

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
GOVERNO DO ESTADO DO ACRE
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA –
SEINFRA

PROJETO EXECUTIVO
PARA A CONSTRUÇÃO DA
PASSARELA CIDADE DE JUSTIÇA
DE RIO BRANCO-AC

VOLUME ÚNICO
PROJETO ARQUITETÔNICO, ELÉTRICO,
METÁLICO, DRENAGEM, TERRAPLANAGEM E
ORÇAMENTO

JULHO / 2022

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Projeto para a Construção de uma passarela para o Tribunal de Justiça de Rio Branco visa atender e suprir as necessidades do funcionamento e acesso aos prédios que compõem a Cidade da Justiça, possibilitando que cadeirantes e pessoas com dificuldade de locomoção, tenham acesso fácil a estrutura do complexo.

A concepção do partido arquitetônico adotado foi baseada na arquitetura institucional moderna e de fácil execução buscando economia na obra. Uma construção em alvenaria, e estrutura metálica, com cobertura em telha metálica ondulada, e acabamento em ACM.

No piso térreo, foram projetadas duas guaritas para aumentar o controle de acesso as dependências da edificação, dessa forma, aumentar a segurança e privacidade dos vereadores e funcionários da câmara, entretanto, sem restringir o acesso da população.



2. MEMORIAL DESCRITIVO – PROJETO ARQUITETÔNICO

2.1 Apresentação

A empresa Vetor Engenharia Ltda, apresenta à Secretaria de Estado de Infraestrutura - SEIFRA, para fins de apreciação, o memorial descritivo do projeto de arquitetura, relativas ao Projeto de Engenharia para a Construção da Passarela Cidade da Justiça de Rio Branco - Acre, nas coordenadas UTM 624794,00 m E, 8897930,00 m S.

Este é o Volume Único, que contém o memorial descritivo dos elementos que o compõem discriminando as soluções adotadas, os elementos que compõem os sistemas, a memória de cálculo, com conceito e síntese, onde justificamos as escolhas indicadas, as normas utilizadas e os materiais empregados.

E ainda juntado, as especificações técnicas que norteará a fiscalização nos procedimentos a serem tomados à execução, controle, medição e pagamentos dos serviços, além do detalhamento gráfico.

3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS – PROJETO ARQUITETÔNICO

3.1 Finalidade

As presentes especificações técnicas visam a estabelecer as condições gerais para a obra de **Construção da Passarela Cidade da Justiça de Rio Branco - Acre**.

3.2 Disposições Gerais

3.2.1 Regime de Execução

Empreitada por preço global.

3.2.2 Prazo

O prazo para execução da obra será de 120 dias corridos, contados a partir da data de emissão da respectiva Ordem de Serviço e/ou assinatura do contrato, devendo a CONTRATADA submeter à aprovação da fiscalização a sua proposta de cronograma físico-financeiro para a execução da obra.

3.2.3 Serviços preliminares

3.2.3.1 Canteiro de obras e requisitos gerais

Antes de mobilizar o canteiro de obras, a EMPREITEIRA deverá elaborar e apresentar, às suas expensas, proposta de projeto de canteiro de obras, observando as disposições normativas das Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, devendo ser submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO, o qual depois de aprovado poderá ser executado.

a. Limpeza inicial do terreno

Deverá ser efetuada a limpeza mecanizada completa do terreno da obra, a qual compreenderá os serviços de remoção de detritos em geral, entulho ou terra depositada, a capinação e remoção da cobertura vegetal de pequeno porte, inclusive o arrancamento de plantas ou troncos vegetal, de forma a deixar a área da obra limpa, isenta de raízes e tocos de árvores, bem como material orgânico que possam comprometer os serviços de fundações.

Além da limpeza inicial, será procedida a remoção periódica do entulho e detritos que as venham a acumular no terreno, no decorrer da obra.

b. Diretrizes de segurança do trabalho

A EMPREITEIRA deverá observar e atender a todas as recomendações, com relação à Medicina, Saúde e Segurança do Trabalho, contidas nas Normas Regulamentadoras (NR) aprovadas pela Portaria número 3214, de 08 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho, publicada no DOU de 06 de julho de 1978, do Ministério do Trabalho, e pela portaria número 04, de 04 de julho de 1995, publicada no DOU de 07 de julho de 1995.

Deverão ser elaborados e mantidos na obra os seguintes documentos:

- PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
- PCMSO – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
- PCMAT – Programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.

b.1. Equipamentos de segurança da obra (dos operários, das máquinas, dos materiais, extintores, etc.).

A EMPREITEIRA se obriga a fornecer e instalar todos os Equipamentos de Proteção Coletiva “EPC” que se fizerem necessários no decorrer das diversas etapas da obra. Deverão ser observadas as normas pertinentes ao assunto, em especial a NR-18 do Ministério do Trabalho.

Também deverão ser fornecidos pela EMPREITEIRA, aos seus funcionários e/ou subcontratados todos os Equipamentos de Proteção Individual “EPI”, tais como: capacetes plásticos, óculos contra impactos e respingos, luvas de raspa e de borracha, protetor auricular, botas, cintos de segurança, máscaras, respiradores, uniformes completos, além de outros que se fizerem indispensáveis ao desenvolvimento de cada tarefa nas diversas etapas da obra, conforme previsto nas NR-08, NR-09, NR-16 e NR-18 do Ministério de Trabalho.

Poderá ser exigida pela FISCALIZAÇÃO de acordo com o porte da obra, a presença em tempo integral no canteiro de obras, de profissional especializado em segurança do trabalho e a formação da comissão interna de prevenção de acidentes CIPA, conforme a legislação que regula o assunto.

Deverá ainda ser previsto no canteiro de obras a colocação de avisos e sinalização de riscos e perigos, de extintores de incêndio em locais estratégicos, mas de fácil visibilidade e com instruções claras.

c. Placa de Obra

A EMPREITEIRA fornecerá placa de obra de acordo com as normas do CREA e CAU e dimensões, cores, detalhes e conteúdo segundo modelos fornecidos pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Regional - SEDUR. Que devem ser visíveis e legíveis ao público.

A EMPREITEIRA deverá fornecer placa de inauguração da obra, em bronze ou alumínio, com layout fornecido pela SEDUR.

d. Isolamento da Obra

Será executado tapume com telha metálica trapezoidal em aço zincado, espessura 0,5mm, fixada em estrutura de madeira de lei aparelhada, incluindo portões do mesmo material para acesso de pedestres e veículos (leves e pesados), os quais deverão estar devidamente sinalizados, e dispostos conforme projeto do canteiro de obras aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

e. Abrigos Provisórios do Canteiro de Obra

O canteiro de obras deverá contar ao menos com os seguintes abrigos provisórios: guarita, sanitários/vestiários, área de vivência/refeitório, almoxarifado, depósito, centrais de armadura e de fôrmas, bem como escritório técnico. Todos executados de acordo com as diretrizes e disposições previstas no projeto do canteiro de obras aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

e.1. Guarita

Executada com paredes de madeira compensada, cobertura com telha de fibrocimento ondulada, espessura 6mm, sobre estrutura de madeira, sem forro, piso em lastro de concreto desempenado, esquadrias (porta e janela) em madeira, com pintura látex PVA.

e.2. Sanitários/vestiários

Executados com paredes de madeira compensada e paredes de alvenaria com blocos de tijolos cerâmicos 9x19x19cm (espessura 9cm), cobertura com telha de fibrocimento ondulada, espessura 6mm, sobre estrutura de madeira, forro de PVC liso branco, piso em lastro de concreto desempenado e revestimento cerâmico 35 x 35cm, portas de madeira, janelas de aço tipo basculante para vidros, com pintura látex PVA e equipamentos sanitários como: lavatório, mictório tipo calha, vaso sanitário e chuveiros.

e.3. Área de vivência/refeitório

Executada com paredes de madeira compensada, cobertura com telha de fibrocimento ondulada, espessura 6mm, sobre estrutura de madeira, forro de PVC liso branco, piso em lastro de concreto desempenado, porta de madeira, tela plástica tecida, tipo guarda-corpo, com pintura látex PVA, lavatório, bancada e bebedouro.

e.4. Almoxarifado

Executados com paredes de madeira compensada, cobertura com telha de fibrocimento ondulada, espessura 6mm, sobre estrutura de madeira, forro de PVC liso branco, piso em lastro de concreto desempenado, porta de alumínio tipo veneziana, janelas de aço tipo basculante para vidros, com pintura látex PVA.

e.5. Depósito

Executada com paredes de madeira compensada, cobertura com telha de fibrocimento ondulada, espessura 6mm, sobre estrutura de madeira, sem forro, piso em lastro de concreto desempenado, porta de alumínio tipo veneziana, janelas de aço tipo basculante para vidros, com pintura látex PVA.

e.6. Escritório técnico com sanitário privativo

Executado com paredes de madeira compensada e paredes de alvenaria com blocos de tijolos cerâmicos 9x19x19cm (espessura 9cm), cobertura com telha de fibrocimento ondulada, espessura 6mm, sobre estrutura de madeira, forro de PVC liso branco, piso em lastro de concreto desempenado e revestimento cerâmico 35 x 35cm, porta de madeira e porta de alumínio tipo veneziana, janela de madeira e janela de aço tipo basculante para vidros, com pintura látex PVA, com lavatório e vaso sanitário.

e.7. Central de fôrma e central de armaduras

Executadas com paredes de madeira compensada, cobertura com telha de fibrocimento ondulada, espessura 6mm, sobre estrutura de madeira, sem forro, piso em lastro de concreto desempenado, com pintura látex PVA.

f. Ligações provisórias

A EMPREITEIRA deverá providenciar as ligações provisórias de água e energia, bem como solução para coleta, tratamento e destinação final do esgoto sanitário proveniente do canteiro de obra. Todas as soluções devem atender aos requisitos normativos vigentes pertinentes ao tema.

g. Locação da Obra

A locação será executada por instrumentos topográficos, a partir das referências de nível e dos vértices de coordenadas implantados, preferencialmente, admitido o uso de outros de acordo com o porte da obra e a critério da FISCALIZAÇÃO, a quem caberá dirimir as eventuais discrepâncias encontradas.

Alinhamento - consistirá em fixar a obra das edificações no terreno de acordo com as plantas de locação dos pilares de cada edificação.

A locação da edificação deverá ser global, sobre um ou mais quadros de madeira que envolva o perímetro da obra. As tábuas que compõem esses quadros deverão ser niveladas e fixadas de modo a resistir à tensão dos fios, sem oscilar e sem sair da posição.

h. Limpeza geral

A obra deverá ser mantida limpa permanentemente, evitando-se acúmulo de materiais e detritos, principalmente nos locais de trânsito.

Atenção especial deverá ser dada à constante retirada e correta deposição de materiais que possam ocasionar acidentes, tais como tábuas com pregos, pontas de ferro, etc.

3.2.4 Administração da obra

Administração local de obra (engenheiros, auxiliares, mestres e encarregados, apontadores e almoxarifes).

Vigias, serventes para arrumação e limpeza da obra, etc.

Critério: medido de acordo com o percentual de execução de obra (%).

Remuneração: fornecimento de mão-de-obra para prestação de serviços indiretos.

Correrão igualmente por conta da Construtora outras despesas que incidem indiretamente sobre o custo das obras, como:

Manutenção das instalações provisórias acima citadas.

Transportes internos e externos.

Seguro contra fogo (obra) e seguro de responsabilidade civil (construtor), extintores, capacetes de segurança, luvas, etc.

3.2.5 Movimento de terra e pavimentação dos estacionamentos e vias internas para circulação de veículos

3.2.5.1 Escavação

Será executada de acordo com os cortes previstos no projeto de terraplenagem e as necessidades das fundações e infraestruturas da obra.

Será realizada a remoção das terras escavadas que não tiverem aplicação, seja em reaterro ou aterro, bem como todo entulho restante, para fora da obra.

Serão observados os cuidados necessários bem como as prescrições contidas na NB-51/85 (NBR 6122:1996) concernentes a projeto e execução de fundações.

3.2.5.2 Retirada de entulho (bota-fora)

Os produtos da remoção do entulho gerado na obra, quer seja pelo corte de subleito, limpeza mecanizada, bem como pela limpeza geral da obra, serão destinados, a grande maioria para áreas de bota foras, e uma pequena parte de solo em boas condições sendo utilizado, se for o caso, na compensação para pequenos aterros.

Bota-fora é o termo usado para designar genericamente os produtos naturais, não servíveis, que necessitam ser colocados de lado, provisória ou definitivamente. De uma forma geral, os bota-foras são constituídos por material não consolidados retirado de escavações (solo, areia, argila) ou cortes.

A operação de carga deste material consiste na carga propriamente dita do material já escavado com o emprego de equipamento do tipo carregadeira de pneus.

A descarga é simplesmente o basculamento do material transportado pela caçamba.

A área de bota-fora deverá ser indicada pela FISCALIZAÇÃO que objetivara encontrar localidades com distância média de transporte inferior ao indicado no projeto.

Devido às características granulométricas e por se tratar de materiais que podem ter o seu volume facilmente determinado, o transporte desse material deverá ser feito com caminhões basculantes.

O material deverá ser lançado na caçamba, de maneira que fique uniformemente distribuído, no limite geométrico da mesma, para que não ocorra derramamento pelas bordas durante o transporte.

No transporte em canteiros de obra, o caminho a ser percorrido pelos caminhões deverá ser mantido em condições de permitir velocidade adequada, boa visibilidade e possibilidade de cruzamento. Os caminhos de percurso deverão ser umedecidos para evitar o excesso de poeira, e devidamente drenados, para que não surjam atoleiros ou trechos escorregadios.

Tratando-se de transporte em área urbana, estradas ou locais onde haja tráfego de veículos ou pedestres, a caçamba do caminhão deverá ser completamente coberta com lona apropriada, ainda no local da carga, evitando-se, assim, poeira e derramamento de material nas vias.

Deverão ser utilizados caminhões basculantes em número e capacidade compatíveis com a necessidade do serviço e com a produtividade requerida.

A carga deverá ser feita dentro do limite legal de capacidade do veículo (volume e/ou peso), mesmo dentro do canteiro de obras.

Também será procedida periódica remoção do entulho e detritos que as venham a acumular no terreno, no decorrer da obra.

Os serviços de limpeza geral compreendem:

- Será removido todo o entulho do terreno, sendo cuidadosamente limpos e varridos os acessos.
- Serão limpos todos os painéis de alvenaria, estrutura aparente, pavimentação, revestimento, azulejos, vidros, aparelhos sanitários e etc.
- Todas as manchas e salpicos de tinta serão cuidadosamente removidos, dando-se especial atenção à perfeita execução dessa limpeza nas ferragens das esquadrias.

Os materiais inservíveis transportados resultantes dos serviços de terraplenagem e limpeza geral da obra, deverão ser removidos e espalhados em áreas de bota-fora previamente aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

O espalhamento do material de bota-foras deverá ser executado com trator de esteiras com lâmina, em camadas com espessura máxima de 30 cm.

