



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL

Relatório de Estágio Supervisionado

Planejamento: Shopping Boa Vista Recife - PE

RAFAEL DE AZEVEDO NUNES CUNHA

CAMPINA GRANDE – PB

DEZEMBRO / 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL
COORDENAÇÃO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Rafael de Azevedo Nunes Cunha

Relatório de estágio supervisionado
apresentado à Universidade Federal de
Campina Grande como um dos pré-
requisitos para obtenção do grau de
Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Milton Bezerra das Chagas Filho

Campina Grande – PB

Dezembro / 2010



Biblioteca Setorial do CDSA. Junho de 2021.

Sumé - PB

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Orientador: Prof. Dr. Milton Bezerra das Chagas Filho

Aluno: Rafael de Azevedo Nunes Cunha

Matricula: 20521305

Carga Horária Comprida: 284h

Nota atribuída ao Aluno: _____

Assinatura do Orientador



Assinatura do Supervisor do Estágio
Vão Livre Estruturas Metálicas Ltda
Engº Paulo César Lucena
Deptº Planejamento

Assinatura do Aluno

Agradecimentos

Aos meus colegas de faculdade e serviços que colaboraram na busca de informações e contatos para elaboração deste trabalho.

Aos professores da Universidade Federal de Campina Grande, especialmente ao prof. Milton Bezerra das Chagas Filho que coordenou as idéias e orientou na busca de informações para elaboração deste trabalho.

A empresa Vão Livre Estruturas Metálicas, ao diretor geral Alexandre Lira, aos engenheiros Gregorio Lobão, Paulo Cesar Lucena, José Jayme, aos projetistas Flavio Alves, José Augusto, Adriano Luis por toda a paciência, o incentivo e a colaboração aos desafios enfrentados durante o estágio supervisionado.

Resumo

Durante o período que antecede o estágio, muitas são as disciplinas lecionadas que pelo seu carácter necessitam de um contacto com a prática para permitir uma percepção fácil. O estágio profissional é uma disciplina que permite a unificação e contextualização dos conhecimentos adquiridos, visto que muitas vezes torna-se difícil passar da teoria à prática. Para a execução de tarefas no processo de fabricação é necessário uma conjugação de conhecimentos adquiridos. Para além de permitir a unificação e contextualização de conhecimentos permite aos estudantes conviver com a realidade fabril.

Este estágio supervisionado teve como objetivo o estudo elaborado da obra do shopping Boa Vista, localizado na Avenida Conde da Boa Vista, Recife, Pernambuco, em relação à elaboração do planeamento de fabricação e montagem de estrutura metálica.

Palavras Chaves: Estágio, Supervisionado, Shopping, Planeamento, Estrutura, Metálica.

Abstract

During the period that precedes the period of training, many disciplines are it teaching that for its meaning they need a contact with the practical one to allow an easy perception. The professional period of training is one disciplines that it allows to the unification of the acquired knowledge, since many times becomes difficult to pass of the theory the practical one. For the execution of tasks in the manufacture process a many of acquired knowledge is necessary. It stops beyond allowing the unification of knowledge allows the students to coexist the reality manufacturer.

This supervised period of training had as objective the elaborated study of the workmanship of shopping Boa Vista, located in the Conde da Boa Vista Avenue, Recife, Pernambuco, in relation the elaboration of the planning of manufacture and assembly of metallic structure.

Key Words: Supervised, Training, Shopping, Planning, Structure, Metallic.

Sumário

| | |
|---|----|
| 1. Objetivos | 12 |
| 1.1. Geral | 12 |
| 1.2. Específicos..... | 12 |
| 2. Desenvolvimento..... | 12 |
| 2.1. Materiais..... | 12 |
| 2.2. Métodos..... | 14 |
| 2.2.1. Ligações em estruturas metálicas | 14 |
| 2.2.2. Tipos de ligações | 15 |
| 2.2.2.1. Segundo a rigidez | 15 |
| 2.2.2.1.1. Ligação rígida..... | 16 |
| 2.2.2.1.2. Ligação flexível..... | 16 |
| 2.2.2.2. Ligação semi-rígida | 17 |
| 2.2.2.3. Segundo meio de ligações | 17 |
| 2.2.2.4. Segundo esforço solicitantes | 18 |
| 2.2.2.5. Ligações de fabrica e campo | 20 |
| 2.2.3. Tipos de soldas | 20 |
| 2.2.3.1. Solda em filete..... | 20 |
| 2.2.3.2. Solda entalhe | 22 |
| 2.2.4. Considerações sobre parafusos..... | 23 |
| 2.2.4.1. Parafuso comum e de alta resistência..... | 23 |
| 2.2.4.2. Transmissão de esforços através de parafusos | 24 |
| 2.2.4.3. Metodo de aperto..... | 25 |
| 2.2.4.4. Furos para parafusos..... | 25 |
| 2.2.4.5. Resistência de calculo..... | 26 |
| 2.2.5. Montagem de estrutura metálica | 26 |
| 2.2.5.1. As estruturas de aço..... | 26 |
| 2.2.5.2. Escopo básico | 27 |
| 2.2.5.3. Projeto de arquitetura | 27 |
| 2.2.5.4. Projeto estrutural | 27 |
| 2.2.5.5. Fabricação | 28 |
| 2.2.5.6. Tratamento anticorrosivo..... | 29 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 2.2.5.7. | Transporte..... | 29 |
| 2.2.5.8. | Equipamentos de içamento vertical..... | 36 |
| 2.2.5.9. | Montagem de edifícios | 45 |
| 2.2.5.10. | Processo de Soldagem MIG-MAG..... | 54 |
| 2.2.6. | Gráfico de Grant..... | 65 |
| 2.2.7. | Diagrama de Ishikawa | 66 |
| 2.2.8. | Fabricação | 68 |
| 2.2.8.1. | Usinagem..... | 68 |
| 2.2.8.2. | Armação | 70 |
| 2.2.8.3. | Soldagem..... | 73 |
| 2.2.8.4. | Acabamento..... | 74 |
| 2.2.8.5. | Pintura | 75 |
| 3. | Resultados e Análises..... | 76 |
| 3.1. | Planejamento | 76 |
| 3.1.1. | Montagem..... | 76 |
| 3.1.2. | Produção..... | 82 |
| 3.2. | Acompanhamento da montagem | 84 |
| 4. | Conclusão | 85 |
| 5. | Referências Bibliográficas..... | 86 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Alguns tipo de ligações..... | 14 |
| Figura 2 - Ligações Rígida e Flexível | 16 |
| Figura 3 - Esforço em parafusos e em soldas | 18 |
| Figura 4 - Esforços Solicitantes na Ligação | 19 |
| Figura 5 - Tipos Principais de Cordões de Solda | 20 |
| Figura 6 - Solda de filete | 21 |
| Figura 7 - Solda em entalhe..... | 22 |
| Figura 8 - Solda em entalhe..... | 22 |
| Figura 9 - Solda em entalhe..... | 23 |
| Figura 10 - Transmissão dos esforços sem parafusos comuns | 24 |
| Figura 11 - Verificação na Chapa Devido à Presença de Furos | 26 |
| Figura 12 - Semi reboque com cavalo mecânico..... | 34 |
| Figura 13 - Peso bruto total do caminhão = 48,5 t | 35 |
| Figura 14 - Grua de torre..... | 36 |
| Figura 15 - Operação de grua em montagem de edifícios..... | 39 |
| Figura 16 - Içamento de viga com um guindaste G70..... | 40 |
| Figura 17 - Determinação de raio de operação e comprimento da lança..... | 41 |
| Figura 18 - Guindaste treliçado com lança e mastro. | 42 |
| Figura 19 - Guindaste hidráulico auto-propelido. | 43 |
| Figura 20 - Montagem de pilares do shopping Boa Vista | 46 |
| Figura 21 - Chumbadores com gabarito | 48 |
| Figura 22 - Base grauteada..... | 49 |
| Figura 23 - Núcleo de contraventamento em estruturas de edifícios | 51 |
| Figura 24 - Diagrama de operações de um guindastes. | 54 |
| Figura 25 - Princípios básicos do processo MIG / MAG | 55 |
| Figura 26 - Equipamento básico para a soldagem MIG MAG..... | 58 |
| Figura 27 - Tocha para soldagem MIG - MAG..... | 60 |
| Figura 28 - Perfil de cordões de solda feitos com diferentes gases..... | 63 |
| Figura 29 - Gráfico de Grantt elaborado pelo programa MS-Project 2007 Microsoft. | 66 |
| Figura 30 - Diagrama Ishikawa. | 67 |
| Figura 31 - Máquina DANOBAT em operação | 69 |
| Figura 32 - Máquina OXIPIRA em operação..... | 70 |
| Figura 33 - Detalhamento de chapas de base e topo..... | 70 |
| Figura 34 - Detalhamento de um pilar..... | 71 |
| Figura 35 - Armação dos pilares do 6º e 7º pavimento da obra do shopping Boa Vista. | 72 |
| Figura 36 - Método de ponteamto utilizado o processo de soldagem MIG/MAG. | 72 |
| Figura 37 - Chanfo bisel de 60º com solda garganta efetiva de 6mm, dado em uma pilar da obra. | 73 |
| Figura 38 - Máquina de solda Balmer 355D. | 74 |
| Figura 39 - Processo de acabamento utilizando a escova de aço trançada de 4". | 75 |
| Figura 40 - – Estoque de vigas e pilares..... | 88 |
| Figura 41 - – Montagem da escadaria 01. | 88 |

| | |
|---|-----|
| Figura 42 - Montagem da escadaria 02. | 89 |
| Figura 43 - Montagem de vigas do 6º pavimento..... | 89 |
| Figura 44 - Montagem de vigas do 6º pavimento..... | 90 |
| Figura 45 - Montagem do pilar referente ao 7º pavimento..... | 91 |
| Figura 46 - Içamento de pilar, utilizando o guindaste G70. | 91 |
| Figura 47 - Vigas montadas referente ao 6º pavimento..... | 91 |
| Figura 48 - Acabamento de pilares, utilizando tinta ERD POXI 9010 RAL BRANCO..... | 92 |
| Figura 49 - Rampa Curva Finalizada..... | 92 |
| Figura 50 - Colocação de lajes steel decks, etapa final da rampa curva..... | 93 |
| Figura 51 - Lajes steel decks | 93 |
| Figura 52 - União da estrutura da rampa curva com o edifício. | 94 |
| Figura 53 - Escadaria 02 montada. | 94 |
| Figura 54 - – Início da montagem do 8º e 9º pavimentos..... | 95 |
| Figura 55 - Início da colocação dos pilares do 8º e 9º pavimentos. | 95 |
| Figura 56 - Alvenaria assentada na estrutura metálica..... | 96 |
| Figura 57 - Estrutura de contraventamento. | 96 |
| Figura 58 - Vista panorama da 8º laje. | 97 |
| Figura 59 - Pilares e vigas montadas do 8º e 9º pavimentos. | 97 |
| Figura 60 - Escadaria do 8º e 9º pavimentos..... | 98 |
| Figura 61 - Utilização dos andaimes na fixação de parafusos..... | 98 |
| Figura 62 - Foto da rampa montada. | 99 |
| Figura 63 - – Içamento de lajes steel deck. | 99 |
| Figura 64 - Montagem da rampa do 10º e 11º pavimento. | 100 |
| Figura 65 - Estrutura de contraventamento do 10º e 11º pavimentos..... | 100 |
| Figura 66 - Vigas e Pilares do 10º e 11º pavimentos..... | 101 |
| Figura 67 - Rampas com lajes steel decks..... | 101 |
| Figura 68 - Montagem dos pilares do 10º e 11º pavimento..... | 102 |
| Figura 69 - Montagem de pilares 10º e 11º. | 102 |
| Figura 70 - Descarrego de vigas e pilares na lajes 9º..... | 103 |
| Figura 71 - Montagem de vigas do 10º e 11º..... | 103 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Valores comparativos de densidade de corrente | 56 |
| Tabela 2 - Especificações AWS de materiais de adição para MIG/MAG..... | 62 |
| Tabela 3 - Gases e misturas utilizadas na soldagem MIG/MAG | 63 |
| Tabela 4 - Quadro resumo do escopo da obra. | 76 |
| Tabela 5 - Vigas montadas dos dias, 6,7,8,10 de junho, referentes ao 5º pavimento..... | 78 |
| Tabela 6 - Pilares descarregados no dia, 21 de abril, referentes ao 3º ao 5º pavimento..... | 79 |
| Tabela 7 - Pilares Montados nos dias 21,22,23 de abril, referentes ao 3º ao 5º pavimentos..... | 79 |
| Tabela 8 - Pilares alinhados no dia 23 de abril, referente ao 3º ao 5º pavimento..... | 80 |
| Tabela 9 - Coeficientes de montagem | 80 |
| Tabela 10 - Dados para simulação do cenário..... | 80 |
| Tabela 11 - Campo de predecessores. | 81 |
| Tabela 12 - Campo de predecessores. | 82 |
| Tabela 13 - Acompanhamento da produção durante o mês de agosto, para a produção de vigas. | 82 |
| Tabela 14 - Acompanhamento da produção durante o mês de agosto, para a produção de pilares. | 83 |
| Tabela 15 - Acompanhamento da produção durante o mês de agosto, para produção de escadas. | 83 |

Introdução

Desde o século XVIII, quando se iniciou a utilização de estruturas metálicas na construção civil até os dias atuais, o aço tem possibilitado aos arquitetos, engenheiros e construtores, soluções arrojadas, eficientes e de alta qualidade. Das primeiras obras - como a Ponte Ironbridge na Inglaterra, de 1779 - aos ultramodernos edifícios que se multiplicaram pelas grandes cidades, a arquitetura em aço sempre esteve associada à idéia de modernidade, inovação e vanguarda, traduzida em obras de grande expressão arquitetônica e que invariavelmente traziam o aço aparente.

Largamente usado na construção civil, o aço pode estar presente como parte das obras ou como material principal. O sistema construtivo em aço permite liberdade no projeto de arquitetura, maior área útil, flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, menor prazo de execução, racionalização de materiais e mão-de-obra, alívio de carga nas fundações, garantia de qualidade, maior organização nos canteiros de obras e precisão construtiva.

Devido a essas características a estrutura metálica foi escolhida para compor a superestrutura do empreendimento Shopping Boa Vista, localizado na Avenida Conde da Boa Vista, Recife Pernambuco. Tal obra se caracteriza por possuir um peso total de 1.717,71 toneladas de aço, dividida entre perfis e chapas, além de possuir 27.053,87 m² de área construída.

Este trabalho foi dividido da seguinte maneira, para melhor desenvolvimento;

- 1.0 – Objetivos : Definira os objetivos gerais e específicos, exigidos pelo trabalho.
- 2.0 – Desenvolvimento: Dividiu-se entre materiais e métodos. No item materiais será definido todos os equipamentos e insumos necessários para realizar os processos de fabricação e montagem. No item métodos, será definido os métodos abordados para o desenvolvimento dos processos de fabricação e montagem.
- 3.0 – Resultados e Análise: Discussão e apresentação dos resultados obtidos durante o período em que o estágio supervisionado foi realizado.
- 4.0 – Conclusão: Conclusão final dos resultado obtidos durante o estágio supervisionado.

