

PONTE SOBRE O RIO BRAÇO DO NORTE

TRECHO: ROD. OSVALDO WESTPHAL – ROD. DANIEL BRUNING

Comprimento=75,45m

Largura=11,50m

A - MEMORIAL DESCRITIVO

A ponte sobre o Rio Braço do Norte, situa-se na rodovia Osvaldo Westphal – rodovia Daniel Bruning, onde a rodovia se desenvolve planimetricamente em linha reta e altimetricamente a nível.

A extensão total da obra no eixo da ponte é de 75,45m, medidos entre faces externas das transversinas de entrada.

A largura total do estrado é de 11,50m, assim subdividido: duas pistas de rolamento de 3,50m, duas folgas de 0,50m, duas barreiras de 0,40m, dois passeios de 1,20m e dois guarda-corpo de 0,15m.

A superestrutura do tipo grelha plana é composta por oito longarinas pré-moldadas protendidas simplesmente apoiadas, com um vão central de 25,00m, dois vão extremos de 23,925m e dois balanços de 1,30m. As longarinas serão solidarizadas na obra através de concretagem “in-loco” das transversinas e laje do tabuleiro. Cada longarina, tipo I, tem altura constante de 1,10m. As lajes terão espessura de 0,23m. As faixas de rolamento terão inclinação transversal de 2,00% e os passeios de 1,00%. A barreira adotada corresponde ao modelo New Jersey, moldada no local em concreto armado. Os encontros terão alas de retorno de 2,00m. Para drenagem serão utilizados drenos de PVC com diâmetro de 100mm localizados junto à barreira. No presente projeto, adequou-se pingadeiras nas bordas do tabuleiro.

A mesoestrutura, responsável pela transmissão das cargas da super para a infraestrutura, é constituída de pórticos em concreto armado, onde os pilares serão circulares.

A vinculação da super e mesoestrutura é feita por meio de aparelhos de apoio de elastômero fretado.

A infraestrutura, devido às características do terreno, conforme sondagem, será profunda tipo estacas raiz.

Classe da obra: Trem Tipo Classe 45 da NBR 7188

Concreto Estrutural utilizado:

Longarinas da superestrutura: fck=40 MPa

Infra, Meso e demais elementos da Superestrutura: 30 MPa.

B JUSTIFICATIVA DA SOLUÇÃO ADOTADA

A escolha da solução estrutural descrita anteriormente resultou do exame do local de implantação da ponte, buscando uma estrutura exequível, funcional, segura,

econômica e também dos aspectos arquitetônicos e paisagísticos.

A extensão dos vãos entre apoios foi adotada em função do comprimento total da obra, de forma que os pilares implantados minimizassem sua interferência no regime hidráulico do rio e dos padrões econômicos normais para o concreto armado convencional.

Para a superestrutura utilizou-se longarinas pré-moldadas protendidas. As longarinas serão moldadas em canteiro próprio junto à obra e transportadas por equipamentos como guindastes ou treliças de lançamento.

A infraestrutura, devido às características do terreno, conforme sondagem, será profunda tipo estacas raiz.

C – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARTICULARES

1. – CRITÉRIOS DE PROJETO

Todo o projeto executivo foi elaborado conforme as Normas Brasileiras e em particular:

NBR 7188 - Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre.

NBR 6118/14 - Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado.

NBR 7187 - Projeto e Execução de Pontes de Concreto Armado e Protendido

Além das normas citadas e da bibliografia consultada e também sem prejuízo às observações contidas no projeto e nestas ESPECIFICAÇÕES, o detalhamento do projeto executivo obedece às seguintes recomendações:

Classe de Agressividade Ambiental = II (NBR 6118/23)

- Cobrimento da armação das longarinas em concreto protendido e vigas superestrutura= 30mm.
- Cobrimento das fundações, pilares e vigas da meso e superestrutura = 40mm
- Cobrimento das lajes e placas = 25mm
- Comprimento máximo das barras de aço para armadura = 12,00m.
- Aço: CA 50/60 (concreto armado)

2. – INSTALAÇÃO DA OBRA

Efetuada a instalação do acampamento, será executada a locação da obra a partir de cotas e coordenadas fornecidas pela *fiscalização*.

3. – MOBILIZAÇÃO

A empreiteira deverá tomar todas as providências relativas à mobilização pessoal e

equipamentos de construção, imediatamente após a assinatura contrato, de forma a poder dar início efetivo às obras e possibilitar o cumprimento do cronograma de construção.

4 – FUNDAÇÕES PROFUNDAS

Serão executadas conforme o projeto, observando as cotas e a capacidade de carga.

5 – ESTRUTURA DE CONCRETO

5.1. – *Generalidades*

Esta seção trata de todos os trabalhos referentes ao concreto para estrutura permanente, de acordo com o projeto executivo, incluindo material e equipamento para fabricação, transporte, lançamento, adensamento, acabamento, cura e controle tecnológico.

As tensões características dos concretos empregados nesta obra, designados pela notação “fck”, correspondem aos valores que apresentam uma probabilidade de apenas 5% de não serem atingidos.

Serão empregados os seguintes valores:

- *Estrutura em concreto armado: fck=30 Mpa*
- *Estrutura em concreto protendido: fck=40 MPa*

O concreto será composto de cimento, água, agregados e outros componentes, a critério da **fiscalização** e por conta da Empreiteira, tais como: incorporador de ar, redutor de água, retardador de pega, impermeabilizante, plastificante ou outro, que produza propriedades benéficas conforme comprovados em ensaios de laboratório e aprovados pela **fiscalização**, devendo assegurar:

- trabalhabilidade compatível com as necessidades de lançamento;
- homogeneidade em todos os pontos da massa;
- após o lançamento, apresentar compacidade adequada e, após a cura, durabilidade, impermeabilidade e resistência mecânica, de acordo com essas Especificações Técnicas e desenhos de projeto.

O concreto e materiais componentes obedecerão às normas e especificações ABNT e ASTM e, em casos de omissão ou não aplicabilidade, prevalecerão exigências destas Especificações Técnicas ou de outras normas e especificações determinadas pela

fiscalização.

A empreiteira deverá obrigatoriamente dispor para sua consulta no canteiro de obras de um conjunto completo das normas da ABNT relativas a concreto armado.

5.2. – Materiais

5.2.1. – Cimento

Será empregado o do tipo Portland comum ou pozolânico classe 32 de acordo com as prescrições da NBR-5732 (comum) e NBR-5736 (pozolânico) da ABNT. O uso de qualquer outro estará também sujeito à ABNT.

O armazenamento no canteiro de obra, em sacos de 50 kg, será em local isento de infiltração de água, ventilado, sem contato direto com o terreno depósito de fácil acesso para a fiscalização promover, retirada de amostra e identificação de qualquer partida que ficará separada por lotes recebidos em diferentes datas. Em condições normais, as pilhas serão compostas de no máximo 10 sacos; quando o cimento apresentar temperatura igual ou maior que 35º as serão compostas de 5 sacos no máximo.

Será recusado quando a embalagem original estiver danificada no transporte ou quando apresentar sinais de início de hidratação (empedramento). Somente será aberto no momento de seu uso.

5.2.2. – Agregado miúdo

Areia quartzosa, com dimensão igual ou inferior a 4,8mm, atendendo aos requisitos de granulometria, porcentagem máxima de argila, materiais orgânicos, materiais pulverulentos e ensaio de qualidade constantes na NBR-7211 da ABNT.

5.2.3. – Agregado graúdo

Os agregados a serem usados não deverão conter materiais deletérios e não deverão ser reativos. Serão dispensados destes ensaios os materiais que já tiverem uso consagrado.

Grãos resistentes, duros e estáveis, de pedra britada, de dimensão maior que 4,8mm, obedecendo à NBR-7211, da ABNT.

A estocagem será feita evitando a contaminação de material estranho e entre dois agregados de tipo e procedência diferente, conservando sua composição granulométrica original.

5.2.4. – Água

Doce, limpa e isenta de substâncias estranhas e nocivas como silte, óleo, sais ou matéria orgânica em proporção que comprometa a qualidade do concreto.

Será submetida à análise de laboratório em obediência ao especificado na NBR-6118, da ABNT, item 8.1.3.

5.2.5. – Aditivo

O uso será restrito a casos especialmente necessários sob autorização e orientação da *fiscalização*. Quando isso ocorrer, observar rigorosamente as prescrições do fabricante e realizar ensaio de laboratório para determinar teor e eficiência.

O armazenamento será de responsabilidade da empreiteira e de acordo com instruções do fabricante.

5.3. – Dosagem

5.3.1. – Concreto moldado "in loco" e concreto armado

O traço será determinado por método racional, em laboratório idôneo aceito pela *fiscalização*, às expensas da empreiteira, antes do início da concretagem. Os estudos de dosagem deverão ser compatíveis com a natureza da obra, condições de trabalho, durabilidade, condições de transporte e lançamento. O fator água/materiais secos deverá atender as necessidades criadas pelas temperaturas e umidade relativa do ar nos casos mais extremos. A dosagem deverá resultar em produto final homogêneo com argamassa trabalhável e compatível com dimensões, finalidade, disposição e densidade de armadura dos elementos estruturais assim como com formas de transporte e adensamento, tudo de acordo com o estabelecido no item 8.3.1. da NBR-6118.

O traço somente poderá ser aplicado após sua aprovação por escrito pela *fiscalização*.

O controle tecnológico a ser adotado para o cálculo do traço de concreto será o controle sistemático rigoroso.

5.4. – Mistura e amassamento

Somente será admitido o processo mecânico. O tempo de mistura, contado a partir do lançamento de todos os componentes, será de dois minutos e meio, reservado a *fiscalização* o direito de aumentá-lo, caso o concreto, a ser moldado não demonstre

homogeneização adequada.

O concreto descarregado da betoneira terá composição e consistência uniforme em todas as suas partes e nas diversas descargas.

Não será admitido o emprego de concreto remisturado e/ou quando já tiver iniciado a pega.

A correção de água de amassamento em tempo quente deverá atender a NB-7212 e ACI-305.

A tolerância de erros nas dosagens dos materiais deverá atender aos limites do nível de controle tecnológico adotado nestas especificações.

A **fiscalização** orientará em caso de dúvida.

5.5. – Transporte, preparo da superfície e lançamento

A concretagem das peças moldadas no local somente será feita após a liberação pela **fiscalização**.

O concreto deverá manter as características originais do traço liberado para uso, sob pena de rejeição da carga.

Com a finalidade de evitar a segregação no transporte e lançamento, serão adotadas medidas e/ou equipamentos especiais. No caso de lançamento de altura superior a 2 m, poderão ser usados trombas, funis ou calhas previamente aprovados pela **fiscalização**. A diminuição da altura poderá ser obtida através abertura de janelas laterais nas formas. A altura das camadas de concretagem fixada em função da dimensão das peças e obedecendo o item 13.2 da NBR-6118.

Toda a superfície de terra onde o concreto for lançado, será compactada e isenta água empoçada, lama ou detrito. Solo menos resistente deve ser removido substituído por concreto magro ou por solo selecionado e compactado até a densidade da área vizinha. A superfície de solo será convenientemente saturada antes do lançamento. Superfície rochosa deverá estar limpa, isenta de óleo, água parada ou corrente, lama e detrito.

Durante esta fase, serão tomadas precauções para prevenir a ação das intempéries.

5.5.1. – Adensamento

O concreto moldado no local será vibrado mecanicamente por meio de vibradores de

imersão com diâmetro compatível ou de parede, para obter a máxima compacidade.

O vibrador de imersão deverá operar verticalmente e a penetração será feita pelo seu próprio peso. Evitar contato direto com a armadura e forma. A retirada do equipamento de dentro da massa deverá ser lenta, para não ocasionar a formação de vazios. A agulha deve penetrar (não mais que três quartos de seu comprimento) na camada recém lançada e também na anterior, enquanto esta não tiver inicializado o processo de pega, para assegurar boa união e homogeneidade entre as duas camadas e prevenir a formação de juntas frias, não devendo, porém, o comprimento da penetração ser superior ao da agulha. As quantidades de vibradores e respectivas potências serão adequadas à massa a ser adensada. As aplicações sucessivas serão realizadas à distância máxima do raio de ação das vibrações.

O vibrador de imersão não poderá, de forma alguma, ser utilizado como transportador de concreto dentro das formas.

Técnicas de revibração poderão ser usadas desde que sejam feitos ensaios de laboratório para orientação dos trabalhos.

Serão tomadas todas as precauções para evitar a formação de ninhos, a alteração da posição da armadura, nem ocasionar quantidade excessiva de nata na superfície ou a segregação do concreto.

5.5.2. – Cura e proteção do concreto

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto será protegido da chuva torrencial, agentes químicos, choque e vibração com intensidade tal que produza fissura na massa ou inaderência à armadura.

A proteção contra a secagem prematura, evitando ou reduzindo os efeitos da retração por secagem e fluência, pelo menos durante os sete primeiros dias após o lançamento, deverá ser feita mantendo umedecida a superfície, usando película impermeável, ou ainda o emprego de mantas hidrófilas (*Curaflex ou Similares*).

O tempo de cura poderá ser aumentado, de acordo com a natureza do cimento e da obra.

Compostos químicos para a cura somente serão usados quando aprovado por escrito pela **fiscalização**.

5.6. – Reparos no concreto

Em caso de necessidade, somente poderá ser feito por pessoal especializado.

O local defeituoso será cortado com máquina pneumática ou elétrica, eliminando-se as partes soltas. A superfície deverá ficar rugosa¹ preparada com apicoamento mecânico, jato de água de alta pressão ou jato de areia, independentemente de seu tamanho.

Quando o reparo for feito em concreto, a superfície preparada deverá ser previamente saturada com água e o concreto deverá, preferencialmente ter o mesmo traço do concreto original.

Em estruturas, onde não for conveniente o uso de concreto, poderão ser usados materiais especiais, tais como argamassa seca, epoxi, argamassa epoxídica, argamassa para 'grouting', etc. O uso destes materiais exige técnicas específicas recomendadas pelo fabricante e/ou pela **fiscalização**.

5.7. – Controle topográfico e tolerâncias

Os trabalhos de construção serão realizados seguindo-se rigorosamente o detalhamento do projeto executivo. Assim, o empreiteiro, deverá contar com apoio topográfico adequado, tanto na ocasião da locação das diversas etapas da obra, quanto da liberação das peças a serem concretadas e/ou posicionadas.

A **fiscalização** poderá intervir, a qualquer momento e quando achar necessário para verificar e orientar os serviços.

As tolerâncias serão admitidas conforme o quadro a seguir, observando-se que em caso de dúvida, os desvios permissíveis serão estabelecidos pela **fiscalização**.

	TOLERÂNCIAS	
	VARIAÇÃO (%)	LIMITE MÁXIMO (cm)
<i>Tubulões e/ou estacas</i>		
▪ Em planta	-	3,0
▪ Prumo	1,0	5,0
Prumo de pilares, paredes e arestas	0,2	2,5
Alinhamento de paredes, pilares e vigas	0,1	2,0

Espessuras de paredes, lajes, pilares e vigas	-2,0 à +5,0	-
Níveis da laje superior	0,2	1,0
Locação de embutidos e aberturas		±0,5

5.8. – Controle tecnológico

5.8.1. – Concreto moldado no local

O empreiteiro manterá no local um laboratório e pessoal habilitado para ensaiar os materiais, ou se preferir, indicará uma empresa especializada, sediada em local mais próximo possível da obra, para efetuar o controle tecnológico. Este pessoal ou empresa deverá se reportar diretamente à **fiscalização**.

O controle de qualidade do concreto fresco e endurecido e seus componentes a ser adotado será o sistemático da NBR 6118.

A **fiscalização** supervisionará a retirada e moldagem das amostras e avaliará os resultados dos relatórios, para que sejam cumpridas essas especificações e as prescrições do projeto. Para efeito de avaliação de equipamentos e pessoal a serem alocados para o controle tecnológico, considera-se que serão retiradas amostras de pelo menos duas regiões: fundações e estrutura.

5.9. – Formas

Serão executadas rigorosamente conforme dimensões indicadas em projeto, com material de boa qualidade e adequado ao tipo de acabamento da superfície de concreto por ele envolvido. Deverão obedecer as Normas NBR-7190 e NBR-8800, respectivamente para estruturas de madeira e metálica.

Antes do início da concretagem serão molhadas até a saturação, executados furos para escoamento do excesso de água e verificada a estanqueidade.

As juntas serão vedadas e a superfície em contato com o concreto deverá estar isenta de impurezas prejudiciais à qualidade do acabamento. Os furos de escoamento da água serão vedados.

O emprego de aditivos especiais ,aplicados nas paredes internas das formas para facilitar a desforma, só poderá ser realizado mediante autorização da **fiscalização** e demonstrado pelo fabricante que seu emprego não introduz manchas ou alterações no aspecto exterior da peça.

5.10. – Retirada de formas e escoramento

Não deverá ocorrer antes dos seguintes prazos: (concreto armado)

- face lateral: 03 dias;
- face inferior c/ pontalete bem encunhada: 14 dias;
- face inferior c/ pontalete: 21 dias.

O pontalete que permanecer após a desforma, não deverá produzir esforço de sinal contrário ao de carregamento com que a peça foi projetada para evitar rompimento ou trinca.

A Empreiteira deverá apresentar à **fiscalização** com antecedência mínima de uma semana, o plano de desforma das diversas estruturas, para análise e aprovação.

Somente será permitido o uso da estrutura como elemento estrutural auxiliar da construção ou como depósito provisório de materiais de construção após a verificação das condições de estabilidade e aprovação da **fiscalização**.

5.11. – Aberturas, furos e peças embutidas

As aberturas, furos, passagens, tubulações e peças embutidas, deverão obedecer rigorosamente as determinações do projeto, não sendo permitida a mudança de posição. Serão tomadas providências antes da concretagem, evitando-se danificar o concreto adjacente na fase de montagem.

Quando inevitável, a mudança será autorizada por escrito pela **fiscalização**, que procederá a revisão do projeto.

5.12. – Aços

Para as armaduras, serão empregadas barras de aço de seção circular, de diversas bitolas do tipo CA-50 e CA-60 conforme indicado.

5.13. – Emendas

As emendas das barras das armaduras serão por solda de topo ou traspasse, conforme indicação no projeto.

5.14. – Armaduras

5.14.1. – Armadura para concreto armado

Será executada de acordo com o projeto, observando-se estritamente as características do

aço, número de camadas, dobramento, espaçamento e bitola dos diversos tipos de barras retas e dobradas, amarradas com arame preto nº16 ou 18. As barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado deverão obedecer as prescrições da NBR-7480/85.

Antes e depois de colocada em posição, a armadura deverá estar perfeitamente limpa, sem ferrugem, pintura, graxa, terra, cimento ou qualquer outro elemento que possa prejudicar sua aderência ao concreto ou sua conservação.

A impureza será retirada com escova de aço ou qualquer tratamento equivalente.

As barras de aço deverão ficar no depósito da obra, apoiadas sobre vigas ou toras de madeira estáveis para evitar danos e/ou deformações.

5.14.2.– Preparo e colocação de armaduras

As armaduras deverão ser cortadas e dobradas de acordo com os detalhes do projeto, devendo ser usados pinos e cutelos compatíveis com o diâmetro e classe do aço das barras – art. 6.3.4 da NBR-6188.

A emenda das barras deverá obedecer rigorosamente o disposto no artigo 6.3.5. da NBR-6188, para o tipo de emenda previsto pelo contratante, devendo o mesmo apresentar ao projetista, para aprovação, um plano de emenda em função das características locais.

5.14.3. – Preparo, lançamento e cura do concreto.

O concreto para toda a obra deverá obedecer o seguinte: mistura mecânica (betoneira) , adensamento por vibração (vibradores mecânicos) e consistência adequada. O traço será determinado em função dos agregados locais, cuja utilização foi autorizada.

A cura do concreto deverá ser cuidadosa, devendo ser molhado abundantemente depois de endurecido, durante cerca de 15 dias, evitando-se nessa época, sua exposição aos raios solares.

A critério da fiscalização poderá ser empregado o concreto “pronto” industrializado. Para orientação geral deverão ser observados os artigos correspondentes da NBR-6188.

5.14.4. – Aço para Armaduras de concreto armado

As barras de aço destinadas às armaduras das peças de concreto armado da estrutura, serão do tipo CA-50, devendo satisfazer o que prescreve a NBR-7480.

- As armaduras são preparadas e colocadas nas formas de acordo com os detalhes de projeto, e deverão, quanto a sua dobragem e durante a concretagem, obedecer o prescrito

6 – DESMOBILIZAÇÃO DA OBRA

No final da obra, deverão ser removidas todas as instalações do canteiro de serviços, equipamentos, edificações temporárias, sobras de material, formas, sucatas, cimento hidratado e entulho de construção de qualquer espécie.

A empreiteira deverá deixar em completa limpeza o pavimento de concreto e os passeios devidamente acabados, limpos de manchas e materiais estranhos aos acabamentos.

A empreiteira deverá deixar todo o canteiro, incluindo área de acampamento, áreas de trabalho e acessos temporários, em condições seguras.

D – BIBLIOGRAFIA

No desenvolvimento dos cálculos foi consultada a seguinte bibliografia:

- PFEIL, Walter Dimensionamento de Concreto à Flexão Composta- 1976;
- PFEIL, Walter Pontes em Concreto Armado: Elementos de Projeto, Solicitações e Dimensionamento 1979;
- LEONHART, F. Estruturas de Concreto Armado- 1977;
- RÜSCH, H., Fahrbahnplatten von Strassenbrücken- 1960;
- DEINFRA/SC, Projeto de Obras de Arte;
- DNIT, Manual de Projeto de Obras de Arte- Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte;
- ABNT - NBR 6118/2023, Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado;
- ABNT - NBR 7188/2024, Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestres;
- ABNT - NBR 8681, Ações e Segurança nas Estruturas;
- ABNT - NBR 6122, Projeto e Execução de Fundações.

Fim

PONTE SOBRE O RIO BRAÇO DO NORTE

Comprimento=75,45m

Largura=11,50m

MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS QUANTIDADES

1. SERVIÇOS PRELIMINARES

1.1. Instalação do canteiro - Verba

2. INFRA e MESOESTRUTURA

2.1 Remoção e substituição de seixo/pedras soltas por solo = 1.463,25 m³

Apoio P1: 520,50 m³

Apoio P2: 520,50 m³

Apoio P3: 422,25 m

Apoio 4: 0

2.2 Fornecimento e cravação de estacas raiz, diâmetro 41/31cm, com 64tf

2.2.1 Fornecimento e cravação de estacas raiz diâmetro 41, no solo = 672,00 m

Apoio P1: 120,00 m

Apoio P2: 252,00 m

Apoio P3: 180,00 m

Apoio P4: 120,00 m

2.2.2 Fornecimento e cravação de estacas raiz diâmetro 31, na rocha = 228,00 m

Apoio P1: 48,00 m

Apoio P2: 0,00 m

Apoio P3: 108,00 m

Apoio P4: 72,00 m

2.2.3 Concreto estrutural fck = 30 MPa, tudo incluído – Total = 105,93 m³

$$3,14 \times 0,205^2 \times 672,00 + 3,14 \times 0,155^2 \times 228,00 = 105,93 \text{ m}^3$$

2.2.4 Fornecimento, preparo, colocação aço CA-50 - Total = 11.089 kg

2.3 Arrasamento de estacas de concreto com seção superior a 900cm² - Total = 5,55 m³

$$3,14 \times 0,205^2 \times 0,70 \times 60 = 5,55 \text{ m}^3$$

2.4 Escavação e carga de material de 1ª categoria com escavadeira – Total = 106,72 m³

$$\text{Apoio P1: } 3,40 \times 11,10 \times 0,80 = 30,19 \text{ m}^3$$

$$\text{Apoio P2: } 4,00 \times 11,20 \times 0,95 = 42,56 \text{ m}^3$$

$$\text{Apoio P3: } 0,00 \text{ m}^3$$

$$\text{Apoio P4: } 3,40 \times 11,10 \times 0,90 = 33,97 \text{ m}^3$$

2.5 Reaterro de cavas c/ compactação mecânica (compactador manual) – Total = 106,72 m³

Apoio P1: $3,40 \times 11,10 \times 0,80 = 30,19 \text{ m}^3$

Apoio P2: $4,00 \times 11,20 \times 0,95 = 42,56 \text{ m}^3$

Apoio P3: $0,00 \text{ m}^3$

Apoio P4: $3,40 \times 11,10 \times 0,90 = 33,97 \text{ m}^3$

2.6 Concreto magro - Total = 7,80 m³

Blocos apoio P1: $2,60 \times 3,30 \times 0,10 \times 2 = 1,72 \text{ m}^3$

Blocos apoio P2: $3,20 \times 3,40 \times 0,10 \times 2 = 2,18 \text{ m}^3$

Blocos apoio P3: $3,14 \times 1,50^2 \times 0,10 \times 2 = 2,18 \text{ m}^3$

Blocos apoio P4: $2,60 \times 3,30 \times 0,10 \times 2 = 1,72 \text{ m}^3$

2.7 Formas de placa compensada resinada - Total = 449,88 m²

Blocos P1=P4: $(2,40 + 3,10) \times 2 \times 1,25 \times 4 = 55,00 \text{ m}^2$

Blocos P2=P3: $(3,00 + 3,20) \times 2 \times 1,50 \times 4 = 74,40 \text{ m}^2$

Viga de ligação P1: $2,30 \times 3,90 = 8,97 \text{ m}^2$

Vigas de ligação P2=P3: $2,70 \times 3,80 \times 2 = 20,52 \text{ m}^2$

Pilares P1: $2 \times 3,14 \times 0,40 \times 1,75 \times 2 = 8,80 \text{ m}^2$

Pilares P2=P3: $2 \times 3,14 \times 0,50 \times 4,00 \times 4 = 50,27 \text{ m}^2$

Travessas P1=P4: $(4,00 \times 11,50 + 1,20 \times 1,40 \times 2) \times 2 = 98,72 \text{ m}^2$

Travessas P2=P3: $(4,40 \times 11,50 + 1,60 \times 1,40 \times 2) \times 2 = 110,16 \text{ m}^2$

$$\text{Berços: } (0,35 + 0,45) \times 2 \times 0,30 \times 48 = 23,04 \text{ m}^2$$

2.8 Concreto estrutural fck = 30 MPa, tudo incluído – Total = 207,50 m³

$$\text{Blocos P1=P4: } 2,40 \times 3,10 \times 1,25 \times 4 = 37,20 \text{ m}^3$$

$$\text{Blocos P2=P3: } 3,00 \times 3,20 \times 1,50 \times 4 = 57,60 \text{ m}^3$$

$$\text{Viga de ligação P1: } 0,50 \times 0,90 \times 3,90 = 1,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Vigas de ligação P2=P3: } 0,50 \times 1,10 \times 3,80 \times 2 = 4,18 \text{ m}^3$$

$$\text{Pilares P1: } 3,14 \times 0,40^2 \times 1,75 \times 2 = 1,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Pilares P2=P3: } 3,14 \times 0,50^2 \times 4,00 \times 4 = 12,57 \text{ m}^3$$

$$\text{Travessas P1=P4: } 1,20 \times 1,40 \times 11,50 \times 2 = 38,64 \text{ m}^2$$

$$\text{Travessas P2=P3: } 1,60 \times 1,40 \times 11,50 \times 2 = 51,52 \text{ m}^2$$

$$\text{Berços: } 0,35 \times 0,45 \times 0,30 \times 48 = 2,27 \text{ m}^3$$

2.9 Fornecimento, preparo, colocação aço CA-50 - Total = 14.834 kg

$$\text{Blocos P1=P4: } 2.370 \text{ kg}$$

$$\text{Blocos P2=P3: } 3.526 \text{ kg}$$

$$\text{Pórtico P1: } 1.876 \text{ kg}$$

$$\text{Pórtico P2=P3: } 4.334 \text{ kg}$$

$$\text{Pórtico P4: } 1.879 \text{ kg}$$

$$\text{Berços: } 849 \text{ kg}$$

2.10 Aparelho apoio elastômero fretado - Total = 322,56 kg

$$2,00 \times 2,50 \times 0,42 \times 48 = 100,80 \text{ dm}^3 \times 3,20 \text{ kg/dm}^3 = 322,56 \text{ kg}$$

2.11 Escoramento da mesoestrutura - Total = 402,60 m³

$$\text{Pórtico P1} = 2,40 \times 13,50 \times 1,75 = 56,70 \text{ m}^3$$

$$\text{Pórtico P2} = 3,00 \times 13,50 \times 4,00 = 162,00 \text{ m}^3$$

$$\text{Pórtico P3} = 3,00 \times 13,50 \times 4,00 = 162,00 \text{ m}^3$$

$$\text{Pórtico P4} = 2,40 \times 7,30 \times 1,25 = 21,90 \text{ m}^3$$

3. SUPERESTRUTURA

3.1 Forma de placa compensada resinada - Total = 975,25 m²

A) Formas transversinas - Total = 86,60 m²

$$(2,23 \times 9,48 + 0,25 \times 1,02 \times 2) \times 4 = 86,60 \text{ m}^2$$

B) Formas lajes - Total = 720,61 m²

$$9,96 \times 72,35 = 720,61 \text{ m}^2$$

C) Formas lajes elásticas - Total = 35,65 m²

$$(11,50 \times 1,55) \times 2 = 35,65 \text{ m}^2$$

D) Formas cortinas - Total = 97,51 m²

$$(4,13 \times 11,50 + 0,63 \text{ m}^2 \times 2) \times 2 = 97,51 \text{ m}^2$$

E) Formas alas: - Total = 34,88 m²

$$(2,00 \times 1,80 \times 2 + 3,80 \times 0,40) \times 4 = 34,88 \text{ m}^2$$

3.2 Concreto fck=30 MPa-Contr.Raz uso ger. – Total = 230,17 m³

A) Concreto transversinas - Total = 9,10 m³

$$(0,25 \times 0,96 \times 9,48) \times 4 = 9,10 \text{ m}^3$$

B) Concreto lajes - Total = 200,82 m³

$$(0,23 \times 11,50 \times 72,35 + 0,17 \times 11,50 \times 3,10 + 0,15 \times 0,15 \times 75,45 \times 2) = 200,82 \text{ m}^3$$

C) Concreto Cortinas - Total = 14,49 m³

$$(0,63 \text{ m}^2 \times 11,50) \times 2 = 14,49 \text{ m}^3$$

D) Alas - Total = 5,76 m³

$$(2,00 \times 1,80 \times 0,40) \times 4 = 5,76 \text{ m}^3$$

3.3 Fornecimento preparo colocação aço CA-50 - Total = 21.224 kg

Lajes: 19.253 kg

Transversinas: 770 kg

Cortinas: 691 kg

Alas: 510 kg

3.4 Fornecimento e colocação de longarinas pré-moldadas de 24,85m – vãos extremos (16x)

3.4.1 Formas de placa compensada resinada longarina de 24,85m - Total = 1.558,72 m²

$$\text{Longarinas de 24,85 m - Total} = 97,42 \text{ m}^2 \times 16 = 1.558,72 \text{ m}^2$$

a) $3,90 \times 24,85 = 96,92 \text{ m}^2$

b) $0,25 \times 2 = 0,50 \text{ m}^2$

3.4.2 Concreto fck=40 MPa-Contr.Raz uso ger. – Total = 99,36 m³

Longarinas de 24,85 m - Total = $6,21 \text{ m}^3 \times 16 = 99,36 \text{ m}^3$

a) $0,25 \times 24,85 = 6,21 \text{ m}^3$

3.4.3 Fornecimento, preparo, colocação aço CA-50, long. de 24,85m - Total = 8.467 kg

3.4.4 Confeção e colocação de 22 cordoalhas de 12,7 mm, aço CP 190RB - Total = 7.395 kg

3.4.5 Protensão de 22 cordoalhas de 12,7 mm, aço CP 190RB – Total = 16 un

Para 16 longarinas: $16 \times 22 = 352$ cordoalhas

3.4.6 Carga, trans., içam. e lanç. de longarina pré-moldada até 20 ton. – Total = 16 un

3.5 Fornecimento e colocação de longarinas pré-moldadas de 24,85m – vãos internos (8x)

3.5.1 Formas de placa compensada resinada longarina de 24,85m - Total = $779,36 \text{ m}^2$

Longarinas de 24,85 m - Total = $97,42 \text{ m}^2 \times 8 = 779,36 \text{ m}^2$

a) $3,90 \times 24,85 = 96,92 \text{ m}^2$

b) $0,25 \times 2 = 0,50 \text{ m}^2$

3.5.2 Concreto fck=40 MPa-Contr.Raz uso ger. – Total = 49,68 m³

Longarinas de 24,85 m - Total = 6,21 m³ x 8 = 49,68 m³

a) 0,25 x 24,85 = 6,21 m³

3.5.3 Fornecimento, preparo, colocação aço CA-50, long. de 24,85m - Total = 4.012 kg

3.5.4 Confeção e colocação de 22 cordoalhas de 12,7 mm, aço CP 190RB - Total = 3.698 kg

3.5.5 Protensão de 22 cordoalhas de 12,7 mm, aço CP 190RB – Total = 8 un

Para 8 longarinas: 8 x 22 = 176 cordoalhas

3.5.6 Carga, trans., içam. e lanç. de longarina pré-moldada até 20 ton. – Total = 8 un

4. PLACA DE TRANSIÇÃO

4.1 Concreto Magro – Total = 7,95 m³

3,72 x 10,68 x 0,10 x 2 = 7,95 m³

4.2 Forma de placa compensada resinada – Total = 11,21 m²

0,30 x 18,68 x 2 = 11,21 m²

4.3 Fornecimento preparo colocação aço CA-50 – Total = 2.426 kg

4.4 Concreto estrutural fck = 30 MPa - Controle razoável, uso geral - Total = 25,63 m³

$$0,30 \times 4,00 \times 10,68 \times 2 = 25,63 \text{ m}^3$$

5. BARREIRA NEW JERSEY

5.1 Forma de placa compensada resinada – Total = 274,64 m²

$$1,82 \times 75,45 \times 2 = 274,64 \text{ m}^2$$

5.2 Fornecimento preparo colocação aço CA-50 – Total = 2.760 kg

5.3 Concreto estrutural fck = 30 MPa - Controle razoável, uso geral - Total = 36,22 m³

$$0,24 \times 75,45 \times 2 = 36,22 \text{ m}^3$$

6. GUARDA CORPO

6.1. Forma de placa compensada resinada – Total = 43,32 m²

$$0,60 \times 0,95 \times 76 = 43,32 \text{ m}^2$$

6.2. Fornecimento preparo colocação aço CA-50 e CA-60 – Total = 206 kg

6.3. Concreto fck = 30 MPa-Controle razoável uso geral – Total = 1,62 m³

$$0,15 \times 0,15 \times 0,95 \times 76 = 1,62 \text{ m}^3$$

6.4. Tubo galvanizado $\varnothing = 50 \text{ mm}$ - Total = 452,70 m

$$75,45 \times 3 \times 2 = 452,70 \text{ m}$$

7. ACABAMENTOS E OBRAS COMPLEMENTARES

7.1 Dreno PVC d = 100 mm – Total = 72 un

7.2 Concreto estrutural fck = 30 MPa - Controle razoável, uso geral do capeamento
- Total = 49,49 m³

$$\text{Pista: } 0,07 \times 8,00 \times 75,45 = 42,25 \text{ m}^3$$

$$\text{Passeio: } 0,04 \times 1,20 \times 75,45 \times 2 = 7,24 \text{ m}^3$$

7.3 Asfalto faixa de rolamento e=4,00cm - Total = 24,14 m³

$$0,04 \times 8,00 \times 75,45 = 24,14 \text{ m}^3$$

7.4 Limpeza , pintura e sinalização - vb

Fim

MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

PONTE SOBRE O RIO BRAÇO DO NORTE

Comprimento: 75,45 m

Largura: 11,50 m

1. SUPERESTRUTURA

1.1 Longarinas de 24,85m (Vãos extremos)

Para o dimensionamento das longarinas, consideramos elas isostáticas, pré-moldadas em concreto protendido, sendo que as mesmas serão protendidas em fábrica. Posteriormente ela será unificada as lajes de modo a criar uma seção composta em concreto armado e protendido com o intuito de resistir os esforços solicitantes.

As tensões nas seções foram calculadas considerando as perdas de protensão, imediatas e progressivas nas armaduras ativas, obedecendo as solicitações normativas exigidas pela NBR 6118/2014.

As perdas de protensão foram estimadas supondo os seguintes parâmetros:

- Idade mínima para protensão = 7 dias;
- Abatimento do concreto (Slump) = 0-4;
- Umidade do ambiente = 70%;
- Temperatura média de cura = 20°C;
- Tipo de cimento = CPV-ARI.

As características das seções, verificações de tensões e dimensionamentos apresentados ao longo da memória foram obtidos através de planilhas em Excel, programadas pelo autor da mesma.

A seguir, serão apresentados todos os procedimentos necessários para o dimensionamento das longarinas protendidas mais solicitadas, ou seja, as longarinas de borda, incluindo o levantamento de ações que solicitam a estrutura, as características da seção, verificações das tensões em serviço e estado limite último.

Cargas permanentes por longarina

Distribuídas no vão:

- Fase 1: Peso próprio da longarina: $g_1 = 0,246 \times 25 = 6,15 \text{ kN/m}$
- Fase 2: Peso próprio da laje: $g_2 = 0,32 \times 25 = 8,00 \text{ kN/m}$
- Fase 3: Pavimentação e barreiras: $g_3 = 5,00 \text{ kN/m}$

Concentradas no balanço:

- Peso próprio das cortinas + alas: $G_1 = 142,8 \text{ kN}$

- Peso próprio das transversinas de apoio: $G_2 = 8,75 \text{ kN}$

Cargas móveis por longarina segundo NBR 7188/2013

Utilizaremos classe 45 com trem-tipo homogeneizado:

$P = 60 \text{ kN}$, $p = 5 \text{ kN/m}^2$, $\varphi = 1,29$

Como a superestrutura é desprovida de transversinas de vão, foi avaliada a distribuição transversal efetuada pela laje. No meio do vão a constante elástica das longarinas vale $k = 11856 \text{ kN/m}$. O cálculo da distribuição transversal foi realizado por “software” de análise elástica linear, considerando-se uma fatia de laje de 1,5 m de largura, equivalente à faixa de influência de cada eixo do veículo - tipo.

Aplicando sucessivamente a carga unitária sobre cada longarina, constatou-se que a situação mais desfavorável de carga móvel será das vigas de extremidade. O trem-tipo de cálculo para as longarinas mais solicitadas será:

Nos vãos: $Q = 43,81 \text{ kN/eixo}$ $q = 8,10 \text{ kN/m}$

Nos apoios: $Q = 77,40 \text{ kN/eixo}$ $q = 9,03 \text{ kN/m}$

Reações de apoio

- Apoio com balanço

Devido as cargas permanentes

$R_g = 401,8 \text{ kN}$

Devido as cargas móveis

$R_Q = 230,2 \text{ kN}$

$R_q = 118,4 \text{ kN}$

- Apoio central

Devido as cargas permanentes

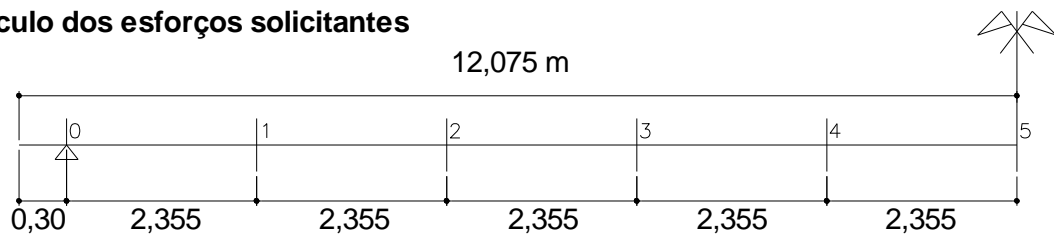
$$R_g = 225,7 \text{ kN}$$

Devido as cargas móveis

$$R_Q = 217,4 \text{ kN}$$

$$R_q = 106,3 \text{ kN}$$

Cálculo dos esforços solicitantes



Esforços devido às cargas permanentes

Seções	M _{g1} (kN.m)	M _{g2} (kN.m)	M _{g3} (kN.m)	M _{Σg} (kN.m)	V _{g1} (kN)	V _{g2} (kN)	V _{g3} (kN)	V _{Σg} (kN)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	72,42	94,20	58,88	225,49
1	153,49	199,66	124,79	477,93	57,93	75,36	47,10	180,39
2	272,86	354,95	221,84	849,65	43,45	56,52	35,33	135,29
3	358,13	465,87	291,17	1115,17	28,97	37,68	23,55	90,20
4	409,30	532,42	332,76	1274,48	14,48	18,84	11,78	45,10
5	426,35	554,60	346,63	1327,58	0,00	0,00	0,00	0,00

Esforços devido às móveis

Seções	M _q (kN.m)	V _q (kN)	V _{q-} (kN)
0	0	218,40	0,00
1	461,00	187,20	-6,90
2	815,10	157,80	-21,70
3	1062,40	130,40	-39,60
4	1216,10	104,80	-59,50
5	1269,50	81,20	-81,20

Esforços de cálculo

Seções	M _g (kN.m)	M _q (kN.m)	M _d (kN.m)	V _g (kN)	V _q (kN)	V _d (kN)
0	0,00	0,00	0,00	225,49	218,40	632,01
1	477,93	461,00	1336,70	180,39	187,20	524,33
2	849,65	815,10	2369,68	135,29	157,80	419,35
3	1115,17	1062,40	3099,08	90,20	130,40	317,37
4	1274,48	1216,10	3544,69	45,10	104,80	218,08
5	1327,58	1269,50	3696,48	0,00	81,20	121,80

$$S_d = 1,35 \times S_g + 1,50 \times S_q$$

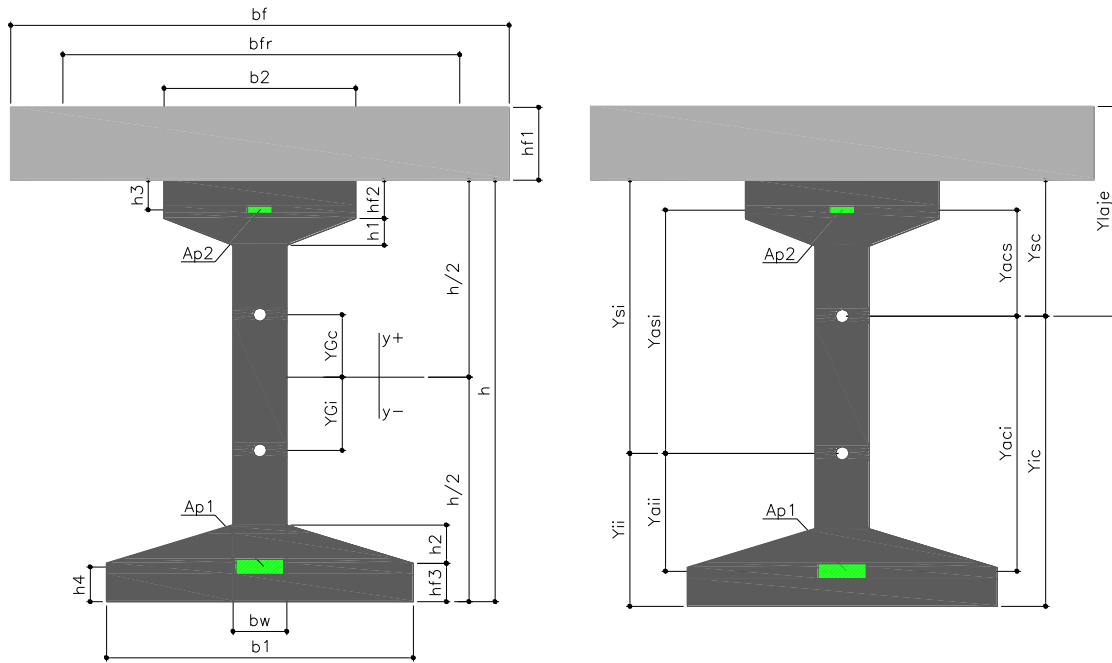
Seção 5: A_{p1} : 22 ϕ 12,7 CP-190 RB
 A_{p2} : 2 ϕ 12,7 CP-190 RB

Resistências características do concreto (f_{ck})

Perfil : 40 MPa Laje: 30 MPa

Dados geométricos da laje e do perfil (m)

$b_f = 1,4$ $h_{f1} = 0,23$ $b_{fr} = 1,21$ $b_1 = 0,80$ $b_2 = 0,30$ $b_w = 0,14$
 $h = 1,10$ $h_1 = 0,05$ $h_2 = 0,05$ $h_3 = 0,04$ $h_4 = 0,05$
 $h_{f2} = 0,08$ $h_{f3} = 0,09$ $A_{p1} = 0,0022$ $A_{p2} = 0,0002$ $E_p/E_c = 5,647$



Características geométricas do perfil isolado:

$Y_{Gi} = -0,111$	$Y_{ii} = 0,4386$	$Y_{Si} = 0,6614$
$I_{Gi} = 0,035$	$W_{li} = 0,0796$	$W_{Si} = 0,0528$
	$Y_{ali} = 0,3886$	$Y_{asi} = 0,6214$
	$W_{ali} = 0,0898$	$W_{asi} = 0,0562$

Características geométricas do perfil composto:

$Y_{Gc} = 0,290$	$Y_{lc} = 0,8403$	$Y_{Sc} = 0,2597$
$I_{Gc} = 0,117$	$W_{lc} = 0,1395$	$W_{Sc} = 0,4515$
	$Y_{alc} = 0,7903$	$Y_{asc} = 0,2197$
	$W_{alc} = 0,1483$	$W_{asc} = 0,5337$
	$Y_{laje} = 0,4897$	$W_{laje} = 0,2394$

Verificações das tensões em serviço

Seção 0: A_{p1}: 6φ 12,7 CP-190 RB

A_{p2}: 2φ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -34 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1366 \text{ MPa}$

$\Delta\sigma_{as} = -10 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1390 \text{ MPa}$

Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes			Carga móvel	
M _{g1} =	0 kN.m	V _{g1} =	72 kN	M _q = 0 kN.m
M _{g2} =	0 kN.m	V _{g2} =	94 kN	V _q = 218 kN
M _{g3} =	0 kN.m	V _{g3} =	59 kN	

Tensões enquanto perfil isolado

	σ inferior (MPa)	σ superior (MPa)	σ laje (MPa)
P + g1 (em vazio)	-5,8	-1,8	-
P + g1 + g2	-6,3	-1,6	-

Tensões enquanto perfil composto

	σ inferior (MPa)	σ superior (MPa)	σ laje (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-5,5	-1,6	-0,1
P + Σg + q	-5,5	-1,6	-0,1

Combinações de ações considerando proteção completa

Combinação frequente: P + ΔP + Σg + ψ1 x q

σ inferior (MPa) σ superior (MPa)
-5,5 -1,6

Combinação rara: P + ΔP + Σg + q

σ inferior (MPa) σ superior (MPa)
-5,5 -1,6

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
σ _c ≤	0,7 x f _{ckj} = -22,9 MPa	σ _t ≤	1,2 x f _{ctkj} = 2,6 MPa	(Em vazio)
σ _c ≤	0,7 x f _{ck} = -28,0 MPa	σ _t ≤	1,2 x f _{ctk} = 2,9 MPa	(Em serviço)

Seção 1: A_{p1} : 10 ϕ 12,7 CP-190 RB

A_{p2} : 2 ϕ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -60 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1340 \text{ MPa}$

$\Delta\sigma_{as} = 0 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1400 \text{ MPa}$

Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes				Carga móvel			
$M_{g1} =$	153 kN.m	$V_{g1} =$	58 kN	$M_q =$	461 kN.m	$V_q =$	187 kN
$M_{g2} =$	200 kN.m	$V_{g2} =$	75 kN				
$M_{g3} =$	125 kN.m	$V_{g3} =$	47 kN				

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-8,5	-2,7	-
P + g1 + g2	-6,4	-6,6	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-4,4	-6,8	-0,7
P + Σ g + q	-1,0	-7,8	-2,7

Combinações de ações considerando protensão completa

Combinação frequente: P + Δ P + Σ g + ψ_1 x q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-2,7 -7,3

Combinação rara: P + Δ P + Σ g + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-1,0 -7,8

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_{c \leq}$	$0,7 \times f_{ckj} = -22,9 \text{ MPa}$	$\sigma_{t \leq}$	$1,2 \times f_{ctkj} = 2,6 \text{ MPa}$	(Em vazio)
$\sigma_{c \leq}$	$0,7 \times f_{ck} = -28,0 \text{ MPa}$	$\sigma_{t \leq}$	$1,2 \times f_{ctk} = 2,9 \text{ MPa}$	(Em serviço)

Seção 2: A_{p1}: 14φ 12,7 CP-190 RB

A_{p2}: 2φ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -85 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1315 \text{ MPa}$

$\Delta\sigma_{as} = 9 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1409 \text{ MPa}$

Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes				Carga móvel	
M _{g1} =	273 kN.m	V _{g1} =	43 kN	M _q =	815 kN.m
M _{g2} =	355 kN.m	V _{g2} =	57 kN	V _q =	158 kN
M _{g3} =	222 kN.m	V _{g3} =	35 kN		

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-11,3	-3,1	-
P + g1 + g2	-7,4	-10,0	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-4,2	-10,5	-1,2
P + Σ g + q	1,7	-12,3	-4,6

Combinações de ações considerando protensão completa

Combinação frequente: P + Δ P + Σ g + ψ_1 x q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-1,2 -11,4

Combinação rara: P + Δ P + Σ g + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
1,7 -12,3

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ckj} = -22,9 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctkj} = 2,6 MPa	(Em vazio)
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ck} = -28,0 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctk} = 2,9 MPa	(Em serviço)

Seção 3: A_{p1} : 18 ϕ 12,7 CP-190 RB
 A_{p2} : 2 ϕ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -110 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1290 \text{ MPa}$
 $\Delta\sigma_{as} = 19 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1419 \text{ MPa}$
 Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes			Carga móvel	
$M_{g1} = 358 \text{ kN.m}$	$V_{g1} = 29 \text{ kN}$		$M_q = 1062 \text{ kN.m}$	$V_q = 130 \text{ kN}$
$M_{g2} = 466 \text{ kN.m}$	$V_{g2} = 38 \text{ kN}$			
$M_{g3} = 291 \text{ kN.m}$	$V_{g3} = 24 \text{ kN}$			

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-14,3	-2,9	-
P + g1 + g2	-9,1	-12,0	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-5,0	-12,6	-1,6
P + Σg + q	2,6	-14,9	-6,0

Combinações de ações considerando protensão completa

Combinação frequente: P + ΔP + Σg + $\psi_1 \times q$

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
 -1,2 -13,7

Combinação rara: P + ΔP + Σg + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
 2,6 -14,9

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_{c \leq}$	$0,7 \times f_{ckj} = -22,9 \text{ MPa}$	$\sigma_{t \leq}$	$1,2 \times f_{ctkj} = 2,6 \text{ MPa}$	(Em vazio)
$\sigma_{c \leq}$	$0,7 \times f_{ck} = -28,0 \text{ MPa}$	$\sigma_{t \leq}$	$1,2 \times f_{ctk} = 2,9 \text{ MPa}$	(Em serviço)

Seção 4: A_{p1}: 22φ 12,7 CP-190 RB

A_{p2}: 2φ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -135 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1265 \text{ MPa}$

$\Delta\sigma_{as} = 30 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1430 \text{ MPa}$

Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes				Carga móvel			
M _{g1} =	409 kN.m	V _{g1} =	14 kN	M _q =	1216 kN.m	V _q =	105 kN
M _{g2} =	532 kN.m	V _{g2} =	19 kN				
M _{g3} =	333 kN.m	V _{g3} =	12 kN				

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-17,5	-2,2	-
P + g1 + g2	-11,7	-12,5	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-6,9	-13,2	-1,9
P + Σ g + q	1,8	-15,9	-6,9

Combinações de ações considerando protensão completa

Combinação frequente: P + Δ P + Σ g + $\psi_1 \times q$

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-2,5 -14,5

Combinação rara: P + Δ P + Σ g + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
1,8 -15,9

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ckj} = -22,9 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctkj} = 2,6 MPa	(Em vazio)
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ck} = -28,0 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctk} = 2,9 MPa	(Em serviço)

Seção 5: A_{p1}: 22φ 12,7 CP-190 RB

A_{p2}: 2φ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -135 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1265 \text{ MPa}$

$\Delta\sigma_{as} = 30 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1430 \text{ MPa}$

Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes			Carga móvel				
M _{g1} =	426 kN.m	V _{g1} =	0 kN	M _q =	1270 kN.m	V _q =	81 kN
M _{g2} =	555 kN.m	V _{g2} =	0 kN				
M _{g3} =	347 kN.m	V _{g3} =	0 kN				

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-17,3	-2,4	-
P + g1 + g2	-11,2	-13,2	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-6,3	-13,9	-1,9
P + Σ g + q	2,8	-16,8	-7,2

Combinações de ações considerando protensão completa

Combinação frequente: P + Δ P + Σ g + ψ_1 x q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-1,7 -15,3

Combinação rara: P + Δ P + Σ g + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
2,8 -16,8

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ckj} = -22,9 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctkj} = 2,6 MPa	(Em vazio)
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ck} = -28,0 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctk} = 2,9 MPa	(Em serviço)

Verificações e dimensionamento aos esforços cortantes

Características dos materiais e dados da seção

$$\begin{aligned}f_{ck} &= 40 \text{ MPa} & f_{cd} &= 29 \text{ MPa} & f_{ctd} &= 1,8 \text{ MPa} \\b_w &= 0,14 \text{ m} & h &= 1,33 \text{ m} & \text{cobrimento} &= 3,0 \text{ cm} & d &= 1,30 \text{ m} \\f_{yk} &= 500 \text{ MPa} & f_{yd} &= 435 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Limitações de tensões no concreto

$$\begin{aligned}V_{sd} &\leq V_{Rd2}, \text{ sendo: } V_{sd} = 1,35 \times V_g + 1,50 \times V_q \\V_{Rd2} &= 0,27 \times \alpha_v \times 2 \times f_{cd} \times b_w \times d\end{aligned}$$

Armadura transversal

$$\begin{aligned}V_{sd} &\leq V_{Rd3} = V_c + V_{sw}, \text{ sendo: } V_c = 0,6 \times f_{ctd} \times b_w \times d \\V_{sw} &= (A_{sw}/s) \times 0,9 \times d \times f_{yk} \\A_{sw} &= 0,2 \times b_w \times f_{ctm}/f_{yk}\end{aligned}$$

Planilha de dimensionamento

Seções	V _g (kN)	V _q (kN)	V _{sd} (kN)	V _{Rd2} (kN)	V _c (kN)	V _{sw} (kN)	A _{sw} /s (cm ² /m)	Estribos
0	225	218	632	1177	191	441	8,69	6,3 c. 6
1	180	187	524	1177	191	333	6,57	6,3 c. 8
2	135	158	419	1177	191	228	4,50	6,3 c. 12
3	90	130	317	1177	191	126	2,49	6,3 c. 20
4	45	105	218	1177	191	27	1,96	6,3 c. 20
5	0	81	122	1177	191	-69	1,96	6,3 c. 20

Verificações para ligação mesa-alma

$$\begin{aligned}V_{Ld} &\leq 0,3 \times f_{cd} \times h_f, \text{ sendo: } V_{Ld} = (V_{sd}/z) \times (b_{f1}/b_f) & z &= d - h_f/2 \\b_{f1} &= \text{dimensão da aba da mesa} \\b_f &= \text{dimensão total da mesa} \\h_f &= \text{espessura da mesa}\end{aligned}$$

$$\text{Armadura de ligação mesa-alma: } A_{sf}/s_f = (V_{Ld} - 2,5 \times \tau_{RD} \times h_f)/f_{yd} > A_{sfmin} = 0,0015 \times h_f$$

Planilha de dimensionamento

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad \tau_{RD} = 0,35 \text{ MPa}$$

Seções	h _f (m)	b _{f1} (m)	b _f (m)	z (m)	V _{Ld} (kN)	A _{sf} /s _f (cm ² /m)
0	0,23	0,54	1,21	1,18	237	3,45
1	0,23	0,54	1,21	1,18	196	3,45
2	0,23	0,54	1,21	1,18	157	3,45
3	0,23	0,54	1,21	1,18	119	3,45
4	0,23	0,54	1,21	1,18	82	3,45
5	0,23	0,54	1,21	1,18	46	3,45

Verificação do estado limite último

Para $A_p = 21,71 \text{ cm}^2$ temos:

$$d = 1,28 \text{ m} \quad x = 0,19 \text{ m} \quad z = 1,21 \text{ m}$$

$$\varepsilon_{sp} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{pi} = 5,04 \text{ ‰} \quad \varepsilon_p = \varepsilon_{sp} + \varepsilon_{pi} = 15,04 \text{ ‰}$$

$$\sigma_p = 1516 \text{ MPa} \quad M_{Rd} = 3969 \text{ kN.m}$$

Como $M_{Rd} > M_{Sd} = 3696 \text{ kN.m}$ a seção está atendida.