3.2.5.3 Equipamentos e ferramentas leves

A EMPREITEIRA deverá fornecer aos funcionários todos os equipamentos e ferramentas tais como baldes, trenas, esquadros, réguas e qualquer ferramenta necessária para a perfeita execução dos serviços contratados.

3.2.6 Estrutura em concreto armado

3.2.6.1 Generalidades

O concreto a ser empregado será confeccionado na obra, somente sendo preparado em betoneiras elétricas, e com apurado controle tecnológico, o transporte e o lançamento deverão ser feitos por métodos que evitem a segregação ou perda dos ingredientes, quanto ao adensamento será em camadas e vibrada mecanicamente, vedada o uso de pancadas nas formas. Atenção especial deve ser dada às juntas de concretagem e de dilatação.

Para aplicação de concreto usinado em formas, a EMPREITEIRA deverá optar pelo processo de bombeamento, sendo, porém, vedado o emprego deste método quando em concretagem de pilares, pois este procedimento pode acarretar em perigosas distorções em seus alinhamentos e prumos.

A EMPREITEIRA obriga-se a ter o devido cuidado com a vibração do concreto quando da execução da concretagem, evitando a segregação de seus agregados.

O concreto, quando aplicado em superfícies cujo acabamento seja aparente, obedecerá a um rígido controle de procedência de seus componentes, visando a garantia de uma superfície perfeitamente uniforme.

A aplicação do concreto em qualquer elemento estrutural, somente será admitida após a conferência criteriosa da correta disposição e dimensões de fôrmas e armaduras, bem como a liberação do concreto após o ensaio de abatimento (Slump-Test).

Quanto às fôrmas, deverá apresentar resistência suficiente à não permitir deformações ou deslocamentos. Antes da colocação da armadura, as fôrmas deverão ser verificadas quanto aos seus alinhamentos e dimensões. Será obrigatória a aplicação de líquido desmoldante, de acordo com as recomendações do fabricante. A EMPREITEIRA garantirá a estanqueidade das fôrmas por meio de processo a sua escolha.

Para concreto com superfície aparente, as fôrmas deverão ser confeccionadas em compensado revestido com plástico tipo "Tego-Film", em todas as suas faces.

Para efetuar a concretagem de qualquer peça a EMPREITEIRA deverá proceder a minuciosa limpeza nas formas. Será tomado cuidado especial com manchas que possam comprometer o acabamento desejado.

O aço a ser empregado na composição do concreto deverá ser cuidadosamente verificado antes de sua aplicação sendo rejeitadas as peças que denotarem empeno ou alto grau de oxidação. O cobrimento das armaduras deverá ser igual ou maior ao indicado nas normas, sendo garantido pelo emprego de espaçadores plásticos ou equivalente técnicos.

Nas faces interiores de lajes, paredes e vigas de reservatórios, condutos de esgoto, canaletas efluentes e ou outras obras em ambientes químicos e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal maior ou igual ao indicado na norma.

3.2.6.2 Dos materiais

a. Concreto

Deverá ter resistência a compressão igual ou superior ao f_{ck} de 25Mpa (conforme projetos estruturais), com fator água - cimento igual ou inferior a 0,50. A resistência deverá ser verificada através de ensaios laboratoriais, especialmente pelo critério do rompimento de corpos de provas, nos prazos definidos para estes tipos de verificação, conforme recomenda as normas técnicas.

b. Fôrmas

Quando em concreto aparente, as fôrmas serão em chapas de compensado plastificado de 14,0mm de espessura. Para concreto que não sejam aparentes, poderá ser em compensado do tipo resinado. Na hipótese de a EMPREITEIRA optar no emprego de "fôrma pronta", deverá antes de sua aquisição apresentar à FISCALIZAÇÃO uma amostra do material a ser empregado. Para situações em que não seja necessário o acabamento aparente, tais como fundações e outras, as fôrmas poderão ser confeccionadas em tábuas de madeira de 1,0" de espessura, de boa procedência, a ser verificada pela FISCALIZAÇÃO.

c. Armação

Os aços a serem empregado serão dos tipos CA50 A/B, e CA60 B, colocados de acordo com as disposições previstas em projetos. Não deverá ter evidências de oxidação e as emendas e transpasses obedecerão às recomendações de normas técnicas, em especial a NBR 6118:2014 e NBR 7480:2007.

d. Escoramentos e Cimbramentos

Deverá ser preferencialmente metálico, executados por firma especializada, com o máximo de cuidado a fim de se evitar acidentes. Poderá ser executada também com madeira desde que garantida a estabilidade do serviço.

e. Cimento

O cimento para execução do concreto deverá ser o Portland CP-32 E, ou outro especial a ser proposto, este material aglomerante deverá ter a mesma procedência e ensaiado na obra quanto à idade e resistência. Sendo obrigado o uso em quantidades medidas em peso. Especial atenção deve ter a sua armazenagem. A norma a ser observada é a NBR 16697:2018.

f. Britas

O agregado para concreto deverá ser aprovado no ensaio de abrasão de Los Angeles, com índice superior a 50%. O tipo a ser usado será na graduação nº 1 e 2 nas proporções indicadas pelo traço a ser previamente definido em laboratório através de ensaios, não pode conter impurezas de qualquer natureza. A medida é volumétrica. A norma a ser observada é a NBR 7211:2009 versão corrigida:2009, destinada à agregados do concreto.

g. Areia

Será do tipo grossa, mais conhecida popularmente como lavada, este agregado miúdo, deverá estar isenta de misturas, materiais orgânicos, saibro, argila ou outros elementos que possam comprometer sua função. A aparência deve ser uniforme. A medida é volumétrica. A norma técnica é a NBR 7211:2009 versão corrigida:2009.

h. Água

Deve ser doce, limpa e livre de teores prejudiciais de substâncias estranhas, tais como: silte, matéria orgânica, óleo, álcalis, sais, ácidos e outras impurezas prejudiciais ao concreto. A FISCALIZAÇÃO poderá subordinar a autorização do seu emprego à análise de laboratório.

i. Aditivos

Qualquer que seja o tipo de aditivo a ser adicionado ao concreto ficará ao encargo e despesa da EMPREITEIRA, o seu emprego, sejam redutores de água, incorporadores de ar, aumento de plasticidade, acréscimo de resistência ou qualquer outro.

3.2.6.3 Impermeabilização

A infraestrutura de concreto será impermeabilizada com argamassa polimérica/membrana acrílica, 3 demãos, revestimento bicomponente semiflexível.

a. Reboco/Emboço (massa única)

O reboco/emboço paulista (massa única) é a camada fazendo às vezes de emboço e reboco, desempenada com régua e desempenadeira de madeira. Será executado emboço na parte externa do prédio, nos locais onde será assentada o revestimento de parede tipo lajota.

A execução do reboco será iniciada após 48 horas do lançamento do emboço, com a superfície limpa com vassoura e suficientemente molhada com broxa. Antes de ser iniciado o reboco, dever-se-á verificar se os marcos, contra-batentes e peitoris já se encontram perfeitamente colocados. A argamassa a ser utilizada será de pasta de cal e areia fina no traço volumétrico 1:2:8, em medida volumétrica, preferencialmente utilizar cal em pasta. Quando especificada no projeto ou recomendada pela FISCALIZAÇÃO, poder-se-á utilizar argamassa pré-fabricada.

Os rebocos regularizados e desempenados, à régua e desempenadeira, deverão apresentar aspecto uniforme, com paramentos perfeitamente planos, não sendo tolerada qualquer ondulação ou desigualdade de alinamento da superfície. O acabamento final deverá ser executado com desempenadeira revestida com feltro, camurça ou borracha macia. A espessura do reboco não poderá ultrapassar 2,5cm.

A masseira destinada ao preparo dos rebocos deve encontrar-se limpa, especialmente no caso de material colorido, e bem vedada. A evasão e água acarretariam a perda de aglutinantes, corantes e hidrofugantes, com prejuízos para a resistência, a aparência e outras propriedades dos rebocos.

O lançamento de reboco hidrófugo na masseira será objeto de cuidados especiais, no sentido de evitar-se a precipitação do hidrofugante. Como esse componente do reboco apresenta dificuldade em misturar-se com a água, o amassamento será enérgico, de forma que haja homogeneização perfeita no produto final.

Na aplicação dos rebocos hidrófugos será evitado o aparecimento de fissuras que venham a permitir que as águas pluviais atinjam os emboços.

Quando houver possibilidade de chuvas, a aplicação do reboco externo não será iniciada ou, caso já o tenha sido, será interrompida. Na eventualidade da ocorrência de temperaturas elevadas, os rebocos externos executados em uma jornada de trabalho terão as suas superfícies molhadas ao término dos trabalhos.

Todas as etapas do processo executivo deverão ser inspecionadas pela FISCALIZAÇÃO, de modo que a superfície final se apresente bem homogênea, nivelada e acabada, as juntas alinhadas e as arestas regulares, de conformidade com as indicações de projeto. Serão verificados o assentamento das placas e os arremates.

3.2.6.4 Revestimento em Placas de Aço Galvanizado

Serão utilizadas Placas de Aço Galvanizado para vedação de Estrutura Metálica sempre que necessário conforme projeto de estrutura metálicas.

As Placas em evidência possuem espessura de 4mm, dimensões 1220 x 2440mm, pintura tipo Kynar 500, na cor esmeralda, esse sistema de pintura garante a uniformidade da cor e resistência a agentes externos. As Placas serão fixadas em estrutura metálica presa na estrutura de concreto armado da edificação.

O sistema deve ser instalado por profissional especializado com pleno conhecimento do procedimento, não se pode apertar os parafusos excessivamente e de forma desigual. Isso fará com que algumas placas fiquem mais fundas e outras salientes. A vedação entre as peças é realizada com uso de elastômero ou silicone, deve ser armazenado em local seguro e limpo, o ideal é que o material não acumule poeira para facilitar a limpeza que precede a vedação.

3.2.7 Pisos

Garantir que a execução do acabamento do piso seja iniciada somente após a conclusão dos serviços de revestimento dos tetos e das paredes.

Verificar, com auxílio de ensaios específicos, quando necessário, se a qualidade e a uniformidade das peças a serem aplicadas satisfazem às especificações técnicas e se durante a aplicação são também observadas as recomendações do fabricante.

Acompanhar a execução dos trabalhos, observando principalmente os aspectos relacionados com o nivelamento do piso e o seu caimento na direção das captações de água, como grelhas, ralos e outras.

Observar os cuidados recomendados para a limpeza final, e se é respeitado o período mínimo, durante o qual não é permitida a utilização do local.

Verificar se as superfícies preparadas para receber os pisos e revestimentos estão perfeitamente limpas. Antes da aplicação da argamassa de assentamento, observar se foi espalhado uma camada de nata de cimento, para formar uma superfície áspera e aderente.

Observar se o traço e a espessura do contrapiso executado estão de acordo com a indicação do projeto.

Verificar a existência de juntas de dilatação em número e quantidade suficientes.

O subleito deverá ser preparado para evitar a umidade natural do solo. Terá uma permeabilidade tal que a água não suba por capilaridade.

Haverá particular atenção no preparo do subleito, para os casos de terrenos argilosos ou humíferos, considerando a propriedade de retenção de água que eles apresentam.

Para os casos extremos de pressão positiva e lençol freático aflorado a FISCALIZAÇÃO deverá ser consultada para aprovação de instalação de drenos. Sobre o subleito será executado o lastro em concreto não estrutural.

A espessura mínima do lastro será de 5cm.

O lastro será efetuado em operação contínua e ininterrupta, para evitar as juntas de concretagem. Após o início da pega e antes que o concreto endureça demasiadamente, proceder-se-á ao escovamento da superfície, até que os grãos do agregado graúdo se tornem aparente pela remoção da película que aí costuma se formar.

3.2.7.1 Regularização

Todos os pisos, antes da pavimentação final deverão ser previamente regularizados, obedecendo aos níveis de inclinação prevista para a pavimentação que as deve recobrir. A camada de regularização se fará em argamassa traço 1:4 (cimento e areia) com preparo mecânico, com espessura 2 cm. A massa de acabamento deverá ser curada, mantendo-se as superfícies dos pisos cimentados permanentemente úmidas durante os 7 dias posteriores à execução.

Todas as etapas do processo executivo deverão ser inspecionadas pela Fiscalização, de modo a verificar o perfeito alinhamento, nivelamento e uniformidade das superfícies, bem como os arremates, juntas, ralos e caimentos para o escoamento das águas pluviais, de conformidade com as indicações do projeto.

3.2.8 Cobertura

3.2.8.1 Estrutura metálica

Em todo complexo a cobertura configura-se em estrutura metálica tubular, sendo seus materiais, dimensionamento, quantitativos e detalhes, indicados no projeto específico de estruturas metálicas, submetido à análise dos profissionais envolvidos nos projetos que se relacionam.

Deverão ser tomadas precauções adequadas a fim de evitar amassamento, distorções e deformações das peças, causadas por manuseio impróprio durante o transporte, bem como o seu local de armazenamento.

O material que ficar prejudicado deverá ser corrigido de acordo com as exigências da fiscalização, antes de ser montado.

As correções serão executadas pelo Fabricante, sempre que o transporte e o armazenamento forem responsabilidade do mesmo.

3.2.8.2 Telha metálica

Telhamento com telhas metálicas ondulada, e o formato da cobertura é em arco.

A colocação deve ser feita por fiadas, iniciando-se pelo beiral, e simultaneamente em águas opostas. Obedecer à inclinação do projeto e a inclinação mínima determinada para cada vão em questão.

As primeiras fiadas devem ser amarradas às ripas com arame de cobre. Os encontros dos planos de telhado com planos verticais, empenas e paredes, deverão receber rufos metálicos, para evitar infiltrações de água. Os encontros dos planos de telhado com planos horizontais de laje deverão receber calhas coletoras.

3.2.8.3 Calhas, rufos e pingadeiras

As calhas, rufos e pingadeiras, deverão ser em chapa de aço galvanizado com espessura mínima de 2,00mm.

As chapas de aço serão fixadas nas telhas e platibandas. Os rufos deverão recobrir as telhas e se estender verticalmente pela platibanda.

Fixar com o auxílio de parafusos inicialmente os suportes de calhas, nas distancias e para a obtenção do caimento estabelecido, conforme projeto de instalações de águas pluviais. Depois fixar as calhas e utilizar cola de silicone nas emendas entre as peças, com sobreposição mínima de 2 cm. As calhas deverão ser fixadas ao longo das extremidades das telhas conforme projeto. Quando estiverem próximas a platibandas, as calhas deverão se prolongar verticalmente pelas mesmas.

3.2.8.4 Forro em Gesso Acartonado

Serão instalados em todo complexo, com exceção da câmara legislativa e galeria, Forro em Drywall para ambientes comerciais, inclusive estrutura de fixação, placa de Gesso Acartonado, standard, cor branca, e = 12,5 mm, 1200 x 2400 mm.