1. Objetivos

1.1. Geral

Este relatório tem como objetivo descrever o planejamento utilizado para o processo de construção da obra do Shopping Boa Vista, assim como analisar os métodos de fabricação e montagem de estrutura metálica utilizados pelos mesmos.

1.2. Especificos

- Elaboração do planejamento detalhado das obras.
 - Fabricação
 - Montagem
- Acompanhamento da obra:
 - Fabricação de peças metálicas
 - Execução da montagem de estruturas metálicas.

2. Desenvolvimento

2.1. Materiais

Neste item serão apresentados os materiais que foram utilizados durante os processos de fabricação e montagem da obra do Shopping Boa Vista.

2.1.1. Fabricação

➤ Perfil I Metálico

Material principal para a fabricação de peças metálicas, tendo como normas ABNT NBR 5884:2005.

➤ Chapas Metálicas

Material principal para a fabricação de peças metálicas, tendo como normas ANBT NBR 5000:1981 para chapas grossa e ANBT NBR 5008:1991 e chapas finas.

➤ Máquina oxipira serie máster padrão

Máquina responsável pelo procedimento de usinagem de chapas metálicas, através do corte a plasma.

➤ Máquina danobat T3CH-100.40 CPI-100.51DI

Máquina responsável pelo procedimento de usinagem de perfis metálicos, através de corte e furação de brocas.

➤ Arame MIG/MAG ER70S-6

Arame utilizado no processo de soldagem, obedecendo os padrões exigidos pela AWS 1.1/D1.1 – 2007.

➤ Fonte de energia MIG/MAG Aristo Power 460

Máquina utilizada para o procedimento de soldagem.

➤ Disco de desbaste A24

Disco utilizado para chanfrar peças e acabamento, obedecendo a NBR 15230.

➤ Tinta Ral 9010 wegpoxi ERD 313

Tinta utilizada como camada protetora e acabamento em estruturas metálicas.

2.1.2. Montagem

➤ Grua

Localizado na obra, se utilizou a grua do tipo FM 1035.

➤ Guindaste

Utilizado para içamento de peças em pequenas alturas, e lugares onde a grua tem a trabalhabilidade ruim, foi utilizado o guindaste G70.

2.2. Métodos

2.2.1. Ligações em estruturas metálicas

O termo ligação é aplicado a todos os detalhes construtivos que promovam a união de partes da estrutura entre si ou a sua união com elementos externos a ela, como, por exemplo, as fundações.

O conceito é amplo, admitindo diversidade de situações em que é aplicado:

- ligação da alma com mesa em perfil I soldado (fig. 1a)
- ligação de coluna com viga de pórtico (fig.1b)
- placa de base (fig. 1c)
- emenda de viga I (fig. 1d)
- ligação flexível de viga I com coluna (fig.1e)
- ligação de peça tracionada (fig. 1f)
- emenda de coluna (fig. 1g)

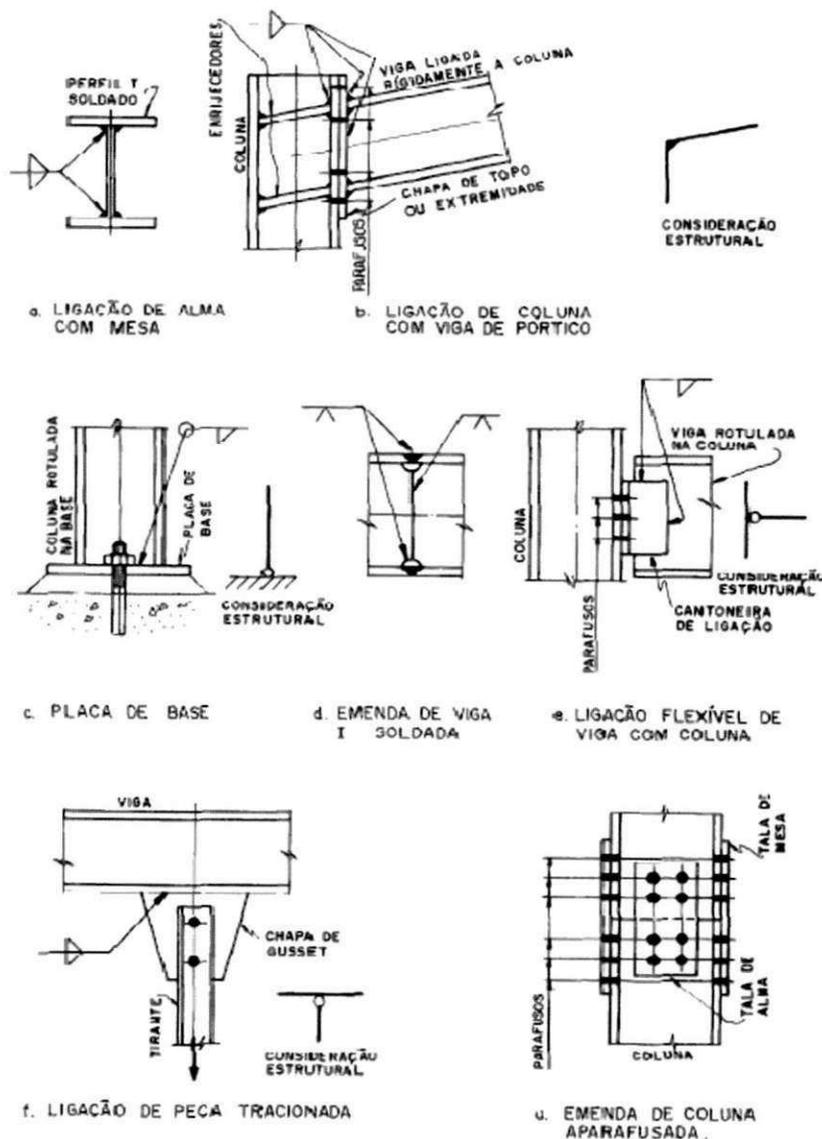


Figura 1 - Alguns tipo de ligações

As ligações se compõem dos elementos de ligação e dos meios de ligação. Os elementos de ligação são todos os componentes incluídos no conjunto para permitir ou facilitar a transmissão dos esforços (fig. 1):

- enrijecedores;
- placa de base;
- cantoneiras;
- chapas de gusset;
- talas de alma e de mesa;
- parte das peças ligadas envolvidas localmente na ligação.

Os meios de ligação são os elementos que promovem a união entre as partes da estrutura para formar a ligação.

Como meios de ligação são utilizados, principalmente, soldas, parafusos e barras roscadas, como os chumbadores.

O cálculo de uma ligação significa a verificação de todas as partes que a compõem: os elementos de ligação e os meios de ligação.

De acordo com a NBR 8800, os elementos de ligação e os meios de ligação deverão ser dimensionados de forma que as suas resistências de cálculo, correspondentes aos estados limites em consideração, sejam maiores que as solicitações de cálculo.

As resistências de cálculo, de modo geral, são calculadas como uma porcentagem especificada da resistência dos elementos ou meios de ligação a um determinado efeito (o estado limite).

As solicitações de cálculo, em consideração a esse mesmo estado limite, são calculadas através da análise da ligação sujeita às ações multiplicadas pelos coeficientes de ponderação.

Como exemplo, a resistência de cálculo do parafuso A-307, trabalhando à tração, considerando o estado limite aplicável, ruptura da parte rosqueada, é 0,75 da resistência do parafuso à tração, ou seja, 39,2 kN.

Vale dizer que a solicitação de cálculo à tração no parafuso (considerando os coeficientes de ponderação) não deverá nunca exceder a esse valor.

2.2.2. Tipos de ligações

2.2.2.1. Segundo a rigidez

A rigidez das ligações, ou seja, sua capacidade de impedir a rotação relativa local das peças ligadas, é responsável pelo comportamento final da estrutura em termos de rotações e deslocamentos.

Isto quer dizer que, além das barras que compõem a estrutura, também as ligações deverão estar convenientemente concebidas e dimensionadas, sob pena da estrutura não se comportar, em termos de deslocamentos e rotações, conforme desejado.

Dessa forma as ligações deverão ser projetadas conforme as hipóteses feitas para os nós das barras na análise estrutural:

- nos locais onde foram previstas ligações rígidas, deverão ser previstos detalhes que efetivamente impeçam a rotação relativa das partes (figs. 2a e 2b).
- nos locais onde a ligação deve permitir a rotação relativa das partes, os detalhes deverão ser tais que propiciem essa rotação com o mínimo de restrição (figs. 2a e 2b).

De acordo com o grau de impedimento da rotação relativa de suas partes, as ligações são classificadas nos três seguintes tipos:

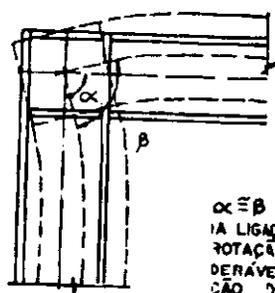
2.2.2.1.1. Ligação rígida

A ligação é tal que o ângulo entre os elementos estruturais que se interceptam permanece essencialmente o mesmo após o carregamento da estrutura, com uma restrição à rotação da ordem de 90 por cento ou mais daquela teórica necessária à ocorrência de nenhuma rotação (fig 2a).

2.2.2.1.2. Ligação flexível

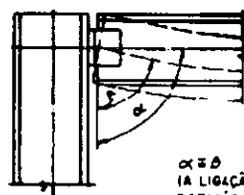
Neste caso a restrição à rotação relativa entre os elementos estruturais deve ser tão pequena quanto se consiga obter na prática. No caso de vigas, sujeitas à flexão simples, por exemplo, a ligação flexível transmite apenas a força cortante.

A ligação é considerada flexível se a rotação relativa entre as partes, após o carregamento, atingir 80 por cento ou mais daquela teoricamente esperada caso a conexão fosse totalmente livre de girar (fig. 2b).



$\alpha \approx \beta$
A LIGAÇÃO NÃO APRESENTA
ROTAÇÃO RELATIVA CONSI-
DERÁVEL APÓS A APLICA-
ÇÃO DO CARREGAMENTO
NA ESTRUTURA)

(a) LIGAÇÃO RÍGIDA



$\alpha \approx 0$
A LIGAÇÃO APRESENTA
ROTAÇÃO RELATIVA A-
PRECIÁVEL APÓS APLI-
ÇÃO DO CARREGAMENTO
NA ESTRUTURA)

(b) LIGAÇÃO FLEXÍVEL

Figura 2 - Ligações Rígida e Flexível

2.2.2.2. Ligação semi-rígida

Nesse caso a restrição à rotação está entre 20 e 90 por cento daquela teoricamente necessária para evitar qualquer rotação.

Então o momento transmitido através da conexão não é nem zero (ou próximo de zero) como no caso de ligações flexíveis e nem o momento máximo (ou próximo dele) como no caso de conexões rígidas.

Para que se possa utilizar a ligação semirígida, deverá ser conhecida primeiro a relação de dependência entre o momento resistente e a rotação. As ligações semi-rígidas são raramente utilizadas, devido à dificuldade de se estabelecer esta relação, e não serão abordadas nesse trabalho.

Para apresentar graficamente o comportamento dos três tipos de ligação, pode ser traçado o diagrama Momento/Rotação para diversas ligações.

2.2.2.3. Segundo meio de ligações

As ligações podem ser soldadas e/ou aparafusadas, sendo que, na maioria das vezes, o cálculo da ligação implica na verificação de grupos de parafusos e de linhas de solda.

Os parafusos devem resistir a esforços de tração e/ou cisalhamento, ao passo que as soldas devem resistir a tensões de tração, compressão e/ou cisalhamento.

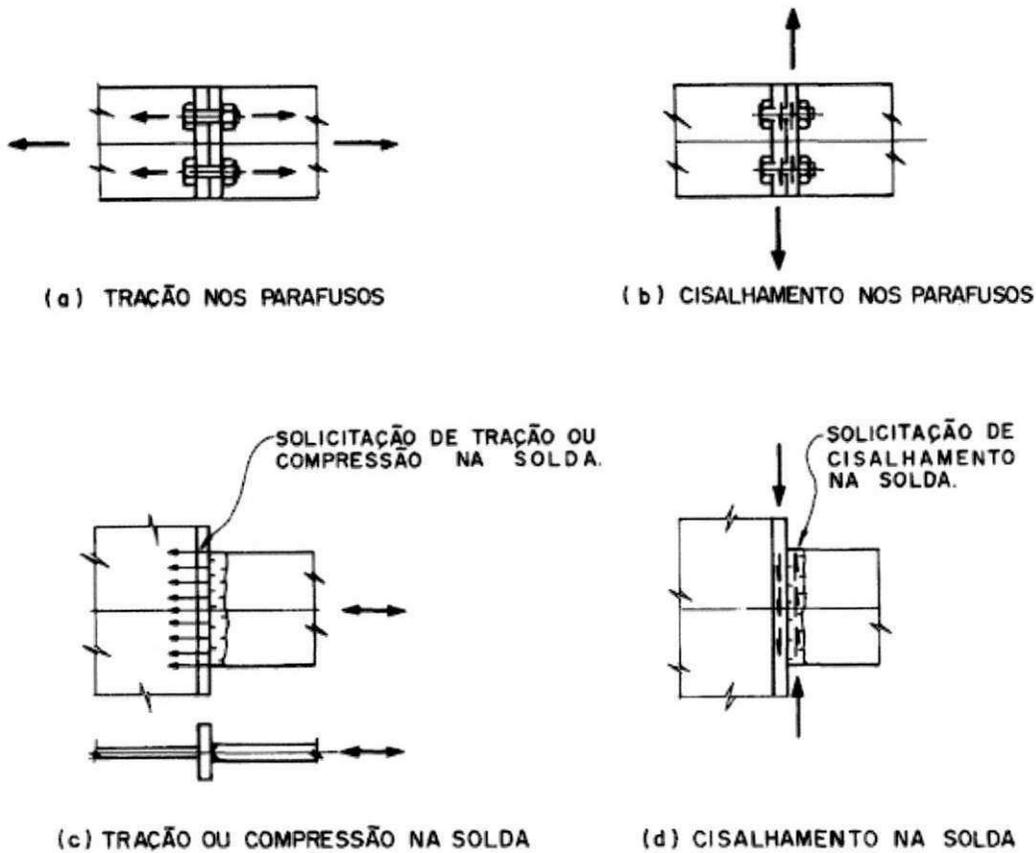


Figura 3 - Esforço em parafusos e em soldas

2.2.2.4. Segundo esforço solicitantes

Dependendo dos esforços solicitantes e das posições relativas desses esforços e dos grupos de parafusos ou linhas de solda resistentes, as ligações podem ser dos seguintes tipos básicos:

- cisalhamento centrado (fig. 4a);
- cisalhamento excêntrico (fig. 4b);
- tração ou compressão (fig. 4c);
- tração ou compressão com cisalhamento (fig. 4d).

