Adutora de Transposição Pirangi Uruarú - Sistema Com Proteção de 1 Chaminé de Equilíbrio na Est 66**



### 7.5.3. Verificação da Estabilidade Estrutural da Chaminé de Equilíbrio da Linha Adutora da Transposição PIRANGI / URUAÚ

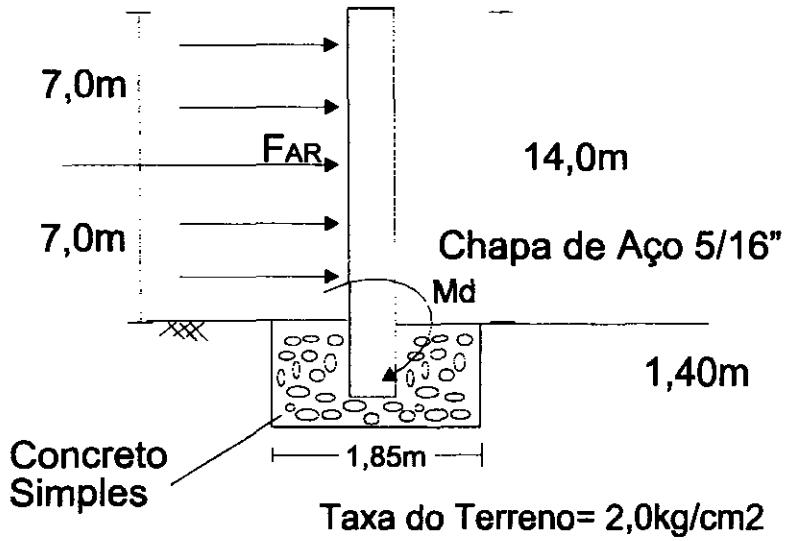
Dados do problema

- Obra Chaminé de Equilíbrio
- Material aço carbono
- Diâmetro 650 mm
- Espessura da chapa 5/16"
- Altura 14,0 m
- Velocidade do vento 60 Km/h = 16,60 m/s

Solução

A solução do problema inicia com a determinação do momento que a ventania, com a velocidade acima destacada, considerada próxima às máximas observadas na região

Determinado o momento desestabilizante calcular-se-á em seguida o momento das forças restauradoras e aí avaliar o grau de segurança da obra



Desprezando os efeitos de extremidade, o ponto de giro do conjunto para efeito de cálculo seria o ponto O Q força por unidade de comprimento da chaminé, $F_{AR}$, irá atuar no meio da altura da mesma O momento em relação ao ponto "O" é

$$Md = F_{AR} \times 7,0 \quad .. \quad F_{AR} = C_D \frac{1}{2} \rho_{ar} V^2 \; A, \text{ onde}$$

$F_{AR} \rightarrow$ força do ar

$C_D \rightarrow$ coeficiente de resistência

$\rho_{ar} \rightarrow$ densidade do ar = 1,23 Kg/m$^3$

$V \rightarrow$ velocidade do vento = 16,6 m/s

$A \rightarrow$ área de contato na chaminé = L D = 14 x 0,65 = 9,10 m$^2$

Para determinação de $C_D$, calculamos o Nº de Reynolds do escoamento dado

$$Re = \frac{\rho \; V \; D}{\mu} = 1,23 \frac{Kg}{m^3} \times 16,6 \frac{m}{s} \times 0,65 \text{ m} \times \frac{m\,s}{1,78 \times 10^{-5} Kg} = 7,45 \times 10^5 \frac{Kg}{m\,s}$$

Entrando no ábaco da Figura 8 34, pág 356 do Livro "Introdução a Mecânica dos Fluidos", Fox & McDonald, tem-se

$C_D = 0,40$, assim

$$M_D = \frac{L}{4} \rho \; V^2 \; A \; C_D = \frac{14,0}{4,0} \times 1,23 \times (16,6)^2 \times (0,65 \times 14) \times 0,40$$

$$M_D = \frac{(14)^2}{4} m^2 \times 1,23 \frac{Kg}{m^3} \times (16,6)^2 \frac{m^2}{s^2} \times 0,40 \frac{N\,s^2}{Kg\,m}$$

$$M_D = 6643,2 \text{ N m} \quad \Rightarrow \quad M_D = 6643,2 \text{ N m} \; \frac{1 Kgf}{9,8 N} = 677,87 \text{ Kgf m}$$

Momento das forças restauradoras ou estabilizantes, com as seguintes forças contribuintes

$W_{CH}$ → peso do tubo

$W_{ag}$ → peso da água

$W_C$ → peso da base de concreto

$M_R = 0{,}8\ (W_{CH} + W_{ag} + W_C)$

$W_{CH} = \pi\ D\ L \times \frac{Kgf}{m^2}$ (aço 5/16") $= 28{,}58\ m^2 \times 62{,}5\ \frac{Kg}{m^2} = 1786{,}25$ Kgf

$W_{CH} = \frac{\pi\ D^2}{4} \times \Upsilon_{ag} = 331{,}83$ Kgf

$W_C = \frac{\pi\ (1{,}85)^2}{4} \times 2\ 500\ Kg = 6720$ Kg

$M_R = 8838 \times 0{,}925 = 8175$ Kgf m

$M_R >> M_D$ , situação estável

- Estabilidade da Fundação

$W_{TOTAL} = 8838$ Kg

- Área de contato = $\frac{\pi\ D^2}{4} = \frac{\pi\ (1{,}85)^2}{4} = 2{,}68\ m^2 = 26800\ cm^2$
- Taxa requerida ⇒ $\frac{8838}{2680} = 0{,}329\ kg/cm^2 << $ taxa do terreno
- Taxa do terreno = 1,50 $Kg/cm^2$

## 7 6 MEMORIAL DE CÁLCULO DO PROJETO ELÉTRICO

### 7.6.1. Subestação

*7 6.1 1. Carga Instalada*

| | | |
|---|---|---|
| 01 Motor de 70CV | 70 x 736 | = 51 520 W |
| 01 Motor de 10CV | 10 x 736 | = 7 360 W |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 01 Motor de 05CV | 05 x 736 | = | 3 680 W |
| 01 Motor de 03CV | 03 x 736 | = | 2 208 W |
| Iluminação/Tomadas | | = | 1 880 W |
| Tomadas de Força | | = | 1 000 W |

*7 6 1 2 Transformador*

U = 3∅ - 380V

FP = 0,92

7 6 1 2 1 Pela Capacidade de Corrente

$$I_{M10} = \frac{7\,360}{380 \quad \sqrt{3} \quad 0{,}85 \quad 0{,}83} = 15{,}85 \text{ A}$$

$$I_{M70} = \frac{51\,520}{380 \quad \sqrt{3} \quad 0{,}89 \quad 0{,}90} = 97{,}72 \text{ A}$$

$$I_{M5} = \frac{3\,680}{380 \quad \sqrt{3} \quad 0{,}83 \quad 0{,}83} = 8{,}12 \text{ A}$$

$$I_{M3} = \frac{2\,208}{380 \quad \sqrt{3} \quad 0{,}83 \quad 0{,}83} = 4{,}87^{A}$$

$$I_{IL} = \frac{1\,880}{220 \text{ x } 0{,}92} = 9{,}28^{A}$$

$$I_{TF} = \frac{1\,000}{380 \quad \sqrt{3} \quad 0{,}92} = 1{,}65 \text{ A}$$

Corrente Total = $137{,}15^{A}$

KVA = 137,15 x 658 = 90 46 KVA

7 6 1 2 2 – Pelo Cálculo da Demanda

De acordo com a NT 002/91 da Coelce usaremos a seguinte fórmula

$$D = \left( \frac{0,77\,a}{FP} + 0,7b + 0,95c + 0,59d + 1,2e + f + g \right)$$

D – Demanda total da instalação em Kva

a – Demanda das potências em Kw , para iluminação e tomadas de uso geral

b – Demanda de todos os aparelhos de aquecimento em Kva

c – Demanda de todos os aparelhos de ar condicionado em Kw

d – Potência Nominal em Kw das bombas d'água

e – Demanda de todos os elevadores em Kw

FP – Fator de potência

$f = \sum ( 0,87 \times Pnm \times Fu ) \times Fs$

Pnm – Potência nominal dos motores em CV

Fu- Fator de utilização

Fs- Fator de serviço

g – Outras cargas não relacionadas

a = 1,860

FP = 0,95

b = 0

c = 0

d = 0

e = 0

| Motor | Fu | Fs |
|---|---|---|
| 70CV | 1,00 | 1,00 |
| 10CV | 0,83 | 0,85 |
| 05CV | 0,83 | 0,85 |
| 03CV | 0,83 | 0,85 |

g= 7,0 KVA

$f = \sum (0,87x70x1)x1 + (0,87x10x0,83)x0,85 + (0,87x5x0,83)x0,85 + (0,87x3x0,83)x0,85$

$$D = \frac{0,77 \times 1,88}{0,92} + 58,73 + 1,0$$

$D = 1,57 + 71,94 + 7,0 \Rightarrow D = 80,51$ KVA

Adotaremos 01 transformador de 112,5 KVA

### 7.6.2. Corrente de Curto Circuito ( $I_{CC}$)

$Z = 3,5\%$

$$I_T = \frac{112,5 \times 1000}{380 \times \sqrt{3}} = \frac{112500}{658} = 171,13 \text{ A}$$

$$I_{CC} = \frac{171,13 \times 100}{3,5} = 4,88 \text{ Ka}$$

Adotaremos a $I_{CC} = 5$ Ka

### 7.6.3. Dimensionamento dos Cabos e Disjuntor

*7 6.3.1 Alimentador Geral*

$I_T = 171,13$ A

$U = 380$ V

$L = 15$m

Cabo estimado 70 mm²

$$\Delta U = \frac{171,13 \times \sqrt{3} \times 15 \times 0,95}{58 \times 70} = 1,04 \text{ V}$$

$$\Delta U = \frac{1,04}{380} \times 100 = 0,27\%$$

Segundo critério da COELCE adotaremos

58 Condutor fase 1 x seção nominal 70mm²

58 Condutor de proteção 1 x seção nominal 35mm²

*7 6 3 2 Proteção do Trafo*

$I_T = 1,1 \times 171,13 = 188$ A

Adotaremos para cada transformador, disjuntor de 175A / 5KA

*7 6 3 3. Alimentação do* QGBT

58 □x□□□□□@□ Corrente Nominal

$I_T = ( 1,25 \times 97,72 + 15,85 + 8,12 + 4,87) + 9,28 + 1,65 = 161,92$ A

L = 10

U = 380V

Cabo estimado 70mm²

$$\Delta U = \frac{161,92 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,92}{58 \times 70} = 0,63 \text{ V}$$

$$\Delta U = \frac{0,63}{380} \times 100 = 0,16\%$$

Segundo critério da COELCE adotaremos

58 Condutor fase 1 x seção nominal 70mm²

58 Condutor de proteção 1 x seção nominal 35mm²

*7 6 3 4. Alimentação dos Motores*

7 6 3 4 1 Motores da Transposição PIRANGI / URUAÚ (70CV)

58 0 0 Corrente Nominal

$I_T = ( 1,25 \times 97,72) = 122,15$ A L = 15

U = 380V

De acordo com a NBR – 5410, para 30°C de temperatura ambiente e 70°C de temperatura no ramal , utilizando-se condutores com isolamento de PVC 70°C (1KV) instalados em eletrodutos no piso, com 1 condutor por fase, temos

58 Condutor fase 1 x seção nominal 50mm² 0068

58 Condutor de proteção 1 x seção nominal 25mm²

7 6 3 4 1 2 Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{122,15 \times \sqrt{3} \times 15}{58 \times 50} = 1,09\ V$$

$$\Delta U\% = \frac{1,09}{380} \times 100 = 0,28\ \%$$

7 6 3 4 2 Moteres do Sistema ITAPEIM / ARATACA (10CV)

7 6 3 4 2 1 – Corrente Nominal

In = 15,85

$IN = (1,25 \times 15,85) = 19,80^{A}$

De acordo com a NBR – 5410, para 30°C de temperatura ambiente e 70°C de temperatura no ramal , utilizando-se condutores com isolamento de PVC 70°C (1KV) instalados em eletrodutos no piso, com 1 condutor por fase, temos

58 Condutor fase 1 x seção nominal $4m^2$

58 Condutor de proteção 1 x seção nominal $4mm^2$

7 6 3 4 2 2 Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{19,80 \times \sqrt{3} \times 15}{58 \times 4} = 2,21V$$

$$\Delta U\% = \frac{2,21}{380} \times 100 = 0,58\%$$

7 6 3 4 3 Motores do Sistema ANDREZA ( 5CV )

7 6 3 4 3 1- Corrente Nominal

In = 8,12 A

$IN = 1,25 \times 8,12 = 10,15^{A}$

De acordo com a NBR – 5410, para 30°C de temperatura ambiente e 70°C de temperatura no ramal , utilizando-se condutores com isolamento de PVC 70°C (1KV) instalados em eletrodutos no piso, com 1 condutor por fase, temos

58 Condutor fase 1 x seção nominal 2,5m²

58 Condutor de proteção 1 x seção nominal 2,5mm²

7 6 3 4 3 2 Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{10,15 \times \sqrt{3} \times 10}{58 \times 2,5} = 1,21 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,21}{380} \times 100 = 0,31\%$$

7 6 3 4 4 Motores do Sistema JATOBÁ ( 3CV )

7 6 3 4 4 1- Corrente Nominal

In = 4,87 A

IN = 1,25 x 4,87 = 6,0^A

De acordo com a NBR – 5410, para 30°C de temperatura ambiente e 70°C de temperatura no ramal , utilizando-se condutores com isolamento de PVC 70°C (1KV) instalados em eletrodutos no piso, com 1 condutor por fase, temos

58 Condutor fase 1 x seção nominal 2,5m²

58 Condutor de proteção 1 x seção nominal 2,5mm²

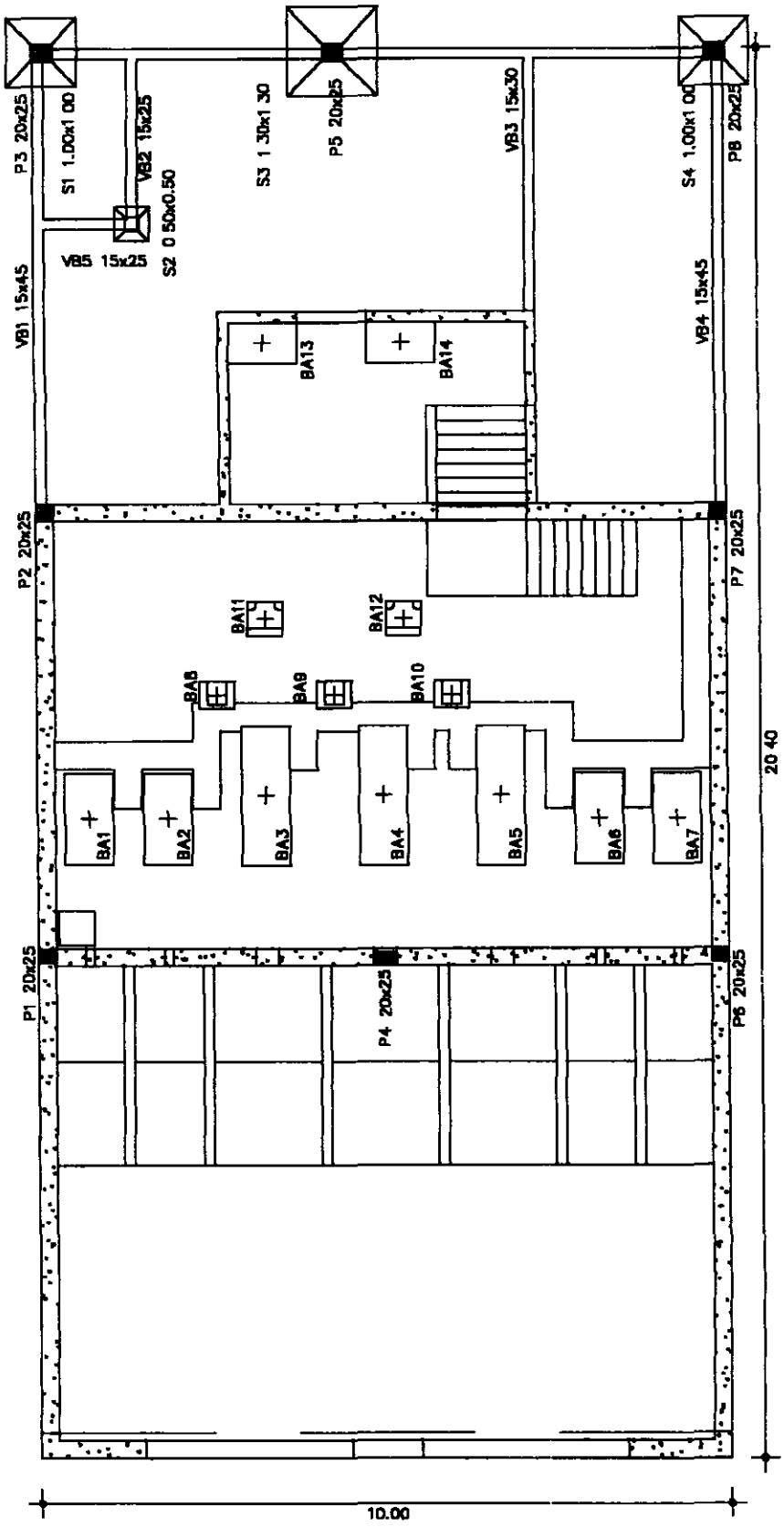
7 6 3 4 4 2 Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{6,0 \times \sqrt{3} \times 50}{58 \times 2,5} = 3,57 \text{ V}$$

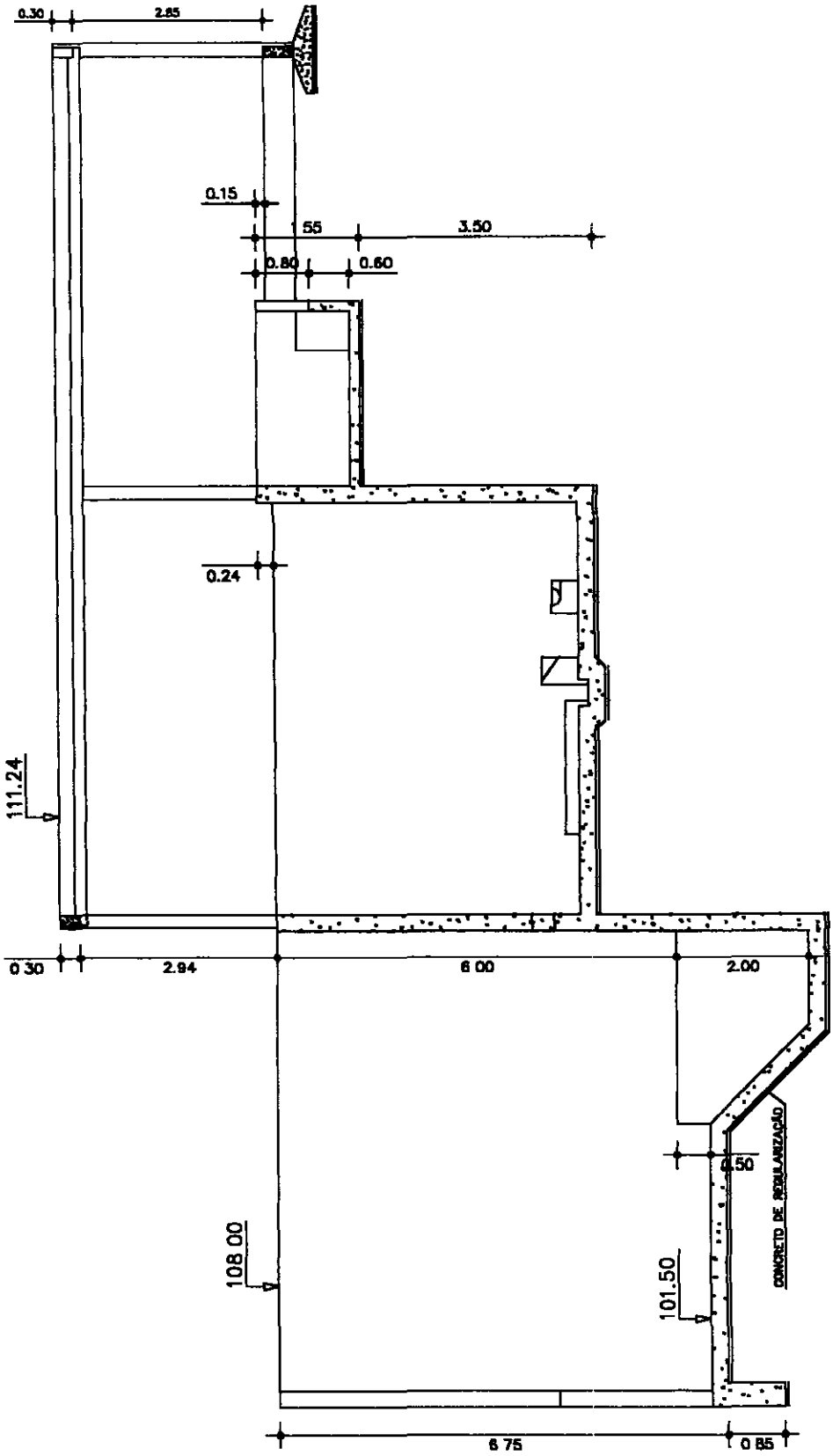
$$\Delta U\% = \frac{3,57}{380} \times 100 = 0,93\%$$

## 1 SISTEMA

**PLANTA**



## CORTE


0.30
2.85
0.15
1.55
3.50
0.80
0.60
0.24
111.24
0.30
2.94
6.00
2.00
0.50
CONCRETO DE REGULARIZAÇÃO
108.00
101.50
6.75
0.85

## 2 CRITÉRIOS

### 2.1 Verificação da flutuação

Serão feitas duas verificações para a cota do N A de inundação 108m e para cota máxima de trabalho do reservatório 105m Os valores adotados no cálculo foram

- Peso próprio da estrutura $\gamma$ = 2,40 tf/m$^3$,
- Peso próprio do solo $\gamma$ = 1,70 tf/m$^3$,
- Ângulo para mobilização do solo 20°
- Verificação com N A na cota 108m FS = 1 05
- *Verificação com N A na cota 105m FS = 1 10*

### 2.2 Cargas

- Peso próprio da estrutura $\gamma$ = 2,50 tf/m$^3$,
- Peso próprio do solo $\gamma$ = 1,80 tf/m$^3$,
- Empuxo ativo do solo $\varphi$ = 28°,

  c = 0,
  Ka = 0 36,
  $\gamma$ = 1,80 tf/m$^3$,
- Peso da parede de alvenaria 0 18 tf/m$^2$,
- Peso do revestimento 0 06 tf/m$^2$,
- Ângulo para cálculo do peso do solo do reaterro sobre as vigas baldrames 30°

### 2 3 Análise

#### 2.3.1 Nível da cobertura e nível da fundação

As vigas foram analisadas através de processamento elástico de pórtico plano utilizando o programa SISTRUT

#### 2.3.2 Obra enterrada

As paredes e lajes foram analisadas utilizando-se as tabelas de BARES Nas cargas horizontais foi aplicado o coeficiente de empuxo ativo do solo Na aplicação de cargas não equilibradas, o autoequilíbrio foi obtido considerando o movimento da estrutura como corpo rígido

Os carregamentos aplicados sobre a a obra enterrada foram

- Empuxo ativo do solo + empuxo de água com N A na cota 108 00m – carregamento excepcional,

- Empuxo ativo do solo + empuxo de agua com N A na cota 105 00m – carregamento normal,

## 2.4 Dimensionamento

Para o dimensionamento da estrutura foram adotados os seguintes parâmetros

- Concreto — $f_{ck}$ = 200 kgf/cm$^2$ (20 Mpa),
- Aço — $f_{yk}$ = 5 000 kgf/cm$^2$ (500 Mpa),
- Coeficientes de segurança — $\gamma_c$ = 1,4,
  $\gamma_s$ = 1,15,
  $\gamma_f$ = 1,4 para carregamento normal,
  $\gamma_f$ = 1,2 para carregamento excepcional

O cálculo das armaduras de flexão foi feito na ruptura com os critérios estabelecidos na NBR 6118 – Obras de Concreto Armado

Para a verificação do cisalhamento nas lajes e paredes foi utilizado o critério da nova NBR 6118, com a seguinte formulação

$\tau_{wd} \leq \tau_{wu}$ , com

$$\tau_{wd} = \frac{V_d}{b_w \times d},$$

$$\tau_{wu} = \psi_4 \times \sqrt{f_{ck}} \leq 1\ 0 MPa,$$

$$\psi_4 = 0\ 12 \times \frac{\alpha k}{1 - \frac{3d}{L}},$$

$$\alpha = 1 + 50\rho_s \leq 1\ 50,$$

$$k = 1\ 6 - d \geq 1\ 0,$$

$$\alpha k \leq 1\ 75$$

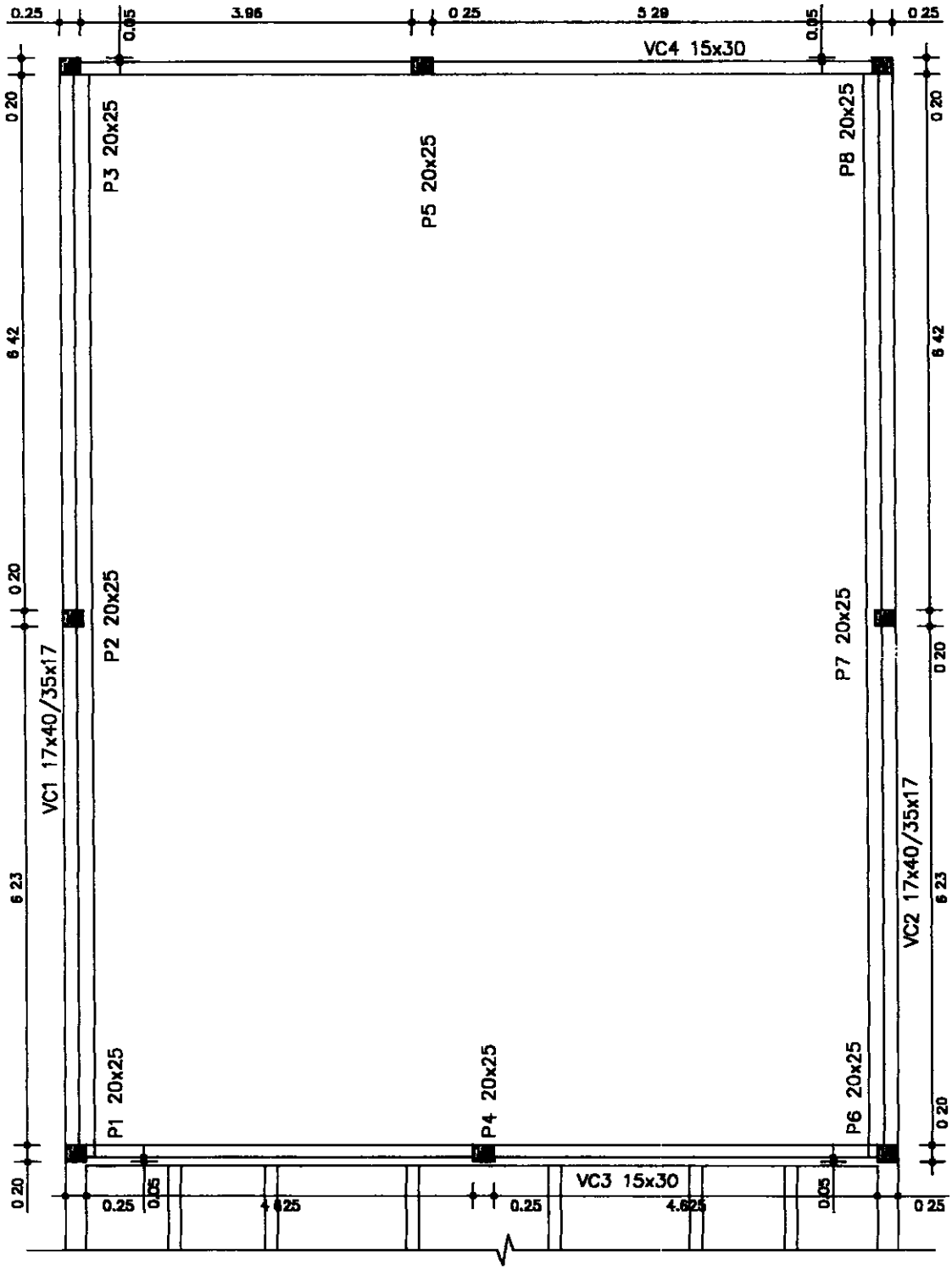
A consideração da compressão no cisalhamento foi feita considerando

$$\tau_{wu} = \beta\psi_4 \times \sqrt{f_{ck}} \leq 2\ 0 MPa,$$

$\beta = 1 + \frac{M_0}{M_{sd}}$, onde $M_0$ é o momento de descompressão dado por $M_0 = \frac{N_d \times d}{6}$ para seção retangular

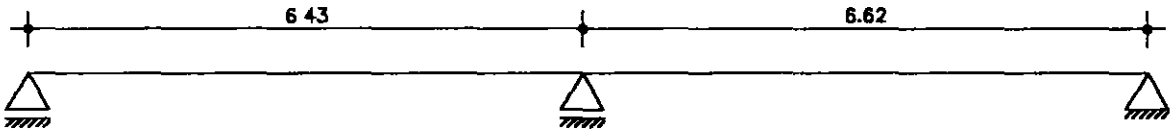
## 3 NÍVEL 111.24

### 3.1 Geometria



## 3.2 VC1 e VC2

**Esquema estrutural**




**Carregamentos**

- cobertura (0 05tf/m$^2$) $g_1 = \frac{0\ 05 \times 14\ 70 \times 11\ 50}{2 \times 13\ 10} = 0\ 32 tf/m$
- sobrecarga na cobertura (0 05tf/m$^2$) $q_1 = \frac{0\ 05 \times 14\ 70 \times 11\ 50}{2 \times 13\ 10} = 0\ 32 tf/m$
- peso próprio $g_2 = 0\ 09 \times 2\ 50 = 0\ 23 tf/m$
- monovia carga móvel $q_2 = 1\ 10 tf$

**Envoltória dos esforços solicitantes**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| g1+g2 | M | | 1 67 | 2 90 | 2 90 | 1 67 | |
| | V | 1 63 | | 2 24 | 2 24 | | 1 63 |
| | R | 1 63 | | 4 48 | | | 1 63 |
| q1 | M | | 1 31 | 1 69 | 1 69 | 1 31 | |
| | V | 0 92 | | 1 31 | 1 31 | | 0 92 |
| | R | 0 92 | | 2 62 | 2 62 | | 0 92 |
| | M | | 1 49 | 0 68 | 0 68 | 1 49 | |
| q2 | V | 1 10 | | 1 10 | 1 10 | | 1 10 |
| | R | 1 10 | | 1 10 | | | 1 10 |
| Total | M | | 4 47 | 5 27 | 5 27 | 4 33 | |
| | V | 3 65 | | 4 65 | 4 65 | | 3 65 |
| | R | 3 65 | | 8 20 | | | 3 65 |

**Dimensionamento**

$M_{vãomax} = 4\ 47tfm$ , $K_6 = \frac{15 \times 36^2}{447} = 43\ 50$ , $A_s = 0\ 38 \times \frac{447}{36} = 4\ 71cm^2$, $4\Phi 12\ 5mm$

$M_{apoiomax} = 5\ 27tfm$ , $K_6 = \frac{35 \times 36^2}{527} = 86$ , $A_s = 0\ 35 \times \frac{527}{36} = 5\ 12cm^2$ , $4\Phi 12\ 5mm$ com pequena plastificação

$V_{1max} = 3.65tf$ , $\tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 3\ 65}{0\ 15 \times 0\ 36} = 94.63tf/m^2 < 357\ 15tf/m^2$, $\rho_1 = \frac{3\ 75}{15 \times 40} = 0\ 0063$ , $\psi_1 = 0.0965$

$\tau_c = 43\ 16tf/m^2$, $A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 94\ 63 - 43\ 16}{4\ 35} \times 0\ 15 = 2\ 26cm^2/m$

$A_{sw/w\,min} = 0\ 14 \times 15 = 2\ 10cm^2/m$ , $\Phi 6\ 3mm$ c/15

$V_{2max} = 4\ 65tf$ , $\tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 4\ 65}{0\ 15 \times 0\ 36} = 120\ 56tf/m^2 < 357\ 15tf/m^2$, $\rho_1 = \frac{3\ 75}{15 \times 40} = 0\ 0063$ , $\psi_1 = 0\ 0965$

$\tau_c = 43\ 16tf/m^2$, $A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 120\ 56 - 43\ 16}{4\ 35} \times 0\ 15 = 3\ 29cm^2/m$ ,, $\Phi 6\ 3mm$ c/15

$T_{max} = 1\ 10 \times 0\ 17 = 0\ 19tfm$ , $b_{s1} = 0\ 15 - 0\ 08 = 0\ 07$ , $h_{s1} = 0\ 40 - 0\ 08 = 0\ 32$

$b_{s2} = 0\ 35 - 0\ 08 = 0\ 27$ , $h_{s2} = 0\ 15 - 08 = 0\ 07$ , $A_e = 0\ 07 \times 0\ 32 + 0\ 07 \times 0\ 21 = 0\ 0371m^2$ ,

$h_e = \frac{0\ 07}{5} = 0\ 014$ , $\tau_d = \frac{1\ 4 \times 0\ 19}{2 \times 0\ 0371 \times 0\ 014} = 256\ 07tf/m^2 < 314\ 30tf/m^2$

$\frac{120\ 56}{357\ 15} + \frac{256\ 07}{314\ 30} = 1\ 15 > 1$, as espessuras das paredes serão ampliadas para 17cm sem necessidade de novos cálculos para a flexão