Armaduras junto aos apoios na face inferior do perfil

Segundo NBR 6118/2014, item 17.4.1.2.2, devem ser consideradas armaduras longitudinais de tração junto ao apoio, considerando o esforço cortante V_{sd} . Não foram consideradas as cordoalhas protendidas aderentes junto aos apoios, pois as mesmas estão em região de ancoragem. Com isso temos:

$$A_s = 14,54 \text{ cm}^2$$

Adotaremos $8 \phi 16,0$

Armaduras junto aos apoios na face superior do perfil

As cordoalhas junto aos apoios ($6\phi 12,7$) causam um momento negativo, equivalente a:

$$M^- = 206 \text{ kN.m} \quad d = 1,06 \text{ m} \quad b = 0,80 \text{ m} \quad x = 0,0125 \text{ m}$$

$$A_s = 4,48 \text{ cm}^2$$

Adotaremos $4 \phi 12,5$ ao longo de todo comprimento da viga

Armaduras na face superior para resistir ao momento negativo no apoio

$$M_d = 368 \text{ kN.m} \quad d = 1,06 \text{ m} \quad b = 0,80 \text{ m} \quad x = 0,0225 \text{ m}$$

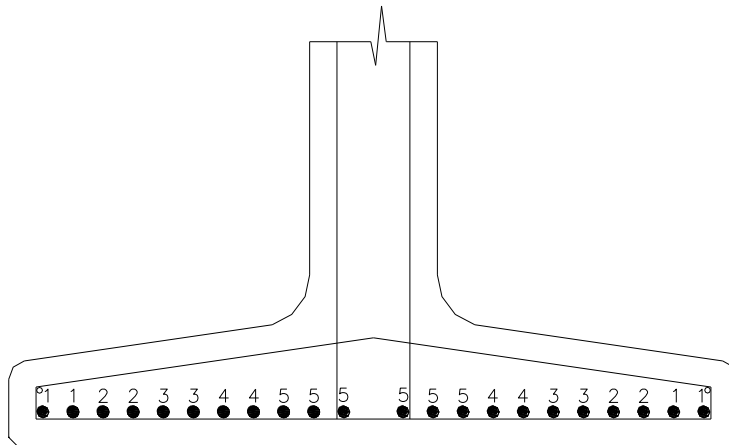
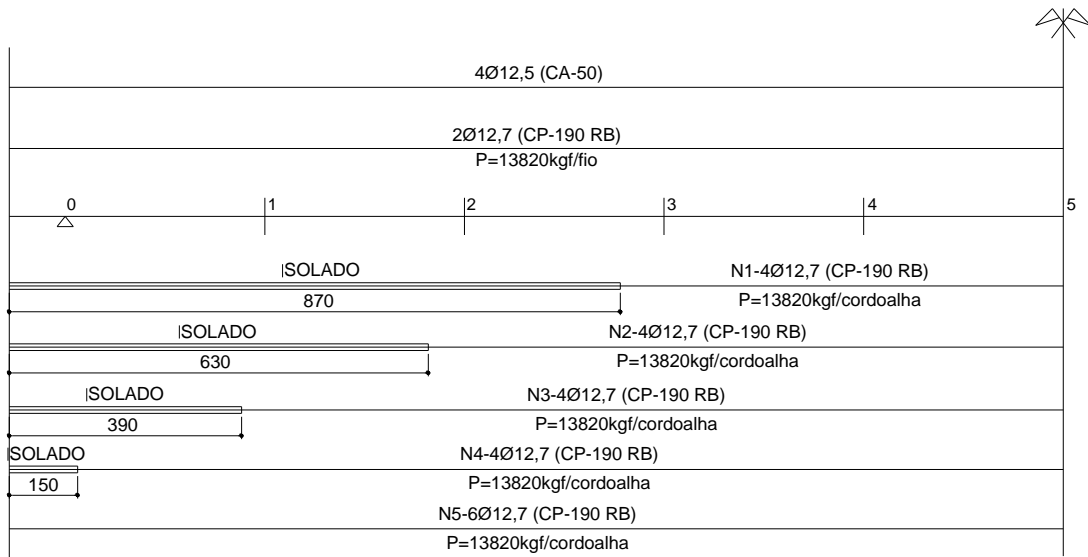
$$A_s = 8,05 \text{ cm}^2 > A_s = 4,66 \text{ cm}^2$$

Adotaremos $4 \phi 12,5$ ao longo de todo comprimento da viga

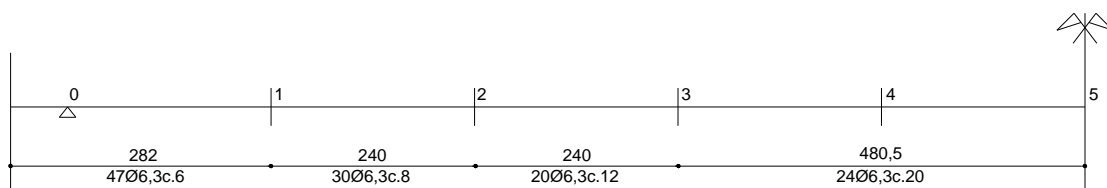
Adotaremos $4 \phi 12,5$ com comprimento de 300 cm

Posicionamento das armaduras

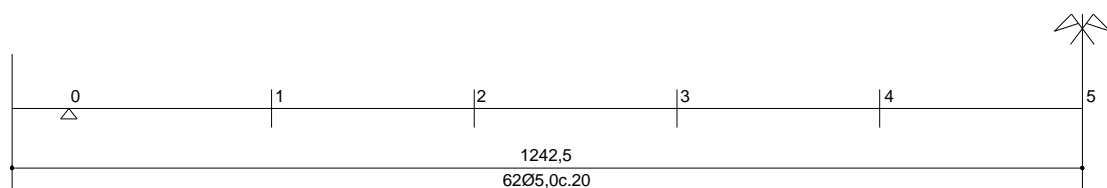
Para atender às limitações normativas em relação as tensões em serviço, as cordoalhas de 12,7mm foram isoladas de modo a interromper a aderência cordoalha-concreto.



Estribos verticais:



Estribos horizontais na mesa inferior:



1.2 Longarinas de 24,85m (Vãos internos)

Para o dimensionamento das longarinas, consideramos elas isostáticas, pré-moldadas em concreto protendido, sendo que as mesmas serão protendidas em fábrica. Posteriormente ela será unificada as lajes de modo a criar uma seção composta em concreto armado e protendido com o intuito de resistir os esforços solicitantes.

As tensões nas seções foram calculadas considerando as perdas de protensão, imediatas e progressivas nas armaduras ativas, obedecendo as solicitações normativas exigidas pela NBR 6118/2014.

As perdas de protensão foram estimadas supondo os seguintes parâmetros:

- Idade mínima para protensão = 7 dias;
- Abatimento do concreto (Slump) = 0-4;
- Umidade do ambiente = 70%;
- Temperatura média de cura = 20°C;
- Tipo de cimento = CPV-ARI.

As características das seções, verificações de tensões e dimensionamentos apresentados ao longo da memória foram obtidos através de planilhas em Excel, programadas pelo autor da mesma.

A seguir, serão apresentados todos os procedimentos necessários para o dimensionamento das longarinas protendidas mais solicitadas, ou seja, as longarinas de borda, incluindo o levantamento de ações que solicitam a estrutura, as características da seção, verificações das tensões em serviço e estado limite último.

Cargas permanentes por longarina

Distribuídas no vão:

- Fase 1: Peso próprio da longarina: $g_1 = 0,246 \times 25 = 6,15 \text{ kN/m}$
- Fase 2: Peso próprio da laje: $g_2 = 0,32 \times 25 = 8,00 \text{ kN/m}$
- Fase 3: Pavimentação e barreiras: $g_3 = 5,00 \text{ kN/m}$

Concentradas no balanço:

- Peso próprio das transversinas de apoio: $G_1 = 8,75 \text{ kN}$

Cargas móveis por longarina segundo NBR 7188/2013

Utilizaremos classe 45 com trem-tipo homogeneizado:

$$P = 60 \text{ kN}, p = 5 \text{ kN/m}^2, \varphi = 1,29$$

Como a superestrutura é desprovida de transversinas de vão, foi avaliada a distribuição transversal efetuada pela laje. No meio do vão a constante elástica das longarinas vale $k = 11856 \text{ kN/m}$. O cálculo da distribuição transversal foi realizado por “software” de análise elástica linear, considerando-se uma fatia de laje de 1,5 m de largura, equivalente à faixa de influência de cada eixo do veículo - tipo.

Aplicando sucessivamente a carga unitária sobre cada longarina, constatou-se que a situação mais desfavorável de carga móvel será das vigas de extremidade. O trem-tipo de cálculo para as longarinas mais solicitadas será:

$$\text{Nos vãos: } Q = 43,81 \text{ kN/eixo} \quad q = 8,10 \text{ kN/m}$$

$$\text{Nos apoios: } Q = 77,40 \text{ kN/eixo} \quad q = 9,03 \text{ kN/m}$$

Reações de apoio

Devido as cargas permanentes

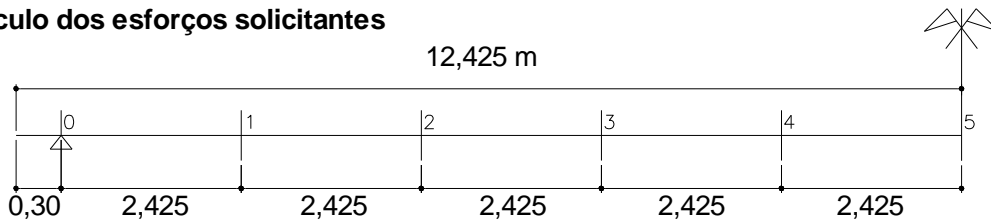
$$R_g = 240,9 \text{ kN}$$

Devido as cargas móveis

$$R_Q = 217,8 \text{ kN}$$

$$R_q = 109,5 \text{ kN}$$

Cálculo dos esforços solicitantes



Esforços devido às cargas permanentes

Seções	M _{g1} (kN.m)	M _{g2} (kN.m)	M _{g3} (kN.m)	M _{Σg} (kN.m)	V _{g1} (kN)	V _{g2} (kN)	V _{g3} (kN)	V _{Σg} (kN)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	74,57	97,00	60,63	232,19
1	162,75	211,70	132,31	506,76	59,66	77,60	48,50	185,76
2	289,33	376,36	235,23	900,91	44,74	58,20	36,38	139,32
3	379,74	493,97	308,73	1182,45	29,83	38,80	24,25	92,88
4	433,99	564,54	352,84	1351,37	14,91	19,40	12,13	46,44
5	452,07	588,06	367,54	1407,67	0,00	0,00	0,00	0,00

Esforços devido às móveis

Seções	M _q (kN.m)	V _q (kN)	V _{q-} (kN)
0	0	221,50	0,00
1	481,40	189,70	-7,00
2	851,50	159,90	-22,10
3	1110,20	132,00	-40,10
4	1270,70	106,10	-60,20
5	1326,30	82,10	-82,10

Esforços de cálculo

Seções	M _g (kN.m)	M _q (kN.m)	M _d (kN.m)	V _g (kN)	V _q (kN)	V _d (kN)
0	0,00	0,00	0,00	232,19	221,50	645,71
1	506,76	481,40	1406,23	185,76	189,70	535,32
2	900,91	851,50	2493,48	139,32	159,90	427,93
3	1182,45	1110,20	3261,60	92,88	132,00	323,38
4	1351,37	1270,70	3730,40	46,44	106,10	221,84
5	1407,67	1326,30	3889,81	0,00	82,10	123,15

$$S_d = 1,35 \times S_g + 1,50 \times S_q$$

Seção 5: A_{p1} : 22 ϕ 12,7 CP-190 RB

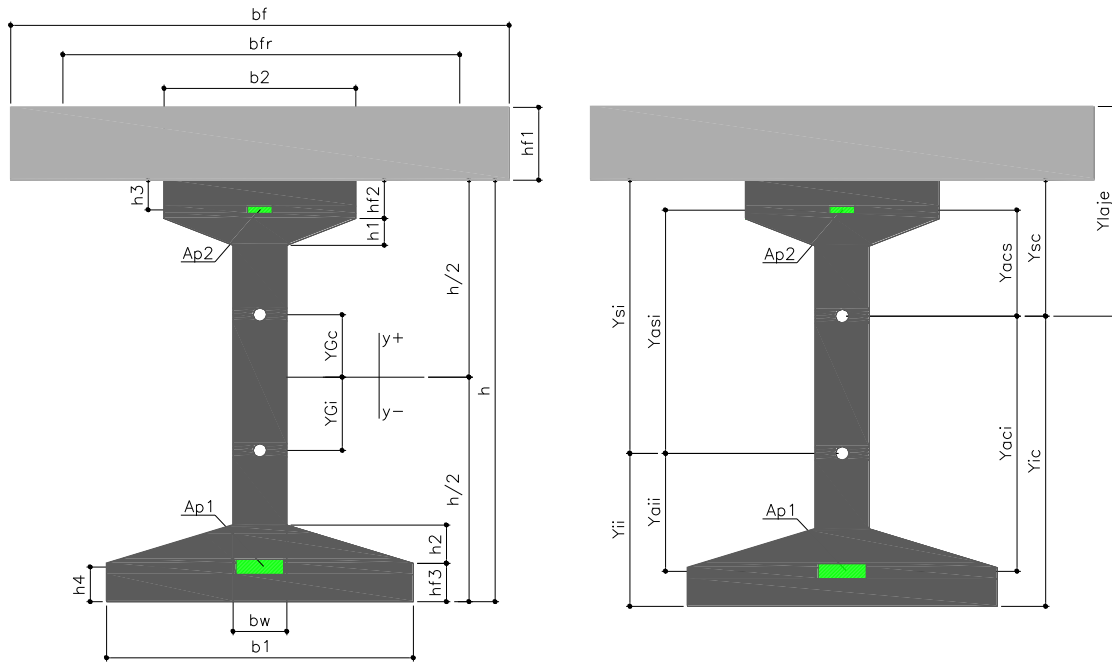
A_{p2} : 2 ϕ 12,7 CP-190 RB

Resistências características do concreto (f_{ck})

Perfil : 40 MPa Laje: 30 MPa

Dados geométricos da laje e do perfil (m)

$b_f = 1,4$ $h_{f1} = 0,23$ $b_{fr} = 1,21$ $b_1 = 0,80$ $b_2 = 0,30$ $b_w = 0,14$
 $h = 1,10$ $h_1 = 0,05$ $h_2 = 0,05$ $h_3 = 0,04$ $h_4 = 0,05$
 $h_{f2} = 0,08$ $h_{f3} = 0,09$ $A_{p1} = 0,0022$ $A_{p2} = 0,0002$ $E_p/E_c = 5,647$



Características geométricas do perfil isolado:

$Y_{Gi} = -0,111$	$Y_{ii} = 0,4386$	$Y_{Si} = 0,6614$
$I_{Gi} = 0,035$	$W_{ii} = 0,0796$	$W_{Si} = 0,0528$
	$Y_{aii} = 0,3886$	$Y_{asi} = 0,6214$
	$W_{aii} = 0,0898$	$W_{asi} = 0,0562$

Características geométricas do perfil composto:

$Y_{Gc} = 0,290$	$Y_{lc} = 0,8403$	$Y_{Sc} = 0,2597$
$I_{Gc} = 0,117$	$W_{lc} = 0,1395$	$W_{Sc} = 0,4515$
	$Y_{alc} = 0,7903$	$Y_{asc} = 0,2197$
	$W_{alc} = 0,1483$	$W_{asc} = 0,5337$
	$Y_{laje} = 0,4897$	$W_{laje} = 0,2394$

Verificações das tensões em serviço

Seção 0: A_{p1} : 6 ϕ 12,7 CP-190 RB

A_{p2} : 2 ϕ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -34 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1366 \text{ MPa}$

$\Delta\sigma_{as} = -10 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1390 \text{ MPa}$

Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes				Carga móvel	
$M_{g1} =$	0 kN.m	$V_{g1} =$	75 kN	$M_q =$	0 kN.m
$M_{g2} =$	0 kN.m	$V_{g2} =$	97 kN	$V_q =$	222 kN
$M_{g3} =$	0 kN.m	$V_{g3} =$	61 kN		

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-5,8	-1,8	-
P + g1 + g2	-6,3	-1,6	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-5,5	-1,6	-0,1
P + Σ g + q	-5,5	-1,6	-0,1

Combinações de ações considerando proteção completa

Combinação frequente: P + Δ P + Σ g + ψ_1 x q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-5,5 -1,6

Combinação rara: P + Δ P + Σ g + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-5,5 -1,6

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_c \leq$	0,7 x $f_{ckj} = -22,9 \text{ MPa}$	$\sigma_t \leq$	1,2 x $f_{ctkj} = 2,6 \text{ MPa}$	(Em vazio)
$\sigma_c \leq$	0,7 x $f_{ck} = -28,0 \text{ MPa}$	$\sigma_t \leq$	1,2 x $f_{ctk} = 2,9 \text{ MPa}$	(Em serviço)

Seção 1: A_{p1} : 10 ϕ 12,7 CP-190 RB

A_{p2} : 2 ϕ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -60 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1340 \text{ MPa}$

$\Delta\sigma_{as} = 0 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1400 \text{ MPa}$

Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes				Carga móvel			
$M_{g1} =$	163 kN.m	$V_{g1} =$	60 kN	$M_q =$	481 kN.m	$V_q =$	190 kN
$M_{g2} =$	212 kN.m	$V_{g2} =$	78 kN				
$M_{g3} =$	132 kN.m	$V_{g3} =$	49 kN				

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-8,4	-2,9	-
P + g1 + g2	-6,2	-7,0	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-4,0	-7,2	-0,8
P + Σ g + q	-0,6	-8,3	-2,8

Combinações de ações considerando protensão completa

Combinação frequente: P + Δ P + Σ g + ψ_1 x q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-2,3 -7,8

Combinação rara: P + Δ P + Σ g + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-0,6 -8,3

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_{c \leq}$	$0,7 \times f_{ckj} = -22,9 \text{ MPa}$	$\sigma_{t \leq}$	$1,2 \times f_{ctkj} = 2,6 \text{ MPa}$	(Em vazio)
$\sigma_{c \leq}$	$0,7 \times f_{ck} = -28,0 \text{ MPa}$	$\sigma_{t \leq}$	$1,2 \times f_{ctk} = 2,9 \text{ MPa}$	(Em serviço)

Seção 2: A_{p1}: 14φ 12,7 CP-190 RB

A_{p2}: 2φ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -85 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1315 \text{ MPa}$

$\Delta\sigma_{as} = 9 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1409 \text{ MPa}$

Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes				Carga móvel	
M _{g1} =	289 kN.m	V _{g1} =	45 kN	M _q =	852 kN.m
M _{g2} =	376 kN.m	V _{g2} =	58 kN	V _q =	160 kN
M _{g3} =	235 kN.m	V _{g3} =	36 kN		

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-11,1	-3,4	-
P + g1 + g2	-6,9	-10,7	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-3,6	-11,2	-1,3
P + Σ g + q	2,5	-13,1	-4,8

Combinações de ações considerando protensão completa

Combinação frequente: P + Δ P + Σ g + ψ_1 x q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-0,5 -12,1

Combinação rara: P + Δ P + Σ g + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
2,5 -13,1

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ckj} = -22,9 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctkj} = 2,6 MPa	(Em vazio)
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ck} = -28,0 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctk} = 2,9 MPa	(Em serviço)

Seção 3: A_{p1}: 18φ 12,7 CP-190 RB
 A_{p2}: 2φ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -110 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1290 \text{ MPa}$
 $\Delta\sigma_{as} = 19 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1419 \text{ MPa}$
 Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes				Carga móvel	
M _{g1} =	380 kN.m	V _{g1} =	30 kN	M _q =	1110 kN.m
M _{g2} =	494 kN.m	V _{g2} =	39 kN	V _q =	132 kN
M _{g3} =	309 kN.m	V _{g3} =	24 kN		

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-14,0	-3,3	-
P + g1 + g2	-8,5	-12,9	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-4,3	-13,6	-1,7
P + Σ g + q	3,7	-16,0	-6,3

Combinações de ações considerando protensão completa

Combinação frequente: P + Δ P + Σ g + ψ_1 x q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
 -0,3 -14,8

Combinação rara: P + Δ P + Σ g + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
 3,7 -16,0

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ckj} = -22,9 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctkj} = 2,6 MPa	(Em vazio)
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ck} = -28,0 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctk} = 2,9 MPa	(Em serviço)

Seção 4: A_{p1}: 22φ 12,7 CP-190 RB

A_{p2}: 2φ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -135 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1265 \text{ MPa}$

$\Delta\sigma_{as} = 30 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1430 \text{ MPa}$

Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes			Carga móvel			
M _{g1} =	434 kN.m	V _{g1} =	15 kN	M _q = 1271 kN.m	V _q =	106 kN
M _{g2} =	565 kN.m	V _{g2} =	19 kN			
M _{g3} =	353 kN.m	V _{g3} =	12 kN			

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-17,2	-2,6	-
P + g1 + g2	-11,0	-13,5	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-6,0	-14,3	-1,9
P + Σ g + q	3,1	-17,1	-7,2

Combinações de ações considerando protensão completa

Combinação frequente: P + Δ P + Σ g + $\psi_1 \times q$

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-1,5 -15,7

Combinação rara: P + Δ P + Σ g + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
3,1 -17,1

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ckj} = -22,9 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctkj} = 2,6 MPa	(Em vazio)
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x f _{ck} = -28,0 MPa	$\sigma_{t \leq}$	1,2 x f _{ctk} = 2,9 MPa	(Em serviço)

Seção 5: Ap1: 22φ 12,7 CP-190 RB

Ap2: 2φ 12,7 CP-190 RB

Tensão inicial nas armaduras

$$\sigma_{pi} \leq \begin{pmatrix} 0,77 \times f_{ptk} \\ 0,85 \times f_{pyk} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Inferior } (\sigma_{ai}): 1400 \text{ MPa} \\ \text{Superior } (\sigma_{as}): 1400 \text{ MPa} \end{array}$$

Perdas consideradas

Encurtamento elástico do concreto: $\Delta\sigma_{ai} = -135 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0i} = 1265 \text{ MPa}$

$\Delta\sigma_{as} = 30 \text{ MPa}$ $\sigma_{a0s} = 1430 \text{ MPa}$

Perfil isolado: 6,0 % Máximo valor final: 18,0 %

Esforços considerados

Cargas permanentes			Carga móvel				
Mg1 =	452 kN.m	Vg1 =	0 kN	Mq =	1326 kN.m	Vq =	82 kN
Mg2 =	588 kN.m	Vg2 =	0 kN				
Mg3 =	368 kN.m	Vg3 =	0 kN				

Tensões enquanto perfil isolado

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 (em vazio)	-17,0	-2,9	-
P + g1 + g2	-10,4	-14,3	-

Tensões enquanto perfil composto

	$\sigma_{inferior}$ (MPa)	$\sigma_{superior}$ (MPa)	σ_{laje} (MPa)
P + g1 + g2 + g3	-5,4	-15,1	-2,0
P + Σ g + q	4,1	-18,0	-7,5

Combinações de ações considerando protensão completa

Combinação frequente: P + Δ P + Σ g + $\psi_1 \times q$

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
-0,6 -16,6

Combinação rara: P + Δ P + Σ g + q

$\sigma_{inferior}$ (MPa) $\sigma_{superior}$ (MPa)
4,1 -18,0

Limitações das tensões de acordo com NBR 6118/2014

Compressão		Tração		
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x fckj = -22,9 MPa	$\sigma_t \leq$	1,2 x fctkj = 2,6 MPa	(Em vazio)
$\sigma_{c \leq}$	0,7 x fck = -28,0 MPa	$\sigma_t \leq$	1,2 x fctk = 2,9 MPa	(Em serviço)

Verificações e dimensionamento aos esforços cortantes

Características dos materiais e dados da seção

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa} \quad f_{cd} = 29 \text{ MPa} \quad f_{ctd} = 1,8 \text{ MPa}$$

$$b_w = 0,14 \text{ m} \quad h = 1,33 \text{ m} \quad \text{cobrimento} = 3,0 \text{ cm} \quad d = 1,30 \text{ m}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

Limitações de tensões no concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}, \text{ sendo: } V_{sd} = 1,35 \times V_g + 1,50 \times V_q$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \times \alpha_v \times 2 \times f_{cd} \times b_w \times d$$

Armadura transversal

$$V_{sd} \leq V_{Rd3} = V_c + V_{sw}, \text{ sendo: } V_c = 0,6 \times f_{ctd} \times b_w \times d$$

$$V_{sw} = (A_{sw}/s) \times 0,9 \times d \times f_{yk}$$

$$A_{sw} = 0,2 \times b_w \times f_{ctm}/f_{yk}$$

Planilha de dimensionamento

Seções	V_g (kN)	V_q (kN)	V_{sd} (kN)	V_{Rd2} (kN)	V_c (kN)	V_{sw} (kN)	A_{sw}/s (cm ² /m)	Estribos
0	232	222	646	1177	191	455	8,96	6,3 c. 6
1	186	190	535	1177	191	344	6,78	6,3 c. 8
2	139	160	428	1177	191	237	4,67	6,3 c. 12
3	93	132	323	1177	191	132	2,61	6,3 c. 20
4	46	106	222	1177	191	31	1,96	6,3 c. 20
5	0	82	123	1177	191	-68	1,96	6,3 c. 20

Verificações para ligação mesa-alma

$$V_{Ld} \leq 0,3 \times f_{cd} \times h_f, \text{ sendo: } V_{Ld} = (V_{sd}/z) \times (b_{f1}/b_f) \quad z = d - h_f/2$$

b_{f1} = dimensão da aba da mesa
 b_f = dimensão total da mesa
 h_f = espessura da mesa

$$\text{Armadura de ligação mesa-alma: } A_{sf}/s_f = (V_{Ld} - 2,5 \times \tau_{RD} \times h_f)/f_{yd} > A_{sfmin} = 0,0015 \times h_f$$

Planilha de dimensionamento

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad \tau_{RD} = 0,35 \text{ MPa}$$

Seções	h_f (m)	b_{f1} (m)	b_f (m)	z (m)	V_{Ld} (kN)	A_{sf}/s_f (cm ² /m)
0	0,23	0,54	1,21	1,18	242	3,45
1	0,23	0,54	1,21	1,18	200	3,45
2	0,23	0,54	1,21	1,18	160	3,45
3	0,23	0,54	1,21	1,18	121	3,45
4	0,23	0,54	1,21	1,18	83	3,45
5	0,23	0,54	1,21	1,18	46	3,45

Verificação do estado limite último

Para $A_p = 21,71 \text{ cm}^2$ temos:

$$d = 1,28 \text{ m} \quad x = 0,19 \text{ m} \quad z = 1,21 \text{ m}$$

$$\varepsilon_{sp} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{pi} = 5,04 \text{ ‰} \quad \varepsilon_p = \varepsilon_{sp} + \varepsilon_{pi} = 15,04 \text{ ‰}$$

$$\sigma_p = 1516 \text{ MPa} \quad M_{Rd} = 3969 \text{ kN.m}$$

Como $M_{Rd} > M_{Sd} = 3890 \text{ kN.m}$ a seção está atendida.

Armaduras junto aos apoios na face inferior do perfil

Segundo NBR 6118/2014, item 17.4.1.2.2, devem ser consideradas armaduras longitudinais de tração junto ao apoio, considerando o esforço cortante V_{sd} . Não foram consideradas as cordoalhas protendidas aderentes junto aos apoios, pois as mesmas estão em região de ancoragem. Com isso temos:

$$A_s = 14,85 \text{ cm}^2$$

Adotaremos $8 \phi 16,0$

Armaduras junto aos apoios na face superior do perfil

As cordoalhas junto aos apoios ($6\phi 12,7$) causam um momento negativo, equivalente a:

$$M^- = 206 \text{ kN.m} \quad d = 1,06 \text{ m} \quad b = 0,80 \text{ m} \quad x = 0,0125 \text{ m}$$

$$A_s = 4,48 \text{ cm}^2$$

Adotaremos $4 \phi 12,5$ ao longo de todo comprimento da viga

Armaduras na face superior para resistir ao momento negativo no apoio

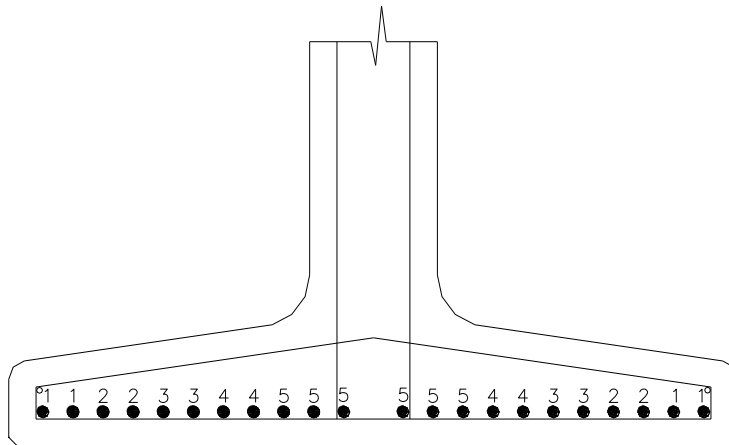
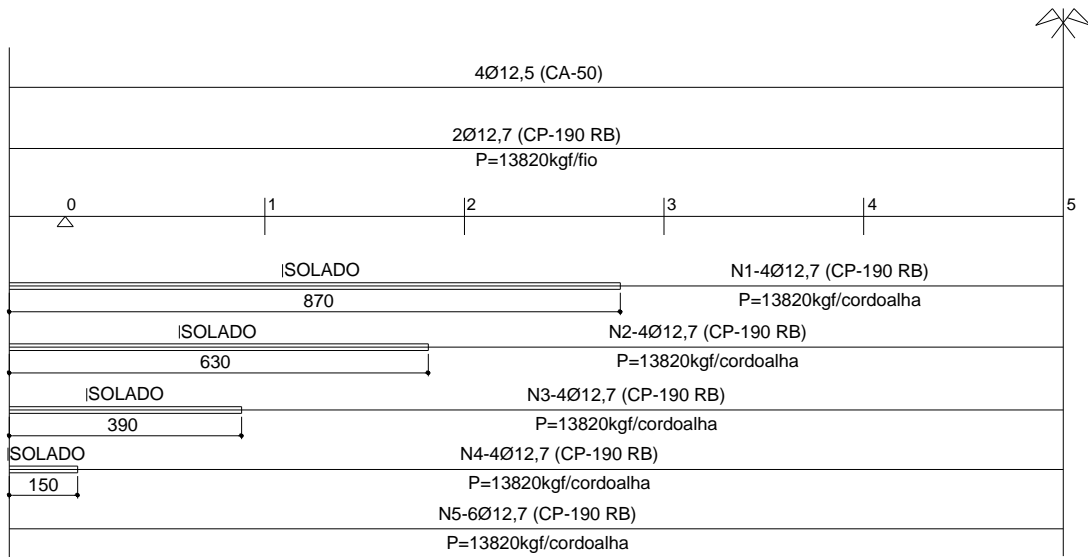
$$M_d = 0 \text{ kN.m} \quad d = 1,06 \text{ m} \quad b = 0,80 \text{ m} \quad x = 0,0000 \text{ m}$$

$$A_s = 0,00 \text{ cm}^2 < A_s = 4,66 \text{ cm}^2$$

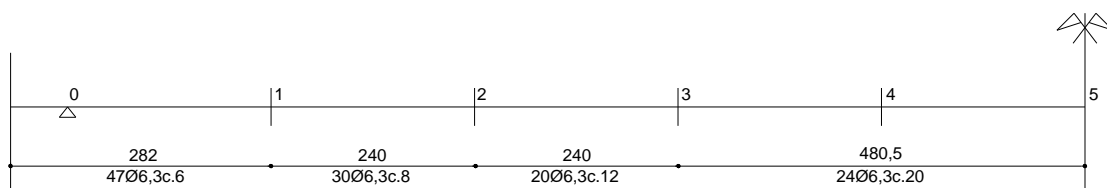
Adotaremos $4 \phi 12,5$ ao longo de todo comprimento da viga

Posicionamento das armaduras

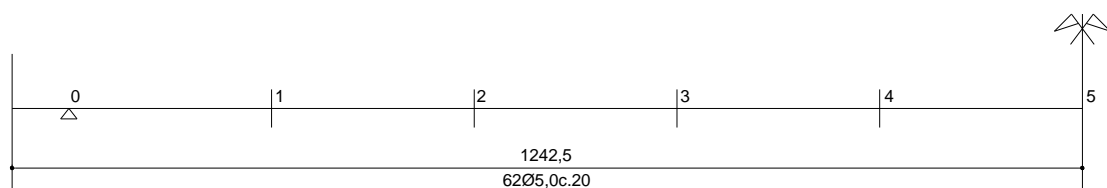
Para atender às limitações normativas em relação as tensões em serviço, as cordoalhas de 12,7mm foram isoladas de modo a interromper a aderência cordoalha-concreto.



Estribos verticais:

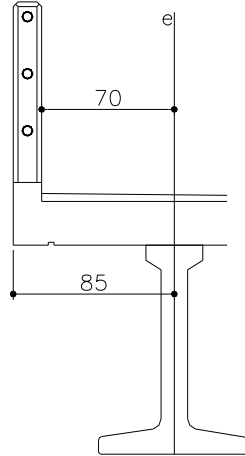


Estribos horizontais na mesa inferior:



1.3 Lajes

- Lajes em balanço



Momentos para cargas permanentes

$$M_{xeg} = 5,42 \text{ kN.m/m}$$

Momentos para cargas móveis

$$M_{xeq} = \frac{1,35 \times 5 \times 0,70 \times 0,70}{2} = 1,66 \text{ kN.m/m}$$

Dimensionamento

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$M_{xed} = 1,35 \times 5,42 + 1,5 \times 1,66 = 9,81 \text{ kN.m/m} = 981 \text{ kN.cm/m}$$

$$k_c = \frac{100 \cdot 20^2}{981} = 40,77 \rightarrow A_s^- = 1,14 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_{s\text{min}} = 3,45 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_s^- = 3,45 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 8,0 \text{ c.14}$$

Para as armaduras de distribuição, foram adotados: $A_{s\text{distr}} = \phi 6,3 \text{ c.14}$

- Laje central

Para o dimensionamento da laje central será utilizada a tabela de Rüsç n° 14 e 58, com placa engastada-apoiada.

$$l_x = 1,40 \text{ m} \quad l_x / a = 0,70 \quad t / a = 0,353 \quad \varphi = 1,35 \quad g = 9,50 \text{ kN/m}^2$$

Momentos para cargas permanentes

$$M_{xmg} = 0,0625 \times 9,50 \times 1,40^2 = 1,16 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{ymg} = 0,0104 \times 9,50 \times 1,40^2 = 0,19 \text{ kN.m/m}$$

$$-M_{xeg} = 0,125 \times 9,50 \times 1,40^2 = 2,33 \text{ kN.m/m}$$

$$-M_{yeg} = 0,125 \times 9,50 \times 1,40^2 = 2,33 \text{ kN.m/m}$$

Momentos para cargas móveis

$$M_{xmq} = 1,35 \times (75 \times 0,126) = 12,76 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{ymq} = 1,35 \times (75 \times 0,063) = 6,38 \text{ kN.m/m}$$

$$-M_{xeq} = 1,35 \times (75 \times 0,225 + 5 \times 0,14) = 23,73 \text{ kN.m/m}$$

$$-M_{yeq} = 1,35 \times (75 \times 0,262 + 5 \times 0,04) \times 0,95 = 25,46 \text{ kN.m/m}$$

Momentos gerados pela distribuição transversal das cargas móveis

$$M_{xmq} = 1,35 \times 75 \times 0,524 / 1,5 = 35,37 \text{ kN.m/m} \rightarrow M_{xmq} = 12,76 + 35,37 = 48,13 \text{ kN.m/m}$$

$$-M_{xeq} = 1,35 \times 75 \times 0,131 / 1,5 = 8,84 \text{ kN.m/m} \rightarrow -M_{xeq} = 23,73 + 8,84 = 32,57 \text{ kN.m/m}$$

Dimensionamento

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$M_{xmd} = 1,35 \cdot 1,16 + 1,5 \cdot 48,13 = 73,76 \text{ kN.m/m} = 7376 \text{ kN.cm/m}$$

$$k_c = \frac{100 \cdot 19^2}{7376} = 4,89 \rightarrow A_s = 9,51 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\text{min}} = 3,45 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Fadiga: $A_s = 11,71 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \Delta\sigma_s = 189,84 \text{ MPa} \rightarrow \phi 12,5 \text{ c.10}$

$$M_{y\text{md}} = 1,35 \cdot 0,19 + 1,5 \cdot 6,38 = 9,83 \text{ kN.m} / \text{m} = 983 \text{ kN.cm} / \text{m}$$

$$k_c = \frac{100 \cdot 18^2}{983} = 32,97 \rightarrow A_s = 1,27 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_{s\text{min}} = 3,45 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Fadiga: $A_s = 3,45 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \Delta\sigma_s = 86,85 \text{ MPa} \rightarrow \phi 8,0 \text{ c.14}$

$$-M_{x\text{ed}} = 1,35 \cdot 2,33 + 1,5 \cdot 32,57 = 52,00 \text{ kN.m} / \text{m} = 5200 \text{ kN.cm} / \text{m}$$

$$k_c = \frac{100 \cdot 19^2}{5542} = 6,94 \rightarrow A_s = 6,60 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\text{min}} = 3,45 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Fadiga: $A_s = 7,81 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \Delta\sigma_s = 189,98 \text{ MPa} \rightarrow \phi 12,5 \text{ c.16}$

$$-M_{y\text{ed}} = 1,35 \cdot 2,33 + 1,5 \cdot 25,46 = 41,34 \text{ kN.m} / \text{m} = 4134 \text{ kN.cm} / \text{m}$$

$$k_c = \frac{100 \cdot 18^2}{4133} = 7,84 \rightarrow A_s = 5,49 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\text{min}} = 3,45 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Fadiga: $A_s = 6,42 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \Delta\sigma_s = 189,70 \text{ MPa} \rightarrow \phi 10,0 \text{ c.12}$

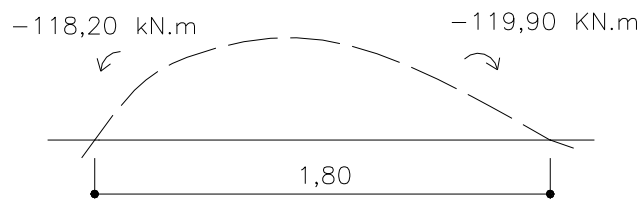
Para as armaduras de distribuição, foram adotados: $A_{s\text{distr}} = \phi 6,3 \text{ c.14}$

- **Lajes elásticas**

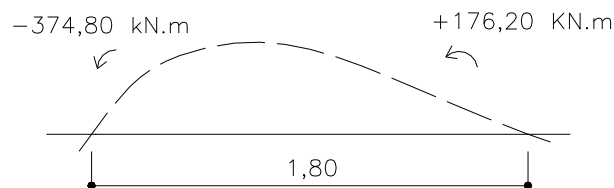
As lajes elásticas serão dimensionadas para absorver as rotações do tabuleiro.