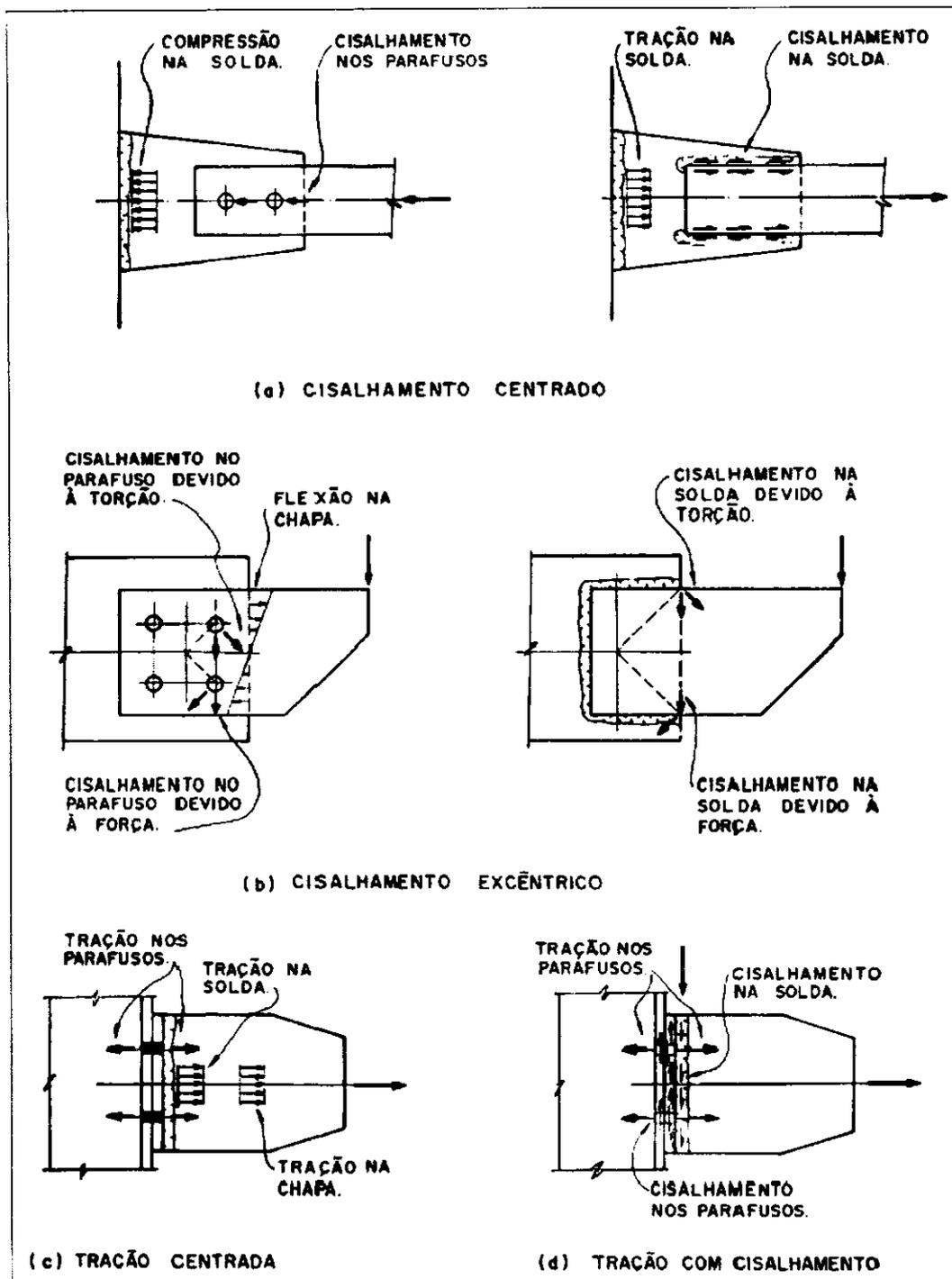


Figura 4 - Esforços Solicitantes na Ligação

Os esforços solicitantes podem ainda ser constantes ao longo da vida útil da ligação (estaticamente aplicados) ou variáveis ao longo dela (dinamicamente aplicados). Neste trabalho serão analisadas apenas as ligações submetidas ao primeiro tipo de esforço.

Para ligações submetidas a esforços variáveis ao longo da vida útil, a NBR 8800, anexo M, deverá ser consultada para as verificações adicionais.

2.2.2.5. Ligações de fábrica e campo

Nas ligações de fábrica, o meio de ligação utilizado normalmente é a solda.

Nas ligações a serem montadas no campo, utiliza-se preferencialmente os parafusos à solda.

A NBR 8800, item 7.1.10 indica as ligações onde devem ser usados solda ou parafuso de alta resistência e aquelas em que podem ser feitas com parafusos comuns ASTM A-307 ou ISO 4.6.

2.2.3. Tipos de soldas

Os principais tipos de cordões de solda utilizados na ligação são os de filete e os de entalhe de penetração total ou parcial, que estão indicados na Fig. 5.

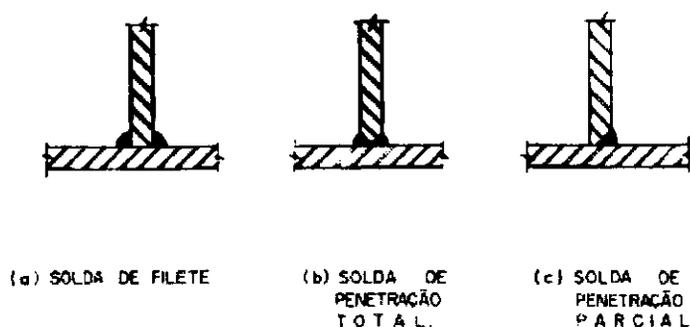


Figura 5 - Tipos Principais de Cordões de Solda

De acordo com a NBR 8800 os processos de soldagem e as técnicas de execução de estruturas soldadas devem ser conforme o “Structural Welding Code” AWS D1.1-82, da American Welding Society, exceção feita aos itens 2.3.4 (garganta efetiva na combinação de solda de filete com solda de penetração parcial), 2.5 (solda de penetração parcial sujeita a tensão normal ao longo de seu eixo longitudinal) e seção 9 (projeto de pontes novas).

2.2.3.1. Solda em filete

Para as soldas de filete são feitas as seguintes definições (fig. 6):

- *face de fusão*: região da superfície original do metal base onde ocorreu a fusão do metal base e do metal da solda (fig. 7a)
- *raiz da solda*: linha comum às duas faces de fusão (fig 6a)
- *perna do filete*: menor dos lados, medidos nas faces de fusão, do maior triângulo inscrito dentro da seção transversal da solda.

Normalmente os dois lados do triângulo são iguais, conforme as figuras 6b e 6c.

O filete de solda é especificado através da dimensão de sua perna. Assim na figura 6b é especificado um filete com a perna de 4mm.

- *garganta efetiva*: é a distância entre a raiz da solda e o lado externo do triângulo inscrito.
- *comprimento efetivo da solda*: é o comprimento da linha que liga os pontos médios das gargantas efetivas ao longo do filete (fig. 6e).
- *área efetiva, A_w* : é a área considerada como resistência da solda, igual à garganta efetiva multiplicada pelo comprimento efetivo (fig. 6e).
- *área teórica da face de fusão, AMB* : é a área considerada como de resistência no metal base junto à solda, igual à perna do filete multiplicada pelo comprimento efetivo.
- *disposições de projeto*: para maiores detalhes quanto às considerações de projeto de soldas de filete, tais como compatibilidade entre o metal da solda e o metal base, resistências de cálculo de soldas, limitações das soldas de filete e outras, a NBR 8800 deverá ser consultada.

As aplicações das disposições da NBR 8800 serão mostradas nos exemplos de projeto de ligações a serem analisados.

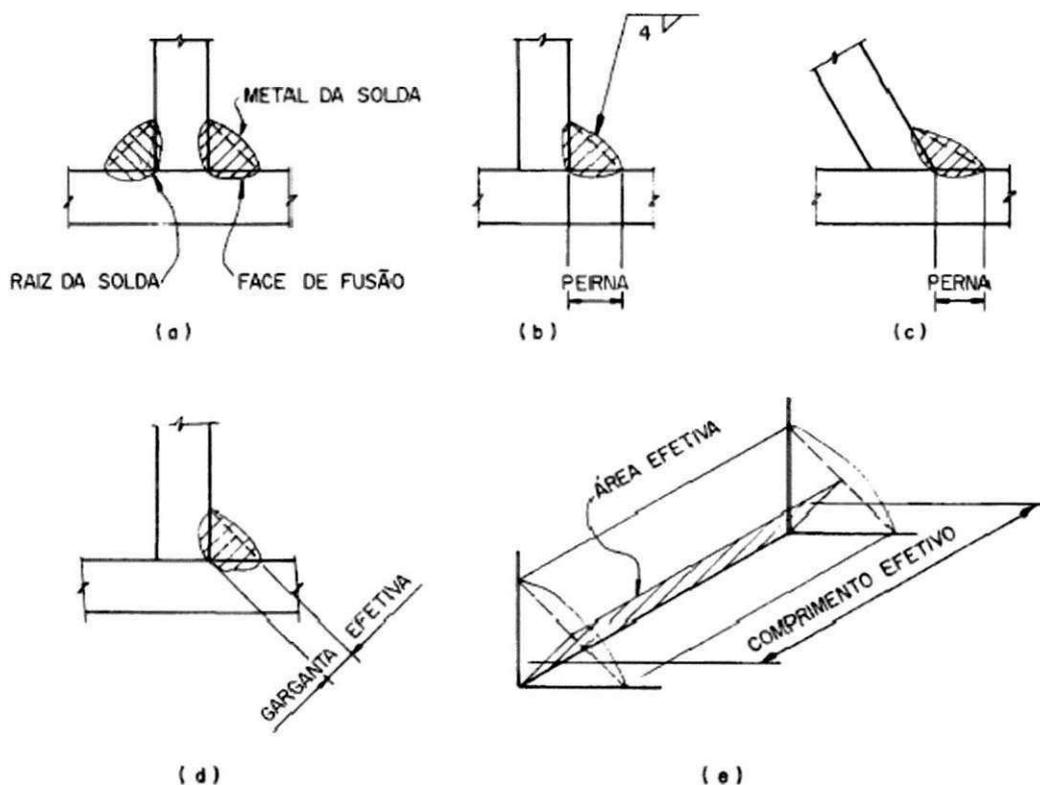


Figura 6 - Solda de filete

2.2.3.2. Solda entalhe

As soldas de entalhe de penetração total (ou parcial) são utilizadas quando se deseja manter a continuidade total (ou parcial) da espessura do elemento conectado para a transmissão do esforço através da ligação ou quando, por questões construtivas, a solda de filete não puder ser empregada (figs. 7a e 8b).

A solda de filete é geralmente mais econômica que a de entalhe por não necessitar do trabalho de chanfro nas chapas.

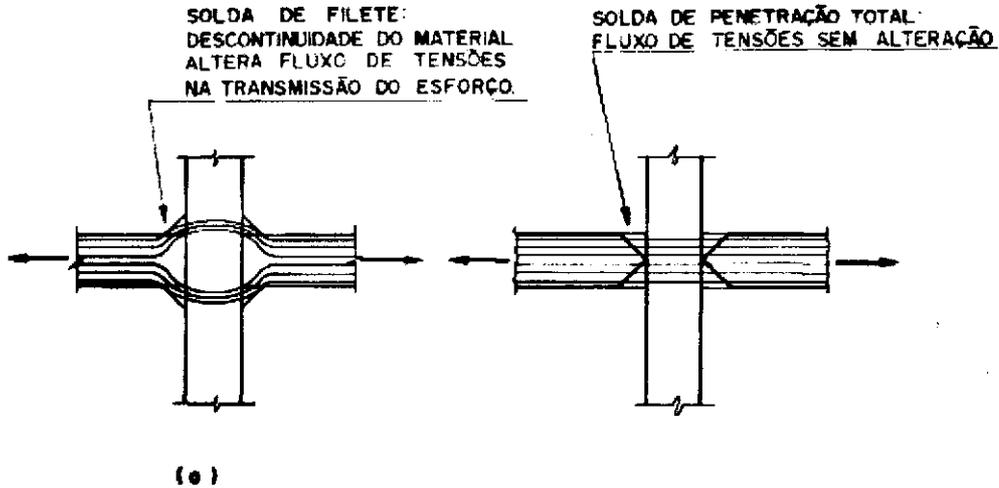


Figura 7 - Solda em entalhe

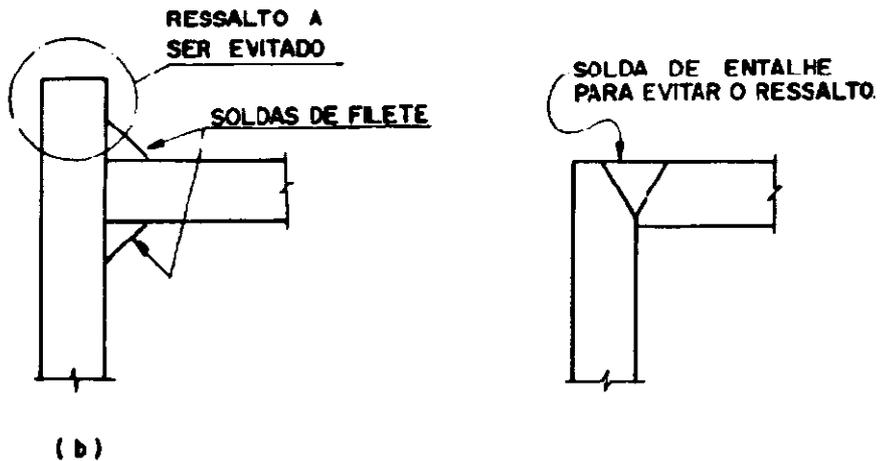


Figura 8 - Solda em entalhe

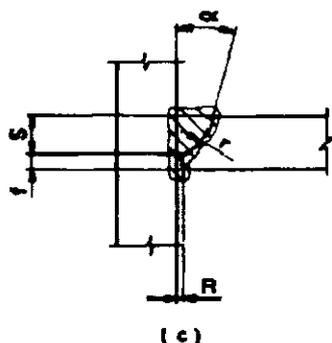


Figura 9 - Solda em entalhe

As seguintes definições e notações feitas para as soldas de entalhe (fig 8c):

- α = ângulo do chanfro
- S = profundidade do chanfro
- f = nariz do chanfro
- r = raio do chanfro
- R = abertura da raiz

- *garganta efetiva*: a garganta efetiva de uma solda de entalhe de penetração total é a menor espessura das chapas conectadas; para soldas de penetração parcial, a NBR8800 deverá ser consultada.