$\tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 4\ 65}{0\ 17 \times 0\ 36} = 106\ 37tf/m^2$ ,, $b_{s1} = 0\ 17 - 0\ 08 = 0\ 09$ , $h_{s1} = 0\ 40 - 0\ 08 = 0\ 32$

$b_{s2} = 0\ 35 - 0\ 08 = 0\ 27$ , $h_{s2} = 0\ 17 - 08 = 0\ 09$ , $A_e = 0\ 09 \times 0\ 32 + 0\ 09 \times 0\ 19 = 0\ 0459m^2$

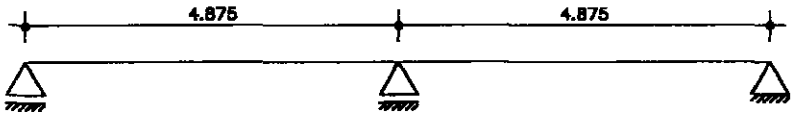
$h_e = \frac{0\ 09}{5} = 0\ 018$ , $\tau_d = \frac{1\ 4 \times 0\ 19}{2 \times 0\ 0459 \times 0\ 018} = 160\ 98tf/m^2$, $\frac{106\ 37}{357\ 15} + \frac{160\ 98}{314\ 30} = 0\ 81 < 1$

$A_{sl} = \frac{0\ 19 \times 1\ 4}{2 \times 0\ 0459 \times 4\ 35} \times 0\ 97 = 2\ 81cm^2/m$ , $6\Phi 8mm$ c/15, $A_{90}/sw = 3\ 29 + 2\ 81 = 6\ 10cm^2/m$

$\Phi 8mm$c/15

## 3.3 VC3

**Esquema estrutural**




**Carregamentos**

- cobertura (0.05tf/m$^2$) $g_1 = \frac{0\,05 \times 11\,50 \times 5\,75}{2 \times 9\,75} = 0\,17 tf/m$
- sobrecarga na cobertura (0 05tf/m$^2$) $q_1 = \frac{0\,05 \times 11\,50 \times 5\,75}{2 \times 9\,75} = 0\,17 tf/m$
- peso próprio $g_2 = 0\,045 \times 2\,50 = 0\,11 tf/m$
- oitão de alvenaria $g_3 = (0\,18 + 0\,06) \times 0\,80 = 0\,20 tf/m$

**Envoltória dos esforços solicitantes**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| g1+g2+g3 | M | | 0 80 | 1 43 | 1 43 | 0 80 | |
| | V | 0 88 | | 1 46 | 1 46 | | 0 88 |
| | R | 0 88 | | 2 92 | | | 0 88 |
| q1 | M | | 0 39 | 0 50 | 0 50 | 0 39 | |
| | V | 0 36 | | 0 52 | 0 52 | | 0 39 |
| | R | 0 36 | | 1 04 | | | 0 39 |
| Total | M | | 1 19 | 1 93 | 1 93 | 1 19 | |
| | V | 1 24 | | 1 98 | 1 98 | | 1 24 |
| | R | 1 24 | | 3 96 | | | 1 24 |

**Dimensionamento**

$M_{vãomax} = 1\,19 tfm$, $K_6 = \frac{15 \times 26^2}{119} = 85\,2$, $A_s = 0\,35 \times \frac{119}{26} = 1\,60 cm^2$, $2\Phi 12\,56 mm$

$M_{apoiomax} = 1\,93 tfm$, $K_6 = \frac{15 \times 26^2}{193} = 52\,5$, $A_s = 0\,37 \times \frac{193}{26} = 2\,75 cm^2$, $2\Phi 12\,5 mm$ com pequena plastificação

$V_{1max} = 1\ 24tf\ ,\ \tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 1\ 24}{0\ 15 \times 0\ 26} = 44\ 51tf/m^2 < 357\ 15tf/m^2\ ,\ \rho_1 = \frac{1\ 60}{15 \times 30} = 0\ 0036\ ,\ \psi_1 = 0\ 083$

$\tau_c = 37\ 11tf/m^2\ ,\ A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 44\ 51 - 37\ 11}{4\ 35} \times 0\ 15 = 0\ 48cm^2/m$

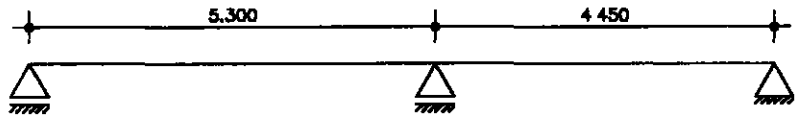
$A_{sw/w\,min} = 0\ 14 \times 15 = 2\ 10cm^2/m\ ,\Phi 6\ 3mm\ c/15$

$V_{2max} = 1\ 98tf\ ,\ \tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 1\ 98}{0\ 15 \times 0\ 26} = 71\ 08tf/m^2 < 357\ 15tf/m^2$

$A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 71\ 08 - 37\ 11}{4\ 35} \times 0\ 15 = 1\ 54cm^2/m\ ,\ \Phi 6\ 3mm\ c/15$

## 3.4 VC4

**Esquema estrutural**




**Carregamentos**

- cobertura (0 05tf/m$^2$) $g_1 = \frac{0\,05 \times 11\,50 \times 5\,75}{2 \times 9\,75} = 0\,17 tf/m$
- sobrecarga na cobertura (0 05tf/m$^2$) $q_1 = \frac{0\,05 \times 11\,50 \times 5\,75}{2 \times 9\,75} = 0\,17 tf/m$
- peso próprio $g_2 = 0\,045 \times 2\,50 = 0\,11 tf/m$
- oitão de alvenaria $g_3 = (0\,18 + 0\,06) \times 0\,80 = 0\,20 tf/m$

**Envoltória dos esforços solicitantes**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| g1+g2+g3 | M | | 1 03 | 1 46 | 1 46 | 0 56 | |
| | V | 1 00 | | 1 55 | 1 39 | | 0 74 |
| | R | 1 00 | | 2 94 | | | 0 74 |
| q1 | M | | 0 44 | 0 52 | 0 52 | 0 33 | |
| | V | 0 39 | | 0 55 | 0 49 | | 0 33 |
| | R | 0 39 | | 1 04 | | | 0 33 |
| Total | M | | 1 47 | 1 98 | 1 98 | 0 89 | |
| | V | 1 39 | | 2 10 | 1 88 | | 1 07 |
| | R | 1 39 | | 3 98 | | | 1 07 |

**Dimensionamento**

$M_{vão1max} = 1\,47 tfm$, $K_6 = \frac{15 \times 26^2}{147} = 69$, $A_s = 0\,36 \times \frac{147}{26} = 2\,03 cm^2$, $2\Phi 12\,5mm$

$M_{apoiomax} = 1\,98 tfm$, $K_6 = \frac{15 \times 26^2}{198} = 51\,2$, $A_s = 0\,37 \times \frac{198}{26} = 2\,82 cm^2$, $2\Phi 12\,5mm$ com pequena plastificação

$M_{vão2max} = 0\ 89tfm$ , $K_6 = \frac{15 \times 26^2}{89} = 114$ , $A_s = 0\ 34 \times \frac{89}{26} = 1\ 16cm^2$ , $2\Phi 10mm$

$V_{1max} = 1\ 39tf$ , $\tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 1\ 39}{0\ 15 \times 0\ 26} = 49\ 9tf/m^2 < 357\ 15tf/m^2$ , $\rho_1 = \frac{1\ 60}{15 \times 30} = 0\ 0036$ , $\psi_1 = 0\ 083$

$\tau_c = 37\ 11tf/m^2$ , $A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 49\ 9 - 37\ 11}{4\ 35} \times 0\ 15 = 0\ 70cm^2/m$

$A_{sw/w\ min} = 0\ 14 \times 15 = 2\ 10cm^2/m$ , $\Phi 6\ 3mm$ c/15 nos dois tramos

$V_{2max} = 2\ 10tf$ , $\tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 2\ 10}{0\ 15 \times 0\ 26} = 75\ 38tf/m^2 < 357\ 15tf/m^2$

$A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 75\ 38 - 37\ 11}{4\ 35} \times 0\ 15 = 1\ 71cm^2/m$ , $\Phi 6\ 3mm$ c/15

## 3.5 PILARES

Os momentos de engastamento das vigas serão calculados pela formulação apresentada na figura abaixo

$$M_{eng} = \frac{p \times l^2_{viga}}{12}$$

$$k_{viga} = \frac{4 \times I_{viga}}{L_{viga}}, k_{pilar} = \frac{4 \times I_{pilar}}{L_{pilar}} \text{ para P1 e P6}$$

$$k_{pilar} = \frac{3 \times I_{pilar}}{L_{pilar}} \text{ para P3 e P8}, k = M_{eng} \times \frac{k_{pilar}}{k_{pilar} + k_{viga}}$$

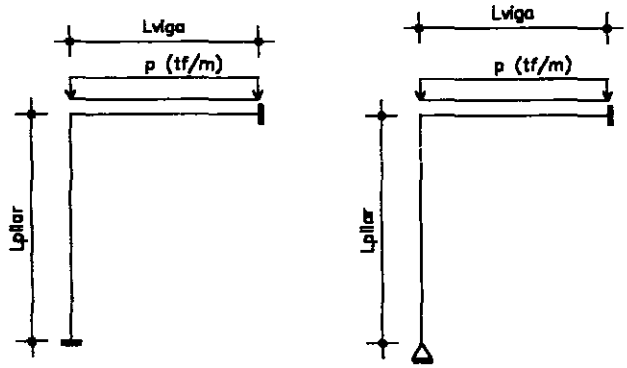



**TABELA DO CÁLCULO DOS MOMENTOS DE ENGASTAMENTO DAS VIGAS**

| | L | I | k | p | Meng | Mcabeça | Mbase |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 2 950 | 1 70E-04 | 2 31E-04 | - | - | 0 92 | 0 46 |
| VC1 | 6 550 | 9 00E-04 | 5 50E-04 | 0 87 | 3 11 | - | - |
| P1 | 2 950 | 2.60E-04 | 3 53E-04 | - | - | 0 72 | 0 36 |
| VC3 | 4 875 | 3 40E-04 | 2 79E-04 | 0 65 | 1 29 | - | - |
| P3 | 2 950 | 1 70E-04 | 1 73E-04 | - | - | 0 74 | - |
| VC1 | 6 550 | 9 00E-04 | 5 50E-04 | 0 87 | 3 11 | - | - |
| P3 | 2 950 | 2 60E-04 | 2 64E-04 | - | - | 0 50 | - |
| VC4 | 4 450 | 3 40E-04 | 3 06E-04 | 0 65 | 1 07 | - | - |
| P6 | 2 950 | 1 70E-04 | 2 31E-04 | - | - | 0 92 | 0 46 |
| VC2 | 6 550 | 9 00E-04 | 5 50E-04 | 0 87 | 3 11 | - | - |
| P6 | 2 950 | 2 60E-04 | 3 53E-04 | - | - | 0 72 | 0 36 |
| VC3 | 4 875 | 3 40E-04 | 2 79E-04 | 0 65 | 1 29 | - | - |
| P8 | 2 950 | 1 70E-04 | 1 73E-04 | - | - | 0 74 | - |
| VC2 | 6 550 | 9 00E-04 | 5 50E-04 | 0 87 | 3 11 | - | - |
| P8 | 2 950 | 2 60E-04 | 2 64E-04 | - | - | 0 77 | - |
| VC4 | 5 300 | 3 40E-04 | 2 57E-04 | 0 65 | 1 52 | - | - |

**TABELA DE CARGAS NOS PILARES**

| PILAR | | VC1 | | VC2 | | VC3 | | VC4 | | TOTAL | TOTAL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | N | M | N | M | N | M | N | M | N | Mx | My |
| P1 | SUP. | 3 65 | 0 46 | | | 1 24 | 0 33 | | | 4 90 | 0 33 | 0 46 |
| | INF. | | 0 23 | | | | 0 16 | | | 5 20 | 0 16 | 0 23 |
| P2 | SUP. | 8 20 | | | | | | | | 8 20 | | |
| | INF. | | | | | | | | | 8 50 | | |
| P3 | SUP. | 3 65 | 0 36 | | | | | 1 07 | 0 20 | 4 75 | 0 20 | 0 36 |
| | INF. | | | | | | | | | 5 05 | | |
| P4 | SUP. | | | | | 3 96 | | | | 4 00 | | |
| | INF. | | | | | | | | | 4 30 | | |
| P5 | SUP. | | | | | | | 3 98 | | 4 00 | | |
| | INF. | | | | | | | | | 4 30 | | |
| P6 | SUP. | | | 3.65 | 0.46 | 1.24 | 0.33 | | | 4 90 | 0 33 | 0 46 |
| | INF. | | | | 0 23 | | 0 16 | | | 5 20 | 0 16 | 0 23 |
| P7 | SUP. | | | 8 20 | | | | | | 8 20 | | |
| | INF. | | | | | | | | | 8 50 | | |
| P8 | SUP. | | | 3 65 | 0 36 | | | 1 39 | 0 33 | 5 05 | 0 33 | 0 36 |
| | INF. | | | | | | | | | 5 35 | | |

O cálculo da armadura será feita para o pilar P1 uma vez que o nível de compressão é muito baixo

$$i_x = \frac{20}{\sqrt{12}} = 5\ 77\text{cm}, \lambda_x = \frac{310 \times 1\ 4}{5\ 77} = 75\ ;\ i_y = \frac{25}{\sqrt{12}} = 7\ 21\text{cm}, \lambda_y = \frac{310 \times 1\ 4}{7\ 21} = 60$$

**P1** N = 4 90tf , Mx =0 33, My = 0.46

$$e_{1x} = \frac{0\ 33}{4\ 90} = 0\ 067\text{m} = 6\ 7\text{cm}\ ,\ e_{1y} = \frac{0\ 46}{4\ 90} = 0\ 094\text{m} = 9\ 4\text{cm}\ ,\ e_a = 2\text{cm}$$

$$\nu = \frac{1\ 4 \times 4\ 9}{0\ 20 \times 0\ 25 \times \frac{2000}{1\ 4}} = 0\ 10\ ,\ \frac{1}{r_x} = \frac{0\ 0035 + \frac{4\ 35}{2100}}{1 \times 20} = 0\ 00028\ ,\ \frac{1}{r_y} = \frac{0\ 0035 + \frac{4\ 35}{2100}}{1 \times 25} = 0\ 00022$$

$$e_{2x} = \frac{(1\,4 \times 310)^2}{10} \times 0\,00028 = 5\,1\text{cm}\,,\ e_{2y} = \frac{(1\,4 \times 310)^2}{10} \times 0\,00022 = 4\,2\text{cm}$$

$$e_x = 6\,7 + 5\,1 + 2 = 13\,80\text{cm}\,,\ e_y = 9\,4 + 4\,2 + 2 = 15\,60\text{cm}$$

$$e_{eq} = 15\,60 + 0\,57 \times \frac{20}{25} \times 13\,80 = 21\,89\text{cm}$$

Portanto o par para dimensionamento à flexo-compressão é

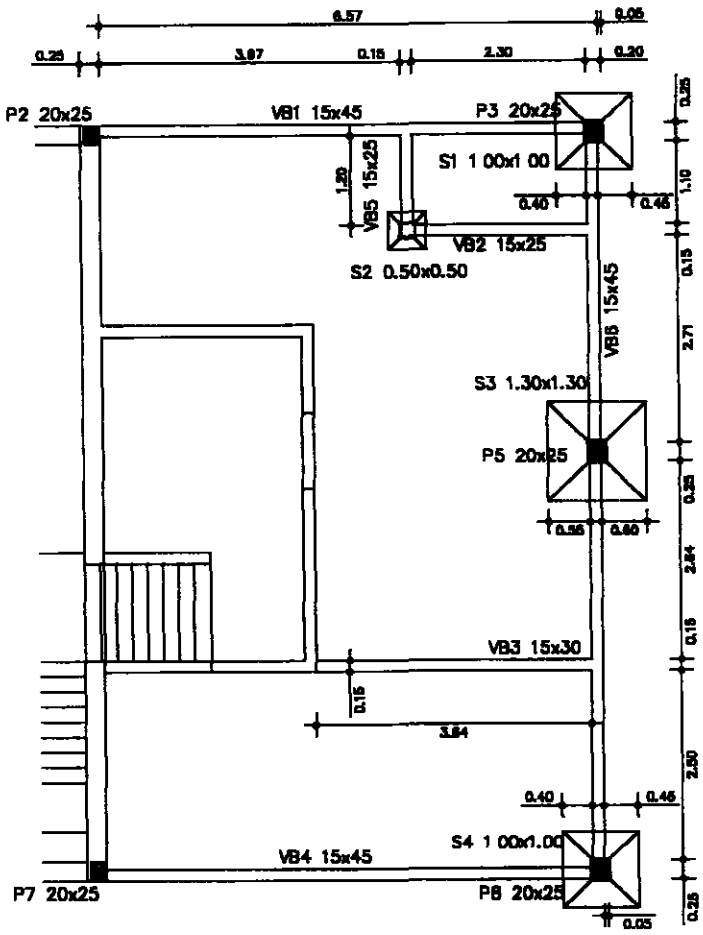
N = 4 90tf , M = 1 07tfm, $M_{sk}$ = 1 49 tfm

$$k_6 = \frac{20 \times 21^2}{149} = 59\,,\ A_s = \frac{0\,36 \times 149}{21} - 4\,90 \times 0\,32 = 0\,99\text{cm}^2$$, 2Φ10mm por face Adotado 6Φ10mm no pilar

$$\rho = \frac{4\,80}{20 \times 25} = 0\,0096$$

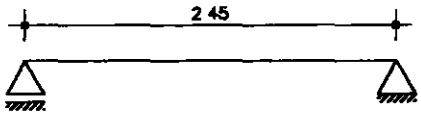
# 4 NÍVEL DA FUNDAÇÃO

## 4 1 Geometria



## 4.2 VB2 15x25

**Esquema estrutural**




**Carregamentos**

- peso próprio $g_1 = 0\ 0375 \times 2\ 50 = 0\ 10 tf/m$
- parede $g_2 = (0\ 18 + 0\ 06) \times 3\ 15 = 0\ 76 tf/m$
- aterro $g_3 = 2 \times \frac{0\ 40 \times tg(30) \times 0\ 40}{2} \times 2\ 00 = 0\ 18 tf/m$
- laje de forro $g_4 = (0\ 25 + 2 \times 0\ 05) \times \frac{(2\ 45 + 1\ 10) \times 1\ 35}{4 \times 2\ 45} = 0\ 17 tf/m$
- total $g = 1\ 21 tf/m$

**Dimensionamento**

$$M = \frac{1\ 21 \times 2\ 45^2}{8} = 0\ 91 tfm,\ K_6 = \frac{15 \times 21^2}{91} = 72\ 7,\ A_s = 0\ 36 \times \frac{91}{21} = 1\ 56 cm^2,\ 2\Phi 10mm$$

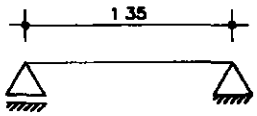
$$V = \frac{1\ 21 \times 2\ 45}{2} = 1\ 48 tf,\ \tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 1\ 48}{0\ 15 \times 0\ 21} = 65\ 78 tf/m^2 < 357\ 15 tf/m^2,\ \rho_1 = \frac{1\ 60}{15 \times 25} = 0\ 0042$$

$$\psi_1 = 0\ 086,\ \tau_c = 38\ 46 tf/m^2,\ A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 65\ 78 - 38\ 46}{4\ 35} \times 0\ 15 = 1\ 28 cm^2/m$$

$$A_{sw/w\ min} = 0\ 14 \times 15 = 2\ 10 cm^2/m,\ \Phi 6\ 3mm\ c/12\ 5$$

## 4.3 VB5 15x25

**Esquema estrutural**




**Carregamentos**

- peso próprio $g_1 = 0\ 0375 \times 2\ 50 = 0\ 10 tf / m$
- parede $g_2 = (0\ 18 + 0\ 06) \times 3\ 15 = 0\ 76 tf / m$
- aterro $g_3 = 2 \times \frac{0\ 30 \times tg(30) \times 0\ 30}{2} \times 2\ 00 = 0\ 10 tf / m$
- laje de forro $g_4 = (0\ 25 + 2 \times 0\ 05) \times \frac{1\ 35 \times 1\ 35}{4 \times 1\ 35} = 0\ 12 tf / m$
- total $g = 1\ 08 tf / m$

**Dimensionamento**

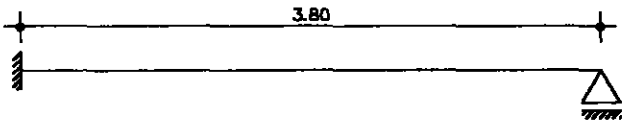
$$M = \frac{1\ 08 \times 1\ 35^2}{8} = 0\ 24 tfm,\ K_6 = \frac{15 \times 21^2}{24} = 276,\ A_s = 0\ 34 \times \frac{24}{21} = 0\ 39 cm^2,\ 2\Phi 8mm$$

$$V = \frac{1\ 08 \times 1\ 35}{2} = 0\ 73 tf,\ \tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 0\ 73}{0\ 15 \times 0\ 21} = 32\ 45 tf / m^2 < 357\ 15 tf / m^2,\ \rho_1 = \frac{1\ 00}{15 \times 25} = 0\ 0027$$

$$\psi_1 = 0\ 0785,\ \tau_c = 35\ 10 tf / m^2,\ A_{sw/w\,min} = 0\ 14 \times 15 = 2\ 10 cm^2 / m,\ \Phi 6\ 3mm\ c/10$$

## 4.4 VB3 15x30

**Esquema estrutural**




**Carregamentos**

- *peso próprio* $g_1 = 0\,045 \times 2\,50 = 0\,11 tf/m$
- parede $g_2 = (0\,18 + 0\,06) \times 3\,15 = 0\,76 tf/m$
- aterro $g_3 = 2 \times \frac{0\,45 \times tg(30) \times 0\,45}{2} \times 2\,00 = 0\,23 tf/m$
- laje de forro $g_4 = (0\,25 + 2 \times 0\,05) \times \frac{(6\,55 + 3\,80) \times 2\,75}{4 \times 6\,55} = 0\,38 tf/m$
- total $g = 1\,48 tf/m$

***Dimensionamento***

$M^{-}_{apoio} = \frac{1\,48 \times 3\,80^2}{8} \times 0\,80 = 2\,13 tfm$ com plastificação de 20%

$K_6 = \frac{15 \times 26^2}{213} = 47\,60$, $A_s = 0\,38 \times \frac{213}{26} = 3\,11 cm^2$, $4\Phi 10mm$

$M_{vão} = \frac{9 \times 1\,48 \times 3\,80^2}{128} + \frac{0\,54}{2} = 1\,77 tfm$, $K_6 = \frac{15 \times 26^2}{177} = 57\,30$, $A_s = 0\,36 \times \frac{177}{26} = 2.45 cm^2$

$2\Phi 12\,5mm$

$V_1 = \frac{1\,48 \times 3\,80}{2} + \frac{2\,13}{3\,80} = 3\,37 tf$, $\tau_{wd} = \frac{1\,4 \times 3\,37}{0\,15 \times 0\,26} = 120\,97 tf/m^2 < 357\,15 tf/m^2$

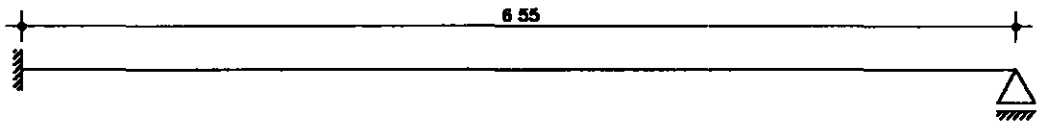
$\rho_1 = \frac{2\,40}{15 \times 30} = 0\,0053$, $\psi_1 = 0\,0917$, $\tau_c = 40\,99 tf/m^2$,

$A_{sw/w} = \frac{1\,15 \times 120\,97 - 40\,99}{4\,35} \times 0\,15 = 3\,38 cm^2/m$, $\Phi 6\,3mm$ c/15

## 4.5 VB1 E VB4 15x45

O cálculo será feito pela VB1 que é mais carregada

**Esquema estrutural**




**Carregamentos**

- peso próprio $g_1 = 0\ 0675 \times 2\ 50 = 0\ 17 tf/m$
- parede $g_2 = (0\ 18 + 0\ 06) \times 2\ 75 = 0\ 66 tf/m$
- aterro $g_3 = 2 \times \frac{0\ 60 \times tg(30) \times 0\ 60}{2} \times 2\ 00 = 0\ 42 tf/m$
- laje de forro $g_4 = (0\ 25 + 2 \times 0\ 05) \times \frac{(6\ 55 + 3\ 80) \times 2\ 75}{4 \times 6\ 55} = 0\ 38 tf/m$
- total $g = 1\ 63 tf/m$

**Dimensionamento**

$M^{-}_{apoio} = \frac{1\ 63 \times 6\ 55^2}{8} \times 0\ 75 = 6\ 55 tfm$ com plastificação de 25%

$K_6 = \frac{15 \times 41^2}{655} = 38\ 50$, $A_s = 0\ 40 \times \frac{655}{41} = 6\ 39 cm^2$, $5\Phi 12\ 5mm$

$M_{vão} = \frac{9 \times 1\ 63 \times 6\ 55^2}{128} + \frac{2\ 19}{2} = 6\ 01 tfm$, $K_6 = \frac{15 \times 41^2}{601} = 42\ 00$, $A_s = 0\ 39 \times \frac{601}{41} = 5\ 72 cm^2$

$2\Phi 16mm + 2\Phi 12\ 5mm$

$V_1 = \frac{1\ 63 \times 6\ 55}{2} + \frac{6\ 55}{6\ 55} = 6\ 34 tf$, $\tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 6\ 34}{0\ 15 \times 0\ 41} = 144\ 32 tf/m^2 < 357\ 15 tf/m^2$

$\rho_1 = \frac{3\ 75}{15 \times 45} = 0\ 0056$, $\psi_1 = 0\ 0930$, $\tau_c = 41\ 59 tf/m^2$,

$A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 144\ 32 - 41\ 59}{4\ 35} \times 0\ 15 = 4\ 29 cm^2/m$, $\Phi 8mm$ c/20

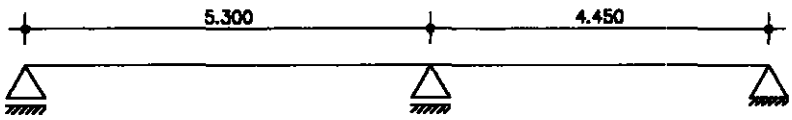
$$V_2 = \frac{1\,63 \times 6\,55}{2} - \frac{6\,55}{6\,55} = 4\,34\text{tf}\,,\ \tau_{wd} = \frac{1\,4 \times 4\,34}{0\,15 \times 0\,41} = 98\,80\text{tf/m}^2 < 357\,15\text{tf/m}^2$$

$$\rho_1 = \frac{3\,75}{15 \times 45} = 0\,0056\,,\ \psi_1 = 0\,0930\,,\ \tau_c = 41\,59\text{tf/m}^2\,,$$

$$A_{sw/w} = \frac{1\,15 \times 98\,80 - 41\,59}{4\,35} \times 0\,15 = 2\,48\text{cm}^2/\text{m}\,,\ \Phi 6\ 3\text{mm c/20}$$

## 4.6 VB6 15x45

**Esquema estrutural**




**Carregamentos**

- peso próprio $g_1 = 0\,0675 \times 2\,50 = 0\,17 tf/m$
- parede $g_2 = (0\,18 + 0\,06) \times 2\,75 = 0\,66 tf/m$
- aterro $g_3 = 2 \times \frac{0\,60 \times tg(30) \times 0\,60}{2} \times 2\,00 = 0\,42 tf/m$
- laje de forro lado direito $g_4 = (0\,25 + 2 \times 0\,05) \times \frac{3\,80 \times 3\,802\,75}{4 \times 3\,80} = 0\,33 tf/m$
- laje de forro lado esquerdo $g_5 = (0\,25 + 2 \times 0\,05) \times \frac{1\,35 \times 1\,35}{4 \times 1\,35} = 0\,12 tf/m$
- reação da VB2 $P = 1\,45 tf$
- reação da VB3 $P = 2\,25 tf$

**Dimensionamento**

$M_{vão1} = 5\,63 tfm$, $K_6 = \frac{15 \times 41^2}{563} = 44\,80$, $A_s = 0\,39 \times \frac{563}{41} = 5\,35 cm^2$, $2\Phi 12\,5mm + 2\Phi 16mm$

$M_{vão2} = 1\,90 tfm$, $K_6 = \frac{15 \times 41^2}{190} = 132\,70$, $A_s = 0\,34 \times \frac{190}{41} = 1\,58 cm^2$, $2\Phi 12\,5mm$

$M_{apoio} = 5\,92 tfm$, $K_6 = \frac{15 \times 41^2}{592} = 42\,60$, $A_s = 0\,39 \times \frac{592}{41} = 5\,63 cm^2$, $4\Phi 12\,5mm$ com plastifi de 10%

$V_{1-1} = 3\,67 tf$, $\tau_{wd} = \frac{1\,4 \times 3\,67}{0\,15 \times 0\,41} = 83\,55 tf/m^2 < 357\,15 tf/m^2$, $\rho_1 = \frac{3\,75}{15 \times 45} = 0\,0056$

$\psi_1 = 0\,0930$, $\tau_c = 41\,59 tf/m^2$, $A_{sw/w} = \frac{1\,15 \times 83\,55 - 41\,59}{4\,35} \times 0\,15 = 1\,88 cm^2/m$, $\Phi 6\,3mm$ c/20

$V_{1-2} = 6\,43 tf$, $\tau_{wd} = \frac{1\,4 \times 6\,43}{0\,15 \times 0\,41} = 146\,37 tf/m^2 < 357\,15 tf/m^2$, $\rho_1 = \frac{3\,75}{15 \times 45} = 0\,0056$

$$\psi_1 = 0\ 0930\ ,\ \tau_c = 41\ 59 tf/m^2\ ,\ A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 146\ 37 - 41\ 59}{4\ 35} \times 0\ 15 = 4\ 37 cm^2/m\ ,\ \Phi 6\ 3mm\ c/15$$

$$V_{2\text{-}1} = 4\ 53 tf\ ,\ \tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 4\ 53}{0\ 15 \times 0\ 41} = 103\ 12 tf/m^2 < 357\ 15 tf/m^2\ ,\ \rho_1 = \frac{2\ 40}{15 \times 45} = 0\ 0036$$

$$\psi_1 = 0\ 0828\ ,\ \tau_c = 37\ 02 tf/m^2\ ,\ A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 103\ 12 - 37\ 02}{4\ 35} \times 0\ 15 = 2\ 82 cm^2/m\ ,\ \Phi 6\ 3mm\ c/20$$

$$V_{2\text{-}2} = 2\ 63 tf\ ,\ \tau_{wd} = \frac{1\ 4 \times 2\ 63}{0\ 15 \times 0\ 41} = 59\ 87 tf/m^2 < 357\ 15 tf/m^2\ ,\ \rho_1 = \frac{2\ 40}{15 \times 45} = 0\ 0036$$

$$\psi_1 = 0\ 0828\ ,\ \tau_c = 37\ 02 tf/m^2\ ,\ A_{sw/w} = \frac{1\ 15 \times 59\ 87 - 37\ 02}{4\ 35} \times 0\ 15 = 1\ 10 cm^2/m\ ,,\ \Phi 6\ 3mm\ c/20$$

## 4.7 SAPATAS

TABELA DE CARGAS NAS SAPATAS

| | P3 | P5 | P8 | VB1 | VB2 | VB4 | VB5 | VB6 | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 | 5 05 | - | - | 4 34 | - | - | - | 2 63 | 12 02 |
| S2 | - | - | - | - | 1 48 | - | 0 73 | - | 2 21 |
| S3 | - | 4 30 | - | - | - | - | - | 10 96 | 15 26 |
| S4 | - | - | 5 35 | - | - | 4 34 | - | 3 67 | 13 36 |

As informações visuais do local da implantação da Estação de Bombeamento indicam um solo de alteraç de rocha com presença de pedregulhos Será adotada a tensão admissível no terreno de 15 tf/m$^2$, dever ser confirmado na época da execução o tipo de solo aqui admitido

**Tensões atuante na base das sapatas:**

| | B1 | B2 | Área | Carga | P.P | Total | $\sigma_{atuante}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | m | m$^2$ | tf | tf | tf | tf/m$^2$ |
| S1 | 1 00 | 1 00 | 1 00 | 12 02 | 0 44 | 12 46 | 12 46 |
| S2 | 0 50 | 0 50 | 0 25 | 2 21 | 0 08 | 2 29 | 9 16 |
| S3 | 1 30 | 1 30 | 1 69 | 15 26 | 1 10 | 16 36 | 9 74 |
| S4 | 1 00 | 1 00 | 1 00 | 13 36 | 0 44 | 13 80 | 13 80 |

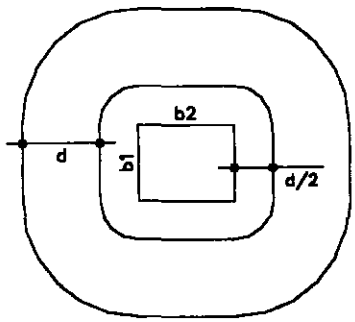
**Cálculo das armaduras**

S1, S4 $M = \frac{14 \times 0\,375^2}{2} = 0\,98 tfm/m$, $K_6 = \frac{100 \times 21^2}{98} = 450$, $A_s = 0\,15 \times 25 = 3\,75 cm^2/m$, $\Phi 8mmc/$

S2 $M = \frac{10 \times 0\,15^2}{2} = 0\,11 tfm/m$, $K_6 = \frac{100 \times 11^2}{11} = 1100$, $A_s = 0\,15 \times 16 = 2\,40 cm^2/m$, $\Phi 6\,3mmc/10$

S3 $M = \frac{10 \times 0\,525^2}{2} = 1\,38 tfm/m$, $K_6 = \frac{100 \times 26^2}{138} = 489$, $A_s = 0\,15 \times 30 = 4\,50 cm^2/m$, $\phi 10mmc/12$