Os esforços serão determinados com os seguintes carregamentos:

a) Carga permanente da fase g3



b) Carga móvel sobre o vão central



Dimensionamento

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Os momentos obtidos serão divididos pela largura da placa de 5,00m

$$-M_d = \frac{(1,35 \times 118,2 + 1,5 \times 374,8)}{11,50} = 62,76 \text{ kN.m/m} = 6276 \text{ kN.cm/m}$$

$$k_c = \frac{100 \cdot 14^2}{6276} = 3,12 \rightarrow A_s = 11,39 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\text{min}} = 3,45 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Fadiga: $A_s = 11,39 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \Delta\sigma_s = 181,83 \text{ MPa} \rightarrow$ Adotado: $\phi 12,5 \text{ c.11}$

$$+M_d = \frac{(1,0 \times (-119,9) + 1,5 \times 176,2)}{11,50} = 12,56 \text{ kN.m/m} = 1256 \text{ kN.cm/m}$$

$$k_c = \frac{100 \cdot 14^2}{1256} = 15,61 \rightarrow A_s = 2,11 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_{s\text{min}} = 3,45 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

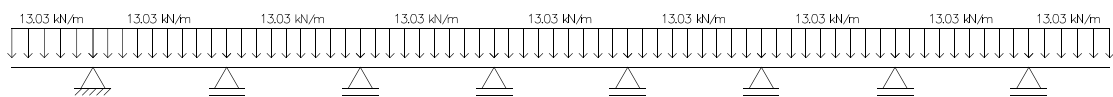
Fadiga: $A_s = 4,97 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \Delta\sigma_s = 189,55 \text{ MPa} \rightarrow$ Adotado: $\phi 10,0 \text{ c.16}$

1.4 Transversinas

- Cargas permanentes

Peso próprio: $6,38 \text{ kN/m}$

Reação das lajes: $6,65 \text{ kN/m}$



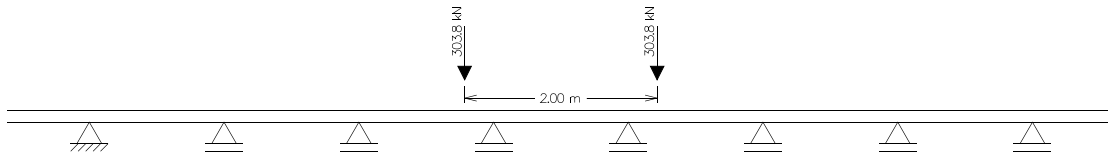
Esforços solicitantes devido as cargas permanentes

$$M_g^- = 4,7 \text{ kN.m}$$

$$M_g^+ = 1,3 \text{ kN.m}$$

$$V_g = 11,5 \text{ kN}$$

- Cargas móveis



Esforços solicitantes devido as cargas móveis

$$M_q^- = 420 \text{ kN.m}$$

$$M_q^+ = 713 \text{ kN.m}$$

$$V_q = 293,2 \text{ kN}$$

Dimensionamento

$$M_d^- = 1,35 \times 4,7 + 1,5 \times 420 = 69,35 \text{ kN.m} = 6935 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{25 \cdot 115^2}{6935} = 47,67 \rightarrow A_s^- = 1,40 \text{ cm}^2 = A_{s\text{min}} = 4,46 \text{ cm}^2 \rightarrow 3\phi 16,0$$

$$M_d^+ = 1,35 \times 13 + 1,5 \times 713 = 108,71 \text{ kN.m} = 10871 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{25 \cdot 115^2}{10871} = 30,41 \rightarrow A_s^+ = 2,20 \text{ cm}^2 > A_{s\text{min}} = 4,46 \text{ cm}^2 \rightarrow 3\phi 16,0$$

$$V_d = 1,35 \times 11,5 + 1,5 \times 293,2 = 455 \text{ kN}$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \times 0,88 \times 21429 \times 0,25 \times 1,15 = 1464 \text{ kN} > V_d \rightarrow \text{OK}$$

$$V_c = 0,6 \times 1448 \times 0,25 \times 1,15 = 250 \text{ kN}$$

$$V_{sw} = 455 - 250 = 205 \text{ kN}$$

$$A_{sw} = \frac{0,205}{0,9 \times 435 \times 1,15} = 0,000455 \text{ m}^2 / \text{m} = 4,55 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{sw\text{min}} = 2,90 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 6,3 \text{c.13 (2 ramos)}$$

$$A_{spele} = 0,10 \times 25 = 2,50 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 6,3 \text{c.12}$$

1.5 Cortinas

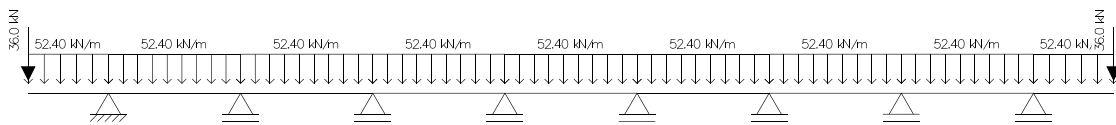
- Cargas permanentes

Peso próprio: 15,75 kN/m

Reação das lajes: 6,65 kN/m

Placa de transição: 30,00 kN/m

Peso próprio das alas: 36,00 kN



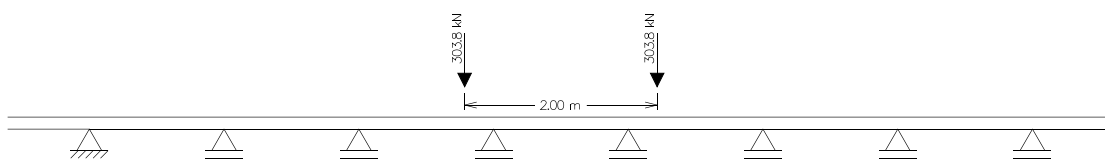
Esforços solicitantes devido as cargas permanentes

$$M_g^- = 49,5 \text{ kN.m}$$

$$M_g^+ = 9,3 \text{ kN.m}$$

$$V_g = 80,5 \text{ kN}$$

- Cargas móveis



Esforços solicitantes devido as cargas móveis

$$M_q^- = 42,0 \text{ kN.m}$$

$$M_q^+ = 71,3 \text{ kN.m}$$

$$V_q = 293,2 \text{ kN}$$

Dimensionamento

$$M_d^- = 1,35 \times 49,5 + 1,5 \times 42,00 = 129,83 \text{ kN.m} = 12983 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{30 \cdot 174^2}{12983} = 69,96 \rightarrow A_s^- = 1,73 \text{ cm}^2 < A_{s\min} = 9,45 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 25,0$$

$$M_d^+ = 1,35 \times 9,3 + 1,5 \times 71,3 = 119,51 \text{ kN.m} = 11951 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{30 \cdot 174^2}{11951} = 76,00 \rightarrow A_s^+ = 1,59 \text{ cm}^2 < A_{s\min} = 9,45 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 25,0$$

$$V_d = 1,35 \times 80,5 + 1,5 \times 293,2 = 548 \text{ kN}$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \times 0,88 \times 21429 \times 0,30 \times 1,74 = 2658 \text{ kN} > V_d \rightarrow OK$$

$$V_c = 0,6 \times 1448 \times 0,30 \times 1,74 = 453 \text{ kN}$$

$$V_{sw} = 548 - 453 = 95 \text{ kN}$$

$$A_{sw} = \frac{0,095}{0,9 \times 435 \times 1,74} = 0,000139 \text{ m}^2 / \text{m} = 1,39 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_{sw\min} = 3,48 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 6,3 \text{c.15 (2 ramas)}$$

$$A_{spele} = 0,10 \times 30 = 3,00 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 8,0 \text{c.16}$$

1.6 Alas

- Cargas verticais

Peso próprio: 36,00 kN

Dimensionamento

$$M_d = 1,35 \times 36,00 \times 1,00 = 48,60 \text{ kN.m} = 4860 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{40 \cdot 174^2}{4860} = 249 \rightarrow A_s = 0,65 \text{ cm}^2 < A_{s\min} = 10,80 \text{ cm}^2 \rightarrow 5\phi 16,0$$

- Cargas horizontais

Pressão do solo: $10,69 \text{ kN/m}^2$

Pressão da sobrecarga: $8,25 \text{ kN/m}^2$

Pressão média: $13,60 \text{ kN/m}^2$

Dimensionamento

$$M_d = \frac{1,35 \times 13,60 \times 3,60 \times 1,00}{1,74} = 37,99 \text{ kN.m} = 3799 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{100 \cdot 40^2}{3799} = 42,12 \rightarrow A_s = 2,20 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_{s\text{min}} = 6,00 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 10,0\text{c.13}$$

Armadura na face externa: $A_{s\text{min}} = 6,00 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 10,0\text{c.13}$

Estribos verticais: $A_{s\text{vmin}} = 4,64 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 8,0\text{c.20}$ (2 ramos)

2. MESOESTRUTURA

2.1 Cargas verticais da superestrutura

- Apoios P1=P4

$R_g = 401,80 \text{ kN/longarina}$

$R_q = 118,40 \text{ kN/longarina}$

$R_Q = 230,20 \text{ kN/longarina}$

- Apoios P2=P3

$R_g = 225,70 + 240,90 = 466,60 \text{ kN/longarina}$

$R_q = 106,30 + 109,50 = 215,80 \text{ kN/longarina}$

$R_Q = 217,80 \text{ kN/longarina}$

2.2 Cargas verticais da mesoestrutura

Pilares P1 = 22 kN

Pilares P2 = 79 kN

Pilares P3 = 79 kN

Travessas P1=P4 = 42 kN/m

Travessas P2=P3 = 56 kN/m

2.3 Aparelhos de apoio

Os aparelhos de apoio utilizados terão 200x250x42mm, sendo 3 camadas de elastômero com 8 mm e 4 chapas de aço com 3 mm.

$$\sigma_{\max} = \frac{0,568}{0,20 \times 0,25} = 11,36 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$$

$$k_a = \frac{1000 \times 0,20 \times 0,25}{3 \times 0,008} = 2083 \text{ kN/m por aparelho de apoio}$$

2.4 Rigidez longitudinal

- Pilares (Diâmetro = 80/100cm)

$$P1: k_p = \frac{3 \times 26072 \times 0,020}{1,75^3} = 291885 \text{ kN/m}$$

$$P2: k_p = \frac{3 \times 26072 \times 0,049}{4,00^3} = 59884 \text{ kN/m}$$

$$P3: k_p = \frac{3 \times 26072 \times 0,049}{4,00^3} = 59884 \text{ kN/m}$$

$$P4: k_p = \infty$$

- Conjunto pilar + aparelho de apoio

$$P1: \frac{1}{k_L} = \frac{1}{291885} + \frac{1}{4 \times 2083} \rightarrow k_L = 8101 \text{ kN} / m$$

$$P2: \frac{1}{k_L} = \frac{1}{59884} + \frac{1}{8 \times 2083} \rightarrow k_L = 13036 \text{ kN} / m$$

$$P3: \frac{1}{k_L} = \frac{1}{59884} + \frac{1}{8 \times 2083} \rightarrow k_L = 13036 \text{ kN} / m$$

$$P4: \frac{1}{k_L} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{4 \times 2083} \rightarrow k_L = 8332 \text{ kN} / m$$

2.5 Rigidez transversal

- Pórticos

A rigidez transversal dos pórticos foi obtida através do software de análise estrutural “Ftool”.

$$P1: k_p = 2343567 \text{ kN} / m$$

$$P2: k_p = 488998 \text{ kN} / m$$

$$P3: k_p = 488998 \text{ kN} / m$$

$$P4: k_p = \infty$$

- Conjunto pórtico + aparelho de apoio

$$P1: \frac{1}{k_L} = \frac{1}{2343567} + \frac{1}{8 \times 2083} \rightarrow k_L = 16073 \text{ kN} / m$$

$$P2: \frac{1}{k_L} = \frac{1}{488998} + \frac{1}{16 \times 2083} \rightarrow k_L = 31201 \text{ kN} / m$$

$$P3: \frac{1}{k_L} = \frac{1}{488998} + \frac{1}{16 \times 2083} \rightarrow k_L = 31201 \text{ kN / m}$$

$$P4: \frac{1}{k_L} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{8 \times 2083} \rightarrow k_L = 16664 \text{ kN / m}$$

2.6 Forças horizontais longitudinais

- Frenagem e aceleração: $F = 0,05 \times 5 \times 74,45 \times 8,00 = 150,90 \text{ kN}$

$$P1: H_L = \frac{150,9}{2} \times \frac{8101}{42505} = 14,38 \text{ kN}$$

$$P2: H_L = \frac{150,9}{2} \times \frac{13036}{42505} = 23,14 \text{ kN}$$

$$P3: H_L = \frac{150,9}{2} \times \frac{13036}{42505} = 23,14 \text{ kN}$$

$$P4: H_L = \frac{150,9}{2} \times \frac{8332}{42505} = 14,79 \text{ kN}$$

- Empuxo unilateral de solo sobre uma cortina: $E = 9,719 \times 10,70 = 104 \text{ kN}$

$$P1: H_L = \frac{104}{2} \times \frac{8101}{42505} = 9,91 \text{ kN}$$

$$P2: H_L = \frac{104}{2} \times \frac{13036}{42505} = 15,95 \text{ kN}$$

$$P3: H_L = \frac{104}{2} \times \frac{13036}{42505} = 15,95 \text{ kN}$$

$$P4: H_L = \frac{104}{2} \times \frac{8332}{42505} = 10,19 \text{ kN}$$

- Temperatura e retração: $\Delta T = 36^\circ\text{C}$ (PDN = 36,60m à direita do apoio P1)

$$P1: H_L = 8101 \times 36 \times 10^{-5} \times 36,60 = 106,74 \text{ kN}$$

$$P2: H_L = 13036 \times 36 \times 10^{-5} \times 12,68 = 59,51 \text{ kN}$$

$$P3: H_L = 13036 \times 36 \times 10^{-5} \times 12,32 = 57,82 \text{ kN}$$

$$P4: H_L = 8332 \times 36 \times 10^{-5} \times 36,25 = 108,73 \text{ kN}$$

- Somatório de forças horizontais

$$P1: H_L = 14,38 + 9,91 + 106,74 = 131,03 \text{ kN}$$

$$P2: H_L = 23,14 + 15,95 + 59,51 = 98,60 \text{ kN}$$

$$P3: H_L = 23,14 + 15,95 + 57,82 = 96,91 \text{ kN}$$

$$P4: H_L = 14,79 + 10,19 + 108,73 = 133,71 \text{ kN}$$

2.7 Forças horizontais transversais

- Vento: $H_w = 74,45 \times 3,43 \times 1,00 = 255,37 \text{ kN}$

$$P1: H_L = 43,78 \text{ kN}$$

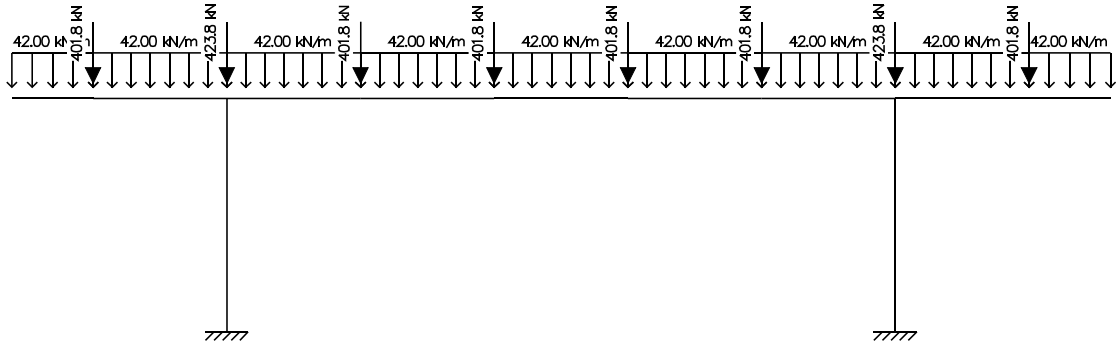
$$P2: H_L = 84,18 \text{ kN}$$

$$P3: H_L = 83,33 \text{ kN}$$

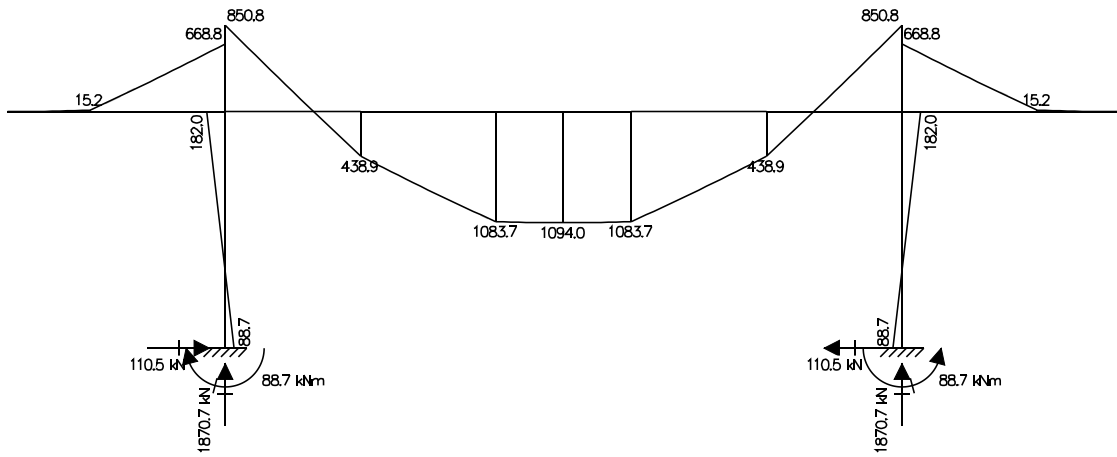
$$P4: H_L = 44,07 \text{ kN}$$

2.8 Esforços no pórtico P1

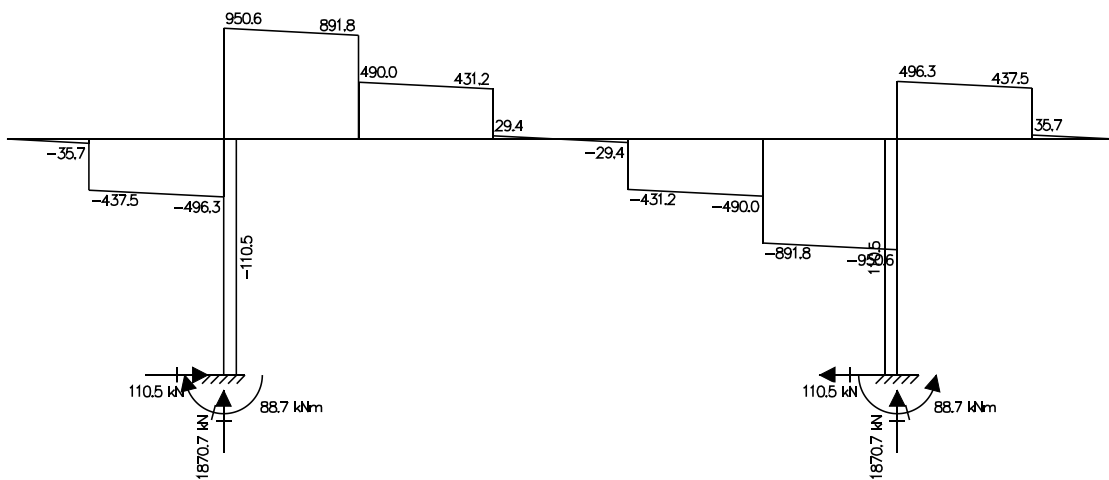
- Cargas permanentes



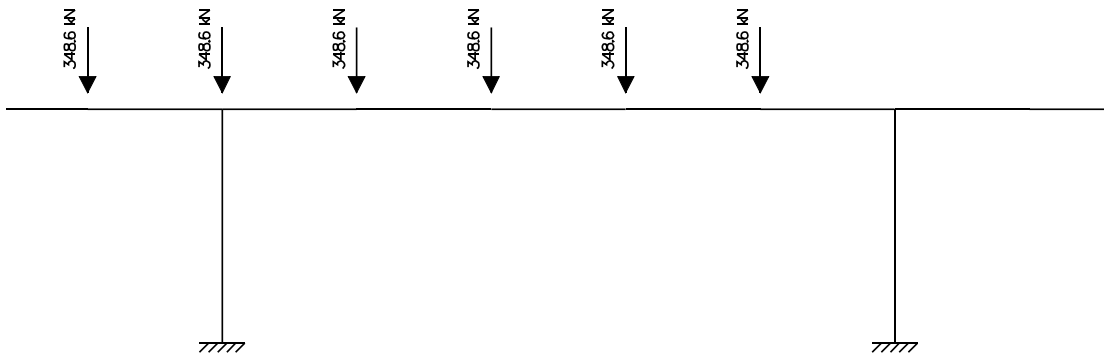
- Momentos fletores



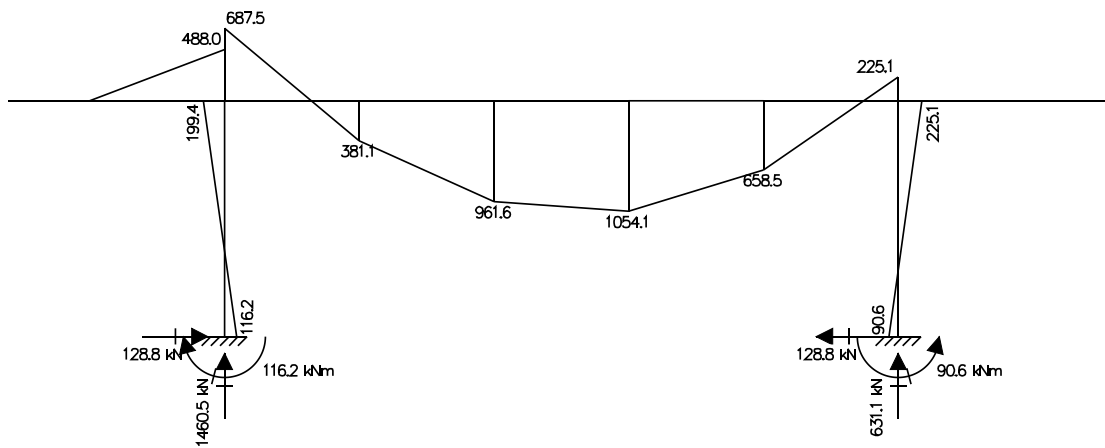
- Esforços cortantes



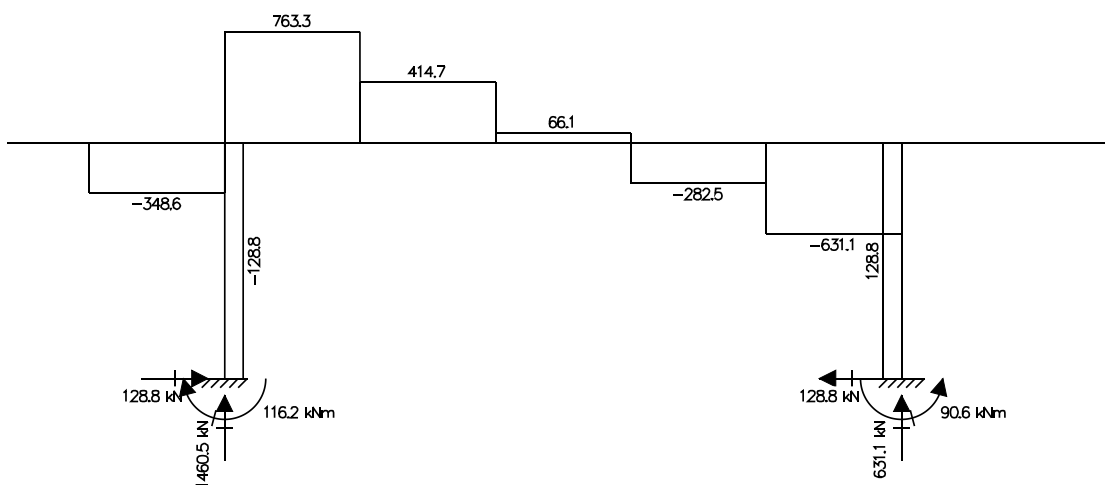
- Cargas móveis (Hipótese 1)



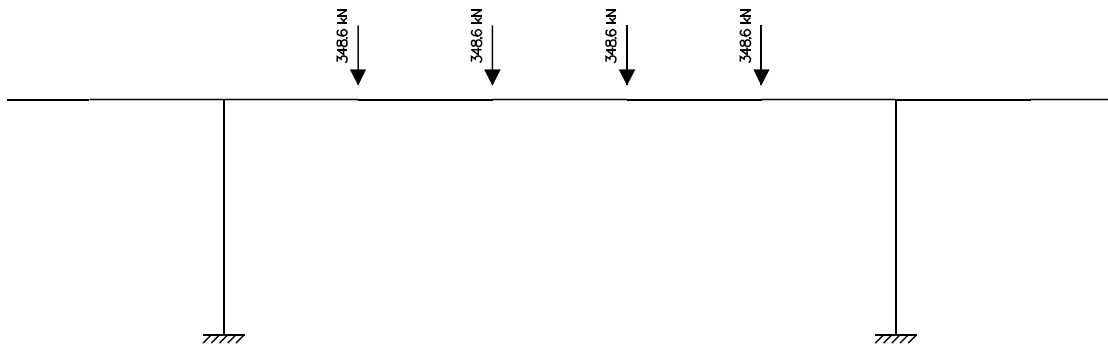
- Momentos fletores



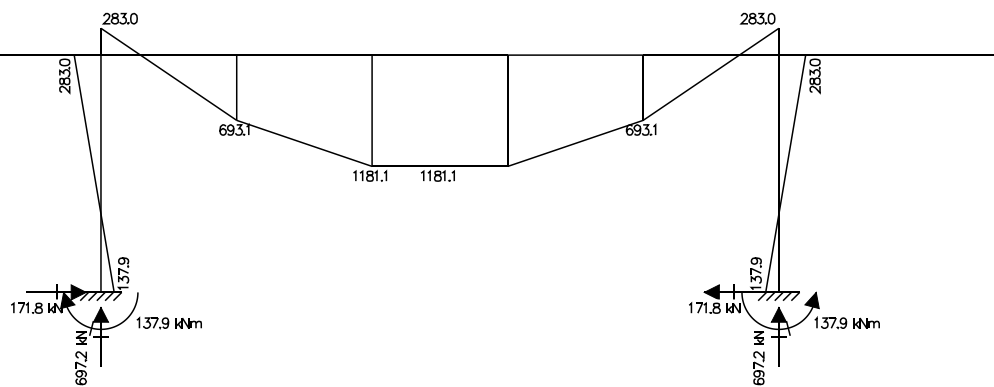
- Esforços cortantes



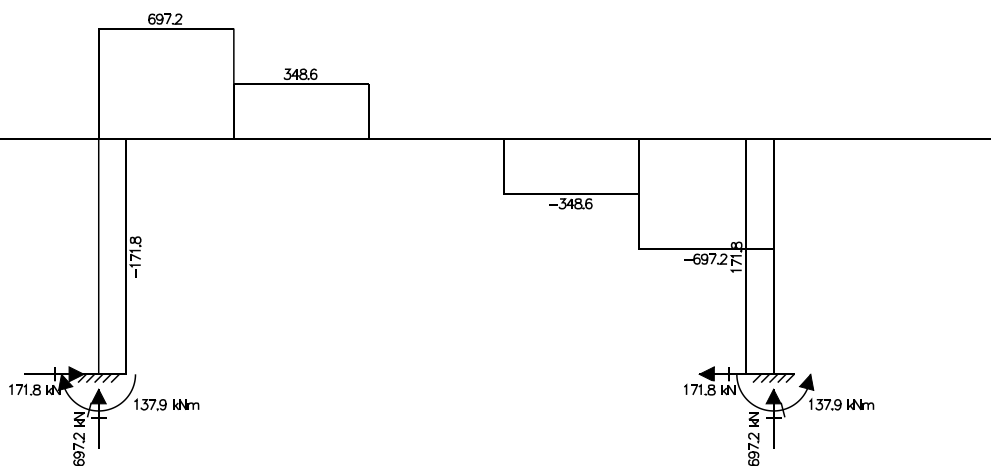
- Cargas móveis (Hipótese 2)



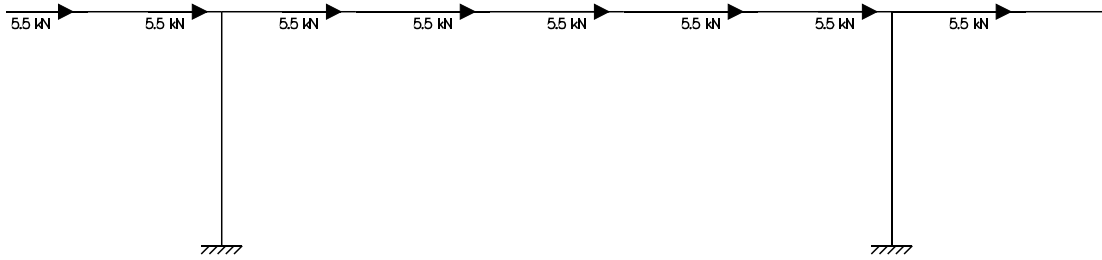
- Momentos fletores



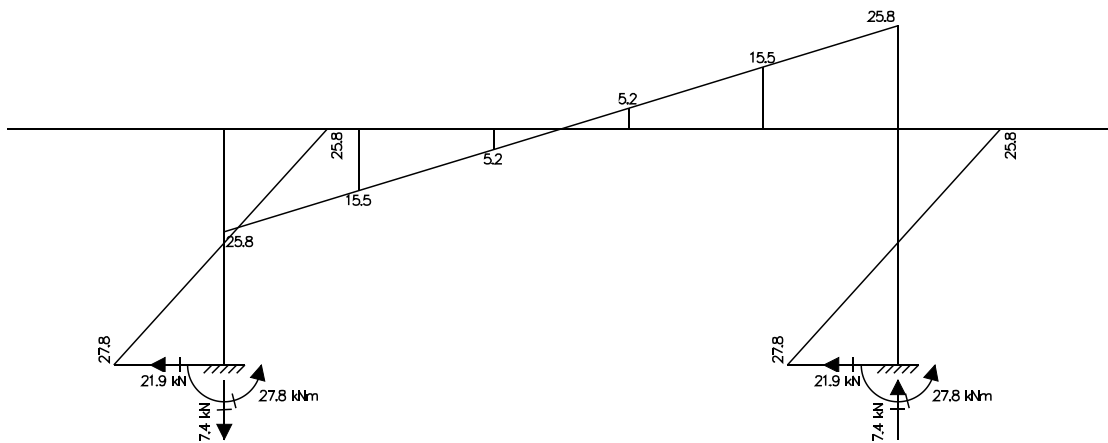
- Esforços cortantes



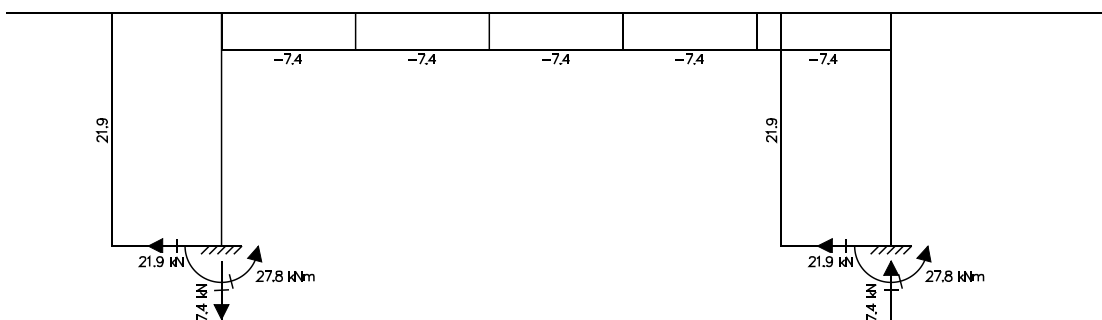
- Vento



- Momentos fletores

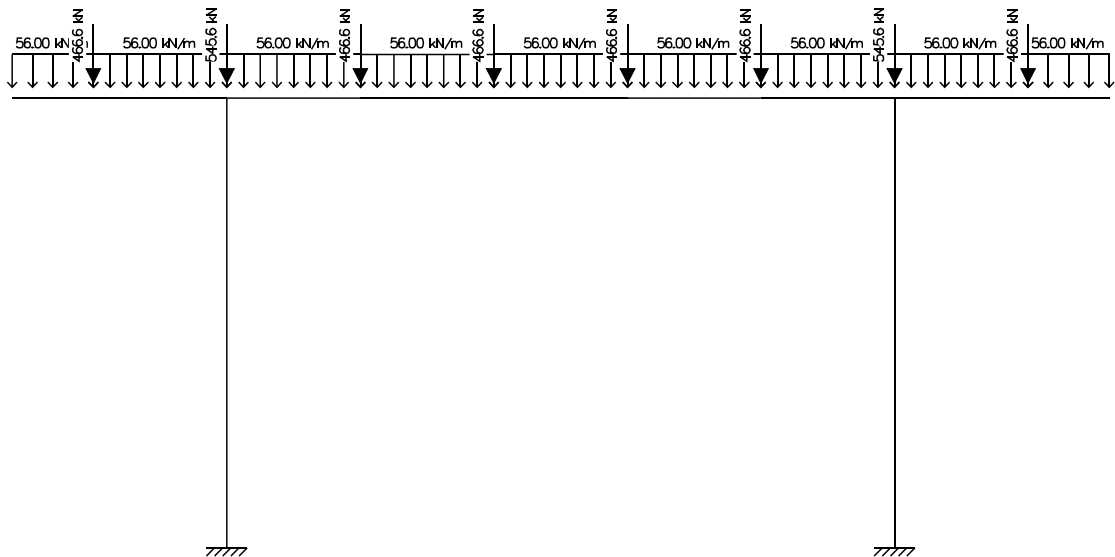


- Esforços cortantes

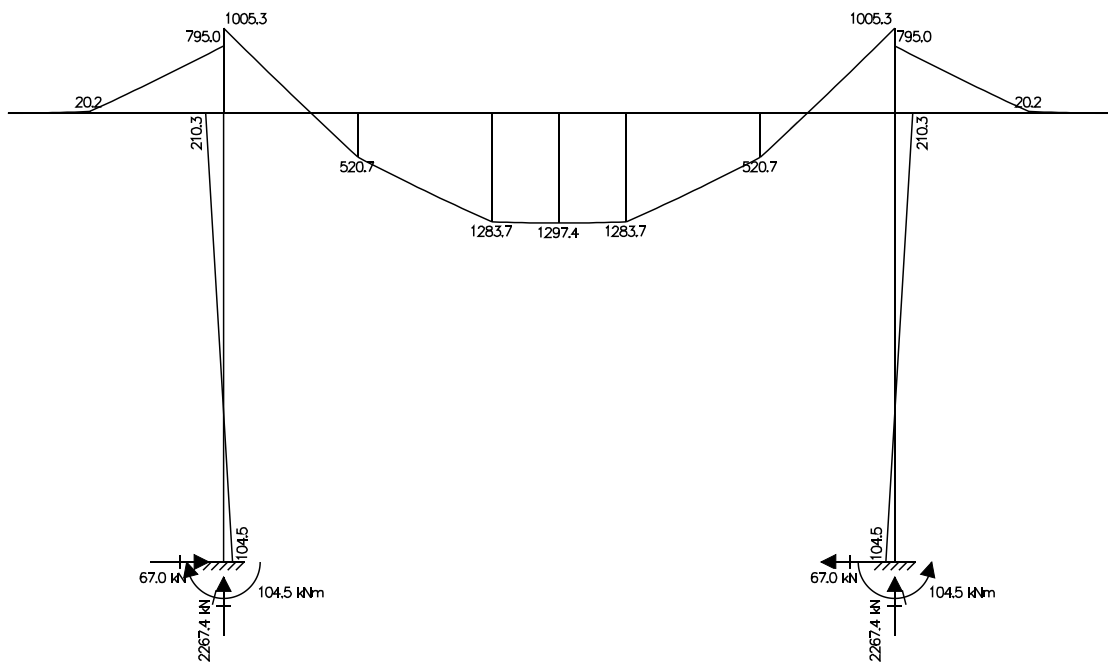


2.9 Esforços no pórtico P2

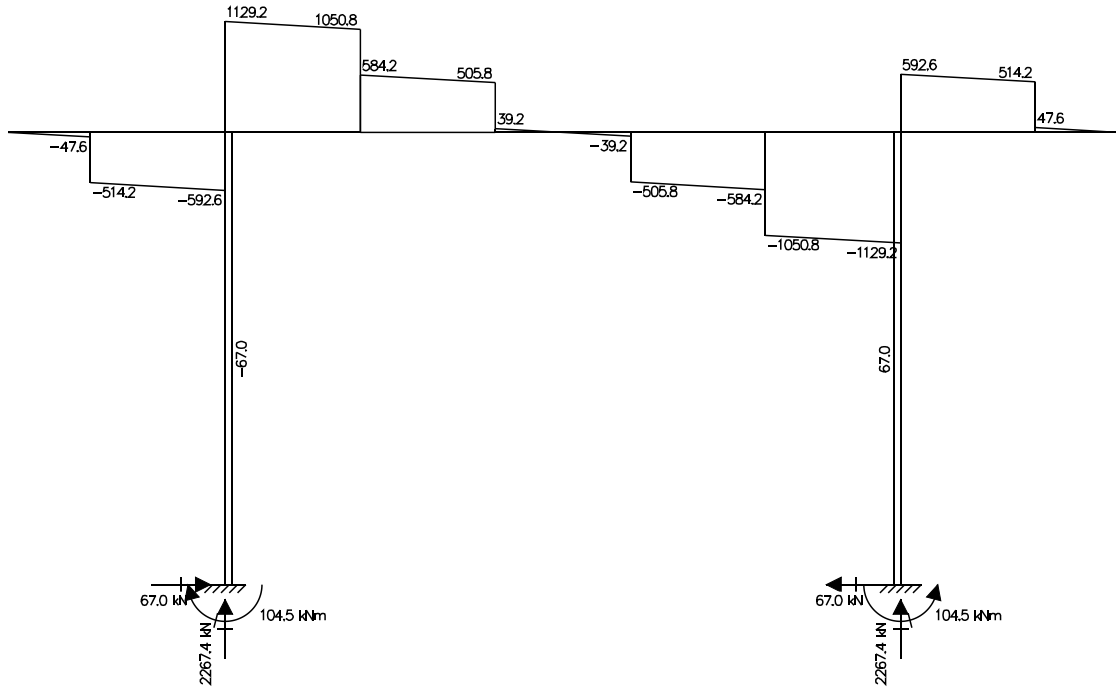
- Cargas permanentes



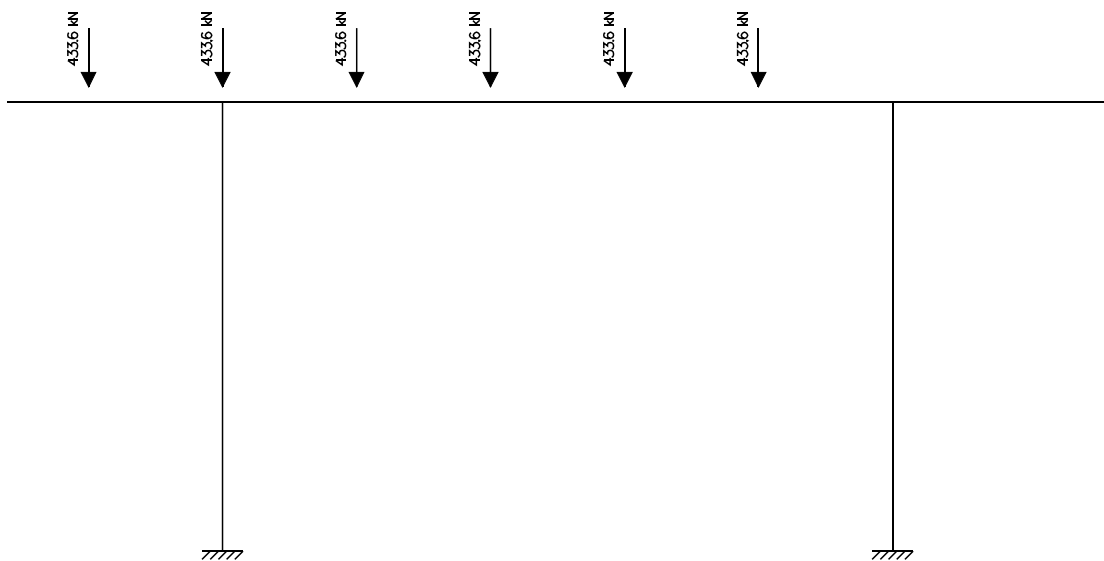
- Momentos fletores



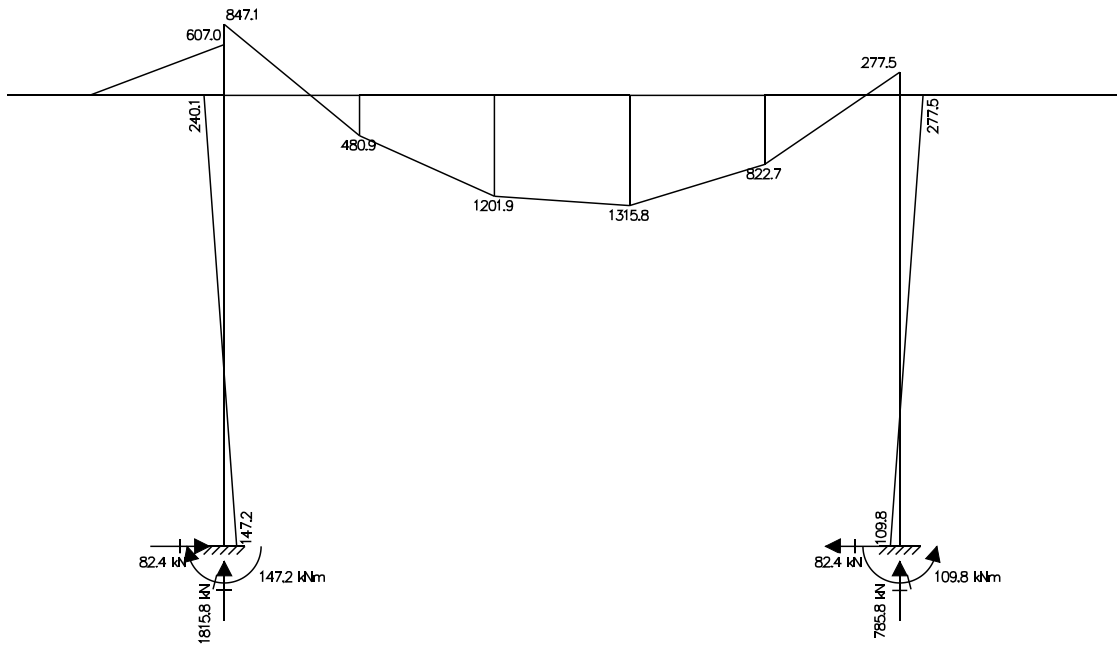
- Esforços cortantes



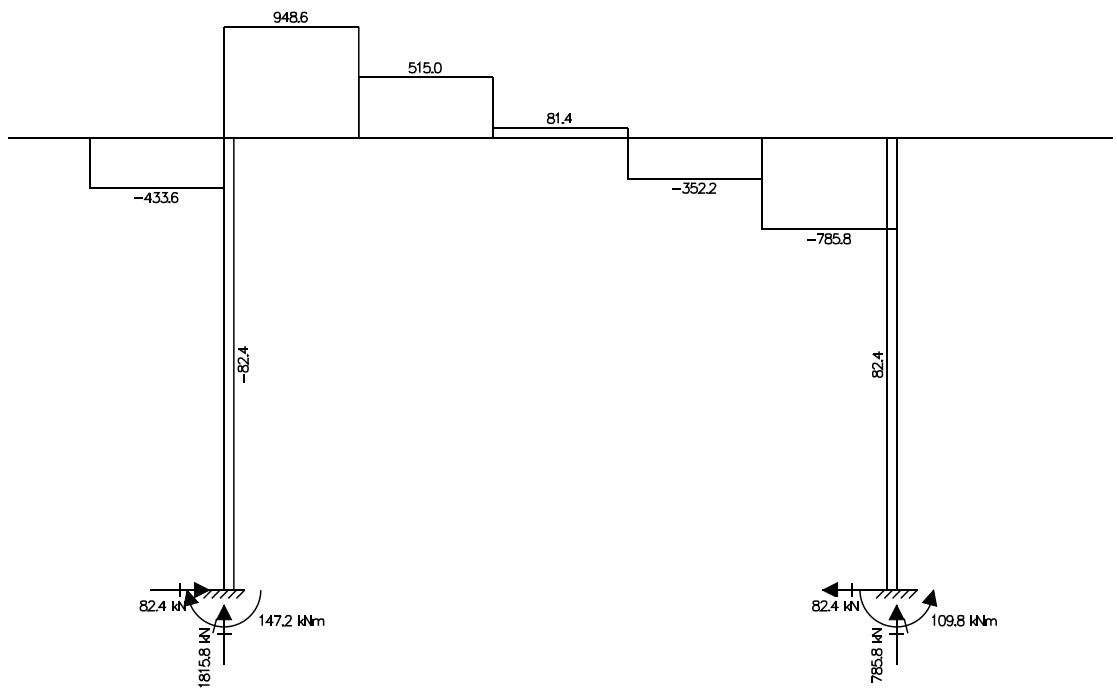
- Cargas móveis (Hipótese 1)



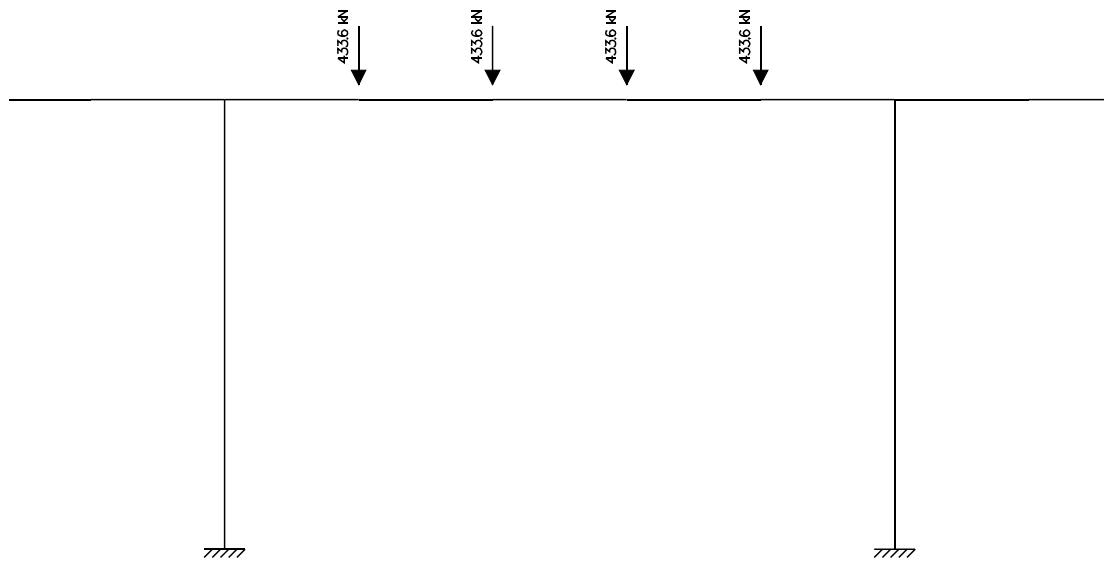
- Momentos fletores



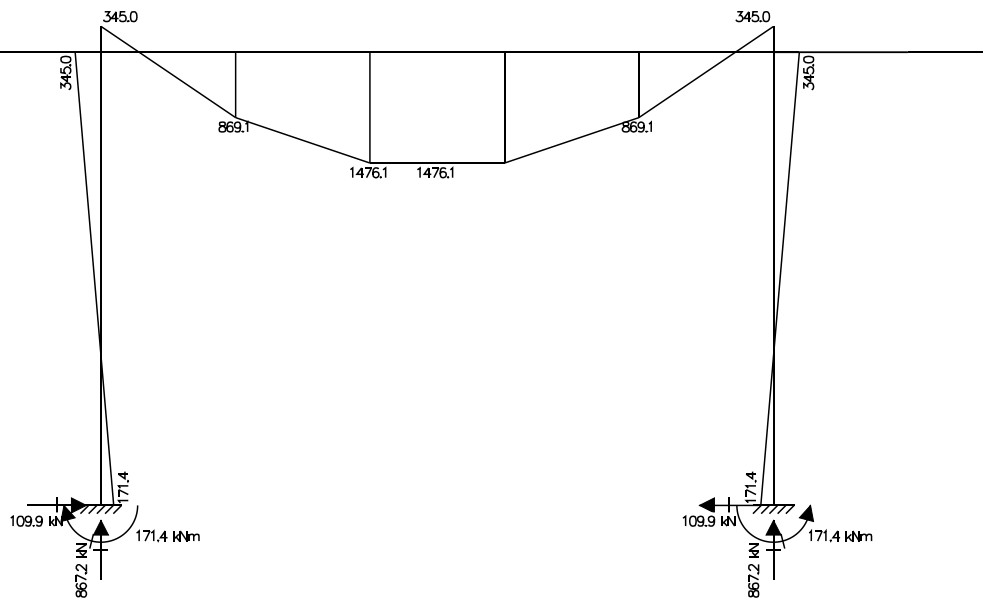
- Esforços cortantes



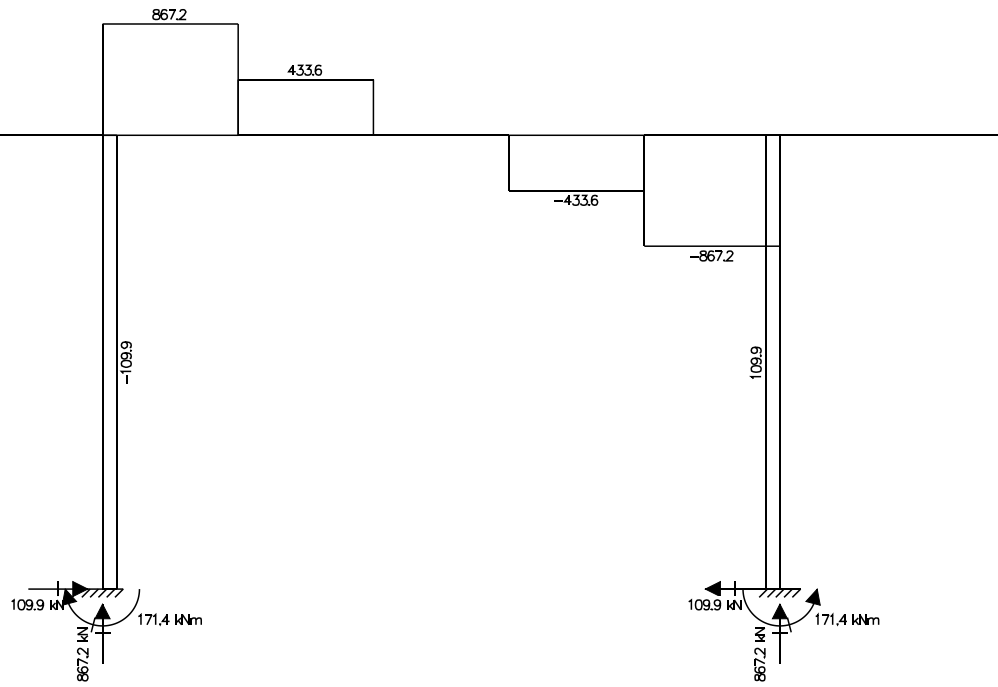
- Cargas móveis (Hipótese 2)