- *comprimento efetivo*: é o comprimento real da solda que, no caso da solda de entalhe, deve coincidir com a largura da peça ligada;

- *área efetiva*: é o produto da garganta efetiva pelo comprimento efetivo;

- *disposições de projeto*: para demais considerações de projeto, tais como limitações aplicáveis, resistências de cálculo etc, a NBR 8800 deverá ser consultada.

2.2.4. Considerações sobre parafusos

2.2.4.1. Parafuso comum e de alta resistência

Os parafusos utilizados nas construções metálicas são normalmente o comum (sendo o mais utilizado o ASTM A-307) e os de alta resistência (especialmente o ASTM A-325 e o ASTM A-490).

Os parafusos de alta resistência são montados com protensão (torque especificado de montagem) e requerem cuidados especiais com relação às arruelas e ao acabamento das superfícies em contato das partes ligadas.

Os parafusos comuns são montados sem especificação de torque de montagem e não requerem aqueles cuidados especiais.

Os parafusos de alta resistência são usados em ligações de mais responsabilidade enquanto os comuns são utilizados em ligações não estruturais ou secundárias.

A NBR 8800, na seção 7.1.10, especifica a aplicabilidade dos parafusos de acordo com a ligação.

2.2.4.2. Transmissão de esforços através de parafusos

Segundo (SHIGLEY-1998) Nos parafusos comuns os esforços de tração são transmitidos diretamente através de tração no corpo do parafuso e os esforços de cisalhamento são transmitidos por cisalhamento do corpo do parafuso e o contato de suas superfície lateral com a face do furo, devido ao deslizamento entre as chapas ligadas (fig. 10).

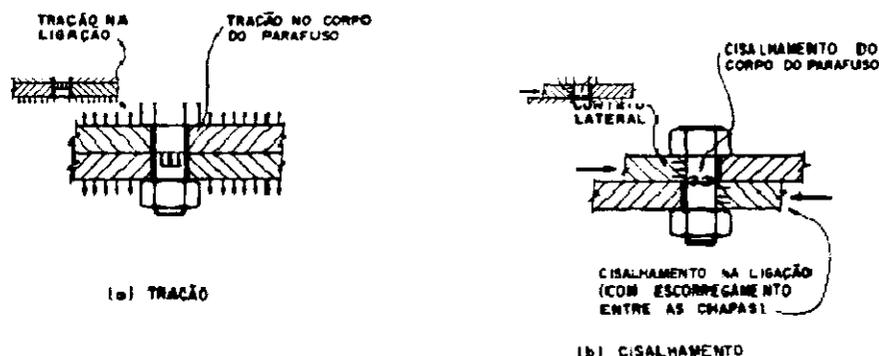


Figura 10 - Transmissão dos esforços sem parafusos comuns

Nos parafusos de alta resistência, montados com protensão, as superfícies de contato das chapas ficam firmemente pressionadas umas contra as outras através dos “cones de pressão” (fig 10-a)

Simplificadamente ele pode ser considerado como um cilindro de pressão, constituído por regiões circulares das chapas, altamente comprimidas, com o parafuso no centro, altamente tracionado (figs. 10a e 10b).

Dessa forma, o mecanismo de transmissão de esforços é tal que, por questões de elasticidade e pela grande área do cilindro de pressão e pequena área do parafuso, o esforço de tração é absorvido no sistema através da diminuição de pressão do cilindro e pequeno aumento de tração no parafuso (fig. 10c).

Sendo α' a relação entre a área do parafuso e a área do cilindro de pressão e P o esforço externo de tração aplicado na ligação.

Como α é um valor pequeno, o acréscimo de tração no parafuso é bem inferior à força que reduz a pressão no cilindro.

Para valores das protensões de montagem dos parafusos ver a tabela 19 da NBR 8800 reproduzida no anexo (tabela 1.1).

Os esforços de cisalhamento nas ligações com parafusos de alta resistência são transmitidos ou por atrito, devido à pressão entre as partes ligadas, nas chamadas ligações por atrito, ou por contato do corpo do parafuso com as paredes do furo, com cisalhamento do corpo do parafuso, nas chamadas ligações por contato.

De acordo com a NBR 8800, as duas formas de transmissão de esforço não podem ser superpostas, sendo a resistência última do parafuso independente do atrito entre as partes.

A protensão dada quando da montagem dos parafusos é a mesma para ligações por atrito e por contato.

A diferença entre elas está no acabamento exigido para as superfícies de deslizamento das chapas e no desempenho, em função do carregamento, ao longo da vida útil:

- a ligação por contato é indicada para carregamentos predominantemente estáticos, onde o eventual deslizamento entre as partes ligadas não afeta a vida útil dos parafusos e da própria ligação e nem o comportamento global da estrutura;
- a ligação por atrito é indicada para carregamentos dinâmicos e para os casos em que qualquer deslizamento entre as partes ligadas possa afetar o comportamento previsto para a estrutura. A tabela 15 da NBR 8800 apresenta as condições das superfícies parafusadas para que a ligação possa ser considerada por atrito bem como apresenta os correspondentes coeficientes de atrito para essa consideração.

Deverão ser verificados o esmagamento do furo, o rasgamento entre os furos e entre o furo e a borda da chapa (fig. 11); tratando-se de estados limites últimos, todas as verificações deverão ser feitas para as solicitações de cálculo, que são aquelas afetadas do coeficiente γ de ponderação das ações.

No caso da ligação por atrito deverá ser verificada adicionalmente a resistência ao deslizamento para ações nominais nos parafusos (sem o coeficiente γ) por ser este um estado limite de utilização, exceto que, se o efeito da carga permanente for favorável, esta deve ser multiplicada por 0,75.

Para efeito de cálculo, as tensões atuantes de tração e cisalhamento nos parafusos são determinadas com base na área nominal do parafuso, $4\pi d^2$. Nas resistências de cálculo é levada em conta a redução devida à rosca.

2.2.4.3. Metodo de aperto

Para métodos de aperto dos parafusos de alta resistência, inspeção das juntas aparafusadas e considerações de ordem geral, ver item 7.7 da NBR 8800.

2.2.4.4. Furos para parafusos

A NBR 8800 prevê quatro tipos de furos para parafusos: padrão, alargado, pouco alongado e muito alongado. O tipo mais usual, e que será abordado aqui, é o padrão, com diâmetro igual ao diâmetro do parafuso mais 1,5mm, no caso de parafuso milimétrico, ou diâmetro do parafuso mais 1/16", no caso de parafuso em polegada.

Para dimensões e usos dos demais furos a NBR 8800, item 7.3.4, deverá ser consultada.

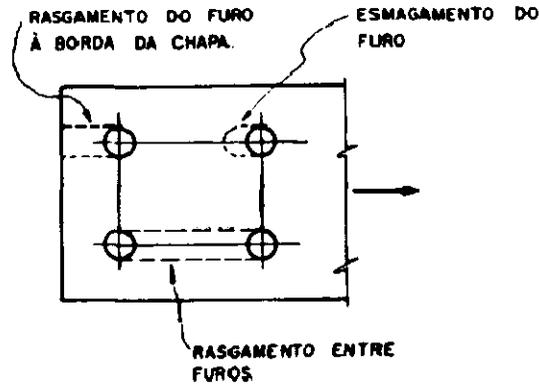


Figura 11 - Verificação na Chapa Devido à Presença de Furos

2.2.4.5. Resistência de cálculo

As resistências cálculo dos parafusos são indicadas na NBR 8800, conforme se segue:

Ligação por contato e por atrito:

- resistência à tração: item 7.4.2.2.
- resistência à força cortante: item 7.3.2.3
- resistência à pressão de contato: item 7.3.2.4.
- resistência à tração e força cortante combinadas: item 7.3.2.5.

Ligação por atrito:

- força cortante combinada ou não com tração: item 7.3.3.2.

2.2.5. Montagem de estrutura metálica

2.2.5.1. As estruturas de aço

As estruturas de aço se caracterizam por serem produzidas parte fora do local da construção e parte na própria obra. Por definição, isto é construção industrializada, ou seja: realização de atividades em local diverso do canteiro de obras destinadas à preparação prévia de elementos padronizados que serão levados ao canteiro para formar a edificação.

As estruturas de aço são constituídas por um grupo de peças, que após serem unidas, formarão um conjunto estável que sustentará a construção. A fabricação das peças se realiza em uma unidade industrial, onde estão centralizados os meios de produção como máquinas e equipamentos, operários e administração, matérias-primas, etc.

Na construção em aço cada peça possui seu lugar específico na estrutura e desempenha um papel na constituição da obra. O ato de se unirem as peças no canteiro de obras para formar o conjunto da estrutura chama-se montagem. Porém, antes disso é necessário transportar a estrutura do local onde foi produzida até o canteiro de obras,

onde será montada. Este manual abordará estas duas fases na produção das estruturas em aço: o transporte e a montagem.

2.2.5.2. Escopo básico

Quando desejar adquirir uma estrutura em aço para qualquer fim, o empreendedor necessitará dos itens apresentados abaixo para obter o produto final, ou seja, a estrutura completa e montada no local da obra. Estes itens poderão ser fornecidos por uma única empresa ou serem partilhados entre diversas outras especializadas. Portanto, antes que se apresentem os aspectos detalhados quanto ao transporte e a montagem, apresentam-se abaixo as fases precedentes da construção em aço:

- Projeto de arquitetura;
- Projeto estrutural;
- Fabricação;
- Tratamento anticorrosivo.

2.2.5.3. Projeto de arquitetura

Toda obra se inicia pela concepção arquitetônica. É crescente o número de projetos em que o arquiteto tira partido do material, direcionando seu projeto para a utilização do aço. O arquiteto deve estar consciente das características das estruturas em aço ao iniciar a concepção de seu projeto. Procurando a modulação certamente estará contribuindo para que os custos finais sejam menores. A simplicidade representada pelo alinhamento das colunas e vigas em eixos ortogonais em edifícios de múltiplos andares, por exemplo, permite a padronização de cômodos de maneira a ocorrer uma repetição dos vãos livres entre pilares. Isto proporciona a ocorrência de vigas iguais ou quase iguais, com o conseqüente ganho de produtividade. É lógico que esta padronização só tem sentido se serve ao projeto arquitetônico, sem podar a criatividade ou prejudicar a funcionalidade da edificação quando concluída.

2.2.5.4. Projeto estrutural

Os projetos são o ponto de partida para a realização da obra. São documentos gráficos que nos mostram como será a obra, suas características e dimensões. Os projetos de estruturas em aço possuem quatro níveis a saber: Projeto Básico, Projeto Estrutural, Projeto de Fabricação e Diagrama de Montagem.

a) Projeto básico

Mostra em linhas gerais a concepção básica adotada para a estrutura, com representação unifilar, sem o dimensionamento dos elementos. A partir deste projeto estima-se preliminarmente os materiais necessários a serem utilizados na obra baseando-se em dados práticos históricos, a título de primeira aproximação de peso. Trata-se de um projeto preliminar, que pode e deve passar por evoluções no futuro, comparando-se vários projetos alternativos. Cada alternativa poderá representar uma concepção estrutural diferente, para resultar em uma escolha final, que pode ser uma mescla de duas ou mais hipóteses analisadas.

O arquiteto, ao projetar uma edificação objetivando a adoção da estrutura de aço, representa o aspecto desejado para estrutura, ainda que sem preocupação com o dimensionamento das peças. Este tipo de projeto de arquitetura trata-se de um projeto básico.

b) Projeto estrutural

Este item inclui toda a análise estrutural com o dimensionamento de todos os elementos, geração das cargas nas fundações e a definição geométrica dos eixos, dimensões e níveis da estrutura, a partir do projeto arquitetônico. Para obter estes elementos, o calculista fará o cálculo estrutural no qual levará em conta todos os esforços que serão aplicados à estrutura, suas combinações possíveis e dará aos seus elementos as dimensões necessárias para oferecer a resistência adequada.

Além disso, também devem constar do projeto o tipo de ligação a ser adotado entre as peças, os perfis e outros materiais, o aço a ser adotado, a classe dos parafusos e eletrodos de solda e os ensaios necessários para a garantia da qualidade da execução.

Os documentos resultantes do projeto estrutural são as listas de materiais, as memórias de cálculo e os desenhos de projeto.

c) Projeto detalhado

Também chamado de projeto de fabricação ou desenhos de detalhe, mostram o detalhamento do projeto estrutural, visando dotar a fábrica de todas as informações para proceder a fabricação da estrutura. São desenhos de cada peça constituinte da estrutura, o dimensionamento das ligações entre elas, os materiais básicos utilizados e as listas de materiais com os pesos. Nestes projetos todas as peças e partes de peças individuais são detalhadas a partir dos materiais encontrados no mercado. Cada peça e parte de peça receberá um nome chamado marca de detalhe.

Alguns elementos podem constar em listas separadas, como os parafusos, telhas e acessórios que normalmente não constam no peso da obra. Eventualmente, a área da superfície a ser pintada também será fornecida nos desenhos.

d) Diagramas de montagem

Projetos apresentados na forma de desenhos, que em tudo lembram o projeto estrutural, mas diferem destes por não mostrarem necessariamente os materiais utilizados. O objetivo destes desenhos é mostrar a localização das peças na estrutura para orientação dos serviços de montagem, assinalando as marcas de detalhe de cada peça.

2.2.5.5. Fabricação

Antes de iniciar a fabricação, o fornecedor das estruturas deve providenciar a matéria-prima e os consumíveis de aplicação direta a partir das listas de materiais. Os materiais estruturais como chapas e perfis poderão ser adquiridos pelo próprio fabricante ou mesmo pelo cliente. Neste caso, este solicitará aos fornecedores que entreguem os materiais na fábrica da empresa responsável pela fabricação.

Pode ocorrer que o fabricante não receba os desenhos de detalhamento. Um projeto estrutural mais detalhado pode dispensar a necessidade do detalhamento. Caberá ao fabricante analisar o nível de informações contidas no projeto e contratar o detalhamento caso julgue necessário.

Listas de materiais elaboradas a partir dos desenhos de detalhe são mais exatas que aquelas feitas somente a partir do projeto estrutural. No momento do provisionamento dos materiais para fabricação, será utilizada a última lista disponível. Caso esta seja uma lista imprecisa, isto poderá acarretar falta de determinados materiais ou sobra de outros durante a fabricação, com a ocorrência de possíveis atrasos.

Estando os materiais à disposição, o fabricante dará início aos seus trabalhos.

A fabricação será a transformação dos materiais em peças através das operações básicas de fabricação: corte, dobra, furação, soldagem entre outros.

2.2.5.6. Tratamento anticorrosivo

O tratamento anticorrosivo visa interpor uma barreira entre o meio externo e o aço da peça visando retardar o processo de corrosão. Isto será necessário caso as características da estrutura, o aço utilizado e a agressividade do meio ambiente levem ao surgimento de processos corrosivos. Estes serão sempre mais prejudiciais à medida que prejudiquem a vida útil da estrutura, coloquem em risco sua estabilidade ou afetem a estética da construção.