**Verificação da punção**




$$\tau_{tu} = 0\,63 \times \frac{\sqrt{20}}{1\,4} \times 100 = 201\,20 tf / m^2$$

S1,S4 $b_1 = 0\,20, b_2 = 0\,25, d = 0\,21$, $u = 2 \times 0\,20 + 2 \times 0\,25 + \pi \times 0\,21 = 1\,56m$

$$\tau_{td} = \frac{1\,4 \times 13\,80}{1\,56 \times 0\,21} = 58\,98 tf / m^2$$

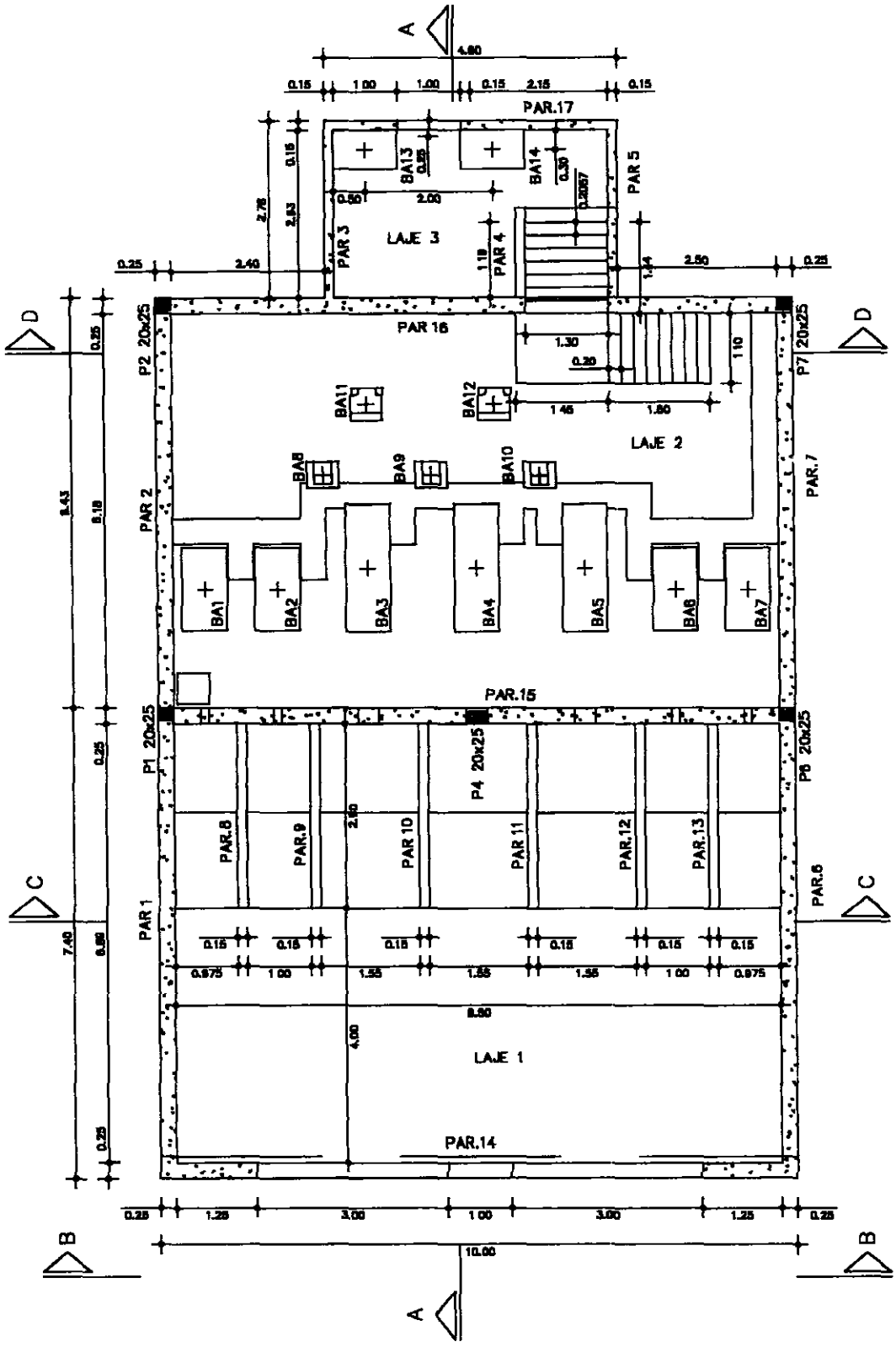
S2 Não há punção pela geometna da peça

S3 $b_1 = 0\,20, b_2 = 0\,25, d = 0\,26$, $u = 2 \times 0\,20 + 2 \times 0\,25 + \pi \times 0\,26 = 1\,72m$

$$\tau_{td} = \frac{1\,4 \times 16\,36}{1\,72 \times 0\,26} = 51\,22 tf / m^2$$

# 5 OBRA ENTERRADA

## 5.1 Geometria



## 5.2 Verificação da flutuação

- ***N A. na cota de inundação – 108m***

**Verificação global**

Volume de água deslocado

$$V_1 = 10 \times 4\ 15 \times 6\ 75 - 9\ 50 \times 3\ 90 \times 6\ 50 - 26\ 40 \times 0\ 25 = 32\ 70 m^3$$

$$V_2 = 10 \times \left(\frac{6\ 75 + 8\ 25}{2}\right) \times 1\ 50 - \frac{9\ 50 \times (6\ 50 + 8\ 00)}{2} \times 1\ 50 = 9\ 19 m^3$$

$$V_3 = 10 \times 8\ 25 \times 1\ 75 - 9\ 50 \times 8\ 00 \times 1\ 50 = 30\ 38 m^3, V_4 = 10 \times 4\ 80 \times 6\ 43 = 308\ 64 m^3$$

$$V_5 = 4\ 60 \times 1\ 30 \times 2\ 78 = 16\ 62 m^3, V_6 = 2 \times \frac{2\ 46 \times 6\ 75}{2} \times 4\ 15 = 68\ 91 m^3$$

$$V_7 = 2 \times \left(\frac{2\ 46 \times 6\ 75}{2} + \frac{3\ 00 \times 8\ 25}{2}\right) \times 0\ 50 \times 1\ 50 = 31\ 02 m^3, V_8 = 2 \times \frac{3\ 00 \times 8\ 25}{2} \times 1\ 75 = 43\ 31 m^3$$

$$V_9 = 4 \times \frac{3\ 00 \times 3\ 00}{2} \times \frac{8\ 25}{3} = 49\ 50 m^3, \quad V_{10} = 2 \times \frac{1\ 75 \times 1\ 75}{2} \times \frac{4\ 80}{3} = 4\ 90 m^3$$

$$V_{11} = \frac{1\ 25 \times 3\ 44}{2} \times 10\ 00 = 21\ 50 m^3, \quad V_{12} = 2 \times \frac{1\ 75 \times 4.80}{2} \times 3\ 43 = 28\ 81 m^3$$

$$V_{13} = 4 \times \frac{1\ 75 \times 1\ 75}{2} \times \frac{4\ 80}{3} = 9\ 80 m^3, \quad V_{14} = \frac{1\ 75 \times 4\ 80}{2} \times (2\ 75 + 2\ 65) = 22\ 68 m^3$$

$$V_{15} = \frac{1\ 27 \times 3\ 50}{2} \times 4\ 60 = 10\ 22 m^3, \quad V_{16} = 2 \times \frac{0\ 48 \times 0\ 48}{2} \times \frac{1\ 30}{3} = 0\ 10 m^3$$

$$V_{17} = 4 \times \frac{0\ 48 \times 0\ 48}{2} \times \frac{1\ 30}{3} = 0\ 20 m^3, \quad V_{18} = \frac{0\ 48 \times 1\ 30}{2} \times 4\ 60 \times 1\ 00 = 1\ 44 m^3$$

$$V_{19} = 2 \times \frac{0\ 48 \times 1\ 30}{2} \times 1\ 30 = 1\ 62 m^3$$

$$V_{TOTAL} = 691\ 54 m^3$$

Peso de solo mobilizado

$P_1 = 68\ 91 \times 1\ 70 = 117\ 15tf$ , $P_2 = 31\ 02 \times 1\ 70 = 52\ 73tf$ , $P_3 = 43\ 31 \times 1\ 70 = 73\ 63tf$

$P_4 = 49\ 50 \times 1\ 70 = 84\ 15tf$ , $P_5 = 21\ 50 \times 1\ 70 = 36\ 55tf$ , $P_6 = 4\ 90 \times 1\ 70 = 8\ 33tf$

$P_7 = 28\ 81 \times 1\ 70 = 48\ 98tf$ , $P_8 = 9\ 80 \times 1\ 70 = 16\ 66tf$ ; $P_9 = 22\ 68 \times 1\ 70 = 38\ 56tf$

$P_{10} = 10\,22 \times 1\,70 = 17\,37tf$ , $P_{11} = 0\,10 \times 1\,70 = 0\,17tf$ , $P_{12} = 0\,20 \times 1\,70 = 0\,34tf$

$P_{13} = 1\,44 \times 1\,70 = 2\,45tf$ , $P_{14} = 1\,62 \times 1.70 = 2\,75tf$

$P_{SOLOTOTAL} = 502\,82tf$

Peso da estrutura

$PAR_1 = 48\,08 \times 0\,25 \times 2\,40 = 28\,85tf$ , $PAR_2 = 28\,18 \times 0\,25 \times 2\,40 = 16\,91f$

$PAR_3 = 3\,68 \times 0\,15 \times 2\,40 = 1\,32tf$ , $PAR_4 = 0\,63 \times 0\,15 \times 2\,40 = 0\,23tf$

$PAR_5 = 4\,49 \times 0\,15 \times 2\,40 = 1\,62tf$ , $PAR_6 = 48.08 \times 0.25 \times 2\,40 = 28\,85tf$

$PAR_7 = 28\,18 \times 0\,25 \times 2\,40 = 16\,91tf$ , $PAR_{8a13} = 6 \times 4\,68 \times 0\,15 \times 2\,40 = 10\,11tf$

$PAR_{14} = 26\,40 \times 0\,25 \times 2\,40 = 15\,85tf$ , $PAR_{15} = 80 \times 0\,25 \times 2\,40 = 48\,00tf$

$PAR_{16} = 44\,36 \times 0\,25 \times 2\,40 = 26\,62tf$ , $PAR_{17} = 5\,64 \times 0\,15 \times 2\,40 = 2\,03tf$

$P_1, P_4 e P_6 = 2\,50 + 2\,90 + 2\,50 = 7\,90tf$

$P_2, P_7, VB_1, VB_3 e VB_4 = 1\,50 + 4\,50 + 6\,30 + 3\,40 + 6\,30 = 22\,00tf$

$LAJE = (41\,46 \times 0\,25 + 21\,12 \times 0\,25 + 81\,83 \times 0\,25 + 12\,79 \times 0\,15) \times 2\,40 = 91\,25tf$

$P_{ESTRUTURATOTAL} = 318\,45tf$

$$FS = \frac{502\,82 + 318\,45}{691\,54} = 1\,19$$

11/11/98

**Verificação do tombamento**

A verificação será feita para face da parede 14 Os valores dos esforços solicitantes e resistentes, com as respectivas distâncias do ponto de verificação e os momentos correspondentes encontram-se tabelados a seguir

| Esforços resistentes | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Peso da estrutura | | | | Peso de solo | | | |
| Peça | Carga | $D_{carga}$ | Momento | Peça | Carga | $D_{carga}$ | Momento |
| PAR1 | 28 85 | 3 86 | 111 36 | P1 | 117 15 | 2 08 | 243 09 |
| PAR2 | 16 91 | 10 49 | 177 39 | P2 | 52 73 | 4 90 | 258 38 |
| PAR3 | 1 32 | 15 14 | 19 98 | P3 | 76 63 | 6 52 | 499 63 |
| PAR4 | 0 23 | 14 21 | 3 27 | P4 | 84 15 | 8 90 | 748 94 |
| PAR5 | 1 62 | 14 98 | 24 27 | P5 | 8 33 | 9 23 | 76 89 |
| PAR6 | 28 85 | 3 86 | 111 36 | P6 | 36 55 | 7 82 | 285 82 |
| PAR7 | 16 91 | 10 49 | 177 39 | P7 | 48 98 | 12 11 | 593 15 |
| PAR8A13 | 10 11 | 5 93 | 59 95 | P8 | 16 66 | 14 70 | 244 90 |
| PAR14 | 15 85 | 0 13 | 1 98 | P9 | 38 56 | 14 41 | 555 65 |
| PAR15 | 48 00 | 7 28 | 349 20 | P10 | 17 37 | 14 25 | 247 52 |
| PAR16 | 26 62 | 13 70 | 364 69 | P11 | 0 17 | 15 42 | 2 62 |
| PAR17 | 2 03 | 16 53 | 33 56 | P12 | 0 34 | 16 77 | 5 70 |
| LAJE | 91 25 | 7 62 | 695 13 | P13 | 2 45 | 16 77 | 41 09 |
| P1, P4 e P6 | 7 90 | 7 15 | 56 49 | P14 | 2 75 | 15 96 | 43 89 |
| P2, P7, VB1, VB3 e VB4 | 22 00 | 13 58 | 298 76 | | | | |
| **Total** | **318.45** | | **2484.78** | **Total** | **502.82** | | **3847.25** |

| Esforços solicitantes | | | |
|---|---|---|---|
| Empuxo de água | | | |
| **Peça** | **Carga** | **$D_{carga}$** | **Momento** |
| V1 | 32 70 | 2 08 | 67 85 |
| V2 | 9 19 | 4 90 | 45 03 |
| V3 | 30 38 | 6 52 | 198 08 |
| V4 | 308 64 | 10 61 | 3274 67 |
| V5 | 16 62 | 15 22 | 252 96 |
| V6 | 68 91 | 2 08 | 142 99 |
| V7 | 31 02 | 4 90 | 152.00 |
| V8 | 43 31 | 6 52 | 282 38 |
| V9 | 49 50 | 8 90 | 440 55 |
| V10 | 4 90 | 9 23 | 45 23 |
| V11 | 21 50 | 7 82 | 168 13 |
| V12 | 28 81 | 12 11 | 348 89 |
| V13 | 9 80 | 14 70 | 144 06 |
| V14 | 22 68 | 14 41 | 326 82 |
| V15 | 10 22 | 14 25 | 145 64 |
| V16 | 0 10 | 15 42 | 1 54 |
| V17 | 0 20 | 16.77 | 3 35 |
| V18 | 1 44 | 16 77 | 24 15 |
| V18 | 1 62 | 15 96 | 25 86 |
| **Total** | **691 54** | | **6090.17** |

$$FS = \frac{2484\ 79 + 3847\ 25}{6090\ 17} = 1\ 04, \text{OK!}.$$

- **N.A. na cota máxima de trabalho –105m**

**Verificação global**

Volume de água deslocado

$$V_1 = 10 \times 4\ 15 \times 3\ 75 - 9\ 50 \times 3\ 90 \times 3\ 50 - 15\ 90 \times 0\ 25 = 21\ 98 m^3$$

$$V_2 = 10 \times \left( \frac{3\ 75 + 5\ 25}{2} \right) \times 1\ 50 - \frac{9\ 50 \times (3\ 50 + 5\ 00)}{2} \times 1\ 50 = 6\ 94 m^3$$

$$V_3 = 10 \times 5\ 25 \times 1\ 75 - 9\ 50 \times 5\ 00 \times 1\ 50 = 20\ 63 m^3, \quad V_4 = 10 \times 1\ 80 \times 6\ 43 = 115\ 74 m^3$$

$$V_6 = 2 \times \frac{1\ 36 \times 3\ 75}{2} \times 4\ 15 = 21\ 17 m^3$$

$$V_7 = 2 \times \left( \frac{1\ 36 \times 3\ 75}{2} + \frac{1\ 91 \times 5\ 25}{2} \right) \times 0\ 50 \times 1\ 50 = 11\ 35 m^3, \quad V_8 = 2 \times \frac{1\ 91 \times 5\ 25}{2} \times 1\ 75 = 17\ 55 m^3$$

$$V_9 = 4 \times \frac{1\ 91 \times 1\ 91}{2} \times \frac{5\ 25}{3} = 12\ 77 m^3, \quad V_{10} = 2 \times \frac{0\ 66 \times 0\ 66}{2} \times \frac{1\ 80}{3} = 0\ 26 m^3$$

$$V_{11} = \frac{1\ 25 \times 3\ 44}{2} \times 10\ 00 = 21\ 50 m^3, \quad V_{12} = 2 \times \frac{0\ 66 \times 1\ 80}{2} \times 4\ 52 = 5\ 37 m^3$$

$$V_{13} = 4 \times \frac{0\ 66 \times 0\ 66}{2} \times \frac{1\ 80}{3} = 0\ 52 m^3, \quad V_{14} = \frac{0\ 66 \times 1\ 80}{2} \times 10 = 5\ 94 m^3$$

$$V_{TOTAL} = 261\ 72 m^3$$

Peso de solo mobilizado

$$P_{SOLOTOTAL} = 498\ 10 tf$$

Peso da estrutura

$$P_{ESTRUTURATOTAL} = 318\ 45 tf$$

$$FS = \frac{502\ 82 + 318\ 45}{261\ 72} = 3\ 14$$ A verificação do tombamento é dispensável

### 5.3 Carregamentos

Serão definidos os carregamentos globais atuantes na estrutura enterrada Os carregamentos considerados são

1 Carga vertical permanente será admitido que a reação da carga vertical de peso próprio proveniente das paredes, das vigas e dos pilares se distribua uniformemente na laje de fundo, e a estrutura considerada como corpo rígido,

2 Carga vertical com N A na cota 105,

3 Carga vertical com N A na cota 108,

4 Empuxo ativo do solo sem a presença de água,

5 Empuxo ativo do solo com N A na cota 105,

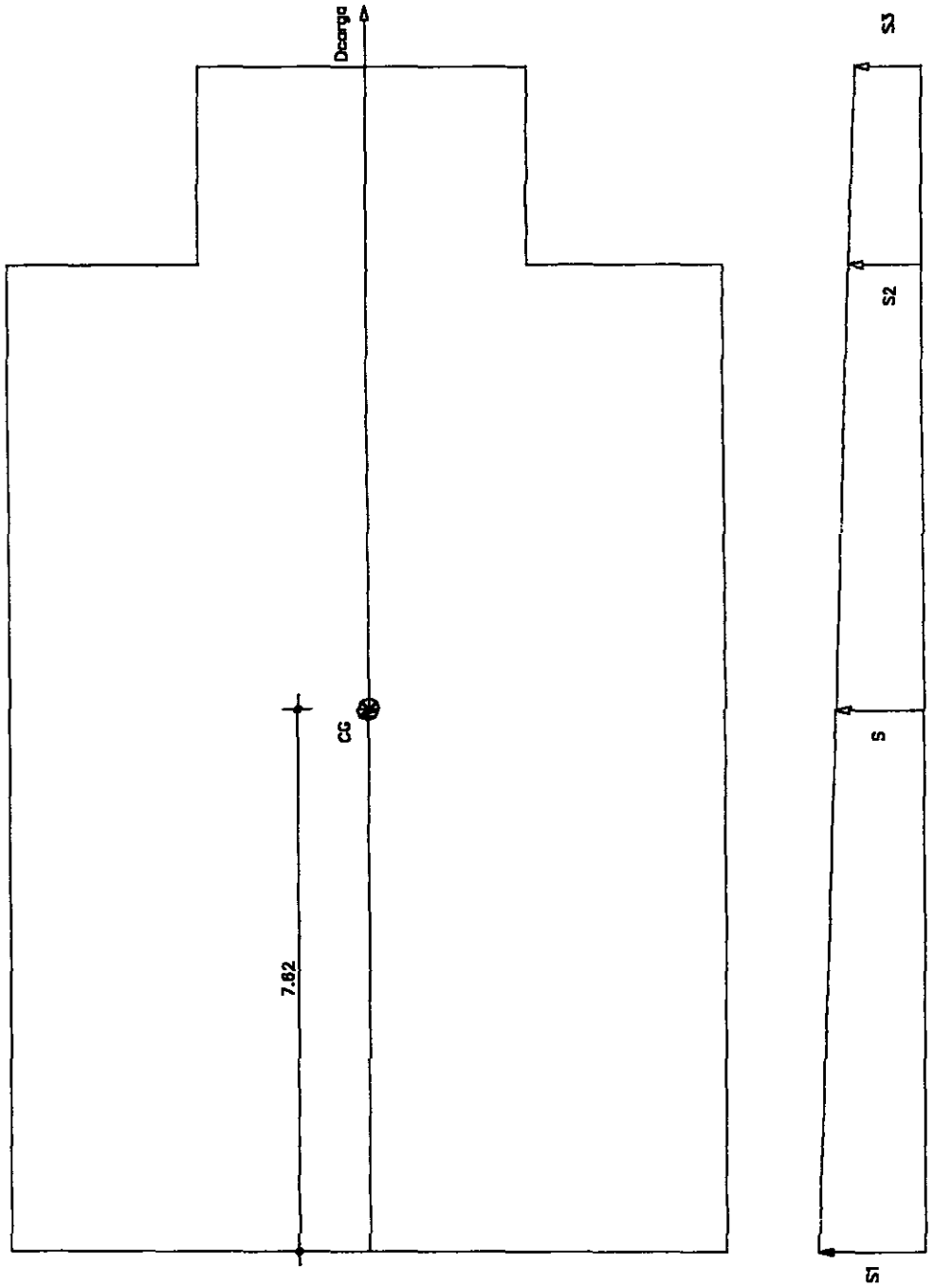
6 Empuxo ativo do solo com N A na cota 108,

7 Cargas acidentais na casa de bombas não serão consideradas, para simplificação do calculo, pc terem valores muito pequenos em relação às demais cargas,

8 Empuxo de água será considerado somente em algumas peças uma vez que o nível de água n reservatório é sempre o mesmo do nível de água do lençol

### 5.3.1 Carregamento 1 – cargas verticais permanente

A pequena assimetna na direção transversal ao fluxo de água será desprezada



São apresentadas a seguir, em forma de tabela, as cargas permanentes atuantes e a reação do solo sobre a estrutura

| Peso da estrutura | | | |
|---|---|---|---|
| **Peça** | **Carga** | **$D_{carga}$** | **Momento** |
| PAR1 | 30 05 | 3 86 | 115 98 |
| PAR2 | 17 61 | 10 49 | 184 76 |
| PAR3 | 1 38 | 15 14 | 20 89 |
| PAR4 | 0 24 | 14 21 | 3 37 |
| PAR5 | 1 68 | 14 98 | 25 22 |
| PAR6 | 30 05 | 3 86 | 115 98 |
| PAR7 | 17 61 | 10 49 | 184 76 |
| PAR8A13 | 10 52 | 5 93 | 62 38 |
| PAR14 | 16 50 | 0 13 | 2 06 |
| PAR15 | 50 00 | 7 28 | 363 75 |
| PAR16 | 27 73 | 13 70 | 379 83 |
| PAR17 | 2 12 | 16 53 | 34 96 |
| Escada | 1 51 | 13 03 | 19 71 |
| P1, P4 e P6 | 15 10 | 7 15 | 107 97 |
| P2, P7, VB1, VB3 e VB4 | 33 00 | 13 58 | 448 14 |
| **Total** | **255.09** | **8.11** | **2069.75** |

| Reação do solo | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $M_{cg}$ | $\sigma$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\sigma_3$ |
| 125 96 | 1 69 | 1 37 | 1 95 | 2 06 |

### 5.3.2 Carregamento 2 – cargas verticais permanente com N.A. na cota 105

As cargas de peso próprio são as mesmas do carregamento 1

| Empuxo de água (105) | | | |
|---|---|---|---|
| **Peça** | **Carga** | **$D_{carga}$** | **Momento** |
| V1 | -21 98 | 2 08 | -45 61 |
| V2 | -6 94 | 4 90 | -34 01 |
| V3 | -20 63 | 6 52 | -134 51 |
| V4 | -115 74 | 10 61 | -1228 00 |
| **Total** | **-165.29** | **8.72** | **-1442.12** |

| $M_{cg}$ | $\sigma$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\sigma_3$ |
|---|---|---|---|---|
| -182 61 | -1 09 | -0 63 | -1 47 | -1 64 |

| Reação do solo | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **$M_{cg}$** | $\sigma$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\sigma_3$ |
| -56 65 | 0 59 | 0 74 | 0 48 | 0 43 |

### 5.3.3 Carregamento 3 – cargas verticais permanente com N.A. na cota 108

As cargas de peso próprio são as mesmas do carregamento 1

| Empuxo de água (108) | | | |
|---|---|---|---|
| **Peça** | **Carga** | **$D_{carga}$** | **Momento** |
| V1 | -32 70 | 2 08 | -67 85 |
| V2 | -9 19 | 4 90 | -45 03 |
| V3 | -30 38 | 6 52 | -198 08 |
| V4 | -308 64 | 10 61 | -3274 67 |
| V5 | -16 62 | 15 22 | -252 96 |
| **Total** | **-397.53** | **9.66** | **-3838.59** |

| $M_{cg}$ | $\sigma$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\sigma_3$ |
|---|---|---|---|---|
| -809 41 | -2 63 | -0 59 | -4 30 | -5 04 |

| Laje de fundo | | | |
|---|---|---|---|
| **Peça** | **Carga** | **$D_{carga}$** | **Momento** |
| | 95 00 | 7 62 | 723 90 |

| $M_{cg}$ | $\sigma$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\sigma_3$ |
|---|---|---|---|---|
| 0 00 | 0 63 | 0.63 | 0 63 | 0 63 |

| Carregamento de eq. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $M_{cg}$ | $\sigma$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\sigma_3$ |
| 683 45 | 0 31 | -1 41 | 1 72 | 2 35 |

### 5.3.4 Carregamento 4 – cargas horizontais sem N.A.

Determinação do empuxo ativo atuante, em forma de tensões do solo sobre a estrutura

$K_a = 0\ 36,\ \gamma = 1\ 80 tf/m^2$

$h = 1\ 30, \quad e = 0\ 36 \times 1\ 80 \times 1\ 30 = 0\ 84 tf/m^2$

$h = 4\ 80 \quad e = 0\ 36 \times 1\ 80 \times 4\ 80 = 3\ 11 tf/m^2$

$h = 6\ 75, \quad e = 0\ 36 \times 1\ 80 \times 6\ 75 = 4\ 37 tf/m^2$

$h = 8\ 25, \quad e = 0.36 \times 1\ 80 \times 8\ 25 = 5\ 35 tf/m^2$

$$E_{TOTAL} = \frac{5\ 35 \times 8\ 25}{2} \times 10 = 220\ 70 tf$$

A reação do solo se dará em forma de empuxo passivo na face oposta da estrutura Será calculado o coeficiente de empuxo passivo necessário para equilibrar a estrutura, e o valor calculado será comparado com a capacidade do solo para se estimar o coeficiente de segurança para equilíbrio

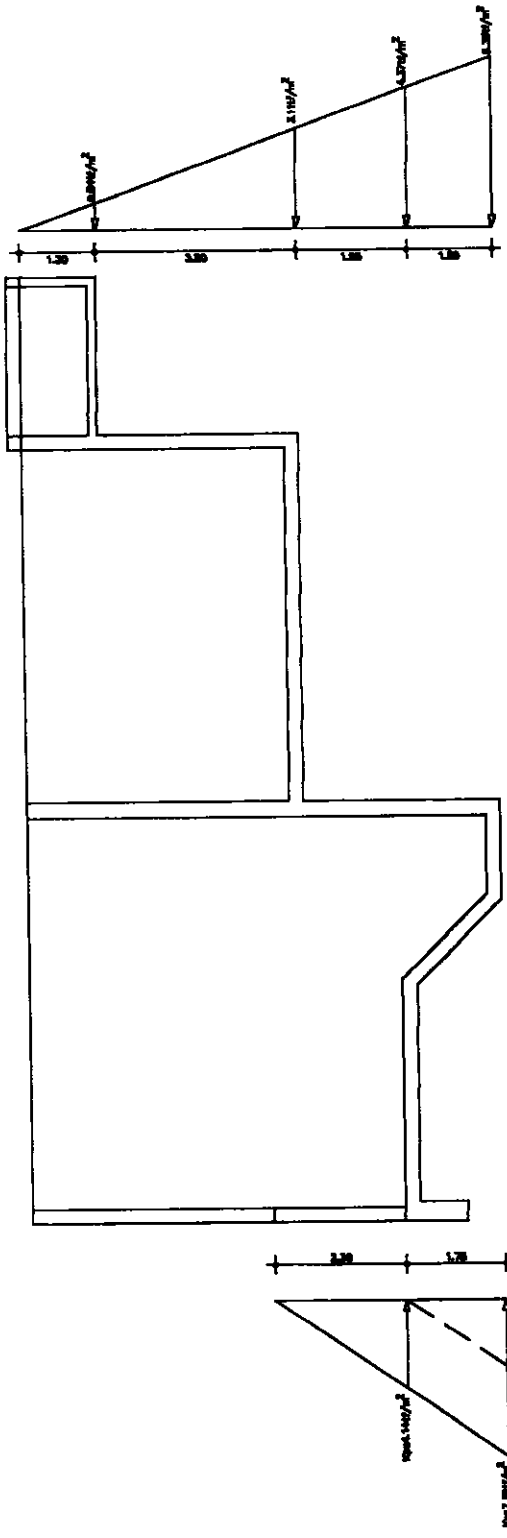
Os valores do empuxo passivo, em forma de tensões do solo são

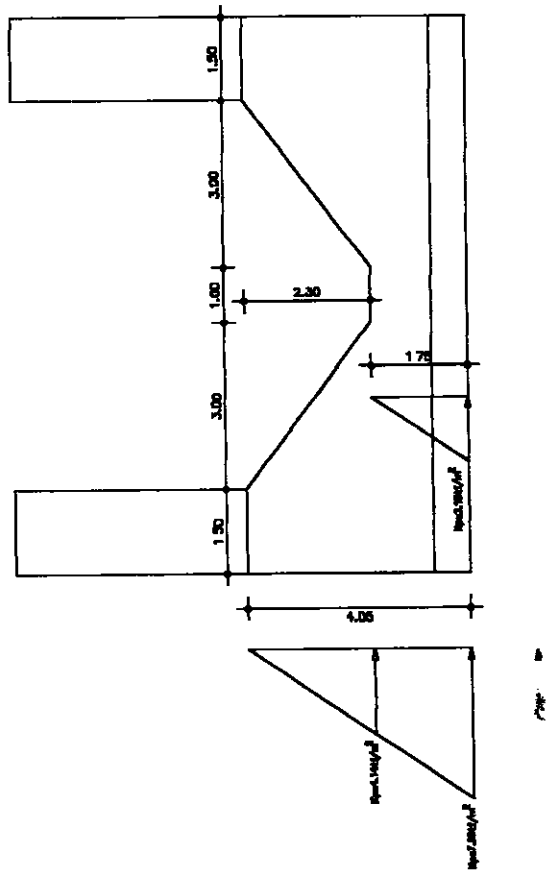
$h = 2\ 30, \quad e = K_p \times 1\ 80 \times 2\ 30 = K_p \times 4\ 14 tf/m^2$

$h = 4\ 05, \quad e = K_p \times 1\ 80 \times 4\ 05 = K_p \times 7\ 29 tf/m^2$

$h = 1\ 75, \quad e = K_p \times 1\ 80 \times 1\ 75 = K_p \times 3\ 15 tf/m^2$

Os pontos de aplicação dos empuxos calculados acima estão apresentados na figura a seguir





Determinação do empuxo passivo total atuante

$$E_P = \frac{7\,29K_p \times 4\,05}{2} \times 1\,50 \times 2 + \frac{4\,14K_p \times 2}{3} \times \frac{3\,00 \times 2\,3}{2} \times 2 + \frac{3\,15K_p \times 3\,00}{2} \times 1\,75 \times 2 + \frac{3\,15K_p \times 1\,75}{2} \times 7\,00$$

$$E_{PTOTAL} = 99\,16K_p = 220\,70 \rightarrow K_p = 2\,22\,,\ K_{pADM} = 2\,77 \rightarrow FS = \frac{2\,77}{2\,22} = 1\,25$$

108

Cálculo do coeficiente de segurança considerando a mobilização de atrito da estrutura com o solo pela laje de fundo

Tensão do peso próprio da estrutura = 1 69 + 0 63 = 2 32tf/m$^2$,

Area da estrutura = 151 00m$^2$

Coeficiente de atrito = tg(28 x 2/3) =0 33

Força de atrito resistente na laje de fundo = 2 32 x 151.00 x 0 33 = 115 60tf

Força de empuxo passivo = $\frac{2\ 76}{1\ 40}\times\frac{220\ 70}{2\ 22}=196\ 00\text{tf}$, $FS=\frac{115\ 60+196\ 00}{220\ 70}=1\ 41$, OK

Determinação das tensões de reação do solo na laje de fundo para equilibrar o tombamento da estrutura

$$ME_{P1}=\frac{7\ 29\times 2\ 22\times 4\ 05}{2}\times 1\ 50\times 2\times\frac{4\ 05}{3}=132\ 73\text{tfm}$$

$$ME_{P2}=\frac{4\ 14\times 2\ 22\times 2}{3}\times\frac{3\ 00\times 2\ 3}{2}\times 2\times\left(1\ 75+\frac{2\ 30}{3}\right)=106\ 40\text{tfm}$$

$$ME_{P3}=\frac{3\ 15\times 2\ 22\times 3\ 00}{2}\times 1\ 75\times 2\times\frac{1\ 75}{2}=32\ 12\text{tfm}$$

$$ME_{P4}=\frac{3\ 15\times 2\ 22\times 1\ 75}{2}\times 7\ 00\times\frac{1\ 75}{3}=24\ 98\text{tfm}$$

$$ME_P=132\ 73+106\ 40+32\ 12+24\ 98=296\ 23\text{tfm}$$

$ME_a=220\ 70\times\frac{8\ 25}{3}=606\ 93\text{tfm}$, $\Delta M=606\ 93-296\ 23=310\ 70\text{tfm}$ O peso próprio da estrutura é suficiente para equilibrar o momento desiquilibrado com grande margem de segurança As tensões de reação do solo provenientes do momento desiquilibrado são

| $M_{cg}$ | $\sigma$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\sigma_3$ |
|---|---|---|---|---|
| -310 70 | 0 | 0 78 | -0 64 | -0 92 |