Critério: medido por área executada (m²), considerando-se as dimensões indicadas no projeto ou com base nas dimensões apropriadas in loco, quando da inexistência das citadas peças gráficas.

Remuneração: remuneram o fornecimento e instalação das régua, incluindo estrutura de fixação.

3.2.9 Pintura

As superfícies a pintar serão cuidadosamente limpas quando estiverem secas e curadas, convenientemente preparadas para o tipo de pintura a que se destina.

As superfícies só poderão ser pintadas quando perfeitamente enxutas.

As tintas a serem empregadas serão de primeira qualidade e deverão ser usadas as nas cores originais de fábrica, devendo ser evitado misturas na obra, salvo autorização expressa da fiscalização.

Deve a empreiteira apresentar à fiscalização uma amostra de pintura, com as dimensões (0,50x1,00) m, sob iluminação semelhante e em superfície idêntica ao local a que se destina.

Após 12 (doze) horas aplicação de duas ou mais demãos de tinta para acabamento interno, na diluição indicada pelo fabricante, obedecendo a um intervalo mínimo de 3 (três) horas entre demãos consecutivas.

Deverão ser tomados cuidados no sentido de se evitar respingos de tinta em vidros e outras superfícies que não receberão pintura. Deverá ser respeitado o projeto arquitetônico, obedecendo o especificado em quadro de revestimento para as paredes. É de responsabilidade da fiscalização a aprovação das cores dos blocos, respeitando-se a proposta do projeto de arquitetura.

Cores utilizadas: deverão ser obedecidos os detalhes de pinturas diferenciadas propostos no projeto tanto interna quanto externamente.

Local: conforme projeto.

Critério: medido pela área executada (m²), descontando se todos os vãos e interferências. Consideram-se as dimensões indicadas no projeto ou com base nas dimensões apropriadas in loco, quando da inexistência das citadas peças gráficas.

Remuneração: remunera o fornecimento massa, andaimes, escadas, inclusive materiais e acessórios e a mão-de-obra necessária para limpeza, lixamento e remoção do pó. Inclui-se o preparo das superfícies.

Todas as superfícies a serem pintadas deverão estar secas, cuidadosamente limpas, retocadas e preparadas para o tipo de pintura a que se destinam.

As tintas a serem empregadas serão de primeira qualidade e deverão ser usadas nas cores originais de fábrica, devendo ser evitado misturas na obra, salvo autorização expressa da fiscalização.

Deve a empreiteira apresentar à fiscalização uma amostra de pintura, com as dimensões (0,50x1,00) m, sob iluminação semelhante e em superfície idêntica ao local a que se destina.

Deverão ser evitados escorrimientos ou manchas de tinta nas superfícies não destinadas à pintura (vidros, pisos, aparelhos etc.); as manchas que não puderem ser evitadas deverão ser removidas enquanto a tinta estiver fresca, empregando-se removedor adequado.

Todas as superfícies pintadas deverão apresentar, depois de prontas, uniformidade quanto à textura, tonalidade e brilho.

A tinta acrílica Suvnil para pisos, na cor cinza, será aplicada no piso. E a tinta Suvnil para madeiras e metais, esmalte brilhante seca rápido, cor branca, para os pilares em metal.

Cada demão de tinta só poderá ser aplicada quando a precedente estiver completamente seca

3.2.10 Limpeza geral da obra

A Obra deverá ser entregue em perfeito estado de limpeza e conservação, devendo apresentar funcionamento perfeito, todas as instalações definitivas nas redes de serviços públicos.

Todos os andaimes, entulhos, lixos e montes de terra serão removidos pela contratada, bem como, desmontadas todas as instalações provisórias.

Serão lavados convenientemente, sem danificar outros elementos da construção, os pisos, revestimentos de material impermeável, vidros, ferragens, metais, aparelhos elétricos e sanitários, devendo ser removidos quaisquer vestígios de tintas, manchas e argamassa.

A limpeza dos vidros far-se-á com esponja de aço, removedor e água. Os aparelhos sanitários serão limpos com esponja de aço, sabão e água. Os metais deverão ser limpos com removedor, não podendo ser lavados com ácido muriático.

As ferragens de esquadrias com acabamento cromado serão limpas com removedor adequado e polidas com flanela seca.

3.2.11 Notas

Qualquer serviço omissos no presente memorial, porém identificado nos desenhos e plantas anexos, deverá ser executado seguindo os preceitos da boa técnica e, em casos de dúvidas, de acordo com as diretrizes da FISCALIZAÇÃO.

3.3 Serviços Finais e Eventuais

3.3.1 Limpeza Final

Todas as pavimentações, revestimentos etc., serão limpos, tendo-se o cuidado para que outras partes da obra não sejam danificadas por este serviço.

3.3.2 Arremates Finais e Retoques

Após a limpeza serão feitos todos os pequenos arremates finais e retoques que forem necessários.

3.3.3 Teste de Funcionamento e Verificação Final

O Executante verificará cuidadosamente as perfeitas condições de funcionamento e segurança de todas as instalações, ferragens e etc., o que deve ser aprovado pelo Fiscal da obra.

4. DETALHAMENTO GRÁFICO – PROJETO ARQUITETÔNICO

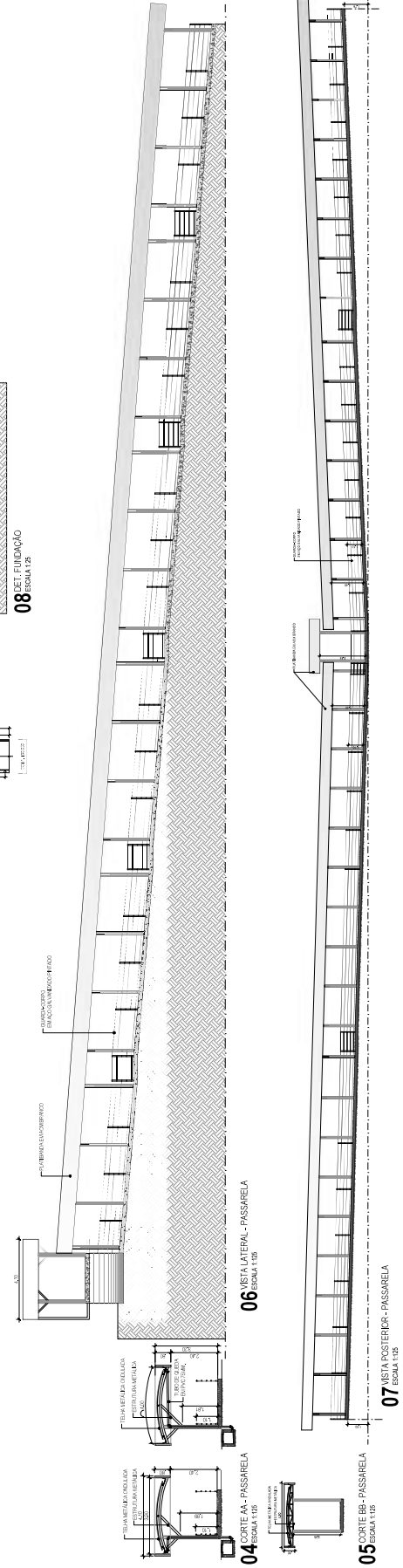
O detalhamento gráfico do projeto de Arquitetura é apresentado em 1 prancha com o seguinte conteúdo:

- Folha 01: Implantação, Localização, Situação, Planta Baixa, Cortes, Vistas e Maquete eletrônica;

Rio Branco-AC, 13 de julho de 2022.



Alan Carlos N. Nunes
Arqº e Urbanista – CAU Nº A156468-4

[illegible]

5. MEMORIAL DESCRITIVO – PROJETO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

5.1 Introdução

As estruturas da cobertura para a construção da Passarela do Tribunal de Justiça de Rio Branco-Ac serão todas metálicas com tesouras treliçadas, terças com perfis metálicos e telhas metálicas termoacústicas.

Optou-se por estrutura metálica, principalmente pela elevada durabilidade, pois o aço é sempre de origem conhecida e com baixo índice de degradação pois, além da durabilidade já notória do material, ele não está, como a madeira, suscetível a deterioração por umidade e ao ataque de cupins.

Em contrapartida, a madeira, por ser um material retirado de florestas, existe sempre a possibilidade de utilização de madeiras não certificadas e com origem de procedência duvidosa, comprometendo a qualidade do insumo, além do inquestionável dano ao meio ambiente.

Outros fatores decisivos, foram a agilidade de execução nas obras e redução de custos, principalmente na manutenção.

As estruturas metálicas garantem uma obra limpa e com grande aproveitamento de área, além das grandes facilidades e rapidez na execução do serviço.

As estruturas metálicas da cobertura serão fixadas na superestrutura de concreto armado, através de chapas de apoio devidamente ancoradas nas estruturas de concreto de lajes e vigas.

5.2 Sistemas Estruturais em Aço

5.2.1 Elementos estruturais

Os principais elementos estruturais metálicos são:

- Elementos lineares alongados, denominados hastes ou barras.
- Elementos bidimensionais, geralmente denominados elementos planos, constituídos por placas ou chapas.

a) Hastes

As hastes formam elementos alongados cujas dimensões transversais são pequenas em relação ao comprimento. Dependendo da solicitação predominante, as hastes podem ser classificadas em:

- Tirantes (tração axial)
- Colunas (compressão axial)
- Vigas (cargas transversais produzindo momentos fletores e esforços cortantes)
- Eixos (torção)

Quando as solicitações de tração ou compressão são aplicadas segundo o eixo da haste, isto é, segundo a linha formada pelos centros de gravidade das seções, as tensões internas de tração ou compressão se distribuem uniformemente na seção transversal.

Quando a haste está sujeita a cargas transversais, os esforços predominantes são momentos fletores e esforços cortantes, os quais dão origem, respectivamente, a tensões normais de flexão e tensões de cisalhamento.

Quando a haste é usada para transmitir momentos de torção, as solicitações são cisalhantes. Os eixos de torção são muito utilizados em máquina.

Nas aplicações práticas, os elementos lineares trabalham sob a ação de solicitações combinadas. Os esforços longitudinais de tração e compressão geralmente atuam com excentricidade em relação ao eixo da peça, dando origem a solicitações de flexo-tração e flexo-compressão, respectivamente. Nas hastes comprimidas, as deformações transversais da peça dão origem a solicitações adicionais de flexo-compressão; esse efeito,

denominado de 2ª ordem porque altera a geometria inicial da haste, é muito importante nos elementos muito alongados, conduzindo à ruptura da pelo por flambagem.

Nas vigas, as solicitações de flexão e cisalhamento são muitas vezes combinadas com solicitações de torção.

b) Chapas

As chapas, também denominadas placas, são elementos de espessura pequena em relação à largura e ao comprimento. As chapas são utilizadas isoladamente ou como elementos constituintes de sistemas planos ou espaciais.

5.2.2 Sistemas de elementos lineares

Os sistemas de elementos lineares são formados pela combinação dos principais elementos lineares (tirantes, colunas, vigas), constituindo as estruturas portantes das construções civis. Eles podem ser classificados em lineares, planos e espaciais.

Os sistemas lineares são constituídos por elementos lineares isolados, tais como colunas, vigas contínuas, etc.

Nas vigas, os carregamentos produzem tensões internas normais de flexão e de cisalhamento. As resultantes das tensões internas de flexão constituem um binário interno que equilibra o momento fletor solicitante. Como o braço de alavanca interno é geralmente pequeno em relação ao vão da viga, resultam valores elevados dos esforços internos e das tensões de flexão.

Denominam-se vigas armadas às vigas reforçadas inferiormente com tirantes metálicos, constituídos por vergalhões redondos com extremidades rosqueadas ou por perfis esbeltos.

Os tirantes e pontaletes fornecem apoios elásticos intermediários para a viga, aumentando sua capacidade de carga.

Os sistemas planos de elementos lineares são formados por associação de elementos lineares contidos num plano.

As treliças são sistemas em que as hastes trabalham predominantemente a tração ou compressão simples. As treliças teóricas têm os nós rotulados, porém as treliças construídas na prática apresentam nós rígidos, de modo que a rotação desses nós produz momentos nas barras. Como, entretanto, as hastes individuais são geralmente esbeltas, as tensões de flexão resultam pequenas, recebendo a denominação de tensões secundárias. Os banzos das treliças que recebem cargas distribuídas têm também solicitação de flexão provocada por essas cargas.

Os pórticos, também denominados quadros, são sistemas formados por associação de hastes retilíneas ou curvilíneas, com ligações rígidas entre si, e apoios resistentes a deslocamentos horizontais. Os arcos são pórticos de eixo curvilíneo.

Tantos os pórticos como os arcos podem ter seus apoios rotulados ou engastados.

Estes sistemas ficam geralmente situados no plano vertical, com cargas atuantes no mesmo plano vertical. É evidente que os mesmos sistemas podem trabalhar num plano inclinado ou na horizontal, com cargas atuando no plano do sistema.

A grelha plana é formada por dois feixes de vigas, ortogonais ou oblíquos, trabalhando conjuntamente, com cargas atuando no plano normal às vigas. As grelhas são usadas em pisos de edifícios, superestruturas de pontes e etc.

A viga balcão é uma viga plana, curva ou poligonal, solicitada por cargas no plano normal ao da viga. As vigas balcão ficam sujeitas a solicitações de torção, associadas a flexão e cisalhamento.

Os sistemas lineares e planos podem ser associados espacialmente, formando estruturas de galpões, pontes e etc.

5.2.3 Sistemas de elementos bidirecionais

Os sistemas planos de elementos bidirecionais são constituídos por chapas dobradas ou reforçadas com enrijecedores soldados.

As chapas dobradas são geralmente utilizadas como cobertura ou tapamento lateral de galpões.

As chapas reforçadas com enrijecedores são muito utilizadas como lajes em pontes de grandes vãos, nas quais há interesse em reduzir o peso próprio da estrutura. Essas chapas reforçadas têm geralmente inércia maior em uma direção, na qual elas vencem um vão grande. Por esse motivo elas são chamadas placas ortogonalmente anisotrópicas ou ortotrópicas.

Os sistemas planos de placas ortotrópicas são utilizados como componentes de vigas celulares de pontes de grandes vãos.

As chapas metálicas são também utilizadas na construção de sistemas espaciais formados por associação de cascas e placas, formando vasos de pressão, reservatórios, silos e etc.

5.3 Ligações com Solda

Como o processo indicado no projeto é a solda, vamos um pouco sobre o assunto.

A solda é um processo de juntar duas peças metálicas por união através de uma interface. Em geral a solda se faz com auxílio de calor, que produz fusão dos metais. O calor pode ser produzido por diversas fontes de energia como, por exemplo:

- Energia elétrica, solda por arco voltaico e solda por resistência elétrica com pressão;
- Energia química, solda por chama de acetileno e solda por reação química;
- Energia ótica, solda por raio laser e solda por raio de elétrons;
- Energia mecânica, solda por atrito e pressão e solda por energia vibratória (ultra-som) e pressão.