Os principais tipos de tratamento anticorrosivo são a galvanização e a pintura. A galvanização é a deposição de uma camada de zinco na superfície da peça, metal este muito mais estável que o aço carbono. Este processo é normalmente mais dispendioso que os sistemas de pintura, mas será recomendado nos casos em que o meio é muito agressivo, a manutenção é difícil e as dimensões das peças permitirem. Nos casos mais gerais a pintura será o processo utilizado.

A pintura de base de proteção anticorrosiva poderá ser aplicada logo após a fabricação ainda no interior da fábrica.

A pintura de acabamento, quando aplicável, poderá ocorrer:

- antes da liberação para embarque das estruturas, no interior da fábrica;
- no canteiro de obras, antes da montagem;
- no canteiro de obras, após a montagem e antes das obras civis;
- no canteiro de obras com a estrutura totalmente montada e após as obras civis como lajes ou alvenarias;

2.2.5.7. Transporte

Conforme a modalidade de transporte escolhida, as peças deverão possuir dimensões e pesos compatíveis com a capacidade dos veículos utilizados. No transporte rodoviário por exemplo, o mais utilizado atualmente, considera-se normal o transporte executado sobre carretas de 27 toneladas de capacidade, com aproximadamente 13 metros de comprimento na carroceria, 2,3 metros de largura transportável e uma altura máxima sobre a plataforma de aproximadamente 3,0 metros. Acima destes limites

situam-se os transportes especiais com excesso no comprimento, excesso lateral ou excesso em altura. Nestes casos o preço por tonelada transportada sobe significativamente, sendo exigidos veículos e licenças especiais, batedores, horários especiais, etc. Geralmente procura-se limitar as peças das estruturas ao comprimento máximo de 12 metros.

2.2.5.7.1. Montagem

Antes da montagem propriamente dita, serão executadas a descarga, conferência e armazenagem das peças no canteiro de obras. As fundações e outras interfaces serão verificadas topograficamente quanto a exatidão dos níveis, distâncias e alinhamentos. Após estas providências e a correção de eventuais desvios, será iniciada a montagem das peças da estrutura, que é a materialização no canteiro de todo o trabalho das etapas precedentes. Apesar de possuírem peso próprio reduzido em comparação com as estruturas de concreto, as estruturas em aço necessitam de equipamentos para sua montagem.

2.2.5.7.2. Tipos de estruturas

Estruturas de edifícios múltiplos andares - Este tipo de estrutura é característico de edifícios de múltiplos andares como os destinados a apartamentos, a escritórios ou salas comerciais. Também são exemplos alguns edifícios industriais constituídos de diversos níveis, nos quais se apoiarão utilidades, equipamentos de produção e plataformas de manutenção. A constituição típica destas estruturas é aquela formada por colunas verticais e vigas horizontais, contidas por estruturas de contraventamento, que promovem a estabilidade lateral do conjunto. É essencialmente uma estrutura verticalizada constituída de perfis de alma cheia.

2.2.5.7.3. Transporte de estruturas

Embora seja viável a fabricação de estruturas mais simples no próprio canteiro, a situação mais comum é aquela em que a fabricação e a montagem ocorram em locais diferentes. Nestes casos as estruturas de aço deverão ser transportadas até o local da montagem após a fabricação. A matéria-prima utilizada nas estruturas, como chapas e perfis, também depende de transporte desde a usina siderúrgica ou distribuidor até a fábrica.

Desde a produção, cada peça da estrutura será manipulada e transportada de um lado para outro, sendo depositada em um local, para em seguida ser deslocada novamente. Dependendo da peça e do tipo de fabricação, esse deslocamento constante ocorre inclusive dentro da fábrica. Quando os equipamentos de corte e furação, soldagem ou pintura se encontram fixos, as peças deverão ser movidas de um local para outro até estarem concluídas. Portanto, constantemente a peça é içada, deslocada e armazenada em repetidas operações. Isto requer tempo de pessoal e equipamentos, que demandam recursos financeiros. Para a redução dos custos de produção, quanto menos manipulação houver, melhor.

Também no canteiro de obras é assim: enquanto se mobiliza uma equipe para a descarga de uma carreta, não haverá montagem de peças na estrutura. Esta atividade inevitável, deve ser prevista nos orçamentos. O que se deve evitar é o retrabalho, que

durante a montagem pode ser uma peça montada em local errado, mas também pode significar horas perdidas em busca de uma determinada peça em uma pilha caótica de outras semelhantes. Esta desorganização pode ser causada pela falta de planejamento de transporte, que acarretará maiores custos de montagem.

O transporte das estruturas e matérias-primas será realizado por algum meio de transporte, seja rodoviário, ferroviário, marítimo, aéreo ou fluvial. Conforme o meio de transporte adotado, existirão determinadas limitações das peças da estrutura, tanto a respeito de seus pesos individuais e peso total, quanto pelas dimensões máximas e do volume disponível.

A montagem de cada peça em seu lugar na estrutura será realizada por equipamentos de içamento como guias e guindastes. Estes meios de levantamento de peças também possuem limites de capacidade de carga, que acarretam limitações no peso das peças. Além destes, os seguintes fatores podem se constituir em limitações para as dimensões, pesos e volumes das peças - seja em conjunto, seja individualmente:

- a) Problemas relativos ao trajeto de transporte, como limitações quanto a largura, altura e pesos máximos permitidos (sobre uma ponte rodoviária, por exemplo).
- a) Limites impostos pelo processo de montagem ou pela disponibilidade de espaço no canteiro de obras.
- b) Limitações relativas à estabilidade das peças durante o processo de montagem, seja de uma peça individualmente durante o içamento, seja após ocupar seu lugar na estrutura.
- c) Dimensões dos perfis comercializados.

Por estas razões ou outras derivadas destas, as peças devem ser concebidas na fase de projeto e arranjadas para o transporte, de modo a não acarretarem problemas nas fases de transporte e montagem.

Planejamento de transporte

O planejamento de transporte é essencial para o sucesso da obra. Obviamente, depende de disponibilidade de peças prontas na fábrica que possam ser enviadas à obra. Depende igualmente, de uma análise do trajeto e de limitações dimensionais e de peso. Portanto, pode-se enumerar os aspectos mais relevantes para o planejamento e execução do transporte das peças da estrutura:

- a) Escolha da modalidade de transporte mais adequada para vencer a distância entre a fábrica e a obra. Para esta escolha devem ser analisadas a disponibilidade de meios e vias de transporte no trajeto.
- b) Análise do veículo mais conveniente para o transporte, verificando-se limitações dimensionais, capacidade de carga e rendimento. Define-se por rendimento a quantidade de peças transportadas por viagem ou mesmo o menor custo por tonelada transportada.
- c) Definição do ritmo de embarques levando-se em consideração as disponibilidades de peças prontas e de espaço de armazenagem no local da montagem. Não se deve embarcar mais peças do que se consegue armazenar adequadamente na obra. As peças devem ser embarcadas para a obra de acordo com o planejamento da montagem. Nos casos em que não se dispõe de área para estocagem de todas as peças no canteiro, o

transporte deverá ser programado com grande precisão. Nestes casos, excesso de embarques significaria falta de espaço na obra; atraso nos embarques significaria paralisação da montagem.

- d) Análise da ordem de embarque das peças em função da seqüência de montagem e da maneira de se estocarem as peças no canteiro. Pode ser mais adequado embarcar antes um grupo de peças que serão montadas após outro grupo. Isto ocorre quando a área de armazenagem é restrita e as peças serão empilhadas umas sobre as outras. As primeiras a serem montadas devem ficar no alto da pilha, o que é obtido embarcando-as após.
- e) A disponibilidade de espaço na própria fábrica também deve ser analisada ao se elaborar o planejamento de transporte, pois existem limitações na área de armazenagem. Caso o canteiro de obras não possa receber maior quantidade de peças e a fábrica não consiga armazenar as excedentes, deverá ser criado um pátio intermediário de estocagem no trajeto. É conveniente que este entreposto fique o mais próximo possível do local da obra, para que o próprio pessoal do canteiro execute as operações de transbordo, otimizando a utilização de equipamentos e veículos de transporte.
- f) As peças devem ser acondicionadas de modo que as mais pesadas sejam embarcadas primeiro, e as mais leves sobre aquelas. É recomendável a utilização de caibros de madeira entre as camadas de peças, facilitando a passagem de cabos ou cintas para as operações de carga e descarga.

Transporte rodoviário

Esta é a modalidade de transporte predominante atualmente no Brasil, apesar das limitações quanto às dimensões das carrocerias e gabaritos rodoviários. A precariedade das estradas em muitas regiões é parcialmente compensada pela malha existente que permite acesso a maior parte das localidades. Sabe-se, entretanto, que somente 10% das estradas nacionais são pavimentadas.

As outras modalidades de transporte, como o marítimo ou ferroviário, dificilmente não dependerão em algum ponto do trajeto da interveniência da modalidade rodoviária. Por exemplo, no transporte marítimo, a carga de estruturas deverá chegar ao porto de origem por transporte rodoviário; e que de igual maneira dependerá de uma modalidade terrestre no porto de destino. Assim, dependendo da região, o transporte intermodal ocorrerá com os possíveis transbordos de um meio para o outro.

Um veículo de transporte rodoviário possui a característica de poder ser transportado por outro meio de transporte, seja sobre uma balsa, seja sobre uma plataforma ferroviária, o chamado rodotrem. Isto evita as operações de carga e descarga dos transbordos, os quais além de representarem custos e prazos maiores, provocam danos as peças da estrutura.

Outra característica do transporte rodoviário é a possibilidade bastante utilizada de que o mesmo veículo seja carregado no interior da fábrica e ele próprio chega a poucos metros do local onde a estrutura será montada. Isto, após vencer todo o trajeto sem transbordo da carga. Esta situação, porta a porta, só seria possível no transporte

ferroviário, por exemplo, caso a fábrica de estruturas possuísse pátio ferroviário e a obra estivesse ao lado de uma linha férrea interligada ao mesmo sistema.

O transporte rodoviário depende essencialmente de um veículo de tração mecânica movido a óleo diesel e de uma carroceria acoplada ao mesmo. Nesta carroceria serão acondicionadas as peças da estrutura a serem transportadas. A carroceria poderá estar montada sobre o mesmo chassi do veículo tracionador ou não.

Nas fases de projeto e detalhamento deverá ser dada especial atenção as dimensões das peças de forma a se evitar transportes especiais. Caso o elemento estrutural possua comprimento acima de 12 metros, pode-se subdividi-lo deixando a execução da união entre as partes para o canteiro de obras.

Tipos de veículos

- a) Caminhão toco – Possui um eixo simples na carroceria que é montada sobre o mesmo chassis da cabina do motorista, onde se encontra o outro eixo do veículo. Possui capacidade de carga de aproximadamente 8t. As dimensões aproximadas da carroceria são:

- Comprimento: 6,9m
- Largura: 2,4m

- b) Caminhão Trucado ou “truck” - Com eixo duplo na carroceria, sendo um dos dois o motriz. A carroceria é montada sobre o mesmo chassis da cabina, onde se encontra o terceiro eixo do veículo. Possui capacidade de carga de aproximadamente 15t. As dimensões aproximadas da carroceria são:

- Comprimento: 7,8m
- Largura: 2,4m

- c) Cavalo mecânico com semi-reboque (carreta), figura 12: composto de dois veículos distintos: o primeiro é o veículo trator ou tracionador, o cavalo mecânico, que possui normalmente dois eixos, um frontal bem abaixo da cabina, responsável pela direção do veículo e o outro eixo motriz na parte de trás. Eventualmente o chamado 3º eixo será instalado, atrás do eixo motriz. O segundo veículo é a carroceria ou semi-reboque que se apoia sobre o eixo motriz na extremidade frontal (onde existe uma articulação) e em três eixos traseiros em tandem, dotados de quatro rodas cada. Possui capacidade de carga de aproximadamente 27t. As dimensões aproximadas da carroceria são:

- Comprimento: 14,8m
- Largura: 2,5m

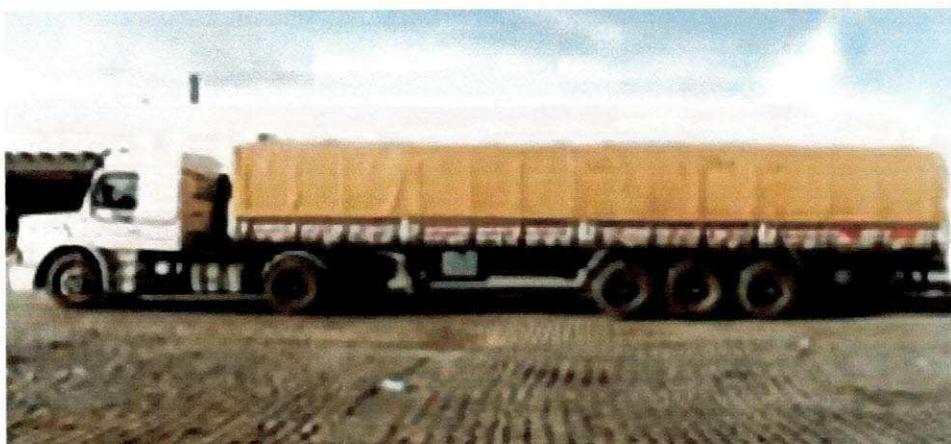


Figura 12 - Semi reboque com cavalo mecânico.

Estes primeiros três tipos de veículo são enquadrados naqueles chamados normais, explicitados no item pesos e dimensões máximas, abaixo.

d) Bitrem: Possuem diversas configurações, mas basicamente são constituídos por cavalo mecânico com 3º eixo e duas carrocerias articuladas, cada uma com 6,5m de comprimento, aproximadamente. A capacidade de carga varia, conforme a configuração, de 34t a 46t no total. Caso as peças da estrutura não ultrapassem os 6,5m de comprimento e possua pequeno índice de vazios, o bitrem será vantajoso sempre que o peso total transportado ultrapassar a capacidade das carretas convencionais. Este tipo de veículo não é considerado normal e só poderá circular com Autorização Especial de Trânsito – AET.

Pesos e dimensões máximas

Nos veículos rodoviários existem cinco termos que definem os pesos e as capacidades de carga, figura 13:

- Lotação (L) : peso útil máximo permitido para o veículo; é a sua capacidade de carga;
- Tara (T) : é o peso do veículo sem carga, com tanque cheio e motorista;
- Peso Bruto Total (PBT) : Lotação soma da com a Tara de um veículo com cabina e carroceria em um mesmo chassi;
- Peso Bruto Total Combinado (PBTC): É a Lotação somada às Taras dos veículos combinados, quando a cabina está em um veículo e a(s) carroceria(s) em outro(s) chassi(s);
- Capacidade Máxima de Tração (CMT): É a capacidade de tração do veículo trator, normalmente fornecido pelo fabricante.