### 5.3.5 Carregamento 5 – cargas horizontais com N.A. na cota 105

*Determinação do empuxo ativo atuante, em forma de tensões do solo sobre a estrutura*

$K_a$ = 0 36, $\gamma$ = 1 80tf/m$^2$, $\gamma_{sub}$ = 0 80tf/m$^2$,

$h = 1\ 30, \quad e = 0\ 36 \times 1\ 80 \times 1\ 30 = 0\ 84 tf / m^2$

$h = 300, \quad e = 0\ 36 \times 1\ 80 \times 3\ 00 = 1\ 94 tf / m^2$

$h = 4\ 80 \quad e_s = 1\ 94 + 0\ 36 \times 0\ 80 \times 1\ 80 = 2\ 46 tf / m^2 \quad e_a = 1\ 80 tf / m^2$

$h = 6\ 75, \quad e_s = 1\ 94 + 0\ 36 \times 0\ 80 \times 3\ 75 = 3\ 02 tf / m^2 \quad e_a = 3\ 75 tfm^2$

$h = 8\ 25, \quad e_s = 1\ 94 + 0\ 36 \times 0\ 80 \times 5\ 25 = 3\ 45 tf / m^2 \quad e_a = 5\ 25 tf / m^2$

$$E_{TOTALSOLO} = \frac{1\ 94 \times 3\ 00}{2} \times 10 + 1\ 94 \times 5\ 25 \times 10 + \frac{1\ 51 \times 5\ 25}{2} \times 10 = 170\ 58 tf$$

O empuxo de água é autoequilibrado na estrutura como um todo

Aplica-se aqui o mesmo raciocínio de equilíbrio do carregamento 4

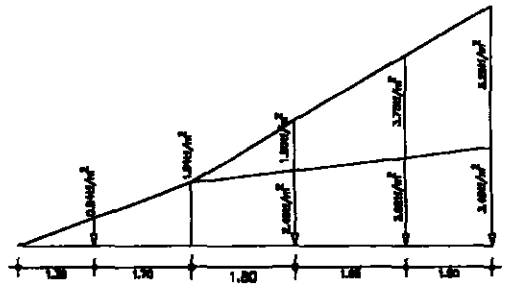
Os valores do empuxo passivo, em forma de tensões do solo são

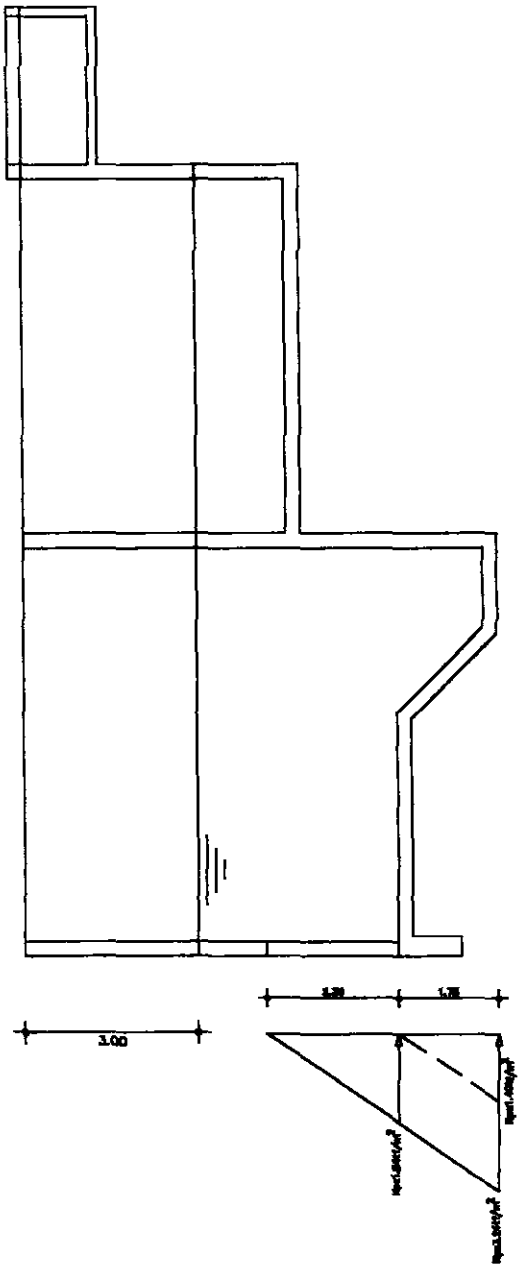
$h = 2\ 30. \quad e = K_p \times 0\ 80 \times 2\ 30 = K_p \times 1\ 84 tf / m^2$

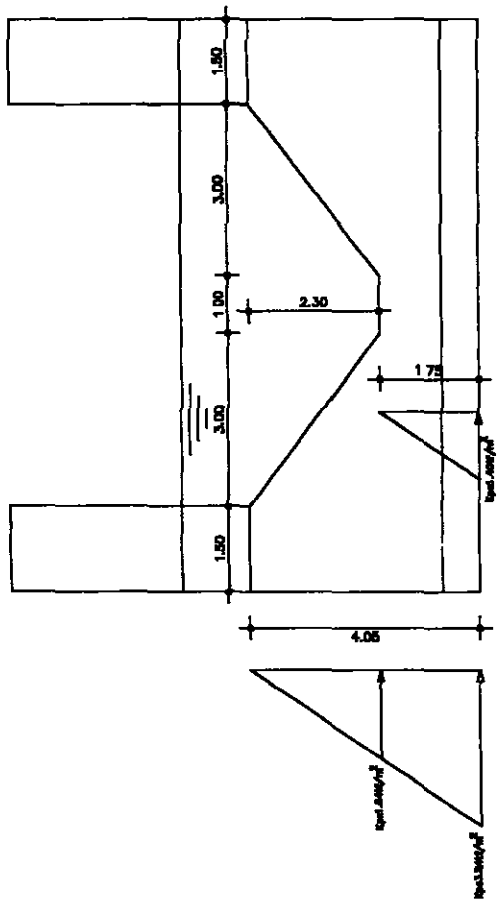
$h = 4\ 05, \quad e = K_p \times 0\ 80 \times 4\ 05 = K_p \times 3\ 24 tf / m^2$

$h = 1\ 75, \quad e = K_p \times 0\ 80 \times 1\ 75 = K_p \times 1\ 40 tf / m^2$

Os pontos de aplicação dos empuxos calculados acima estão apresentados na figura a seguir







Determinação do empuxo passivo total atuante

Cálculo do coeficiente de segurança considerando a mobilização de atnto da estrutura com o solo pela laje de fundo e pelas paredes

Tensão do peso próprio da estrutura = 1 69 + 0 63 = 2 32tf/$m^2$,

Área da estrutura = 151 00$m^2$

Coeficiente de atnto = tg(28 x 2/3) =0 33

Força de atnto resistente na laje de fundo= 2 32 x 151 00 x 0 33 = 115 60tf

,Força de atnto resistente nas paredes = 274 18 x 0 33 = 90.48tf

Força de empuxo passivo = , , OK

A determinação das tensões de reação do solo na laje de fundo para equilíbrar o tombamento da estrutura é dispensável

### 5.3.6 Carregamento 6 – cargas horizontais com N.A. na cota 108

*Determinação do empuxo ativo atuante, em forma de tensões do solo sobre a estrutura*

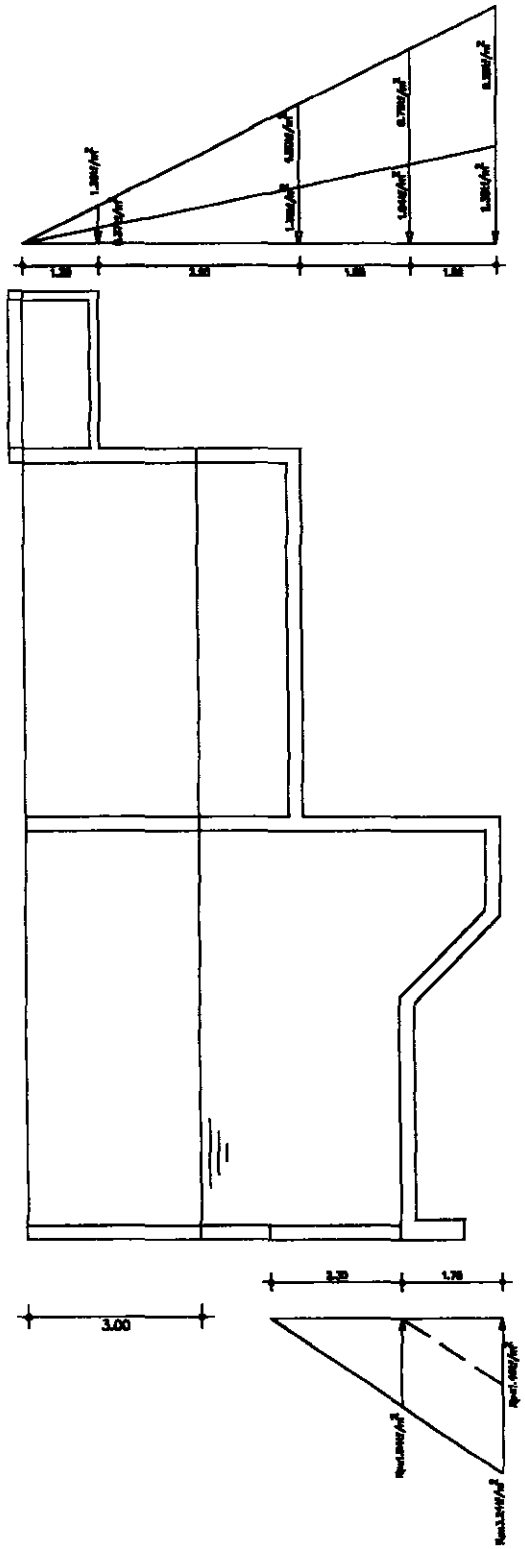
$K_a$ = 0 36, $\gamma$ = 1 80tf/m$^2$, $\gamma_{sub}$ = 0 80tf/m$^2$,

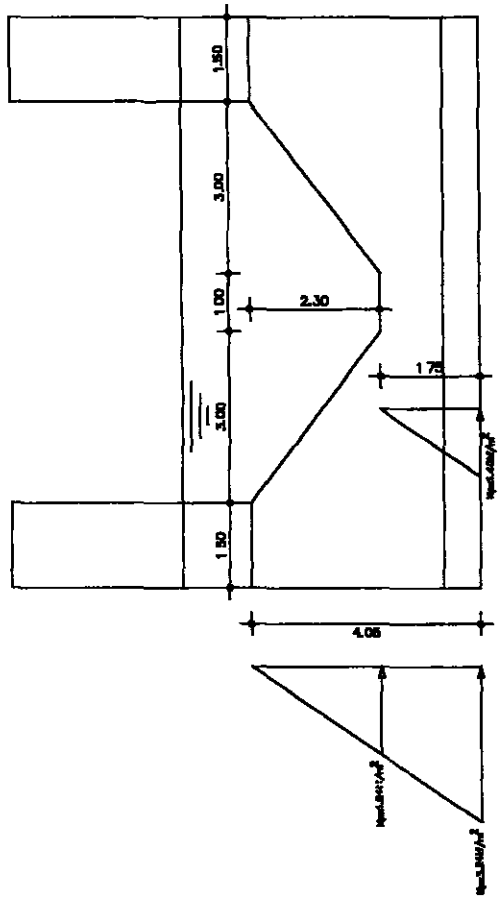
O empuxo de água é autoequilibrado na estrutura como um todo

Aplica-se aqui o mesmo raciocínio de equilíbrio do carregamento 4

Os valores do empuxo passivo, em forma de tensões do solo são·

Os pontos de aplicação dos empuxos calculados acima estão apresentados na figura a seguir




Determinação do empuxo passivo total atuante

Cálculo do coeficiente de segurança considerando a mobilização de atrito da estrutura com o solo pelas paredes Como na verificação da flutuação o coeficiente de segurança está próximo de 1, o atrito da laje de fundo com o solo deve ser desprezado

Coeficiente de atrito = tg(28 x 2/3) =0 33

,Força de atrito resistente nas paredes = 140 83 x 0 33 = 46 47tf

Força de empuxo passivo = , , OK por ser carregamento excepcional

A determinação das tensões de reação do solo na laje de fundo para equilibrar o tombamento da estrutura é dispensável

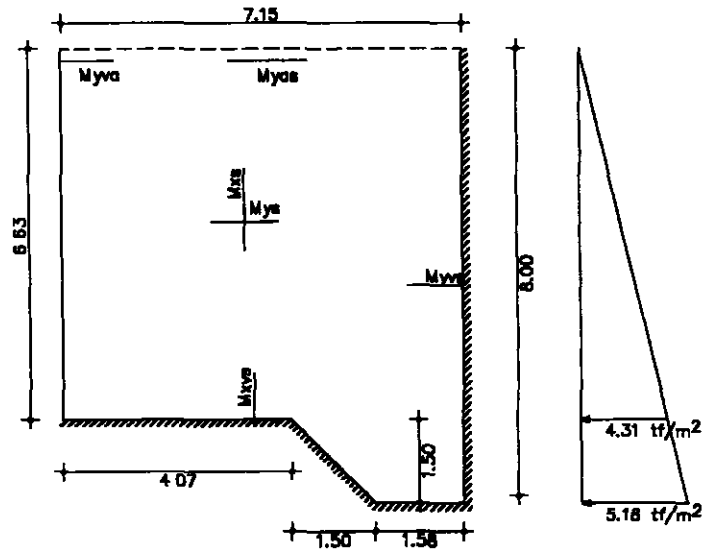
## 5.4 Esforços solicitantes

**PAREDES 1 e 6**

Carregamento do empuxo do solo sem N A (carregamento 4)

para h = 6 65m

para h = 8 00m

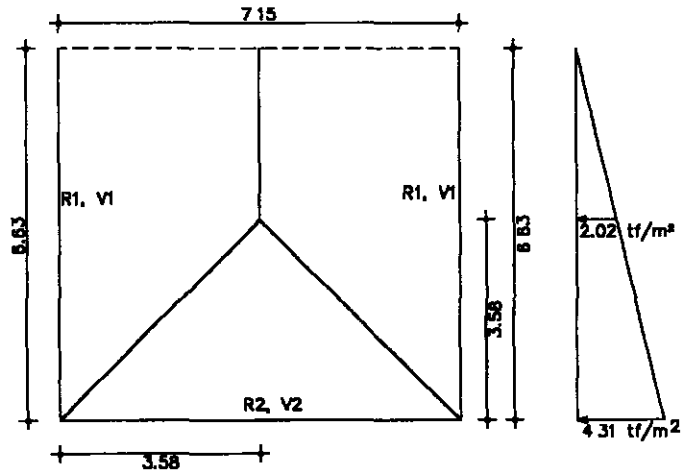



O calculo será simplificado para uma laje de 7 15mx6 70m, com um bordo livre e carga triangular 4 30tf/m$^2$

**Momentos fletores**

BARES tabela 1 86c

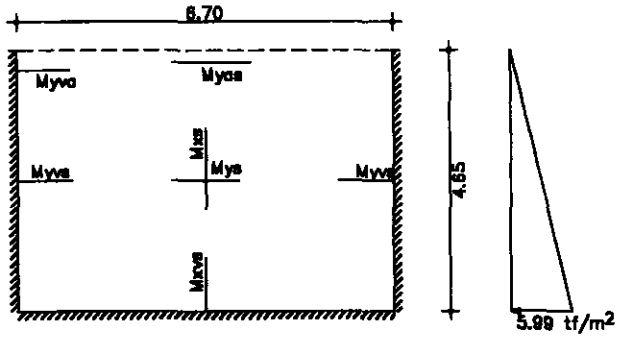
**Força cortante e reação de apoio**




## PAREDES 2 e 7

Carregamento do empuxo do solo + empuxo de água com N A 108(carregamento 6)

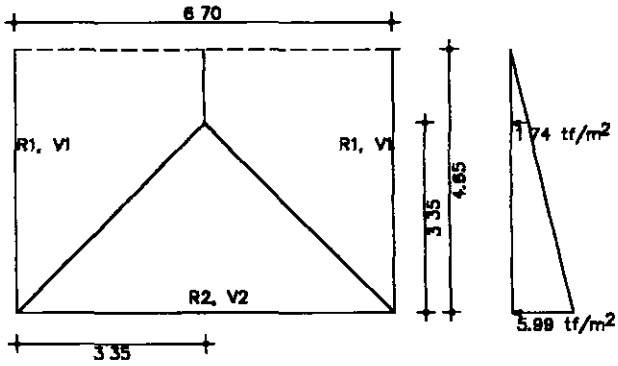
para h = 4 65m




**Momentos fletores**

BARES tabela 1 88

**Força cortante e reação de apoio**

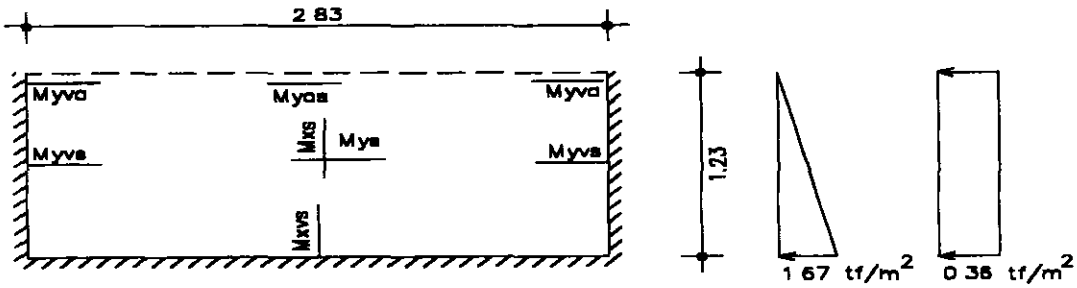


## PAREDES 3, 4 e 5

Carregamento do empuxo do solo com N A 108(carregamento 6) + carregamento de sobrecarga de 1 00tf/m$^2$

para h = 1 30m

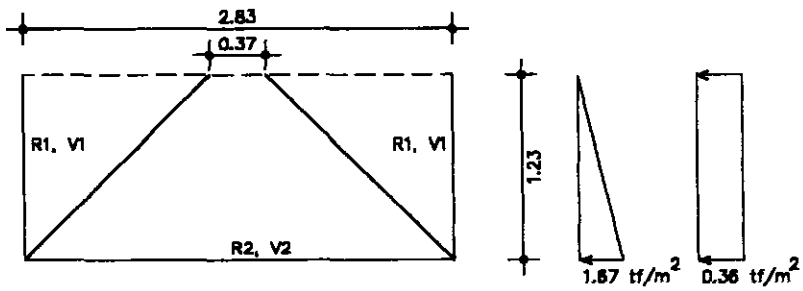
es/c = 0 36 x 1 00 = 0 36 tf/m$^2$




**Momentos fletores**

BARES tabelas 1 88 e 1 31

***Força cortante e reação de apoio***



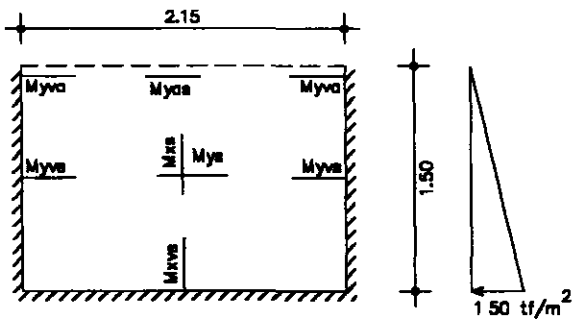
**PAREDES 8 a 13**

As paredes 8 a 13 só serão solicitadas quando a EB estiver totalmente vazia e uma das células com água

Carregamento do empuxo de água

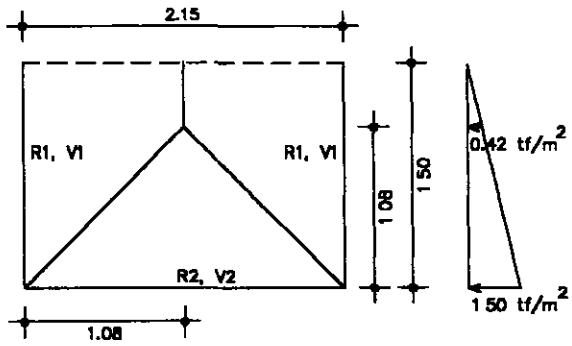
para h = 1 50m  e = 1 50 tf/m$^2$ ,

**Momentos fletores**




BARES tabela 1 88

**Força cortante e reação de apoio**

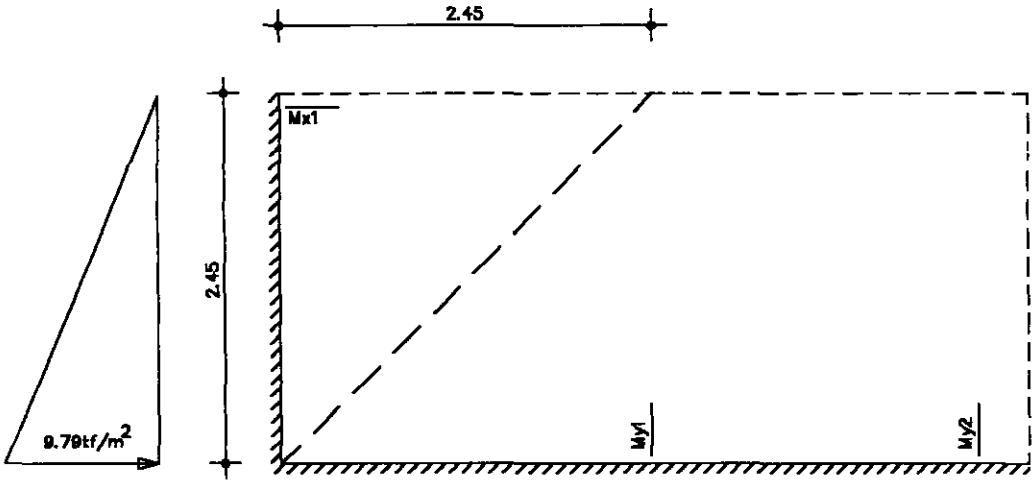



**PAREDE 14**

Carregamento do empuxo do solo (carregamento 4)

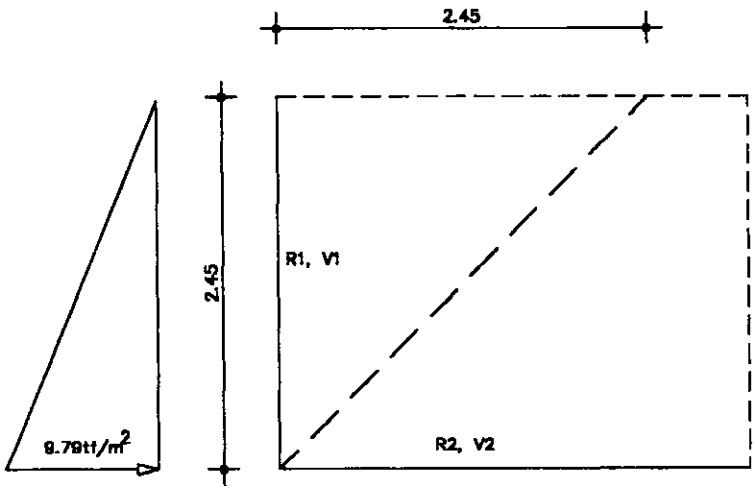
Trabalho de placa dada a assimetria da placa, o calculo dos esforços solicitantes será feito para uma placa de 2 45m de altura, com bordo livre, com o carregamento de empuxo passivo do solo do carregamento 4 Embora o calculo feito dessa forma fique bastante a favor da segurança, deve ser observado que a parede 14 é muito importante para a estabilidade da estrutura, e o acréscimo de armadura nesta onera muito pouco a obra como um todo

**Momentos fletores**




BARES tabela 1 97

**Força cortante e reação de apoio**




Trabalho de parede

, laje 1,

p/ h = 4 20m,

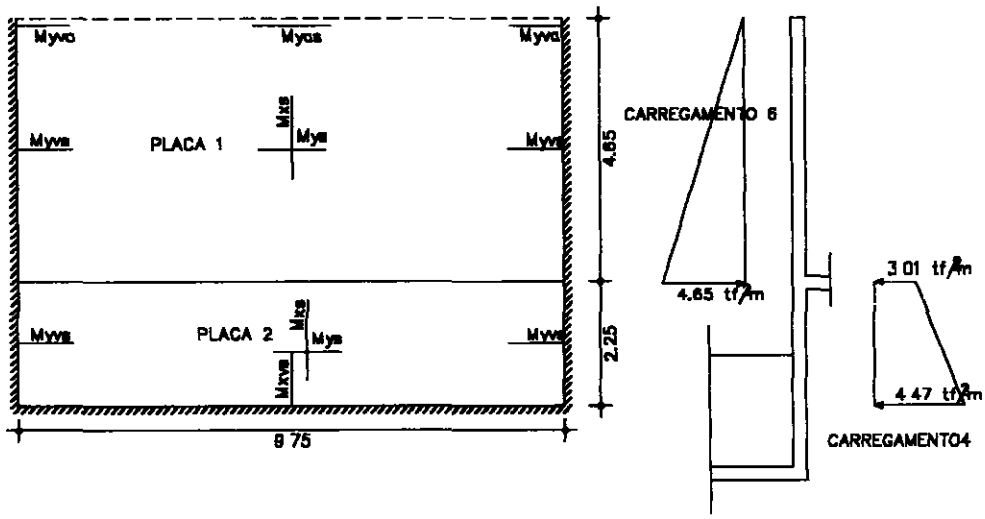
p/ h = 6 70m,

viga honzontal

122

## PAREDE 15

A parede 15 será dividida em duas placas para calculo dos esforços solicitantes Na placa 1 será aplicado o carregamento 6 (empuxo de água com N A na cota 108) e na placa 2 será aplicado o carregamento 4 (empuxo do solo sem N A ) Tendo em vista que os carregamentos são opostos, favorecendo assim a rotação no apoio da laje 2, nesse apoio não será considerado o engaste




**Momentos fletores**

Placa 1

Carregamento do empuxo de água (carregamento 6)

BARES tabela 1 87

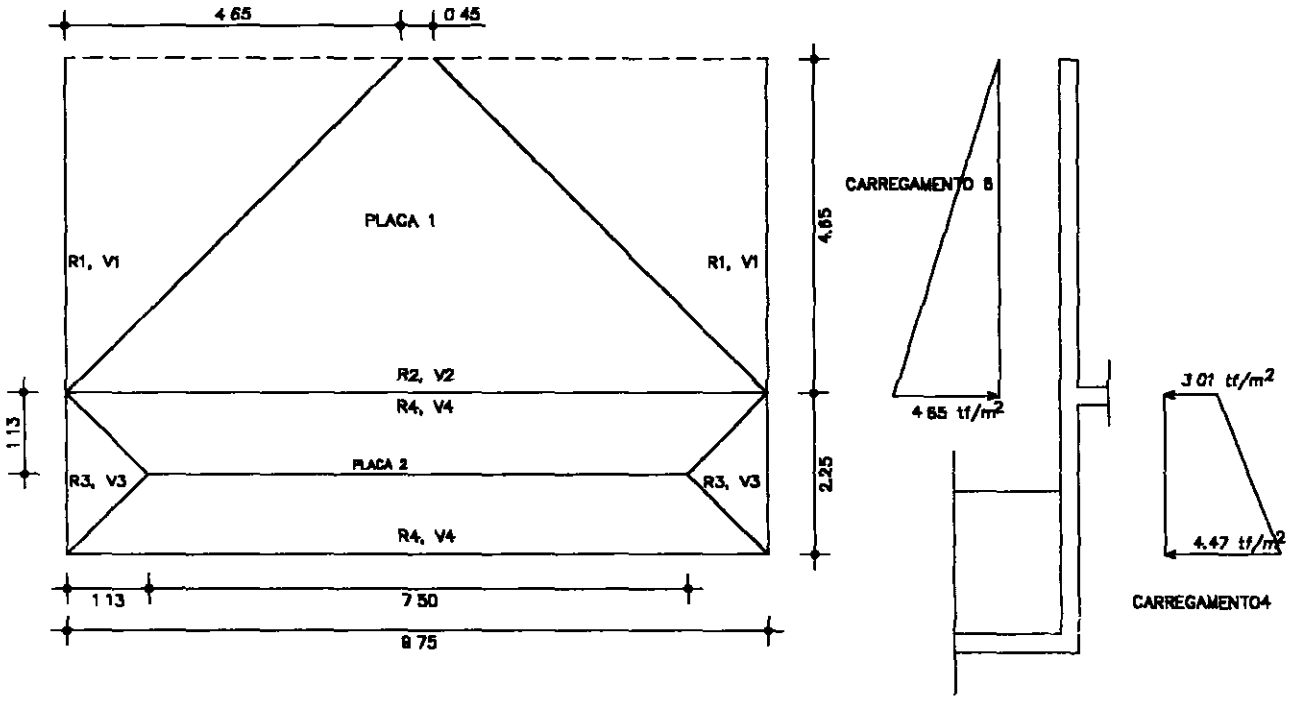
Placa 2

Carregamento do empuxo do solo (carregamento 4)

para h = 4 65m

para h = 6 90m

## Força cortante e reação de apoio




Placa 1

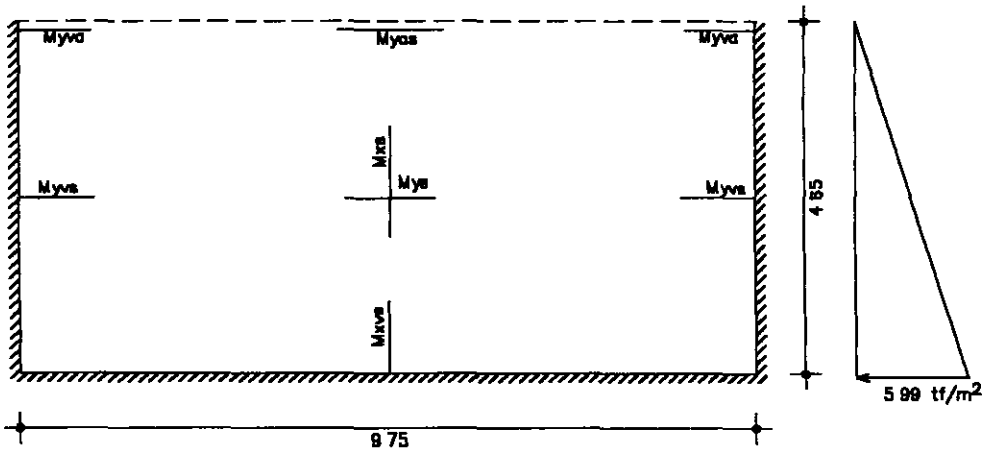
Placa 2

## PAREDE 16

Carregamento do empuxo do solo com N A na cota 108 (carregamento 6)

para h = 1 30m

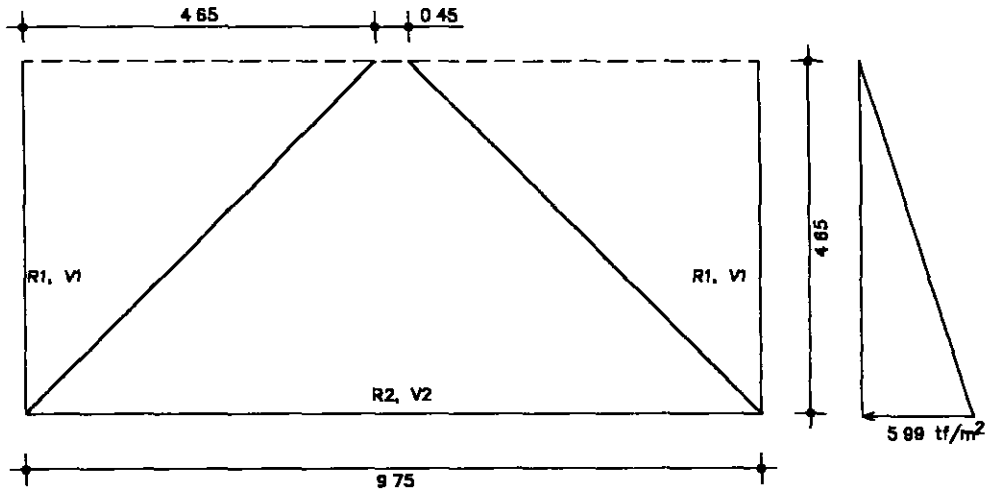
para h = 4 65m




**Momentos fletores**

BARES tabela 1 69

**Força cortante e reação de apoio**

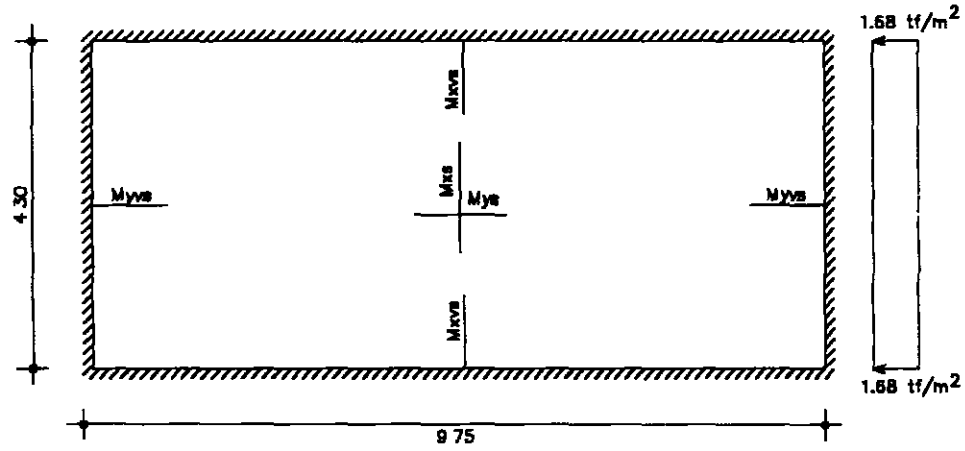



## PARA CARREGAMENTO 4 : H = 4.65M

### LAJE 1

Carregamento da carga permanente (carregamento 1)