As soldas por energia mecânica e ótica constituem casos especiais, sem interesse na indústria de construção.

A solda por calor produzido por reação química é utilizada na emenda de vergalhões e outros casos especiais.

Na solda por chama de acetileno, a energia calorífica é produzida pela queima do acetileno em presença de oxigênio, daí o nome usual de solda oxiacetileno. O processo não é utilizado nas estruturas porque produz resultados inferiores aos do arco voltaico. A chama de acetileno tem, entretanto, largo emprego no corte do aço.

Com controle da chama e dispositivos de guia (régua, gabaritos, pantógrafos) pode-se efetuar o corte com tolerância de 1/16" em placas de até 6" de espessura. A chama de acetileno é ainda utilizada para aquecimento em geral de peças metálicas, aquecimento para contraflecha ou endireitamento de perfis.

Na solda por resistência elétrica com pressão, o calor é fornecido pela resistência à passagem da corrente elétrica. Na solda por arco voltaico, o calor de fusão é produzido por um arco voltaico entre a chapa (metal base) e o material a ser depositado (eletrodo). Este é, com larga margem, o tipo de solda mais utilizado.

Para a execução de solda por arco voltaico, são utilizadas máquinas de corrente contínua (geradores) ou de corrente alternada (alternadores). Em corrente contínua, um terminal (positivo) libera a alternativamente positivos e negativos liberando aproximadamente a mesma quantidade de energia calorífica.

Se o arco voltaico e o material metálico fundido estiverem em contato com a atmosfera, forma-se diversas impurezas na solda. Esses defeitos são evitados isolando-se o arco, o que pode conseguir de três modos:

- Revestimento no eletrodo: o revestimento é consumido juntamente com o eletrodo, se transformado parte em gases inertes, parte em escória, este é o tipo mais difundido de solda, podendo ser empregado em oficina ou no campo;
- Proteção de gás inerte: por exemplo mistura de CO₂, argônio, hélio. A mistura gasosa é suprida por um reservatório independente do circuito elétrico;

- Arco submerso em material granular fusível: o eletrodo é um fio metálico sem revestimento, porém o arco e o metal fundido ficam isolados pelo material granular. Este processo é largamente utilizado em trabalhos de oficina, podendo ser automatizado. A solda obtida é de grande regularidade.

Os eletrodos utilizados nas soldas por arco são varas de aço-carbono ou aço de baixa liga. Os eletrodos com revestimento são designados segundo ASTM por expressões do tipo E 70XY, onde:

E = eletrodo;

70 = resistência à ruptura da solda em ksi;

X = n.º que se refere à posição de soldagem satisfatória (1-qualquer posição; 2-somente posição horizontal);

Y = n.º que indica tipo de corrente e de revestimento do eletrodo.

Os eletrodos geralmente utilizados têm resistência à ruptura 60 ksi (42 kgf/mm²) e 70 ksi (49 kgf/mm²).

Para aços de alto carbono e aços de baixa liga, recomenda-se um eletrodo com revestimento de carbonato de sódio, o qual é chamado de eletrodo básico ou de baixo hidrogênio. A solda feita com eletrodo de baixo hidrogênio se distingue das outras pelo aspecto granular do material depositado (outros eletrodos produzem solda com respingos). Em geral as propriedades mecânicas das soldas feitas com eletrodos de baixo hidrogênio são superiores as demais.

A soldabilidade dos aços reflete a maior ou menor facilidade de se obter uma solda resistente e sem trincas.

Dada a enorme importância assumida pela solda nos últimos decênios, as formulações químicas dos aços visam sempre a obter produtos soldáveis.

As soldas podem apresentar grande variedade de defeitos. Dentre eles podemos citar:

- Fusão incompleta, penetração inadequada: decorrem em geral de insuficiência de corrente;
- Porosidade: retenção de pequenas bolhas de gás durante o resfriamento. Em geral causada por excesso de corrente ou distância excessiva entre o eletrodo e a chapa;
- Inclusão de escória: usual em soldas feitas em várias camadas, quando não se remove totalmente a escória em cada passe.

Em face a grande sensibilidade a defeitos, a solda deve ser feita sempre em condições controladas. Inicialmente, devem ser observadas as recomendações dos fabricantes de eletrodos.

6. MEMÓRIA DE CÁLCULO – PROJETO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

6.1 Cálculo da Estrutura Metálica

O projeto das estruturas metálicas foi calculado e dimensionado com a utilização do software Metálicas 3D fornecido pela empresa Multiplus Softwares Técnicos, de propriedade da Vetor Engenharia com código de licença nº 85817.

O cálculo é feito de acordo com as normas brasileiras: NBR 14762:2010, NBR 8800:2008, NBR 8681:2003 Versão corrigida 2004, NBR 6118:2014, para o cálculo da estrutura, NBR 6123:1988 Versão corrigida 2:2013 para a análise do vento através do gerador de galpões e a NBR 7190:1997 para o dimensionamento de estruturas de madeiras.

Também possui outras normas, tais como: Americanas, Eurocode, Argentina e outras.

Através do cálculo automático dos coeficientes de flambagem o software determina automaticamente, em função dos nós da estrutura, os valores mais apropriados, inclusive para estruturas complexas, permitindo ao engenheiro adotar o coeficiente que achar mais adequado.

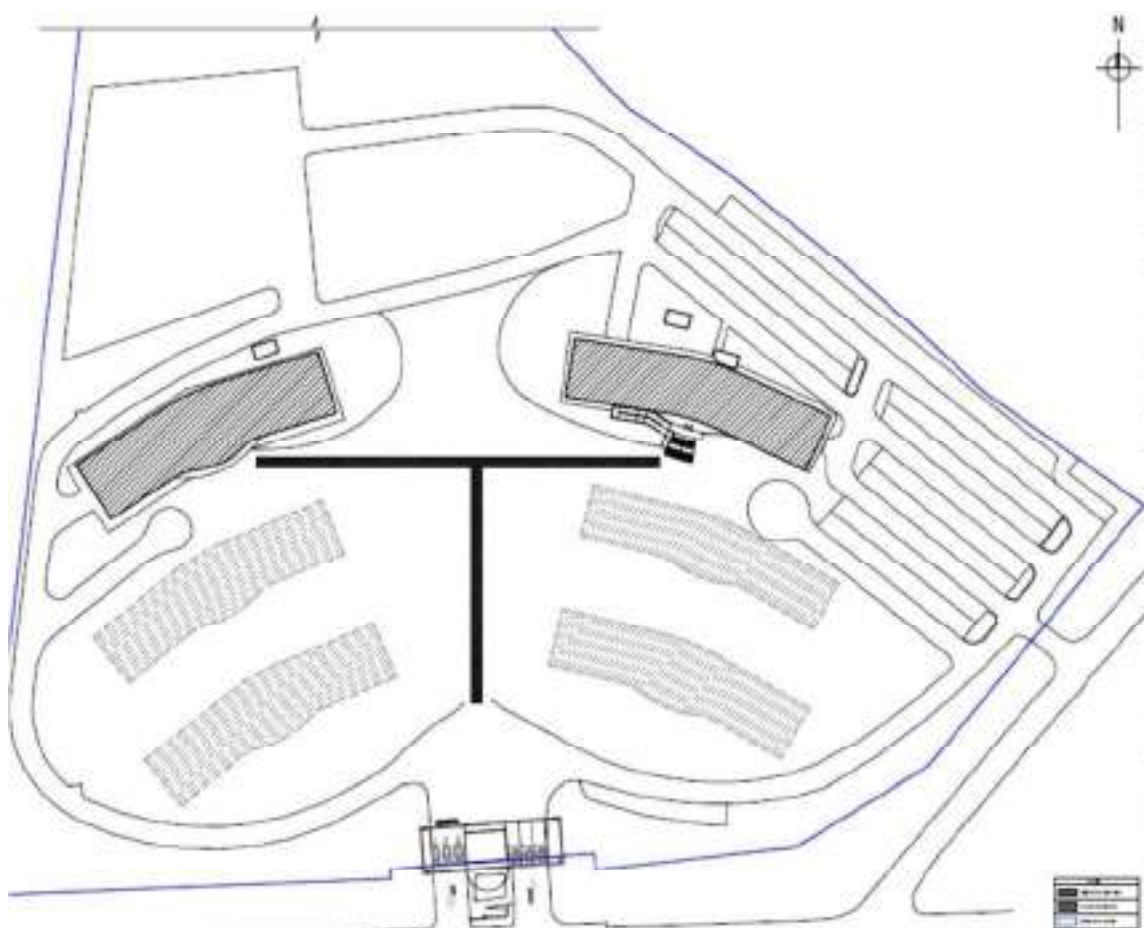
Após o cálculo da estrutura, uma mensagem lista todas as barras que não satisfazem alguma verificação da norma escolhida e indica qual perfil seria o correto para aquela situação. Então, após a análise do projetista, com o recurso de redimensionamento o software altera automaticamente todas as barras que não estão "passando", dimensionando assim uma estrutura com o menor peso possível.

A seguir, será apresentado a memória de cálculo dos itens que compõem o projeto de estruturas metálicas.

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ESTRUTURA METÁLICA

OBRA: COBERTURA PASSARELAS TJ-ACRE



MEMÓRIA DE CÁLCULO

Obra: Cobertura Passarelas TJ-ACRE

Estrutura Metálica de Cobertura

Cargas Permanentes -

Telhas Metálicas – 5 kg/m²

Peso Próprio- 6 kg/m²

$q_p = 11 \text{ kg/m}^2 \times 1,50 = 16,5 \text{ kg/m}$.

Carga Acidental

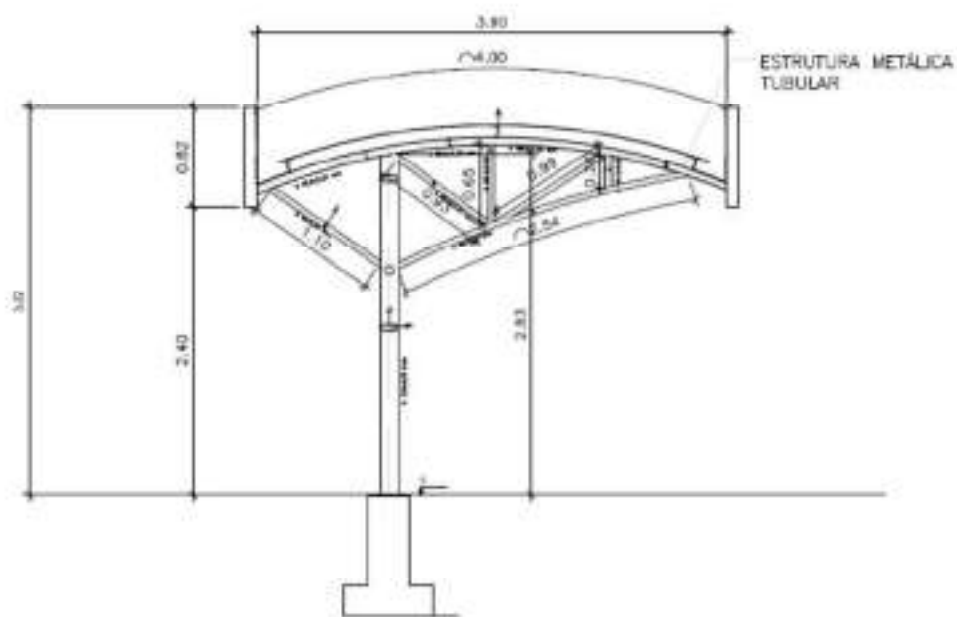
Vento – 30 m/s

$q = 60 \text{ kg/m}^2$ $c_q = 60 \times 0,3 = 18 \text{ kg/m}^2$

$q_a = 18 \text{ kg/m}^2 \times 1,50 = 27 \text{ kg/m}$

$q = 20 + 27 = 44 \text{ kg/m}$

PÓRTICO

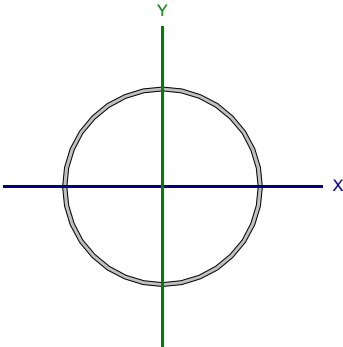


DIMENSIONAMENTO DAS BARRAS MAIS SOLICITADAS

A seguir é apresentado o dimensionamento da seção mais solicitada, calculada no software Metálicas 3D.

COLUNA PRINCIPAL

Barra N13/N18

Perfil: D152X3.04 Material: Aço (USI SAC 41)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
	N13	N18	1.720	14.23	394.75	394.75	789.50
	Notas: ⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme						
	Flambagem			Flambagem lateral			
	Plano ZX		Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.		
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _k	1.720	1.720	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	-	-		
	C _b	-		1.000			
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _k : Comprimento de flambagem (m) C _m : Coeficiente de momentos C _b : Fator de modificação para o momento crítico							

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _t M _x M _y	N _t M _y M _x	M _t	
N13/N18	(b _w /t) ≤ 500 Passa	λ _{xx} ≤ 200.0 λ _{yy} ≤ 200.0 Passa	N _{t,Ed} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 2.5	η = 96.3	M _{Ed} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	η < 0.1	V _{Ed} = 0.00 N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁴⁾	x: 1.72 m η = 99.2	N.A. ⁽⁵⁾	η = 0.1	PASSA η = 99.2
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _t M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _t M _y M _x : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

Elemento: Alma
 Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{156} \quad \checkmark$$

Sendo:
b: Comprimento do elemento.
t: A espessura.

b : 472.75 mm
t : 3.04 mm

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{32.7} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{32.7} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{1.720} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{1.720} \text{ m}$$

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

$$r_x : \underline{5.27} \text{ cm}$$

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

$$r_y : \underline{5.27} \text{ cm}$$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N13, para a combinação de ações 1.25·PP.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{0.782} \text{ t}$$

A força normal de compressão resistente de cálculo $N_{c,Rd}$ deve ser tomada como:

$$N_{c,Rd} = \rho \cdot A_{ef} f_y / \gamma$$

$$N_{c,Rd} : \underline{31.716} \text{ t}$$

Onde:

ρ : Fator de redução associado à flambagem, $\rho = \frac{1}{\beta + (\beta^2 - \lambda_0^2)^{0.5}} \leq 1$

$$\rho_{xx} : \underline{0.96}$$

$$\rho_{yy} : \underline{0.96}$$

Sendo:

$$\beta = 0.5 \left[1 + \alpha (\lambda_0 - 0.2) + \lambda_0^2 \right]$$

$$\beta_{xx} : \underline{0.58}$$

$$\beta_{yy} : \underline{0.58}$$

Onde α é o fator de imperfeição inicial conforme tabela 7.

$$\alpha_{xx} : \underline{0.21}$$

$$\alpha_{yy} : \underline{0.21}$$

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0,xx} : \underline{0.36}$$

$$\lambda_{0,yy} : \underline{0.36}$$

$$\lambda_0 = \left[\frac{A_{ef} f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Sendo:

N_e : Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 7.7.2.