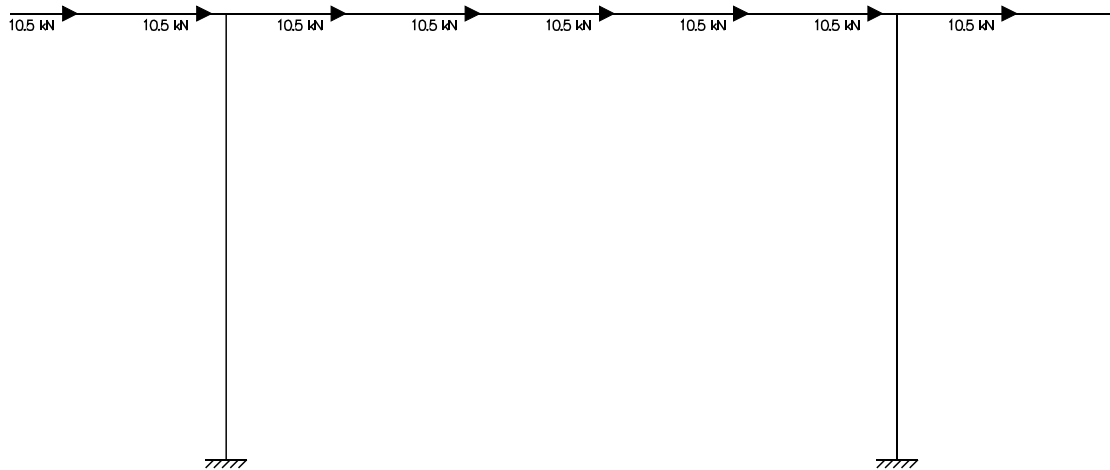
- Momentos fletores



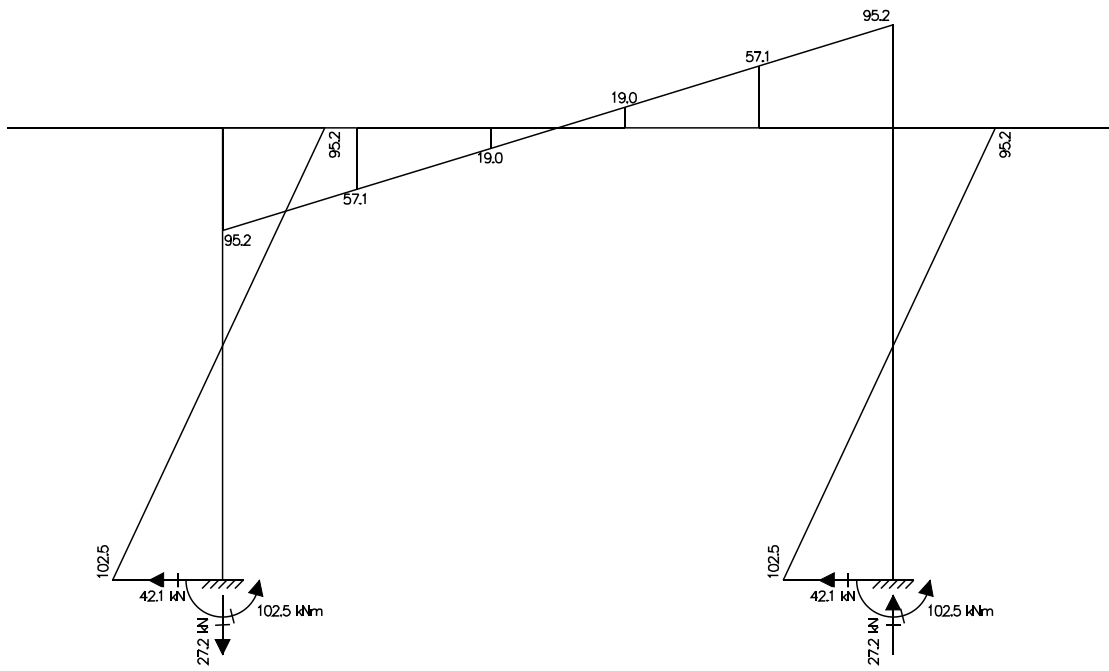
- Esforços cortantes



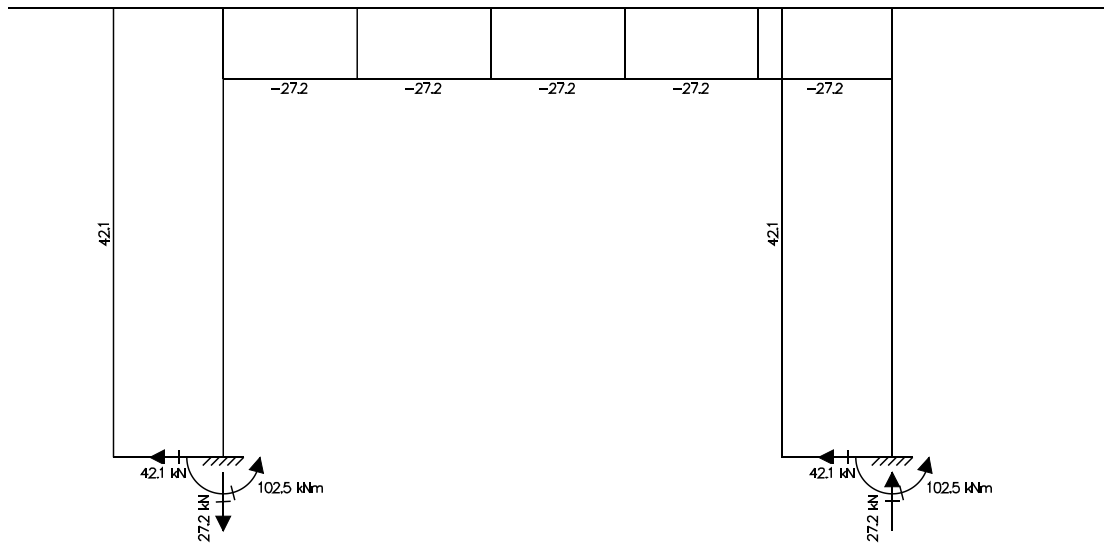
• Vento



- Momentos fletores

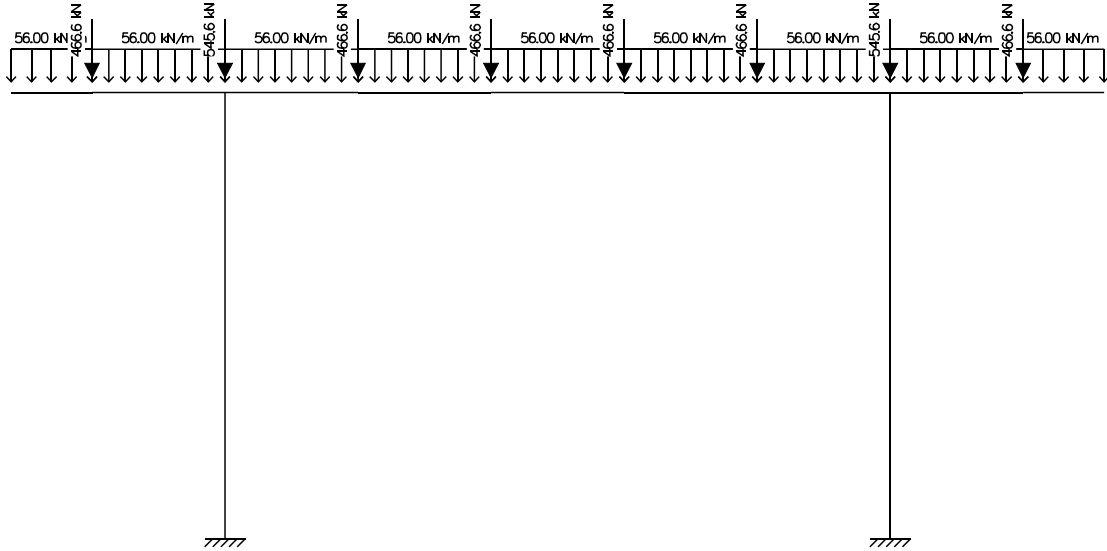


- Esforços cortantes

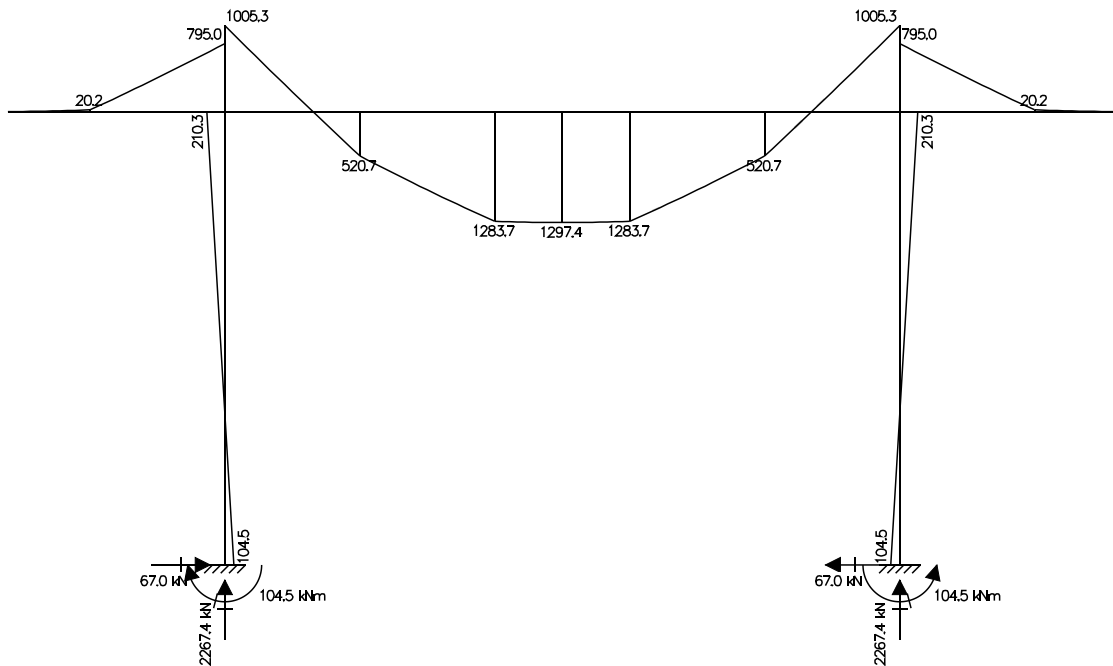


2.10 Esforços no pórtico P3

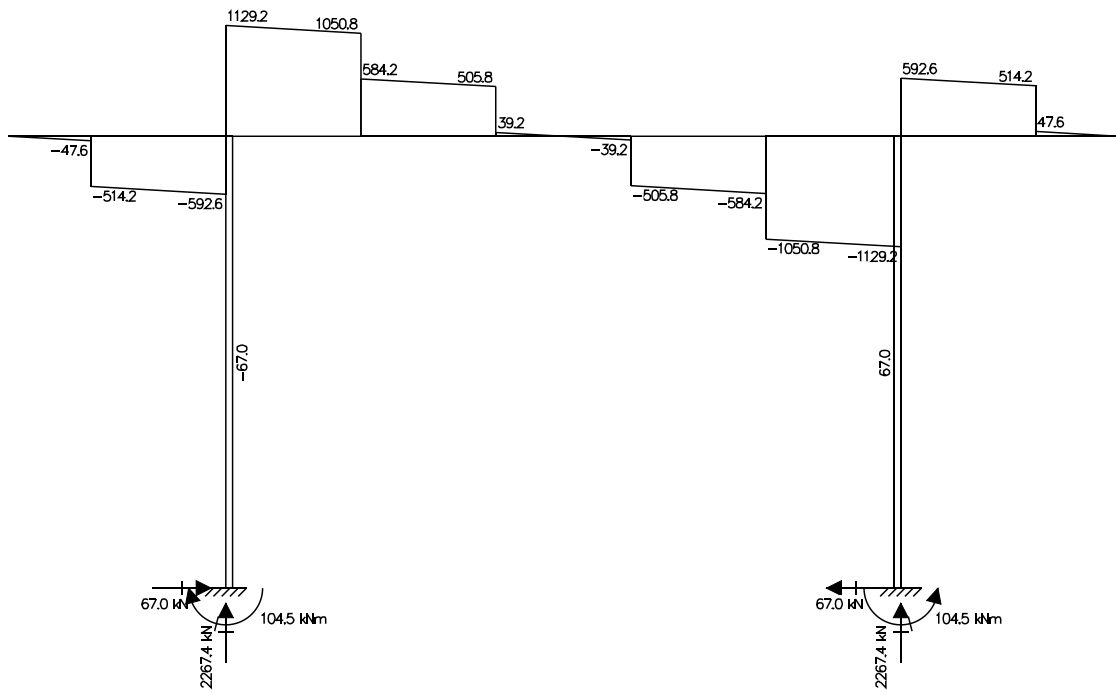
- Cargas permanentes



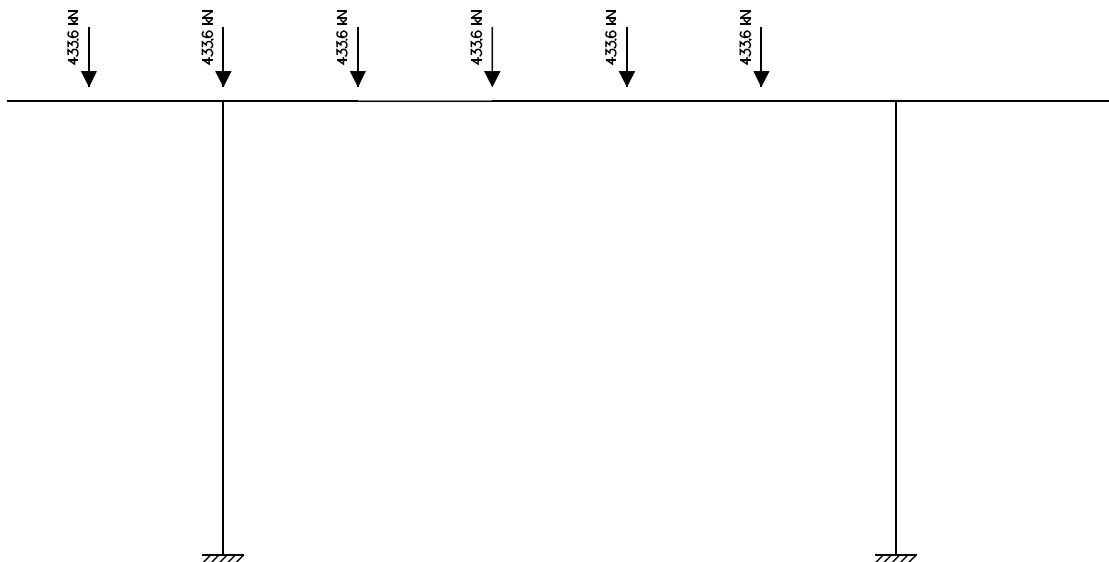
- Momentos fletores



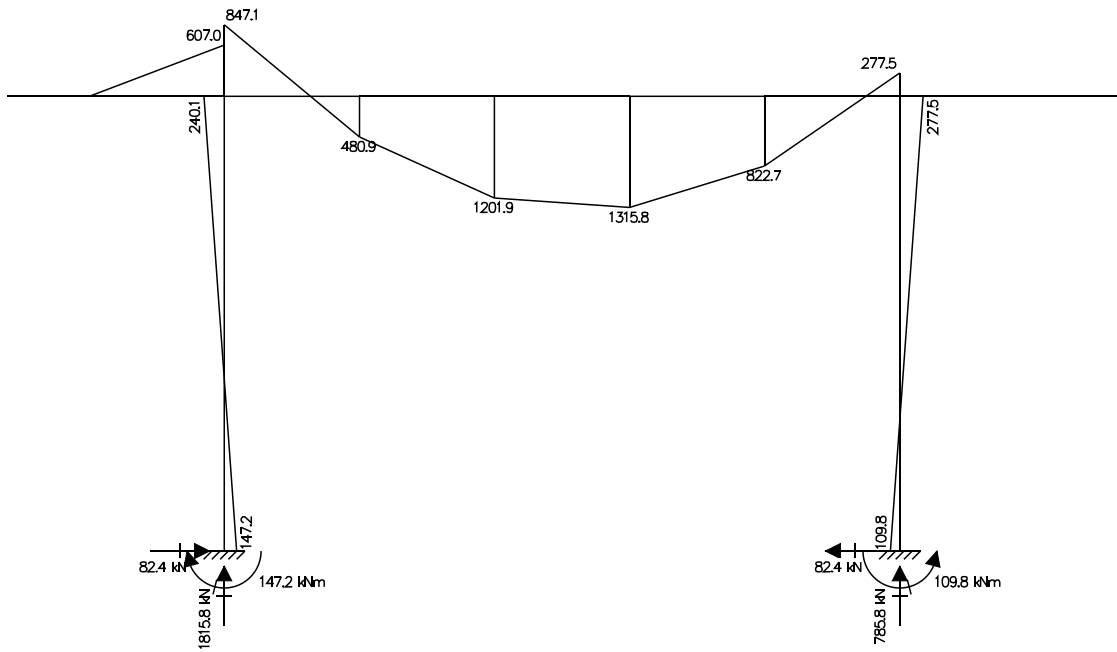
- Esforços cortantes



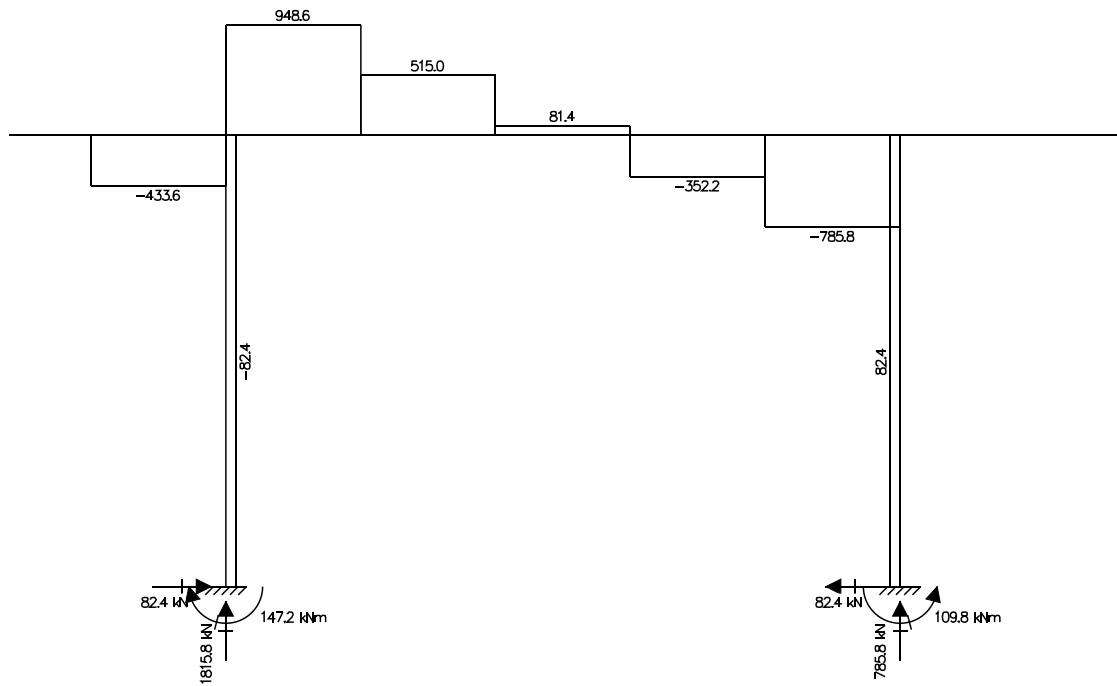
- Cargas móveis (Hipótese 1)



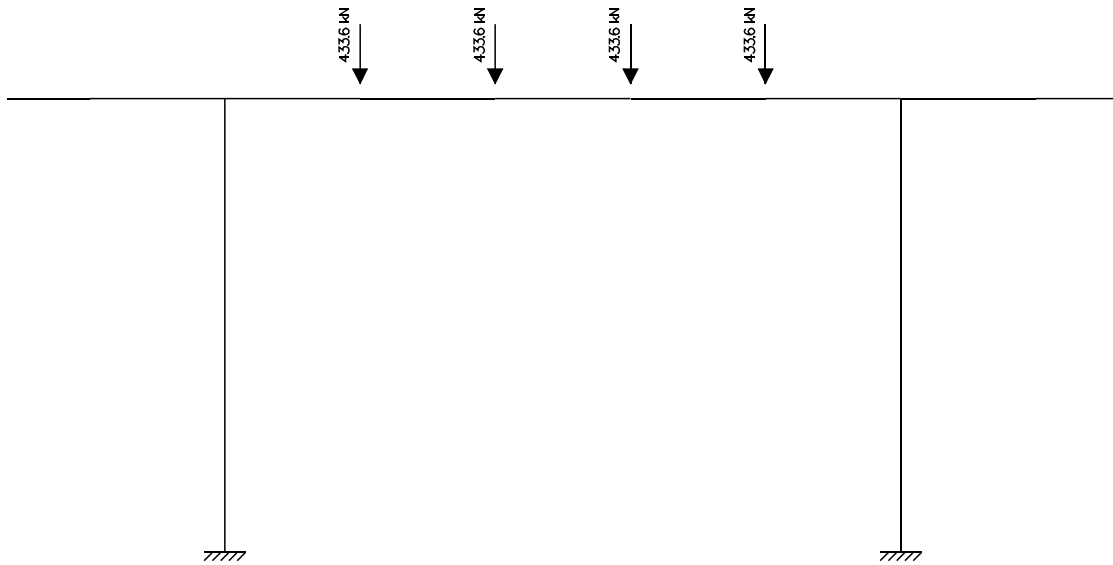
- Momentos fletores



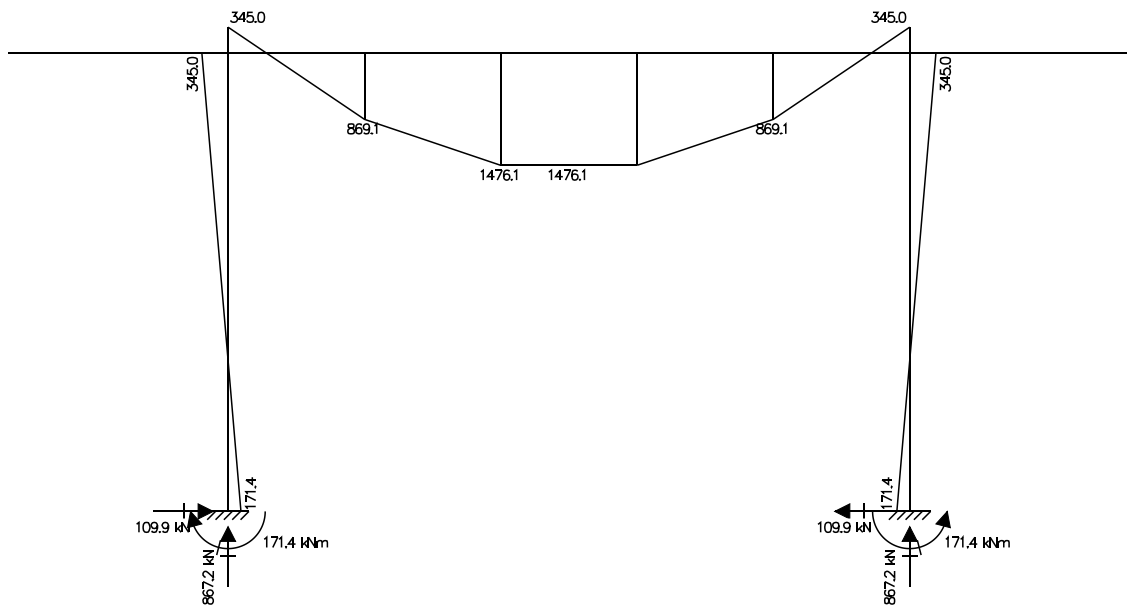
- Esforços cortantes



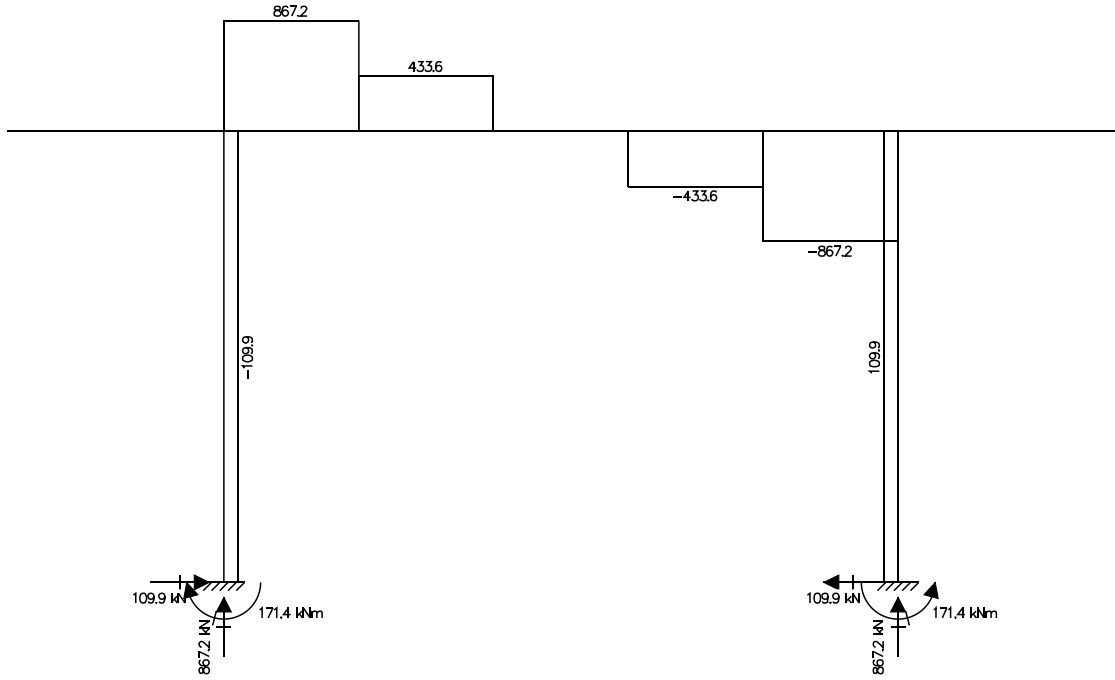
- Cargas móveis (Hipótese 2)



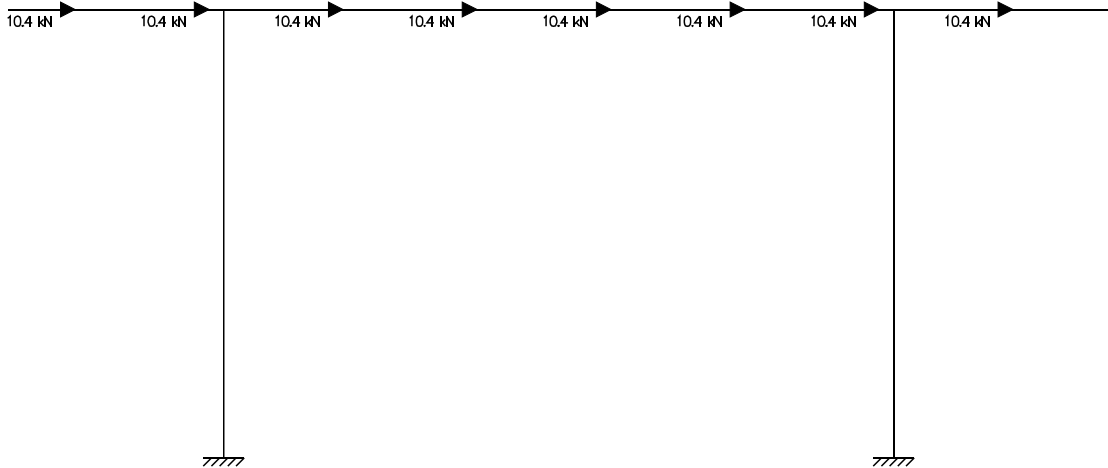
- Momentos fletores



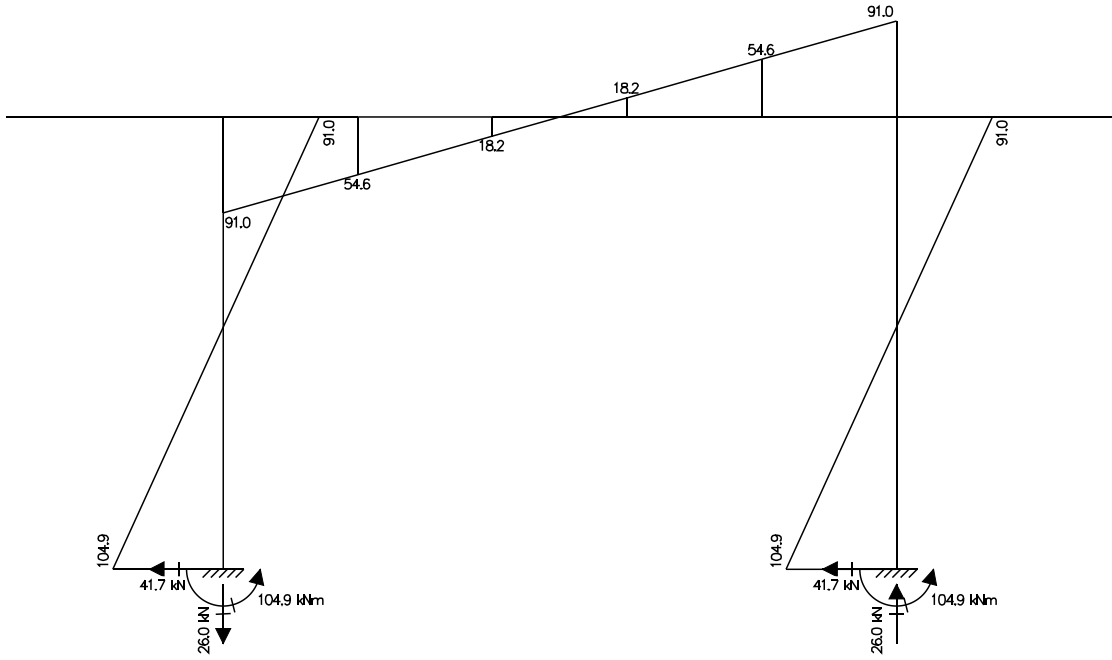
- Esforços cortantes



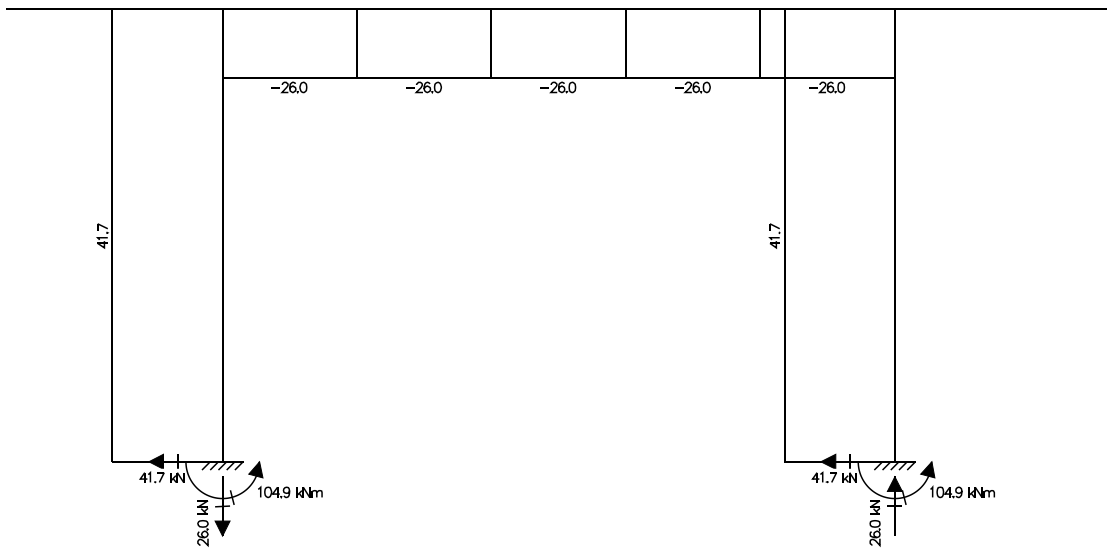
• Vento



- Momentos fletores

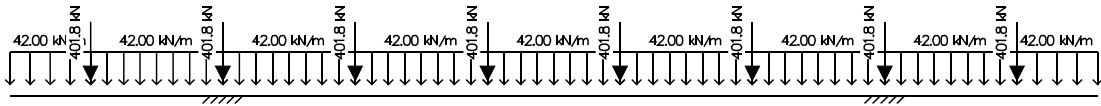


- Esforços cortantes

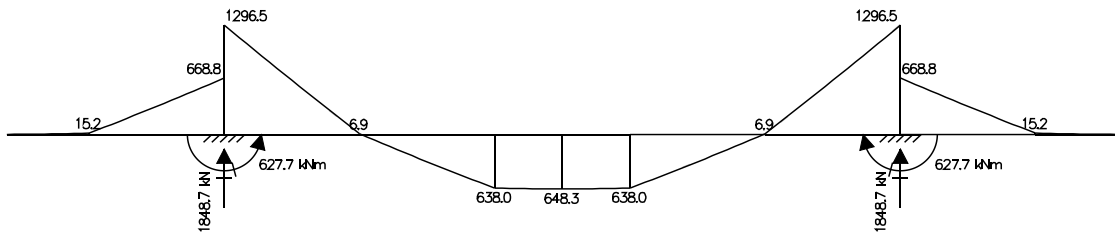


2.11 Esforços no pórtico P4

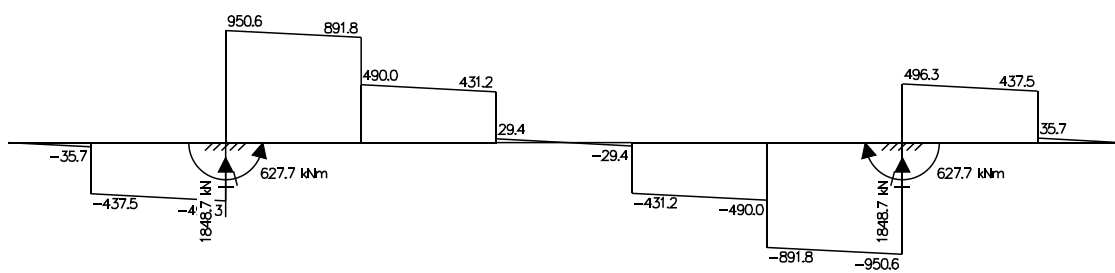
- Cargas permanentes



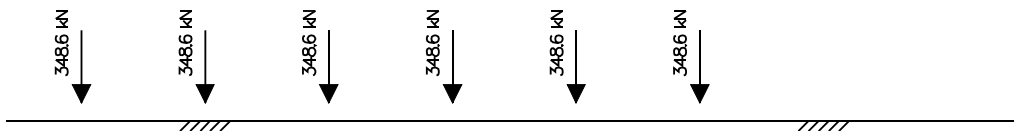
- Momentos fletores



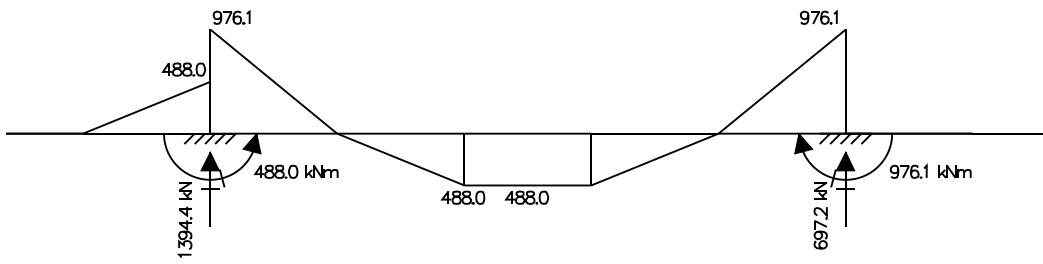
- Esforços cortantes



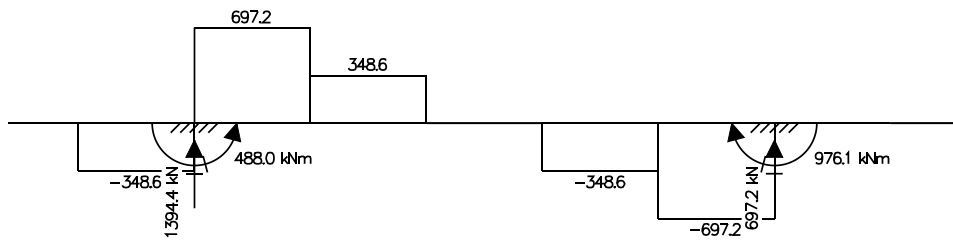
- Cargas móveis (Hipótese 1)



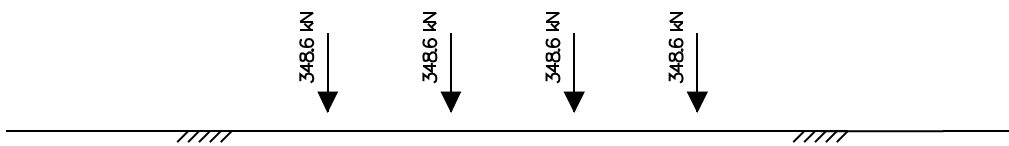
- Momentos fletores



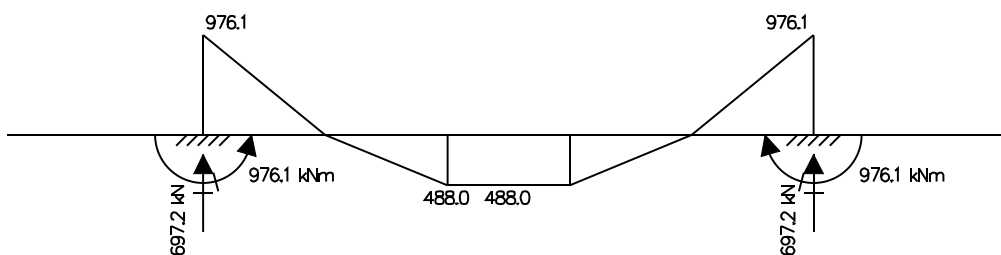
- Esforços cortantes



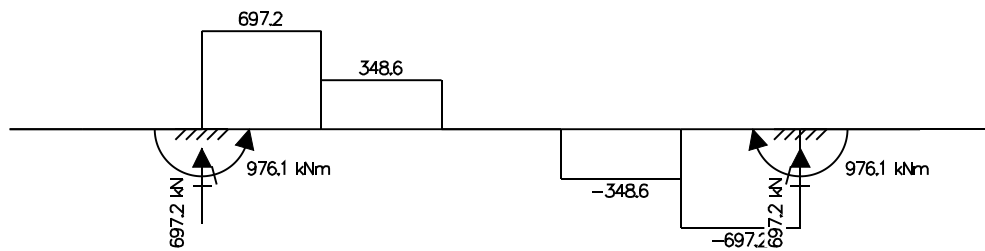
- Cargas móveis (Hipótese 2)



- Momentos fletores



- Esforços cortantes



2.12 Dimensionamento travessas topo dos pilares

- Apoio P1=P4

$$M_d^- = 1,35 \times 1296,5 + 1,50 \times 976,1 = 3214,42 \text{ kN.m} = 321442 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{120 \times 134^2}{321442} = 6,70 \rightarrow A_s^- = 57,81 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_{s\text{min}} = 25,20 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow 12\phi 25,0$$

$$M_d^+ = 1,35 \times 1094 + 1,50 \times 1181,1 = 3248,55 \text{ kN.m} = 324855 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{120 \times 134^2}{324855} = 6,63 \rightarrow A_s^+ = 58,43 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\text{min}} = 25,20 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow 12\phi 25,0$$

$$V_d = 1,35 \times 951 + 1,5 \times 771 = 2439 \text{ kN}$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \times 0,88 \times 21429 \times 1,20 \times 1,34 = 8187 \text{ kN} > V_d \rightarrow \text{OK}$$

$$V_c = 0,6 \times 1448 \times 1,20 \times 1,34 = 1397 \text{ kN}$$

$$V_{sw} = 2439 - 1397 = 1042 \text{ kN}$$

$$A_{sw} = \frac{1,042}{0,9 \times 435 \times 1,34} = 0,001986 \text{ m}^2 / \text{m} = 19,86 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{sw\text{min}} = 13,90 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 10,0 \text{c.16 (4 ramos)}$$

$$A_{spele} = 0,10 \times 120 = 12,00 \text{ cm}^2 / \text{m} > 5,00 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 10,0 \text{c.16}$$

- Apoio P2=P3

$$M_d^- = 1,35 \times 1005,3 + 1,50 \times 942,3 = 2770,61 \text{ kN.m} = 277061 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{160 \times 134^2}{277061} = 10,37 \rightarrow A_s^- = 49,00 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_{s\text{min}} = 33,60 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow 10\phi 25,0$$

$$M_d^+ = 1,35 \times 1297,4 + 1,50 \times 1476,1 = 3965,64 \text{ kN.m} = 396564 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{160 \times 134^2}{386564} = 7,43 \rightarrow A_s^+ = 68,95 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\text{min}} = 33,60 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow 14\phi 25,0$$

$$V_d = 1,35 \times 1129,2 + 1,5 \times 975,8 = 2988 \text{ kN}$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \times 0,88 \times 21429 \times 1,60 \times 1,34 = 10916 \text{ kN} > V_d \rightarrow \text{OK}$$

$$V_c = 0,6 \times 1448 \times 1,60 \times 1,34 = 1863 \text{ kN}$$

$$V_{sw} = 2988 - 1863 = 1125 \text{ kN}$$

$$A_{sw} = \frac{1,125}{0,9 \times 435 \times 1,34} = 0,002144 \text{ m}^2 / \text{m} = 21,44 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{sw\text{min}} = 18,54 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 10,0 \text{ c.14 (4 ramos)}$$

$$A_{spele} = 0,10 \times 160 = 16,00 \text{ cm}^2 / \text{m} > 5,00 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow \phi 10,0 \text{ c.16}$$

2.13 Dimensionamento pilares

- Apoio P1

Armação: 11 ϕ 16 mm ($A_s = 22.12 \text{ cm}^2$)

Propriedade seção bruta de concreto:

Área: $A_c = 5027 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade: $x_{cg} = 40 \text{ cm}$

$y_{cg} = 40 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg: $I_x = 2010619 \text{ cm}^4$

$I_y = 2010619 \text{ cm}^4$

Taxa de armadura: $\rho_s = 0.44 \%$

Materiais: Concreto $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Aço $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

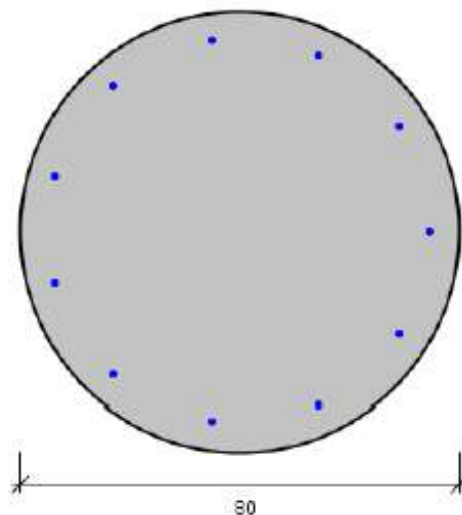
Tipo de vinculação: Pilar em Balanço

Comprimento: $L = 175 \text{ cm}$

Índice de Esbeltez: $\lambda_x = 18$

$\lambda_y = 18$

Seção Transversal:



Estribos: 6,3c.15

Consideramos as combinações da seguinte forma:

$$F_d = 1,35 \times F_g + 1,50 \times F_q$$

$$F_d = 1,00 \times F_g + 1,50 \times F_q$$

$$F_d = 1,35 \times F_g + 1,00 \times F_q$$

O software utilizado, PCalc, utiliza um coeficiente único. Para esse coeficiente, adotamos 1,4. Portanto, faremos a combinação apresentada acima, dividindo por 1,4, obtendo o valor característico que será usado no software.

	P1	
	Hip 1	Hip 2
N_g	1871	1871
N_q	1461	697
N_k	3369	2551
M_{Ttg}	162	162
M_{Ttq}	199	283
M_{Ttk}	370	459
M_{Tbg}	89	89
M_{Tbq}	116	138
M_{Tbk}	210	233
M_{Lk}	321	321

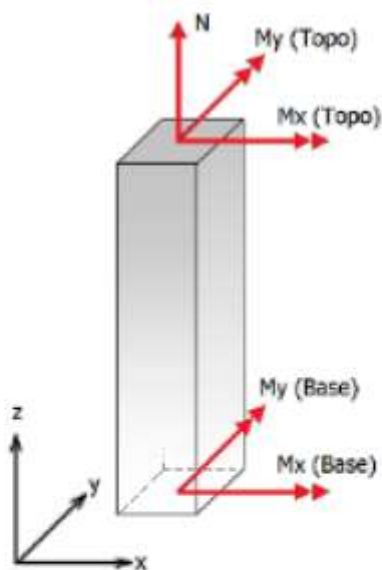


Figura: Convenção de sinais positivos dos esforços, $N < 0$ para compressão

Combinação	N_k	$M_{k,x}(\text{Topo})$	$M_{k,y}(\text{Topo})$	$M_{k,x}(\text{Base})$	$M_{k,y}(\text{Base})$
1	-3369	370	0	210	321
2	-2551	459	0	233	321

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

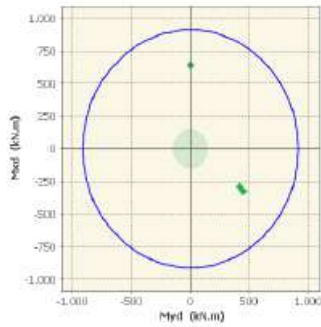


Figura: Diagrama de interação (Comb. 2)

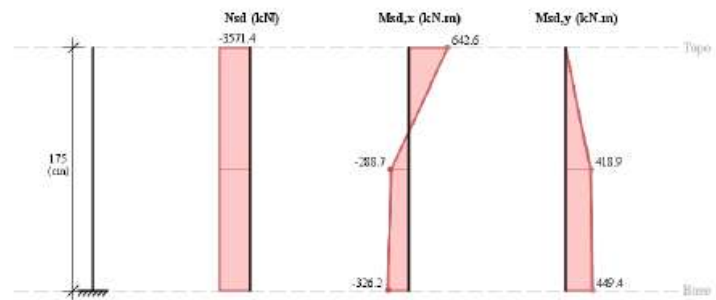


Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 2)

Determinação dos efeitos locais de 2ª Ordem (Método pilar-padrão com rigidez α aproximada)

Momentos em torno do eixo x:

O momento total em torno da direção x é calculado pela expressão:

$$M_{d, tot, x} = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} = 288.7 \text{ kN.m}$$

Com:

$$A = 5 h_y = 5 \times 0.8 = 4 \text{ m};$$

$$B = h_y^2 N_{sd} - (N_{sd} e_o^2) / 320 - 5 h_y \alpha_b M_{d1, A} = 0.8^2 \times 3571.4 - (3571.4 \times 3.5^2) / 320 - 5 \times 0.8 \times 0.85 \times -326.2 = 3258.05834 \text{ kN m}^2;$$

$$C = -N_{sd} h_y^2 \alpha_b M_{d1, A} = -3571.4 \times 0.8^2 \times 0.85 \times -326.2 = -633754.92992 \text{ kN}^2 \text{ m}^2;$$

$$\alpha_b = 0.80 + 0.20 M_c / M_A = 0.80 + 0.20 (158.2) / -326.2 = 0.703, \alpha_b \geq 0.85.$$

Momentos em torno do eixo y:

O momento total em torno da direção y é calculado pela expressão:

$$M_{d, tot, y} = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} = 418.9 \text{ kN.m}$$

Com:

$$A = 5 h_x = 5 \times 0.8 = 4 \text{ m};$$

$$B = h_x^2 N_{sd} - (N_{sd} e_o^2) / 320 - 5 h_x \alpha_b M_{d1, A} = 0.8^2 \times 3571.4 - (3571.4 \times 3.5^2) / 320 - 5 \times 0.8 \times 0.9 \times 449.4 = 531.13834 \text{ kN m}^2;$$

$$C = -N_{sd} h_x^2 \alpha_b M_{d1, A} = -3571.4 \times 0.8^2 \times 0.9 \times 449.4 = 924472.60416 \text{ kN}^2 \text{ m}^2;$$

$$\alpha_b = 0.80 + 0.20 M_c / M_A = 0.80 + 0.20 (224.7) / 449.4 = 0.9, \alpha_b \geq 0.85.$$

- Apoio P2=P3

Armação: 16φ16 mm ($A_s = 32.17 \text{ cm}^2$)

Propriedade seção bruta de concreto:

Área: $A_c = 7854 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade: $x_{cg} = 50 \text{ cm}$

$y_{cg} = 50 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg: $I_x = 4908739 \text{ cm}^4$

$I_y = 4908739 \text{ cm}^4$

Taxa de armadura: $\rho_s = 0.41 \%$

Materiais: Concreto $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Aço $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Tipo de vinculação: Pilar em Balanço

Comprimento: $L = 400 \text{ cm}$

Índice de Esbeltez: $\lambda_x = 32$

$\lambda_y = 32$

Estribos: 6,3c.15

Consideramos as combinações da seguinte forma:

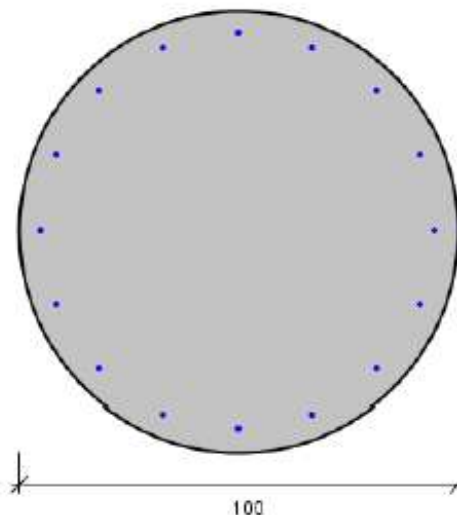
$$F_d = 1,35 \times F_g + 1,50 \times F_q$$

$$F_d = 1,00 \times F_g + 1,50 \times F_q$$

$$F_d = 1,35 \times F_g + 1,00 \times F_q$$

O software utilizado, PCalc, utiliza um coeficiente único. Para esse coeficiente, adotamos 1,4. Portanto, faremos a combinação apresentada acima, dividindo por 1,4, obtendo o valor característico que será usado no software.