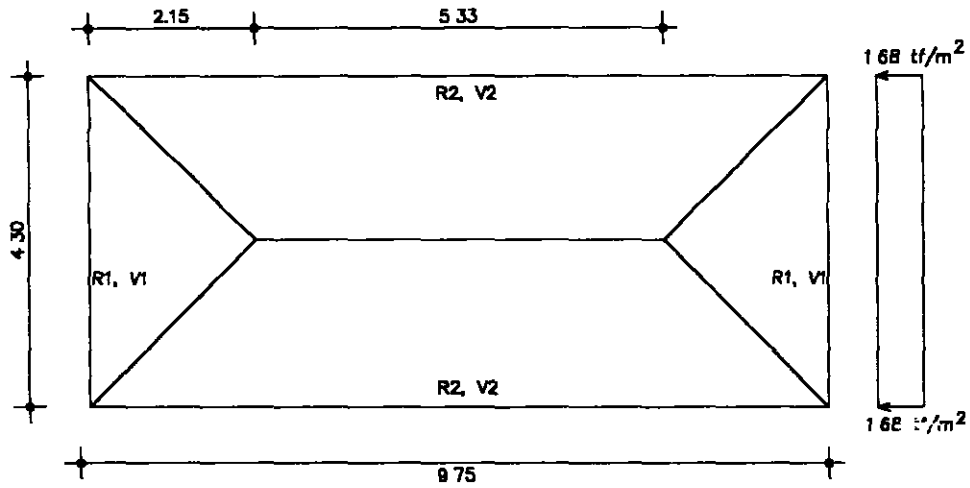
p = 1 68 tf/m$^2$



**Momentos fletores**

BARES tabela 1 6

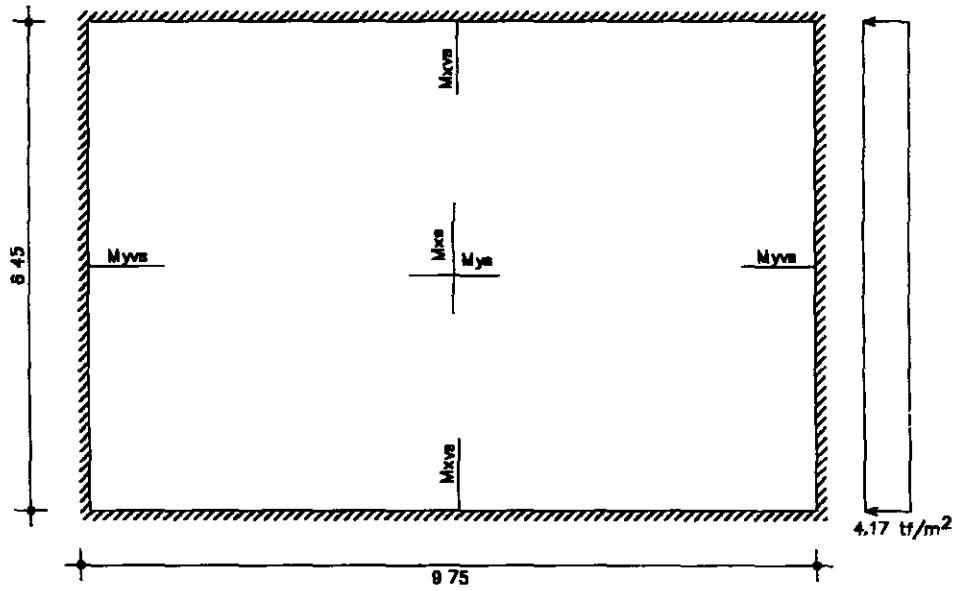
**Força cortante e reação de apoio**



**LAJE 2**

Carregamento da subpressão (carregamento 6)

p = 4 80-0 25x2 50 = 4 17tf/m$^2$

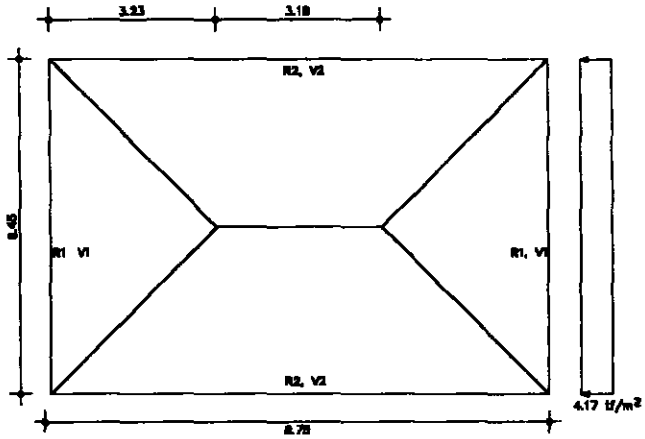



**Momentos fletores**

BARES tabela 1 6

Trabalho de viga parede (carregamento 4) carga proveniente das paredes 15 e 16

**Força cortante e reação de apoio**



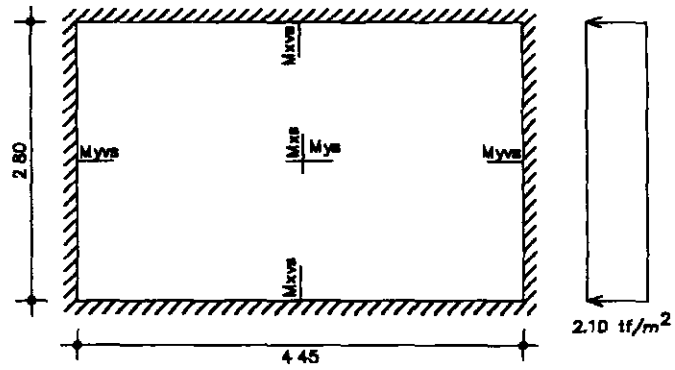

$$R_1 = \frac{3\,225 \times 6\,45}{2} \times 4\,17 = 4\,37tf\ ,\ V_{max} = \frac{43\,37}{6\,45} \times 1\,50 = 10\,081tf/m$$

$$R_2 = \frac{3\,225^2}{2} \times 4\,17 \times 2 + 3\,225 \times 3\,30 \times 4\,17 = 87\,75tf\ ,\ V_{max} = \frac{87\,75}{9\,75} \times 1\,50 = 13\,50tf/m$$

**LAJE 3**

Carregamento da carga permanente (carregamento 1)

p = 2 10 tf/m$^2$



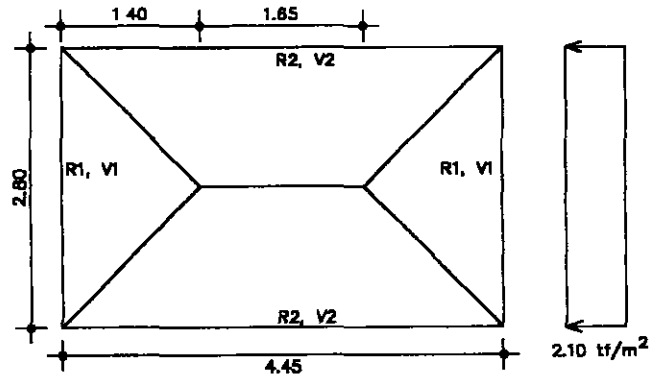

**Momentos fletores**

BARES tabela 1 6

$M_{vs} = 2\,10 \times 4\,45^2 \times 0\,0043 = 0\,18\text{tfm/m}$, Nconc = 0 98tf / m

$M_{vas} = 2\,10 \times 4\,45^2 \times 0\,0242 = 1\,00\text{tfm/m}$, Nconc = 0 98tf / m

**Força cortante e reação de apoio**




$$R_1 = \frac{1\,40 \times 2\,80}{2} \times 2\,10 = 4\,11\text{tf}\,,\ V_{max} = \frac{4\,11}{2\,80} \times 1\,50 = 2\,20\text{tf/m}$$

$$R_2 = \frac{1\,40^2}{2} \times 2\,10 \times 2 + 1\,40 \times 1\,65 \times 2\,10 = 897\text{tf}\,,\ V_{max} = \frac{8\,97}{4\,45} \times 1\,50 = 3\,03\text{tf/m}$$

## 5.5 Dimensionamento

O dimensionamento das peças é apresentado a seguir em forma de tabela Os valores apresentados na 3ª coluna já contemplam o equilíbrio do apoio com a peça adjacente Nas peças assinaladas com asterístico foi admitida uma plastificação de 15% Os valores apresentados na 5ª e 6ª colunas apresentam as correções para as peças submetidas ao carregamento 6 com $\gamma_f$=1 2

**DIMENSIONAMENTO PARA A FLEXÃO**

| | | $M_k$ (tfm/m) | $N_k$ (tf/m) | $M_{kcorrig}$ (tfm/m) | $N_{kcorrig}$ (tf/m) | h (cm) | d' (cm) | d (cm) | $M_{sk}$ (tfm/m) | $K_6$ | $K_3$ | $A_{scalc}$ ($cm^2$/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Par. 1 e 6 | $M_{xs}$ | 2 25 | 2 10 | 2 25 | 2 10 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 2 43 | 181 59 | 0 34 | 3 75 |
| | $M_{xvs}$ | 6 14 | 4 22 | 6 14 | 4 22 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 6 50 | 67 86 | 0 36 | 9 70 |
| | $M_{ys}$ | 3 60 | 10 90 | 3 60 | 10 90 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 4 53 | 97 43 | 0 35 | 4 04 |
| | $M_{yas}$ | 3 81 | | 3 81 | 0 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 3 81 | 115 75 | 0 34 | 6 23 |
| | $M_{yvs}$ | 6 79 | 10 90 | 6 79 | 10 90 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 7 72 | 57 15 | 0 37 | 10 02 |
| | $M_{yva}$* | 5 98 | | 5 98 | 0 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 5 98 | 73 80 | 0 36 | 10 16 |
| Par 2 e 7 | $M_{xs}$ | 1 63 | 1 45 | 1 40 | 1 24 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 1 50 | 293 46 | 0 33 | 3 75 |
| | $M_{xvs}$ | 8 46 | 2 90 | 7 25 | 2 49 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 7 46 | 59 13 | 0 36 | 12 14 |
| | $M_{ys}$ | 1 80 | 14 98 | 1 54 | 12 84 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 2 63 | 167 41 | 0 34 | 3 75 |
| | $M_{yas}$ | 2 42 | | 2 07 | 0 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 2 07 | 212 60 | 0 34 | 3 75 |
| | $M_{yvs}$ | 6 79 | 14 98 | 5 82 | 12 84 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 6 91 | 63 81 | 0 36 | 7 76 |
| | $M_{yva}$ | 4 36 | | 3 74 | 0 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 3 74 | 118 00 | 0 34 | 6 09 |
| | $M_{yvs2}$ | 11 21 | 14 98 | 9 61 | 12 84 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 10 70 | 41 22 | 0 39 | 15 76 |
| Par. 3 a 5 | $M_{xs}$ | 0 03 | 0 38 | 0 03 | 0 33 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 04 | 2984 50 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{xvs}$ | 0 37 | 0 77 | 0 32 | 0 66 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 34 | 355 63 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{ys}$ | 0 27 | 3 93 | 0 23 | 3 37 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 35 | 346 38 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{yas}$ | 0 13 | | 0 11 | 0 00 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 11 | 1085 90 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{yvs}$ | 0 21 | 3 93 | 0 18 | 3 37 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 30 | 406 18 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{yva}$ | 0 39 | | 0 33 | 0 00 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 33 | 361 97 | 0 33 | 2 25 |

| | | $M_k$ (tfm/m) | $N_k$ (tf/m) | $M_{kcorrig.}$ (tfm/m) | $N_{kcorrig}$ (tf/m) | h (cm) | d' (cm) | d (cm) | $M_{sk}$ (tfm/m) | $K_6$ | $K_3$ | $A_{scalc}$ ($cm^2$/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Par. 8 a 13 | $M_{xs}$ | 0 04 | 0 28 | 0 04 | 0 28 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 05 | 2429 72 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{xvs}$ | 0 19 | 0 56 | 0 19 | 0 56 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 21 | 577 29 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{ys}$ | 0 02 | | 0 02 | | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 02 | 6050 00 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{yas}$ | 0 03 | | 0 03 | | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 03 | 4033 33 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{yvs}$ | 0 07 | | 0 07 | | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 07 | 1728 57 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{yva}$ | 0 06 | | 0 06 | | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 06 | 2016 67 | 0 33 | 2 25 |
| Parede 14 | $M_{x1}$ | 3 89 | | 3 89 | 0 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 3 89 | 113 37 | 0 34 | 6 36 |
| | $M_{y1}$ | 6 80 | 1 53 | 6 80 | 1 53 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 6 93 | 63 64 | 0 36 | 11 41 |
| | $M_{y2}$ | *9 79* | | *9 79* | *0 00* | *25 00* | *4 00* | *21 00* | *9 79* | *45 05* | *0 38* | *17 82* |
| | M | 16 00 | 3 94 | 16 00 | 3 94 | 150 00 | 5 00 | 145 00 | 18 76 | 280 21 | 0 33 | 5 63 |
| | M | 64 87 | 6 47 | 64 87 | 6 47 | 450 00 | 5 00 | 445 00 | 79 10 | 625 84 | 0 33 | 3 80 |
| | M | 73 59 | 29 06 | 73 59 | 29 06 | 110 00 | 5 00 | 105 00 | 88 12 | 43 79 | 0 39 | 23 10 |
| | M | 73 59 | 29 06 | 73 59 | 29 06 | 340 00 | 5 00 | 335 00 | 121 54 | 323 18 | 0 33 | 2 76 |
| Parede 15 | $M_{xs}$ | 3 43 | 1 45 | 2 94 | 1 24 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 3 05 | 144 80 | 0 34 | 4 55 |
| | $M_{ys}$ | 1 59 | 13 06 | 1 36 | 11 19 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 2 31 | 190 55 | 0 34 | 3 75 |
| | $M_{yas}$ | 4 55 | | 3 90 | 0 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 3 90 | 113 08 | 0 34 | 6 38 |
| | $M_{yvs}$ | 8 84 | 13 06 | 7 58 | 11 19 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 8 53 | 51 71 | 0 37 | 11 50 |
| | $M_{yva}$ | 8 34 | | 7 15 | 0 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 7 15 | 61 66 | 0 36 | 12 29 |
| | $M_{xs}$ | 1 28 | 3 60 | 1 28 | 3 60 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 1 59 | 278 06 | 0 33 | 3 75 |
| | $Mx_{as}$ | 2 39 | 4 36 | 2 39 | 4 36 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 2 76 | 159 75 | 0 34 | 3 75 |

| | | $M_k$ (tfm/m) | $N_k$ (tf/m) | $M_{kcorrig}$ (tfm/m) | $N_{kcorrig}$ (tf/m) | h (cm) | d' (cm) | d (cm) | $M_{sk}$ (tfm/m) | $K_6$ | $K_3$ | $A_{scalc}$ ($cm^2$/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parede 16 | $M_{xs}$ | 1 66 | 1 45 | 1 42 | 1 24 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 1 53 | 288 52 | 0 33 | 3 75 |
| | $M_{xvs^-}$ | 9 71 | 2 90 | 8 32 | 2 49 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 8 54 | 51 66 | 0 37 | 14 30 |
| | $M_{ys}$ | 1 94 | 7 48 | 1 66 | 6 41 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 2 21 | 199 74 | 0 34 | 3 75 |
| | $M_{yas}$ | 3 64 | | 3 12 | 0 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 3 12 | 141 35 | 0 34 | 5 06 |
| | $M_{yvs}$ | 7 06 | 7 48 | 6 05 | 6 41 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 6 60 | 66 85 | 0 36 | 9 28 |
| | $M_{yva^-}$ | 6 97 | | 5 97 | 0 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 5 97 | 73 82 | 0 36 | 10 16 |
| Laje 1 | $M_{xs}$ | 1 24 | 4 00 | 1 01 | 4 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 1 35 | 326 67 | 0 33 | 3 75 |
| | $M_{xvs}$ | 2 59 | 4 00 | 2 11 | 4 00 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 2 45 | 180 00 | 0 34 | 3 75 |
| | $M_{ys}$ | 0 38 | 6 34 | 0 31 | 6 34 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 0 85 | 519 50 | 0 33 | 3 75 |
| | $M_{yvs}$ | 6 14 | 6 34 | 5 93 | 6 34 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 6 47 | 68 17 | 0 36 | 8 97 |
| Laje 2 | $M_{xs}$ | 6 00 | 4 66 | 5 14 | 3 99 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 5 48 | 80 44 | 0 35 | 7 94 |
| | $M_{xvs^-}$ | 9 71 | 4 66 | 8 32 | 3 99 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 8 66 | 50 90 | 0 37 | 14 19 |
| | $M_{ys}$ | 1 70 | 7 66 | 1 46 | 6 57 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 2 02 | 218 83 | 0 34 | 3 75 |
| | $M_{yvs}$ | 8 46 | 7 66 | 7 25 | 6 57 | 25 00 | 4 00 | 21 00 | 7 81 | 56 50 | 0 37 | 11 57 |
| Laje 3 | $M_{xs}$ | 0 57 | 0 43 | 0 57 | 0 43 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 59 | 206 82 | 0 34 | 2 25 |
| | $M_{xvs}$ | 1 26 | 0 43 | 1 26 | 0 43 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 1 28 | 94 90 | 0 35 | 3 91 |
| | $M_{ys}$ | 0 18 | 0 43 | 0 18 | 0 43 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 0 20 | 620 35 | 0 33 | 2 25 |
| | $M_{yvs}$ | 1 00 | 0 43 | 1 00 | 0 43 | 15 00 | 4 00 | 11 00 | 1 02 | 119 21 | 0 34 | 3 02 |

000133

**ARMADURAS UTILIZADAS**

| | $A_{scalc}$ (cm²/m) | $A_{smin}$ (cm²/m) | $A_{sutil}$ (Φ) | $A_{sutil}$ (cm²/m) | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Par. 1 e 6** | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 9 70 | 3 75 | Φ 12 5c/12 5 | 10 00 | 0 40 |
| | 4 04 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 6 23 | 3 75 | Φ 10c/12 5 | 6 40 | 0 26 |
| | 10 02 | 3 75 | Φ 12 5c/12 5 | 10 00 | 0 40 |
| | 10 16 | 3 75 | Φ 12 5c/12 5 | 10 00 | 0 40 |
| **Par. 2 e 7** | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 12 14 | 3 75 | Φ 12 5c/25 +Φ 16c/25 | 13 00 | 0 52 |
| | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 7 76 | 3 75 | Φ 10c/25 + Φ 12 5c/25 | 8 20 | 0 33 |
| | 6 09 | 3 75 | Φ 10c/12 5 | 6 40 | 0 26 |
| | 15 76 | 3 75 | Φ 16c/12 5 | 16 00 | 0 64 |
| **Par. 3 a 5** | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 27 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 27 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |

| | $A_{scalc}$ (cm²/m) | $A_{smin}$ (cm²/m) | $A_{sutil}$ (Φ) | $A_{sutil}$ (cm²/m) | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Par. 8 a 13 | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| Par. 14 | 6 36 | 3 75 | Φ 12 5c/12 5 | 10 00 | 0 40 |
| | 11 41 | 3 75 | Φ 12 5c/12 5 | 10 00 | 0 40 |
| | 17 82 | 3 75 | Φ 16c/12 5 | 16 00 | 0 64 |
| | 5 63 | 5 63 | 4Φ16 | 8 00 | 0 05 |
| | 3 80 | 16 88 | 4Φ16 | 8 00 | 0 02 |
| | 23 10 | 5 78 | 9Φ20 | 28 35 | 0 26 |
| | 2 76 | 17 85 | 4Φ16 | 8 00 | 0 02 |
| Par. 15 | 4 55 | 3 75 | Φ 10c/12 5 | 6 40 | 0 26 |
| | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 6 38 | 3 75 | Φ 10c/12 5 | 6 40 | 0 26 |
| | 11 50 | 3 75 | Φ 12 5c/25 + Φ 16c/25 | 13 00 | 0 52 |
| | 12 29 | 3 75 | Φ 12 5c/25 + Φ 16c/25 | 13 00 | 0 52 |
| | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |

| | $A_{scalc}$ (cm²/m) | $A_{smin}$ (cm²/m) | $A_{sutil}$ (Φ) | $A_{sutil}$ (cm²/m) | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Par. 16** | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 14 30 | 3 75 | Φ 16c/12 5 | 16 00 | 0 64 |
| | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 5 06 | 3 75 | Φ 10c/12 5 | 6 40 | 0 26 |
| | 9 28 | 3 75 | Φ 12 5c/12 5 | 10 00 | 0 40 |
| | 10 16 | 3 75 | Φ 12 5c/12 5 | 10 00 | 0 40 |
| **Laje 1** | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 8 97 | 3 75 | Φ 12 5c/12 5 | 10 00 | 0 40 |
| **Laje 2** | 7 94 | 3 75 | Φ 10c/25 + Φ 12 5c/25 | 8 20 | 0 33 |
| | 14 19 | 3 75 | Φ 16c/12 5 | 16 00 | 0 64 |
| | 3 75 | 3 75 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 16 |
| | 11 57 | 3 75 | Φ 12 5c/25 + Φ 16c/25 | 13 00 | 0 52 |
| **Laje 3** | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| | 3 91 | 2 25 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 27 |
| | 2 25 | 2 25 | Φ 6 3c/12 5 | 2 56 | 0 17 |
| | 3 02 | 2 25 | Φ 8c/12 5 | 4 00 | 0 27 |

## VERIFICAÇÃO DO CISALHAMENTO

| | $V_k$ (tf/m) | $V_{kcorrg}$ (tf/m) | d (cm) | $\rho_1$ | $\alpha$ | k | $\alpha k$ | L (m) | $\Psi_4$ | $\tau_{wd}$ (tf/m²) | $\tau_{wu}$ (tf/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Par. 1 e 6** | 9 51 | 9 51 | 21 00 | 0 0016 | 1 08 | 1 39 | 1 50 | 7 15 | 0 198 | 63 40 | 88 35 |
| **Par. 2 e 7** | 11 50 | 9 86 | 21 00 | 0 0016 | 1 08 | 1 39 | 1 50 | 6 70 | 0 199 | 65 71 | 88 92 |
| **Par. 3 a 5** | 1 45 | 1 24 | 11 00 | 0 0017 | 1 09 | 1 49 | 1 62 | 2 83 | 0 220 | 15 82 | 98 24 |
| **Par. 8 a 13** | 0 93 | 0 93 | 11 00 | 0 0017 | 1 09 | 1 49 | 1 62 | 4 30 | 0 210 | 11 84 | 94 00 |
| **Par 14** | 11 99 | 11 99 | 21 00 | 0 0040 | 1 20 | 1 39 | 1 67 | 9 10 | 0 215 | 79 93 | 96 17 |
| **Par. 15** | 11 06 | 9 48 | 21 00 | 0 0026 | 1 13 | 1 39 | 1 57 | 9 75 | 0 201 | 63 20 | 89 96 |
| **Par. 16** | 14 25 | 12 21 | 21 00 | 0 0016 | 1 08 | 1 39 | 1 50 | 9 75 | 0 193 | 81 43 | 86 13 |
| **Laje 1** | 4 22 | 4 22 | 21 00 | 0 0016 | 1 08 | 1 39 | 1 50 | 9 75 | 0 193 | 28 13 | 86 13 |
| **Laje 2** | 13 50 | 11 57 | 21 00 | 0 0033 | 1 16 | 1 39 | 1 62 | 9 75 | 0 208 | 77 14 | 92 83 |
| **Laje 3** | 3 00 | 3 00 | 11 00 | 0 0017 | 1 09 | 1 49 | 1 62 | 4 45 | 0 210 | 38 18 | 93 74 |

## VERIFICAÇÕES ADICIONAIS

### VERIFICAÇÃO DO CISALHAMENTO NA PAREDE 14 TRABALHANDO COMO BARRA

h = 4 20m. V = 11 40m, b = 0 25m, d = 1 45m

$$\tau_{wd} = \frac{1\,4 \times 11\,40}{0\,25 \times 1\,45} = 44\,02 tf/m \;,\; A_{s\,min} = 0\,14 \times 25 = 3\,50 ccm^2/m$$

h = 6 70m. V = 18 20m, b = 0 25m, d = 4 45m

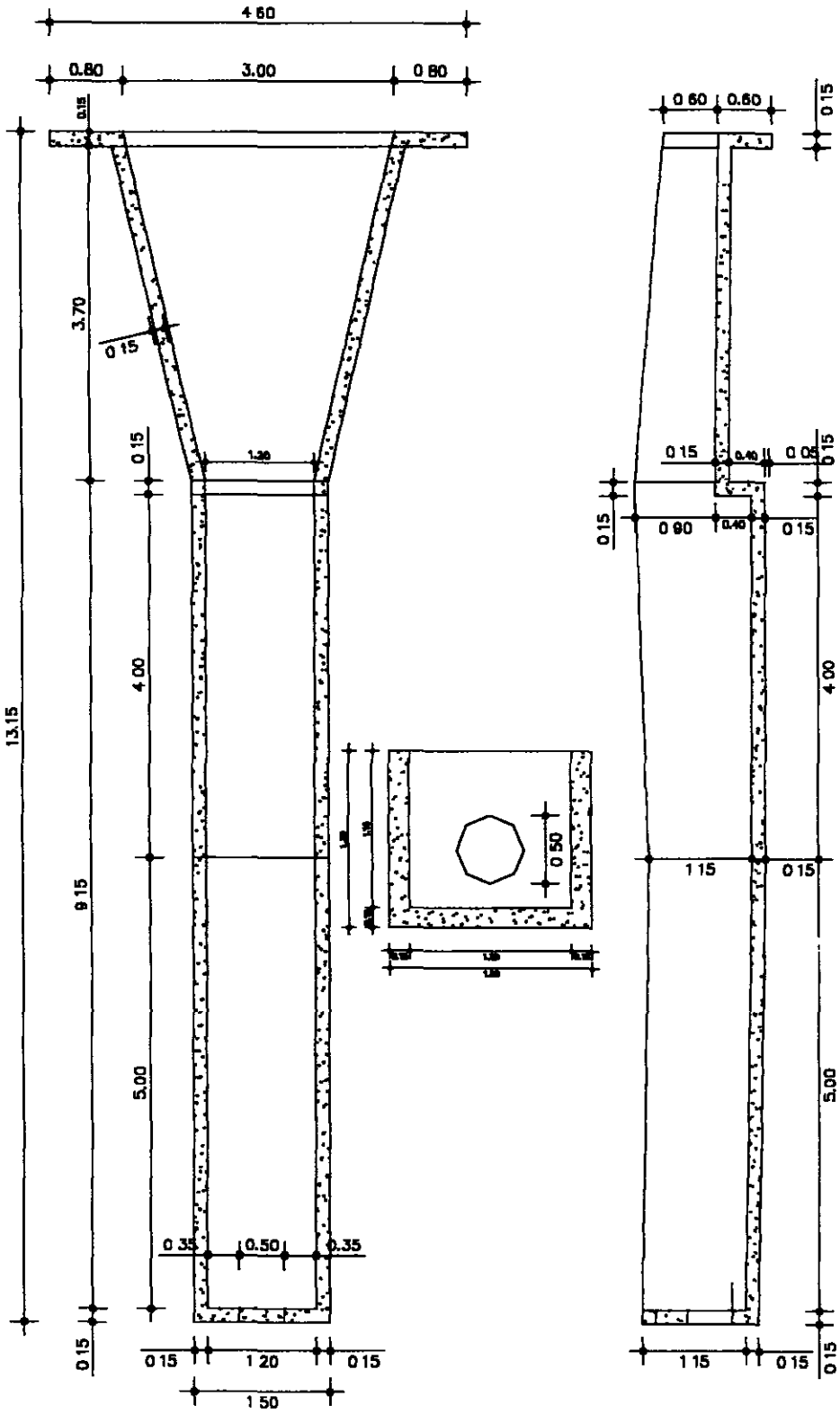
$$\tau_{wd} = \frac{1\,4 \times 18\,20}{0\,25 \times 4\,45} = 22\,90 tf/m \;,\; A_{s\,min} = 0\,14 \times 25 = 3\,50 ccm^2/m$$

### VERIFICAÇÃO DA LAJE 2 TRABALHANDO COMO VIGA PAREDE

M = 96 40 tfm, $A_s = \frac{96\,40}{0\,75 \times 6\,45} \times 0\,32 = 6\,38 cm^2$, a armadura deverá ser distribuída em uma faixa de 0 15x6 45=1 00m, $A_s = \frac{6\,38}{2 \times 1\,00} = 3\,19 cm^2/m$, a armadura utilizada no calculo como placa $\Phi$8 c/12 50 (4 00cm²/m) é suficiente

V = 39 60tf, $\tau_{wd} = \frac{1\,4 \times 39.60}{0\,25 \times 6\,40} = 34\,65 tf/m^2$, $\tau_{wu} = 0\,10 \times \frac{2000}{1\,40} = 143 tf/m^2$

## 1 GEOMETRIA


4.60
0.80
3.00
0.80
0.15
3.70
0.15
0.15
1.30
4.00
13.15
9.15
5.00
0.35
0.50
0.35
0.15
1.20
0.15
1.50
0.50
0.60
0.60
0.15
0.15
0.40
0.05
0.15
0.90
0.40
0.15
4.00
1.15
0.15
5.00
1.15
0.15
0.15

## 2 Carregamentos

Serão considerados dois carregamentos

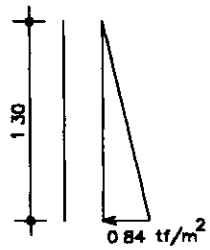
9 Empuxo ativo do solo sem a presença de água atuando na face externa das paredes,

10 Empuxo de água atuando na face interna das paredes,

### 2.1 Carregamento 1 – empuxo ativo do solo

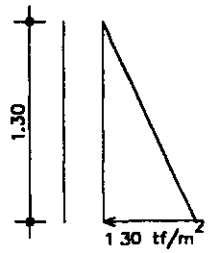
$K_a$ = 0 36, $\gamma$ = 1 80tf/m$^2$

$h = 1\ 30, \quad e = 0\ 36 \times 1\ 80 \times 1\ 30 = 0\ 84 tf / m^2$




### 2.2 Carregamento 2 – empuxo de água

h = 1 30m, e = 1 30tf/m$^2$,



## 3 Esforços solicitantes

**Carregamento 1**

Parede $M = 0\,84 \times \frac{1\,30^2}{6} = 0\,24\text{tfm/m}$, $Nconc = 0\,49\text{tf/m}$, $V = 0\,84 \times \frac{1\,30}{2} = 0\,55\text{tfm/m}$

Laje $M = 0\,84 \times \frac{1\,30^2}{6} = 0\,24\text{tfm/m}$, $N_{conc} = 0\,55\text{tfm/m}$

**Carregamento 2**

Parede $M = 1\,30 \times \frac{1\,30^2}{6} = 0\,37\text{tfm/m}$, $Nconc = 0\,49\text{tf/m}$, $V = 1\,30 \times \frac{1\,30}{2} = 0\,85\text{tfm/m}$

Laje, $M = 1\,30 \times \frac{1\,30^2}{6} = 0\,37\text{tfm/m}$, $N_{conc} = -0\,85\text{tfm/m}$

### 3.1 Dimensionamento

Parede

$M = 0\,24\text{tfm/m}$, $Nconc = 0\,49\text{tf/m}$

$M_{sk} = 0\,24 + 0\,49 \times 0\,035 = 0\,26\text{tfm/m}$, $K_6 = \frac{100 \times 11^2}{26} = 465$, $A_{s\,min} = 0\,15 \times 15 = 2\,25\text{cm}^2/\text{m}$

M = 0 37tfm/m, Nconc = 0 49tf / m

$M_{sk} = 0\,37 + 0\,49 \times 0\,035 = 0\,39\text{tfm/m}$, $K_6 = \frac{100 \times 11^2}{39} = 310$, Asmin

Laje

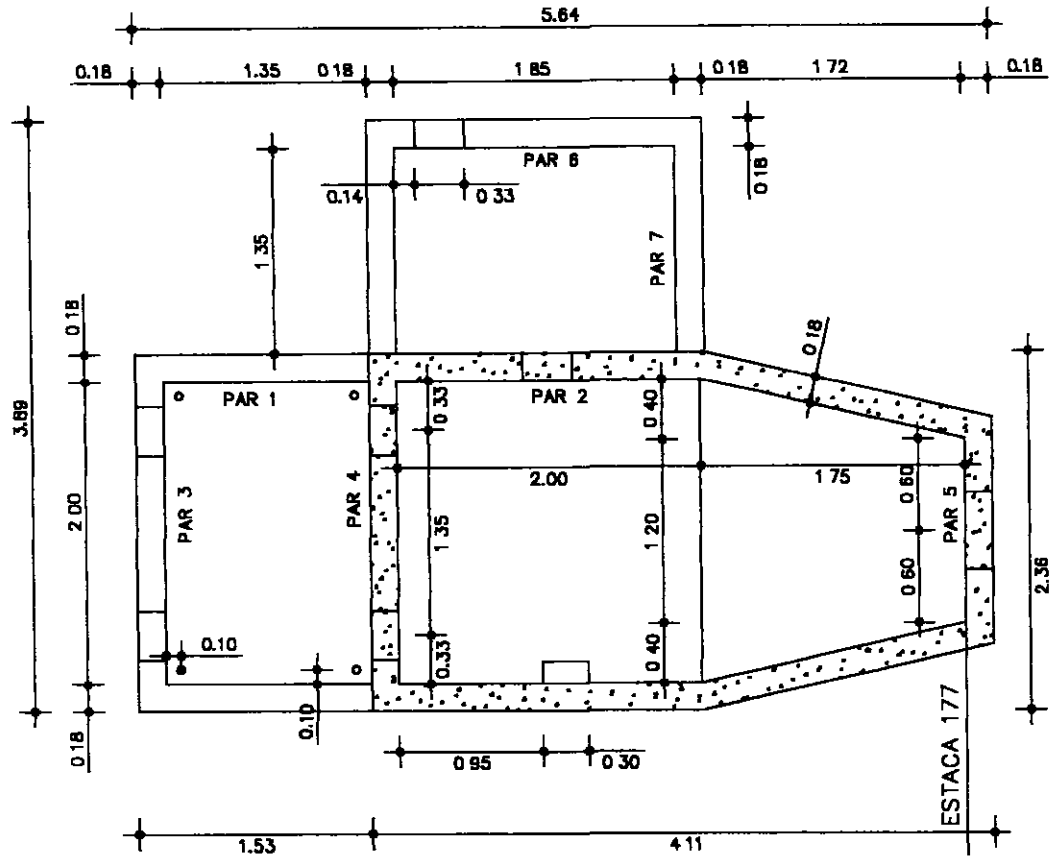
M = 0 37tfm/m, $N_{conc} = -0\,85\text{tfm/m}$