A_{ef} : Área efetiva da seção transversal da barra.

$$A_{ef} : \underline{14.23} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

A força normal de flambagem elástica N_e é o menor valor entre os obtidos por a), b) e c):

$$N_e : \underline{275.202} \text{ t}$$

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo X.

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{275.202} \text{ t}$$

b) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{275.202} \text{ t}$$

c) Força normal de flambagem elástica por torção.

Não é necessário, dado que o comprimento efetivo de flambagem por torção, $K_t L_t$, é nula.

Onde:

I_x : Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{394.75} \text{ cm}^4$$

I_y : Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{394.75} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \text{ kgf/cm}^2$$

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{1.720} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{1.720} \text{ m}$$

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.963} \quad \checkmark$$

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{sd} é obtido para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$M_{sd} : \underline{1.159} \text{ t}\cdot\text{m}$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{rd} deve ser tomado como:

$$M_{rd} : \underline{1.203} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

Onde:

W_{ef} : Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 7.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.

$$W_{ef} : \underline{51.94} \text{ cm}^3$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.002} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{rd} deve ser calculada por:

$$V_{rd} = 0.6 f_y A_c / \gamma$$

$$V_{rd} : \underline{12.589} \text{ t}$$

Onde:

A_c : área de cortante

$$A_c : \underline{9.06} \text{ cm}^2$$

$$A_c = \frac{2A}{\pi}$$

A : Área da seção transversal.

$$A : \underline{14.23} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N18, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

$$\eta_1 = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} + \frac{C_{mx} M_{x,Sd}}{\left(1 - \frac{N_{c,Sd}}{N_{ex}}\right) M_{x,Rd}} + \frac{C_{my} M_{y,Sd}}{\left(1 - \frac{N_{c,Sd}}{N_{ey}}\right) M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta_1 : \underline{\underline{0.992}} \quad \checkmark$$

$$\eta_2 = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta_2 : \underline{\underline{0.988}} \quad \checkmark$$

Onde:

N_{c,Sd}: Força normal de compressão solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{\underline{0.758}} \quad t$$

M_{x,Sd}, M_{y,Sd}: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$M_{x,Sd} : \underline{\underline{1.159}} \quad t \cdot m$$

$$M_{y,Sd} : \underline{\underline{0.003}} \quad t \cdot m$$

N_{c,Rd}: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 7.7.

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{31.716}} \quad t$$

N_{0,Rd}: Força normal de compressão resistente de cálculo, calculada conforme 7.7, tomando-se $\rho = 1$.

$$N_{0,Rd} : \underline{\underline{32.959}} \quad t$$

C_{mx}, C_{my}: Coeficientes de equivalência de momento na flexão composta em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$C_{mx} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$C_{my} : \underline{\underline{1.00}}$$

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 7.8.1, com $C_b = 1$.

$$M_{x,Rd} : \underline{\underline{1.203}} \quad t \cdot m$$

$$M_{y,Rd} : \underline{\underline{1.203}} \quad t \cdot m$$

N_{ex}, N_{ey}: Forças normais de flambagem elástica em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{\underline{275.202}} \quad t$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{\underline{275.202}} \quad t$$

Sendo:

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{\underline{394.75}} \quad cm^4$$

I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{\underline{394.75}} \quad cm^4$$

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{\underline{1.720}} \quad m$$

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{\underline{1.720}} \quad m$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{\underline{2089704}} \quad kgf/cm^2$$

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{t,Sd}}{M_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O momento tissor solicitante de cálculo desfavorável $M_{t,Sd}$ produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$M_{t,Sd} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

O momento tissor resistente de cálculo $M_{t,Rd}$ é dado por:

$$M_{t,Rd} = 0.6 f_y W_t / \gamma$$

$$M_{t,Rd} : \underline{1.444} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_t : módulo de resistência à torção

$$W_t : \underline{103.88} \text{ cm}^3$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

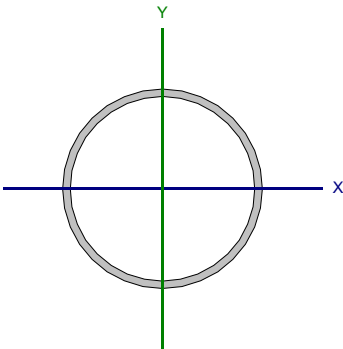
$$\gamma : \underline{1.1}$$

BANZO SUPERIOR DO PÓRTICO

Barra N10/N9

Perfil: 0-88.9X3.35

Material: Aço (USI SAC 41)



	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N10	N9	1.034	9.00	82.50	82.50	164.99
Notas: ⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme							
	Flambagem		Flambagem lateral				
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.			
β	1.00	1.00	0.00	0.00			
L _k	1.034	1.034	0.000	0.000			
C _m	1.000	1.000	-	-			
C _b	-		1.000				
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _k : Comprimento de flambagem (m) C _m : Coeficiente de momentos C _b : Fator de modificação para o momento crítico							

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _t M _x M _y	N _c M _x M _y	M _t	
N10/N9	x: 0.172 m (b _w /t) ≤ 500 Passa	λ _{rex} ≤ 300.0 λ _{ryy} ≤ 300.0 Passa	x: 1.034 m η = 0.1	N _{c,td} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	x: 1.034 m η = 30.8	M _{sd} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	η = 0.1	x: 1.034 m η = 1.7	x: 1.034 m η = 9.5	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁴⁾	x: 1.034 m η = 31.8	η = 1.4	PASSA η = 31.8
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _t M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _c M _x M _y : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

A relação comprimento-espessura desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância 0.172 m do nó N10.

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{\quad 82 \quad} \checkmark$$

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

t: A espessura.

$$b : \underline{\quad 274.03 \quad} \text{ mm}$$

$$t : \underline{\quad 3.35 \quad} \text{ mm}$$

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

$$\lambda = KL/r < 300$$

$$\lambda_{xx} : \underline{34.1} \quad \checkmark$$
$$\lambda_{yy} : \underline{34.1} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.	$K_x L_x : \underline{1.034} \text{ m}$
$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.	$K_y L_y : \underline{1.034} \text{ m}$
r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.	$r_x : \underline{3.03} \text{ cm}$
r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.	$r_y : \underline{3.03} \text{ cm}$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N9, para a combinação de ações 1.25·PP.

$N_{t,Ed}$: Esforço axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. $N_{t,Ed} : \underline{0.029} \text{ t}$

A força normal de tração resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ deve ser tomada como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{20.859} \text{ t}$$

Onde:

A : Área bruta da seção transversal da barra.	$A : \underline{9.00} \text{ cm}^2$
f_y : Tensão de escoamento.	$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$
γ : Coeficiente de ponderação das resistências.	$\gamma : \underline{1.1}$

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.308} \quad \checkmark$$

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{Ed} é obtido para o nó N9, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$M_{Ed} : \underline{0.132} \text{ t}\cdot\text{m}$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como:

$$M_{Rd} : \underline{0.430} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

Onde:

W_{ef} : Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 7.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.	$W_{ef} : \underline{18.56} \text{ cm}^3$
f_y : Tensão de escoamento.	$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$
γ : Coeficiente de ponderação das resistências.	$\gamma : \underline{1.1}$

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.006} \quad t$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{rd} deve ser calculada por:

$$V_{rd} = 0.6f_y A_c / \gamma$$

$$V_{rd} : \underline{7.968} \quad t$$

Onde:

A_c : área de cortante

$$A_c : \underline{5.73} \quad \text{cm}^2$$

$$A_c = \frac{2A}{\pi}$$

A : Área da seção transversal.

$$A : \underline{9.00} \quad \text{cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \quad \text{kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N9, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.133} \quad t$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{rd} deve ser calculada por:

$$V_{rd} = 0.6f_y A_c / \gamma$$

$$V_{rd} : \underline{7.968} \quad t$$

Onde:

A_c : área de cortante

$$A_c : \underline{5.73} \quad \text{cm}^2$$

$$A_c = \frac{2A}{\pi}$$

A : Área da seção transversal.

$$A : \underline{9.00} \quad \text{cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \quad \text{kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Os esforços de cálculo desfavoráveis M_{sd} e V_{sd} são obtidos no nó N9, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

$$\eta = \left(\frac{M_{sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2$$

$$\eta : \underline{0.095} \quad \checkmark$$

Onde:

M_{sd} : Momento fletor solicitante de cálculo.

$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 7.8.1.1.

V_{sd} : Força cortante solicitante de cálculo.

V_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo conforme 7.8.2.

$$M_{sd} : \underline{0.132} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{0,Rd} : \underline{0.430} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$V_{sd} : \underline{0.133} \text{ t}$$

$$V_{Rd} : \underline{7.968} \text{ t}$$

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

Os esforços desfavoráveis de cálculo são obtidos no nó N9, para a combinação 1.25·PP.

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

$$\eta_1 = \frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{N_{t,sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta_1 : \underline{0.318} \quad \checkmark$$

$$\eta_2 = \frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} - \frac{N_{t,sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta_2 : \underline{0.315} \quad \checkmark$$

Onde:

$N_{t,sd}$: Força normal de tração solicitante de cálculo.

$M_{x,sd}$, $M_{y,sd}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$N_{t,Rd}$: Força normal de tração resistente de cálculo conforme 7.6.

$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 7.8.1.

$M_{xt,Rd}$, $M_{yt,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados com base no escoamento da fibra tracionada da seção bruta.

$$M_{xt,Rd} = W_{xt} f_{ty} / \gamma$$

$$M_{yt,Rd} = W_{yt} f_{tx} / \gamma$$

$$N_{t,sd} : \underline{0.029} \text{ t}$$

$$M_{x,sd} : \underline{0.132} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,sd} : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{20.859} \text{ t}$$

$$M_{x,Rd} : \underline{0.430} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{0.430} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{xt,Rd} : \underline{0.430} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{yt,Rd} : \underline{0.430} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Sendo:

W_{xt} , W_{yt} : Módulos de resistência elásticos da seção bruta em relação a os eixos X e Y, respectivamente, referentes à fibra tracionada.

$$W_{xt} : \underline{18.56} \text{ cm}^3$$

$$W_{yt} : \underline{18.56} \text{ cm}^3$$

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{t,Sd}}{M_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

O momento torsor solicitante de cálculo desfavorável $M_{t,Sd}$ produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$M_{t,Sd} : \underline{0.007} \text{ t}\cdot\text{m}$$

O momento torsor resistente de cálculo $M_{t,Rd}$ é dado por:

$$M_{t,Rd} = 0.6 f_y W_t / \gamma$$

$$M_{t,Rd} : \underline{0.516} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_t : módulo de resistência à torção

$$W_t : \underline{37.12} \text{ cm}^3$$

f_y : Tensão de escoamento.

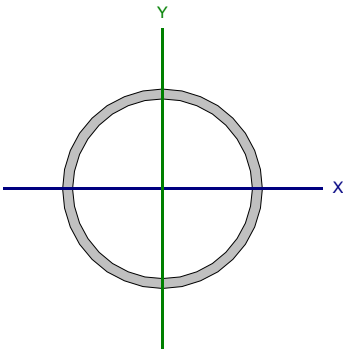
$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

BANZO INFERIOR DO PÓRTICO

Barra N18/N16

Perfil: O-60.3x3.0 Material: Aço (USI SAC 41)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
	N18	N16	1.074	5.40	22.22	22.22	44.45
	Notas: ⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.		
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _k	1.074	1.074	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	-	-		
	C _b	-		1.000			
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _k : Comprimento de flambagem (m) C _m : Coeficiente de momentos C _b : Fator de modificação para o momento crítico							

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _t M _x M _y	N _t M _y M _x	M _t	
N18/N16	(b _w /t) ≤ 500 Passa	λ _{xx} ≤ 200.0 λ _{yy} ≤ 200.0 Passa	N _{t,SD} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 14.4	x: 0 m η = 38.0	M _{SD} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	η < 0.1	x: 0 m η = 1.8	x: 0 m η = 14.5	N.A. ⁽³⁾	x: 0 m η = 54.9	N.A. ⁽⁴⁾	M _{t,SD} = 0.00 N.A. ⁽⁵⁾	PASSA η = 54.9
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _t M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _t M _y M _x : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{\quad 62 \quad} \checkmark$$

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

t: A espessura.

$$b : \underline{184.73} \text{ mm}$$

$$t : \underline{3.00} \text{ mm}$$

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{53.0} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{53.0} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{1.074} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{1.074} \text{ m}$$

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

$$r_x : \underline{2.03} \text{ cm}$$

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

$$r_y : \underline{2.03} \text{ cm}$$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.144} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N18, para a combinação de ações 1.25·PP.

N_{c,Sd}: Força normal de compressão solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{1.608} \text{ t}$$

A força normal de compressão resistente de cálculo **N_{c,Rd}** deve ser tomada como:

$$N_{c,Rd} = \rho \cdot A_{ef} f_y / \gamma$$

$$N_{c,Rd} : \underline{11.188} \text{ t}$$

Onde:

ρ : Fator de redução associado à flambagem, $\rho = \frac{1}{\beta + (\beta^2 - \lambda_0^2)^{0.5}} \leq 1$

$$\rho_{xx} : \underline{0.89}$$

$$\rho_{yy} : \underline{0.89}$$

Sendo:

$$\beta = 0.5 \left[1 + \alpha (\lambda_0 - 0.2) + \lambda_0^2 \right]$$

$$\beta_{xx} : \underline{0.71}$$

$$\beta_{yy} : \underline{0.71}$$

Onde α é o fator de imperfeição inicial conforme tabela 7.

$$\alpha_{xx} : \underline{0.21}$$

$$\alpha_{yy} : \underline{0.21}$$

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0,xx} : \underline{0.59}$$

$$\lambda_{0,yy} : \underline{0.59}$$

$$\lambda_0 = \left[\frac{A_{ef} f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 7.7.2.

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra.

$$A_{ef} : \underline{5.40} \text{ cm}^2$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

A força normal de flambagem elástica **N_e** é o menor valor entre os obtidos por a), b) e c):

$$N_e : \underline{39.720} \text{ t}$$

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo X.

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{39.720} \text{ t}$$

b) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{39.720} \text{ t}$$

c) Força normal de flambagem elástica por torção.

Não é necessário, dado que o comprimento efetivo de flambagem por torção, **K_tL_t**, é nula.