Seção Transversal:



	P2=P3	
	Hip 1	Hip 2
N_g	2267	2267
N_q	1816	867
N_k	4132	3116
M_{Tg}	210	210
M_{Tq}	240	345
M_{Tk}	460	572
M_{Tbg}	105	105
M_{Tbq}	147	171
M_{Tbk}	258	284
M_{Lk}	463	463

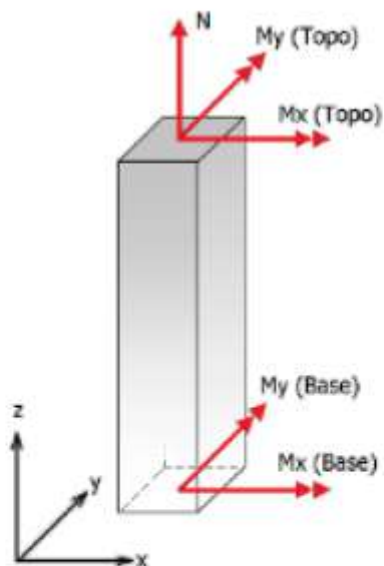


Figura: Convenção de sinais positivos dos esforços, $N < 0$ para compressão

Combinação	N_k	$M_{k,x}(\text{Topo})$	$M_{k,y}(\text{Topo})$	$M_{k,x}(\text{Base})$	$M_{k,y}(\text{Base})$
1	-4132	460	0	258	463
2	-3116	572	0	284	463

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

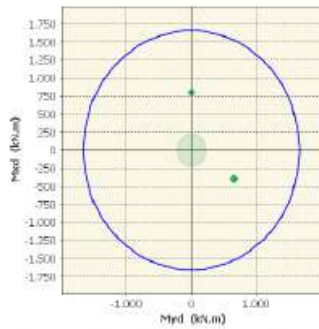


Figura: Diagrama de interação (Comb. 2)

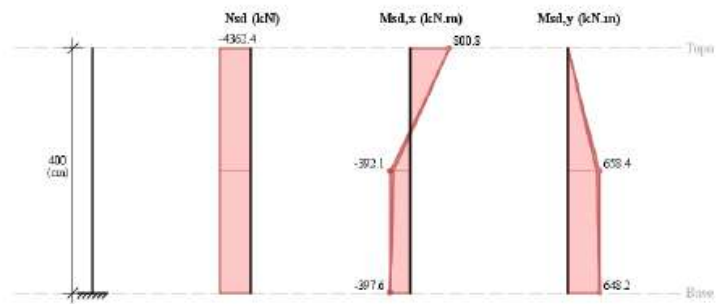


Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 2)

Determinação dos efeitos locais de 2ª Ordem (Método pilar-padrão com rigidez α aproximada)

Momentos em torno do eixo x:

O momento total em torno da direção x é calculado pela expressão:

$$M_{d, tot, x} = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} = 392.1 \text{ kN.m}$$

Com:

$$A = 5 h_y = 5 \times 1 = 5 \text{ m};$$

$$B = h_y^2 N_{sd} - (N_{sd} l_c^2) / 320 - 5 h_y \alpha_b M_{d1, A} = 1^2 \times 4362.4 - (4362.4 \times 8^2) / 320 - 5 \times 1 \times 0.85 \times -397.6 = 5179.72 \text{ kN m}^2;$$

$$C = -N_{sd} h_y^2 \alpha_b M_{d1, A} = -4362.4 \times 1^2 \times 0.85 \times -397.6 = -1474316.704 \text{ kN}^2 \text{ m}^2;$$

$$\alpha_b = 0.80 + 0.20 M_c / M_A = 0.80 + 0.20 (201.6) / -397.6 = 0.69859, \alpha_b \geq 0.85.$$

Momentos em torno do eixo y:

O momento total em torno da direção y é calculado pela expressão:

$$M_{d, tot, y} = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} = 658.4 \text{ kN.m}$$

Com:

$$A = 5 h_x = 5 \times 1 = 5 \text{ m};$$

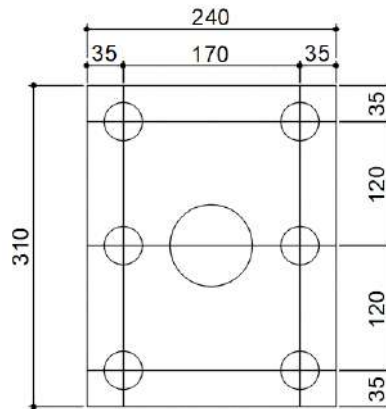
$$B = h_x^2 N_{sd} - (N_{sd} l_c^2) / 320 - 5 h_x \alpha_b M_{d1, A} = 1^2 \times 4362.4 - (4362.4 \times 8^2) / 320 - 5 \times 1 \times 0.9 \times 648.2 = 573.02 \text{ kN m}^2;$$

$$C = -N_{sd} h_x^2 \alpha_b M_{d1, A} = -4362.4 \times 1^2 \times 0.9 \times 648.2 = 2544936.912 \text{ kN}^2 \text{ m}^2;$$

$$\alpha_b = 0.80 + 0.20 M_c / M_A = 0.80 + 0.20 (324.1) / 648.2 = 0.9, \alpha_b \geq 0.85.$$

3. INFRAESTRUTURA

3.1 Blocos P1=P4



Carga máxima por pilar = 3332 kN

Carga mínima por pilar = 1871 kN

Peso próprio do bloco = $2,40 \times 3,10 \times 1,25 \times 25 = 233$ kN

Momento longitudinal = 472 kN.m

Momento transversal = 205 kN.m

$$R_{\max} = \frac{3332}{6} + \frac{472 \times 1,70}{6 \times 1,70^2} + \frac{205 \times 1,20}{4 \times 1,20^2} = 640,31 \text{ kN}$$

$$R_{\min} = \frac{3332}{6} - \frac{472 \times 1,70}{6 \times 1,70^2} - \frac{205 \times 1,20}{4 \times 1,20^2} = 470,36 \text{ kN}$$

Cálculo dos blocos

$f_{ck} = 30$ MPa

a) Direção longitudinal

$$W_0 = 0,683 \text{ m}^3$$

$M_L = 1632$ kN.m $f_{ctk,sup} = 3,765$ MPa $b_w = 310$ cm

$M_{Ld} = 2285$ kN.m $>$ $M_{d,min} = 2058$ kN.m

cob : 4,00 cm $d = 114$ cm $k_c = 17,633$ $k_s = 0,0234$

ASL : 46,90 cm² $>$ $A_{smin} = 53,48$ cm²

Adotado: 18 ϕ 20,0 (6 ϕ 20,0 sobre cada linha de estacas)

b) Direção transversal

$$\begin{aligned} W_0 &= 0,529 \text{ m}^3 \\ M_L &= 1536 \text{ kN.m} \quad f_{ctk,sup} = 3,765 \text{ MPa} \quad b_w = 240 \text{ cm} \\ M_{Ld} &: 2150 \text{ kN.m} > M_{d,min} = 1594 \text{ kN.m} \\ \text{cob} &: 4,00 \text{ cm} \quad d = 113 \text{ cm} \quad k_c = 14,251 \quad k_s = 0,0235 \\ A_{SL} &: 44,72 \text{ cm}^2 > A_{smin} = 41,40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Adotado: 14 ϕ 20,0 (7 ϕ 20,0 sobre cada linha de estacas)

b) Armaduras de cintamento nas faces laterais do bloco

$$\begin{aligned} A_{sc} &= 9,82 \text{ cm}^2 \quad \text{por direção} \\ A_{sc} &= 4,91 \text{ cm}^2 \quad \text{em cada face} \quad \text{Adotado: } 6 \phi 10,0 \end{aligned}$$

Cálculo da viga de rigidez dos blocos

$$\begin{aligned} \text{Dimensões da viga: } & 50 \times 90 \text{ cm} \quad W_0 = 0,068 \text{ m}^3 \\ \text{Comprimento: } & 390 \text{ cm} \\ \text{Momento transversal no pé do pilar: } & 207 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

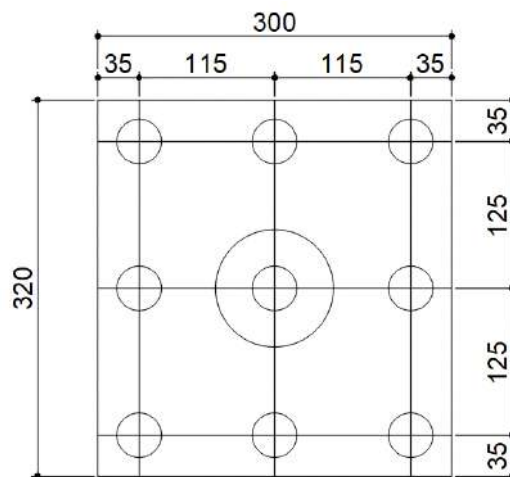
$$\begin{aligned} \text{Cargas sobre a viga: - Peso próprio} &= 11,25 \text{ kN/m} \\ \text{- Solo sobre a viga} &= 0,00 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_d &= 320 \text{ kN.m} \quad \text{cob} : 4,00 \text{ cm} \quad d = 85 \text{ cm} \\ k_c &= 11,35 \quad k_s = 0,0234 \\ A_s &= 8,78 \text{ cm}^2 < A_{smin} = 6,75 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Adotado: 5 ϕ 16,0

$$\begin{aligned} \text{Estribos: } A_{sw \text{ min}} &= 5,79 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{Adotado: } \phi 8,0 \text{ c.17,0} \quad (2 \text{ ramos}) \\ \text{Pele: } A_s &= 5,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{Adotado: } \phi 10,0 \text{ c.16,0} \end{aligned}$$

3.2 Blocos P2=P3



Carga máxima por pilar = 4083 kN

Carga mínima por pilar = 2267 kN

Peso próprio do bloco = $3,00 \times 3,20 \times 1,50 \times 25 = 360$ kN

Momento longitudinal = 601 kN.m

Momento transversal = 252 kN.m

$$R_{\max} = \frac{4443}{9} + \frac{601 \times 1,15}{6 \times 1,15^2} + \frac{252 \times 1,25}{6 \times 1,25^2} = 614,37 \text{ kN}$$

$$R_{\min} = \frac{4443}{9} - \frac{601 \times 1,15}{6 \times 1,15^2} - \frac{252 \times 1,25}{6 \times 1,25^2} = 372,97 \text{ kN}$$

Cálculo dos blocos

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

a) Direção longitudinal

$$W_0 = 1,045 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{llll} M_L = 2118 \text{ kN.m} & f_{ctk,sup} = 3,765 \text{ MPa} & b_w = 320 \text{ cm} \\ M_{Ld} : 2966 \text{ kN.m} & < M_{d,min} = 3149 \text{ kN.m} & \\ cob : 4,00 \text{ cm} & d = 139 \text{ cm} & k_c = 19,635 & k_s = 0,0234 \\ A_{SL} : 53,01 \text{ cm}^2 & > A_{smin} = 67,20 \text{ cm}^2 & \end{array}$$

Adotado: 21 ϕ 20,0 (7 ϕ 20,0 sobre cada linha de estacas)

b) Direção transversal

$$\begin{aligned} W_0 &= 0,980 \text{ m}^3 \\ M_L &= 2303 \text{ kN.m} \quad f_{ctk,sup} = 3,765 \text{ MPa} \quad b_w = 300 \text{ cm} \\ M_{Ld} &: 3224 \text{ kN.m} > M_{d,min} = 2952 \text{ kN.m} \\ \text{cob} &: 4,00 \text{ cm} \quad d = 138 \text{ cm} \quad k_c = 17,724 \quad k_s = 0,0235 \\ A_{sL} &: 54,89 \text{ cm}^2 > A_{smin} = 63,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Adotado: 21 ϕ 20,0 (7 ϕ 20,0 sobre cada linha de estacas)

b) Armaduras de cintamento nas faces laterais do bloco

$$\begin{aligned} A_{sc} &= 13,02 \text{ cm}^2 \quad \text{por direção} \\ A_{sc} &= 6,51 \text{ cm}^2 \quad \text{em cada face} \quad \text{Adotado: } 6 \phi 12,5 \end{aligned}$$

Cálculo da viga de rigidez dos blocos

$$\begin{aligned} \text{Dimensões da viga: } & 50 \times 110 \text{ cm} \quad W_0 = 0,101 \text{ m}^3 \\ \text{Comprimento: } & 380 \text{ cm} \\ \text{Momento transversal no pé do pilar: } & 252 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cargas sobre a viga: - Peso próprio} &= 13,75 \text{ kN/m} \\ \text{- Solo sobre a viga} &= 0,00 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_d &= 388 \text{ kN.m} \quad \text{cob} : 4,00 \text{ cm} \quad d = 105 \text{ cm} \\ k_c &= 14,28 \quad k_s = 0,0234 \\ A_s &= 8,62 \text{ cm}^2 < A_{smin} = 8,25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Adotado: 5 ϕ 16,0

$$\begin{aligned} \text{Estribos: } A_{sw \text{ min}} &= 5,79 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{Adotado: } \phi 8,0 \text{ c.17,0} \quad (2 \text{ ramos}) \\ \text{Pele: } A_s &= 5,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{Adotado: } \phi 10,0 \text{ c.16,0} \end{aligned}$$

3.3 Dimensionamento estrutural das estacas

As estacas foram avaliadas adotando coeficientes de mola, baseados nas sondagens SM-01, SM-02, SM-03 e SM-04, representando os apoios P4 a P1, respectivamente:

SM-01					
z (m)	SPT	Solo	m (tf/m ⁴)	Crh (tf/m ³)	Kh (tf/m)
1	6	Silte	275	275	112,75
2	4	Silte	225	450	184,5
3	3	Silte	200	600	246
4	12	Silte	377	1508	618,28
5	50	Seixo	1500	7500	3075
6	8	Silte	315	1890	774,9
7	14	Silte	408	2856	1170,96
8	19	Silte	385	3080	1262,8

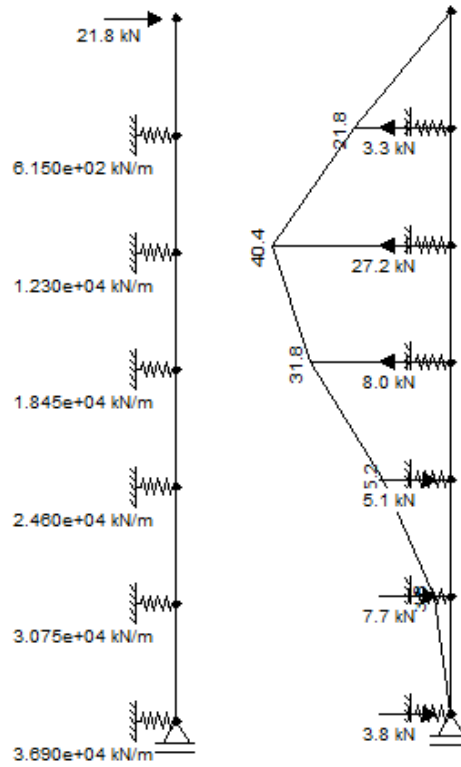
SM-02					
z (m)	SPT	Solo	m (tf/m ⁴)	Crh (tf/m ³)	Kh (tf/m)
1	0	-	0	0	0
2	50	Seixo	1500	3000	1230
3	50	Seixo	1500	4500	1845
4	50	Seixo	1500	6000	2460
5	13	Silte	392	1960	803,6
6	20	Silte	500	3000	1230
7	50	Pedregulho	1500	10500	4305
8	50	Pedregulho	1500	12000	4920

SM-03					
z (m)	SPT	Solo	m (tf/m ⁴)	Crh (tf/m ³)	Kh (tf/m)
1	0	-	0	0	0
2	50	Seixo	1500	3000	1230
3	50	Seixo	1500	4500	1845
4	50	Seixo	1500	6000	2460
5	50	Seixo	1500	7500	3075
6	50	Seixo	1500	9000	3690

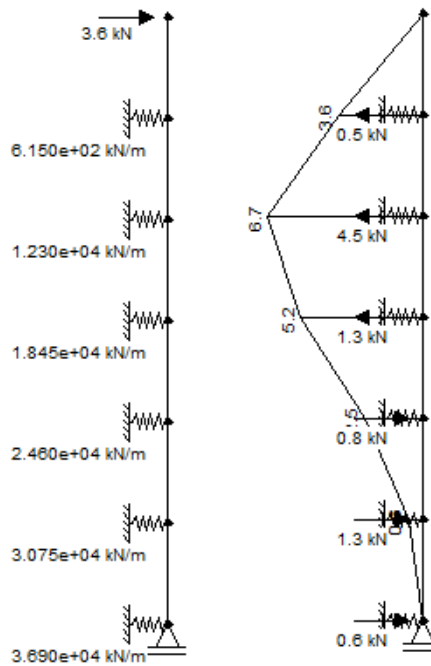
SM-04					
z (m)	SPT	Solo	m (tf/m ⁴)	Crh (tf/m ³)	Kh (tf/m)
1	7	Areia	150	150	61,5
2	50	Seixo	1500	3000	1230
3	50	Seixo	1500	4500	1845
4	50	Seixo	1500	6000	2460
5	50	Seixo	1500	7500	3075
6	50	Seixo	1500	9000	3690

a) Apoio P1

- Momentos devido esforços longitudinais



- Momentos devido esforços transversais



Adotando estaca raiz, seção d=41cm:

Concreto
 Diagrama tensão-deformação NBR6118 (2013):

fck = MPa
 γc =

$$\sigma_c = 0,85 f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c2}} \right)^n \right]$$
 Para $f_{ck} \leq 50$ MPa: $n=2$
 Para $f_{ck} > 50$ MPa:
 $n = 1,4 + 23,4 \left[\frac{f_{ck} - 50}{100} \right]^2$

Aço
 Diagrama tensão-deformação NBR6118 (2013):

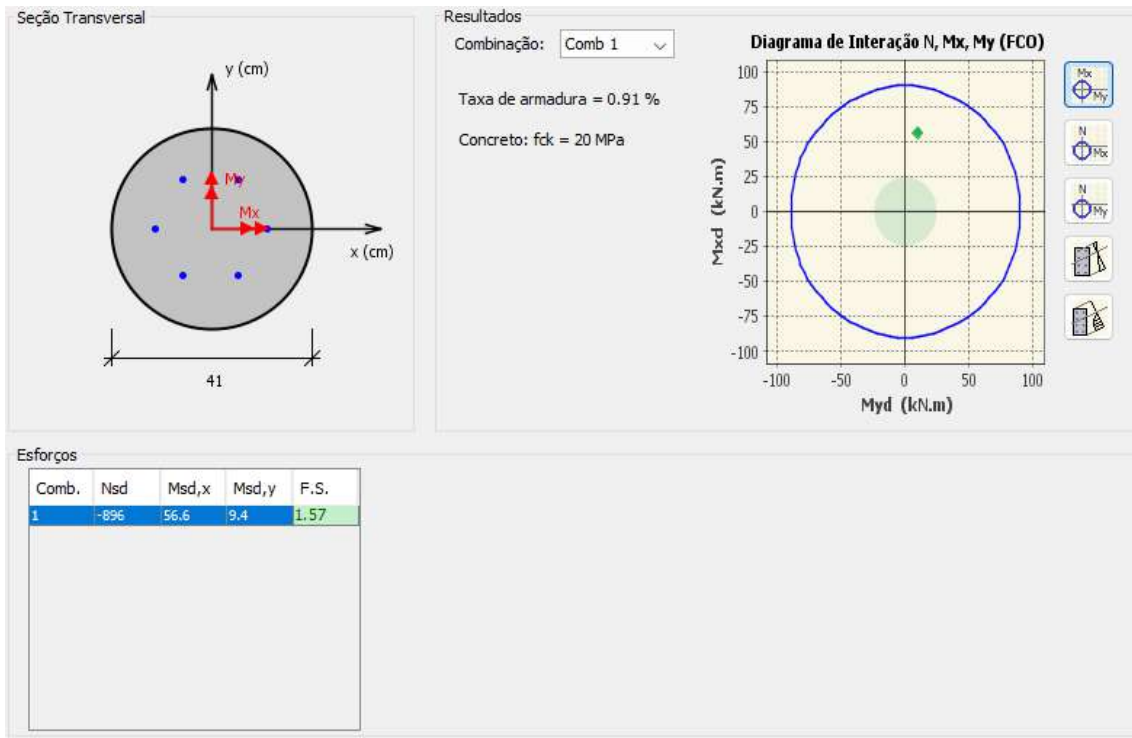
fyk = MPa
 Es = GPa
 γs =

Coefficiente de ponderação:
 γf =

Unidades: [kN, kN.m]

Combinação	Nsk	Msk,x	Msk,y
1	-640	40.4	6.7

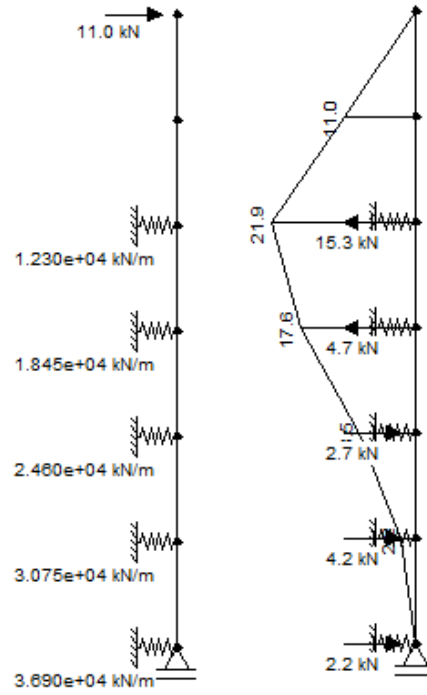
(N < 0 para compressão)



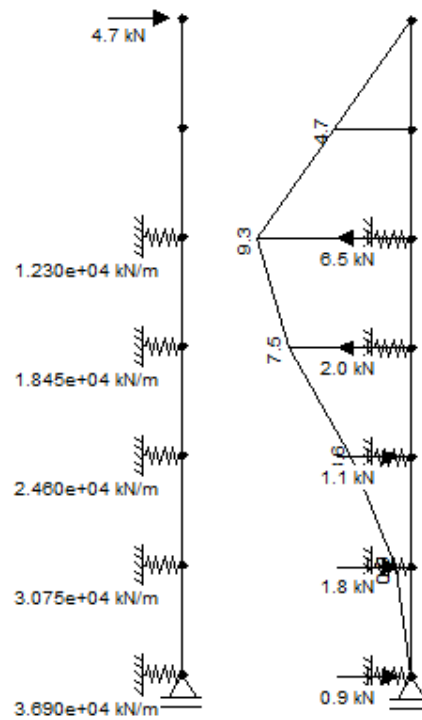
Armadura adotada = **6 ϕ 16,0**

b) Apoio P2

- Momentos devido esforços longitudinais



- Momentos devido esforços transversais



Adotando estaca raiz, seção d=41cm:

Concreto
 Diagrama tensão-deformação NBR6118 (2013):

fck = 20 MPa
 γc = 1.4

$$\sigma_c = 0.85 f_{ck} \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c2}} \right)^n \right]$$
 Para $f_{ck} \leq 50$ MPa: $n=2$
 Para $f_{ck} > 50$ MPa: $n = 1.4 + 23.4 \left[\frac{(f_{ck} - 50)}{100} \right]^2$

Aço
 Diagrama tensão-deformação NBR6118 (2013):

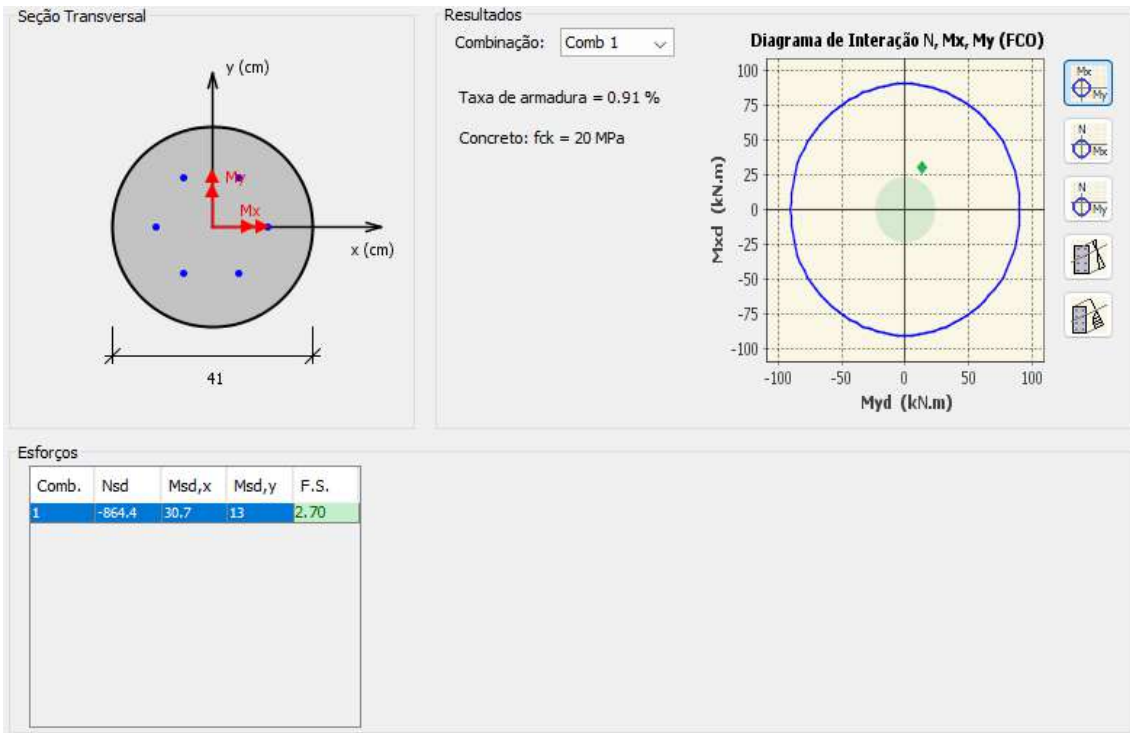
fyk = 500 MPa
 Es = 210 GPa
 γs = 1.15

Coefficiente de ponderação:
 γf = 1.4

Unidades: [kN, kN.m]

Combinação	Nsk	Msk,x	Msk,y
1	-617.4	21.9	9.3

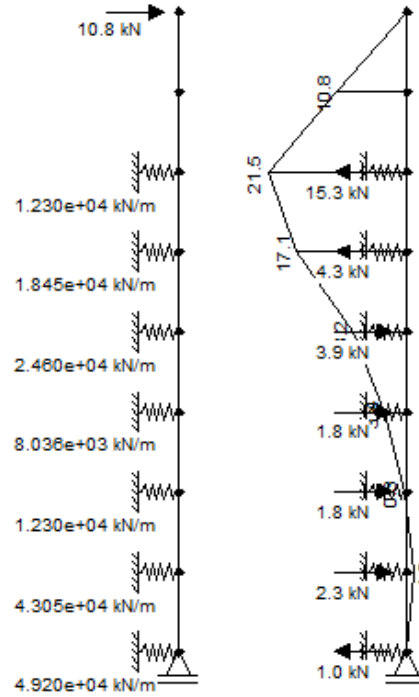
(N < 0 para compressão)



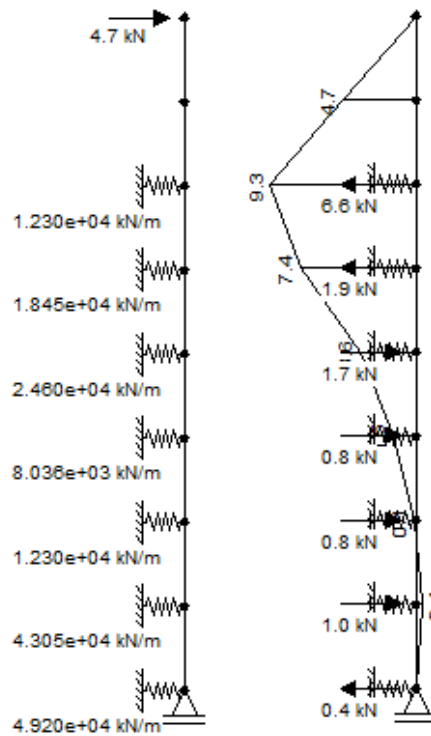
Armadura adotada = **6 ϕ 16,0**

c) Apoio P3

- Momentos devido esforços longitudinais



- Momentos devido esforços transversais



Adotando estaca raiz, seção d=41cm:

Concreto
 Diagrama tensão-deformação NBR6118 (2013):

fck = MPa
 γc =

Para $f_{ck} \leq 50$ MPa: $n=2$
 Para $f_{ck} > 50$ MPa:
 $n = 1.4 + 23.4 [(90 - f_{ck}/100)^4]$

Aço
 Diagrama tensão-deformação NBR6118 (2013):

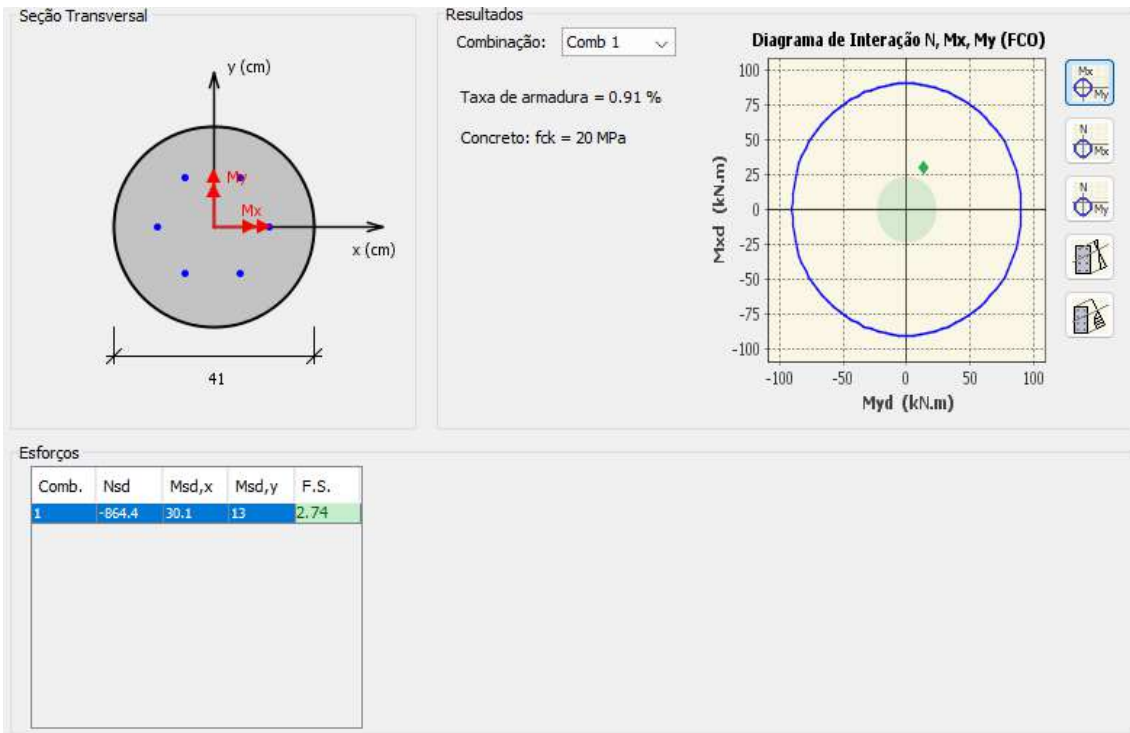
fyk = MPa
 Es = GPa
 γs =

Coeficiente de ponderação:
 γf =

Unidades: [kN, kN.m]

Combinação	Nsk	Msk,x	Msk,y
1	-617.4	21.5	9.3

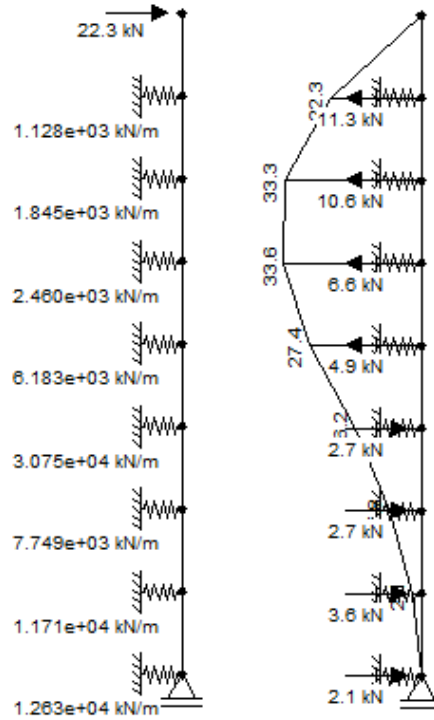
(N < 0 para compressão)



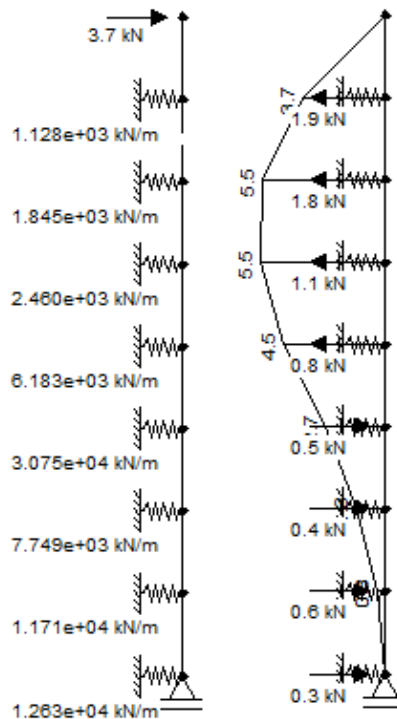
Armadura adotada = **6 ϕ 16,0**

d) Apoio P4

- Momentos devido esforços longitudinais



- Momentos devido esforços transversais



Adotando estaca raiz, seção d=41cm:

Concreto
 Diagrama tensão-deformação NBR6118 (2013):

fck = MPa
 γc =

$$\sigma_c = 0,85 f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c2}} \right)^n \right]$$
 Para $f_{ck} \leq 50$ MPa: $n=2$
 Para $f_{ck} > 50$ MPa:
 $n = 1,4 + 23,4 \left[\frac{f_{ck} - 50}{100} \right]^2$

Aço
 Diagrama tensão-deformação NBR6118 (2013):

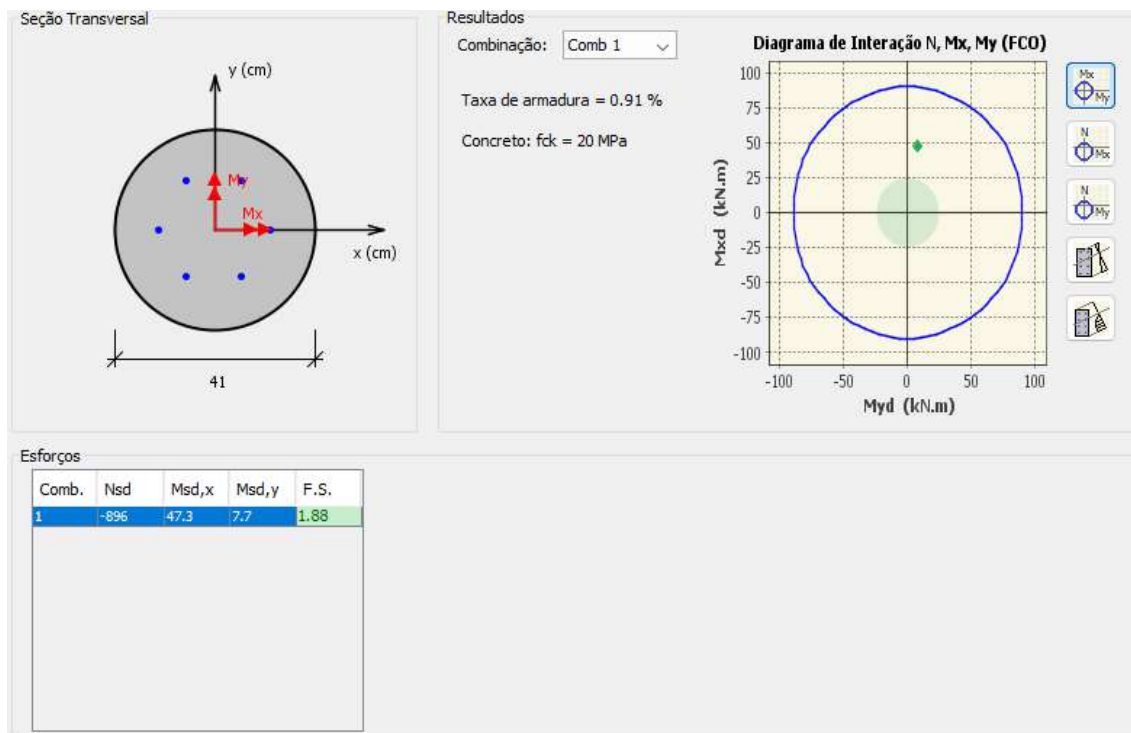
fyk = MPa
 Es = GPa
 γs =

Coefficiente de ponderação:
 γf =

Unidades: [kN, kN.m]

Combinação	Nsk	Msk,x	Msk,y
1	-640	33.8	5.5

(N < 0 para compressão)



Armadura adotada = **6 ϕ 16,0**

3.4 Dimensionamento geotécnico das estacas

Para a definição da solução de fundação a ser utilizada na Ponte sobre o Rio Braço do Norte, foram consideradas as sondagens mistas SM-01 a SM-04.

Considerando os perfis estratigráficos apresentados nos boletins individuais das sondagens representativas da região, a solução em fundação direta foi descartada pela baixa capacidade de suporte do solo nos metros iniciais. Dentre as alternativas de estacas tecnicamente viáveis, foi estudada a alternativa em estacas raiz, devido as camadas de seixo e pedregulhos apresentadas entre as camadas de solo, inviabilizando a cravação de estacas pré-moldadas. Desta forma, adotamos a solução em estacas tipo raiz com 410 mm de diâmetro em solo e 310mm em rocha. O comprimento delas será avaliado individualmente por apoio, pelo método Decourt-Quaresma. A carga necessária de suporte, obtida pelo dimensionamento estrutural, é de **640 kN** para os apoios P1 e P4 e **617 kN** para os apoios P2 e P3.

- Apoio P1 (SM-04)

Parâmetro das estacas raiz d= 41cm em solo	
Área lateral	1,29 m ² /m
Área ponta	0,13 m ²
Parâmetro das estacas raiz d= 31cm em rocha	
Área lateral	0,97 m ² /m
Área ponta	0,08 m ²

RESISTÊNCIAS						
Cotas (m)	NSPT	R _L a cada metro (kN)	R _L acumulada/1,3 (kN)	C (kPa)	R _{p/4} (kN)	R (kN)
1	7	43	33			
2	10	56	76	400	20	96
3	10	56	119	400	23	142
4	10	56	162	400	23	184
5	10	56	205	400	23	227
6	10	56	248	400	23	270
7	10	56	291	400	23	313
8	10	56	334	400	23	356
9	10	56	377	400	53	429
10	50	228	552	400	83	635
11	50	228	727	400	113	840
12	50	228	902	400	113	1015
13	50	228	1077	400	113	1190
14	50	228	1252	400	113	1365
15	50	228	1427	400	113	1540
16	50	228	1602	400	113	1715

- Apoio P2 (SM-03)

Parâmetro das estacas raiz d= 41cm em solo	
Área lateral	1,29 m ² /m
Área ponta	0,13 m ²

RESISTÊNCIAS						
Cotas (m)	NSPT	R _L a cada metro (kN)	R _L acumulada/1,3 (kN)	C (kPa)	R _{p/4} (kN)	R (kN)
1	0	13	10			
2	10	56	53	400	26	79
3	10	56	96	400	40	135
4	10	56	139	400	40	178
5	10	56	182	400	40	221
6	10	56	225	400	40	264
7	10	56	268	400	92	360
8	50	228	443	400	92	535
9	10	56	485	400	92	578
10	10	56	528	400	40	568
11	10	56	571	400	40	611
12	10	56	614	400	40	654
13	10	56	657	400	40	697
14	10	56	700	400	92	793
15	50	228	875	400	145	1020

- Apoio P3 (SM-02)

Parâmetro das estacas raiz d= 41cm em solo	
Área lateral	1,29 m ² /m
Área ponta	0,13 m ²
Parâmetro das estacas raiz d= 31cm em rocha	
Área lateral	0,97 m ² /m
Área ponta	0,08 m ²

RESISTÊNCIAS						
Cotas (m)	NSPT	R _L a cada metro (kN)	R _L acumulada/1,3 (kN)	C (kPa)	R _{p/4} (kN)	R (kN)
1	0	13	10			
2	10	56	53	400	15	68
3	10	56	96	400	23	118
4	10	56	139	400	23	161
5	10	56	182	400	25	207
6	13	69	234	400	32	267
7	20	99	310	400	32	343
8	10	56	353	400	30	384
9	10	56	396	400	23	419
10	10	56	439	400	53	492
11	50	228	614	400	83	697
12	50	228	789	400	113	903
13	50	228	964	400	113	1078
14	50	228	1139	400	113	1253
15	50	228	1314	400	113	1428
16	50	228	1490	400	113	1603

- Apoio P4 (SM-01)

Parâmetro das estacas raiz d= 41cm em solo	
Área lateral	1,29 m ² /m
Área ponta	0,13 m ²
Parâmetro das estacas raiz d= 31cm em rocha	
Área lateral	0,97 m ² /m
Área ponta	0,08 m ²

RESISTÊNCIAS						
Cotas (m)	NSPT	R_L a cada metro (kN)	R_L acumulada/1,3 (kN)	C (kPa)	R_{p/4} (kN)	R (kN)
1	0	13	10			
2	6	39	40	400	8	47
3	4	30	63	400	10	73
4	3	26	83	400	14	97
5	12	64	132	400	19	151
6	10	56	175	400	23	198
7	8	47	211	400	24	236
8	14	73	268	400	31	298
9	19	94	340	400	63	403
10	50	228	515	400	90	605
11	50	228	690	400	113	803
12	50	228	865	400	113	979
13	50	228	1040	400	113	1154
14	50	228	1215	400	113	1329
15	50	228	1390	400	113	1504

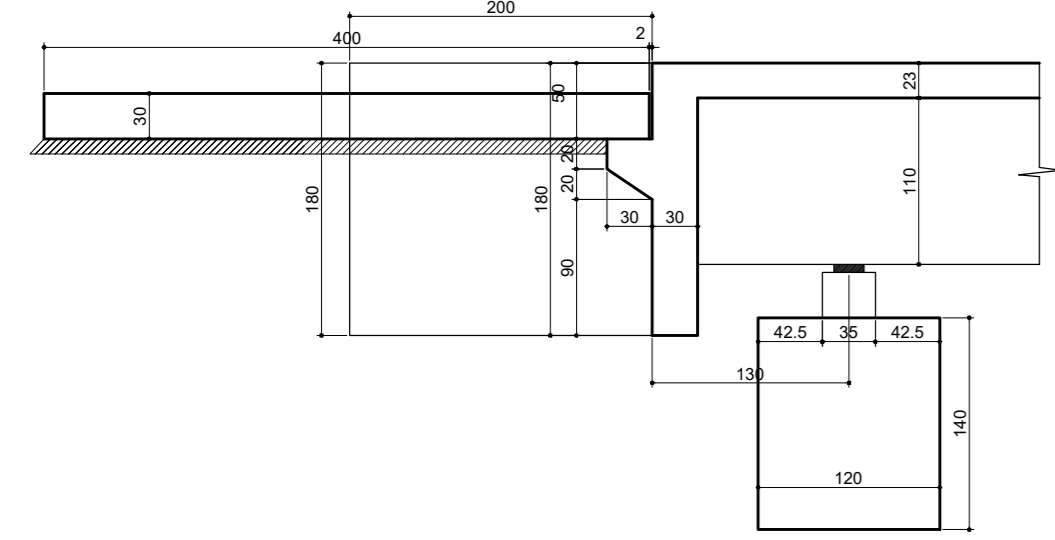
FIM

CORTE LONGITUDINAL

ESC. 1/125

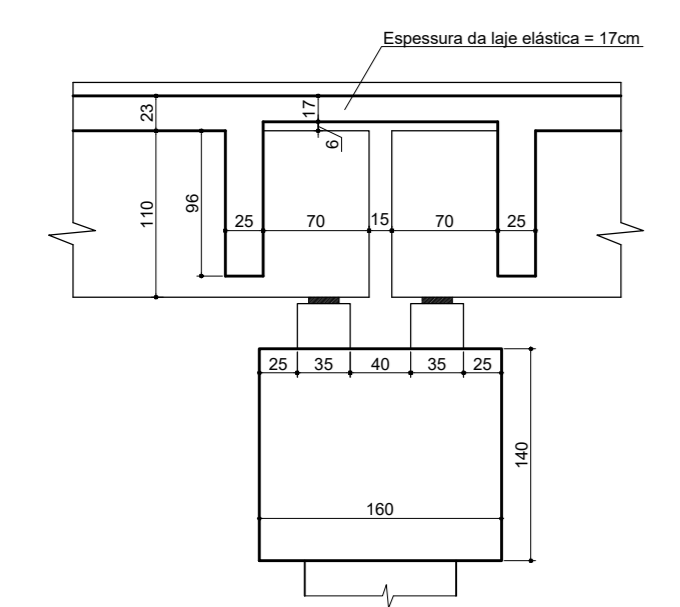
DETALHE APOIOS EXTREMOS

ESC. 1/50



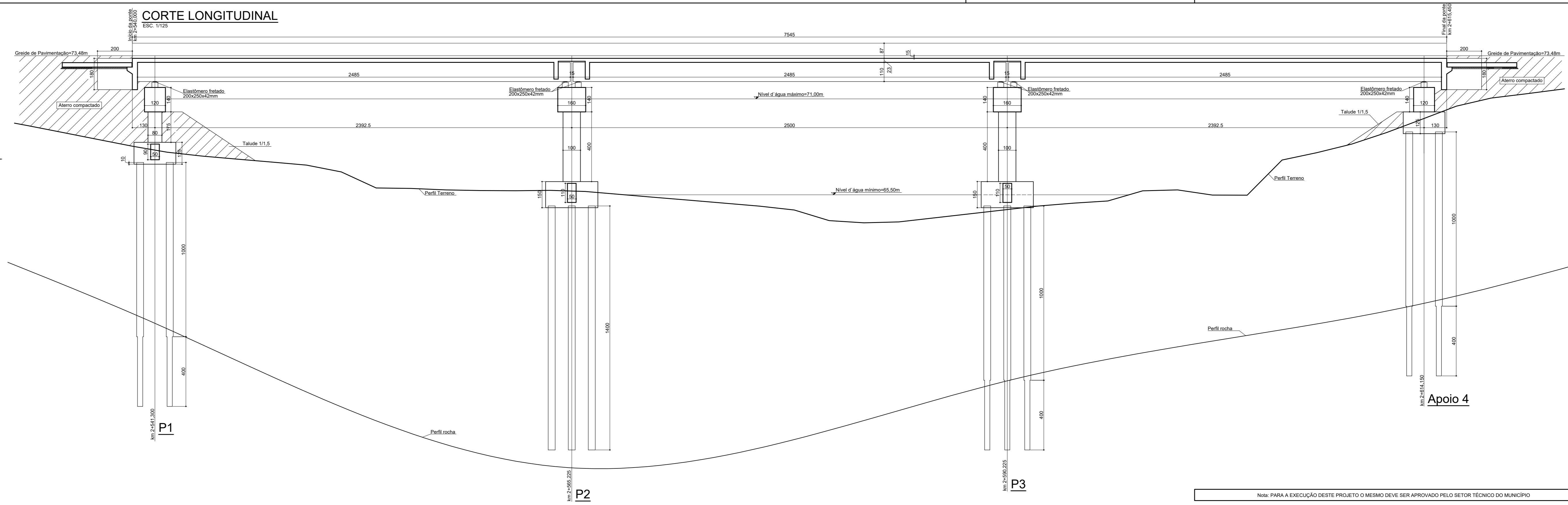
DETALHE APOIOS INTERMEDIÁRIOS

ESC. 1/50



Recomendações para viabilização da execução das estacas raiz nos apoio 1, 2 e 3:

- 1 - Providenciar a remoção e substituição das camadas de seixo/pedras soltas, por solo de granulometria adequada, conforme orientação da empresa executora.
- 2 - Recomendamos que as camadas a serem removidas tenham de 3 a 4m, ou segundo recomendações da empresa executora.



Notas gerais:

- 1 - Classe de Agressividade Ambiental = II (NBR 6118/23)
- 2 - Resistências Características dos Concretos
 - Longarinas em Concreto Protendido: $f_{ck} \geq 40$ MPa; $E_{ci} = 35$ GPa; $a/c \leq 0,45$
 - Elementos em Concreto Armado: $f_{ck} \geq 30$ MPa; $E_{ci} = 31$ GPa; $a/c \leq 0,55$
 - O concreto aplicado na obra deverá ser inerte à reação alcali-agregado.

- 3 - Aços utilizados:
 - CA-50 e CA-60 - Armaduras passivas;
 - CP-190 RB - Armaduras ativas.

- 4 - Obra compatível com o veículo de projeto: Trem Tipo Classe 45 da NBR 7188/2024
- 5 - Os aparelhos de apoio em elastômero fretado deverão atender às exigências da NBR 19783-2015.

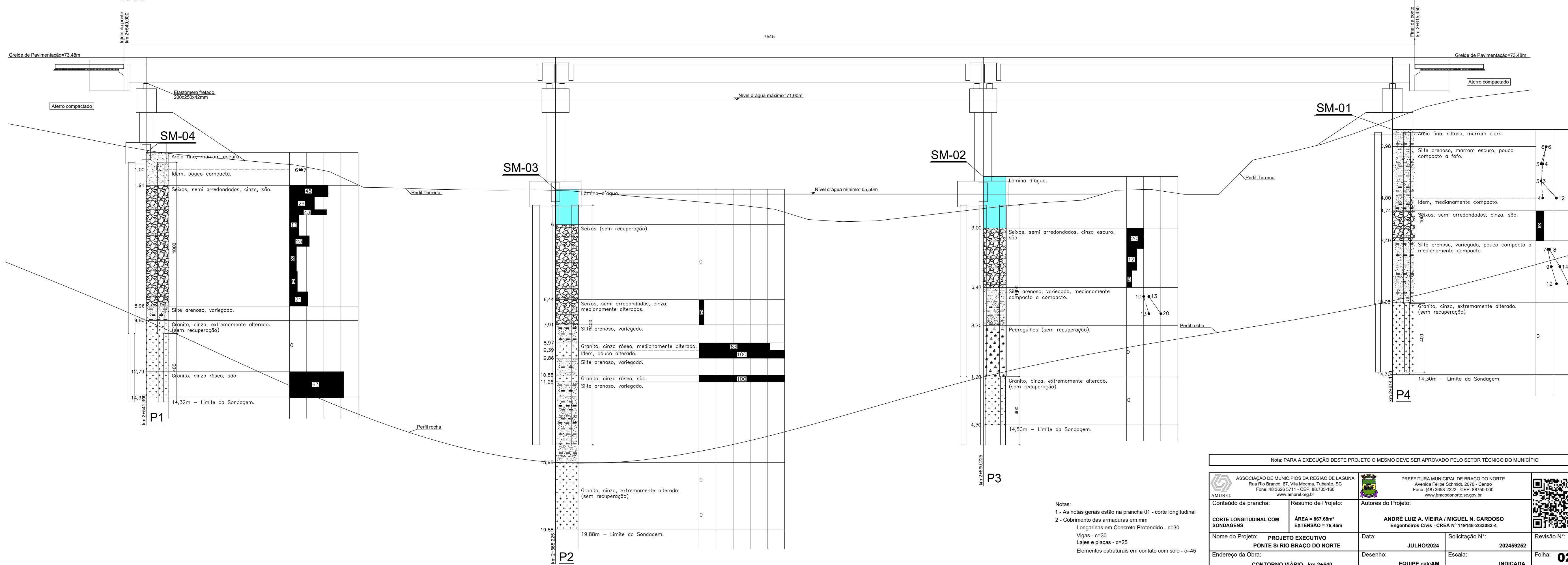
- 6 - Prever contraventamento provisório nas longarinas após seu içamento e posicionamento, antes da solidarização com a laje e transversinas.
- 7 - Os drenos foram previstos com espaçamento de 4,00m de distância e deverão o comprimento máximo de 0,50m.
- 8 - Cobrimento das armaduras em mm
 - Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 - Vigas - c=30
 - Lajes e placas - c=25
 - Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTA OBRA O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracedonorte.sc.gov.br		
AMUREL	AMUREL	AMUREL	AMUREL	
Conteúdo da prancha: CORTE LONGITUDINAL	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		Este documento é cópia do original, para obtê-lo acesse https://amurel-e2.siga.sc.gov.br/#/documento/9e5314fc-b55a-4272-9daa-2340d1637e0 .
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00	
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540	Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 01 26	
Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, XI, XII, XIII.				

CORTE LONGITUDINAL COM SONDAGENS

ESC. 1/125



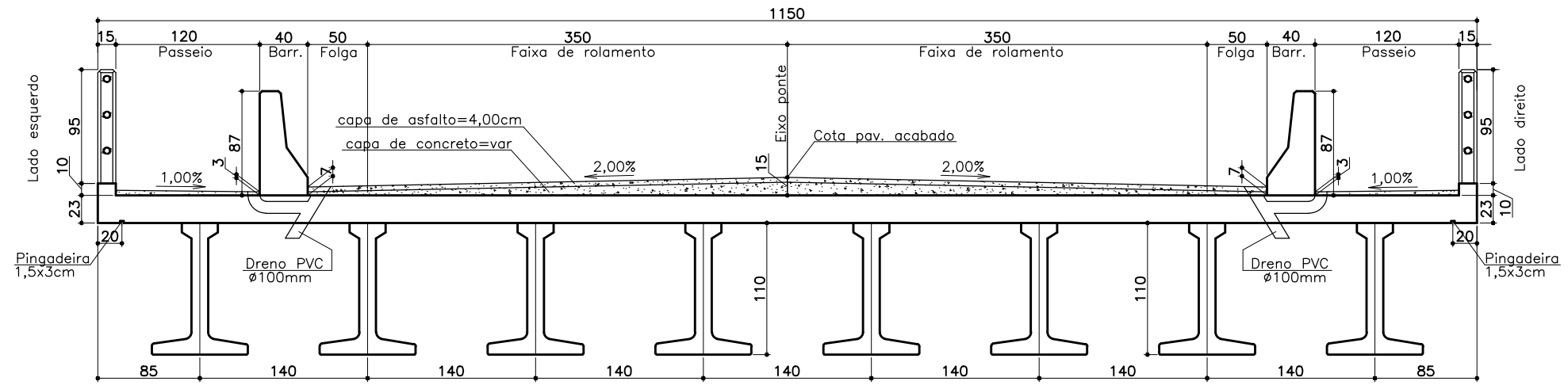
- Notas:
- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
 - 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 - Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 - Vigas - c=30
 - Lajes e placas - c=25
 - Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO			
ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67 - Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Falga Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br	
Conteúdo da prancha: CORTE LONGITUDINAL COM SONDAGENS	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4	
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540	Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 02 26

Este documento é cópia do original, para obtê-lo acesse https://amurel-e2.ciqa.sc.gov.br/#/documento/9e5314fd-b55a-4272-9daa-23d0d1637e0.