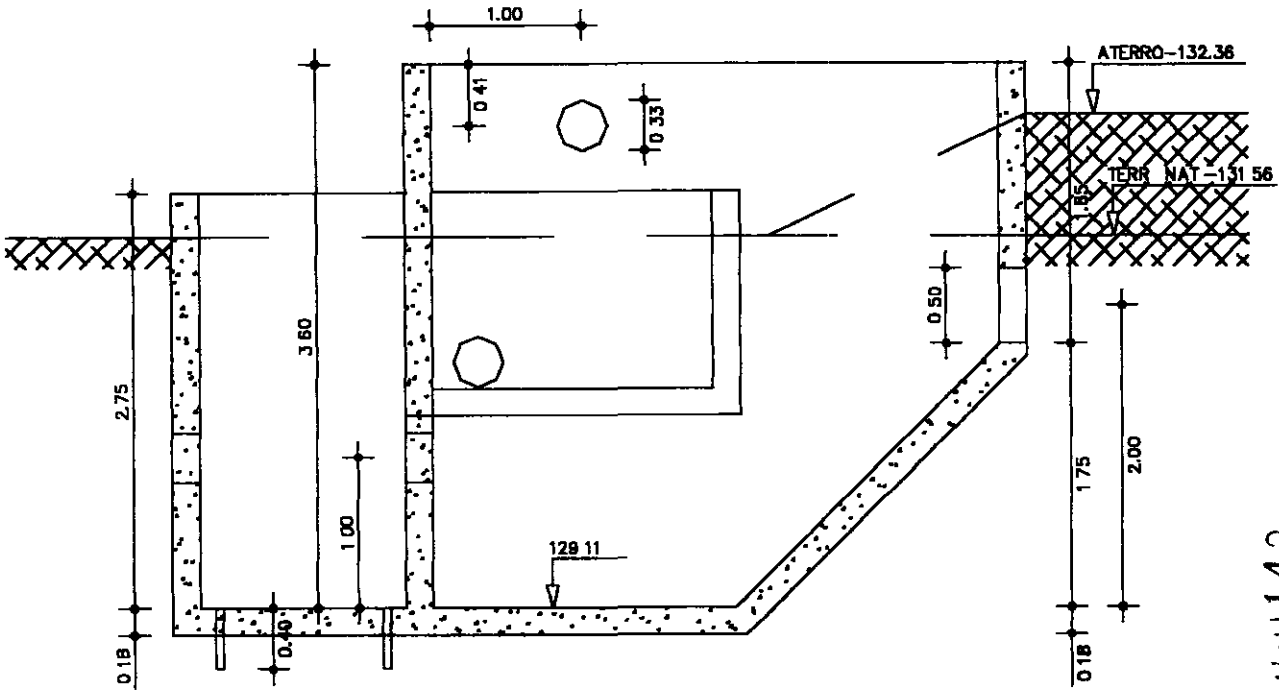
$M_{sk} = 0\,37 - 0\,85 \times 0\,035 = 0\,34\text{tfm/m}$, $K_6 = \frac{100 \times 11^2}{34} = 356$, $A_s = \frac{0\,34 \times 34}{11} + 0\,85 \times 0\,32 = 1\,33\text{cm}^2/\text{m}$

Adotado Φ6 3c/12 5 (2 56 $cm^2$/m) nas duas faces para a parede e laje

141

## 1 GEOMETRIA


5.64
0.18
1.35
0.18
1.85
0.18
1.72
0.18
PAR 6
PAR 7
PAR 1
PAR 2
PAR 3
PAR 4
PAR 5
0.14
0.33
0.18
1.35
3.89
2.00
0.18
0.18
0.33
0.40
2.00
1.75
0.60
0.60
2.36
1.35
1.20
0.10
0.33
0.40
0.10
0.95
0.30
ESTACA 177
1.53
4.11


1.00
ATERRO=132.36
0.41
0.33
TERR NAT=131.56
0.65
0.50
3.60
2.75
1.00
129.11
0.40
0.18
1.75
2.00
0.18

## 2 Carregamentos

Serão considerados dois carregamentos empuxo ativo do solo sem a presença de água atuando na face externa das paredes e empuxo de água atuando na face interna das paredes

### 2.1 Carregamento 1 – empuxo ativo do solo

$K_a = 0\ 36$, $\gamma = 1\ 80 tf/m^2$

$h = 1\ 38$, $e = 0\ 36 \times 1\ 80 \times 1\ 38 = 0\ 89 tf/m^2$

$h = 2\ 83$, $e = 0\ 36 \times 1\ 80 \times 2\ 83 = 1\ 83 tf/m^2$

### 2 2 Carregamento 2 – empuxo de água

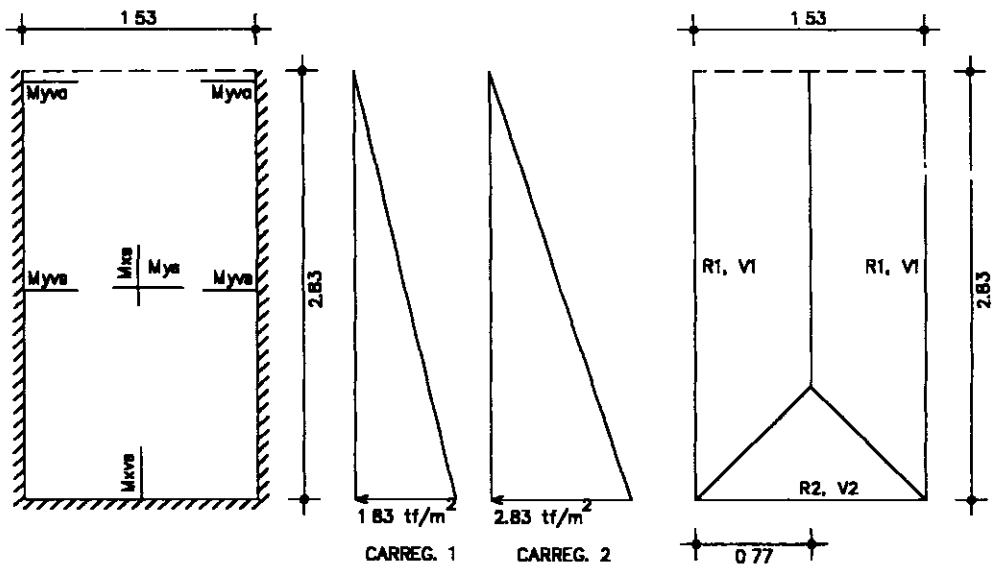
$h = 1\ 38$, $e = 1\ 38 tf/m^2$

$h = 2\ 83$, $e = 2\ 83 tf/m^2$

$h = 3\ 55$, $e = 3\ 55 tf/m^2$

## 3 Esforços solicitantes

**Parede 1**




**Momentos fletores**

BARES tabela 1 88

$$a = 2\ 83m, b = 1\ 53m, \gamma = \frac{2\ 83}{1\ 53} = 1\ 85$$

Carregamento 1

$$M_{xs} = 1\ 83 \times 2\ 83^2 \times 0\ 0004 = 0\ 006tfm/m\ ,\ Nconc = 0\ 62tf/m$$

$$M_{xxs} = 1\ 83 \times 2\ 83^2 \times 0\ 0148 = 0\ 221tfm/m\ ,\ Nconc = 1\ 24tf/m$$

$$M_{ys} = 1\ 83 \times 1\ 53^2 \times 0\ 0179 = 0\ 08tfm/m\ ,\ Nconc = 0\ 65tf/m$$

$$M_{yas} = 1\ 83 \times 1\ 53^2 \times 0\ 0051 = 0\ 02tfm/m$$

$$M_{yys} = 1\ 83 \times 1\ 53^2 \times 0\ 0399 = 0\ 17tfm/m\ ,\ Nconc = 0\ 65tf/m$$

$$M_{yya} = 1\ 83 \times 1\ 53^2 \times 0\ 0057 = 0\ 02tfm/m$$

Carregamento 2

$$M_{xs} = 2\ 83 \times 2\ 83^2 \times 0\ 0004 = 0\ 009tfm/m\ ,\ Nconc = 0\ 62tf/m$$

$$M_{xxs} = 2\ 83 \times 2\ 83^2 \times 0\ 0148 = 0\ 33tfm/m\ ,\ Nconc = 1\ 24tf/m$$

$$M_{ys} = 2\ 83 \times 1\ 53^2 \times 0\ 0179 = 0\ 12tfm/m\ ,\ Nconc = -1\ 02tf/m$$

$$M_{yas} = 2\ 83 \times 1\ 53^2 \times 0\ 0051 = 0\ 03tfm/m$$

$$M_{yys} = 2\ 83 \times 1\ 53^2 \times 0\ 0399 = 0\ 26tfm/m\ ,\ Nconc = -1\ 02tf/m$$

$$M_{yya} = 2\ 83 \times 1\ 53^2 \times 0\ 0057 = 0\ 04tfm/m$$

**Força cortante e reação de apoio**

Carregamento 1

$$R_1 = \frac{1\ 33 \times 2\ 06}{2} \times 0\ 765 + \frac{0\ 765^2}{2} \times \left(\frac{1\ 33 + 1\ 33 + 1\ 83}{3}\right) = 1\ 92tf \quad V_{max} = \frac{1\ 92}{2\ 83} \times 1\ 50 = 1\ 02tf/m$$

$$R_2 = \frac{1\ 53 \times 0\ 765}{2} \times \left(\frac{1\ 33 + 1\ 83 + 1\ 83}{3}\right) = 0\ 97tf\ ,\ V_{max} = \frac{0\ 97}{1\ 53} \times 1\ 50 = 0\ 95tf/m$$

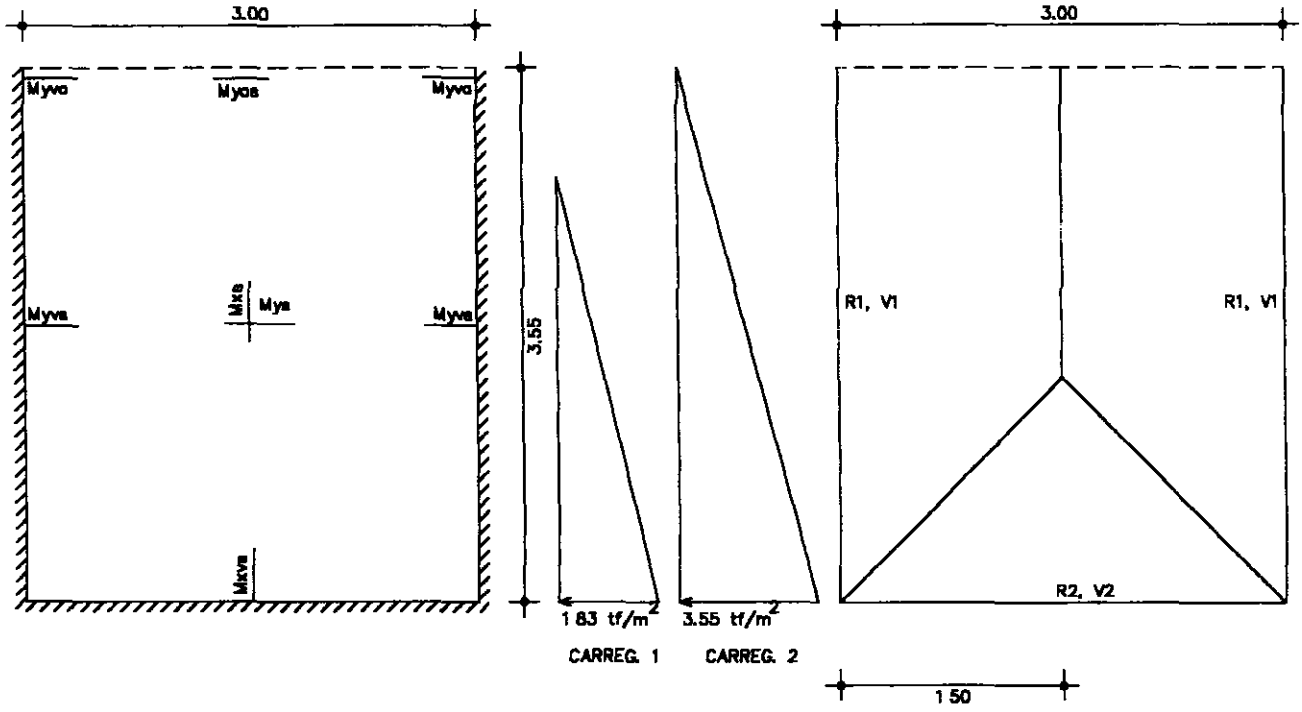
Carregamento 2

$$R_1 = \frac{2\ 06 \times 2\ 06}{2} \times 0\ 765 + \frac{0\ 765^2}{2} \times \left(\frac{2\ 06 + 2\ 06 + 2\ 83}{3}\right) = 2\ 21tf \quad V_{max} = \frac{2\ 21}{2\ 83} \times 1\ 50 = 1\ 17tf/m$$

$$R_2 = \frac{1\,53 \times 0\,765}{2} \times \left( \frac{2\,06 + 2\,06 + 2\,83}{3} \right) = 1\,36\text{tf}\ ,\ V_{max} = \frac{1\,36}{1\,53} \times 1\,50 = 1\,33\text{tf/m}$$

**Parede 2**

**SERÁ ASSIMILADA A UMA PAREDE DE 3.00X3.55M**




**Momentos fletores**

BARES tabela 1 88

$$a = 3\,55\text{m}, b = 3\,00\text{m}, \gamma = \frac{3\,55}{3\,00} = 1\,18$$

Carregamento 1

$M_{xs} = 1\,83 \times 3\,55^2 \times 0\,0044 = 0\,10\text{tfm/m}$ , Nconc = 0 81tf / m

$M_{xvs} = 1\,83 \times 3\,55^2 \times 0\,026 = 0\,60\text{tfm/m}$ ; Nconc = 1 62tf / m

$M_{ys} = 1\,83 \times 3\,00^2 \times 0\,0134 = 0\,22\text{tfm/m}$ , Nconc = 0 65tf / m

$M_{yas} = 1\,83 \times 3\,00^2 \times 0\,0076 = 0\,13\text{tfm/m}$

$M_{yvs} = 1\,83 \times 3\,00^2 \times 0\,0338 = 0\,56\text{tfm/m}$ , Nconc = 0 65tf / m

$M_{yva} = 1\,83 \times 3\,00^2 \times 0\,0088 = 0\,15\text{tfm/m}$

*Carregamento 2*

$M_{xs} = 3\,55 \times 3\,55^2 \times 0\,0044 = 0\,20\text{tfm/m}$, Nconc = 0 81tf / m

$M_{xvs} = 3\,55 \times 3\,55^2 \times 0\,026 = 1\,16\text{tfm/m}$, Nconc = 1 62tf / m

$M_{ys} = 3\,55 \times 3\,00^2 \times 0\,0134 = 0\,43\text{tfm/m}$, Nconc = −1 40tf / m

$M_{yas} = 3\,55 \times 3\,00^2 \times 0\,0076 = 0\,25\text{tfm/m}$

$M_{yvs} = 3\,55 \times 3\,00^2 \times 0\,0338 = 1\,08\text{tfm/m}$, Nconc = −1 40tf / m

$M_{yva} = 3\,55 \times 3\,00^2 \times 0\,0088 = 0\,28\text{tfm/m}$

**Força cortante e reação de apoio**

**CARREGAMENTO 1**

$$R_1 = \frac{0\,86 \times 1\,33}{2} \times 1\,50 + \frac{1\,50^2}{2} \times \left(\frac{0\,86 + 0\,86 + 1\,83}{3}\right) = 2\,19\text{tf} \;.\; V_{max} = \frac{2\,19}{2\,83} \times 1\,50 = 1\,16\text{tf/m}$$

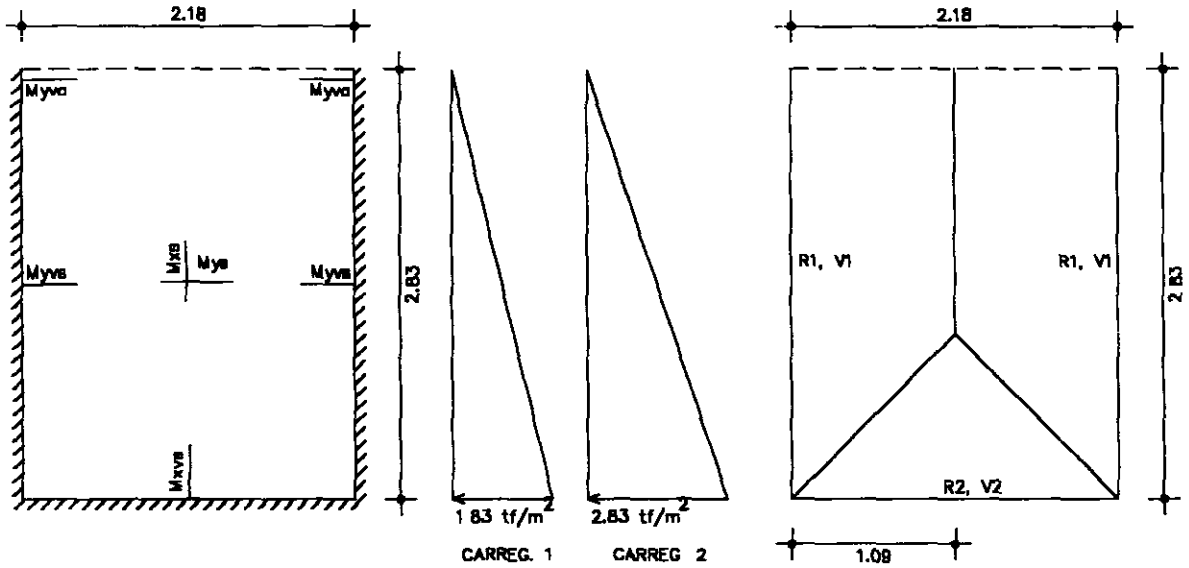
$$R_2 = \frac{3\,00 \times 1\,50}{2} \times \left(\frac{0\,86 + 1\,83 + 1\,83}{3}\right) = 3\,39\text{tf} \;,\; V_{max} = \frac{3\,39}{3\,00} \times 1\,50 = 1\,69\text{tf/m}$$

Carregamento 2

$$R_1 = \frac{2\,05 \times 2\,05}{2} \times 1\,50 + \frac{1\,50^2}{2} \times \left(\frac{2\,05 + 2\,05 + 3\,55}{3}\right) = 6\,02\text{tf} \;,\; V_{max} = \frac{6\,02}{3\,55} \times 1\,50 = 2\,54\text{tf/m}$$

$$R_2 = \frac{3\,00 \times 1\,50}{2} \times \left(\frac{2\,05 + 3\,55 + 3\,55}{3}\right) = 6\,86\text{tf} \;,\; V_{max} = \frac{6\,86}{3\,00} \times 1\,50 = 3\,43\text{tf/m}$$

**Parede 3**




**Momentos fletores**

BARES tabela 1 88

$$a = 2\,83m, b = 2\,18m, \gamma = \frac{2\,83}{2\,18} = 1\,29$$

Carregamento 1

$M_{xs} = 1\,83 \times 2\,83^2 \times 0\,0034 = 0\,05\text{tfm/m}$, Nconc = 0 62tf / m

$M_{xvs} = 1\,83 \times 2\,83^2 \times 0\,0231 = 0\,341\text{tfm/m}$, Nconc = 1 24tf / m

$M_{ys} = 1\,83 \times 2\,18^2 \times 0\,0142 = 0\,12\text{tfm/m}$, Nconc = 0 68tf / m

$M_{yvs} = 1\,83 \times 2\,18^2 \times 0\,0069 = 0\,06\text{tfm/m}$

$M_{yvs} = 1\,83 \times 2\,18^2 \times 0\,0354 = 0\,31\text{tfm/m}$, Nconc = 0 68tf / m

$M_{yva} = 1\,83 \times 2\,18^2 \times 0\,0078 = 0\,07\text{tfm/m}$

Carregamento 2

$M_{xs} = 2\,83 \times 2\,83^2 \times 0\,0034 = 0\,08\text{tfm/m}$, Nconc = 0 62tf / m

$M_{xvs} = 2\,83 \times 2\,83^2 \times 0\,0231 = 0\,52\text{tfm/m}$, Nconc = 1 24tf / m

$M_{ys} = 2\,83 \times 2\,18^2 \times 0\,0142 = 0\,19\text{tfm/m}$, Nconc = –0 78tf / m

$M_{yvs} = 2\,83 \times 2\,18^2 \times 0\,0069 = 0\,09\text{tfm/m}$

$M_{xvs} = 2\,83 \times 2\,18^2 \times 0\,0354 = 0\,47\text{tfm/m}$ , $Nconc = -0\,78\text{tf/m}$

$M_{xva} = 2\,83 \times 2\,18^2 \times 0\,0078 = 0\,10\text{tfm/m}$

**Força cortante e reação de apoio**

Carregamento 1

$$R_1 = \frac{1\,13 \times 1\,74}{2} \times 1\,09 + \frac{1\,09^2}{2} \times \left(\frac{1\,13 + 1\,13 + 1\,83}{3}\right) = 1\,88\text{tf} \quad V_{max} = \frac{1\,88}{2\,83} \times 1\,50 = 0\,99\text{tf/m}$$

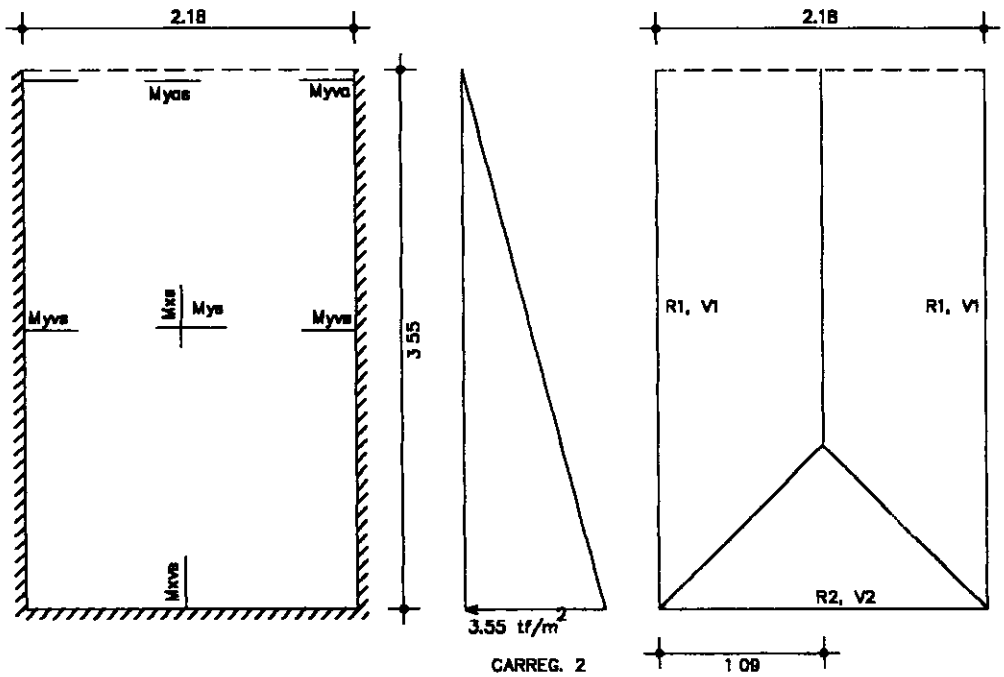
$$R_2 = \frac{2\,18 \times 1\,09}{2} \times \left(\frac{1\,13 + 1\,83 + 1\,83}{3}\right) = 1\,90\text{tf}\ ,\ V_{max} = \frac{1\,90}{2\,18} \times 1\,50 = 1\,30\text{tf/m}$$

Carregamento 2

$$R_1 = \frac{1\,74 \times 1\,74}{2} \times 1\,09 + \frac{1\,09^2}{2} \times \left(\frac{1\,74 + 1\,74 + 2\,83}{3}\right) = 2\,90\text{tf} \quad V_{max} = \frac{2\,90}{2\,83} \times 1\,50 = 1\,54\text{tf/m}$$

$$R_2 = \frac{2\,18 \times 1\,09}{2} \times \left(\frac{1\,74 + 2\,83 + 2\,83}{3}\right) = 2\,93\text{tf}\ ,\ V_{max} = \frac{2\,93}{2\,18} \times 1\,50 = 2\,01\text{tf/m}$$

**Parede 4**




**Momentos fletores**

BARES tabela 1 88

$$a = 3\,55\text{m}, b = 2\,18\text{m}, \gamma = \frac{3\,55}{2\,18} = 1\,63$$

Carregamento 2

$M_{xs} = 3\,55 \times 3\,55^2 \times 0\,0018 = 0\,08\text{tfm/m}$, Nconc = 0 81tf / m

$M_{xvs} = 3\,55 \times 3\,55^2 \times 0\,0186 = 0\,83\text{tfm/m}$, Nconc = 1 62tf / m

$M_{xs} = 3\,55 \times 2\,18^2 \times 0\,0158 = 0\,27\text{tfm/m}$, Nconc = −1 69tf / m

$M_{xvs} = 3\,55 \times 2\,18^2 \times 0\,0057 = 0\,10\text{tfm/m}$

$M_{xvs} = 3\,55 \times 2\,18^2 \times 0\,0378 = 0\,63\text{tfm/m}$, Nconc = −1 69tf / m

$M_{xva} = 3\,55 \times 2\,18^2 \times 0\,0064 = 0\,11\text{tfm/m}$

**Força cortante e reação de apoio**

Carregamento 2

$$R_1 = \frac{2\,46 \times 2\,46}{2} \times 1\,09 + \frac{1\,09^2}{2} \times \left(\frac{2\,46 + 2\,46 + 3\,55}{3}\right) = 4\,97\text{tf}, \quad V_{max} = \frac{4\,97}{3\,55} \times 1\,50 = 2\,10\text{tf/m}$$

$$R_2 = \frac{2\,18 \times 1\,09}{2} \times \left(\frac{2\,46 + 3\,55 + 3\,55}{3}\right) = 3\,79\text{tf}, \quad V_{max} = \frac{3\,79}{2\,18} \times 1\,50 = 2\,60\text{tf/m}$$

Nas demais paredes a verificação é dispensável pois as cargas são bastante menores e os esforços solicitantes muito pequenos

**Laje de fundo**

Será carregada com a reação do solo proveniente das cargas das paredes

Parede 1 P1 = 1 35x2 75x0 18x2 50x2=3 34tf,

Parede 2 P2 = 2 36x3 60x0 18x2 50x2 + 1 79x2 725x0 18x2 50x2 = 12 03tf

Parede 3 P3 = 2 36x2 75x0 18x2 50 = 2 92tf

Parede 4 P4 = 2 36x3 60x0 18x2 50 = 3 82tf

Parede 5 P5 = 1 56x1 85x0 18x2 50 = 1 30tf

Peso total das paredes = 23 41tf, àrea da laje de fundo = 12 46m$^2$

Carga na laje de fundo 1 88tf/m$^2$

Só se fará a verificação para a laje central com dimensões 2 18x2 18m pelas tabelas de BARES ( 1 11)

$M_{xs}$ = 1 88x2 18$^2$x0 0202 = 0 18tfm/m, N = -2 28tf/m

$M_{xvs}$ = 1 88x2 18$^2$x0 0515 = 0 46tfm/m, N = -2 28tf/m ( parede 2)

$M_{xvs}$ = 1 88x2 18$^2$x0 0515 = 0 46tfm/m, N = -1 74tf/m ( parede 4)

## 4 Dimensionamento

### Parede 1

M = 0 26tfm/m , N = -1 02tf/m (carreg2)

$$M_{sk} = 0\ 26 - 1\ 02 \times 0\ 05 = 0\ 20\text{tfm/m},\ K_6 = \frac{100 \times 14^2}{20} = 980,\ A_s = \frac{0\ 33 \times 20}{14} + 0\ 32 \times 1\ 02 = 0\ 80\text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = 0\ 15 \times 18 = 2\ 70\text{cm}^2/\text{m},\ \Phi 6\ 3\text{c}/11$$

### Parede 2

M = 0 60tfm/m , N = 0 65tf/m (carreg1)

$$M_{sk} = 0\ 60 + 0\ 65 \times 0\ 05 = 0\ 63\text{tfm/m},\ K_6 = \frac{100 \times 14^2}{63} = 311,\ A_s = \frac{0\ 33 \times 63}{14} - 0\ 32 \times 0\ 65 = 1\ 28\text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = 0\ 15 \times 18 = 2\ 70\text{cm}^2/\text{m},\ \Phi 6\ 3\text{c}/11\ (2\ 90\text{cm}^2/\text{m})$$

M = 1 08tfm/m , N = -1 40tf/m (carreg2)

$$M_{sk} = 1\ 08 + 1\ 40 \times 0\ 05 = 1\ 15\text{tfm/m},\ K_6 = \frac{100 \times 14^2}{115} = 170,\ A_s = \frac{0\ 34 \times 115}{14} + 0\ 32 \times 1\ 40 = 3\ 25\text{cm}^2/\text{m}$$

$\Phi 8\text{c}/11$

### Parede 3

M = 0 31tfm/m, N = 0 68tf/m (carreg1), $A_{smin} = 0\ 15 \times 18 = 2\ 70\text{cm}^2/\text{m}$, $\Phi 6$ 3c/11

### Parede 4

M = 0 63tfm/m , N = -1 69tf/m (carreg2)

$$M_{sk} = 0\ 63 - 1\ 69 \times 0\ 05 = 0\ 55\text{tfm/m},\ K_6 = \frac{100 \times 14^2}{55} = 356,\ A_s = \frac{0\ 33 \times 55}{14} + 0\ 32 \times 1\ 69 = 1\ 84\text{cm}^2/\text{m}$$

$\Phi 6$ 3c/11

### Laje de fundo

M = 0 46tfm/m , N = -2 28tf/m (carreg2 – parede 2)

$$M_{sk} = 0\ 46 - 2\ 28 \times 0\ 05 = 0\ 35\text{tfm/m},\ K_6 = \frac{100 \times 14^2}{35} = 560,\ A_s = \frac{0\ 33 \times 35}{14} + 0\ 32 \times 2\ 28 = 1\ 55\text{cm}^2/\text{m}$$

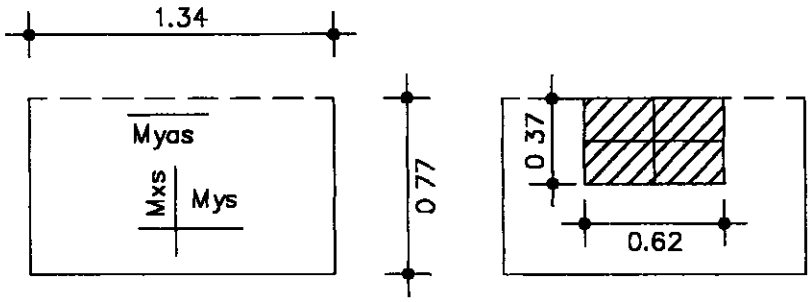
$\Phi 6$ 3c/11

## 1 Caixa de ventosa e caixa de válvula de descarga ( tampa prémoldada )

A tampa será calculada para a carga do peso próprio e a carga de uma roda do TT45

peso próprio p = 0 12x2 50 = 0 30tf/m$^2$,

carga do TT45 p = 7 50x1 40 = 10 50 tf, distribuída em uma área de 0 37x0 52m ( 0 25+0 12x0 50+0 12 )




Carga do peso próprio será utilizada a tabela 1 36 de BARES interpolando-se os valores tabelados

$$a = 0\ 77 \quad b = 1\ 34 \quad \lambda = \frac{1\ 34}{0\ 77} = 1\ 75$$

$$M_{xs} = 0\ 30 \times 0\ 77^2 \times 0\ 0757 = 0\ 02\text{tfm/m}$$

$$M_{ys} = 0\ 30 \times 1\ 34^2 \times 0\ 0453 = 0\ 04\text{tfm/m}$$

$$M_{yas} = 0\ 30 \times 1\ 34^2 \times 0\ 0704 = 0\ 04\text{tfm/m}$$

Carga do TT45 será utilizada a tabela 1 108b de BARES Para adequar os valores à tabela, a carga será dividida em quatro quinhões, eo valores tabelados serão interpolados

$$a = 0\ 77 \quad b = 1\ 34 \quad \lambda = \frac{1\ 34}{0\ 77} = 1\ 75$$

$$M_{xs} = \frac{10\ 50}{4} \times (0\ 055 + 0\ 050 + 0\ 102 + 0\ 0949) = 0\ 79\text{tfm/m}$$

$$M_{yas} = \frac{10\ 50}{4} \times (0\ 146 + 0\ 310 + 0\ 114 + 0\ 208) = 2\ 04\text{tfm/m}$$