Onde:

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{22.22} \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{22.22} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \text{ kgf/cm}^2$$

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{1.074} \text{ m}$$

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{1.074} \text{ m}$$

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.380} \quad \checkmark$$

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{sd} é obtido para o nó N18, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$M_{sd} : \underline{0.065} \text{ t}\cdot\text{m}$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{rd} deve ser tomado como:

$$M_{rd} : \underline{0.171} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

Onde:

W_{ef} : Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 7.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.

$$W_{ef} : \underline{7.37} \text{ cm}^3$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.002} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{rd} deve ser calculada por:

$$V_{rd} = 0.6 f_y A_c / \gamma$$

$$V_{rd} : \underline{4.779} \text{ t}$$

Onde:

A_c : área de cortante

$$A_c : \underline{3.44} \text{ cm}^2$$

$$A_c = \frac{2A}{\pi}$$

A : Área da seção transversal.

$$A : \underline{5.40} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N18, para a combinação de hipóteses 1.25·PP. $V_{sd} : \underline{0.084} \text{ t}$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{rd} deve ser calculada por:

$$V_{rd} = 0.6 f_y A_c / \gamma$$

$$V_{rd} : \underline{4.779} \text{ t}$$

Onde:

A_c : área de cortante

$$A_c : \underline{3.44} \text{ cm}^2$$

$$A_c = \frac{2A}{\pi}$$

A : Área da seção transversal.

$$A : \underline{5.40} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Os esforços de cálculo desfavoráveis M_{sd} e V_{sd} são obtidos no nó N18, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

$$\eta = \left(\frac{M_{sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2$$

$$\eta : \underline{0.145} \quad \checkmark$$

Onde:

M_{sd} : Momento fletor solicitante de cálculo.

$$M_{sd} : \underline{0.065} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 7.8.1.1.

$$M_{0,Rd} : \underline{0.171} \text{ t}\cdot\text{m}$$

V_{sd} : Força cortante solicitante de cálculo.

$$V_{sd} : \underline{0.084} \text{ t}$$

V_{rd} : Força cortante resistente de cálculo conforme 7.8.2.

$$V_{rd} : \underline{4.779} \text{ t}$$

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N18, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

$$\eta_1 = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} + \frac{C_{mx} M_{x,Sd}}{\left(1 - \frac{N_{c,Sd}}{N_{ex}}\right) M_{x,Rd}} + \frac{C_{my} M_{y,Sd}}{\left(1 - \frac{N_{c,Sd}}{N_{ey}}\right) M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta_1 : \underline{0.549} \quad \checkmark$$

$$\eta_2 = \frac{N_{c,Sd}}{N_{0,Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta_2 : \underline{0.518} \quad \checkmark$$

Onde:

N_{c,Sd}: Força normal de compressão solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{1.608} \quad t$$

M_{x,Sd}, M_{y,Sd}: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$M_{x,Sd} : \underline{0.065} \quad t \cdot m$$

$$M_{y,Sd} : \underline{0.002} \quad t \cdot m$$

N_{c,Rd}: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 7.7.

$$N_{c,Rd} : \underline{11.188} \quad t$$

N_{0,Rd}: Força normal de compressão resistente de cálculo, calculada conforme 7.7, tomando-se $\rho = 1$.

$$N_{0,Rd} : \underline{12.511} \quad t$$

C_{mx}, C_{my}: Coeficientes de equivalência de momento na flexão composta em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$C_{mx} : \underline{1.00}$$

$$C_{my} : \underline{1.00}$$

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 7.8.1, com **C_b = 1**.

$$M_{x,Rd} : \underline{0.171} \quad t \cdot m$$

$$M_{y,Rd} : \underline{0.171} \quad t \cdot m$$

N_{ex}, N_{ey}: Forças normais de flambagem elástica em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{39.720} \quad t$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{39.720} \quad t$$

Sendo:

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{22.22} \quad cm^4$$

I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{22.22} \quad cm^4$$

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{1.074} \quad m$$

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{1.074} \quad m$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \quad kgf/cm^2$$

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

MONTANTES DO PÓRTICO

Barra N16/N17

Perfil: O-48.3x3.0
Material: Aço (USI SAC 41)

Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas											
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)								
N16	N17	0.570	4.27	11.00	11.00	22.00								
Notas:														
⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado														
⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme														
	Flambagem		Flambagem lateral											
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.		Aba inf.									
β	1.00	1.00	0.00		0.00									
L _k	0.570	0.570	0.000		0.000									
C _m	1.000	1.000	-		-									
C _b	-		1.000											
Notação:														
β: Coeficiente de flambagem														
L _k : Comprimento de flambagem (m)														
C _m : Coeficiente de momentos														
C _b : Fator de modificação para o momento crítico														

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)														Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _t M _x M _y	N _c M _x M _y	M _t		
N16/N17	(b _w /t) ≤ 500 Passa	λ _{xx} ≤ 200.0 λ _{yy} ≤ 200.0 Passa	N _{t, Sd} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 4.0	M _{Sd} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	M _{Sd} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	η < 0.1	η = 0.2	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	M _{t, Sd} = 0.00 N.A. ⁽⁶⁾		PASSA η = 4.0
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _t M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _c M _x M _y : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável															
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁶⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.															

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{49} \quad \checkmark$$

Sendo:

b: Comprimento do elemento.
t: A espessura.

$$b : \underline{147.03} \text{ mm}$$

$$t : \underline{3.00} \text{ mm}$$

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{35.5} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{35.5} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{0.570} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{0.570} \text{ m}$$

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

$$r_x : \underline{1.61} \text{ cm}$$

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

$$r_y : \underline{1.61} \text{ cm}$$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.040} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N16, para a combinação de ações 1.25·PP.

N_{c,Sd}: Força normal de compressão solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{0.373} \text{ t}$$

A força normal de compressão resistente de cálculo **N_{c,Rd}** deve ser tomada como:

$$N_{c,Rd} = \rho \cdot A_{ef} f_y / \gamma$$

$$N_{c,Rd} : \underline{9.438} \text{ t}$$

Onde:

ρ : Fator de redução associado à flambagem, $\rho = \frac{1}{\beta + (\beta^2 - \lambda_0^2)^{0.5}} \leq 1$

$$\rho_{xx} : \underline{0.95}$$

$$\rho_{yy} : \underline{0.95}$$

Sendo:

$$\beta = 0.5 \left[1 + \alpha (\lambda_0 - 0.2) + \lambda_0^2 \right]$$

$$\beta_{xx} : \underline{0.60}$$

$$\beta_{yy} : \underline{0.60}$$

Onde α é o fator de imperfeição inicial conforme tabela 7.

$$\alpha_{xx} : \underline{0.21}$$

$$\alpha_{yy} : \underline{0.21}$$

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0,xx} : \underline{0.39}$$

$$\lambda_{0,yy} : \underline{0.39}$$

$$\lambda_0 = \left[\frac{A_{ef} f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 7.7.2.

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra.

$$A_{ef} : \underline{4.27} \text{ cm}^2$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

A força normal de flambagem elástica **N_e** é o menor valor entre os obtidos por a), b) e c):

$$N_e : \underline{69.825} \text{ t}$$

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo X.

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{69.825} \text{ t}$$

b) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{69.825} \text{ t}$$

c) Força normal de flambagem elástica por torção.

Não é necessário, dado que o comprimento efetivo de flambagem por torção, **K_tL_t**, é nula.

Onde:

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{11.00} \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{11.00} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \text{ kgf/cm}^2$$

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{0.570} \text{ m}$$

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{0.570} \text{ m}$$

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.001} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$V_{Rd} = 0.6f_y A_c / \gamma$$

$$V_{Rd} : \underline{3.778} \text{ t}$$

Onde:

A_c : área de cortante

$$A_c : \underline{2.72} \text{ cm}^2$$

$$A_c = \frac{2A}{\pi}$$

A : Área da seção transversal.

$$A : \underline{4.27} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.006} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$V_{Rd} = 0.6f_y A_c / \gamma$$

$$V_{Rd} : \underline{3.778} \text{ t}$$

Onde:

A_c : área de cortante

$$A_c : \underline{2.72} \text{ cm}^2$$

$$A_c = \frac{2A}{\pi}$$

A : Área da seção transversal.

$$A : \underline{4.27} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

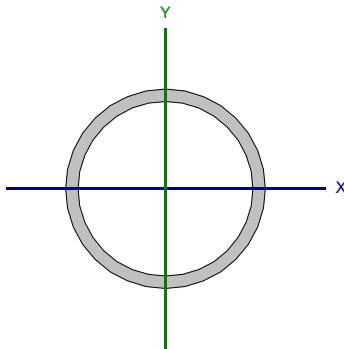
Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

DIAGONAIS DO PÓRTICO

Barra N16/N14

Perfil: O-48.3x3.0 Material: Aço (USI SAC 41)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
	N16	N14	1.042	4.27	11.00	11.00	22.00
	Notas: ⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.		
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _k	1.042	1.042	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	-	-		
	C _b	-		1.000			
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _k : Comprimento de flambagem (m) C _m : Coeficiente de momentos C _b : Fator de modificação para o momento crítico							

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$M_x V_y$	$M_y V_x$	$N_t M_x M_y$	$N_t M_y M_x$	M_t	
N16/N14	$(b_w/t) \leq 500$ Passa	$\lambda_{xx} \leq 200.0$ $\lambda_{yy} \leq 200.0$ Passa	$N_{t,5d} = 0.00$ N.A. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 1.042 m $\eta = 12.1$	$M_{5d} = 0.00$ N.A. ⁽²⁾	$V_{5d} = 0.00$ N.A. ⁽³⁾	x: 0 m $\eta = 0.6$	x: 1.042 m $\eta = 1.5$	N.A. ⁽⁴⁾	x: 1.042 m $\eta = 12.4$	N.A. ⁽⁵⁾	$M_{t,5d} = 0.00$ N.A. ⁽⁶⁾	PASSA $\eta = 12.4$
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ : Limitação de esbeltez N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _t M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _t M _y M _x : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à torção x: Distância à origem da barra η : Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁶⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento toror.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

$(b/t) \leq 500$

$(b/t) : \underline{\hspace{1cm} 49 \hspace{1cm}}$ 

Sendo:

- b**: Comprimento do elemento.
- t**: A espessura.

b : 147.03 mm
t : 3.00 mm

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{64.9} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{64.9} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$\mathbf{K_x L_x} : \underline{1.042} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$\mathbf{K_y L_y} : \underline{1.042} \text{ m}$$

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

$$\mathbf{r_x} : \underline{1.61} \text{ cm}$$

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

$$\mathbf{r_y} : \underline{1.61} \text{ cm}$$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N16, para a combinação de ações 1.25·PP.

N_{c,Sd}: Força normal de compressão solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{0.027} \text{ t}$$

A força normal de compressão resistente de cálculo **N_{c,Rd}** deve ser tomada como:

$$N_{c,Rd} = \rho \cdot A_{ef} f_y / \gamma$$

$$N_{c,Rd} : \underline{8.282} \text{ t}$$

Onde:

ρ : Fator de redução associado à flambagem, $\rho = \frac{1}{\beta + (\beta^2 - \lambda_0^2)^{0.5}} \leq 1$

$$\rho_{xx} : \underline{0.84}$$

$$\rho_{yy} : \underline{0.84}$$

Sendo:

$$\beta = 0.5 \left[1 + \alpha (\lambda_0 - 0.2) + \lambda_0^2 \right]$$

$$\beta_{xx} : \underline{0.82}$$

$$\beta_{yy} : \underline{0.82}$$

Onde α é o fator de imperfeição inicial conforme tabela 7.

$$\alpha_{xx} : \underline{0.21}$$

$$\alpha_{yy} : \underline{0.21}$$

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0,xx} : \underline{0.72}$$

$$\lambda_{0,yy} : \underline{0.72}$$

$$\lambda_0 = \left[\frac{A_{ef} f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 7.7.2.

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra.

f_y: Tensão de escoamento.

$$A_{ef} : \underline{4.27} \text{ cm}^2$$

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

A força normal de flambagem elástica **N_e** é o menor valor entre os obtidos por a), b) e c):

$$N_e : \underline{20.888} \text{ t}$$

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo X.

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{20.888} \text{ t}$$

b) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{20.888} \text{ t}$$

c) Força normal de flambagem elástica por torção.

Não é necessário, dado que o comprimento efetivo de flambagem por torção, **K_tL_t**, é nula.

Onde:

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{11.00} \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{11.00} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \text{ kgf/cm}^2$$

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{1.042} \text{ m}$$

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{1.042} \text{ m}$$

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.121} \quad \checkmark$$

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{sd} é obtido para o nó N14, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$M_{sd} : \underline{0.013} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{rd} deve ser tomado como:

$$M_{rd} : \underline{0.106} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

$$M_{rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

Onde:

W_{ef} : Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 7.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.

f_y : Tensão de escoamento.

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\begin{aligned} W_{ef} &: \underline{4.55} \quad \text{cm}^3 \\ f_y &: \underline{2548.42} \quad \text{kgf/cm}^2 \\ \gamma &: \underline{1.1} \end{aligned}$$

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N16, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.024} \quad \text{t}$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{rd} deve ser calculada por:

$$V_{rd} = 0.6 f_y A_c / \gamma$$

$$V_{rd} : \underline{3.778} \quad \text{t}$$

Onde:

A_c : área de cortante

$$A_c : \underline{2.72} \quad \text{cm}^2$$

$$A_c = \frac{2A}{\pi}$$

A : Área da seção transversal.

$$A : \underline{4.27} \quad \text{cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \quad \text{kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Os esforços de cálculo desfavoráveis M_{sd} e V_{sd} são obtidos no nó N14, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

$$\eta = \left(\frac{M_{sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2$$

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

Onde:

M_{sd} : Momento fletor solicitante de cálculo.

$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 7.8.1.1.

V_{sd} : Força cortante solicitante de cálculo.