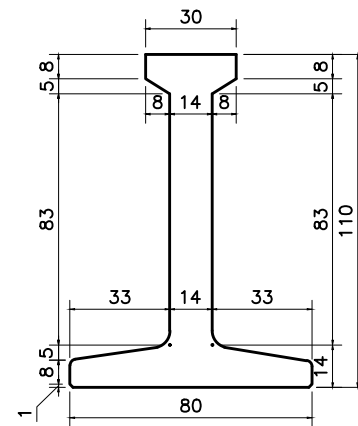
CORTE TRANSVERSAL VÃOS

ESC. 1:50



CORTE TRANSVERSAL LONGARINA

ESC. 1:25



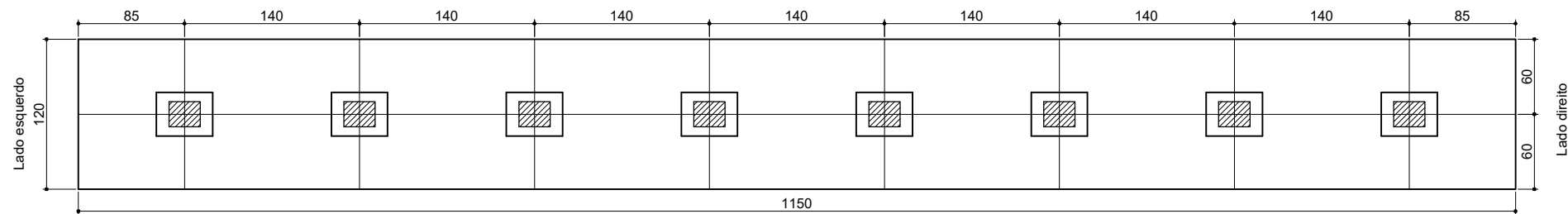
- Notas:
- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
 - 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 - Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 - Vigas - c=30
 - Lajes e placas - c=25
 - Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: CORTE TRANSVERSAL VÃOS	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 03 26

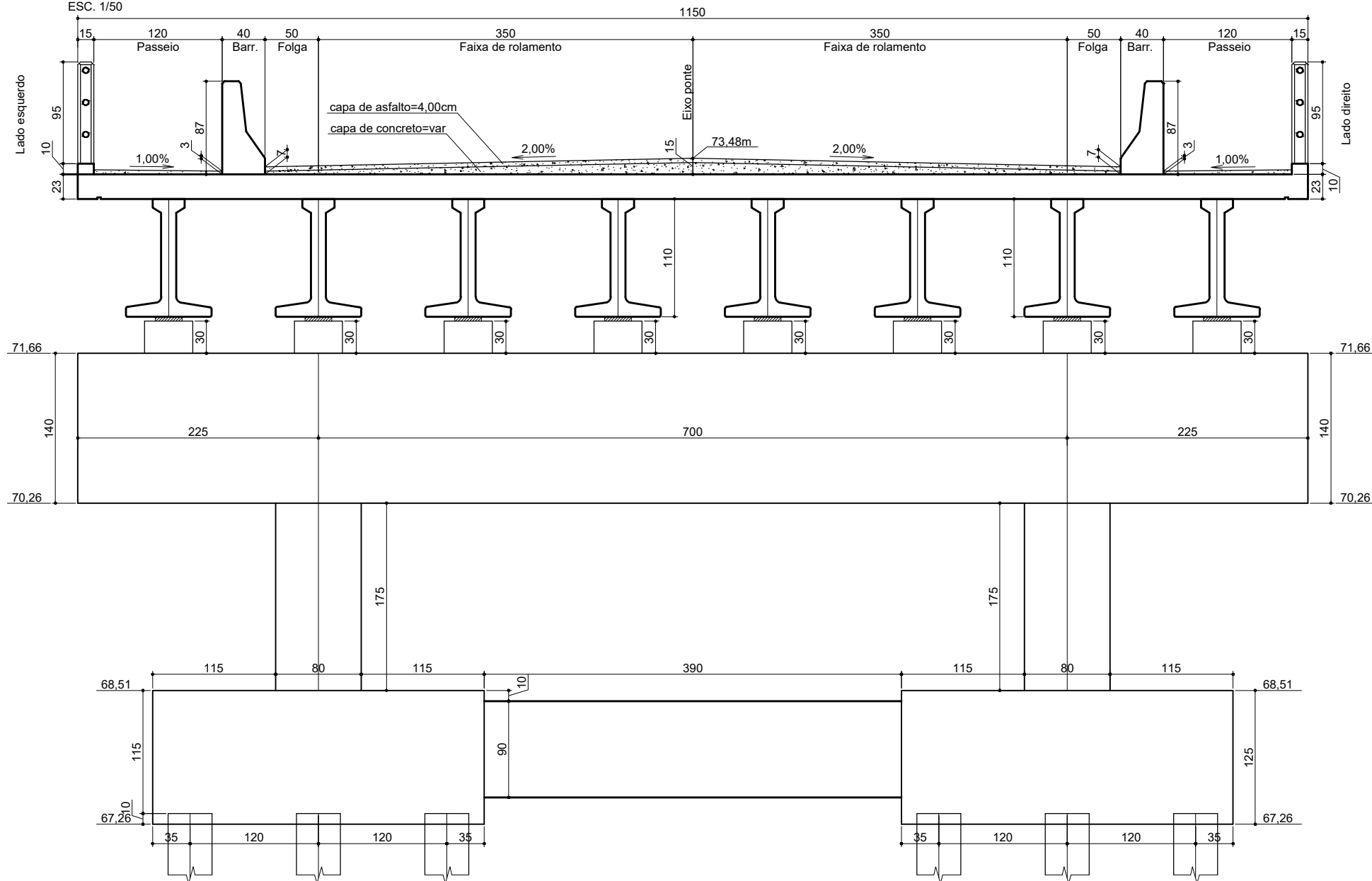
VISTA SUPERIOR TRAVESSA

ESC. 1/50



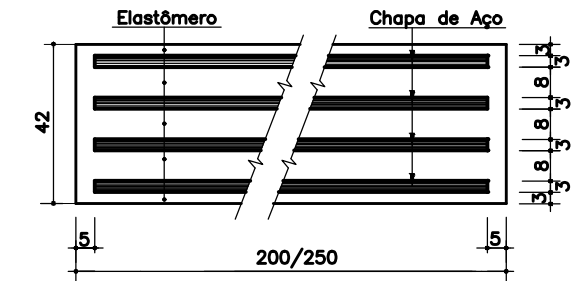
CORTE TRANSVERSAL APOIO P1

ESC. 1/50



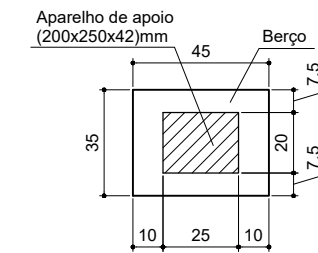
APARELHOS DE APOIO DE ELASTÔMERO FRETADO (8x) ELEVÇÃO - (200x250x42)

(COTAS EM MILÍMETROS)
ESC. 1/2



VISTA SUPERIOR APARELHO DE APOIO

ESC. 1/25



Notas:

- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 - Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 - Vigas - c=30
 - Lajes e placas - c=25
 - Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: CORTE TRANSVERSAL APOIO P1	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 04 26

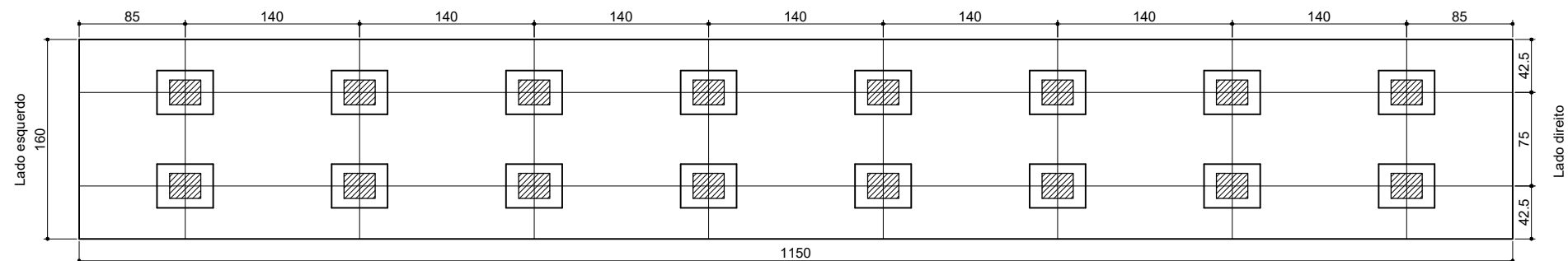
Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, X, I XII, XIII.

FORMATO A3 (420mm x 297 mm)

Este documento é cópia do original, para obtê-lo acesse https://amurel-e2.ciga.sc.gov.br/#/documento/9e5314fd-b55a-4272-9daa-23d0d163f7e0

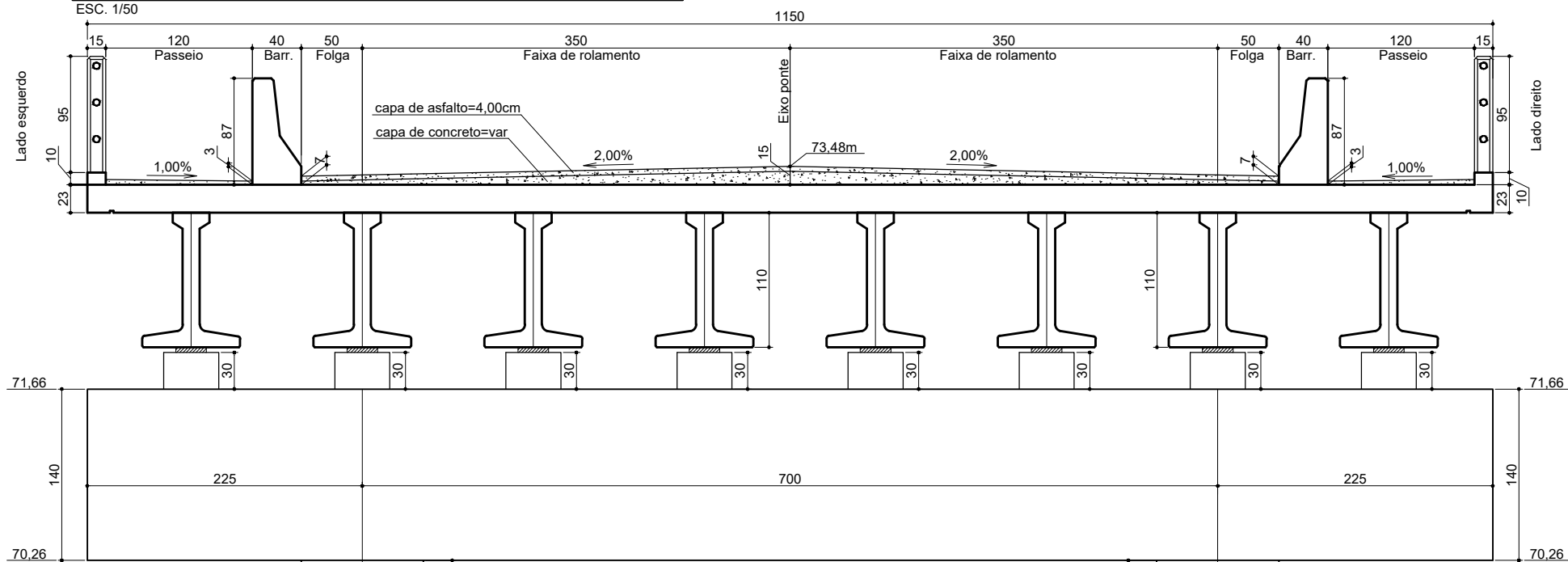
VISTA SUPERIOR TRAVESSA

ESC. 1/50



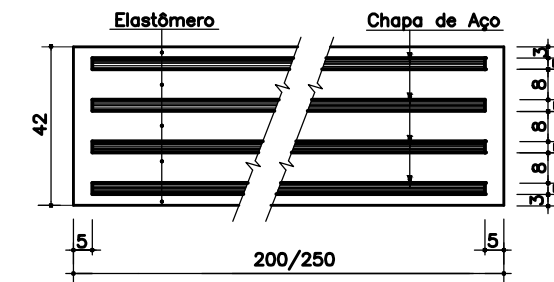
CORTE TRANSVERSAL APOIO P2=P3

ESC. 1/50



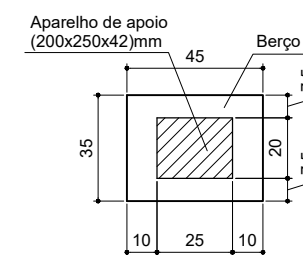
APARELHOS DE APOIO DE ELASTÔMERO FRETADO (16x) ELEVÇÃO - (200x250x42)

(COTAS EM MILÍMETROS)
ESC. 1/2



VISTA SUPERIOR APARELHO DE APOIO

ESC. 1/25



Notas:

- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 - Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 - Vigas - c=30
 - Lajes e placas - c=25
 - Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTA PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

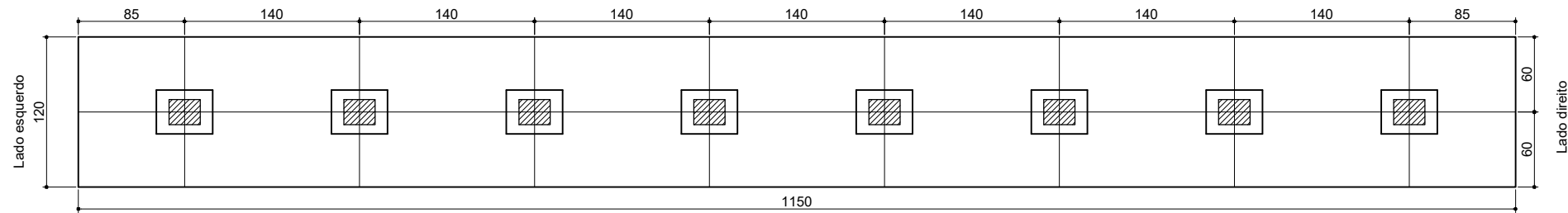
 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		 PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: CORTE TRANSVERSAL APOIO P2=P3	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA N° 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação N°: 202459252	Revisão N°: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 05

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, XI, XII, XIII.

FORMATO A3-estendido (460mm x 297 mm)

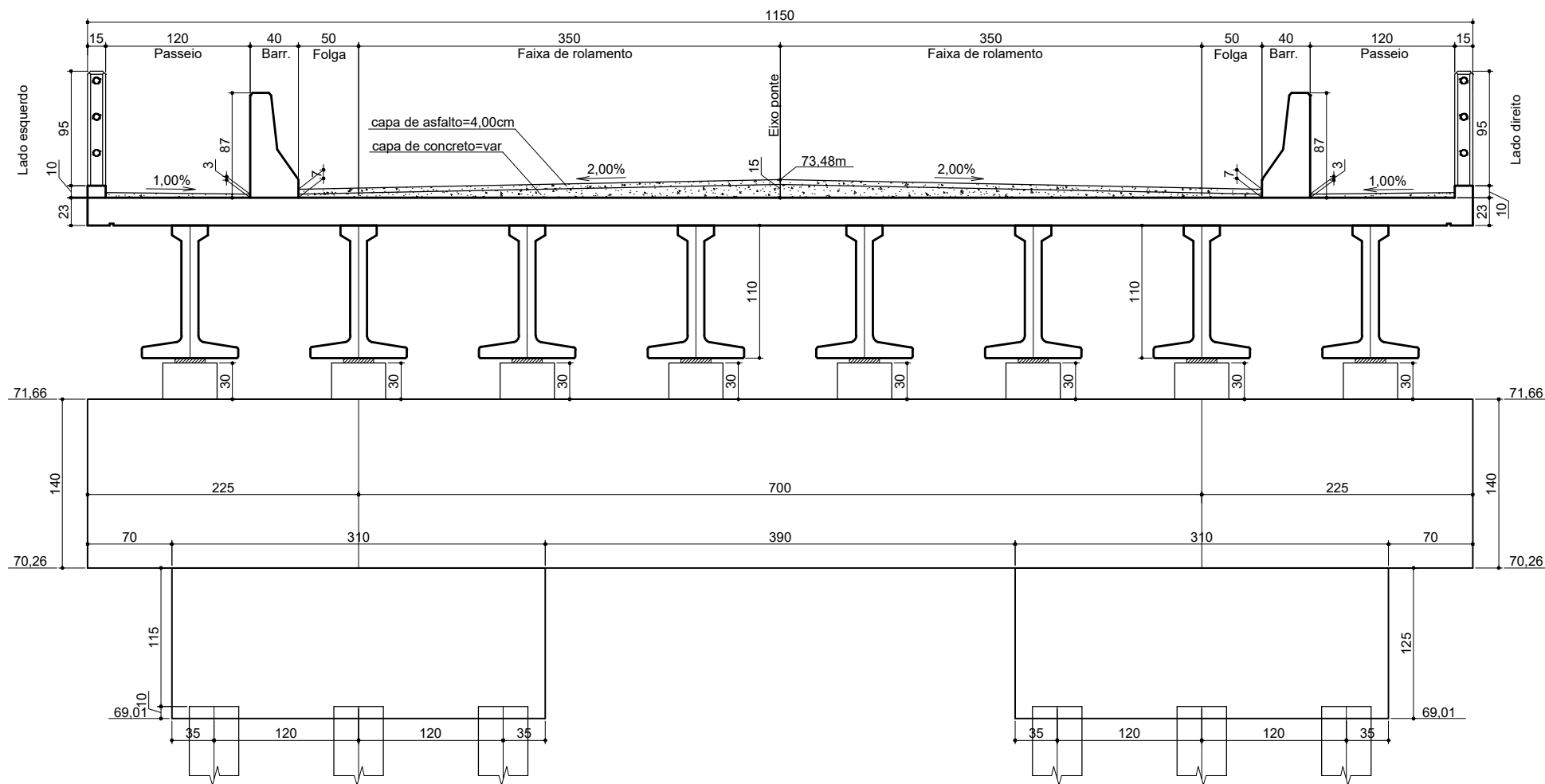
VISTA SUPERIOR TRAVESSA

ESC. 1/50



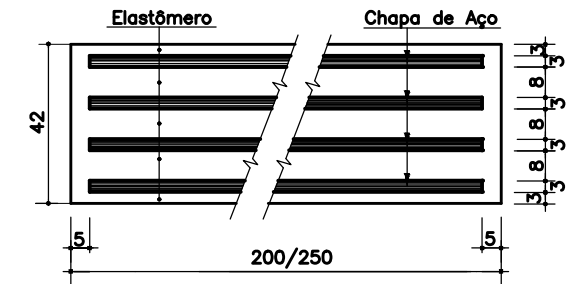
CORTE TRANSVERSAL APOIO P4

ESC. 1/50



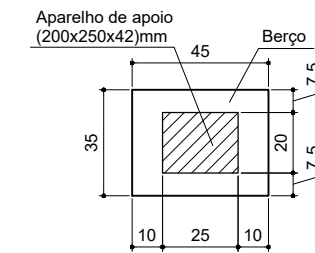
APARELHOS DE APOIO DE ELASTÔMERO FRETADO (8x) ELEVÇÃO - (200x250x42)

(COTAS EM MILÍMETROS)
ESC. 1/2



VISTA SUPERIOR APARELHO DE APOIO

ESC. 1/25



Notas:

- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 - Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 - Vigas - c=30
 - Lajes e placas - c=25
 - Elementos estruturais em contato com solo - c=45

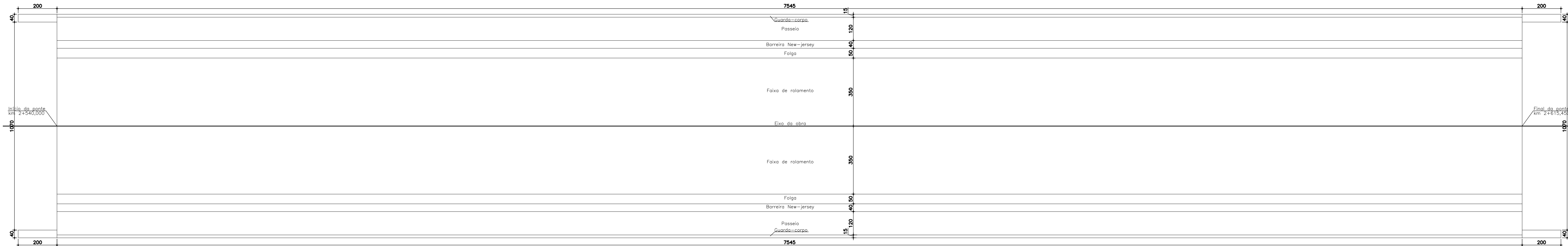
Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: CORTE TRANSVERSAL APOIO P4	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 06 26

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, XI, XII, XIII.

FORMATO A3 (420mm x 297 mm)

VISTA SUPERIOR
ESC. 1:100



- Notas:
- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
 - 2 - Cobrimento das armaduras em mm
Longarinas em Concreto Protendido - c=30
Vigas - c=30
Lajes e placas - c=25
Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTE PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		 PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: VISTA SUPERIOR	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 07


Assessoria Técnica: Eng. Miguel N. Cardoso
 Este documento é cópia do original, para obter o acesso https://amurel-e2.ciga.sc.gov.br/#/documento/9e5314fc-b55a-4272-9daa-23d0d1e31e90

LOCAÇÃO DAS FUNDAÇÕES

ESC. 1/100



Convenção estaqueamento:

 60 Estacas Raiz.
 Seção transversal: Ø41cm em solo e Ø31cm em rocha
 Comprimento: segundo tabela abaixo

Apoio	Tipo	Ø em solo (cm)	Ø em rocha (cm)	Carga (tf)	Quantidade	compr. em solo (m)	compr. em rocha (m)	compr. total em solo (m)	compr. total em rocha (m)
P1	Raiz	41	31	64	12	10,00	4,00	120,00	48,00
P2	Raiz	41	31	61,7	18	14,00	-	252,00	-
P3	Raiz	41	31	61,7	18	10,00	6,00	180,00	108,00
P4	Raiz	41	31	64	12	10,00	6,00	120,00	72,00
								672,00	228,00
							Compr. Total		




Recomendações para viabilização da execução das estacas raiz nos apoio 1, 2 e 3:

- 1 - Providenciar a remoção e substituição das camadas de seixo/pedras soltas, por solo de granulometria adequada, conforme orientação da empresa executora.
- 2 - Recomendamos que as camadas a serem removidas tenham de 3 a 4m, ou segundo recomendações da empresa executora.

Notas:

- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 Vigas - c=30
 Lajes e placas - c=25
 Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTA PRANCHA O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

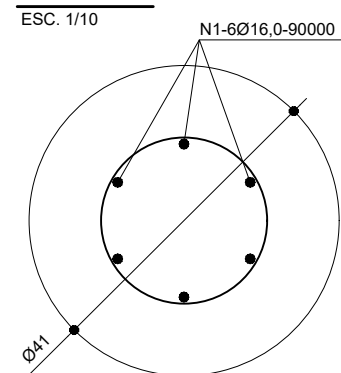
 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		 PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: LOCAÇÃO DAS FUNDAÇÕES	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 08 26

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, XI, XII, XIII.

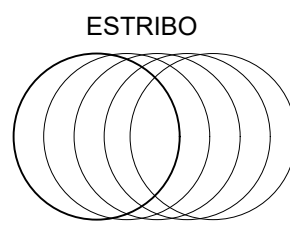
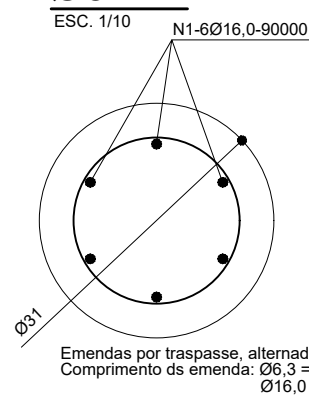
FORMATO A3-estendido (850mm x 297 mm)

Este documento é cópia do original, para obtê-lo acesse https://amurel-e2.ciga.sc.gov.br/#/documento/9e5314fc-b55a-4272-9daa-23d0d1e317e0

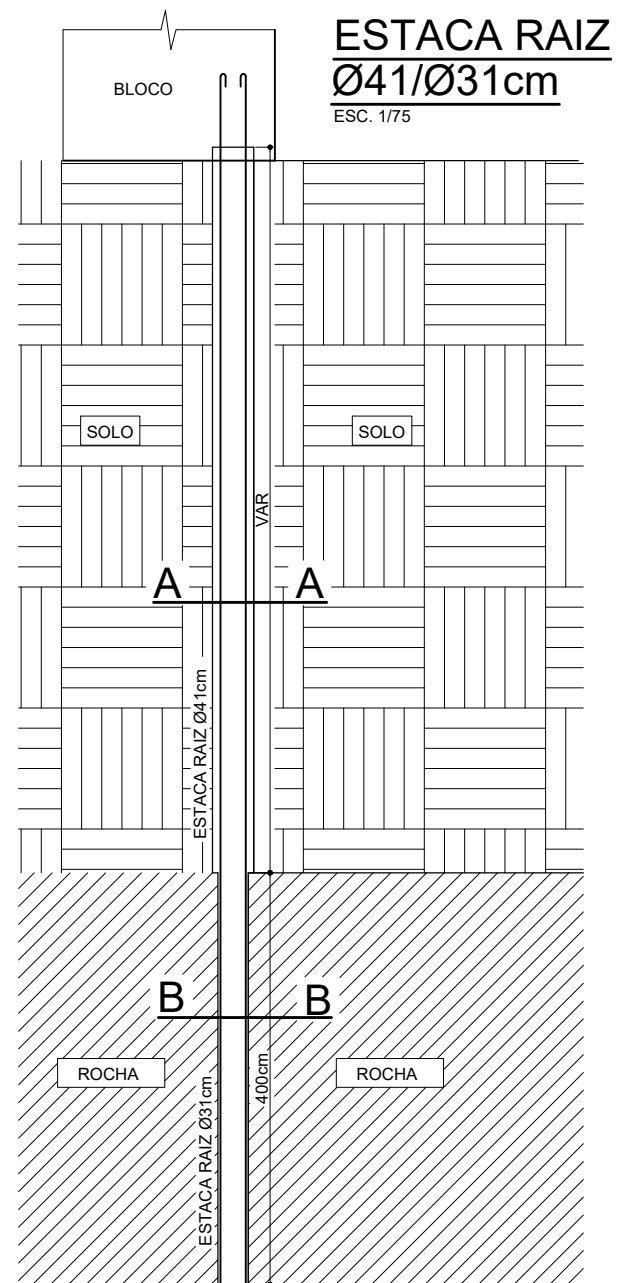
SEÇÃO AA (SOLO)
Ø41cm



SEÇÃO BB (ROCHA)
Ø31cm



N2-1Ø6,3 passo 15cm-613553
(HELICOIDAL)



N	Diam. (mm)	Quant.	Comprimento unitário	Comprimento total
1	16,0	6	90000	607500
2	6,3	1	613553	613553

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50/60	φ	Comprimento (cm)	kg/m	Peso (kg)
	6,3	613553	0,245	1503
16,0	607500	1,578	9586	
PESO TOTAL				11089

CONCRETO= 105,93 m³

Notas:

- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- 2 - Cobrimento das armaduras em mm
Longarinas em Concreto Protendido - c=30
Vigas - c=30
Lajes e placas - c=25
Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTA PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

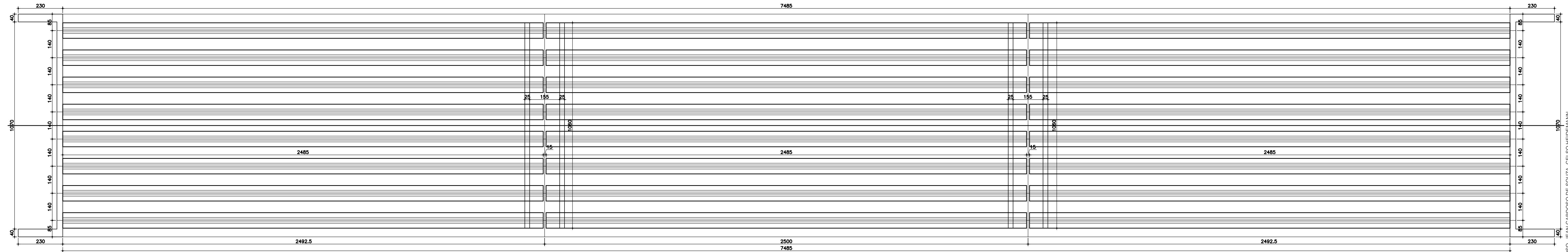
<p>ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br</p>		<p>PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br</p>		
<p>Conteúdo da prancha: DETALHES ESTACAS</p>	<p>Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m² EXTENSÃO = 75,45m</p>	<p>Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4</p>		
<p>Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE</p>		<p>Data: JULHO/2024</p>	<p>Solicitação Nº: 202459252</p>	<p>Revisão Nº: 00</p>
<p>Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540</p>		<p>Desenho: EQUIPE calcAM</p>	<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Folha: 09 26</p>

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, X, I XII, XIII.

FORMATO A3 (420mm x 297 mm)

CORTE HORIZONTAL

ESC. 1:100



- Notas:
- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
 - 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 - Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 - Vigas - c=30
 - Lajes e placas - c=25
 - Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: CORTE HORIZONTAL	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 10

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, XI, XII, XIII.

FORMATO A3-estendido (850mm x 297 mm)

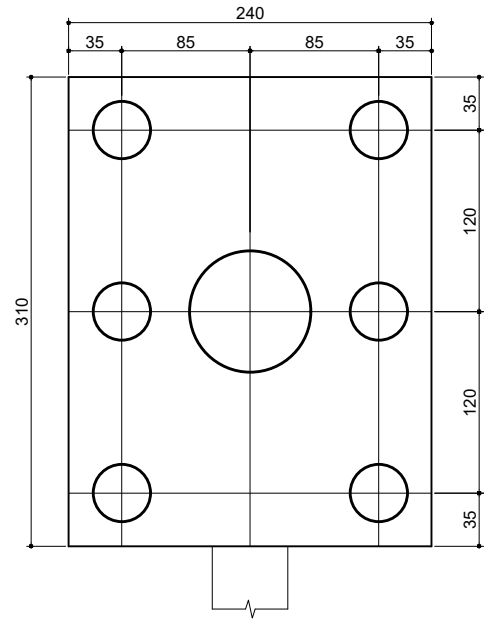
Este documento é cópia do original, para obter o acesso https://amurel-e2.ciga.sc.gov.br/#/documento/9e5314f4-b55a-4272-9daa-23d0d1e3f90.

DETALHAMENTO BLOCOS P1=P4 (4x)

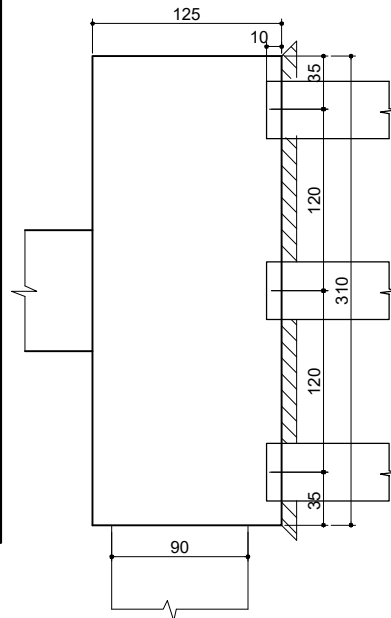
FORMAS (240x310x125)

ESC. 1/50

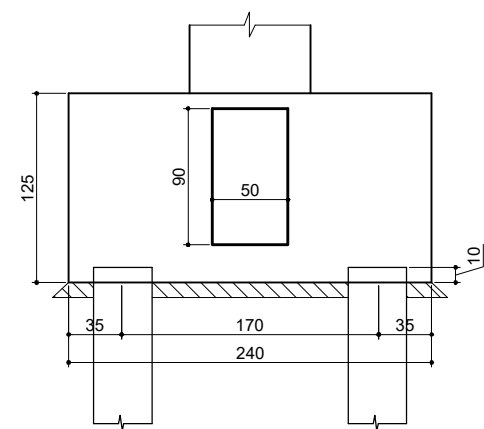
VISTA SUPERIOR



ELEVAÇÃO TRANSVERSAL



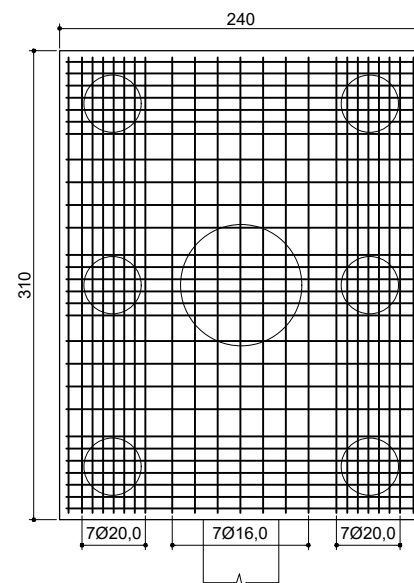
ELEVAÇÃO LONGITUDINAL



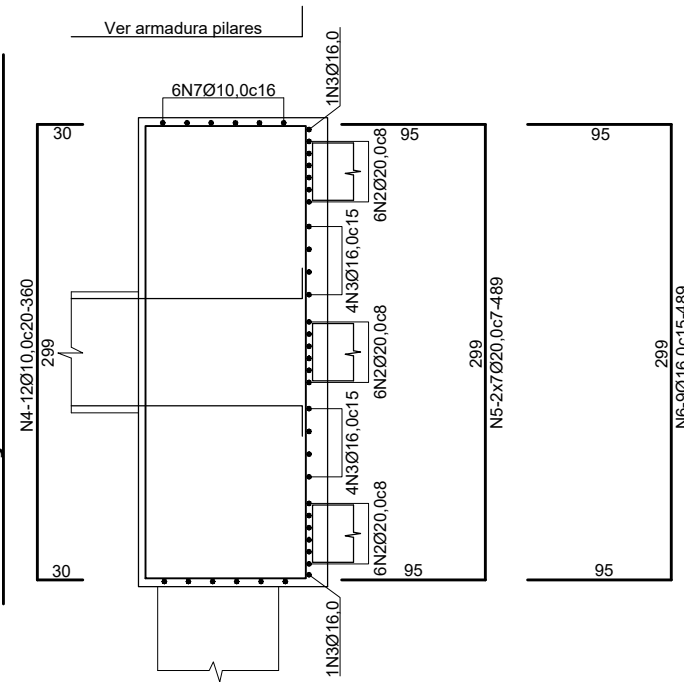
ARMAÇÃO (240x310x125)

ESC. 1/50

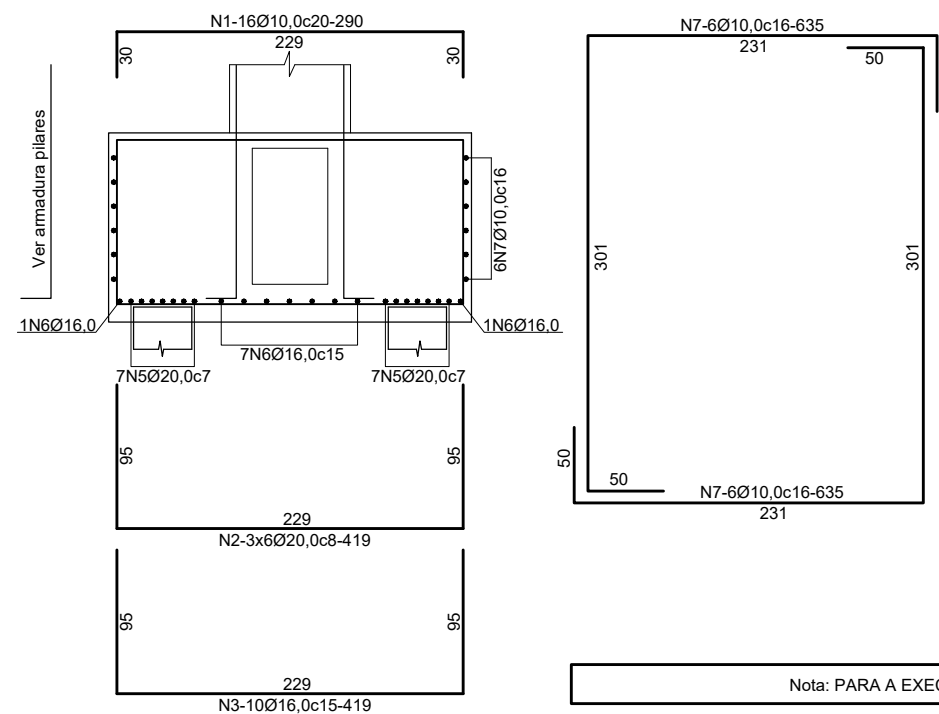
VISTA SUPERIOR



ELEVAÇÃO TRANSVERSAL



ELEVAÇÃO LONGITUDINAL



N	Diam. (mm)	Quant.	Comprimento unitário	Comprimento total
1	10,0	64	290	18560
2	20,0	72	419	30168
3	16,0	40	419	16760
4	10,0	48	360	17280
5	20,0	56	489	27384
6	16,0	36	489	17604
7	10,0	48	635	30480

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50/60	φ	Comprimento (cm)	kg/m	Peso (kg)
	10,0	66320	0,617	409
16,0	34364	1,578	542	
20,0	57552	2,466	1419	
PESO TOTAL				2370

CONCRETO= 37,20 m³ FORMAS= 55,00 m²

Notas:

- As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- Cobrimento das armaduras em mm
 Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 Vigas - c=30
 Lajes e placas - c=25
 Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTA PRANCHA O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

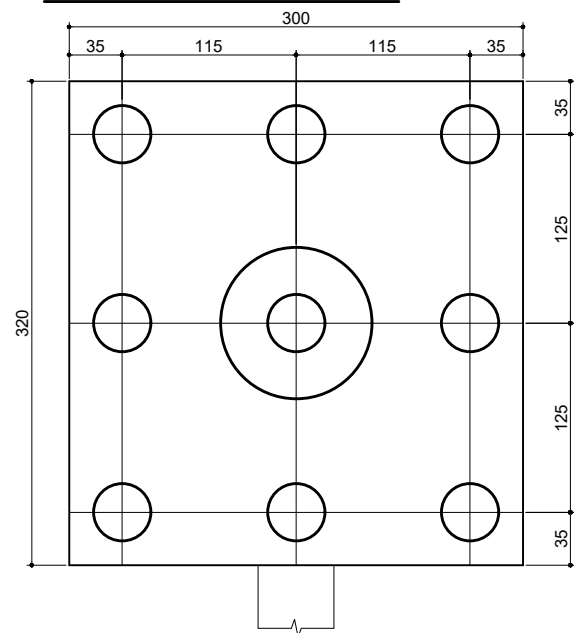
ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: DETALHAMENTO BLOCOS P1=P4 (4x)	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 11

DETALHAMENTO BLOCOS P2=P3 (4x)

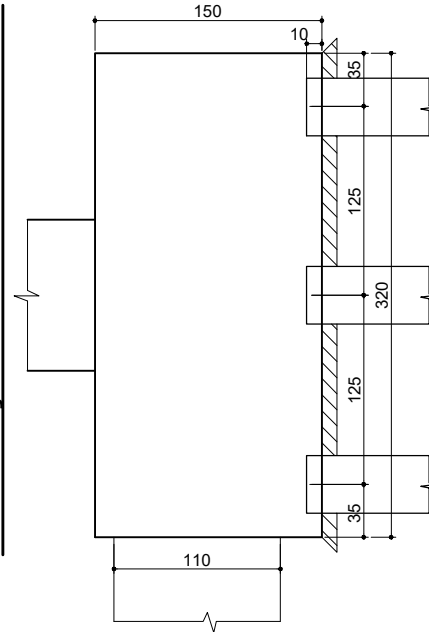
FORMAS (300x320x150)

ESC. 1/50

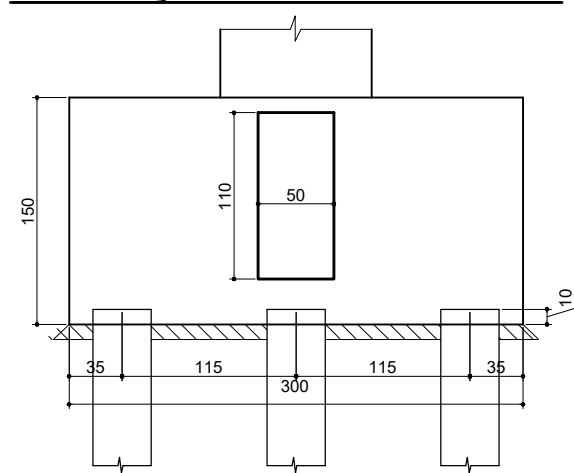
VISTA SUPERIOR



ELEVAÇÃO TRANSVERSAL



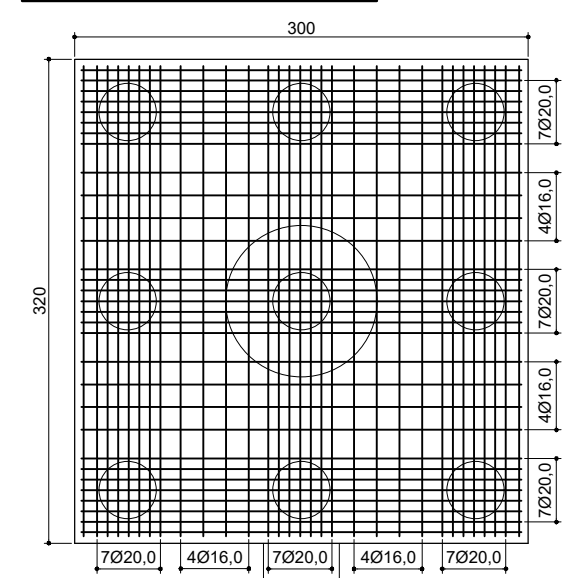
ELEVAÇÃO LONGITUDINAL



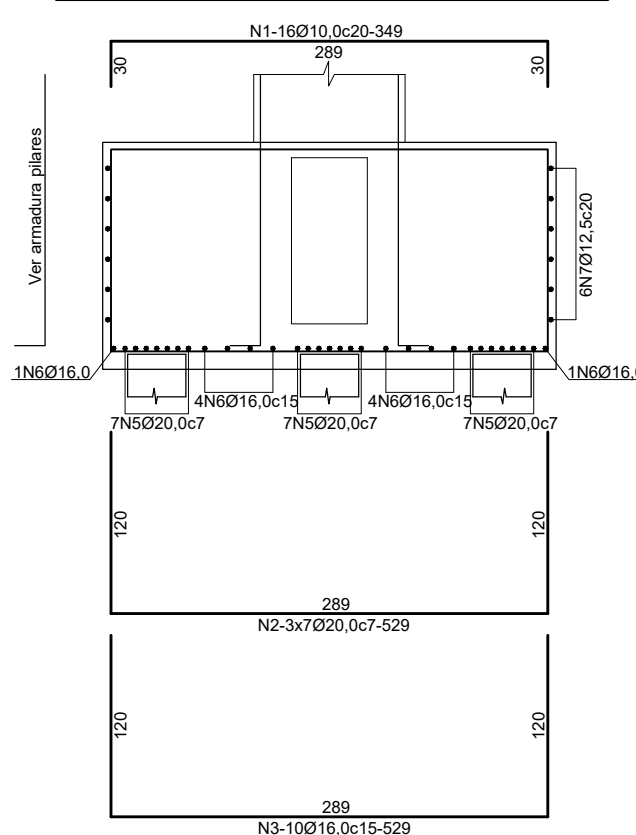
ARMAÇÃO (300x320x150)

ESC. 1/50

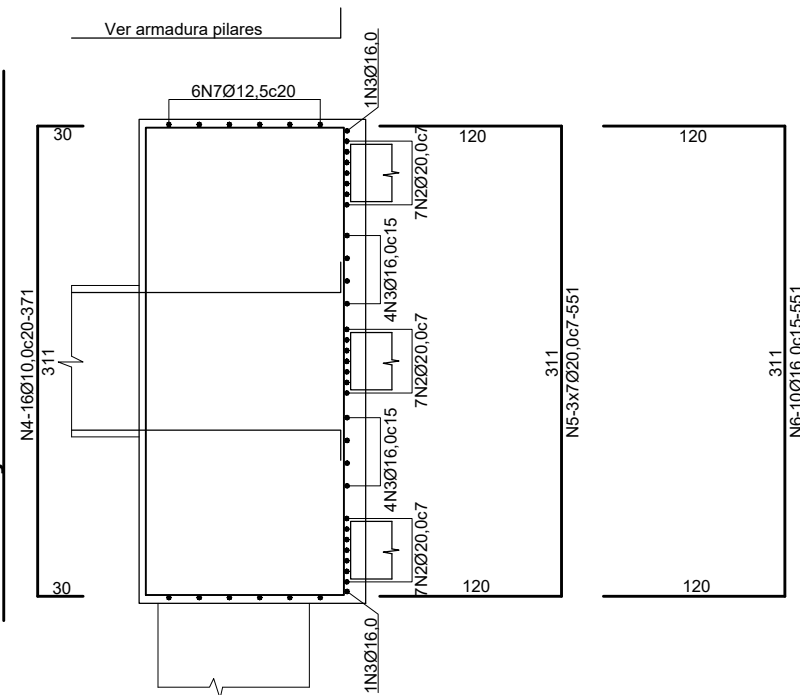
VISTA SUPERIOR



ELEVAÇÃO LONGITUDINAL



ELEVAÇÃO TRANSVERSAL



N	Diam. (mm)	Quant.	Comprimento unitário	Comprimento total
1	10,0	64	349	22336
2	20,0	84	529	44436
3	16,0	40	529	21160
4	10,0	64	371	23744
5	20,0	84	551	46284
6	16,0	40	551	22040
7	12,5	48	702	33696

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50/60	φ	Comprimento (cm)	kg/m	Peso (kg)
	10,0	46080	0,617	284
	12,5	33696	0,963	324
	16,0	43200	1,578	681
	20,0	90720	2,466	2237
PESO TOTAL				3526

CONCRETO= 57,60 m³ FORMAS= 74,40 m²

Notas:

- As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- Cobrimento das armaduras em mm
Longarinas em Concreto Protendido - c=30
Vigas - c=30
Lajes e placas - c=25
Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTA PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		 PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: DETALHAMENTO BLOCOS P2=P3 (4x)	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA N° 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024	Solicitação N°: 202459252	Revisão N°: 00	Folha: 12
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540	Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Revisão N°: 00	

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, XI, XII, XIII.