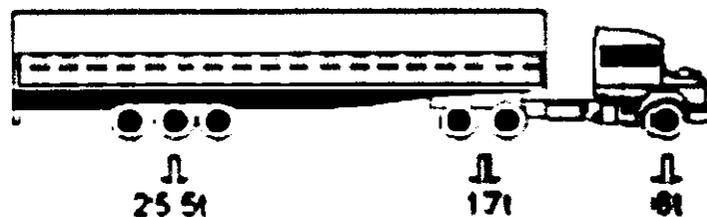


Figura 13 - Peso bruto total do caminhão = 48,5 t

As capacidades máximas dos veículos são definidas pelas autoridades rodoviárias em termos de Peso Bruto Total (PBT):

- Por eixo simples;
- Por conjunto de eixos;
- Por veículo (PBT);
- Por combinação de veículos (PBTC).

Segundo a Resolução N.º 12/98 do Contran, segue anexo, as dimensões autorizadas para veículos, considerados normais, são as seguintes:

- largura máxima: 2,60m;
- altura máxima com relação ao solo: 4,40m;

Como a Tara de um veículo destes é de 15,5t a lotação máxima permitida será de 29,5t para resultar em um PBTC de 45t. A distribuição da carga deve ser feita de forma a que as cargas por eixo ou conjunto de eixos não ultrapassem os valores individualmente, nem do total de 45t.

Todas as peças de estruturas que provocarem um excesso em um desses parâmetros serão transportadas por veículos chamados especiais. Estes veículos que por sua construção excedem as dimensões normais, serão objeto de licença especial e poderão trafegar desde que estejam dentro dos limites abaixo:

- largura máxima: 3,20m;
- altura máxima com relação ao solo: 4,40m;
- comprimento total: 23,0m.

Se, ainda assim o veículo possuir dimensões que excedam estes novos limites, terá de obter licença especial temporária e obedecer a horários restritivos para transitar. Todo tipo de transporte especial é mais oneroso que o transporte normal, e por isso deve ser evitado. Raras vezes não se pode tomar alguma providência, seja no projeto, seja na fabricação, que ajude a evitar que as peças da estrutura ultrapassem os limites dos veículos normais. Quando for impossível dividir a peça em outras menores, teremos uma peça indivisível.

Cargas indivisíveis

As cargas indivisíveis são consideradas cargas especiais quando ultrapassam as dimensões e pesos da resolução 12/98. Quando uma determinada peça não pode ser

subdividida ou é formada por vários elementos que não podem ser separados, constitui uma carga indivisível. Para regulamentar o trânsito deste tipo de cargas, o DNER em sua resolução n.º 2264/81 de 07.12.81.

Equipamentos para montagem

Para a montagem de quaisquer estruturas, sempre serão utilizados equipamentos mecânicos que possibilitem o içamento das peças. A força muscular humana ou de animais não conseguiria por si só mover as peças do lugar. Além disso, a necessidade de se deslocar peças para posições elevadas em relação ao solo, requer um ponto de içamento acima destas. Outra necessidade é o deslocamento horizontal de peças de um ponto ao outro do canteiro, o que exige certos tipos de veículos para este fim.

2.2.5.8. Equipamentos de içamento vertical

Estão entre os principais equipamentos de qualquer obra de montagem. Sua utilização permite que as peças sejam deslocadas verticalmente, atingindo sua posição na estrutura. Entretanto, exigem cuidados em sua operação, pois erros podem levar ao colapso da estrutura, ou mesmo a morte de operários.

Os dois tipos mais comuns de equipamentos de içamento vertical são as guias, figura 14, e os guindastes. As guias se caracterizam por possuírem uma torre vertical na qual se apóia uma lança horizontal. Os guindastes mais comuns são formados por um veículo de deslocamento sobre o solo, do qual parte uma lança que se projeta para cima formando variados ângulos com a horizontal. São apresentadas abaixo as principais variantes destes dois tipos de equipamentos:



Figura 14 - Grua de torre

➤ **Gruas**

São utilizadas principalmente na montagem de edifícios de múltiplos andares, galpões e em pátios de estocagem de peças. Existem modelos estacionários, ascensionais (que se elevam junto com a estrutura) e móveis. As guias estacionárias são as mais comuns. Estes modelos devem ser localizados em determinado ponto junto à estrutura e aí permanecerem durante toda a obra. As guias móveis se deslocam sobre trilhos e são aplicáveis na montagem de estruturas lineares e na movimentação de peças horizontalmente em pátios de estocagem ou entrepostos.

➤ **Gruas estacionárias**

Grua Fixa - Este é o tipo mais comum de grua, onde a lança gira sobre a torre que é fixada no solo sobre um bloco de fundação de concreto dotado de chumbadores para ancoragem. Dependendo da altura, a grua poderá operar livre, sem travamentos laterais. A partir de uma determinada altura, a torre necessitará de travamentos laterais em pontos que garantam a sua estabilidade. Este travamento pode ser feito na própria estrutura do edifício ou por meio de estais de cabos de aço ligados ao solo. A torre pode ser formada de diversos estágios, que são instalados à medida das necessidades da montagem, variando sua altura (ver figura 3.1).

A lança é dividida em duas partes opostas, com a cabina do operador no centro. Na porção mais longa da lança é instalado um trole, que desliza ao longo de seu comprimento. O gancho de levantamento das cargas está suspenso pelo trole por duas ou mais pernas de cabo de aço. Outro conjunto de cabos de aço é responsável pela translação do trole ao longo da lança. A outra parte da lança é mais curta onde fica o contrapeso e o guincho. Este contrapeso está instalado diametralmente oposto à carga em relação à torre.

As capacidades das guias são fornecidas pelos fabricantes em momento máximo de tombamento, que é o produto do raio pelo valor carga, expresso em $t \times m$, ou fornecendo a carga máxima na ponta da lança em cada comprimento de lança. As guias possuem grande versatilidade pois operam em um raio de 360°.

Grua Ascensional - A grua é montada dentro do edifício. Sua torre de pequeno comprimento é apoiada em alguns pontos dos últimos pavimentos montados. À medida que o edifício progride na vertical, a grua é içada mais um pavimento por um mecanismo telescópico que envolve a torre.

Grua de lança móvel (Luffing) - A lança parte da mesa giratória e assemelha-se a de um guindaste treliçado. Não há trole, pois a carga pende da ponta da lança, que varia de inclinação.

➤ **Gruas móveis**

Grua sobre trilhos - A base é instalada sobre chassis metálicos dotados de rodas que andam sobre uma linha férrea. Sobre este chassis são colocados blocos de concreto formando um lastro para baixar o centro de gravidade do conjunto dotando-o de maior estabilidade.

Grua automontante - Esta grua tem a base da sua torre instalada sobre um chassis dotado de pneus ou patolas. A torre é formada por estágios telescópicos ou treliçados dobráveis, que acionados pelo guincho passam a ter o comprimento final. A lança, da mesma forma, é formada por dois estágios articulados entre si (telescópicos

em alguns modelos) que quando desdobrados, resultam no comprimento final. As guas de menor capacidade são montadas por acionamento remoto. A base da torre gira sobre o chassi, permitindo a operação em 360°. A lança não gira em relação à torre, e o contrapeso fica localizado na base.

Grua sobre pórtico - A base da torre é fixada sobre um pórtico duplo, que desliza sobre trilhos, normalmente utilizada em portos ou grandes pátios de manipulação de cargas.

Grua sobre caminhão - É montada sobre chassi de caminhão, possuindo também o giro da base da torre sobre o mesmo.

Grua sobre esteiras - É montada sobre chassi dotado de esteiras. Certos modelos são completamente autônomos graças ao acionamento por motor a diesel.

➤ **Operação das guas**

As guas possuem uma característica que as diferenciam dos guindastes que é o fato da lança nascer em uma cota acima do solo. Esta característica reduz o número de interferências pois as cargas sempre pendem de um ponto acima de qualquer ponto da estrutura. Um estudo adequado de sua localização torna virtualmente impossível algum choque entre a grua e a estrutura.

➤ **Escolha da Grua**

A grua deve cobrir toda a projeção da estrutura, com capacidade de içar as cargas mais distantes. A área de estocagem de peças deve estar dentro de seu raio de operação. O que comanda nas guas é o momento de tombamento. Por isso deverá ser feito um exame detalhado de toda a estrutura, determinando as peças e situações de içamento mais exigentes, para se especificar a capacidade necessária para a grua. Para auxiliar nesta análise, apresentam-se abaixo alguns dos principais parâmetros que devem ser levados em consideração, figura 15:

- Altura máxima da estrutura;
- Determinar a maior carga a ser içada, considerando os acessórios necessários para o içamento como estropos, etc.;
- Melhor localização da grua, que deve ficar o mais próximo possível ao centro de gravidade da edificação;
- O maior raio de operação que deve cobrir toda a projeção da obra;
- O maior momento de tombamento, dado por: carga X raio

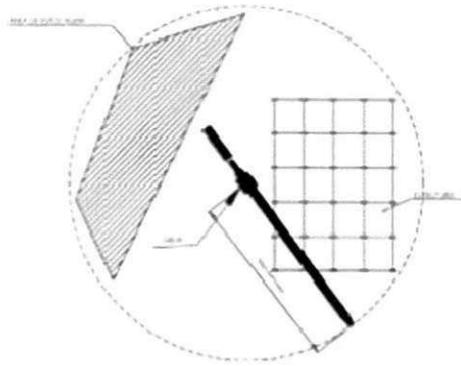


Figura 15 - Operação de grua em montagem de edifícios

➤ Guindastes

Os guindastes são equipamentos de içamento de cargas que são montados sobre um veículo. Por isso são também chamados de guindastes móveis. Possuem uma lança conectada à base do veículo que se projeta para adiante do equipamento. A lança possui variados movimentos, podendo formar diversos ângulos com relação a um plano horizontal, variando sua inclinação. Isto permite que o guindaste levante cargas em diferentes posições sobre o solo. Outro movimento possível é o giro da lança segundo um eixo vertical, com um raio de ação que pode se estender a 360° ao redor do guindaste.

O içamento da carga se faz pela elevação proporcionada por cabos de aço que pendem da ponta da lança e que transferem o peso da peça para o guincho do equipamento, figura 16. A distância horizontal entre o centro da máquina e a projeção vertical da carga chama-se raio de operação. Este é determinado pelo comprimento e o ângulo da lança. A capacidade máxima de um guindaste depende de fatores que combinam a resistência do estrutural do equipamento, a capacidade do guincho e a sua tendência de tombar sob o efeito da carga.



Figura 16 - Içamento de viga com um guindaste G70.

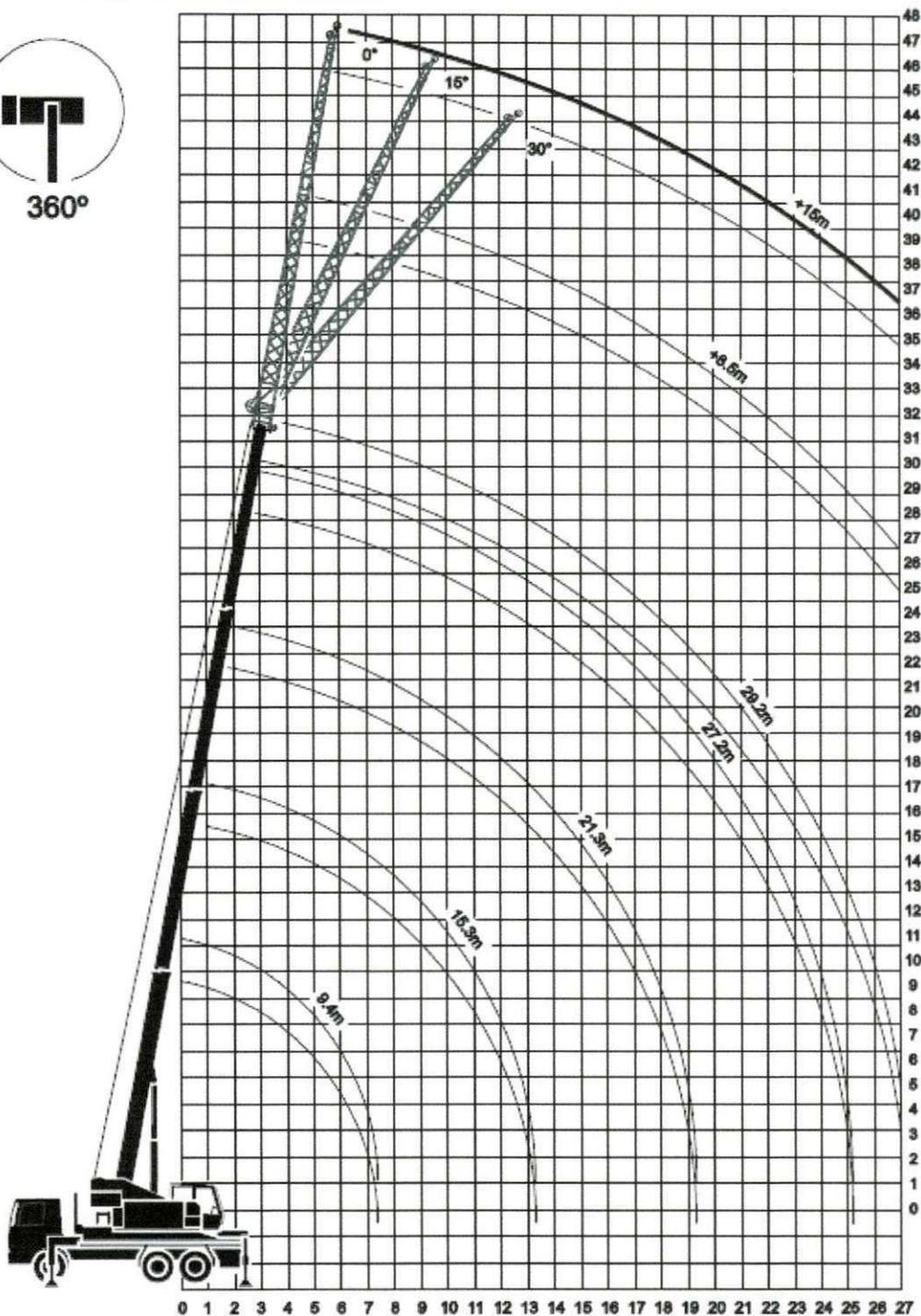


Figura 17 - Determinação de raio de operação e comprimento da lança.

A resistência ao tombamento é propiciada pelo contrapeso, que representa o momento equilibrante, figura 17. Este momento equilibrante deve superar o momento de tombamento causado pela carga. Ambos momentos são calculados em relação à distância até os apoios do guindaste sobre o solo. O primeiro do centro de gravidade do contrapeso, e o segundo do centro de gravidade da carga.