Momentos totais $M_{xs} = 0\ 02 + 0\ 79 = 0\ 81\text{tfm/m}$ , $M_{yas} = 2\ 04 + 0\ 04 = 2\ 08\text{tfm/m}$

$M_{xs}$ = 0 02+0 79 = 0 81tfm/m, $K_6 = \frac{100 \times 8\ 5^2}{81} = 89$ , $A_s = \frac{0\ 35 \times 81}{8\ 5} = 3\ 33\text{cm}^2/\text{m}$ adotado $\Phi$8 c/10

$M_{yas}$ = 0 04+2 04 = 2 08tfm/m, $K_6 = \frac{100 \times 8\ 5^2}{208} = 34\ 70$ . $A_s = \frac{0\ 42 \times 208}{8\ 5} = 10\ 27\text{cm}^2/\text{m}$ $\Phi$12 5 c/10

## 2 Tampa dos poços de visita

Será considerada uma sobrecarga de 0 50tf/m$^2$

peso próprio p = 0 08x2 50 = 0 20tf/ m$^2$,

sobrecarga q = 0 50 tf/ m$^2$,

Total = 0 70 tf/ m$^2$,

$$M_{\varrho} = \frac{0\ 70 \times 1\ 05^2}{8} = 0\ 10 \text{tfm/m}$$

$$K_6 = \frac{100 \times 4\ 5^2}{10} = 202\ 50\ ,\ A_s = \frac{0\ 34 \times 10}{4\ 5} = 0\ 75 \text{cm}^2/\text{m}\ A_{smin} = 0\ 15 \times 8 = 1\ 20 \text{cm}^2/\text{m}\ \Phi\ 5\ c/10$$

## 3 Laje do poço de visitas

Será considerada uma sobrecarga de 0 50tf/m$^2$

peso próprio p = 0 12x2 50 = 0 30tf/ m$^2$,

peso de terra p = 0 50x1 80 = 0 90tf/ m$^2$,

sobrecarga q = 0 50 tf/ m$^2$,

Total = 1 70 tf/ m$^2$,

BARES tabela 1 1

$$M = 1\ 70 \times 1\ 75^2 \times 0\ 0368 = 0\ 19 \text{tfm/m}$$

$$K_6 = \frac{100 \times 8\ 5^2}{19} = 401\ 40\ ,\ A_s = \frac{0\ 33 \times 19}{8\ 5} = 0\ 73 \text{cm}^2/\text{m}\ A_{smin} = 0\ 15 \times 1 = 1\ 80 \text{cm}^2/\text{m}\ \Phi\ 6\ 3\ c/10$$

PROJETO EXECUTIVO TRANSPOSIÇÃO RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ

CAPTAÇÃO COM BOMBA SUBMERSA E CONDUTO FORÇADO

## SEGMENTO 1 - ALTERNATIVA 2

| ÍTEM | DISCRIMINAÇÃO | | | PREÇO (R$) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | UNID | QUANT | UNIT | TOTAL |
| 1. | **POÇO DE SUCÇÃO E ABRIGO DO CBH** | | | | |
| 1 1 | OBRAS CIVIS | | | | |
| 1 1 1 | Escavação material de 3ª categoria em obra isolada | $m^3$ | 16,0 | 21,00 | 336,00 |
| 1,1,2 | Concreto simples de limpeza fck = 15 MPA | $m^3$ | 1,2 | 135,00 | 162,00 |
| 1,1,3 | Concreto armado fck = 20 MPA, incluindo formas e ferragens | $m^3$ | 4,2 | 489,00 | 2 053,80 |
| 1,1,4 | Envelopamento de tubo com concreto simples fck = 150 MPA | $m^3$ | 5,1 | 169,00 | 868,66 |
| 1,1,5 | Escavação de vala em material de 1ª categoria, P = 1,5 m | $m^3$ | 204,0 | 1,72 | 350,88 |
| 1,1,6 | Blocos de ancoragem | $m^3$ | 1,5 | 135,00 | 202,50 |
| | SUB TOTAL | | | | **3.973,84** |
| 1 2 | FORNECIMENTO E MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS | | | | |
| 1 2 1 | Peças, conexões e acessórios p/ instalação de recalque D = 250 mm, P S = 1 MPA | vb | 1,0 | 1500 | 1 500,00 |
| 1 2 2 | Válvula de retenção D = 250, PN 10 | ud | 1,0 | 650 | 650,00 |
| 1 2 3 | Junta de desmontagem D = 250 PN 10 | ud | 1,0 | 700 | 700,00 |
| 1 2 4 | Registro de gaveta chato 250 | ud | 1,0 | 1500 | 1 500,00 |
| 1 2 5 | Tubo FoFo, JE, DN 350 mm | m | 165,0 | 216 | 35 640,00 |
| 1 2 6 | Redução concêntrica 250 x 350 mm FoFo, PN 10 | ud | 1,0 | 1 500 | 1 500,00 |
| | SUB TOTAL | | | | **41.490,00** |
| 1 3 | FORNECIMENTO E MONTAGEM DE CONJ MOTOR-BOMBA KRTR 151-401, 53 CV 1 160 rpm | ud | 2,0 | 46150 | 92 300,00 |
| | SUB TOTAL | | | | **92.300,00** |
| 1 4 | FORNECIMENTO E MONTAGEM DE SUBESTAÇÃO REBAIXADORA DE 50 KVA, COMPLETA | ud | 1,0 | 3780 | 3 780,00 |
| | SUB TOTAL | | | | **3.780,00** |
| 1 5 | FORNECIMENTO E MONTAGEM DE QUADRO DE COMANDO E PROTEÇÃO DE 50 CV, TENSÃO 380/440 | ud | 1,0 | 7500 | 7 500,00 |
| | SUB TOTAL | | | | **7.500,00** |
| 1 6 | FORNECIMENTO E MONTAGEM DE CABO QUADRIPOLAR DE COBRE ISOLADO, PEÇAS E ACESSÓRIOS P/ LIGAÇÃO DOS MOTORES | m | 380,0 | 13,5 | 5 130,00 |
| | SUB TOTAL | | | | **5.130,00** |
| | **TOTAL** | | | | **154.173,84** |

# PROJETO EXECUTIVO TRANSPOSIÇÃO RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ

## CANAL DE ALIMENTAÇÃO DA ESTAÇÃO

## SEGMENTO 1 - ALTERNATIVA 1

| ÍTEM | DISCRIMINAÇÃO | UNID | QUANTID | UNIT (R$) | TOTAL (R$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **CANAL DE ALIMENTAÇÃO DA ESTAÇÃO** | | | | |
| 1 1 | Escavação mecânica de canal, seção trapezoidal, em material de 1a categoria, bota-fora de 300 m | $m^3$ | 1 068,50 | 1,72 | 1 837,82 |
| 1 2 | Escavação mecânica de canal, seção trapezoidal, em material de 2a categoria, bota-fora de 300 m | $m^3$ | 1 068,50 | 2,00 | 2 137,00 |
| 1 3 | *Escavação mecânica, campo aberto, material de 1a categoria, bota-fora até 300 m* | $m^3$ | 1 758,30 | 1,40 | 2 461,62 |
| 1 4 | Escavação mecânica, campo aberto, material de 2a categoria, bota-fora até 300 m | $m^3$ | 1 172,20 | 1,80 | 2 109,96 |
| 1 5 | Regularização de taludes | $m^2$ | 1 716,00 | 2,73 | 4 684,68 |
| 1 6 | Drenagem de seção em corte com construção de sarjetas em concreto simples Cmín=210 Kg/m3, conforme projeto | m | 330,00 | 7,79 | 2 570,70 |
| 1 7 | Fornecimento e colocação de manta de polietileno para impermeabilização do canal, esp=5 mm | $m^2$ | 2 112,00 | 6,20 | 13 094,40 |
| 1 8 | Revestimento em concreto simples, fck=13,5 MPA, com acabamento de superfície esp=0,06m, consumo mínimo C=250 Kg/m3 | $m^2$ | 1 716,00 | 10,52 | 18 052,32 |
| 1 9 | Cercas de proteção com estacas de concreto espaçados de 2,5m e 7 (sete) fios de arame farpado | m | 330,00 | 8,13 | 2 682,90 |
| 1 10 | Aterro compactado c/ esc carga transpote de material DMT=1,0 Km, protor normal | $m^3$ | 533,47 | 3,20 | 1 707,10 |
| 1 11 | Aumento das dimensões das estruturas de concreto armado do prédio da casa de bombas | Vb | | 38 500,00 | 38 500,00 |
| | **TOTAL** | | | | **89.838,50** |

1157

PROJETO EXECUTIVO TRANSPOSIÇÃO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ

ESTUDO DE ALTERNATIVAS

## SEGMENTO 3: ALTERNATIVA 2 – CANAL ABERTO SEÇÃO TRAPEZOIDAL

| ÍTEM | DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS | UNID | QUANT | UNIT (R$) | TOTAL (R$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | Desmatamento e deslocamento de árvores esp =15 cm | $m^2$ | 37 800,00 | 0,07 | 2 646,00 |
| 02 | Expurgo da camada vegetal esp =20 cm | $m^3$ | 1 170,00 | 0,46 | 538,20 |
| 03 | Escavação mecânica de canal, seção trapezoidal, em material de 1ª categoria, bota-fora de 300 m | $m^3$ | 1 249,62 | 1,72 | 2 149,35 |
| 04 | Escavação mecânica de canal, seção trapezoidal, em material de 2ª categoria, bota-fora de 300 m | $m^3$ | 833,08 | 2,00 | 1 666,16 |
| 05 | Escavação mecânica, campo aberto, material de 1ª categoria, bota-fora até 300 m | $m^3$ | 5 668,71 | 1,40 | 7 936,19 |
| 06 | Escavação mecânica, campo aberto, material de 2ª categoria, bota-fora até 300 m | $m^3$ | 3 779,14 | 1,80 | 6 802,45 |
| 07 | Aterro compactado incluindo carga, transporte DMT=2Km, e descarga de material de jazida | $m^3$ | 1 924,04 | 2,90 | 5 579,72 |
| 08 | Regularização de taludes | $m^2$ | 9 446,40 | 2,73 | 25 788,67 |
| 09 | Drenagem de seção em corte com construção de sarjetas em concreto simples $C_{min}$=210 Kg/$m^3$, conforme projeto | m | 3 840,00 | 7,79 | 29 913,60 |
| 10 | Fornecimento e colocação de manta de polietileno para impermeabilização do canal, esp=5mm | $m^2$ | 12 406,40 | 6,20 | 76 919,68 |
| 11 | Revestimento em concreto simples, fck=13,5 MPA, com acabamento de superfície esp =0,06m, cons mín C=250 Kg/$m^3$ | $m^2$ | 9 446,40 | 9,54 | 90 118,66 |
| 12 | Cercas de proteção com estacas de concreto espaçados de 2,5 m e 7 (sete) fios de arame farpado | m | 5 400,00 | 8,13 | 43 902,00 |
| 13 | Desapropriação da faixa de Domínio, terra cultivada | ha | 3,78 | 100,00 | 378,00 |
| 14 | Estrada de acesso c/ revestimento primário, Larg =5,00 m, esp =30 cm CBR >50% | Km | 3,00 | 6 500,00 | 19 500,00 |
| | **TOTAL** | | | | **313.838,68** |

159

PROJETO EXECUTIVO TRANSPOSIÇÃO PIRANGI/LAGOA DO URUAÚ

ESTUDO DE ALTERNATIVAS

## SEGMENTO 3: ALTERNATIVA 1 – CANAL CIRCULAR "RIB LOC"

| ÍTEM | DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS | UNID | QUANT | UNIT (R$) | TOTAL (R$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | Desmatamento e deslocamento de árvores esp =15 cm | $m^2$ | 33 120,00 | 0,07 | 2 318,40 |
| 02 | Expurgo da camada vegetal esp =20 cm | $m^3$ | 3 985,00 | 0,46 | 1 833,10 |
| 03 | Escavação de vala em material de 1ª categoria com bota-fora de até 300 m, P ≤ 2,5 m | $m^3$ | 3 490,00 | 1,72 | 6 002,80 |
| 04 | Escavação de vala em material de 2ª categoria com bota-fora de até 300 m, P < 2,5 m | $m^3$ | 2 326,66 | 2,00 | 4 653,32 |
| 05 | Aterro compactado incluindo carga, transporte DMT=2 Km, e descarga de material de jazida | $m^3$ | 1 179,27 | 2,90 | 3 419,88 |
| 06 | Reaterro apiloado de valas com aproveitamento do material escavado | $m^3$ | 5 226,60 | 4,20 | 21 951,72 |
| 07 | Escavação de material 1ª categoria em campo aberto, bota-fora de 300 m | $m^2$ | 1 020,24 | 1,40 | 1.428,33 |
| 08 | Poços de inspeção e limpeza | ud | 18,00 | 410,00 | 7 380,00 |
| 09 | Desapropriação da faixa de Domínio do eixo de transferência | ha | 3,30 | 100,00 | 330,00 |
| 10 | Tubo de PVC para drenagem tipo RIB-LOC, ∅=500 mm | m | 3 020,00 | 65,00 | 196 300,00 |
| 11 | Escoramento descontínuo de vala, com peças de madeira de lei para prof ≥2,00 m | $m^2$ | 3 300,00 | 11,69 | 38 577,00 |
| 12 | Estrada de acesso em revestimento primário, p/ manutenção esp =30 cm c/ mat granular, Larg =5,00 m | Km | 3,00 | 6 500,00 | 19 500,00 |
| **TOTAL** | | | | | **303.694,60** |

SLA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA

**QUADRO DE CUBAÇÃO DO MOVIMENTO DE TERRA PARA CANAL ABERTO - SEÇÃO TRAPEZOIDAL**
**TRANSPOSIÇÃO RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAU - 1a E 2a ETAPAS**

| Trecho | Est | CTN | DECLIV | CFC | Pv | F | Pc | Ve can | Ve acum | Pc Ab | Vc Ab | Vcab acum | Patr | VATR | VATRacm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 190 | 131,958 | | 131,250 | 0,708 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 16,80 | 0,11 | 16,12 | 16,12 | | | 0,00 |
| | 191 | 131,935 | 0,000979 | 131,230 | 0,705 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 33,60 | 0,10 | 15,60 | 31,71 | | | 0,00 |
| seção 3 | 192 | 131,298 | 0,000979 | 131,211 | 0,087 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 50,40 | | | 31,71 | 0,51 | 52,00 | 52,00 |
| seção 2 | 193 | 131,808 | 0,000979 | 131,191 | 0,617 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 67,20 | 0,02 | 2,45 | 34,16 | | | 52,00 |
| seção 2 | 194 | 131,588 | 0,000979 | 131,172 | 0,416 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 84,00 | | | 34,16 | 0,18 | 16,81 | 68,81 |
| seção 2 | 195 | 131,798 | 0,000979 | 131,152 | 0,646 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 100,80 | 0,05 | 6,76 | 40,92 | | | 68,81 |
| | 196 | 131,678 | 0,000979 | 131,133 | 0,745 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 117,60 | 0,15 | 21,87 | 62,79 | | | 68,81 |
| | 197 | 131,813 | 0,000979 | 131,113 | 0,700 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 134,40 | 0,10 | 14,90 | 77,69 | | | 68,81 |
| | 198 | 131,828 | 0,000979 | 131,093 | 0,735 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 151,20 | 0,13 | 20,19 | 97,88 | | | 68,81 |
| | 199 | 131,740 | 0,000979 | 131,074 | 0,666 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 168,00 | 0,07 | 9,79 | 107,67 | | | 68,81 |
| | 200 | 131,785 | 0,000979 | 131,054 | 0,731 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 184,80 | 0,13 | 11,98 | 119,65 | | | 68,81 |
| seção 2 | 201 | 131,670 | 0,000979 | 131,035 | 0,635 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 201,60 | 0,04 | 5,19 | 124,83 | | | 68,81 |
| | 202 | 131,755 | 0,000979 | 131,015 | 0,740 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 218,40 | 0,14 | 21,01 | 145,84 | | | 68,81 |
| | 203 | 131,635 | 0,000979 | 130,996 | 0,639 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 235,20 | 0,04 | 5,80 | 151,64 | | | 68,81 |
| | 204 | 131,788 | 0,000979 | 130,976 | 0,812 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 252,00 | 0,21 | 32,30 | 183,94 | | | 68,81 |
| | 205 | 131,697 | 0,000979 | 130,956 | 0,741 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 268,80 | 0,14 | 21,12 | 205,06 | | | 68,81 |
| | 206 | 131,737 | 0,000979 | 130,937 | 0,800 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 285,60 | 0,20 | 30,42 | 235,48 | | | 68,81 |
| | 207 | 131,515 | 0,000979 | 130,917 | 0,598 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 302,40 | | | 235,48 | 0,00 | 0,20 | 69,01 |
| | 208 | 131,675 | 0,000979 | 130,898 | 0,777 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 319,20 | 0,18 | 19,07 | 254,55 | | | 69,01 |
| | 209 | 131,604 | 0,000979 | 130,878 | 0,726 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 336,00 | 0,13 | 11,25 | 265,80 | | | 69,01 |
| | 210 | 131,473 | 0,000979 | 130,859 | 0,614 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 352,80 | 0,01 | 2,11 | 267,91 | | | 69,01 |
| | 211 | 131,510 | 0,000979 | 130,839 | 0,671 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 369,60 | 0,07 | 10,52 | 278,43 | | | 69,01 |
| seção 2 | 212 | 131,362 | 0,000979 | 130,819 | 0,543 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 386,40 | | | 278,43 | 0,06 | 5,04 | 74,04 |
| | 213 | 131,577 | 0,000979 | 130,800 | 0,777 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 403,20 | 0,18 | 26,80 | 305,23 | | | 74,04 |
| | 214 | 131,477 | 0,000979 | 130,780 | 0,697 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 420,00 | 0,10 | 14,40 | 319,63 | | | 74,04 |
| seção 3 | 215 | 130,537 | 0,000979 | 130,761 | -0,224 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 436,80 | | | 319,63 | 0,82 | 91,19 | 165,24 |
| | 216 | 131,459 | 0,000979 | 130,741 | 0,718 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 453,60 | 0,12 | 17,62 | 337,26 | | | 165,24 |
| | 217 | 131,342 | 0,000979 | 130,722 | 0,620 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 470,40 | 0,02 | 2,99 | 340,25 | | | 165,24 |
| | 218 | 131,322 | 0,000979 | 130,702 | 0,620 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 487,20 | 0,02 | 2,93 | 343,19 | | | 165,24 |
| | 219 | 131,250 | 0,000979 | 130,682 | 0,568 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 504,00 | | | 343,19 | 0,03 | 2,82 | 168,06 |
| seção 2 | 220 | 131,107 | 0,000979 | 130,663 | 0,444 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 520,80 | | | 343,19 | 0,16 | 14,13 | 182,19 |
| | 221 | 131,162 | 0,000979 | 130,643 | 0,519 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 537,60 | | | 343,19 | 0,08 | 7,19 | 189,38 |
| seção 2 | 222 | 131,092 | 0,000979 | 130,624 | 0,468 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 554,40 | | | 343,19 | 0,13 | 11,85 | 201,23 |
| seção 2 | 223 | 130,997 | 0,000979 | 130,604 | 0,393 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 571,20 | | | 343,19 | 0,21 | 19,10 | 220,33 |
| seção 2 | 224 | 131,007 | 0,000979 | 130,585 | 0,422 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 588,00 | | | 343,19 | 0,18 | 16,22 | 236,55 |
| | 225 | 131,142 | 0,000979 | 130,565 | 0,577 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 604,80 | | | 343,19 | 0,02 | 1,99 | 238,54 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| seção 2 | 226 | 130,724 | 0,000979 | 130,545 | 0,179 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 621,60 | | | 343,19 | 0,42 | 41,57 | 280,11 |
| seção 2 | 227 | 130,802 | 0,000979 | 130,526 | 0,276 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 638,40 | | | 343,19 | 0,32 | 31,00 | 311,11 |
| seção 2 | 228 | 130,877 | 0,000979 | 130,506 | 0,371 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 655,20 | | | 343,19 | 0,23 | 21,30 | 332,41 |
| seção 2 | 229 | 130,862 | 0,000979 | 130,487 | 0,375 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 672,00 | | | 343,19 | 0,22 | 20,84 | 353,25 |
| seção 2 | 230 | 130,912 | 0,000979 | 130,467 | 0,445 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 688,80 | | | 343,19 | 0,16 | 14,06 | 367,31 |
| | 231 | 131,047 | 0,000979 | 130,448 | 0,599 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 705,60 | | | 343,19 | 0,00 | 0,05 | 367,36 |
| seção 2 | 232 | 130,797 | 0,000979 | 130,428 | 0,369 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 722,40 | | | 343,19 | 0,23 | 21,47 | 388,83 |
| | 233 | 130,932 | 0,000979 | 130,408 | 0,524 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 739,20 | | | 343,19 | 0,08 | 6,75 | 395,57 |
| | 234 | 131,042 | 0,000979 | 130,389 | 0,653 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 756,00 | 0,05 | 7,84 | 351,03 | | | 395,57 |
| | 235 | 131,122 | 0,000979 | 130,369 | 0,753 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 772,80 | 0,15 | 23,00 | 374,02 | | | 395,57 |
| | 236 | 131,132 | 0,000979 | 130,350 | 0,782 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 789,60 | 0,18 | 27,61 | 401,63 | | | 395,57 |
| | 237 | 131,205 | 0,000979 | 130,330 | 0,875 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 806,40 | 0,27 | 42,40 | 444,03 | | | 395,57 |
| | 238 | 131,202 | 0,000979 | 130,311 | 0,891 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 823,20 | 0,29 | 45,10 | 489,13 | | | 395,57 |
| | 239 | 131,377 | 0,000979 | 130,291 | 1,086 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 840,00 | 0,49 | 78,04 | 567,17 | | | 395,57 |
| | 240 | 131,369 | 0,000979 | 130,271 | 1,098 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 856,80 | 0,50 | 80,07 | 647,24 | | | 395,57 |
| | 241 | 131,442 | 0,000979 | 130,252 | 1,190 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 873,60 | 0,59 | 96,61 | 743,85 | | | 395,57 |
| | 242 | 131,437 | 0,000979 | 130,232 | 1,205 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 890,40 | 0,60 | 99,26 | 843,11 | | | 395,57 |
| | 243 | 131,307 | 0,000979 | 130,213 | 1,094 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 907,20 | 0,49 | 79,49 | 922,60 | | | 395,57 |
| | 244 | 131,432 | 0,000979 | 130,193 | 1,239 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 924,00 | 0,64 | 105,52 | 1028,12 | | | 395,57 |
| | 245 | 131,212 | 0,000979 | 130,174 | 1,038 | 0,50 | 0,60 | 16,80 | 940,80 | 0,44 | 61,24 | 1089,36 | | | 395,57 |
| | 246 | 131,662 | 0,000979 | 130,154 | 1,508 | 0,50 | 0,60 | 8,40 | 949,20 | 0,91 | 78,65 | 1168,01 | | | 395,57 |
| **2** | **246** | **131,662** | | **130,154** | | | | | **949,20** | | | **1168,01** | | | **395,57** |
| | 247 | 131,247 | 0,003125 | 130,092 | 1,155 | 0,50 | 0,50 | 6,25 | 955,45 | 0,66 | 52,33 | 1220,34 | | | 395,57 |
| | 248 | 131,187 | 0,003125 | 130,029 | 1,158 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 967,95 | 0,66 | 105,11 | 1325,45 | | | 395,57 |
| | 249 | 131,127 | 0,003125 | 129,967 | 1,160 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 980,45 | 0,66 | 105,56 | 1431,00 | | | 395,57 |
| | 250 | 130,957 | 0,003125 | 129,904 | 1,053 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 992,95 | 0,55 | 86,59 | 1517,60 | | | 395,57 |
| | 251 | 131,242 | 0,003125 | 129,842 | 1,400 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1005,45 | 0,90 | 150,40 | 1667,99 | | | 395,57 |
| | 252 | 131,024 | 0,003125 | 129,779 | 1,245 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1017,95 | 0,74 | 120,95 | 1788,94 | | | 395,57 |
| | 253 | 130,819 | 0,003125 | 129,717 | 1,102 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1030,45 | 0,60 | 95,24 | 1884,18 | | | 395,57 |
| | 254 | 130,912 | 0,003125 | 129,654 | 1,258 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1042,95 | 0,76 | 123,36 | 2007,54 | | | 395,57 |
| | 255 | 130,764 | 0,003125 | 129,592 | 1,172 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1055,45 | 0,67 | 107,72 | 2115,26 | | | 395,57 |
| | 256 | 130,517 | 0,003125 | 129,529 | 0,988 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1067,95 | 0,49 | 75,46 | 2190,72 | | | 395,57 |
| | 257 | 130,367 | 0,003125 | 129,467 | 0,900 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1080,45 | 0,40 | 60,88 | 2251,60 | | | 395,57 |
| | 258 | 130,357 | 0,003125 | 129,404 | 0,953 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1092,95 | 0,45 | 69,58 | 2321,18 | | | 395,57 |
| | 259 | 130,267 | 0,003125 | 129,342 | 0,925 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1105,45 | 0,43 | 65,00 | 2386,18 | | | 395,57 |
| | 260 | 130,041 | 0,003125 | 129,279 | 0,762 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1117,95 | 0,26 | 38,74 | 2424,92 | | | 395,57 |
| | 261 | 129,903 | 0,003125 | 129,217 | 0,686 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1130,45 | 0,19 | 27,15 | 2452,07 | | | 395,57 |
| | 262 | 129,768 | 0,003125 | 129,154 | 0,614 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1142,95 | 0,11 | 16,35 | 2468,42 | | | 395,57 |

**QUADRO DE CUBAÇÃO DO MOVIMENTO DE TERRA PARA CANAL ABERTO - SEÇÃO TRAPEZOIDAL**
**TRANSPOSIÇÃO RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ - 1a E 2a ETAPAS**

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 263 | 129,573 | 0,003125 | 129,092 | 0,481 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1155,45 | | | 2468,42 | 0,02 | 1,49 | 397,07 |
| seção 2 | 264 | 129,351 | 0,003125 | 129,029 | 0,322 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1167,95 | | | 2468,42 | 0,18 | 15,19 | 412,26 |
| seção 2 | 265 | 129,203 | 0,003125 | 128,967 | 0,236 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1180,45 | | | 2468,42 | 0,26 | 23,16 | 435,42 |
| seção 2 | 266 | 129,138 | 0,003125 | 128,904 | 0,234 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1192,95 | | | 2468,42 | 0,27 | 23,40 | 458,82 |
| seção 2 | 267 | 129,040 | 0,003125 | 128,842 | 0,198 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1205,45 | | | 2468,42 | 0,30 | 26,85 | 485,67 |
| seção 2 | 268 | 128,898 | 0,003125 | 128,779 | 0,119 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1217,95 | | | 2468,42 | 0,38 | 34,83 | 520,50 |
| seção 2 | 269 | 128,926 | 0,003125 | 128,717 | 0,209 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1230,45 | | | 2468,42 | 0,29 | 25,77 | 546,28 |
| seção 2 | 270 | 128,776 | 0,003125 | 128,654 | 0,122 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1242,95 | | | 2468,42 | 0,38 | 34,53 | 580,80 |
| seção 2 | 271 | 128,813 | 0,003125 | 128,592 | 0,221 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1255,45 | | | 2468,42 | 0,28 | 24,61 | 605,41 |
| seção 2 | 272 | 128,823 | 0,003125 | 128,529 | 0,294 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1267,95 | | | 2468,42 | 0,21 | 17,75 | 623,16 |
| seção 2 | 273 | 128,543 | 0,003125 | 128,467 | 0,076 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1280,45 | | | 2468,42 | 0,42 | 39,26 | 662,42 |
| seção 2 | 274 | 128,253 | 0,003125 | 128,404 | -0,151 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1292,95 | | | 2468,42 | 0,65 | 64,79 | 727,22 |
| seção 3 | 275 | 127,793 | 0,003125 | 128,342 | -0,549 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1305,45 | | | 2468,42 | 1,05 | 116,86 | 844,08 |
| seção3 | 276 | 127,663 | 0,003125 | 128,279 | -0,616 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1317,95 | | | 2468,42 | 1,12 | 126,64 | 970,72 |
| seção3 | 277 | 127,338 | 0,003125 | 128,217 | -0,879 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1330,45 | | | 2468,42 | 1,38 | 167,29 | 1138,01 |
| seção 3 | 278 | 127,243 | 0,003125 | 128,154 | -0,911 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1342,95 | | | 2468,42 | 1,41 | 172,61 | 1310,62 |
| seção 3 | 279 | 126,993 | 0,003125 | 128,092 | -1,099 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1355,45 | | | 2468,42 | 1,60 | 204,54 | 1515,15 |
| seção 3 | 280 | 127,306 | 0,003125 | 128,029 | -0,723 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1367,95 | | | 2468,42 | 1,22 | 142,71 | 1657,87 |
| seção 3 | 281 | 127,555 | 0,003125 | 127,967 | -0,412 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1380,45 | | | 2468,42 | 0,91 | 97,85 | 1755,71 |
| seção 2 | 282 | 128,048 | 0,003125 | 127,904 | 0,144 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1392,95 | | | 2468,42 | 0,36 | 32,28 | 1787,99 |
| | 283 | 128,481 | 0,003125 | 127,842 | 0,639 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1405,45 | 0,14 | 20,11 | 2488,54 | | | 1787,99 |
| | 284 | 128,874 | 0,003125 | 127,779 | 1,095 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1417,95 | 0,59 | 93,92 | 2582,46 | | | 1787,99 |
| | 285 | 129,113 | 0,003125 | 127,717 | 1,396 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1430,45 | 0,90 | 149,62 | 2732,08 | | | 1787,99 |
| | 286 | 129,098 | 0,003125 | 127,654 | 1,444 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1442,95 | 0,94 | 158,89 | 2890,97 | | | 1787,99 |
| | 287 | 129,220 | 0,003125 | 127,592 | 1,628 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1455,45 | 1,13 | 196,20 | 3087,17 | | | 1787,99 |
| | 288 | 129,278 | 0,003125 | 127,529 | 1,749 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1467,95 | 1,25 | 221,66 | 3308,83 | | | 1787,99 |
| | 289 | 129,233 | 0,003125 | 127,467 | 1,766 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1480,45 | 1,27 | 225,43 | 3534,26 | | | 1787,99 |
| | 290 | 129,253 | 0,003125 | 127,404 | 1,849 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1492,95 | 1,35 | 243,45 | 3777,71 | | | 1787,99 |
| | 291 | 129,215 | 0,003125 | 127,342 | 1,873 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1505,45 | 1,37 | 248,88 | 4026,60 | | | 1787,99 |
| | 292 | 129,053 | 0,003125 | 127,279 | 1,774 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1517,95 | 1,27 | 227,05 | 4253,65 | | | 1787,99 |
| | 293 | 129,013 | 0,003125 | 127,217 | 1,796 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1530,45 | 1,30 | 231,94 | 4485,58 | | | 1787,99 |
| | 294 | 128,875 | 0,003125 | 127,154 | 1,721 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1542,95 | 1,22 | 215,66 | 4701,25 | | | 1787,99 |
| | 295 | 128,738 | 0,003125 | 127,092 | 1,646 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1555,45 | 1,15 | 199,94 | 4901,19 | | | 1787,99 |
| | 296 | 128,353 | 0,003125 | 127,029 | 1,324 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1567,95 | 0,82 | 135,73 | 5036,92 | | | 1787,99 |
| | 297 | 128,283 | 0,003125 | 126,967 | 1,316 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1580,45 | 0,82 | 134,31 | 5171,23 | | | 1787,99 |
| | 298 | 127,973 | 0,003125 | 126,904 | 1,069 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1592,95 | 0,57 | 89,37 | 5260,60 | | | 1787,99 |
| | 299 | 127,658 | 0,003125 | 126,842 | 0,816 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1605,45 | 0,32 | 47,31 | 5307,92 | | | 1787,99 |
| | 300 | 127,283 | 0,003125 | 126,779 | 0,504 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1617,95 | 0,00 | 0,56 | 5308,48 | | | 1787,99 |

**QUADRO DE CUBAÇÃO DO MOVIMENTO DE TERRA PARA CANAL ABERTO - SEÇÃO TRAPEZOIDAL**
**TRANSPOSIÇÃO RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAU - 1a E 2a ETAPAS**