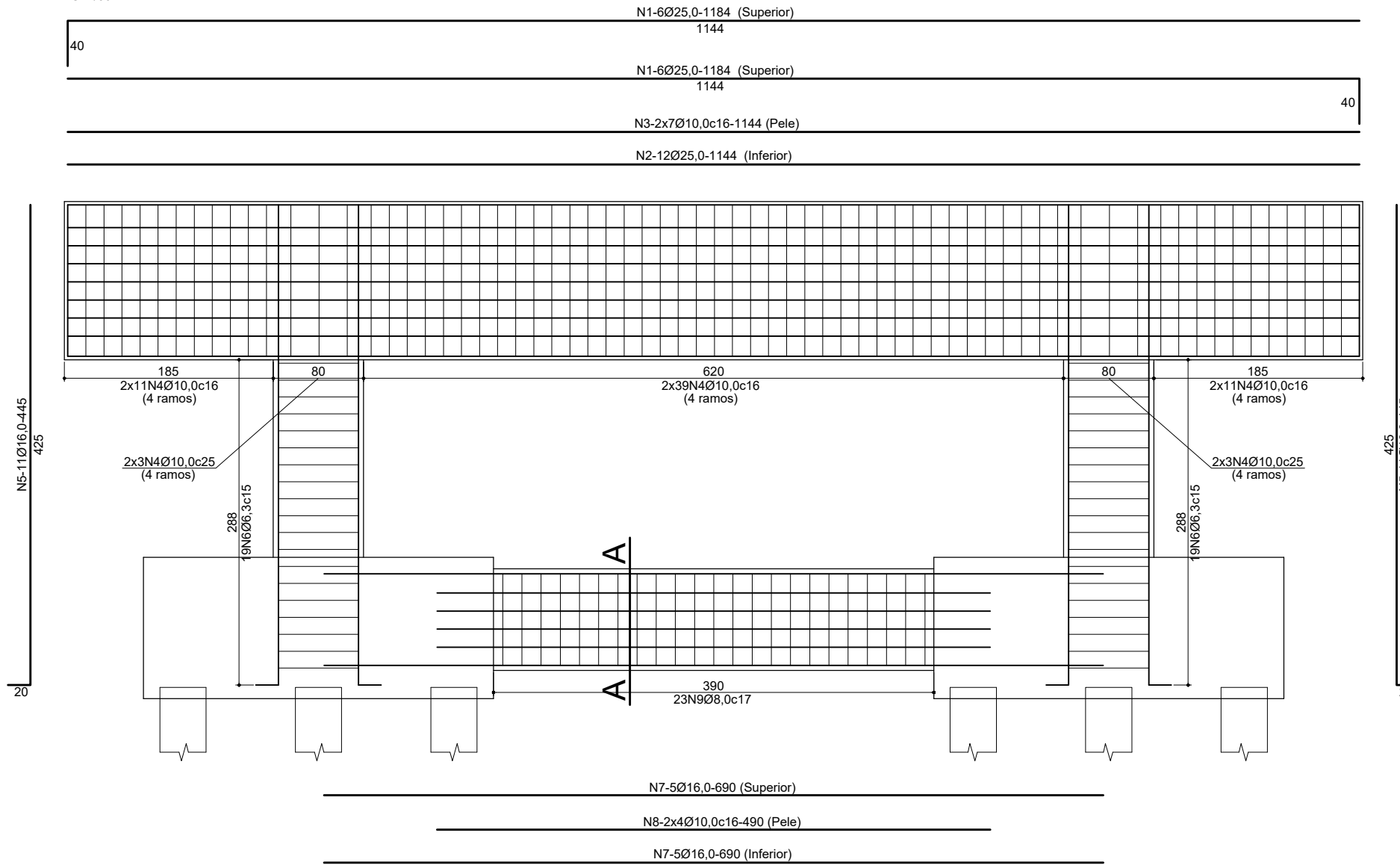
FORMATO A3-estendido (470mm x 297 mm)

Este documento é cópia do original, para obtê-lo acesse https://amurel-e2.ciga.sc.gov.br/#/documento/9e5314fd-b55a-4272-9daa-23a0d1e317e0. Assinado digitalmente por MIGUEL DO NASCIMENTO CARDOSO, JEAN CARDOSO DE SOUZA, CELSO HEIDEMANN

ARMAÇÃO PÓRTICO P1

ELEVAÇÃO

ESC. 1/50



N	Diam. (mm)	Quant.	Comprimento unitário	Comprimento total
1	25,0	12	1184	14208
2	25,0	12	1144	13728
3	10,0	14	1144	16016
4	10,0	134	445	59630
5	16,0	22	445	9790
6	6,3	38	255	9690
7	16,0	10	690	6900
8	10,0	8	490	3920
9	8,0	23	270	6210

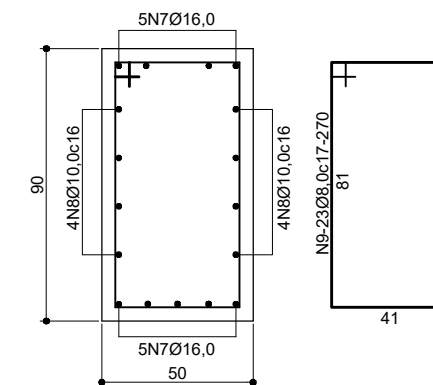
RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50/60	φ	Comprimento (cm)	kg/m	Peso (kg)
	6,3	9690	0,245	23
	8,0	6210	0,395	24
	10,0	79566	0,617	490
	16,0	16690	1,578	263
25,0	27936	3,853	1076	
PESO TOTAL				1876

CONCRETO= 22,84 m³ FORMAS= 67,13 m²

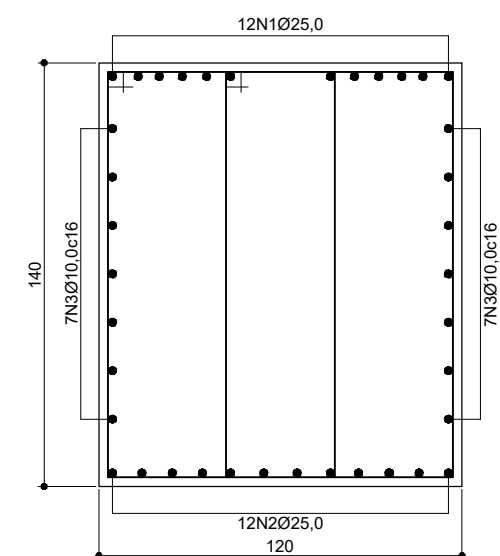
SEÇÃO AA

ESC. 1/25



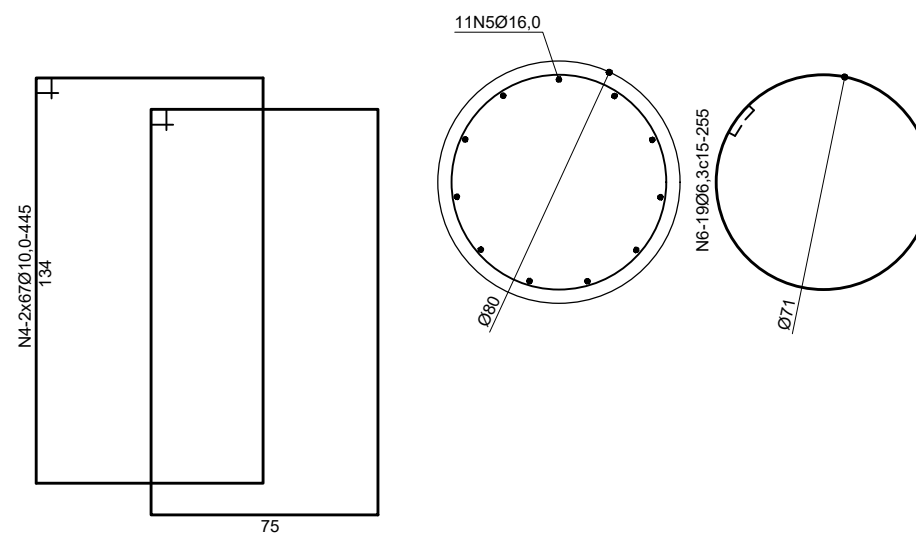
SEÇÃO TRAVESSA

ESC. 1/25



SEÇÃO PILAR (2x)

ESC. 1/25



Notas:

- As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- Cobrimento das armaduras em mm
 - Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 - Vigas - c=30
 - Lajes e placas - c=25
 - Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTA OBRA O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO PÓRTICO P1	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 13

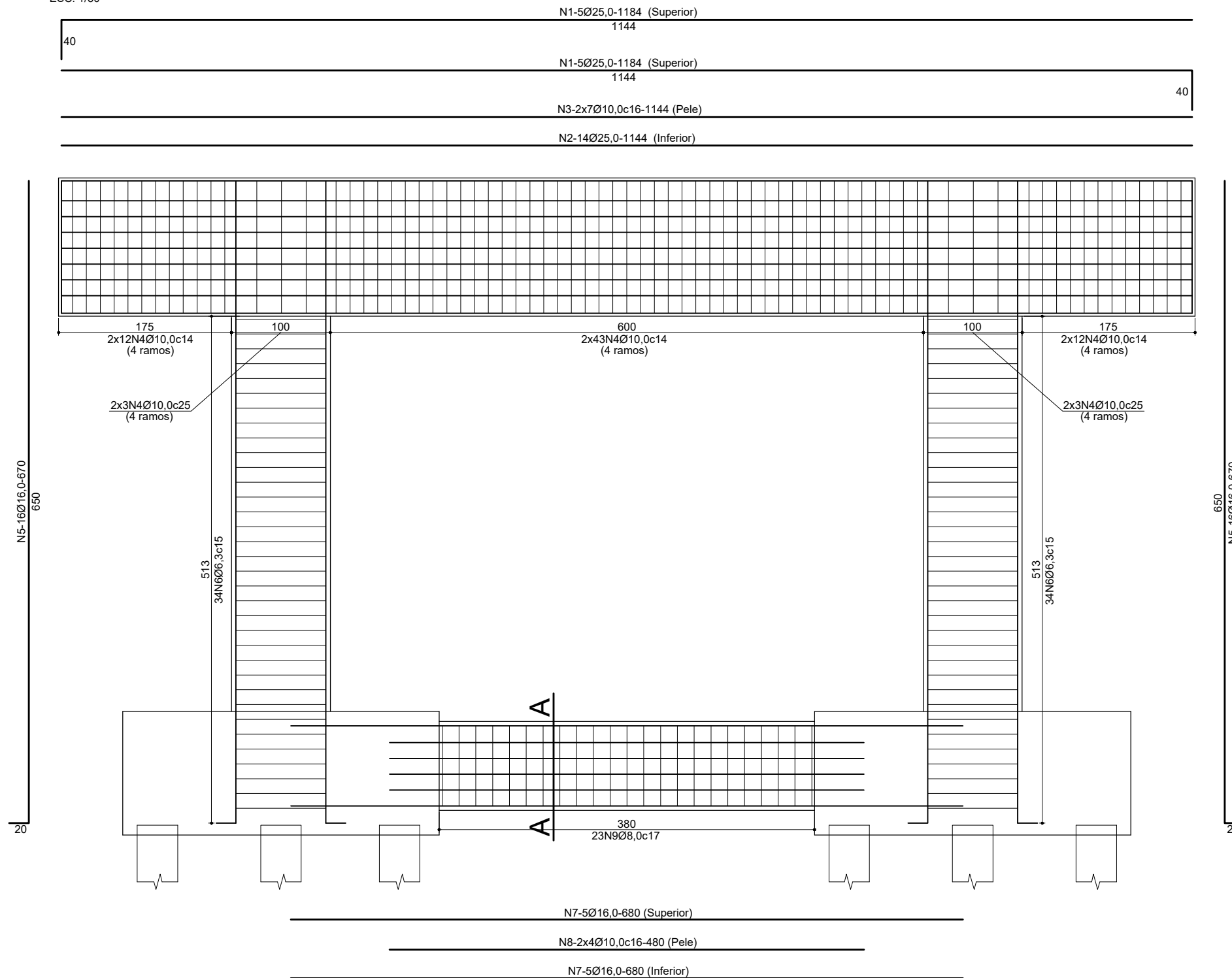
Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, X, I XII, XIII.

FORMATO A3 (420mm x 297 mm)

ARMAÇÃO PÓRTICO P2=P3 (2x) (PARTE 1)


ELEVAÇÃO

ESC. 1/50



- Notas:
- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
 - 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 - Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 - Vigas - c=30
 - Lajes e placas - c=25
 - Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		 PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO PÓRTICO P2=P3 (2x) (PARTE 1)	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTA S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 14 26

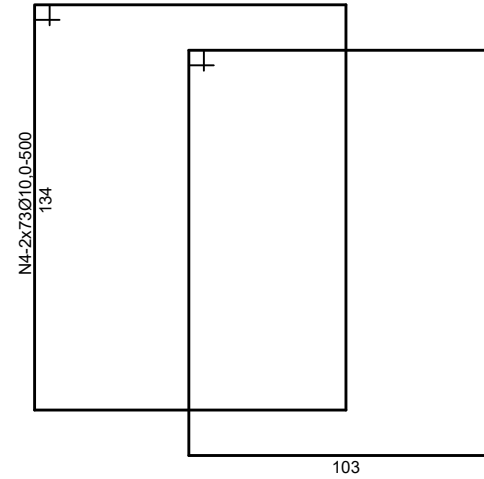
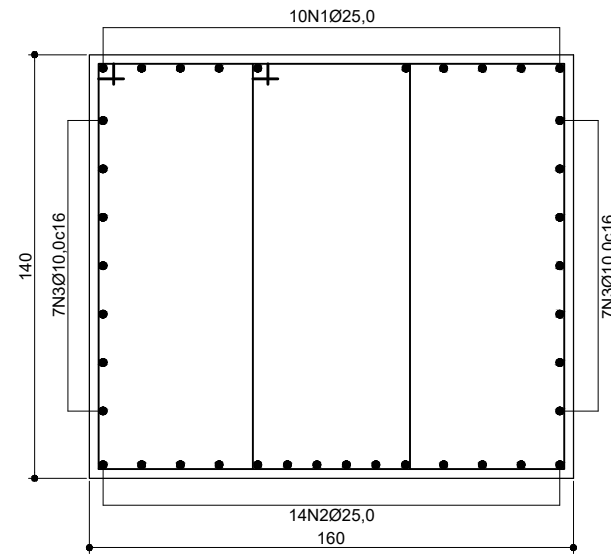
Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, X, I XII, XIII.

FORMATO A3 (420mm x 297 mm)

ARMAÇÃO PÓRTICO P2=P3 (2x) (PARTE 2)

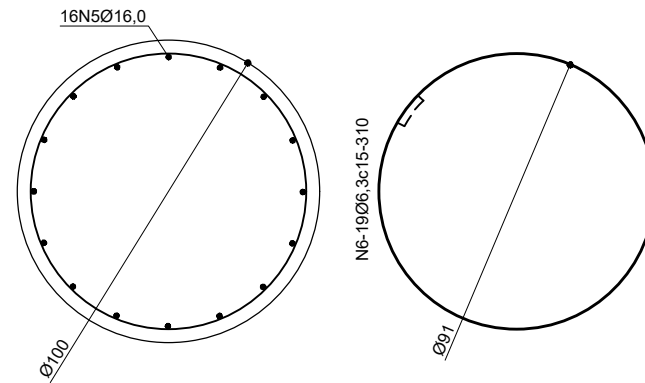
SEÇÃO TRAVESSA

ESC. 1/25



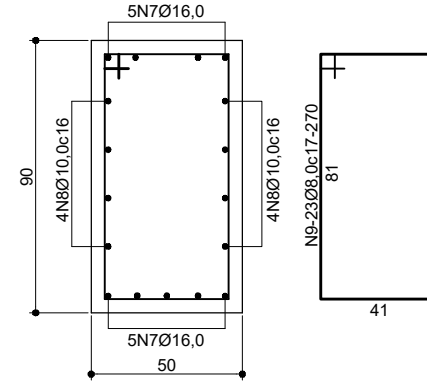
SEÇÃO PILAR (2x)

ESC. 1/25



SEÇÃO AA

ESC. 1/25



N	Diam. (mm)	Quant.	Comprimento unitário	Comprimento total
1	25,0	20	1184	23680
2	25,0	28	1144	32032
3	10,0	28	1144	32032
4	10,0	292	500	146000
5	16,0	64	670	42880
6	6,3	136	310	42160
7	16,0	20	680	13600
8	10,0	16	480	7680
9	8,0	46	270	12420

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50/60	φ	Comprimento (cm)	kg/m	Peso (kg)
	6,3	42160	0,245	103
	8,0	12420	0,395	49
	10,0	185712	0,617	1145
	16,0	56480	1,578	891
25,0	55712	3,853	2146	
PESO TOTAL				4334

CONCRETO= 68,27 m³ FORMAS= 180,95 m²

Notas:

- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 Vigas - c=30
 Lajes e placas - c=25
 Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO PÓRTICO P2=P3 (2x) (PARTE 2)	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA N° 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação N°: 202459252	Revisão N°: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 15 26

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, X,II, XIII.

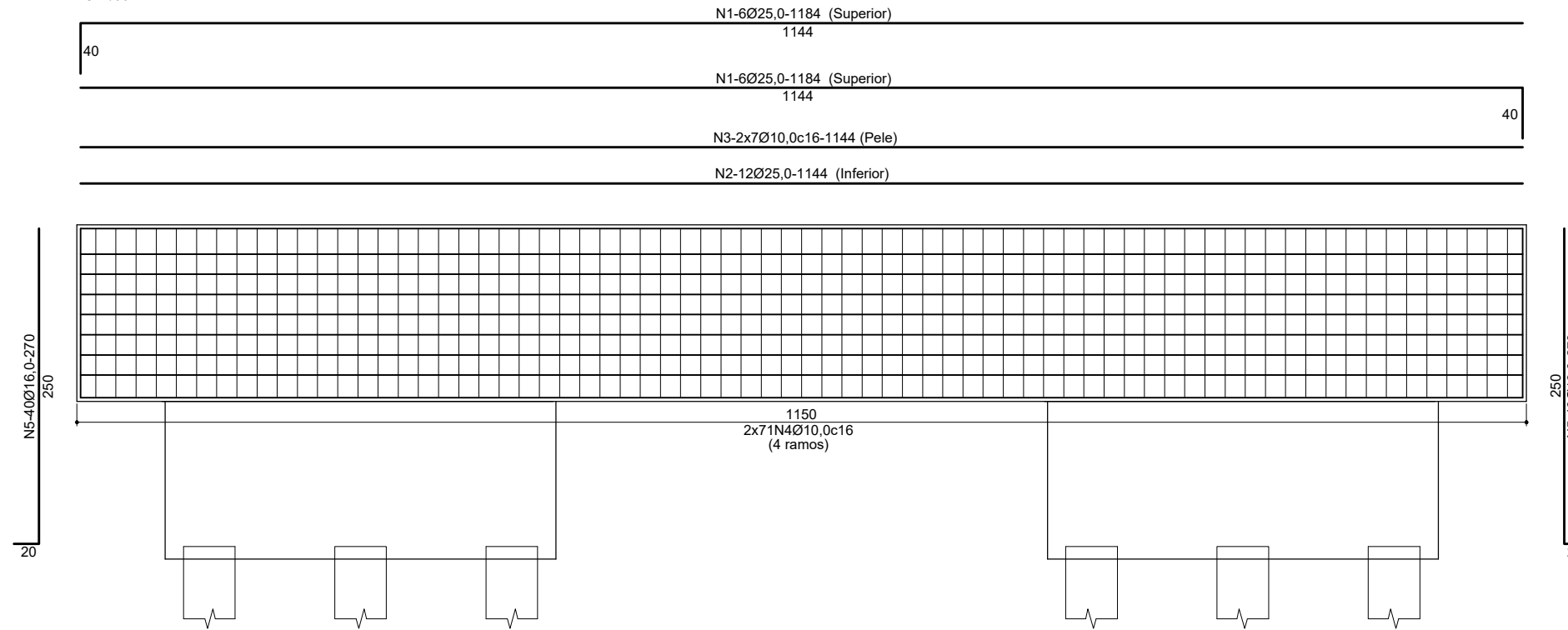
FORMATO A3 (420mm x 297 mm)

Este documento é cópia do original, para obtê-lo acesse https://amurel-e2.ciga.sc.gov.br/#/documento/9e5314fd-b55a-4272-9daa-23d0d163f7e0. Assinado eletronicamente por MIGUEL DO NASCIMENTO CARDOSO, JEAN CARDOSO DE SOUZA, CEILSO HEIDEMANN

ARMAÇÃO PÓRTICO P4

ELEVAÇÃO

ESC. 1/50



N	Diam. (mm)	Quant.	Comprimento unitário	Comprimento total
1	25,0	12	1184	14208
2	25,0	12	1144	13728
3	10,0	14	1144	16016
4	10,0	142	445	63190
5	16,0	80	250	20000

RESUMO DO AÇO

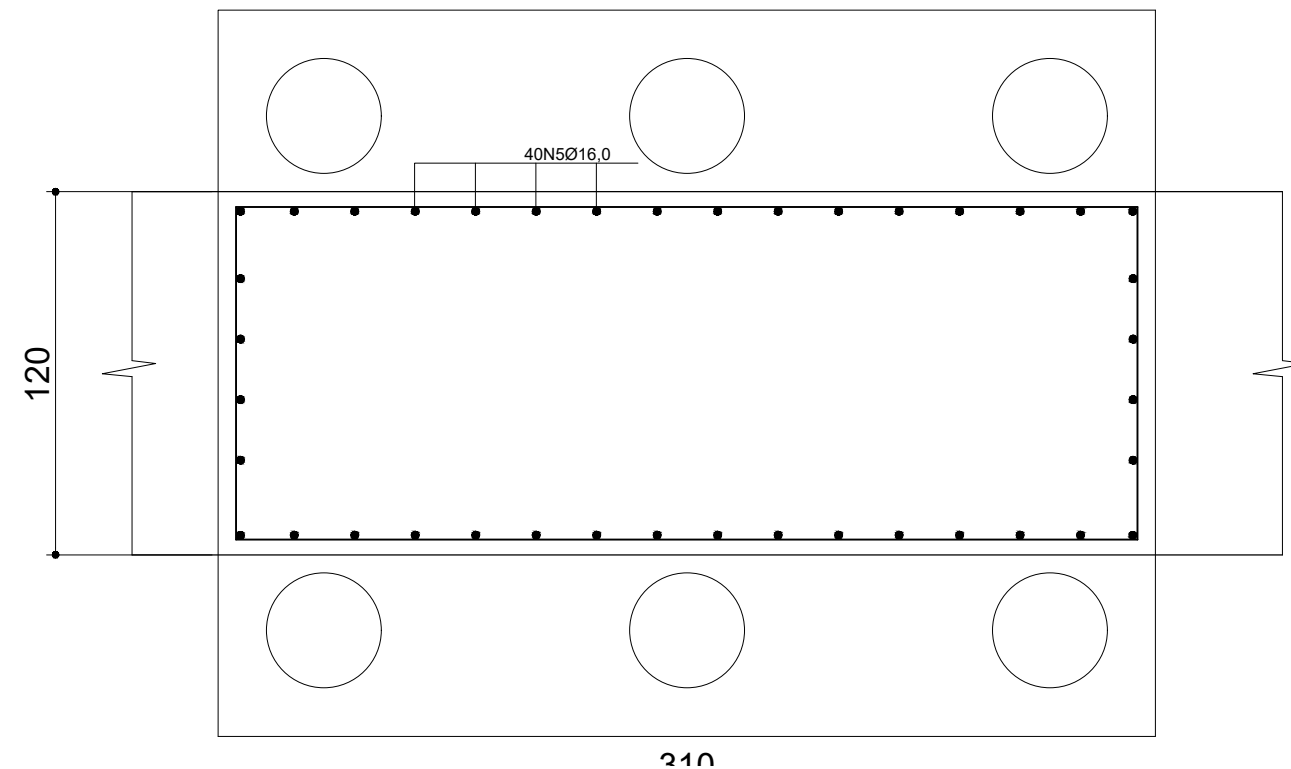
AÇO CA-50/60	Ø	Comprimento (cm)	kg/m	Peso (kg)
	10,0	79206	0,617	488
	16,0	20000	1,578	315
	25,0	27936	3,853	1076
PESO TOTAL				1879

CONCRETO= 19,32 m³ FORMAS= 49,36 m²

LIGAÇÃO

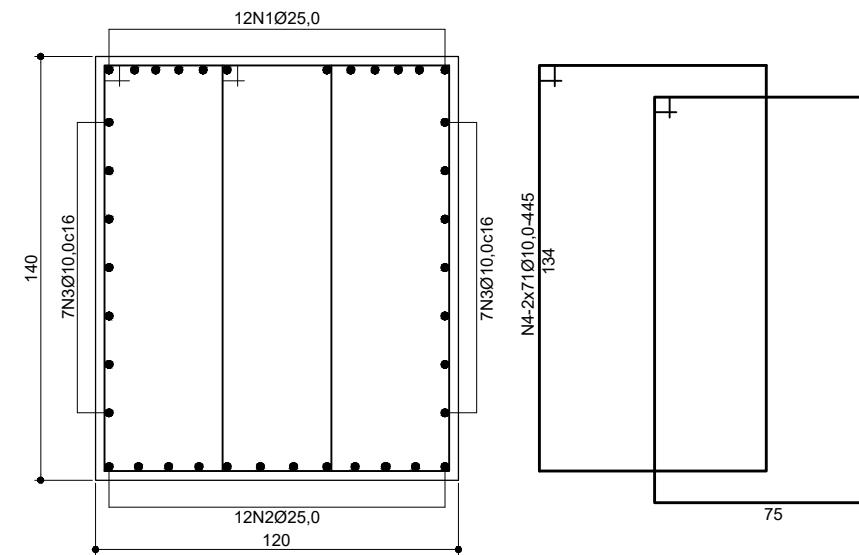
BLOCO/TRAVESSA (2x) - VISTA SUPERIOR

ESC. 1/25



SEÇÃO TRAVESSA

ESC. 1/25



Notas:

- As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- Cobrimento das armaduras em mm
 Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 Vigas - c=30
 Lajes e placas - c=25
 Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

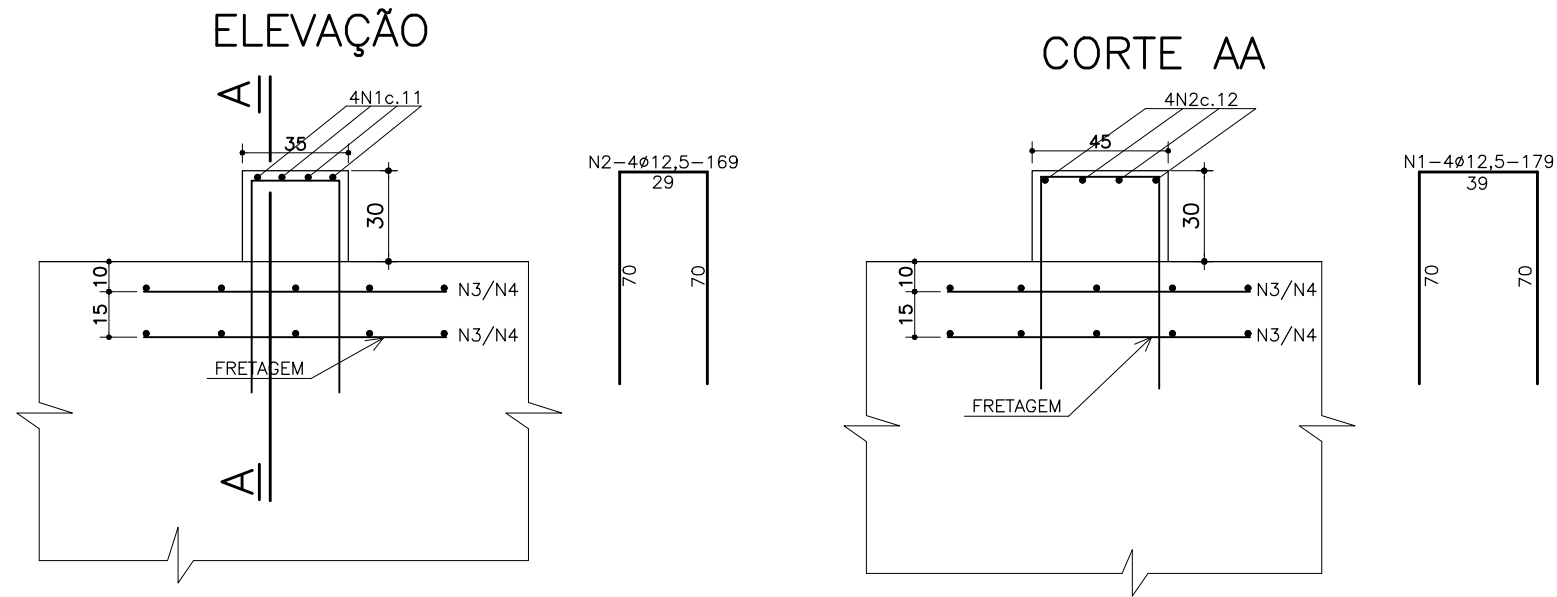
 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		 PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO PÓRTICO P4	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00	16 26
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540	Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA		

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, X, I XII, XIII.

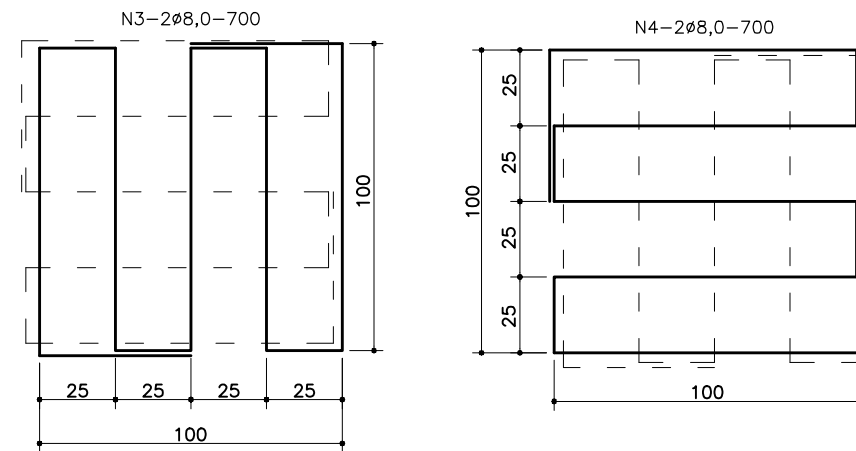
FORMATO A3 (420mm x 297 mm)

ARMAÇÃO BERÇOS DE APOIO (35x45x30) (48x)

ESC. 1:25



FRETAGENS



N	Ø	Q	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO	TOTAL
1	12,5	192	179	34368
2	12,5	192	169	32448
3	8,0	96	700	67200
4	8,0	96	700	67200

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50/60

Ø	Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)
5,0	134400	0,154	206
12,5	66816	0,963	643
Total			849

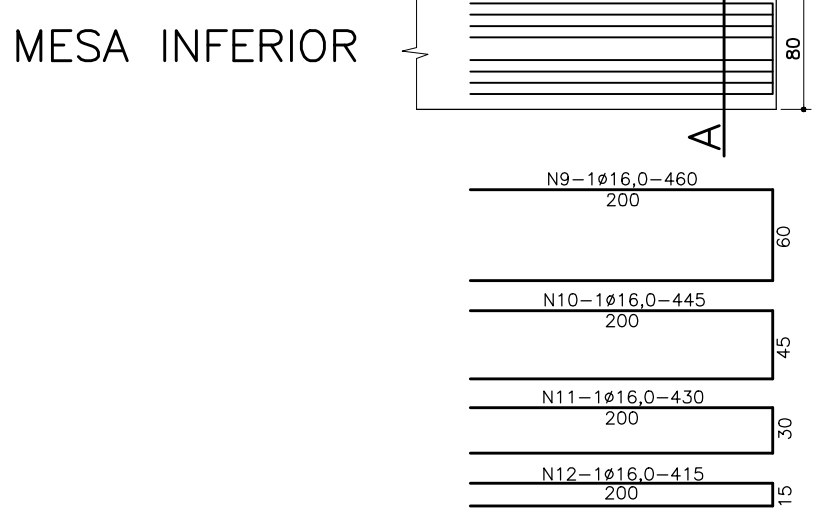
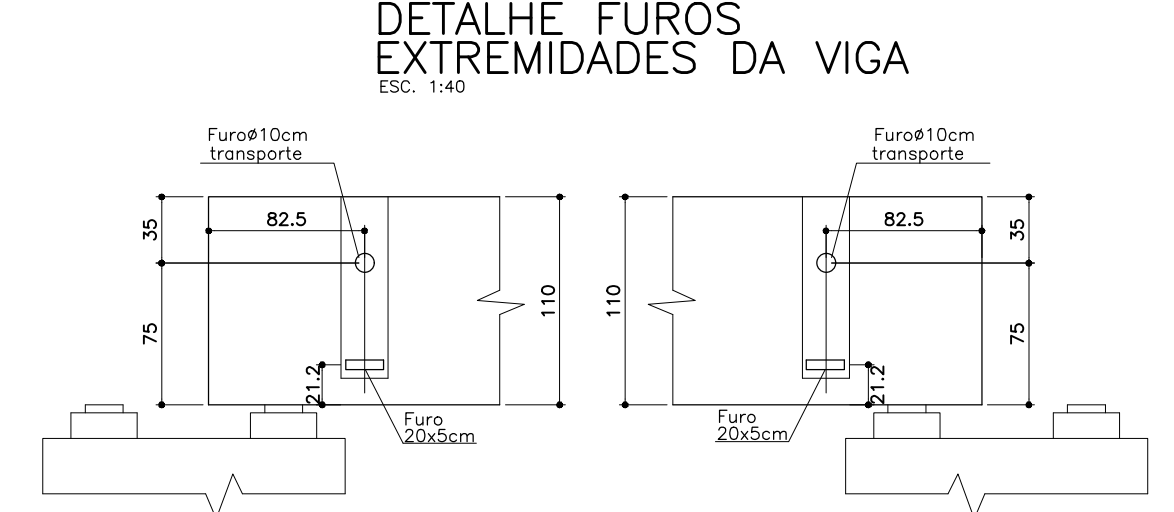
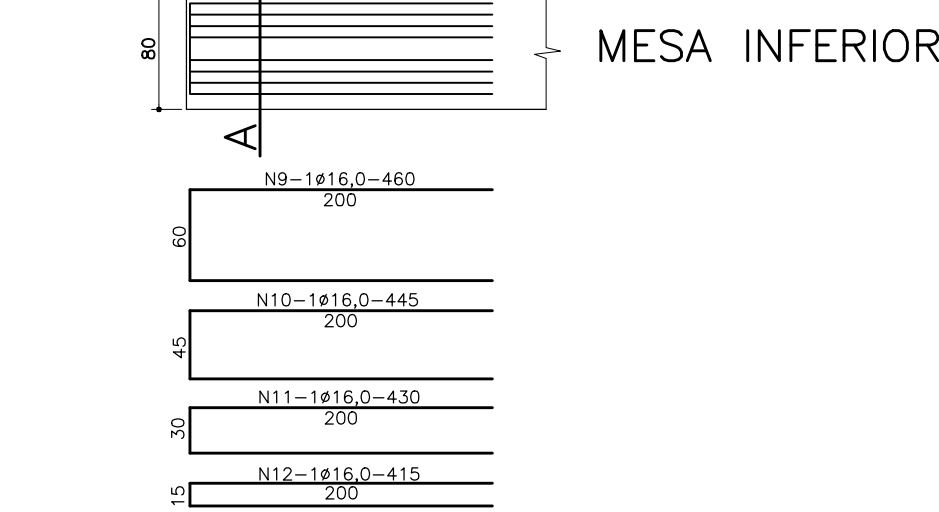
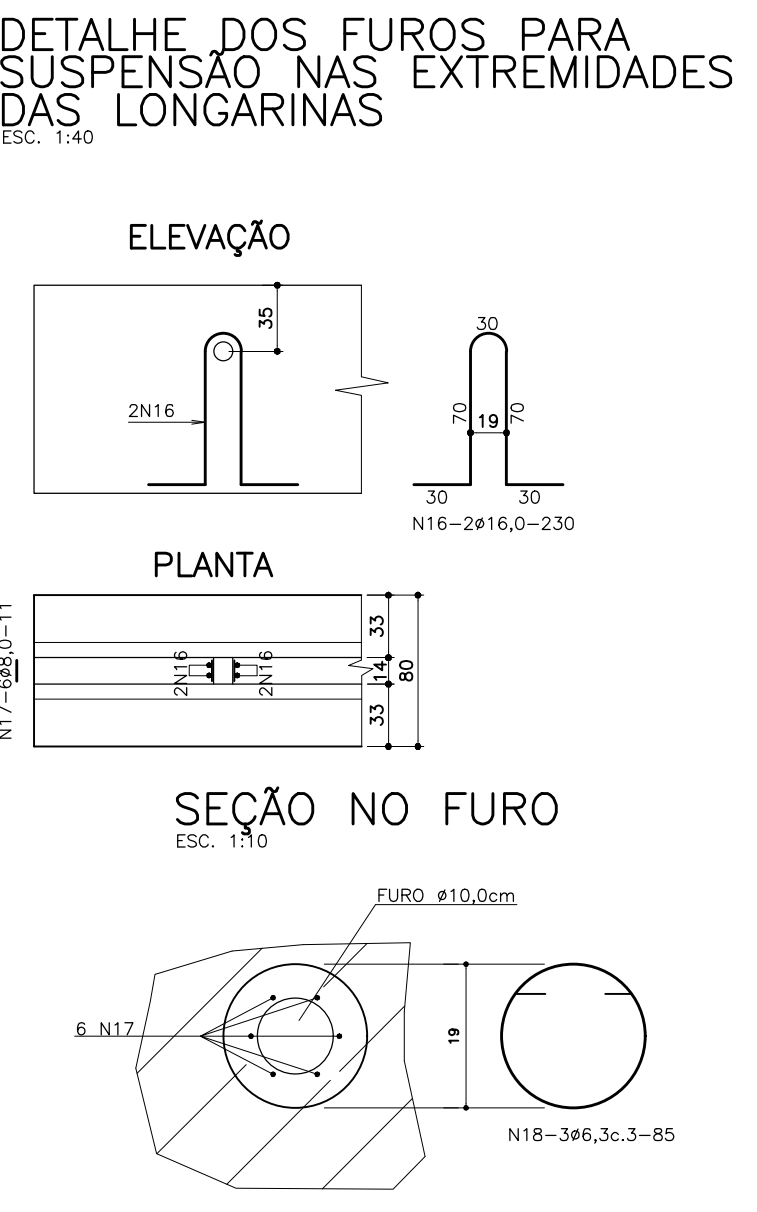
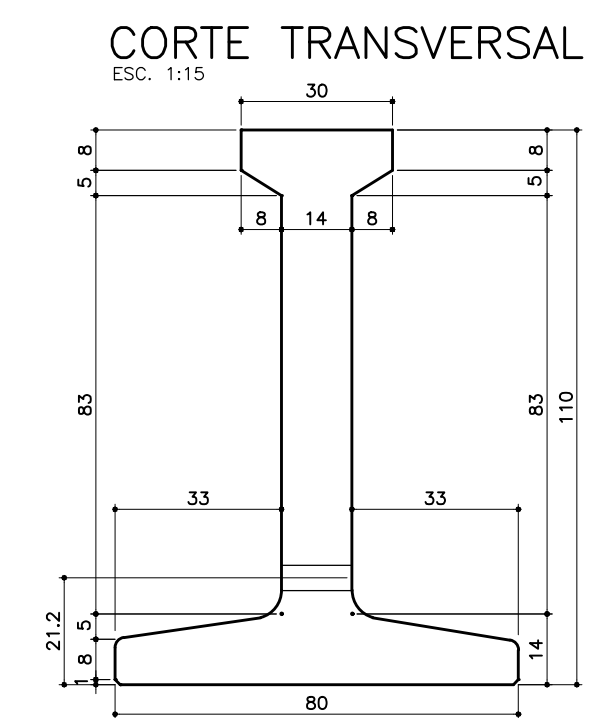
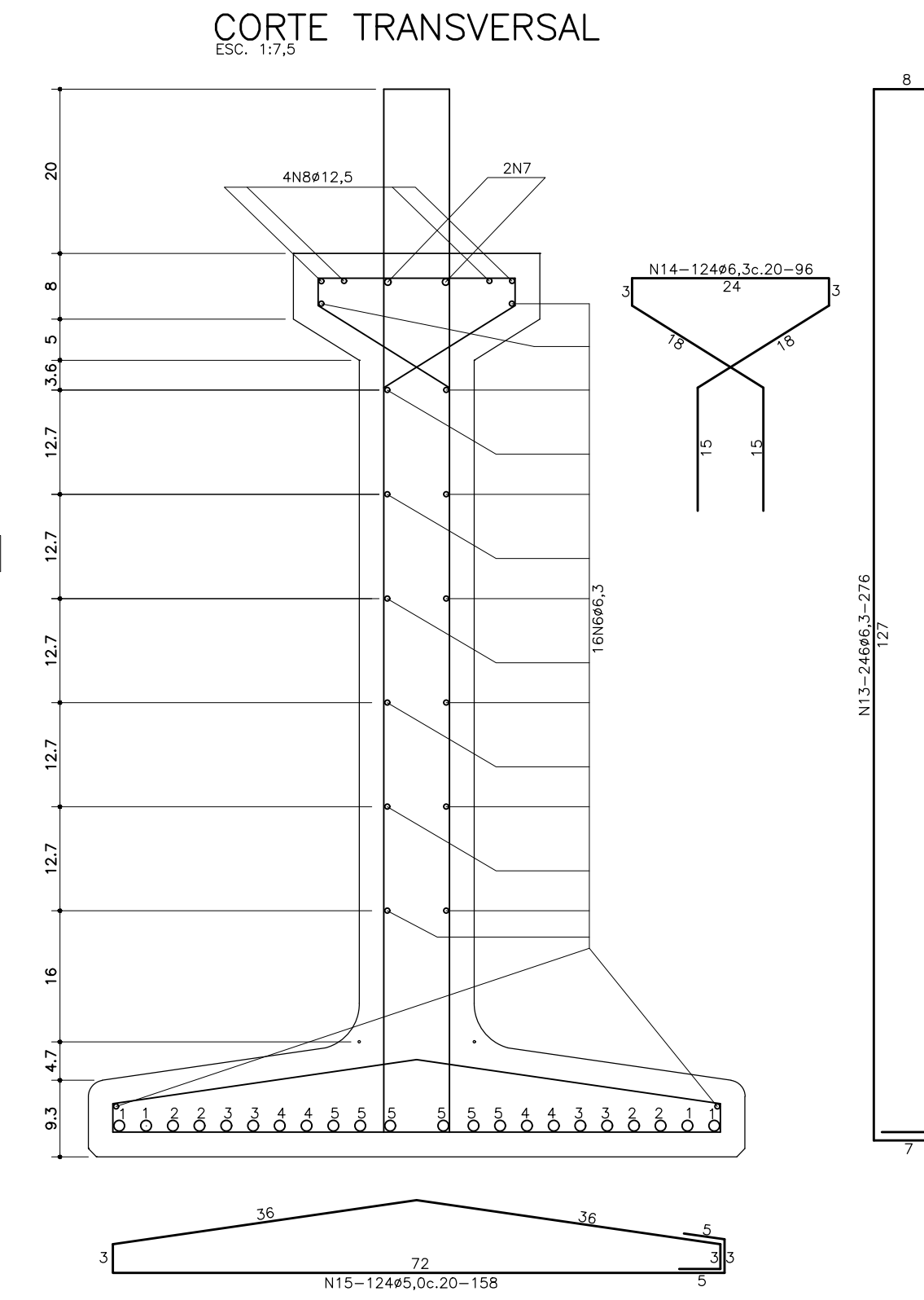
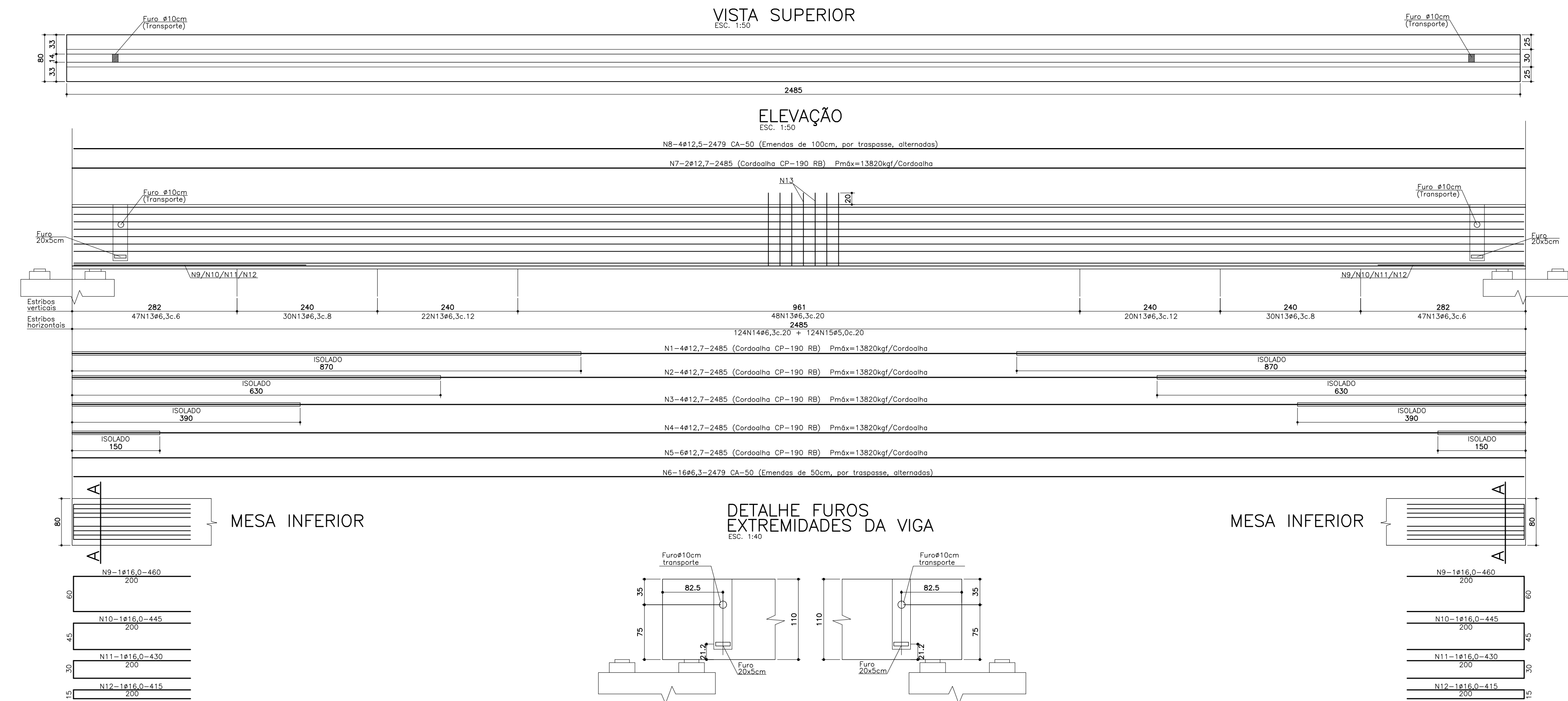
CONCRETO: 2,27 m³
FORMAS: 23,04 m²

- Notas:
- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
 - 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 - Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 - Vigas - c=30
 - Lajes e placas - c=25
 - Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO BERÇOS	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE		Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 17 26

FORMAS E ARMAÇÃO LONGARINAS VÃOS INTERNOS DE 24,85m (8x)



N	Ø	q	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO	TOTAL
1	12,7	32	2485	79520
2	12,7	32	2485	79520
3	12,7	32	2485	79520
4	12,7	32	2485	79520
5	12,7	48	2485	119280
6	6,3	128	2479	330512
7	12,7	16	2485	39760
8	12,5	32	2479	85928
9	16,0	16	460	7360
10	16,0	16	445	7120
11	16,0	16	430	6880
12	16,0	16	415	6640
13	6,3	1968	276	543168
14	6,3	992	96	95232
15	5,0	992	158	156736
16	16,0	32	230	7360
17	8,0	96	11	1056
18	6,3	48	85	4080

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50/60

Ø	Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)
5,0	156736	0,154	241
6,3	972992	0,245	2383
8,0	1056	0,395	4
12,5	85928	0,963	827
16,0	35360	1,578	557
PESO TOTAL			4012

Cordoalha CP-190 RB

Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)	
12,7	477120	0,775	3698

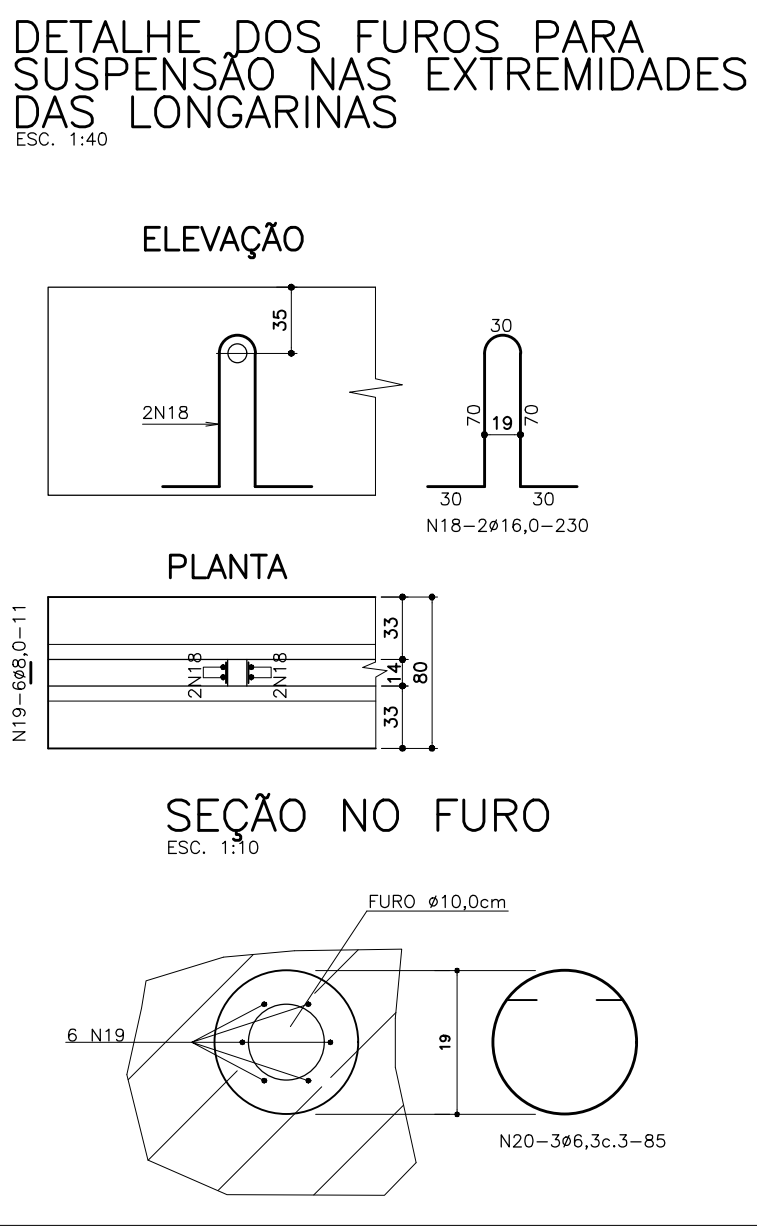
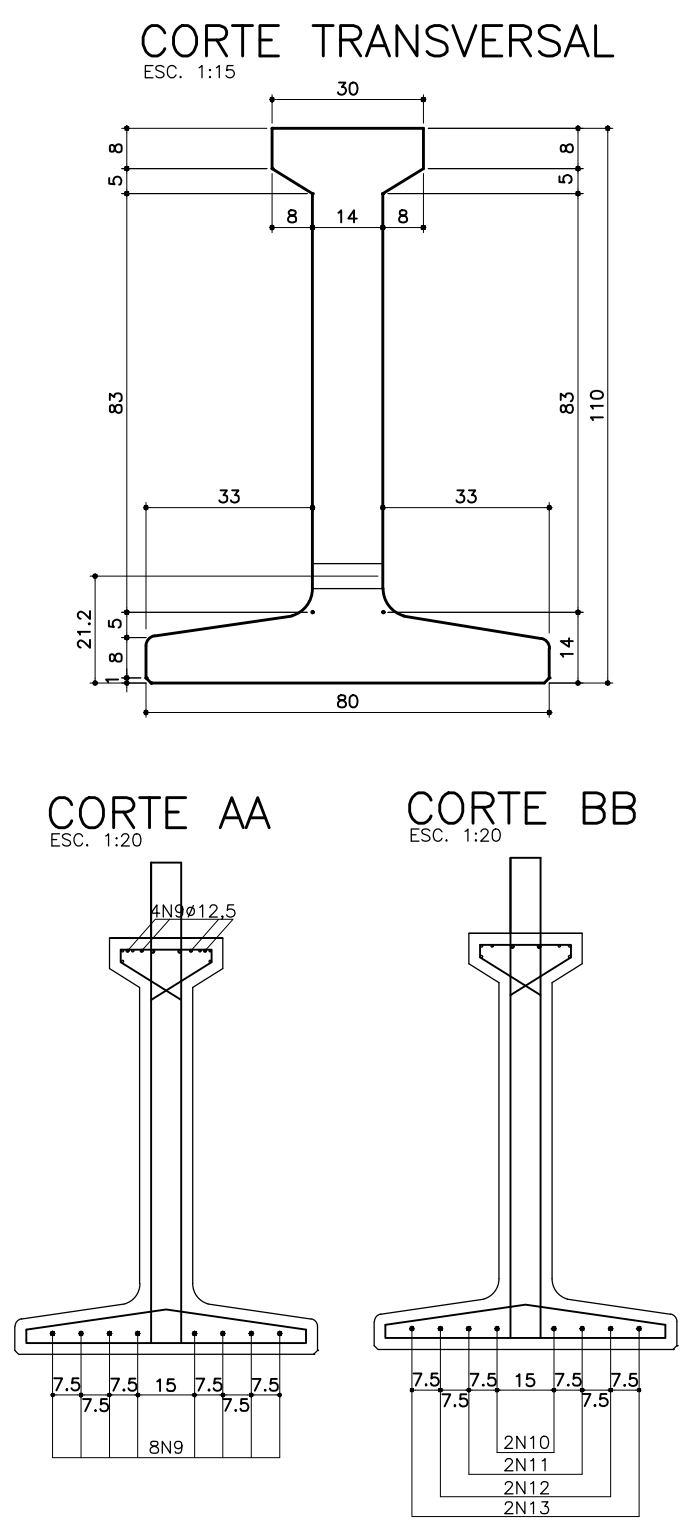
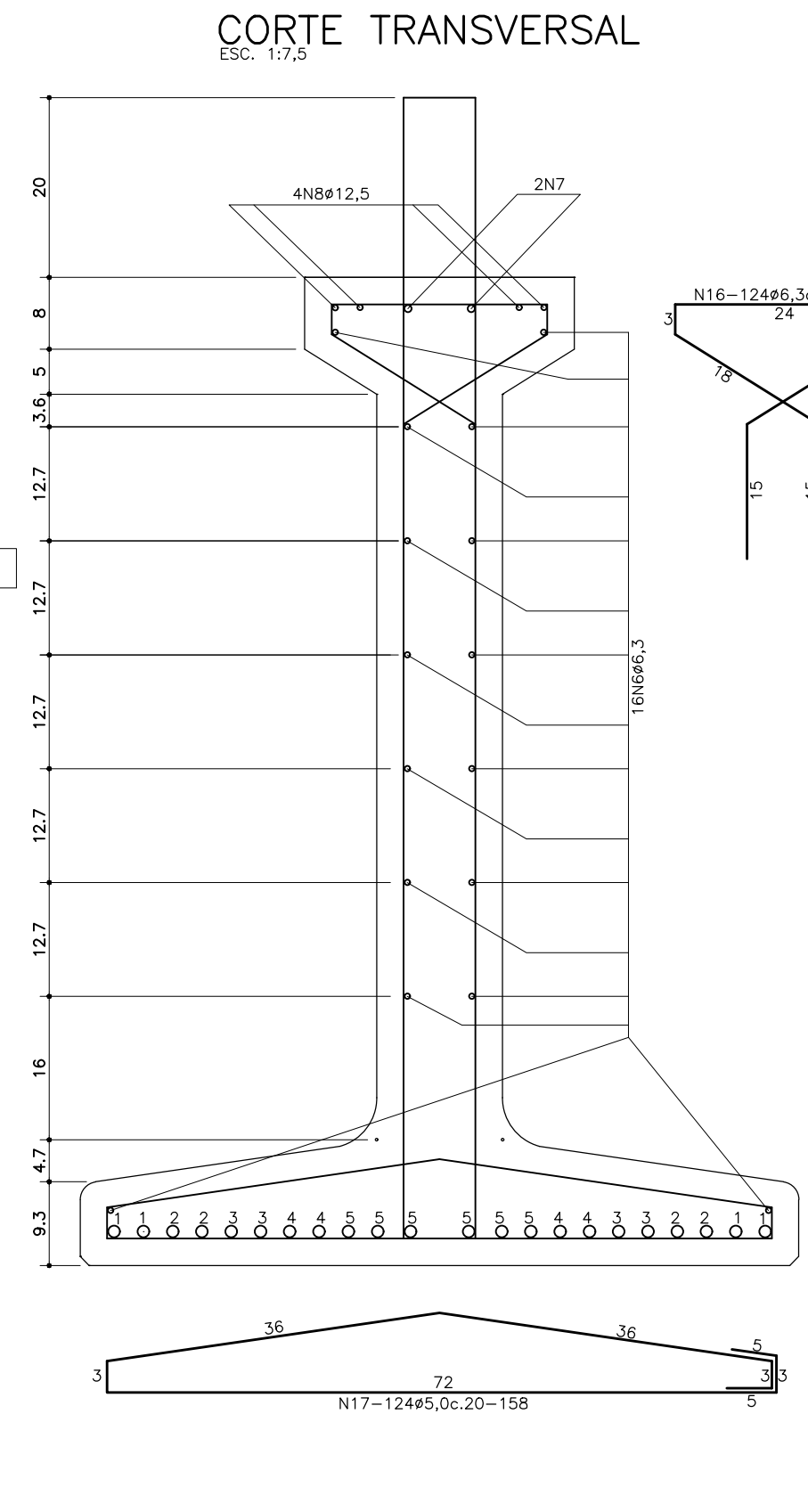
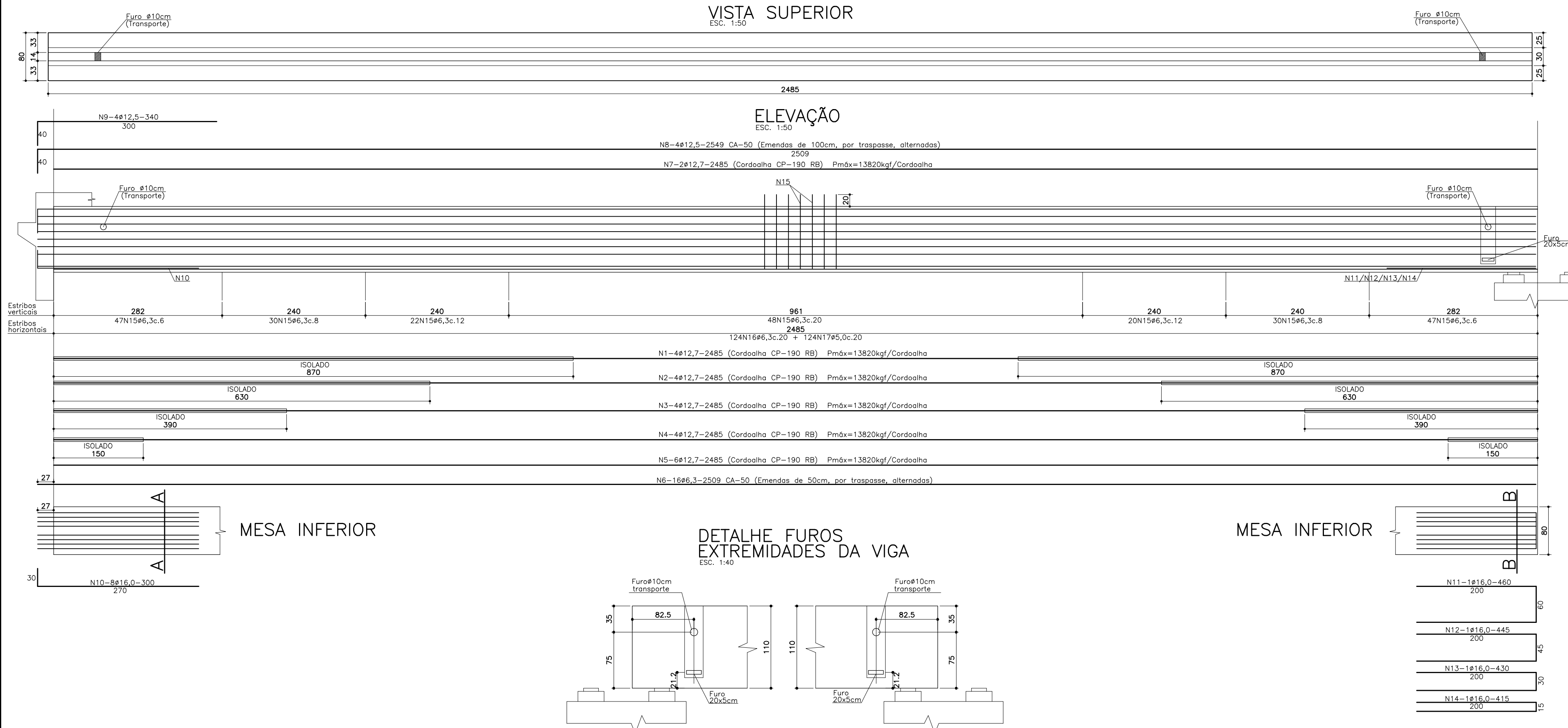
CONCRETO 40MPa = 49,68 m³
FORMAS = 779,36 m²