Os guindastes geralmente são dotados de mecanismos de içamento formados por um grupo de roldanas instalado na ponta da lança e outro grupo junto ao gancho. Esta

instalação, com diversas voltas do cabo de aço, promove uma redução da carga aplicada no guincho, permitindo o içamento de grandes cargas com redução da velocidade de içamento.

Um guindaste é identificado pelo seu tipo e por sua capacidade máxima. Esta capacidade é obtida quando a lança está na configuração de “pé-e-ponta”, ou seja, com o raio mínimo, menor comprimento de lança e o maior ângulo desta com a horizontal.

➤ Guindastes Treliçados

Os guindastes treliçados, figura 18, são assim denominados por possuírem lança treliçada, de seção quadrada ou triangular, composta por tubos ou cantoneiras. A lança não varia de comprimento por acionamento do operador. Ela exige pré-montagem, pois é dividida em seções: a primeira, conectada ao guindaste, é o “pé”, e a última, de onde pende o cabo de aço de içamento, a “ponta”. Entre o pé e a ponta, podem ser instaladas diversas seções treliçadas de comprimento fixo, intercambiáveis, unidas de forma a dotar a lança do comprimento total desejado. O comprimento é escolhido para a situação mais exigente de cada obra, e com este comprimento permanecerá do início ao fim da montagem. O levantamento e abaixamento da lança são feitos por cabos de aço acionados pelo guincho. Existem alguns tipos principais de guindaste treliçados:



Figura 18 - Guindaste treliçado com lança e mastro.

- Guindastes sobre caminhão - Operam do lado oposto à cabina do caminhão, ou seja, à ré. Não é permitido o içamento de cargas sobre a região que contém a cabina do caminhão.
- Guindastes sobre esteiras – São instalados sobre um veículo de esteiras, operando com mais segurança em terrenos difíceis. São mais pesados e geralmente de maior capacidade do que aqueles sobre pneus.
- Guindastes com mastro – Estes guindastes possuem diversas configurações quanto à forma de instalação da lança e do mastro. As variantes mais comuns são: O tipo “sky horse” dotado de um mastro situado atrás da lança principal, de onde pende um grande contrapeso. Este mastro está ligado à ponta da lança por meio de cabos de aço e aciona seu levantamento e abaixamento, permitindo o içamento de cargas elevadas, sendo mais freqüente sobre esteiras; e a variante formada por dois estágios

interligados e articulados entre si, permanecendo o primeiro que está com sua base no guindaste em posição próxima da vertical e o segundo funcionando em posições próximas da horizontal.

➤ **Guindastes Veiculares**

Este caminhão possui montado sobre o chassi, junto à cabina do motorista, um braço hidráulico telescópico com capacidade de levantar cargas e carregá-las sobre sua própria carroceria. Equipamento bastante versátil e de baixo custo, capaz de executar a montagem de pequenas estruturas.

Guindastes Hidráulicos

Estes guindastes possuem esta denominação porque as mudanças de comprimento e de ângulo da lança são feitas por acionamento hidráulico. Também recebem a denominação de guindastes telescópicos, devido à sua capacidade de variar o comprimento da lança. Dispensam a montagem da lança que já vem acoplada ao equipamento. Apresentam acentuada queda de capacidade aumentando-se o comprimento da lança. Existem três tipos principais de guindastes hidráulicos:

- Guindastes Auto-Propelidos - São montados sobre um chassi exclusivo, possuindo somente uma cabina e dois eixos, figura 19;



Figura 19 - Guindaste hidráulico auto-propelido.

- Guindastes industriais – São montados sobre um chassi especial e possuem a capacidade de se deslocarem com uma carga içada.
- Guindastes sobre caminhão - São montados sobre o chassi de um caminhão, normalmente com cabinas independentes para o caminhão e para a operação. O chassi é ocupado pelo mecanismo de içamento e giro.

➤ Operação de guindastes

Para especificação de um guindaste, é necessária uma análise de toda a estrutura, verificando se o mesmo atende as exigências em todas as situações da obra.

Cada fabricante fornece tabelas de operação e características de seus equipamentos, que serão objeto de análise para a escolha do equipamento principal de montagem. As tabelas fornecidas pelo fabricante apresentam as capacidades de carga em função de quatro variáveis: O raio de operação, o comprimento e o ângulo que a lança e a altura máxima alcançada pelo gancho de içamento. Fixando-se dois destes, os demais serão determinados. Por exemplo, fixando-se os valores do comprimento e do ângulo da lança, obtém-se o raio e a altura máxima a ser alcançada. Se forem fixados o raio e a altura máxima, serão obtidos valores para o comprimento de lança e o ângulo resultante.

As tabelas de capacidade de um guindaste são utilizadas para indicar a carga máxima sob cada combinação de raio, lança e ângulo. Frequentemente os valores obtidos para a operação recaem entre dois números constantes da tabela. Quando isto ocorrer, deve-se utilizar o raio imediatamente superior e a capacidade inferior. Os valores constantes das tabelas de capacidade são finais, considerando-se a carga bruta total. Devem ser somados ao peso da peça os pesos da extensão da lança, do moitão, cabos de aço e demais acessórios. Com esta carga bruta, procura-se nas tabelas aquele valor igual ou maior, dentro das condições de raio, etc.

Para determinar o guindaste mais adequado para a montagem de uma estrutura, sugere-se a seguinte seqüência:

- a) Calcular a carga líquida, ou seja, o peso da peça mais pesada a ser içada;
- b) Calcular a carga bruta, determinando o 43 peso de todos os acessórios de içamento como moitão, cabos de aço, ganchos, manilhas, etc. ;
- c) Escolher a melhor posição para o guindaste levando-se em conta as condições de acesso, o menor raio possível nas posições inicial e final da peça;
- d) Anotar os valores do maior raio no trajeto, carga bruta e da altura de montagem considerando os acessórios;
- e) Levar estes parâmetros para diversas tabelas de guindastes e escolher aquele que atende com uma folga de pelo menos 20%. O coeficiente de segurança do equipamento não deve ser levado em conta nesta margem;
- f) Repetir os itens a) a d) acima para a peça mais distante, levando-se em conta as dificuldades de acesso do guindaste, a altura de montagem e o comprimento de lança resultante;
- g) Levar estes novos parâmetros para a tabela do guindaste escolhido e verificar se continua atendendo com uma folga de pelo menos 20%;
- h) Repetir os itens a) a d) acima, para a segunda e terceira peça mais pesada, que estejam localizadas em pontos distantes, levando-se em conta as dificuldades de acesso do guindaste, a altura de montagem e o comprimento de lança necessário;
- i) Levar estes novos parâmetros para a tabela do guindaste escolhido e verificar se continua atendendo com uma folga de pelo menos 20%;
- j) Caso contrário, repetir o procedimento para um guindaste de maior capacidade.

A capacidade dos guindastes é determinada pela resistência de seus elementos estruturais e pela sua resistência ao tombamento. Estas resistências são levadas em consideração na elaboração das tabelas de capacidade de cada equipamento. Entretanto, tais valores são admitidos em condições ideais de operação, sem a ocorrência de forças laterais ou impactos. Existem diversas situações que podem influir na estabilidade e, conseqüentemente, na capacidade de um guindaste. Estas situações podem ocorrer por imperícia da operação ou por forças externas, como por exemplo:

- a) Solo incapaz de resistir o peso do equipamento nos pontos de aplicação das patolas e pneus. Para se promover um alívio desta pressão, colocam-se peças de madeira sob as patolas para aumento da superfície de contato com o solo;
- b) solo desnivelado aumentando o raio de operação e causando forças laterais;
- c) ventos fortes causando forças laterais;
- d) carga fora do prumo causando forças laterais;
- e) Impacto ou balanço da carga;
- f) Patolas mal estendidas diminuindo a largura da base.

2.2.5.9. Montagem de edifícios

Montagem de estrutura existente. Seja para abrigar atividades comerciais, seja para formar prédios de apartamentos, são muito mais numerosos que qualquer outro tipo de estrutura. Inclusive a construção de casas constituídas de estruturas de quadros de aço ganha aceitação crescente. Portanto, é natural iniciar as considerações sobre a montagem das modalidades de estruturas pelos edifícios. As pequenas estruturas térreas dificilmente apresentam problemas de montagem, podendo-se extrapolar para estas as considerações feitas a seguir para as estruturas maiores.

Tipos de edifícios

Cada tipo de edifício possui peculiaridades e cuidados específicos durante a montagem. Uma apresentação resumida dos tipos de edifícios será útil para uma abordagem sobre estes problemas. Os edifícios podem ser divididos pelo tipo de utilização, por exemplo:

1. Edifícios residenciais, destinados a apartamentos;
2. Edifícios comerciais, destinados a shoppings e escritórios;
3. Edifícios industriais, destinados a indústrias e oficinas.

Podem ser classificados também pelo tipo de estrutura, por exemplo:

1. Edifícios de múltiplos andares - formados por colunas verticais e vigas horizontais em diversos planos superpostos;
2. Galpões - formados por filas de colunas interligadas transversalmente por pórticos e longitudinalmente por vigas de beiral e/ou de rolamento.

A abordagem estrutural é mais adequada para se analisar a montagem de edifícios. Existem edifícios comerciais com andares múltiplos, como também na forma de galpões. Assim como há edifícios industriais destinados ao suporte de equipamentos que possuem múltiplos andares formando diversas plataformas superpostas. Neste trabalho, portanto, será adotada a segunda classificação acima.

Montagem de edifícios de múltiplos andares

As estruturas de edifícios de múltiplos andares são características quanto a sua morfologia, por apresentar, na maior parte das vezes, a aparência de um reticulado ortogonal, figura 20. Este tipo de edifício é tipicamente formado por habitáculos superpostos (pavimentos). É comum a exigência de uma área construída maior do que a oferecida pelas dimensões do terreno. Estes pavimentos, ou andares, são formados pela sucessão de lajes situadas umas sobre as outras, afastadas pelo pé-direito necessário. Sobre as lajes estarão distribuídas as cargas de móveis, pessoas, equipamentos, a própria laje e outros materiais da própria construção. As lajes serão dimensionadas para suportar estas cargas, dentro de certos limites de vão livre. Quanto maiores os vãos das lajes, maiores serão as solicitações de flexão a que estas estarão submetidas. Para limitar os vãos, as lajes serão apoiadas nos quatro lados sobre vigas horizontais formando placas de formato retangular. As cargas das lajes serão suportadas pelas vigas, que apresentam uma solicitação predominantemente de flexão. Cada vão de viga deve estar apoiado nas duas extremidades. Estes apoios poderão ser outras vigas ou colunas. No caso de uma viga estar apoiada sobre outra viga, será uma viga secundária.



Figura 20 - Montagem de pilares do shopping Boa Vista

Entretanto, os edifícios possuem outros tipos de solicitação, principalmente as devidas ao vento. As forças devidas ao vento são laterais e tendem a tombar o edifício de lado, ocasionando outros tipos de solicitações nas vigas e principalmente nos pilares. Conforme o tipo de ligação entre as vigas e os pilares; destes com as fundações; e a existência ou não de estruturas de contraventamento, os elementos da estrutura estarão submetidos a determinada combinação de esforços.

Estas considerações serão feitas pelo engenheiro calculista para o dimensionamento da estrutura. Entretanto, durante a montagem, a estrutura não só estará incompleta – com ligações por executar, peças por montar e contraventamentos por atuar - como também não estará ainda sendo submetida à maioria dos esforços de projeto. Durante a montagem (é bem razoável afirmar), será outra estrutura submetida a outra combinação de esforços.

Verificação das fundações

As estruturas do edifício deverão ser montadas nos eixos e fileiras assinaladas nos desenhos, nos seus níveis correspondentes e dentro das tolerâncias especificadas. O montador sempre é o responsável pela correta locação e elevação da estrutura montada. A precisão das fundações é um dos fatores que mais influem na qualidade dimensional da montagem, ao lado do detalhamento e da fabricação das estruturas.

Chumbadores, insertos ou outros aparelhos de fixação das colunas às bases podem ser instalados por terceiros, mas devem ser verificados pelo montador antes deste iniciar a montagem. As fundações são executadas em concreto armado, normalmente por pessoal não familiarizado com a precisão requerida pelas estruturas de aço. Daí serem comuns os erros de alinhamento, nível, esquadro e distâncias nas bases de concreto. O melhor procedimento é orientar o construtor antes que ele execute as fundações, chamando a atenção para a precisão necessária.

O montador das estruturas deve constatar se existem erros, e verificar se estes se situam em uma faixa de tolerância que ainda possibilite a montagem sem problemas. Erros demasiadamente grandes podem inviabilizar a montagem, exigindo talvez a execução de novos blocos de fundação, vigas de equilíbrio ou mesmo a cravação de novas estacas. Em certos casos pode ser necessária a fabricação de novas peças da estrutura ou a alteração das existentes para viabilizar a montagem.

Alinhamento

Quando a placa de base de uma coluna recai fora do bloco de fundação correspondente, mesmo que parcialmente, o cliente deve ser comunicado do problema. Erros de alinhamento que deslocam uma coluna em relação a uma adjacente de uma distância maior que a folga do furo do chumbador na placa de base da coluna, devem ser examinados com cuidado. Grandes deslocamentos em relação ao projeto criam excentricidades que introduzem esforços não considerados, prejudicando a segurança. O montador deve considerar o fornecimento, ao construtor, de gabaritos para espaçamento e locação dos chumbadores, que evitaria um tipo de erro comum. Os chumbadores, figura 21, devem permanecer aprumados e firmemente instalados durante a concretagem das bases.

Estes gabaritos devem estar fixados na parte superior das formas, e estas firmemente contidas de modo a não se deslocarem antes ou durante a concretagem. Para se garantir que dos chumbadores não saiam do prumo, as extremidades inferiores (mergulhadas no concreto) devem manter a distância correta entre si e em relação as formas. Isto se obtém pela introdução de barras de vergalhão, por exemplo, no interior do bloco, de forma que estejam travadas de encontro às faces internas da forma e entre os chumbadores, fixadas por pontos de solda.



Figura 21 - Chumbadores com gabarito

Nivelamento

As estruturas devem ser montadas a partir de um mesmo plano horizontal de referência. As fundações devem ser verificadas topograficamente antes de iniciada a montagem, preferencialmente antes da mobilização do canteiro. O nivelamento das bases é feito em termos da diferença de nível medida, de cada base no nível do concreto bruto, em relação ao plano de referência. Se a diferença da base mais alta para a mais baixa exceder a uns 90mm, pode ser necessária alguma intervenção, seja para complementar as bases mais baixas, seja para reduzir a altura das mais altas. Ainda assim deve ser verificado se os chumbadores das bases mais baixas ainda estarão em condições de fixar as porcas das placas de base levando-se em conta sua perda de comprimento.