V_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo conforme 7.8.2.

$$M_{sd} : \underline{0.013} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{0,Rd} : \underline{0.106} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$V_{sd} : \underline{0.021} \text{ t}$$

$$V_{Rd} : \underline{3.778} \text{ t}$$

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N14, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

$$\eta_1 = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} + \frac{C_{mx} M_{x,Sd}}{\left(1 - \frac{N_{c,Sd}}{N_{ex}}\right) M_{x,Rd}} + \frac{C_{my} M_{y,Sd}}{\left(1 - \frac{N_{c,Sd}}{N_{ey}}\right) M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta_1 : \underline{0.124} \quad \checkmark$$

$$\eta_2 = \frac{N_{c,Sd}}{N_{0,Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta_2 : \underline{0.123} \quad \checkmark$$

Onde:

N_{c,Sd}: Força normal de compressão solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{0.025} \quad t$$

M_{x,Sd}, M_{y,Sd}: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$M_{x,Sd} : \underline{0.013} \quad t \cdot m$$

$$M_{y,Sd} : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

N_{c,Rd}: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 7.7.

$$N_{c,Rd} : \underline{8.282} \quad t$$

N_{0,Rd}: Força normal de compressão resistente de cálculo, calculada conforme 7.7, tomando-se $\rho = 1$.

$$N_{0,Rd} : \underline{9.891} \quad t$$

C_{mx}, C_{my}: Coeficientes de equivalência de momento na flexão composta em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$C_{mx} : \underline{1.00}$$

$$C_{my} : \underline{1.00}$$

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 7.8.1, com **C_b** = 1.

$$M_{x,Rd} : \underline{0.106} \quad t \cdot m$$

$$M_{y,Rd} : \underline{0.106} \quad t \cdot m$$

N_{ex}, N_{ey}: Forças normais de flambagem elástica em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{20.888} \quad t$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{20.888} \quad t$$

Sendo:

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{11.00} \quad cm^4$$

I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{11.00} \quad cm^4$$

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{1.042} \quad m$$

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{1.042} \quad m$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \quad kgf/cm^2$$

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

TERÇAS

[illegible]

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$M_x V_y$	$M_y V_x$	$N_c M_x M_y$	$N_t M_x M_y$	M_t	
N8/N20	x: 0.214 m (b/t) ≤ 500 (b/t) ≤ 60 Passa	$\lambda_{cx} \leq 300.0$ $\lambda_{cy} \leq 300.0$ Passa	$\eta = 0.1$	$N_{c,Ed} = 0.00$ N.A. ⁽¹⁾	x: 1.5 m $\eta = 28.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.A. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.A. ⁽³⁾	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 1.286 m $\eta = 7.7$	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	x: 1.5 m $\eta = 28.4$	$M_{t,Ed} = 0.00$ N.A. ⁽⁶⁾	PASSA $\eta = 28.4$
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N_t: Resistência à tração N_c: Resistência à compressão M_x: Resistência à flexão eixo X M_y: Resistência à flexão eixo Y V_x: Resistência ao esforço cortante X V_y: Resistência ao esforço cortante Y $M_x V_y$: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados $M_y V_x$: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados $N_c M_x M_y$: Resistência à flexo-compressão $N_t M_x M_y$: Resistência à flexo-tração M_t: Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁶⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

A relação comprimento-espessura desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância 0.214 m do nó N8.

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{34} \quad \checkmark$$

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

$$b : \underline{67.00} \text{ mm}$$

t: A espessura.

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

$$(b/t) \leq 60$$

$$(b/t) : \underline{16} \quad \checkmark$$

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

$$b : \underline{32.00} \text{ mm}$$

t: A espessura.

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

$$\lambda = KL/r < 300$$

$$\lambda_{xx} : \underline{101.1} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{198.2} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{3.000} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{3.000} \text{ m}$$

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

$$r_x : \underline{2.97} \text{ cm}$$

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

$$r_y : \underline{1.51} \text{ cm}$$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.25·PP.

$N_{t,Sd}$: Esforço axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.004} \text{ t}$$

A força normal de tração resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ deve ser tomada como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{7.957} \text{ t}$$

Onde:

A : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A : \underline{3.43} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{s,d}}{M_{R,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.284} \quad \checkmark$$

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável $M_{s,d}$ produz-se num ponto situado a uma distância de 1.500 m do nó N8, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$M_{s,d} : \underline{0.053} \text{ t}\cdot\text{m}$$

O momento fletor resistente de cálculo $M_{R,d}$ deve ser tomado como o menor valor calculado em a) y b):

$$M_{R,d} : \underline{0.187} \text{ t}\cdot\text{m}$$

a) Início de escoamento da la seção efetiva (7.8.1.1)

$$M_{R,d} = W_{ef} f_y / \gamma$$

$$M_{R,d} : \underline{0.187} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_{ef} : Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 7.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.

$$W_{ef} : \underline{8.07} \text{ cm}^3$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

b) Flambagem lateral com torção (7.8.1.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção $K_t L_t$ e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_y L_y^{pos}$ e $K_y L_y^{neg}$ são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N8, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.071} \quad t$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{1.863} \quad t$$

$$\text{para } ^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{71.47}$$

$$\text{para } ^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$$

$$h/t : \underline{33.50}$$

$$\text{para } ^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{92.64}$$

Onde:

t: Espessura da alma.

$$t : \underline{2.00} \quad \text{mm}$$

h: Largura da alma.

$$h : \underline{67.00} \quad \text{mm}$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \quad \text{kgf/cm}^2$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \quad \text{kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : \underline{5.34}$$

$$K_v = 5.34$$

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis M_{sd} e V_{sd} produzem-se num ponto situado a uma distância 1.286 m do nó N8, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

$$\eta = \left(\frac{M_{sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2$$

$$\eta : \underline{0.077} \quad \checkmark$$

Onde:

M_{sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.

$$M_{sd} : \underline{0.052} \quad t \cdot m$$

M_{0,Rd}: Momento fletor resistente de cálculo conforme 7.8.1.1.

$$M_{0,Rd} : \underline{0.187} \quad t \cdot m$$

V_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

$$V_{sd} : \underline{0.010} \quad t$$

V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 7.8.2.

$$V_{Rd} : \underline{1.863} \quad t$$

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância de 1.500 m do nó N8, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

$$\eta_1 = \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta_1 : \underline{0.284} \quad \checkmark$$

$$\eta_2 = \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} - \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta_2 : \underline{0.283} \quad \checkmark$$

Onde:

$N_{t,Sd}$: Força normal de tração solicitante de cálculo.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.004} \text{ t}$$

$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$M_{x,Sd} : \underline{0.053} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Sd} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$N_{t,Rd}$: Força normal de tração resistente de cálculo conforme 7.6.

$$N_{t,Rd} : \underline{7.957} \text{ t}$$

$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 7.8.1.

$$M_{x,Rd} : \underline{0.187} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{0.073} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{xt,Rd}$, $M_{yt,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados com base no escoamento da fibra tracionada da seção bruta.

$$M_{xt,Rd} = W_{xt} \cdot f_{ct} / \gamma_c$$

$$M_{xt,Rd} : \underline{0.187} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{yt,Rd} = W_{yt} \cdot f_{ct} / \gamma_c$$

$$M_{yt,Rd} : \underline{0.121} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Sendo:

W_{xt} , W_{yt} : Módulos de resistência elásticos da seção bruta em relação a os eixos X e Y, respectivamente, referentes à fibra tracionada.

$$W_{xt} : \underline{8.07} \text{ cm}^3$$

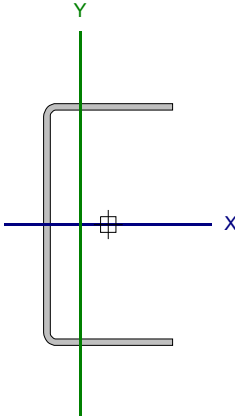
$$W_{yt} : \underline{5.24} \text{ cm}^3$$

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

TESOURAS EM ARCO BANZO SUPERIOR

Barra N18/N10

Perfil: U75X40X2.00 Material: Aço (CF-26)									
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
	N18	N10	0.601	2.97	26.54	4.78	0.04	-8.74	0.00
	Notas: ⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme ⁽³⁾ Coordenadas do centro de gravidade								
		Flambagem		Flambagem lateral					
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.				
	β	1.00	1.00	0.00	0.00				
	L _K	0.601	0.601	0.000	0.000				
	C _m	1.000	1.000	-	-				
	C _b	-		1.000					
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _m : Coeficiente de momentos C _b : Fator de modificação para o momento crítico									

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _c M _x M _y	N _t M _x M _y	M _t	
N18/N10	(b _w /t) ≤ 90 Passa	λ _{xx} ≤ 300.0 λ _{yy} ≤ 300.0 Passa	x: 0.601 m η = 0.9	N _{c,SD} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	M _{SD} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	M _{SD} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	x: 0 m η = 0.1	V _{SD} = 0.00 N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	N.A. ⁽⁶⁾	M _{t,SD} = 0.00 N.A. ⁽⁷⁾	PASSA η = 0.9
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N: Resistência à tração N: Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _c M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _t M _x M _y : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁶⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁷⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

Elemento: Alma

Em almas de perfis U não enrijezidos sujeitas à compressão uniforme, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 90.

$$(b/t) \leq 90$$

$$(b/t) : \underline{34} \quad \checkmark$$

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

t: A espessura.

b : 67.00 mm

t : 2.00 mm

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

$$\lambda = KL/r < 300$$

$$\lambda_{xx} : \underline{20.1} \quad \checkmark$$
$$\lambda_{yy} : \underline{47.3} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{0.601} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{0.601} \text{ m}$$

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

$$r_x : \underline{2.99} \text{ cm}$$

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

$$r_y : \underline{1.27} \text{ cm}$$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N10, para a combinação de ações 1.25·PP.

$N_{t,Sd}$: Esforço axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.067} \text{ t}$$

A força normal de tração resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ deve ser tomada como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{7.149} \text{ t}$$

Onde:

A : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A : \underline{2.97} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N18, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.001} \quad t$$

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $V_{sd} = 0.5 V_{sd}$.

$$V_{sd} : \underline{0.001} \quad t$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{1.041} \quad t$$

$$\text{para } ^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{33.22}$$

$$\text{para } ^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$$

$$h/t : \underline{18.00}$$

$$\text{para } ^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{43.06}$$

Onde:

t: Espessura da alma.

$$t : \underline{2.00} \quad \text{mm}$$

h: Largura da alma.

$$h : \underline{36.00} \quad \text{mm}$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \quad \text{kgf/cm}^2$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \quad \text{kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:

$$K_v : \underline{1.20}$$

$$K_v = 1.20$$

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

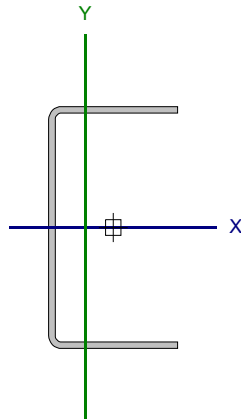
Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

TESOURAS EM ARCO BANZO INFERIOR

Barra N19/N4

Perfil: U75X40X2.00
Material: Aço (CF-26)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
N19	N4	0.600	2.97	26.54	4.78	0.04	-8.74	0.00
Notas: ⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme ⁽³⁾ Coordenadas do centro de gravidade								
	Flambagem			Flambagem lateral				
	Plano ZX		Plano ZY	Aba sup.		Aba inf.		
β	1.00		1.00	0.00		0.00		
L _K	0.600		0.600	0.000		0.000		
C _m	1.000		1.000	-		-		
C _b	-			1.000				
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _m : Coeficiente de momentos C _b : Fator de modificação para o momento crítico								

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _c M _x M _y	N _t M _x M _y	M _t	
N19/N4	(b _w /t) ≤ 90 Passa	$\lambda_{xx} \leq 200.0$ $\lambda_{yy} \leq 200.0$ Passa	N _{t,Sd} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	η = 2.2	M _{Sd} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	M _{Sd} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	x: 0 m η = 0.1	η = 0.4	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	M _{t,Sd} = 0.00 N.A. ⁽⁶⁾	PASSA η = 2.2
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _c M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _t M _x M _y : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁶⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

Elemento: Alma

Em almas de perfis U não enrijecidos sujeitas à compressão uniforme, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 90.

$$(b/t) \leq 90$$

$$(b/t) : \underline{34} \quad \checkmark$$

Sendo:

b: Comprimento do elemento.
t: A espessura.

b: 67.00 mm
t: 2.00 mm

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{20.1} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{47.2} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{0.600} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{0.600} \text{ m}$$

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

$$r_x : \underline{2.99} \text{ cm}$$

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

$$r_y : \underline{1.27} \text{ cm}$$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.25·PP.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{0.121} \text{ t}$$

A força normal de compressão resistente de cálculo $N_{c,Rd}$ deve ser tomada como:

$$N_{c,Rd} = \rho \cdot A_{ef} f_y / \gamma$$

$$N_{c,Rd} : \underline{5.455} \text{ t}$$

Onde:

ρ : Fator de redução associado à flambagem, $\rho = \frac{1}{\beta + (\beta^2 - \lambda_0^2)^{0.5}} \leq 1$

$$\rho_{yy} : \underline{0.84}$$

$$\rho_{ft} : \underline{0.99}$$

Sendo:

$$\beta = 0.5 \left[1 + \alpha (\lambda_0 - 0.2) + \lambda_0^2 \right]$$

$$\beta_{yy} : \underline{0.71}$$

$$\beta_{ft} : \underline{0.53}$$

Onde α é o fator de imperfeição inicial conforme tabela 7.

$$\alpha_{yy} : \underline{0.49}$$

$$\alpha_{ft} : \underline{0.34}$$

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0,yy} : \underline{0.51}$$

$$\lambda_{0,ft} : \underline{0.22}$$

$$\lambda_0 = \left[\frac{A_{ef} f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Sendo:

N_e : Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 7.7.2.