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br	 PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br	
Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO LONGARINAS VÃOS INTERNOS 24,85m (8x)	Resumo de Projeto: Área = 867,68m² Extensão = 75,45m	
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024	Solicitação N°: 202459252
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540	Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA

Revisão N°: 00
Folha: 18

FORMAS E ARMAÇÃO LONGARINAS VÃOS EXTREMOS DE 24,85m (16x)



N	Ø	q	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO	TOTAL
1	12,7	64	2485	159040
2	12,7	64	2485	159040
3	12,7	64	2485	159040
4	12,7	64	2485	159040
5	12,7	96	2485	238560
6	6,3	256	2509	669054
7	12,7	32	2485	79520
8	12,5	64	2549	176636
9	12,5	64	340	21760
10	16,0	128	300	38400
11	16,0	16	460	7360
12	16,0	16	445	7120
13	16,0	16	430	6880
14	16,0	16	415	6640
15	6,3	3936	276	1086336
16	6,3	1984	96	190464
17	5,0	1984	158	313472
18	16,0	64	230	14720
19	8,0	192	11	2112
20	6,3	96	85	8160

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50/60

Ø	Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)
5,0	313472	0,154	482
6,3	1954014	0,245	4787
8,0	2112	0,395	8
12,5	198396	0,963	1910
16,0	81120	1,578	1280
PESO TOTAL			8467

Cordoalha CP-190 RB

12,7	954240	0,775	7395
------	--------	-------	------

CONCRETO 40MPa = 99,36 m³
FORMAS = 1.558,72 m²

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTA PRANCHA O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br	 PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Contêúdo da prancha: ARMAÇÃO LONGARINAS VÃOS EXTREMOS 24,85m (16x)	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m² EXTENSÃO = 75,45m		Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540	Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA	Folha: 19

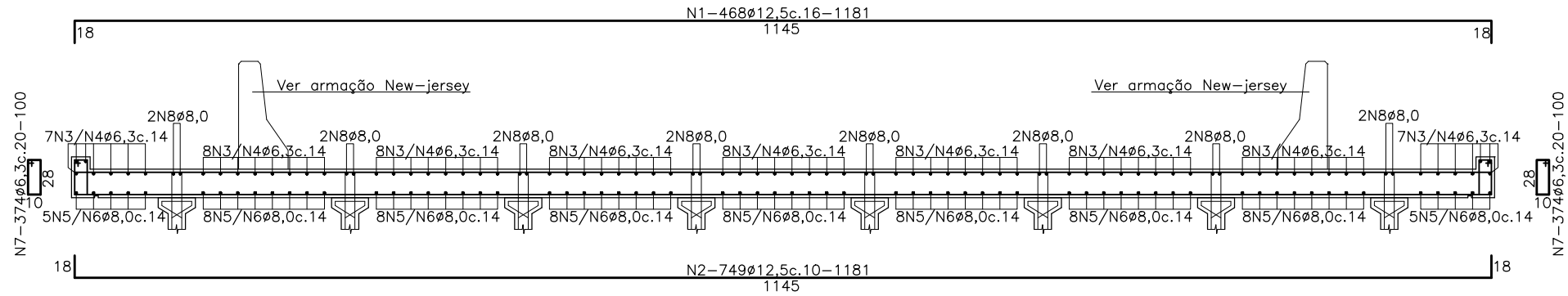
Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, X.I, XII, XIII.

FORMATO A3-estendido (1000mm x 297 mm)

ARMAÇÃO LAJES (PARTE 1)

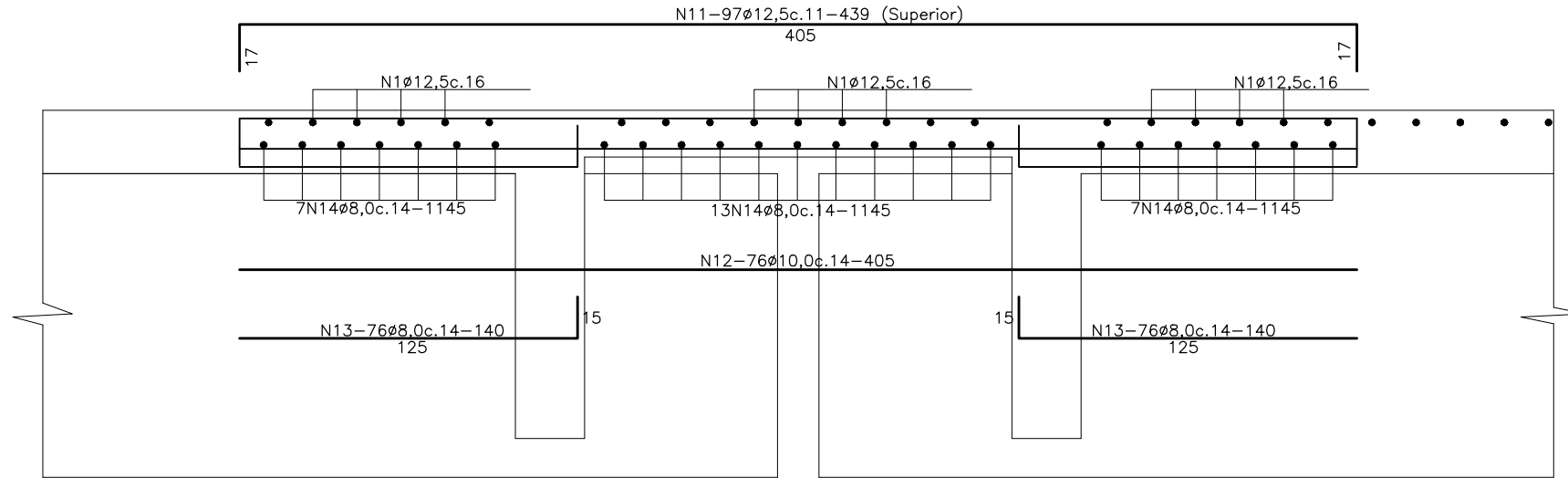
CORTE TRANSVERSAL

ESC. 1:50



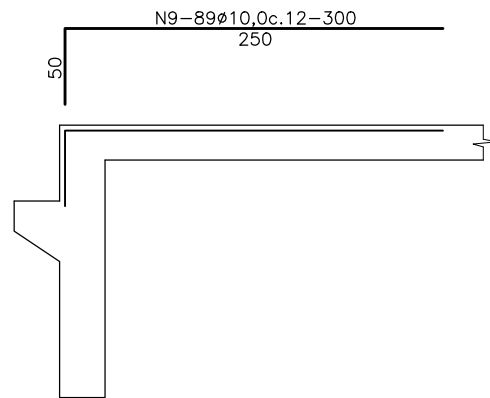
LAJE ELÁSTICA (2x)

ESC. 1:25



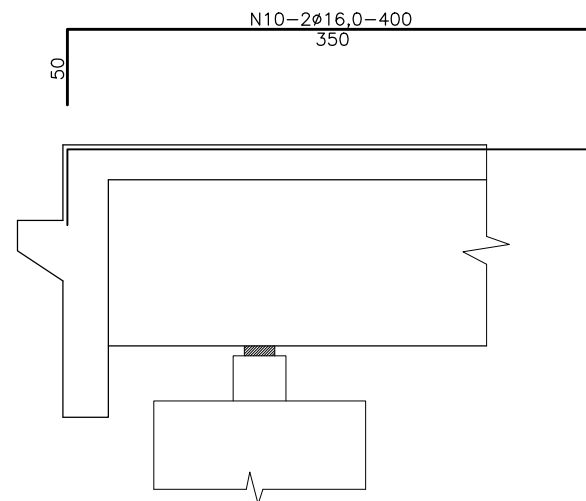
ARMAÇÃO JUNTO ÀS CORTIÑAS (2x)

ESC. 1:50



ARM. LONGITUDINAL EXTREMIDADES (16x)

ESC. 1:50 (sobre cada longarina)



Emendas:

1. As armaduras corridas diâmetro 6,3mm que necessitem ser emendadas, serão por emenda por traspasse, alternadas, de 50cm.
2. As armaduras corridas diâmetro 8,0mm que necessitem ser emendadas, serão por emenda por traspasse, alternadas, de 60cm.

N	Ø	Q	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO	TOTAL
1	12,5	468	1181	552708
2	12,5	749	1181	884569
3	6,3	112	2440	248630
4	6,3	56	2340	136490
5	8,0	104	2440	266420
6	8,0	52	2340	127920
7	6,3	748	100	74800
8	8,0	16	cor	126000
9	10,0	178	300	53400
10	16,0	32	400	12800
11	12,5	194	439	85166
12	10,0	152	405	61560
13	8,0	304	140	42560
14	8,0	54	1145	61830

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50/60

Ø	Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)
6,3	495920	0,245	1215
8,0	624730	0,395	2467
10,0	114960	0,617	709
12,5	1522443	0,963	14661
16,0	12800	1,578	201
PESO TOTAL			19253

CONCRETO= 200,82 m³
FORMAS= 756,26 m²

Notas:

- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- 2 - Cobrimento das armaduras em mm
Longarinas em Concreto Protendido - c=30
Vigas - c=30
Lajes e placas - c=25
Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTA PRANCHA O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

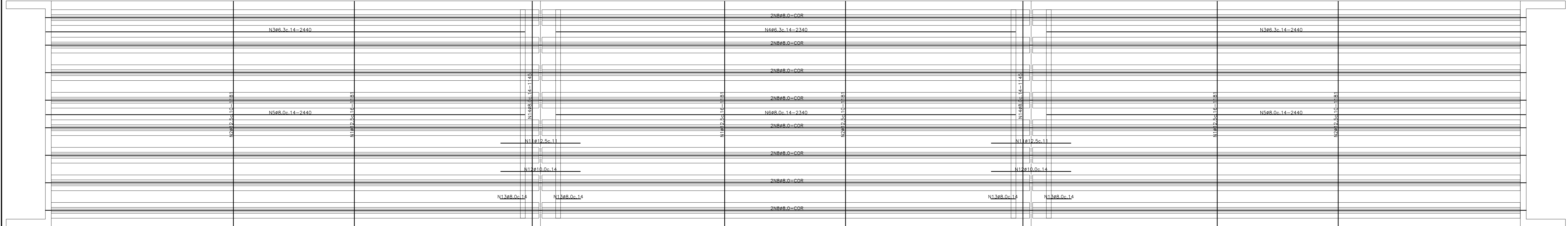
ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO LAJES (PARTE 1)	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00	20 26
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540	Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA		

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, XI, XII, XIII.


FORMATO A3 (420mm x 297 mm)

LOCAÇÃO DAS ARMADURAS

ESC. 1:100



Notas:
 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
 2 - Cobrimento das armaduras em mm:
 Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 Vigas - c=30
 Lajes e placas - c=25
 Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO			
 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br	 PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br	Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO LAJES (PARTE 2)	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m
Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540		Equipe: EQUIPE calcAM	Solicitação Nº: 202459252
Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, XI, XII, XIII.		Escala: INDICADA	Revisão Nº: 00
		Folha: 21	Revisão Nº: 00

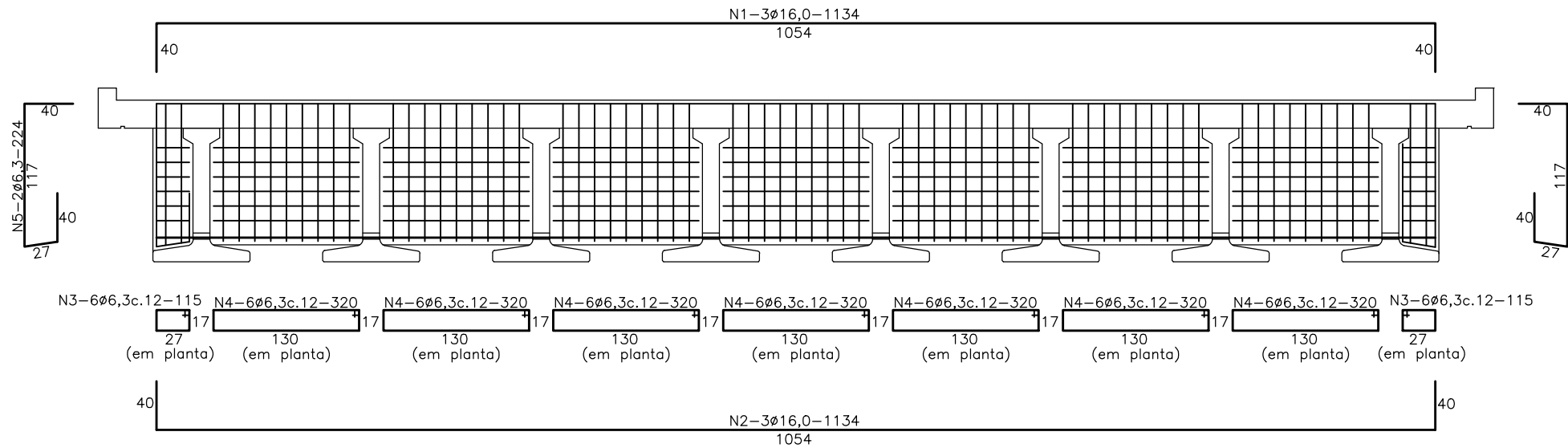


Este documento é cópia do original, para obter o acesso https://amurel-e2.ciga.sc.gov.br/#/documento/9e5314f4-b55a-4272-9daa-230d1e317e0

ARMAÇÃO TRANSVERSINAS (4x)

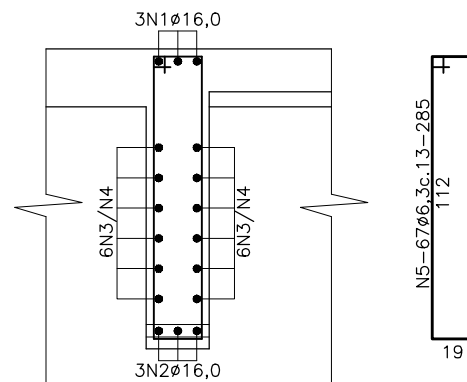
ELEVAÇÃO

ESC. 1:50



SEÇÃO (25x119)

ESC. 1:30



N	Ø	Q	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO	TOTAL
1	16,0	12	1134	13608
2	16,0	12	1134	13608
3	6,3	48	115	5520
4	6,3	168	320	53760
5	6,3	16	224	3584
6	6,3	268	285	76380

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50


Ø	Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)
6,3	139244	0,245	341
16,0	27216	1,578	429
PESO TOTAL			770

CONCRETO: 9,10 m³
FORMAS: 86,60 m²

Notas:

- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- 2 - Cobrimento das armaduras em mm
Longarinas em Concreto Protendido - c=30
Vigas - c=30
Lajes e placas - c=25
Elementos estruturais em contato com solo - c=45

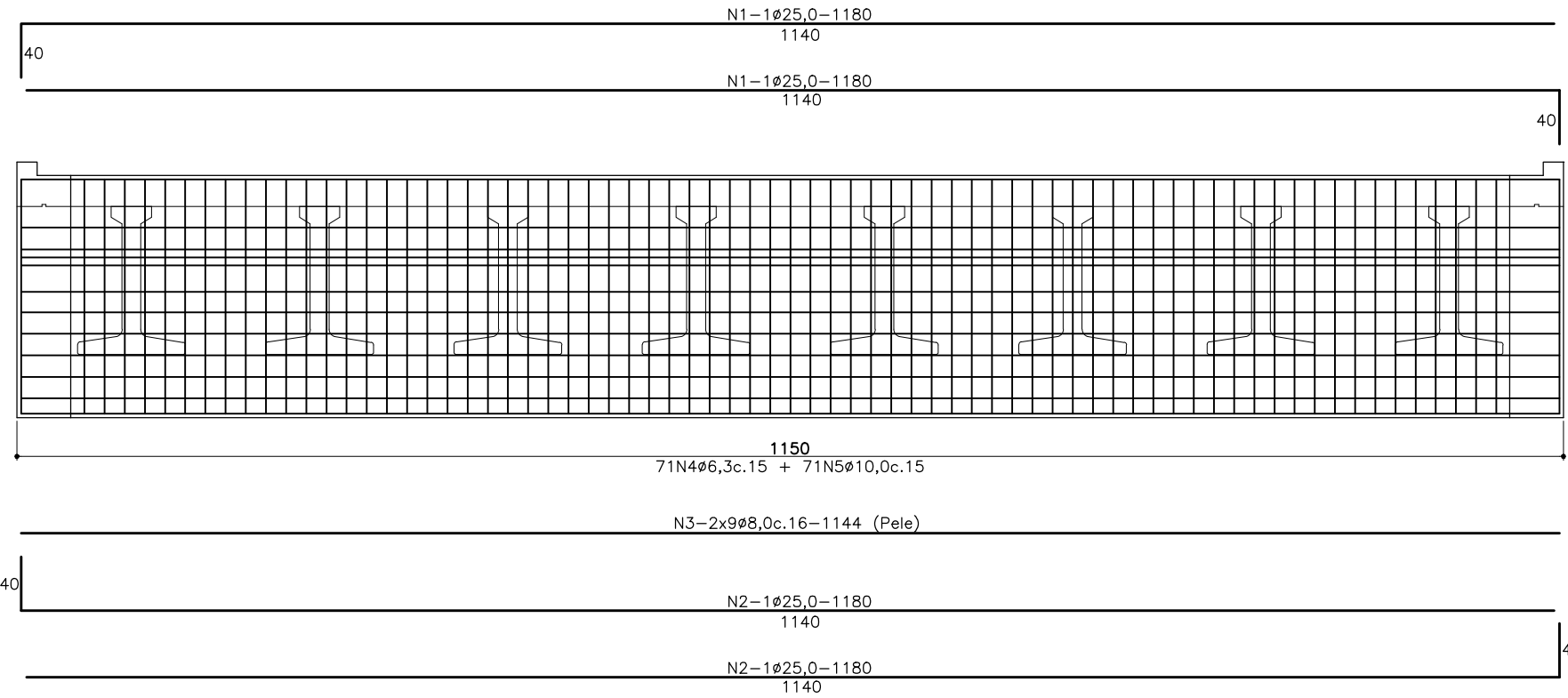
Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		 PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO TRANSVERSINAS (4x)	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00	Folha: 22 26
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540	Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA		

ARMAÇÃO CORTINAS (2x)

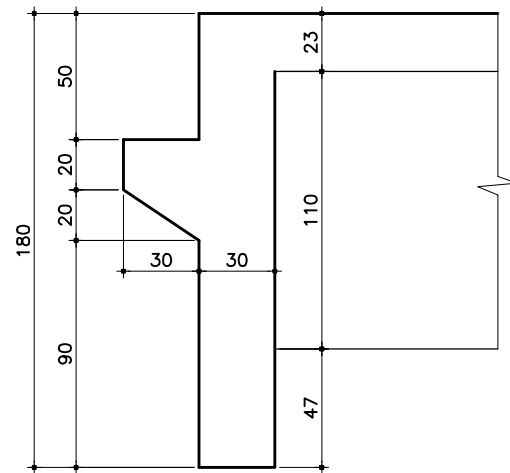
ELEVAÇÃO

ESC. 1:50



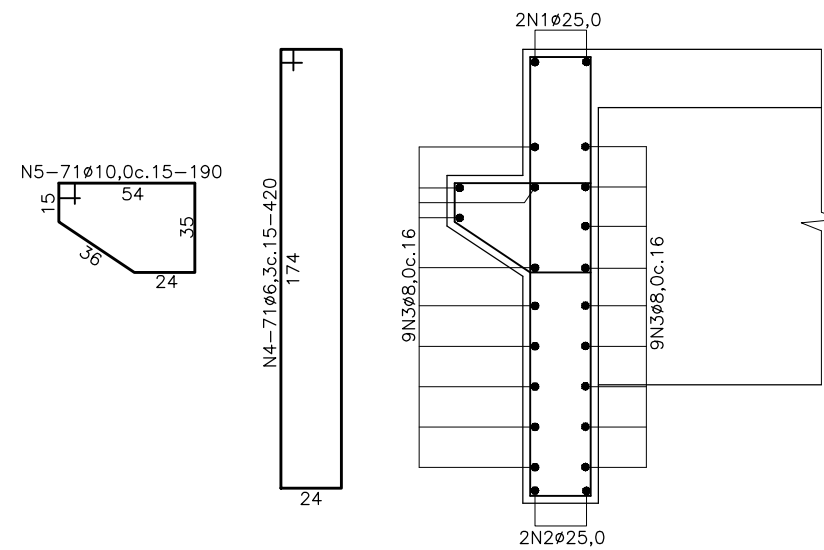
CORTE - FORMAS

ESC. 1:30



CORTE - ARMAÇÃO

ESC. 1:30



N	Ø	Q	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO	TOTAL
1	25,0	4	1180	4720
2	25,0	4	1180	4720
3	8,0	36	114	4104
4	6,3	142	420	59640
5	10,0	142	190	26980

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50

Ø	Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)
6,3	59640	0,245	146
8,0	4104	0,395	16
10,0	26980	0,617	166
25,0	9440	3,466	363
PESO TOTAL			691

CONCRETO: 14,49 m³

FORMAS: 97,51 m²

Notas:

- 1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- 2 - Cobrimento das armaduras em mm
 Longarinas em Concreto Protendido - c=30
 Vigas - c=30
 Lajes e placas - c=25
 Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTA PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

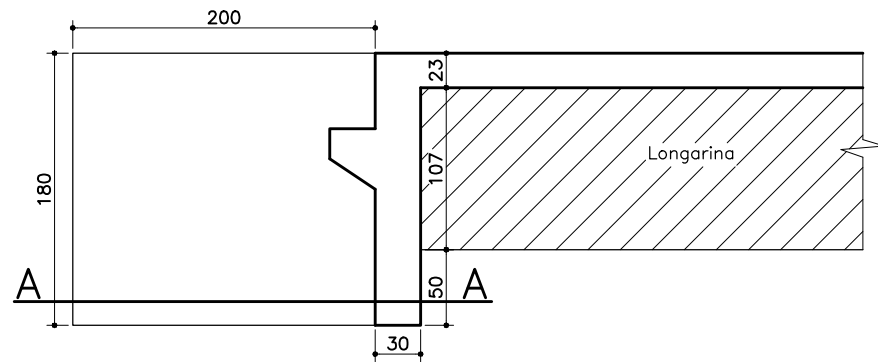
ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO CORTINAS (2x)	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00	23 26
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540	Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA		

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, X, I XII, XIII.

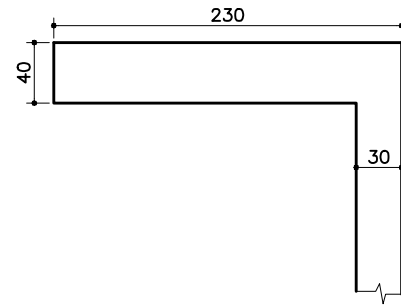
FORMATO A3 (420mm x 297 mm)

FORMAS E ARMAÇÃO ALAS (4x)

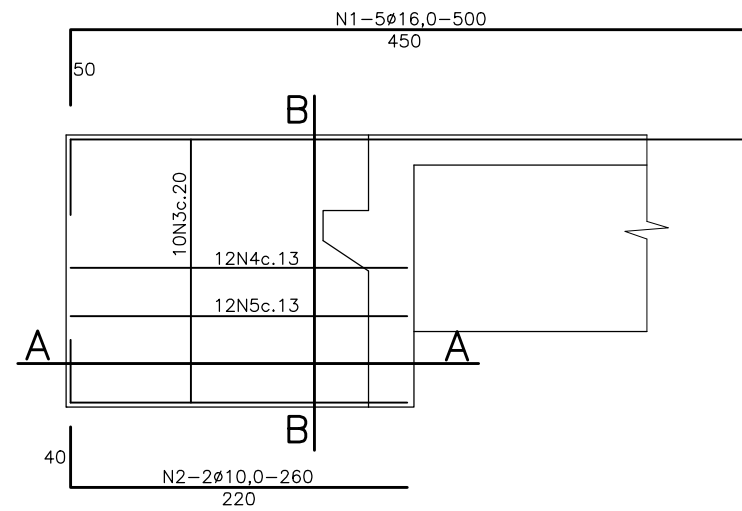
FORMAS ELEVAÇÃO ESC. 1:50



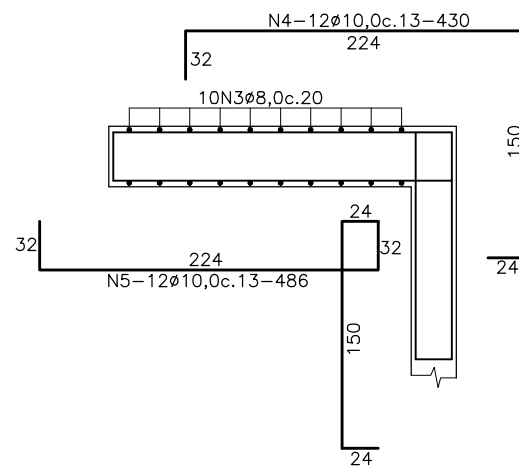
CORTE AA ESC. 1:50



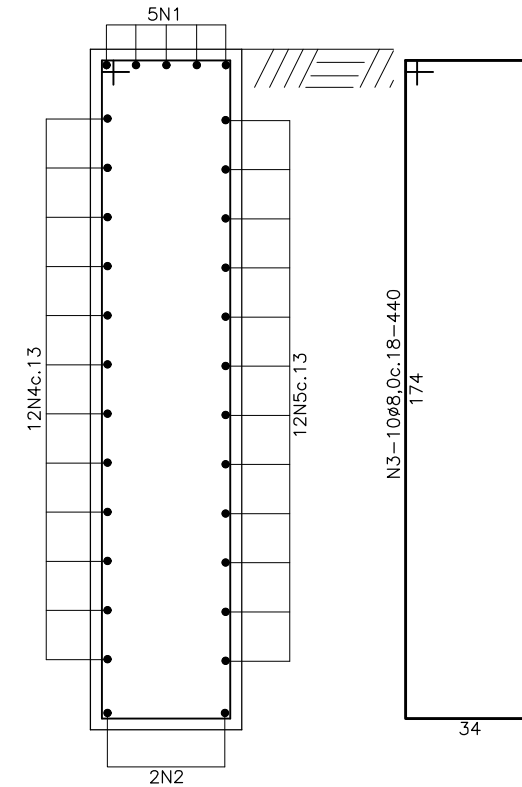
ARMAÇÃO ELEVAÇÃO ESC. 1:50



CORTE AA ESC. 1:50



CORTE BB ESC. 1:20



N	Ø	Q	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO	TOTAL
1	16,0	20	500	10000
2	10,0	8	260	2080
3	8,0	40	440	17600
4	10,0	48	430	20640
5	10,0	48	486	23328

RESUMO DO AÇO

AÇO CA - 50

Ø	Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)
8,0	17600	0,395	69
10,0	46048	0,617	284
16,0	10000	1,578	157
Total			510

CONCRETO: 5,76 m³
FORMAS: 34,88 m²

Notas:

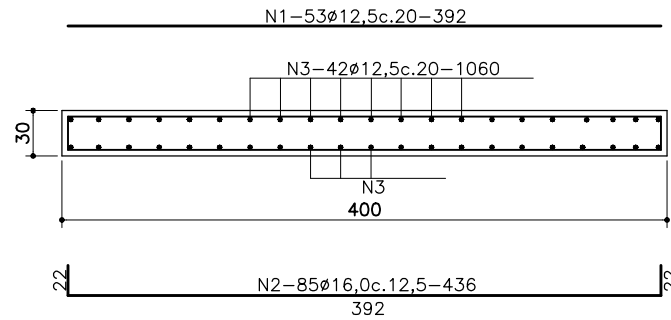
- As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
- Cobrimento das armaduras em mm
Longarinas em Concreto Protendido - c=30
Vigas - c=30
Lajes e placas - c=25
Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br		PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br		
Conteúdo da prancha: FORMAS E ARMAÇÃO ALAS (4x)	Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m ² EXTENSÃO = 75,45m	Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4		
Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE	Data: JULHO/2024	Solicitação Nº: 202459252	Revisão Nº: 00	24 26
Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540	Desenho: EQUIPE calcAM	Escala: INDICADA		

ARMAÇÃO DA PLACA DE TRANSIÇÃO (2x)

ESC. 1:50
(comprimento = 10,68m)



N	Ø	Q	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO	TOTAL
1	12,5	106	392	41552
2	16,0	170	436	74120
3	12,5	84	1060	89040

RESUMO DO AÇO

AÇO CA-50

Ø	Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)
12,5	130592	0,963	1257
16,0	74120	1,578	1169
PESO TOTAL			2426

CONCRETO=25,63 m³

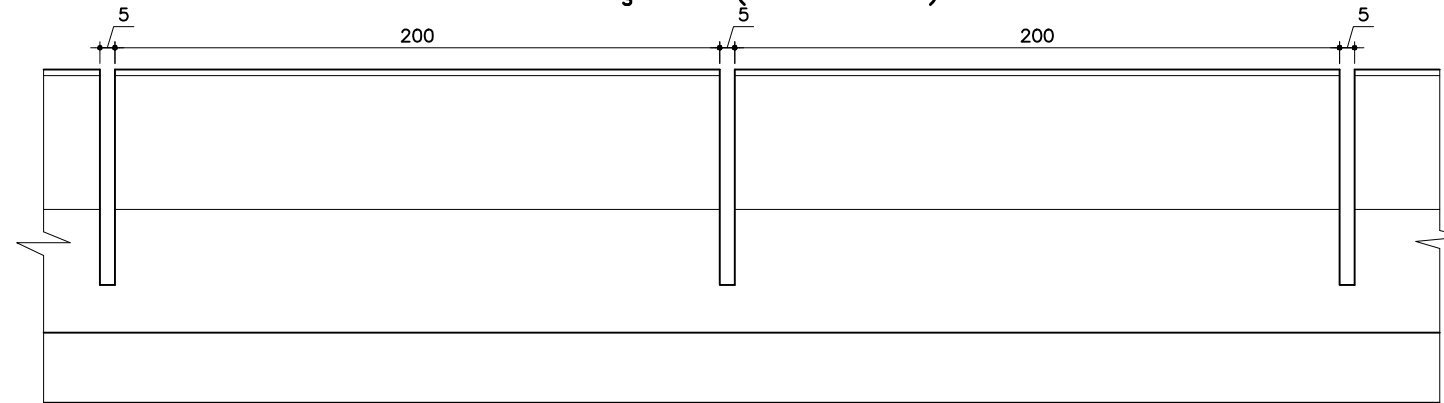
FORMAS=11,21 m²

- Notas:
- As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
 - Cobrimento das armaduras em mm
Longarinas em Concreto Protendido - c=30
Vigas - c=30
Lajes e placas - c=25
Elementos estruturais em contato com solo - c=45

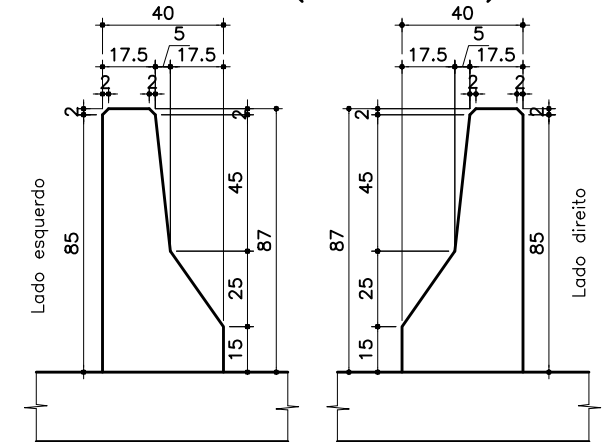
DETALHE BARREIRA NEW-JERSEY

ESC. 1:25
Comprimento: 2x75,45=150,90m

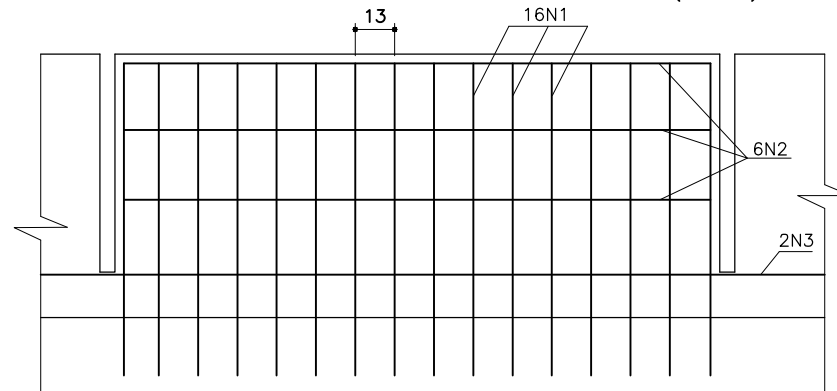
ELEVAÇÃO (FORMAS)



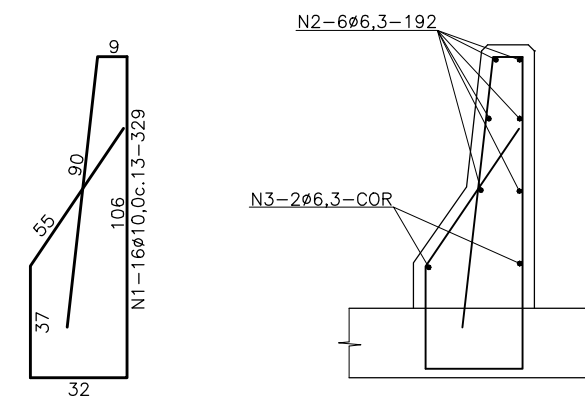
CORTE (FORMAS)



ELEVAÇÃO (ARMAÇÃO) BORDOS ESQUERDO E DIREITO (76x)



CORTE (ARMAÇÃO)



Emendas das barras Ø6,3mm: por traspasse, alternadas, de comprimento 50cm.

N	Ø	Q	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO	TOTAL
1	10,0	1216	329	400064
2	6,3	456	192	87552
3	6,3	4	cor	31680

RESUMO DO AÇO

AÇO CA - 50

Ø	Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)
6,3	119232	0,245	292
10,0	400064	0,617	2468
PESO TOTAL			2760

CONCRETO: 36,22 m³

FORMAS: 274,64 m²

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

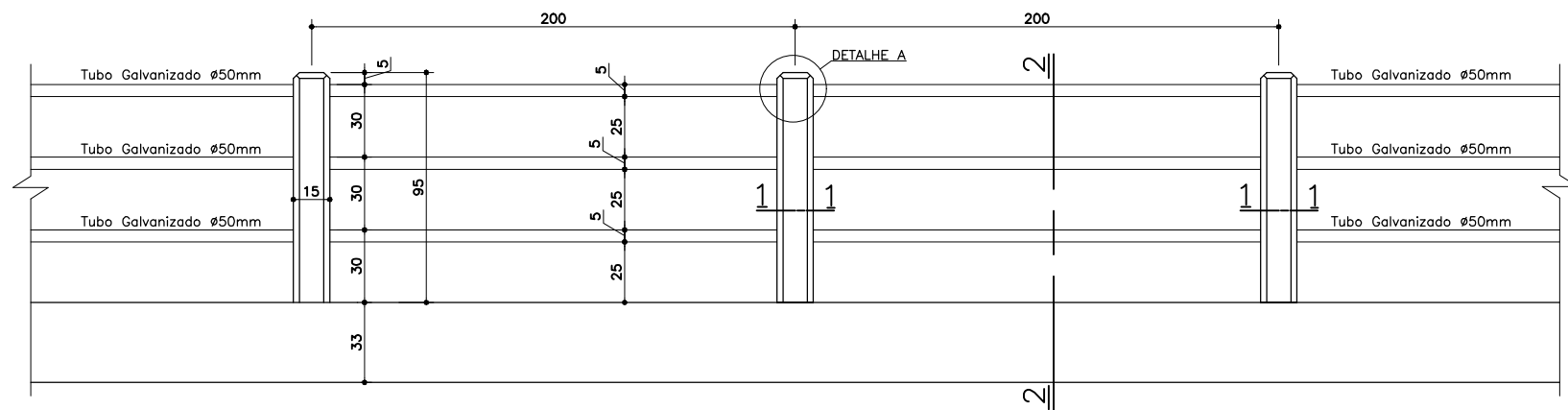
<p>ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br</p>		<p>PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br</p>		
<p>Conteúdo da prancha: ARMAÇÃO NEW-JERSEY E PLACA DE TRANSIÇÃO</p>	<p>Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m² EXTENSÃO = 75,45m</p>	<p>Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA Nº 119148-2/33082-4</p>		
<p>Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE SI/ RIO BRAÇO DO NORTE</p>		<p>Data: JULHO/2024</p>	<p>Solicitação Nº: 202459252</p>	<p>Revisão Nº: 00</p>
<p>Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540</p>		<p>Desenho: EQUIPE calcAM</p>	<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Folha: 25</p>

Direitos Autorais a Amurel - Lei 9.610/98 - Art. 7º, itens X, XI, XII, XIII.

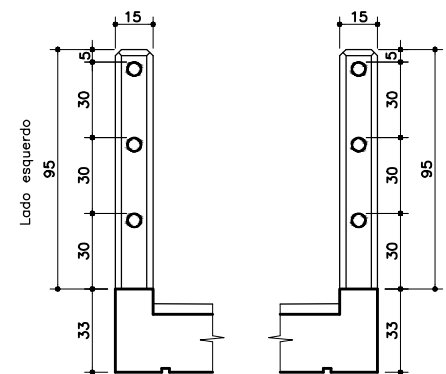
FORMATO A3 (420mm x 297 mm)

GUARDA-CORPO (Compr.=150,90m)

ELEVAÇÃO - FORMAS
ESC. 1:30



SEÇÃO 2-2
ESC. 1:30



N	φ	Q	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO	TOTAL
1	8,0	152	286	43472
2	5,0	456	50	22800

RESUMO DO AÇO

AÇO CA - 50/60

φ	Compr.(cm)	Massa Nominal kg/m	Peso(kg)
5,0	22800	0,154	35
8,0	43472	0,395	171
Total			206

CONCRETO: 1,62 m³
FORMAS: 43,32 m²

RESUMO GERAL DOS MATERIAIS SEM LONGARINAS

1. AÇO	1. 1. AÇO CA - 60 5,0	241 kg
	1. 2. AÇO CA - 50 6,3	3623 kg
	8,0	2796 kg
	10,0	6443 kg
	12,5	16885 kg
	16,0	14234 kg
	20,0	3656 kg
	25,0	4661 kg
	TOTAL	52539 kg
2. CONCRETO		
2.1 Concreto fck=30MPa		607,07 m ³
2.2 Concreto fck=30MPa (Cap.)		49,49 m ³
3. FORMAS		1.754,30 m ²

RESUMO LONGARINAS L=2485cm VÃOS INTERNOS (8x)

1. AÇO	1. 1. AÇO CA - 60 5,0	241 kg
	1. 2. AÇO CA - 50 6,3	2383 kg
	8,0	4 kg
	12,5	827 kg
	16,0	557 kg
	TOTAL	4012 kg
1. 3. AÇO CP - 190 RB	12,7	3698 kg
2. CONCRETO		
2.1 Concreto fck=40MPa		49,68 m ³
3. FORMAS		779,36 m ²

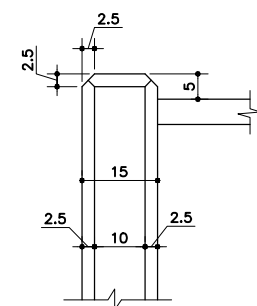
RESUMO LONGARINAS L=2485cm VÃOS EXTERNOS (16x)

1. AÇO	1. 1. AÇO CA - 60 5,0	482 kg
	1. 2. AÇO CA - 50 6,3	4787 kg
	8,0	8 kg
	12,5	1910 kg
	16,0	1280 kg
	TOTAL	8467 kg
1. 3. AÇO CP - 190 RB	12,7	7395 kg
2. CONCRETO		
2.1 Concreto fck=40MPa		99,36 m ³
3. FORMAS		1558,72 m ²

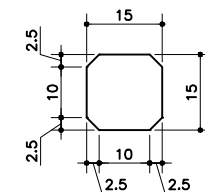
Notas:
1 - As notas gerais estão na prancha 01 - corte longitudinal
2 - Cobrimento das armaduras em mm
Longarinas em Concreto Protendido - c=30
Vigas - c=30
Lajes e placas - c=25
Elementos estruturais em contato com solo - c=45

Nota: PARA A EXECUÇÃO DESTES PROJETO O MESMO DEVE SER APROVADO PELO SETOR TÉCNICO DO MUNICÍPIO

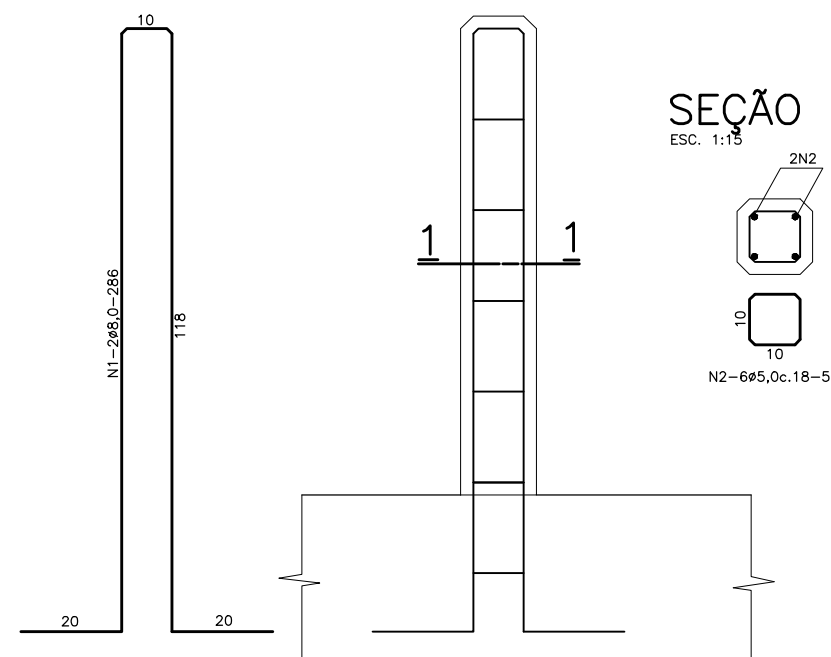
DETALHE A
ESC. 1:15



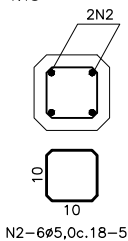
SEÇÃO 1-1
ESC. 1:15



LADO ESQUERDO E DIREITO
ELEVAÇÃO - ARMADURAS (76x)
ESC. 1:15



SEÇÃO 1-1
ESC. 1:15



<p>ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGUNA Rua Rio Branco, 67, Vila Moema, Tubarão, SC Fone: 48 3626 5711 - CEP: 88.705-160 www.amurel.org.br</p>	<p>PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÇO DO NORTE Avenida Felipe Schmidt, 2070 - Centro Fone: (48) 3658-2222 - CEP: 88750-000 www.bracodonorte.sc.gov.br</p>		
<p>Conteúdo da prancha: FORMAS E ARMAÇÃO GUARDA-CORPO</p>	<p>Resumo de Projeto: ÁREA = 867,68m² EXTENSÃO = 75,45m</p>		<p>Autores do Projeto: ANDRÉ LUIZ A. VIEIRA / MIGUEL N. CARDOSO Engenheiros Civis - CREA N° 119148-2/33082-4</p>
<p>Nome do Projeto: PROJETO EXECUTIVO PONTE S/ RIO BRAÇO DO NORTE</p>	<p>Data: JULHO/2024</p>	<p>Solicitação N°: 202459252</p>	<p>Revisão N°: 00</p>
<p>Endereço da Obra: CONTORNO VIÁRIO - km 2+540</p>	<p>Desenho: EQUIPE calcAM</p>	<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Folha: 26</p>

Assinado eletronicamente por:

- * MIGUEL DO NASCIMENTO CARDOSO (***.541.579-**) em 04/07/2024 18:06:49 com assinatura qualificada (ICP-Brasil)
- * JEAN CARDOSO DE SOUZA (***.571.749-**) em 05/07/2024 15:11:24 com assinatura qualificada (ICP-Brasil)
- * CELSO HEIDEMANN (***.907.449-**) em 08/07/2024 13:06:25 com assinatura qualificada (ICP-Brasil)

Este documento é cópia do original assinado eletronicamente.

Para obter o original utilize o código QR abaixo ou acesse o endereço:

<https://amurel-e2.ciga.sc.gov.br/#/documento/9e5314fd-b55a-4272-9daa-23d0d1e3f7e0>