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| seção 2 | 301 | 126,873 | 0,003125 | 126,717 | 0,156 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1630,45 | | | 5308,48 | 0,34 | 31,02 | 1819,01 |
| seção 2 | 302 | 126,568 | 0,003125 | 126,654 | -0,086 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1642,95 | | | 5308,48 | 0,59 | 57,18 | 1876,20 |
| seção 2 | 303 | 126,468 | 0,003125 | 126,592 | -0,124 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1655,45 | | | 5308,48 | 0,62 | 61,54 | 1937,74 |
| seção 2 | 304 | 126,623 | 0,003125 | 126,529 | 0,094 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1667,95 | | | 5308,48 | 0,41 | 37,43 | 1975,16 |
| | 305 | 126,863 | 0,003125 | 126,467 | 0,396 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1680,45 | | | 5308,48 | 0,10 | 8,60 | 1983,77 |
| | 306 | 127,086 | 0,003125 | 126,404 | 0,682 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1692,95 | 0,18 | 26,47 | 5334,95 | | | 1983,77 |
| | 307 | 127,213 | 0,003125 | 126,342 | 0,871 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1705,45 | 0,37 | 56,15 | 5391,10 | | | 1983,77 |
| | 308 | 127,307 | 0,003125 | 126,279 | 1,028 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1717,95 | 0,53 | 82,28 | 5473,39 | | | 1983,77 |
| | 309 | 127,633 | 0,003125 | 126,217 | 1,416 | 0,50 | 0,50 | 12,50 | 1730,45 | 0,92 | 153,51 | 5626,90 | | | 1983,77 |
| | 310 | 127,171 | 0,003125 | 126,154 | 1,017 | 0,50 | 0,50 | 6,25 | 1736,70 | 0,52 | 40,20 | 5667,09 | | | 1983,77 |
| **3** | **310** | **127,171** | | **126,154** | | | | | **1736,70** | | | **5667,09** | | | **1983,77** |
| | 311 | 126,973 | 0,016667 | 125,821 | 1,152 | 0,50 | 0,40 | 4,40 | 1741,10 | 0,75 | 58,90 | 5725,99 | | | 1983,77 |
| | 312 | 126,698 | 0,016667 | 125,487 | 1,211 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1749,90 | 0,81 | 128,34 | 5854,34 | | | 1983,77 |
| | 313 | 126,508 | 0,016667 | 125,154 | 1,354 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1758,70 | 0,95 | 155,14 | 6009,47 | | | 1983,77 |
| | 314 | 126,040 | 0,016667 | 124,821 | 1,219 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1767,50 | 0,82 | 129,93 | 6139,40 | | | 1983,77 |
| | 315 | 125,750 | 0,016667 | 124,487 | 1,263 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1776,30 | 0,86 | 137,92 | 6277,33 | | | 1983,77 |
| | 316 | 125,255 | 0,016667 | 124,154 | 1,101 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1785,10 | 0,70 | 108,68 | 6386,00 | | | 1983,77 |
| | 317 | 124,795 | 0,016667 | 123,821 | 0,974 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1793,90 | 0,57 | 86,86 | 6472,86 | | | 1983,77 |
| | 318 | 124,155 | 0,016667 | 123,487 | 0,668 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1802,70 | 0,27 | 38,02 | 6510,88 | | | 1983,77 |
| | 319 | 123,775 | 0,016667 | 123,154 | 0,621 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1811,50 | 0,22 | 31,08 | 6541,95 | | | 1983,77 |
| | 320 | 123,235 | 0,016667 | 122,821 | 0,414 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1820,30 | 0,01 | 1,93 | 6543,88 | | | 1983,77 |
| | 321 | 122,893 | 0,016667 | 122,487 | 0,406 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1829,10 | 0,01 | 0,76 | 6544,64 | | | 1983,77 |
| | 322 | 122,352 | 0,016667 | 122,154 | 0,198 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1837,90 | | | 6544,64 | 0,20 | 16,17 | 1999,94 |
| | 323 | 121,790 | 0,016667 | 121,821 | -0,031 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1846,70 | | | 6544,64 | 0,43 | 37,43 | 2037,37 |
| | 324 | 121,375 | 0,016667 | 121,487 | -0,112 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1855,50 | | | 6544,64 | 0,51 | 45,79 | 2083,16 |
| | 325 | 121,210 | 0,016667 | 121,154 | 0,056 | 0,50 | 0,40 | 8,80 | 1864,30 | | | 6544,64 | 0,34 | 29,01 | 2112,17 |
| | | | | | | | | | **1864,30** | | | **6544,64** | | | **2112,17** |

**QUADRO DE CUBAÇÃO DO MOVIMENTO DE TERRA PARA CANAL RIB LOC - D = 500 mm**
**TRANSPOSIÇÃO RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ - 1a E 2a ETAPAS**

| Trecho | Est | CTN | DECLIVid | CFC | Pv | Ve. can | Ve c acm | Pc ab | Vc.ab | Vc ab acm | Patr | Vatrr | Vat.acm | Vreatr | V reatr.acm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 177 | 131,556 | | 130,864 | 0,692 | 31,20 | 31,20 | | | | 0,508 | 33,17 | 33,17 | 27,28 | 27,28 |
| | 178 | 131,573 | 0,00101607 | 130,844 | 0,729 | 31,20 | 62,40 | | | | 0,471 | 30,21 | 63,38 | 27,28 | 54,56 |
| | 179 | 131,678 | 0,00101607 | 130,824 | 0,854 | 31,20 | 93,60 | | | | 0,346 | 20,87 | 84,25 | 27,28 | 81,84 |
| | 180 | 131,788 | 0,00101607 | 130,803 | 0,985 | 31,20 | 124,80 | | | | 0,215 | 12,16 | 96,41 | 27,28 | 109,12 |
| | 181 | 131,708 | 0,00101607 | 130,783 | 0,925 | 31,20 | 156,00 | | | | 0,275 | 16,02 | 112,43 | 27,28 | 136,40 |
| | 182 | 131,638 | 0,00101607 | 130,763 | 0,875 | 31,20 | 187,20 | | | | 0,325 | 19,40 | 131,84 | 27,28 | 163,68 |
| | 183 | 131,848 | 0,00101607 | 130,742 | 1,106 | 31,20 | 218,40 | | | | 0,094 | 4,99 | 136,82 | 27,28 | 190,96 |
| | 184 | 131,640 | 0,00101607 | 130,722 | 0,918 | 31,20 | 249,60 | | | | 0,282 | 16,49 | 153,32 | 27,28 | 218,24 |
| | 185 | 131,853 | 0,00101607 | 130,702 | 1,151 | 31,20 | 280,80 | | | | 0,049 | 2,51 | 155,83 | 27,28 | 245,52 |
| | 186 | 131,823 | 0,00101607 | 130,681 | 1,142 | 31,20 | 312,00 | | | | 0,058 | 3,03 | 158,85 | 27,28 | 272,80 |
| | 187 | 131,948 | 0,00101607 | 130,661 | 1,287 | 33,46 | 345,46 | | | | | | 158,85 | 27,28 | 300,08 |
| | 188 | 131,958 | 0,00101607 | 130,641 | 1,317 | 34,25 | 379,70 | | | | | | 158,85 | 27,28 | 327,36 |
| | 189 | 131,575 | 0,00101607 | 130,621 | 0,954 | 31,20 | 410,90 | | | | 0,246 | 14,08 | 172,94 | 27,28 | 354,64 |
| | 190 | 131,958 | 0,00101607 | 130,600 | 1,358 | 35,31 | 446,21 | | | | | | 172,94 | 31,38 | 386,02 |
| | 191 | 131,935 | 0,00101607 | 130,580 | 1,355 | 35,24 | 481,45 | | | | | | 172,94 | 31,31 | 417,34 |
| | 192 | 131,298 | 0,00101607 | 130,559 | 0,739 | 31,20 | 512,65 | | | | 0,461 | 29,45 | 202,39 | 27,28 | 444,61 |
| | 193 | 131,808 | 0,00101607 | 130,539 | 1,269 | 32,99 | 545,64 | | | | | | 202,39 | 29,07 | 473,68 |
| | 194 | 131,588 | 0,00101607 | 130,519 | 1,069 | 31,20 | 576,84 | | | | 0,131 | 7,05 | 209,44 | 27,28 | 500,95 |
| | 195 | 131,798 | 0,00101607 | 130,498 | 1,300 | 33,79 | 610,63 | | | | | | 209,44 | 29,86 | 530,82 |
| | 196 | 131,878 | 0,00101607 | 130,478 | 1,400 | 36,40 | 647,03 | | | | | | 209,44 | 32,47 | 563,29 |
| | 197 | 131,813 | 0,00101607 | 130,458 | 1,355 | 35,24 | 682,27 | | | | | | 209,44 | 31,31 | 594,60 |
| | 198 | 131,828 | 0,00101607 | 130,437 | 1,391 | 36,15 | 718,42 | | | | | | 209,44 | 32,23 | 626,83 |
| | 199 | 131,740 | 0,00101607 | 130,417 | 1,323 | 34,40 | 752,82 | | | | | | 209,44 | 30,47 | 657,30 |
| | 200 | 131,785 | 0,00101607 | 130,397 | 1,388 | 36,09 | 788,91 | | | | | | 209,44 | 32,17 | 689,47 |
| | 201 | 131,670 | 0,00101607 | 130,376 | 1,294 | 33,63 | 822,54 | | | | | | 209,44 | 29,71 | 719,18 |
| | 202 | 131,755 | 0,00101607 | 130,356 | 1,399 | 36,37 | 858,91 | | | | | | 209,44 | 32,45 | 751,62 |
| | 203 | 131,635 | 0,00101607 | 130,336 | 1,299 | 33,78 | 892,69 | | | | | | 209,44 | 29,85 | 781,48 |
| | 204 | 131,788 | 0,00101607 | 130,316 | 1,472 | 38,28 | 930,98 | | | | | | 209,44 | 34,36 | 815,84 |
| | 205 | 131,697 | 0,00101607 | 130,295 | 1,402 | 36,45 | 967,43 | | | | | | 209,44 | 32,52 | 848,36 |
| | 206 | 131,737 | 0,00101607 | 130,275 | 1,462 | 38,02 | 1005,44 | | | | | | 209,44 | 34,09 | 882,45 |
| | 207 | 131,515 | 0,00101607 | 130,255 | 1,260 | 32,77 | 1038,21 | | | | | | 209,44 | 28,85 | 911,30 |
| | 208 | 131,675 | 0,00101607 | 130,234 | 1,441 | 37,46 | 1075,67 | | | | | | 209,44 | 33,54 | 944,83 |
| | 209 | 131,604 | 0,00101607 | 130,214 | 1,390 | 36,14 | 1111,82 | | | | | | 209,44 | 32,22 | 977,05 |
| | 210 | 131,473 | 0,00101607 | 130,194 | 1,279 | 33,27 | 1145,08 | | | | | | 209,44 | 29,34 | 1006,39 |
| | 211 | 131,510 | 0,00101607 | 130,173 | 1,337 | 34,76 | 1179,84 | | | | | | 209,44 | 30,83 | 1037,22 |
| | 212 | 131,362 | 0,00101607 | 130,153 | 1,209 | 31,44 | 1211,27 | | | | | | 209,44 | 27,51 | 1064,73 |

**QUADRO DE CUBAÇÃO DO MOVIMENTO DE TERRA PARA CANAL RIB LOC - D = 500 mm**
**TRANSPOSIÇÃO RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAU - 1a E 2a ETAPAS**

| Trecho | Est | CTN | DECLIVid | CFC | Pv | Ve. can | Ve c acm | Pc.ab | Vc.ab | Vc.ab acm | Patr | Vatrr | Vat.acm | Vreatr | V reatr.acm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 213 | 131,577 | 0,00101607 | 130,133 | 1,444 | 37,55 | 1248,83 | | | | | | 209,44 | 33,63 | 1098,36 |
| | 214 | 131,477 | 0,00101607 | 130,112 | 1,365 | 35,48 | 1284,31 | | | | | | 209,44 | 31,56 | 1129,92 |
| | 215 | 130,537 | 0,00101607 | 130,092 | 0,445 | 31,20 | 1315,51 | | | | 0,755 | 54,85 | 264,29 | 27,28 | 1157,19 |
| | 216 | 131,459 | 0,00101607 | 130,072 | 1,387 | 36,07 | 1351,58 | | | | | | 264,29 | 32,15 | 1189,34 |
| | 217 | 131,342 | 0,00101607 | 130,051 | 1,291 | 33,56 | 1385,14 | | | | | | 264,29 | 29,63 | 1218,97 |
| | 218 | 131,322 | 0,00101607 | 130,031 | 1,291 | 33,57 | 1418,70 | | | | | | 264,29 | 29,64 | 1248,61 |
| | 219 | 131,250 | 0,00101607 | 130,011 | 1,239 | 32,22 | 1450,93 | | | | | | 264,29 | 28,30 | 1276,91 |
| | 220 | 131,107 | 0,00101607 | 129,990 | 1,117 | 31,20 | 1482,13 | | | | 0,083 | 4,38 | 268,66 | 27,28 | 1304,19 |
| | 221 | 131,162 | 0,00101607 | 129,970 | 1,192 | 31,20 | 1513,33 | | | | 0,008 | 0,40 | 269,07 | 27,28 | 1331,46 |
| | 222 | 131,092 | 0,00101607 | 129,950 | 1,142 | 31,20 | 1544,53 | | | | 0,058 | 2,99 | 272,05 | 27,28 | 1358,74 |
| | 223 | 130,997 | 0,00101607 | 129,929 | 1,068 | 31,20 | 1575,73 | | | | 0,132 | 7,15 | 279,20 | 27,28 | 1386,01 |
| | 224 | 131,007 | 0,00101607 | 129,909 | 1,098 | 31,20 | 1606,93 | | | | 0,102 | 5,42 | 284,61 | 27,28 | 1413,29 |
| | 225 | 131,142 | 0,00101607 | 129,889 | 1,253 | 32,58 | 1639,51 | | | | | | 284,61 | 28,66 | 1441,95 |
| | 226 | 130,724 | 0,00101607 | 129,868 | 0,856 | 31,20 | 1670,71 | | | | 0,344 | 20,78 | 305,39 | 27,28 | 1469,22 |
| | 227 | 130,802 | 0,00101607 | 129,848 | 0,954 | 31,20 | 1701,91 | | | | 0,246 | 14,12 | 319,52 | 27,28 | 1496,50 |
| | 228 | 130,877 | 0,00101607 | 129,828 | 1,049 | 31,20 | 1733,11 | | | | 0,151 | 8,22 | 327,74 | 27,28 | 1523,77 |
| | 229 | 130,862 | 0,00101607 | 129,807 | 1,055 | 31,20 | 1764,31 | | | | 0,145 | 7,91 | 335,65 | 27,28 | 1551,05 |
| | 230 | 130,912 | 0,00101607 | 129,787 | 1,125 | 31,20 | 1795,51 | | | | 0,075 | 3,93 | 339,57 | 27,28 | 1578,32 |
| | 231 | 131,047 | 0,00101607 | 129,767 | 1,280 | 33,28 | 1828,80 | | | | | | 339,57 | 29,36 | 1607,68 |
| | 232 | 130,797 | 0,00101607 | 129,747 | 1,050 | 31,20 | 1860,00 | | | | 0,150 | 8,15 | 347,72 | 27,28 | 1634,96 |
| | 233 | 130,932 | 0,00101607 | 129,726 | 1,206 | 31,35 | 1891,35 | | | | | | 347,72 | 27,43 | 1662,38 |
| | 234 | 131,042 | 0,00101607 | 129,706 | 1,336 | 34,74 | 1926,09 | | | | | | 347,72 | 30,81 | 1693,20 |
| | 235 | 131,122 | 0,00101607 | 129,686 | 1,436 | 37,35 | 1963,44 | | | | | | 347,72 | 33,42 | 1726,62 |
| | 236 | 131,132 | 0,00101607 | 129,665 | 1,467 | 38,14 | 2001,57 | | | | | | 347,72 | 34,21 | 1760,83 |
| | 237 | 131,205 | 0,00101607 | 129,645 | 1,560 | 40,56 | 2042,13 | | | | | | 347,72 | 36,64 | 1797,47 |
| | 238 | 131,202 | 0,00101607 | 129,625 | 1,577 | 41,01 | 2083,15 | | | | | | 347,72 | 37,09 | 1834,56 |
| | 239 | 131,377 | 0,00101607 | 129,604 | 1,773 | 46,09 | 2129,24 | | | | | | 347,72 | 42,17 | 1876,72 |
| | 240 | 131,369 | 0,00101607 | 129,584 | 1,785 | 46,41 | 2175,65 | | | | | | 347,72 | 42,49 | 1919,21 |
| | 241 | 131,442 | 0,00101607 | 129,564 | 1,878 | 48,84 | 2224,49 | | | | | | 347,72 | 44,91 | 1964,12 |
| | 242 | 131,437 | 0,00101607 | 129,543 | 1,894 | 49,24 | 2273,73 | | | | | | 347,72 | 45,31 | 2009,44 |
| | 243 | 131,307 | 0,00101607 | 129,523 | 1,784 | 46,38 | 2320,11 | | | | | | 347,72 | 42,46 | 2051,90 |
| | 244 | 131,432 | 0,00101607 | 129,503 | 1,929 | 50,16 | 2370,27 | | | | | | 347,72 | 46,24 | 2098,13 |
| | 245 | 131,212 | 0,00101607 | 129,482 | 1,730 | 44,97 | 2415,25 | | | | | | 347,72 | 41,05 | 2139,18 |
| | 246 | 131,662 | 0,00101607 | 129,462 | 2,200 | 28,60 | 2443,84 | | | | | | 347,72 | 26,64 | 2165,82 |
| **2** | **246** | **131,662** | | **129,462** | | | **2443,84** | | | | | | **347,72** | | **2165,82** |
| | 247 | 131,247 | 0,003419318 | 129,394 | 1,853 | 24,09 | 2467,94 | | | | | | 347,72 | 22,13 | 2187,95 |

**QUADRO DE CUBAÇÃO DO MOVIMENTO DE TERRA PARA CANAL RIB LOC - D = 500 mm**
**TRANSPOSIÇÃO RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ - 1a E 2a ETAPAS**

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 248 | 131,187 | 0,003419318 | 129,325 | 1,862 | 48,41 | 2516,35 | | | | | | 347,72 | 44,48 | 2232,43 |
| | 249 | 131,127 | 0,003419318 | 129,257 | 1,870 | 48,62 | 2564,97 | | | | | | 347,72 | 44,70 | 2277,13 |
| | 250 | 130,957 | 0,003419318 | 129,188 | 1,769 | 45,98 | 2610,95 | | | | | | 347,72 | 42,06 | 2319,19 |
| **Trecho** | **Est** | **CTN** | **DECLIVid** | **CFC** | **Pv** | **Ve. can** | **Ve c acm** | **Pc.ab** | **Vc.ab** | **Vc.ab acm** | **Patr** | **Vatrr** | **Vat.acm** | **Vreatr** | **V reatr.acm** |
| | 251 | 131,242 | 0,003419318 | 129,120 | 2,122 | 55,17 | 2666,12 | | | | | | 347,72 | 51,25 | 2370,43 |
| | 252 | 131,024 | 0,003419318 | 129,052 | 1,972 | 51,28 | 2717,40 | | | | | | 347,72 | 47,36 | 2417,79 |
| | 253 | 130,819 | 0,003419318 | 128,983 | 1,836 | 47,73 | 2765,13 | | | | | | 347,72 | 43,80 | 2461,59 |
| | 254 | 130,912 | 0,003419318 | 128,915 | 1,997 | 51,92 | 2817,05 | | | | | | 347,72 | 48,00 | 2509,59 |
| | 255 | 130,764 | 0,003419318 | 128,847 | 1,917 | 49,85 | 2866,91 | | | | | | 347,72 | 45,93 | 2555,52 |
| | 256 | 130,517 | 0,003419318 | 128,778 | 1,739 | 45,21 | 2912,12 | | | | | | 347,72 | 41,29 | 2596,80 |
| | 257 | 130,367 | 0,003419318 | 128,710 | 1,657 | 43,09 | 2955,21 | | | | | | 347,72 | 39,16 | 2635,97 |
| | 258 | 130,357 | 0,003419318 | 128,641 | 1,716 | 44,61 | 2999,81 | | | | | | 347,72 | 40,68 | 2676,65 |
| | 259 | 130,267 | 0,003419318 | 128,573 | 1,694 | 44,04 | 3043,86 | | | | | | 347,72 | 40,12 | 2716,77 |
| | 260 | 130,041 | 0,003419318 | 128,505 | 1,536 | 39,95 | 3083,81 | | | | | | 347,72 | 36,02 | 2752,79 |
| | 261 | 129,903 | 0,003419318 | 128,436 | 1,467 | 38,14 | 3121,94 | | | | | | 347,72 | 34,21 | 2787,00 |
| | 262 | 129,768 | 0,003419318 | 128,368 | 1,400 | 36,40 | 3158,35 | | | | | | 347,72 | 32,48 | 2819,48 |
| | 263 | 129,573 | 0,003419318 | 128,299 | 1,274 | 33,11 | 3191,46 | | | | | | 347,72 | 29,19 | 2848,67 |
| | 264 | 129,351 | 0,003419318 | 128,231 | 1,120 | 31,20 | 3222,66 | | | | 0,080 | 4,19 | 351,91 | 27,28 | 2875,94 |
| | 265 | 129,203 | 0,003419318 | 128,163 | 1,040 | 31,20 | 3253,86 | | | | 0,160 | 8,75 | 360,66 | 27,28 | 2903,22 |
| | 266 | 129,138 | 0,003419318 | 128,094 | 1,044 | 31,20 | 3285,06 | | | | 0,156 | 8,55 | 369,21 | 27,28 | 2930,49 |
| | 267 | 129,040 | 0,003419318 | 128,026 | 1,014 | 31,20 | 3316,26 | | | | 0,186 | 10,33 | 379,54 | 27,28 | 2957,77 |
| | 268 | 128,898 | 0,003419318 | 127,958 | 0,940 | 31,20 | 3347,46 | | | | 0,260 | 15,00 | 394,53 | 27,28 | 2985,04 |
| | 269 | 128,926 | 0,003419318 | 127,889 | 1,037 | 31,20 | 3378,66 | | | | 0,163 | 8,95 | 403,49 | 27,28 | 3012,32 |
| | 270 | 128,776 | 0,003419318 | 127,821 | 0,955 | 31,20 | 3409,86 | | | | 0,245 | 14,03 | 417,52 | 27,28 | 3039,59 |
| | 271 | 128,813 | 0,003419318 | 127,752 | 1,061 | 31,20 | 3441,06 | | | | 0,139 | 7,55 | 425,07 | 27,28 | 3066,87 |
| | 272 | 128,823 | 0,003419318 | 127,684 | 1,139 | 31,20 | 3472,26 | | | | 0,061 | 3,16 | 428,23 | 27,28 | 3094,14 |
| | 273 | 128,543 | 0,003419318 | 127,616 | 0,927 | 31,20 | 3503,46 | | | | 0,273 | 15,86 | 444,09 | 27,28 | 3121,42 |
| | 274 | 128,253 | 0,003419318 | 127,547 | 0,706 | 31,20 | 3534,66 | | | | 0,494 | 32,04 | 476,12 | 27,28 | 3148,69 |
| | 275 | 127,793 | 0,003419318 | 127,479 | 0,314 | 31,20 | 3565,86 | | | | 0,886 | 67,83 | 543,95 | 27,28 | 3175,97 |
| | 276 | 127,663 | 0,003419318 | 127,410 | 0,253 | 31,20 | 3597,06 | | | | 0,947 | 74,30 | 618,25 | 27,28 | 3203,24 |
| | 277 | 127,338 | 0,003419318 | 127,342 | -0,004 | 31,20 | 3628,26 | | | | 1,204 | 103,69 | 721,94 | 27,28 | 3230,52 |
| | 278 | 127,243 | 0,003419318 | 127,274 | -0,031 | 31,20 | 3659,46 | | | | 1,231 | 106,97 | 828,91 | 27,28 | 3257,79 |
| | 279 | 126,993 | 0,003419318 | 127,205 | -0,212 | 31,20 | 3690,66 | | | | 1,412 | 130,45 | 959,35 | 27,28 | 3285,07 |
| | 280 | 127,306 | 0,003419318 | 127,137 | 0,169 | 31,20 | 3721,86 | | | | 1,031 | 83,42 | 1042,77 | 27,28 | 3312,34 |
| | 281 | 127,555 | 0,003419318 | 127,068 | 0,487 | 31,20 | 3753,06 | | | | 0,713 | 50,95 | 1093,72 | 27,28 | 3339,62 |
| | 282 | 128,048 | 0,003419318 | 127,000 | 1,048 | 31,20 | 3784,26 | | | | 0,152 | 8,30 | 1102,02 | 27,28 | 3366,89 |
| | 283 | 128,481 | 0,003419318 | 126,932 | 1,549 | 40,28 | 3824,54 | | | | | | 1102,02 | 36,36 | 3403,25 |

**QUADRO DE CUBAÇÃO DO MOVIMENTO DE TERRA PARA CANAL RIB LOC - D = 500 mm**
**TRANSPOSIÇÃO RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ - 1a E 2a ETAPAS**

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 284 | 128,874 | 0,003419318 | 126,863 | 2,011 | 52,00 | 3876,54 | 0,01 | 0,54 | 0,54 | | | 1102,02 | 48,08 | 3451,33 |
| | 285 | 129,113 | 0,003419318 | 126,795 | 2,318 | 52,00 | 3928,54 | 0,32 | 18,94 | 19,48 | | | 1102,02 | 48,08 | 3499,40 |
| | 286 | 129,098 | 0,003419318 | 126,727 | 2,371 | 52,00 | 3980,54 | 0,37 | 22,71 | 42,19 | | | 1102,02 | 48,08 | 3547,48 |
| | 287 | 129,220 | 0,003419318 | 126,658 | 2,562 | 52,00 | 4032,54 | 0,56 | 37,56 | 79,75 | | | 1102,02 | 48,08 | 3595,55 |
| | 288 | 129,278 | 0,003419318 | 126,590 | 2,688 | 52,00 | 4084,54 | 0,69 | 48,62 | 128,37 | | | 1102,02 | 48,08 | 3643,63 |
| | 289 | 129,233 | 0,003419318 | 126,521 | 2,712 | 52,00 | 4136,54 | 0,71 | 50,77 | 179,14 | | | 1102,02 | 48,08 | 3691,70 |
| **Trecho** | **Est** | **CTN** | **DECLIVid** | **CFC** | **Pv** | **Ve. can** | **Ve c acm** | **Pc ab** | **Vc.ab** | **Vc.ab acm** | **Patr** | **Vatrr.** | **Vat.acm** | **Vreatr** | **V reatr.acm** |
| | 290 | 129,253 | 0,003419318 | 126,453 | 2,800 | 26,00 | 4162,54 | 0,80 | 59,20 | 238,34 | | | 1102,02 | 24,04 | 3715,74 |
| **3** | **290** | **129,253** | | **126,453** | | | **4162,54** | | | **238,34** | | | **1102,02** | | **3715,74** |
| | 291 | 129,215 | 0,004897728 | 126,35505 | 2,860 | 26,00 | 4188,54 | 0,86 | 65,18 | 303,53 | | | 1102,02 | 24,04 | 3739,78 |
| | 292 | 129,053 | 0,004897728 | 126,25709 | 2,796 | 52,00 | 4240,54 | 0,80 | 58,80 | 362,33 | | | 1102,02 | 48,08 | 3787,85 |
| | 293 | 129,013 | 0,004897728 | 126,15914 | 2,854 | 52,00 | 4292,54 | 0,85 | 64,57 | 426,89 | | | 1102,02 | 48,08 | 3835,93 |
| | 294 | 128,875 | 0,004897728 | 126,06118 | 2,814 | 52,00 | 4344,54 | 0,81 | 60,56 | 487,45 | | | 1102,02 | 48,08 | 3884,00 |
| | 295 | 128,738 | 0,004897728 | 125,96323 | 2,775 | 52,00 | 4396,54 | 0,77 | 56,75 | 544,20 | | | 1102,02 | 48,08 | 3932,08 |
| | 296 | 128,353 | 0,004897728 | 125,86527 | 2,488 | 52,00 | 4448,54 | 0,49 | 31,52 | 575,72 | | | 1102,02 | 48,08 | 3980,15 |
| | 297 | 128,283 | 0,004897728 | 125,76732 | 2,516 | 52,00 | 4500,54 | 0,52 | 33,76 | 609,48 | | | 1102,02 | 48,08 | 4028,23 |
| | 298 | 127,973 | 0,004897728 | 125,66936 | 2,304 | 52,00 | 4552,54 | 0,30 | 17,95 | 627,43 | | | 1102,02 | 48,08 | 4076,30 |
| | 299 | 127,658 | 0,004897728 | 125,57141 | 2,087 | 52,00 | 4604,54 | 0,09 | 4,55 | 631,99 | | | 1102,02 | 48,08 | 4124,38 |
| | 300 | 127,283 | 0,004897728 | 125,47345 | 1,810 | 47,05 | 4651,59 | | | 631,99 | | | 1102,02 | 43,12 | 4167,50 |
| | 301 | 126,873 | 0,004897728 | 125,3755 | 1,498 | 38,94 | 4690,52 | | | 631,99 | | | 1102,02 | 35,01 | 4202,51 |
| | 302 | 126,568 | 0,004897728 | 125,27755 | 1,290 | 33,55 | 4724,08 | | | 631,99 | | | 1102,02 | 29,63 | 4232,14 |
| | 303 | 126,468 | 0,004897728 | 125,180 | 1,288 | 33,50 | 4757,58 | | | 631,99 | | | 1102,02 | 29,57 | 4261,71 |
| | 304 | 126,623 | 0,004897728 | 125,08164 | 1,541 | 40,08 | 4797,65 | | | 631,99 | | | 1102,02 | 36,15 | 4297,86 |
| | 305 | 126,863 | 0,004897728 | 124,98368 | 1,879 | 48,86 | 4846,51 | | | 631,99 | | | 1102,02 | 44,94 | 4342,80 |
| | 306 | 127,086 | 0,004897728 | 124,88573 | 2,200 | 52,00 | 4898,51 | 0,20 | 11,22 | 643,20 | | | 1102,02 | 48,08 | 4390,87 |
| | 307 | 127,213 | 0,004897728 | 124,78777 | 2,425 | 52,00 | 4950,51 | 0,43 | 26,69 | 669,89 | | | 1102,02 | 48,08 | 4438,95 |
| | 308 | 127,307 | 0,004897728 | 124,690 | 2,617 | 52,00 | 5002,51 | 0,62 | 42,29 | 712,18 | | | 1102,02 | 48,08 | 4487,02 |
| | 309 | 127,633 | 0,004897728 | 124,59186 | 3,041 | 52,00 | 5054,51 | 1,04 | 84,58 | 796,75 | | | 1102,02 | 48,08 | 4535,10 |
| | 310 | 127,171 | 0,004897728 | 124,49391 | 2,677 | 52,00 | 5106,51 | 0,68 | 47,61 | 844,36 | | | 1102,02 | 48,08 | 4583,17 |
| | 311 | 126,973 | 0,004897728 | 124,39595 | 2,577 | 52,00 | 5158,51 | 0,58 | 38,84 | 883,20 | | | 1102,02 | 48,08 | 4631,25 |
| | 312 | 126,698 | 0,004897728 | 124,298 | 2,400 | 26,00 | 5184,51 | 0,40 | 24,80 | 908,00 | | | 1102,02 | 24,04 | 4655,29 |
| **4** | **312** | **126,698** | | **124,298** | | | **5184,51** | | | **908,00** | | | **1102,02** | | **4655,29** |
| | 313 | 126,508 | 0,016492 | 123,968 | 2,540 | 26,00 | 5210,51 | 0,54 | 35,73 | 943,74 | | | 1102,02 | 24,04 | 4679,32 |
| | 314 | 126,040 | 0,016492 | 123,638 | 2,402 | 52,00 | 5262,51 | 0,40 | 24,92 | 968,66 | | | 1102,02 | 48,08 | 4727,40 |
| | 315 | 125,750 | 0,016492 | 123,308 | 2,442 | 52,00 | 5314,51 | 0,44 | 27,92 | 996,58 | | | 1102,02 | 48,08 | 4775,47 |
| | 316 | 125,255 | 0,016492 | 122,979 | 2,276 | 52,00 | 5366,51 | 0,28 | 16,11 | 1012,69 | | | 1102,02 | 48,08 | 4823,55 |
| | 317 | 124.795 | 0,016492 | 122,649 | 2,146 | 52,00 | 5418,51 | 0,15 | 7,95 | 1020,64 | | | 1102,02 | 48,08 | 4871,62 |

0007169

**QUADRO DE CUBAÇÃO DO MOVIMENTO DE TERRA PARA CANAL RIB LOC - D = 500 mm**
**TRANSPOSIÇÃO RIO PIRANGI / LAGOA DO URUAÚ - 1a E 2a ETAPAS**

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 318 | 124,155 | 0,016492 | 122,319 | 1,836 | 47,74 | 5466,25 | | | 1020,64 | | | 1102,02 | 43,81 | 4915,44 |
| | 319 | 123,775 | 0,016492 | 121,989 | 1,786 | 46,43 | 5512,68 | | | 1020,64 | | | 1102,02 | 42,51 | 4957,94 |
| | 320 | 123,235 | 0,016492 | 121,659 | 1,576 | 40,97 | 5553,65 | | | 1020,64 | | | 1102,02 | 37,04 | 4994,99 |
| | 321 | 122,893 | 0,016492 | 121,329 | 1,564 | 40,65 | 5594,30 | | | 1020,64 | | | 1102,02 | 36,73 | 5031,71 |
| | 322 | 122,352 | 0,016492 | 121,000 | 1,352 | 35,16 | 5629,47 | | | 1020,64 | | | 1102,02 | 31,24 | 5062,95 |
| | 323 | 121,790 | 0,016492 | 120,670 | 1,120 | 31,20 | 5660,67 | | | 1020,64 | 0,080 | 4,18 | 1106,20 | 27,28 | 5090,23 |
| | 324 | 121,375 | 0,016492 | 120,340 | 1,035 | 31,20 | 5691,87 | | | 1020,64 | 0,165 | 9,06 | 1115,26 | 27,28 | 5117,50 |
| | 325 | 121,210 | 0,016492 | 120,010 | 1,200 | 31,20 | 5723,07 | | | 1020,64 | | | 1115,26 | 27,28 | 5144,78 |
| | 326 | 120,610 | 0,016492 | 119,680 | 0,930 | 31,20 | 5754,27 | | | 1020,64 | 0,270 | 15,70 | 1130,96 | 27,28 | 5172,05 |
| **Trecho** | **Est** | **CTN** | **DECLIVid** | **CFC** | **Pv** | **Ve. can** | **Ve c acm** | **Pc.ab** | **Vc.ab** | **Vc.ab acm** | **Patr** | **Vatrr.** | **Vat.acm** | **Vreatr** | **V reatr.acm** |
| | 327 | 120,117 | 0,016492 | 119,350 | 0,767 | 31,20 | 5785,47 | | | 1020,64 | 0,433 | 27,31 | 1158,27 | 27,28 | 5199,33 |
| | 328 | 119,873 | 0,016492 | 119,021 | 0,852 | 31,20 | 5816,67 | | | 1020,64 | 0,348 | 21,00 | 1179,27 | 27,28 | 5226,60 |
| | | | | | | | **5816,67** | | | **1020,64** | | | **1179,27** | | **5226,60** |

0001170