A_{ef} : Área efetiva da seção transversal da barra.

$$A_{ef} : \underline{2.71} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

A força normal de flambagem elástica N_e é o menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$N_e : \underline{27.413} \text{ t}$$

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{27.413} \text{ t}$$

b) Força normal de flambagem elástica por flexo-torção.

$$N_{ext} = \frac{N_{ex} + N_{et}}{2 \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4N_{ex}N_{et} \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]}{(N_{ex} + N_{et})^2}} \right]$$

$$N_{ext} : \underline{152.070} \text{ t}$$

Onde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{152.070} \text{ t}$$

$$N_{et} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{et} : \underline{\infty}$$

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{26.54} \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{4.78} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inércia à torção uniforme.

$$I_t : \underline{0.04} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de empenamento da seção.

$$C_w : \underline{43.18} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \text{ kgf/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidade transversal.

$$G : \underline{803732} \text{ kgf/cm}^2$$

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{0.600} \text{ m}$$

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{0.600} \text{ m}$$

K_tL_t: Comprimento efetivo de flambagem por torção.

$$K_t L_t : \underline{0.000} \text{ m}$$

r₀: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : \underline{4.13} \text{ cm}$$

Sendo:

r_x, r_y: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{2.99} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{1.27} \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção.

$$x_0 : \underline{-25.45} \text{ mm}$$

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N19, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.001} \quad t$$

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $V_{sd} = 0.5 V_{sd}$.

$$V_{sd} : \underline{0.001} \quad t$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{1.041} \quad t$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{33.22}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v \xi E)^{0.5} / \gamma$

$$h/t : \underline{18.00}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3 / h] / \gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{43.06}$$

Onde:

t: Espessura da alma.

$$t : \underline{2.00} \quad \text{mm}$$

h: Largura da alma.

$$h : \underline{36.00} \quad \text{mm}$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \quad \text{kgf/cm}^2$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \quad \text{kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:

$$K_v : \underline{1.20}$$

$$k_v = 1.20$$

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.009} \quad t$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{1.937} \quad t$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{70.08}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v \xi E)^{0.5} / \gamma$

$$h/t : \underline{33.50}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3 / h] / \gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{90.84}$$

Onde:

t: Espessura da alma.

$$t : \underline{2.00} \quad \text{mm}$$

h: Largura da alma.

$$h : \underline{67.00} \quad \text{mm}$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \quad \text{kgf/cm}^2$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \quad \text{kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : \underline{5.34}$$

$$k_v = 5.34$$

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

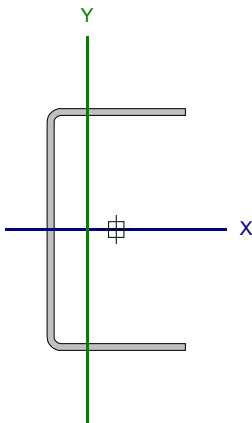
Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

TESOURAS EM ARCO DIAGONAIS

Barra N12/N9

Perfil: 70X40X2.00 Material: Aço (CF-26)									
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
	N12	N9	0.580	2.87	22.65	4.68	0.04	-8.38	0.00
	Notas:								
	⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado								
	⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme								
	⁽³⁾ Coordenadas do centro de gravidade								
		Flambagem			Flambagem lateral				
		Plano ZX		Plano ZY	Aba sup.		Aba inf.		
	β	1.00		1.00	0.00		0.00		
L _K	0.580		0.580	0.000		0.000			
C _m	1.000		1.000	-		-			
C _b	-			1.000					
Notação:									
β: Coeficiente de flambagem									
L _K : Comprimento de flambagem (m)									
C _m : Coeficiente de momentos									
C _b : Fator de modificação para o momento crítico									

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _c M _x M _y	N _t M _x M _y	M _t	
N12/N9	(b _w /t) ≤ 90 Passa	λ _{xx} ≤ 200.0 λ _{yy} ≤ 200.0 Passa	N _{t,Sd} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 1.2	M _{Sd} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	M _{Sd} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	η = 0.1	x: 0 m η = 0.1	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	M _{t,Sd} = 0.00 N.A. ⁽⁶⁾	PASSA η = 1.2
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _c M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _t M _x M _y : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁶⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

Elemento: Alma

Em almas de perfis U não enrijezidos sujeitas à compressão uniforme, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 90.

$$(b/t) \leq 90$$

$$(b/t) : \underline{\quad 31 \quad} \checkmark$$

Sendo:

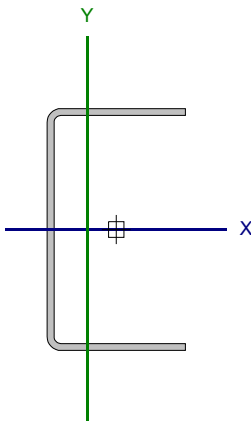
b: Comprimento do elemento.

t: A espessura.

$$b : \underline{62.00} \text{ mm}$$

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

Barra N8/N10

Perfil: 70X40X2.00										
Material: Aço (CF-26)										
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas						
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)	
	N8	N10	0.360	2.87	22.65	4.68	0.04	-8.38	0.00	
	Notas:									
	⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado									
	⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme									
	⁽³⁾ Coordenadas do centro de gravidade									
		Flambagem			Flambagem lateral					
				Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.		Aba inf.		
	β			1.00	1.00	0.00		0.00		
L _K			0.360	0.360	0.000		0.000			
C _m			1.000	1.000	-		-			
C _b			-			1.000				
Notação:										
β: Coeficiente de flambagem										
L _K : Comprimento de flambagem (m)										
C _m : Coeficiente de momentos										
C _b : Fator de modificação para o momento crítico										

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _t M _x M _y	N _t M _y M _x	M _t	
N8/N10	(b _w /t) ≤ 90 Passa	λ _{xx} ≤ 300.0 λ _{yy} ≤ 300.0 Passa	x: 0.36 m η < 0.1	N _{c,SD} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	M _{SD} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	M _{SD} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	V _{SD} = 0.00 N.A. ⁽³⁾	η = 0.8	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	N.A. ⁽⁶⁾	M _{t,SD} = 0.00 N.A. ⁽⁷⁾	PASSA η = 0.8
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _t M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _t M _y M _x : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁶⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁷⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

Elemento: Alma

Em almas de perfis U não enrijezidos sujeitas à compressão uniforme, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 90.

$$(b/t) \leq 90$$

(b/t) : 31 ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento.
t: A espessura.

b : 62.00 mm
t : 2.00 mm

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

$$\lambda = KL/r < 300$$

$$\lambda_{xx} : \underline{12.8} \quad \checkmark$$
$$\lambda_{yy} : \underline{28.2} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{0.360} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{0.360} \text{ m}$$

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

$$r_x : \underline{2.81} \text{ cm}$$

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

$$r_y : \underline{1.28} \text{ cm}$$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N10, para a combinação de ações 1.25·PP.

$N_{t,Sd}$: Esforço axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.002} \text{ t}$$

A força normal de tração resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ deve ser tomada como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{6.908} \text{ t}$$

Onde:

A : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A : \underline{2.87} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.014} \quad t$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{1.793} \quad t$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{70.08}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5} / \gamma$

$$h/t : \underline{31.00}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3 / h] / \gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{90.84}$$

Onde:

t: Espessura da alma.

$$t : \underline{2.00} \quad mm$$

h: Largura da alma.

$$h : \underline{62.00} \quad mm$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \quad kgf/cm^2$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \quad kgf/cm^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : \underline{5.34}$$

$$K_v = 5.34$$

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{20.6} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{45.4} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{0.580} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{0.580} \text{ m}$$

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

$$r_x : \underline{2.81} \text{ cm}$$

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

$$r_y : \underline{1.28} \text{ cm}$$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N12, para a combinação de ações 1.25·PP.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{0.065} \text{ t}$$

A força normal de compressão resistente de cálculo $N_{c,Rd}$ deve ser tomada como:

$$N_{c,Rd} = \rho \cdot A_{ef} f_y / \gamma$$

$$N_{c,Rd} : \underline{5.317} \text{ t}$$

Onde:

ρ : Fator de redução associado à flambagem, $\rho = \frac{1}{\beta + (\beta^2 - \lambda_0^2)^{0.5}} \leq 1$

$$\rho_{yy} : \underline{0.85}$$

$$\rho_{ft} : \underline{0.99}$$

Sendo:

$$\beta = 0.5 \left[1 + \alpha (\lambda_0 - 0.2) + \lambda_0^2 \right]$$

$$\beta_{yy} : \underline{0.69}$$

$$\beta_{ft} : \underline{0.53}$$

Onde α é o fator de imperfeição inicial conforme tabela 7.

$$\alpha_{yy} : \underline{0.49}$$

$$\alpha_{ft} : \underline{0.34}$$

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0,yy} : \underline{0.49}$$

$$\lambda_{0,ft} : \underline{0.22}$$

$$\lambda_0 = \left[\frac{A_{ef} f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Sendo:

N_e : Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 7.7.2.

A_{ef} : Área efetiva da seção transversal da barra.

$$A_{ef} : \underline{2.60} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

A força normal de flambagem elástica N_e é o menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$N_e : \underline{28.694} \text{ t}$$

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{28.694} \text{ t}$$

b) Força normal de flambagem elástica por flexo-torção.

$$N_{ext} = \frac{N_{ex} + N_{et}}{2 \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4N_{ex}N_{et} \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]}{(N_{ex} + N_{et})^2}} \right]$$

$$N_{ext} : \underline{138.963} \text{ t}$$

Onde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{138.963} \text{ t}$$

$$N_{et} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{et} : \underline{\infty}$$

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{22.65} \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{4.68} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inércia à torção uniforme.

$$I_t : \underline{0.04} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de empenamento da seção.

$$C_w : \underline{36.54} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \text{ kgf/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidade transversal.

$$G : \underline{803732} \text{ kgf/cm}^2$$

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{0.580} \text{ m}$$

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{0.580} \text{ m}$$

K_tL_t: Comprimento efetivo de flambagem por torção.

$$K_t L_t : \underline{0.000} \text{ m}$$

r₀: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : \underline{4.04} \text{ cm}$$

Sendo:

r_x, r_y: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{2.81} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{1.28} \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção.

$$x_0 : \underline{-26.06} \text{ mm}$$

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.003} \quad t$$

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $V_{sd} = 0.5 V_{sd}$.

$$V_{sd} : \underline{0.001} \quad t$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{1.041} \quad t$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{33.22}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v \xi E)^{0.5} / \gamma$

$$h/t : \underline{18.00}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3 / h] / \gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{43.06}$$

Onde:

t: Espessura da alma.

$$t : \underline{2.00} \quad \text{mm}$$

h: Largura da alma.

$$h : \underline{36.00} \quad \text{mm}$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \quad \text{kgf/cm}^2$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \quad \text{kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:

$$K_v : \underline{1.20}$$

$$k_v = 1.20$$

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N12, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.002} \quad t$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{1.793} \quad t$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{70.08}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v \xi E)^{0.5} / \gamma$

$$h/t : \underline{31.00}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3 / h] / \gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{90.84}$$

Onde:

t: Espessura da alma.

$$t : \underline{2.00} \quad \text{mm}$$

h: Largura da alma.

$$h : \underline{62.00} \quad \text{mm}$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \quad \text{kgf/cm}^2$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \quad \text{kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : \underline{5.34}$$

$$k_v = 5.34$$

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

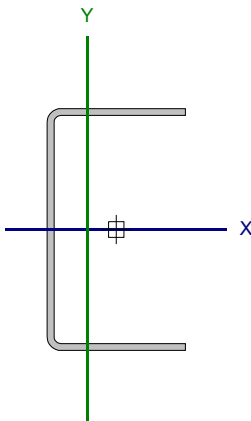
Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

TESOURAS EM ARCO MONTANTES

Barra N8/N10

Perfil: 70X40X2.00 Material: Aço (CF-26)									
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
	N8	N10	0.360	2.87	22.65	4.68	0.04	-8.38	0.00
	Notas: ⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme ⁽³⁾ Coordenadas do centro de gravidade								
		Flambagem		Flambagem lateral					
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.		Aba inf.			
	β	1.00	1.00	0.00		0.00			
	L _K	0.360	0.360	0.000		0.000			
	C _m	1.000	1.000	-		-			
	C _b	-			1.000				
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _m : Coeficiente de momentos C _b : Fator de modificação para o momento crítico									

Barra	VERIFICAÇÕES (NBR 14762: 2001)													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _t M _x M _y	N _t M _y M _x	M _t	
N8/N10	(b _w /t) ≤ 90 Passa	λ _{xx} ≤ 300.0 λ _{yy} ≤ 300.0 Passa	x: 0.36 m η < 0.1	N _{c,SD} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	M _{SD} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	M _{SD} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	V _{SD} = 0.00 N.A. ⁽³⁾	η = 0.8	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	N.A. ⁽⁶⁾	M _{t,SD} = 0.00 N.A. ⁽⁷⁾	PASSA η = 0.8
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _t M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _t M _y M _x : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁶⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁷⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (NBR 14762: 2001 Artigo 7.1 Tabela 3)

Elemento: Alma

Em almas de perfis U não enrijezidos sujeitas à compressão uniforme, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 90.

$$(b/t) \leq 90$$

(b/t) : 31 ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento.
t: A espessura.

b : 62.00 mm
t : 2.00 mm

Limitação de esbeltez (NBR 14762: 2001, Itens 7.6.2 e 7.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

$$\lambda = KL/r < 300$$

$$\lambda_{xx} : \underline{12.8} \quad \checkmark$$
$$\lambda_{yy} : \underline{28.2} \quad \checkmark$$

Onde:

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{0.360} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{0.360} \text{ m}$$

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

$$r_x : \underline{2.81} \text{ cm}$$

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

$$r_y : \underline{1.28} \text{ cm}$$

Resistência à tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.6)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N10, para a combinação de ações 1.25·PP.

$N_{t,Sd}$: Esforço axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.002} \text{ t}$$

A força normal de tração resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ deve ser tomada como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{6.908} \text{ t}$$

Onde:

A : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A : \underline{2.87} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência à compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.1)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

$$V_{sd} : \underline{0.014} \quad t$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{1.793} \quad t$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{70.08}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5} / \gamma$

$$h/t : \underline{31.00}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3 / h] / \gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{90.84}$$

Onde:

t: Espessura da alma.

$$t : \underline{2.00} \quad mm$$

h: Largura da alma.

$$h : \underline{62.00} \quad mm$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2650.36} \quad kgf/cm^2$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{2089704} \quad kgf/cm^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : \underline{5.34}$$

$$K_v = 5.34$$

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (NBR 14762: 2001, Artigo 7.8.3)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.2)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (NBR 14762: 2001, Artigo 7.9.3)

Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

PLACA DE APOIO DAS COLUNAS





Relatórios

PASSARELAS TJ-ACRE

Data: 11/07/22

c) Verificação

1) Placa de ancoragem

Referência:		
Verificação	Valores	Estado
Distância mínima entre chumbadores: <i>3 diâmetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 221 mm	Passa
Distância mínima chumbador-borda: <i>2 diâmetros</i>	Mínimo: 32 mm Calculado: 40 mm	Passa
Esbeltez dos enrijecedores: - Paralelos a X: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 34.2 Calculado: 34.2	Passa Passa
Comprimento mínimo do parafuso: <i>Calcula-se o comprimento de ancoragem necessário por aderência.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 40 cm	Passa
Ancoragem chumbador no concreto (Tração):	Máximo: 3.213 t Calculado: 3.175 t	Passa
Tração chumbadores:	Máximo: 4.426 t Calculado: 2.476 t	Passa
Tensão de Von Mises nos chumbadores:	Máximo: 2201.83 kgf/cm ² Calculado: 1232.05 kgf/cm ²	Passa
Esmagamento chumbador na placa: <i>Limite de esforço de corte em um chumbador atuando contra a placa</i>	Máximo: 12.844 t Calculado: 0 t	Passa
Tensão de Von Mises em seções globais: - Direita: - Esquerda: - Acima: - Abaixo:	Máximo: 2548.42 kgf/cm ² Calculado: 248.83 kgf/cm ² Calculado: 248.83 kgf/cm ² Calculado: 728.694 kgf/cm ² Calculado: 1022.91 kgf/cm ²	Passa Passa Passa Passa
Flecha global equivalente: <i>Limite da deformabilidade dos balanços</i> - Direita: - Esquerda: - Acima: - Abaixo:	Mínimo: 250 Calculado: 100000 Calculado: 100000 Calculado: 20791.9 Calculado: 11189.9	Passa Passa Passa Passa
Tensão de Von Mises local: <i>Tensão por tração de chumbadores sobre placas em balanço</i>	Máximo: 2548.42 kgf/cm ² Calculado: 0 kgf/cm ²	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

d) Quantit.

Placas de base				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-36 250Mpa	Placa base	1	300x300x14	9.89
	Enrijecedores não passantes	4	73/0x100/30x6.3	0.95
	Total			10.84
ISO 898.C4.6 (liso)	Parafusos de ancoragem	4	Ø 16 - L = 450 + 183	4.00
	Total			4.00