Corrigidos os erros mais graves, o montador irá então providenciar calços de nivelamento a serem assentados sobre o concreto bruto de cada base, de forma que suas faces superiores correspondam ao plano de referência. As placas de base das colunas ao serem montadas sobre estes calços, teoricamente estarão partindo de um mesmo plano de referência, evitando-se assim problemas de ajustes entre as peças da estrutura e de nivelamento das lajes.

Quando no projeto for especificado o grauteamento, figura 22, (entre a placa de base e o concreto bruto), este serviço só deverá ser feito depois do alinhamento corrigido e o aperto final dos chumbadores.



Figura 22 - Base grauteada

Esquadro

Sugere-se uma verificação geral do esquadro entre os blocos de fundação. Isto pode ser verificado topograficamente com o auxílio de distanciômetros que verifiquem se duas diagonais possuem a mesma medida. Pequenas distâncias podem ser verificadas com trenas metálicas de precisão. Poços de elevador devem ser examinados com precisão de cima a abaixo para assegurar as limitações de tolerância.

Prumo

Cada base pode receber dois ou mais calços, que devem estar perfeitamente nivelados entre si para não introduzir erros de prumo nas colunas. Entretanto, a despeito das precauções, as colunas podem ficar fora de prumo após o aperto dos chumbadores. Para a correção de pequenos erros nos calços, cunhas de aço podem ser confeccionadas e introduzidas entre a placa de base e o concreto bruto até que se obtenha o aprumamento da coluna.

Montagem

As primeiras peças a serem montadas são as colunas. Existem dois tipos principais de ligações das colunas com as fundações: a engastada e a rotulada. Na ligação engastada a coluna está transmitindo os esforços de flexão da estrutura para a fundação; trata-se portanto de uma ligação de grande rigidez. No outro tipo, ligação rotulada, pretende-se um vínculo entre a coluna e a fundação sem a transmissão de momento; é uma ligação

de menor rigidez. O que ocorre na prática, entretanto, é que a maioria das ligações rotuladas não constituem numa rótula perfeita. Assim como as ligações engastadas, as rotuladas suportam certa ordem de grandeza de carga momento, de valor bem menor que a coluna engastada equivalente. Uma rótula perfeita seria uma articulação pinada, como dobradiça, o que é raro de se encontrar nas estruturas mais comuns de edifícios.

Uma coluna rotulada poderá funcionar (durante a montagem), provisoriamente, como engastada e livre. Isto permite que se libere a coluna sem o risco de que a mesma venha a tombar. O tipo mais comum de ligação rotulada, formada por placa de base e dois chumbadores, constitui na verdade, uma ligação semi-engastada em uma direção (com um pequeno braço de alavanca proporcionado pelos chumbadores) e rotulada na outra. Entretanto, para que esta “rotula” funcione como tal, a placa de base deverá sofrer uma rotação em torno dos chumbadores, o que somente será possível pelo esmagamento do concreto da base na região comprimida pelo momento, conjugada com o escoamento dos chumbadores por tração. A possibilidade deste tipo de colapso deve ser examinada levando-se em conta que a própria coluna muitas vezes possui maior inércia e rigidez justamente nesta direção em que é rotulada.

Outra possibilidade de tombamento da coluna seria o colapso da solda entre o perfil da coluna e sua placa de base, o que é difícil de ocorrer, pois esta solda é equivalente aquela das colunas engastadas na maioria dos projetos, ou seja: é superdimensionada para ligação rotulada. Isto quer dizer que as colunas rotuladas poderão ser liberadas do guindaste durante a montagem, sem que para isso seja obrigatória a instalação de estais nas duas direções. Entretanto, devem ser impostos certos limites a este procedimento.

Para que não ocorram excessos perigosos a segurança da montagem, enumeram-se abaixo algumas recomendações a título de orientação:

- Iniciar a montagem da estrutura pelo núcleo de contraventamento, progredindo a montagem a partir deste módulo estável;
- Caso não seja possível iniciar a montagem pelo módulo contraventado, figura 23, criar estruturas provisórias de contraventamento na primeira parte da estrutura a ser montada;
- O índice de esbeltez da coluna “rotulada”, considerada engastada e livre (durante a montagem), com comprimento efetivo de flambagem igual ao dobro do comprimento real, não deve ultrapassar a 360; caso ameace ultrapassar este limite, montar a coluna com comprimento menor (menos pavimentos de altura) ou instalar estais nas duas direções;
- Imediatamente após a montagem da coluna, providenciar a montagem das vigas que a interligam a outras colunas nas duas direções, formando pórticos mais estáveis, e que reduzem o comprimento de flambagem; iniciar pelas vigas inferiores;
- Eliminar a possibilidade de algum choque de equipamentos ou veículos na coluna, seja antes, seja depois de sua estabilização definitiva (proporcionada pela montagem das vigas de interligação): antes, poderá ocorrer o colapso desta coluna; depois, poderá ocorrer o colapso de toda a estrutura;



Figura 23 - Núcleo de contraventamento em estruturas de edifícios

A ocorrência de flambagem lateral de uma coluna submetida apenas as cargas de montagem é bastante improvável, principalmente pelas limitações de esbeltez impostas pelas normas de dimensionamento estrutural. O limite imposto acima baseado na esbeltez não se deve ao risco de flambagem da coluna, e sim, visa a criar um parâmetro que expresse a tendência ao tombamento baseada na robustez da peça. É intuitivo perceber que quanto mais curta e compacta uma coluna, mais difícil será tombá-la.

A experiência demonstra que a força de um homem, ou mesmo do vento, dificilmente será capaz de tombar uma coluna chumbada nas fundações. Todavia, existe algo que possui força mais que suficiente e atua justamente na direção horizontal, mais propícia para fazer uma coluna tombar: um caminhão ou guindaste transitando descuidadamente junto a estrutura. Patolas extendidas e que por comodidade não foram recolhidas são as principais causadoras deste tipo de colapso. São os equipamentos que possibilitam a montagem que, paradoxalmente, também são capazes de fazer tudo ruir.

Todas as considerações acima a respeito de colunas rotuladas visam a dotar a montagem das estruturas de agilidade sem prejuízo da segurança necessária.

Para as colunas realmente engastadas de projeto, com quatro ou mais chumbadores externos ao perfil, as recomendações acima continuam válidas, porém com atenuantes.

As partes superiores das colunas, ou seja, aquelas a serem montadas sobre segmentos inferiores já montados, deverão estar firmemente ligadas ao segmento inferior antes de se soltar do guindaste. Será recomendável a existência de talas de fábrica no segmento inferior, para auxiliar no posicionamento e estabilização do segmento superior. O tipo de ligação mais comum, solda de topo, será parcialmente executada possibilitando a liberação do guindaste logo que possua solda suficiente para resistir aos esforços de montagem. As talas fornecerão parte da estabilidade requerida pela peça.

Antes de se montar o segmento superior das colunas, todas as vigas de interligação ao segmento inferior deverão estar montadas. Isto auxilia a estabilidade do conjunto como também cria pontos de acesso aos montadores.

A montagem das estruturas deve ser determinada por um plano de montagem a ser seguido no canteiro. O plano de montagem deve conter os seguintes pontos:

- Núcleo de contraventamento a ser montado primeiro;
- Plano de rigging com o dimensionamento do equipamento, seu posicionamento para a montagem das peças principais e dimensionamento dos acessórios de içamento;
- Seqüência de montagem a partir do núcleo inicial, com as colunas, vigas e contraventamentos em ordem estrita;
- Dimensionamento, posicionamento e tipo das estruturas provisórias de estabilização, se existirem.

Para a determinação da seqüência de montagem deverão ser seguidas certas premissas básicas. A primeira delas será em função do apoio de cada peça, ou seja: primeiramente as colunas, em seguida vigas principais e finalmente vigas secundárias. As vigas secundárias só podem ser montadas se as vigas principais que lhe fornecem apoio já estiverem presentes. Da mesma forma as vigas principais dependem das colunas de apoio em cada extremidade para serem montadas. A segunda premissa diz respeito ao trajeto: peças anteriormente montadas não devem obstruir o acesso das seguintes, seja por interceptar a lança do guindaste, seja por impedir a passagem da próxima peça no trajeto entre o solo e a posição final.

A terceira premissa é relativa ao acesso do pessoal de montagem, que devem ter um caminho seguro para alcançar o ponto de ligação da peça ao restante da estrutura.

A seqüência lógica de montagem das estruturas de edifícios será:

- Montar algumas colunas do núcleo de contraventamento;
- Montar as vigas principais que interligam as colunas umas às outras;
- Montar as estruturas de contraventamento entre as colunas;
- Montar as vigas secundárias que se apóiam nas vigas principais;
- Verificar prumo, alinhamento e esquadro;
- Torquear ligações parafusadas;
- Soldar ligações soldadas;
- Progredir com a montagem à partir deste núcleo.

Plano de “rigging”

Ao elaborar o planejamento de montagem de um edifício, deve-se compatibilizar o peso das peças a serem içadas com a capacidade dos equipamentos disponíveis, e com a localização destes no canteiro de obras. Isto induzirá à elaboração de um plano específico denominado plano de “rigging”, na forma de um procedimento, onde a movimentação vertical das peças desde o local da armazenagem até a sua posição final na estrutura é detalhada.

Para a elaboração do plano são necessárias as seguintes informações básicas :

- planta de situação do canteiro e locação das fundações;
- projeto da estrutura com dimensões e especificação das peças;
- listas de material com o peso das peças;
- acesso para a peça e o equipamento;
- seqüência de montagem;
- pré-dimensionamento do equipamento com tabelas de carga.

Para o pré-dimensionamento do guindaste deve-se conhecer o peso, a distância e a altura de montagem de cada peça. A partir destes dados, procede-se à determinação dos seguintes parâmetros relativos ao guindaste:

- O comprimento necessário da lança em função da cota de montagem e da localização do equipamento;
- a capacidade necessária em função do peso bruto;
- escolher o guindaste a partir dos itens acima e em função do raio de operação;

Repetir o procedimento com diversas peças e escolher o guindaste de forma a atender os piores casos tanto em relação a alcance quanto a capacidade.

Escolhido o guindaste procede-se às verificações de utilização, determinando :

- Altura do gancho: é igual à cota de montagem, somada a distância vertical dos cabos de içamento, com a altura total da peça mais uma folga de segurança;
- Raio de giro: É a distância do centro de giro da máquina ao centro de gravidade da peça;
- Ângulo da lança: É o ângulo de trabalho determinado no ponto de movimentação da lança e o plano horizontal;
- Capacidade: Determinada na tabela de carga, sendo função do comprimento da lança e o raio de giro. A capacidade deverá ser superior ao peso bruto da carga, com uma margem de segurança.

Determinadas as premissas básicas para a operação, como o guindaste e sua posição no canteiro, procede-se à apresentação do plano de “rigging”, contendo:

- Planta mostrando a situação do guindaste, a posição inicial da peça e o seu trajeto até a posição final;
- Desenho em elevação, em escala, mostrando o equipamento, a peça (com indicação do peso bruto), os cabos de içamento com as folgas existentes, bem como as estruturas já montadas nesta fase, figura 24;
- Dimensionamento dos acessórios: estropos (diâmetro, comprimento e ângulo de ligação), manilhas, balancim, olhais, etc.;
- Forma de patolamento e taxa de trabalho do terreno;

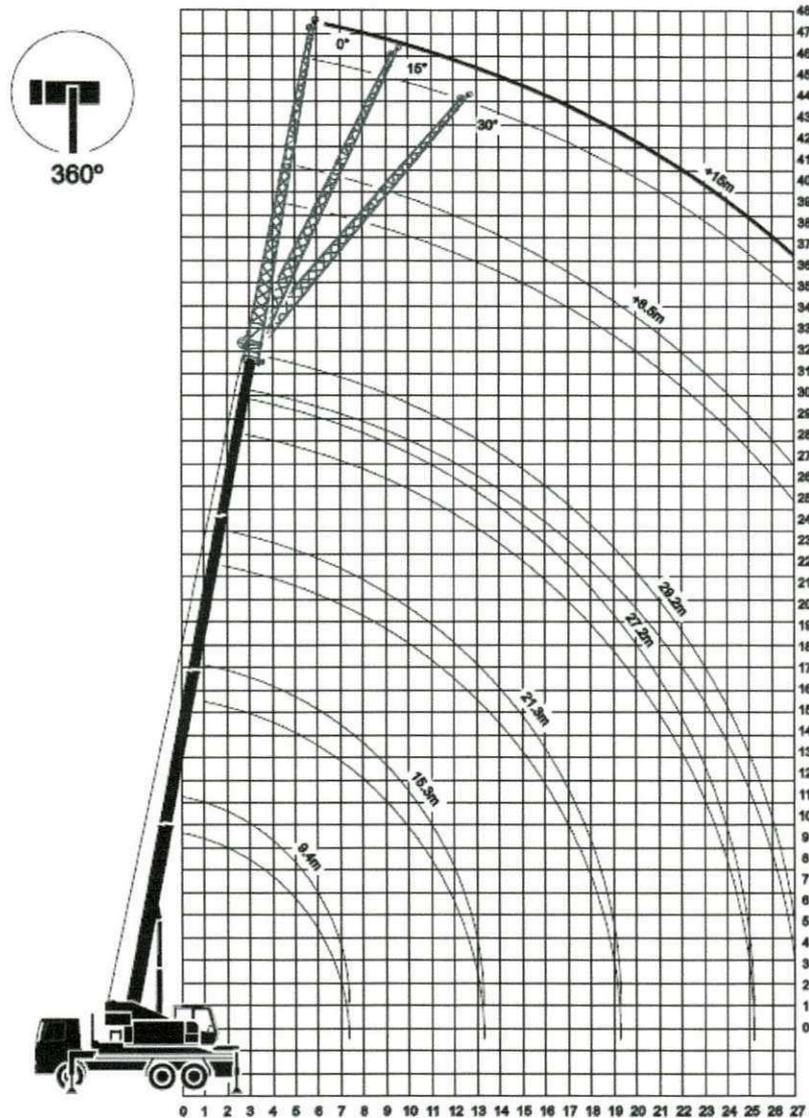


Figura 24 - Diagrama de operações de um guindastes.

- Cordas de segurança, cabos de estaiamento, contraventamentos provisórios, andaimes, etc.;
- Pessoal e localização dos profissionais envolvidos;
- Recomendações quanto à segurança da operação e dos operários;

2.2.5.10. Processo de Soldagem MIG-MAG

A soldagem a arco com eletrodos fusíveis sobre proteção gasosa, é conhecida pelas denominações de:

- MIG, quando a proteção gasosa utilizada for constituída de um gás inerte, ou seja um gás normalmente monoatômico como Argônio ou Hélio, e que não tem nenhuma atividade física com a poça de fusão.

- MAG, quando a proteção gasosa é feita com um gás dito ativo, ou seja, um gás que interage com a poça de fusão, normalmente CO₂ - dióxido de Carbono. GMAW, (abreviatura do inglês Gás Metal Arc Welding) que é a designação que engloba os dois processos acima citados.

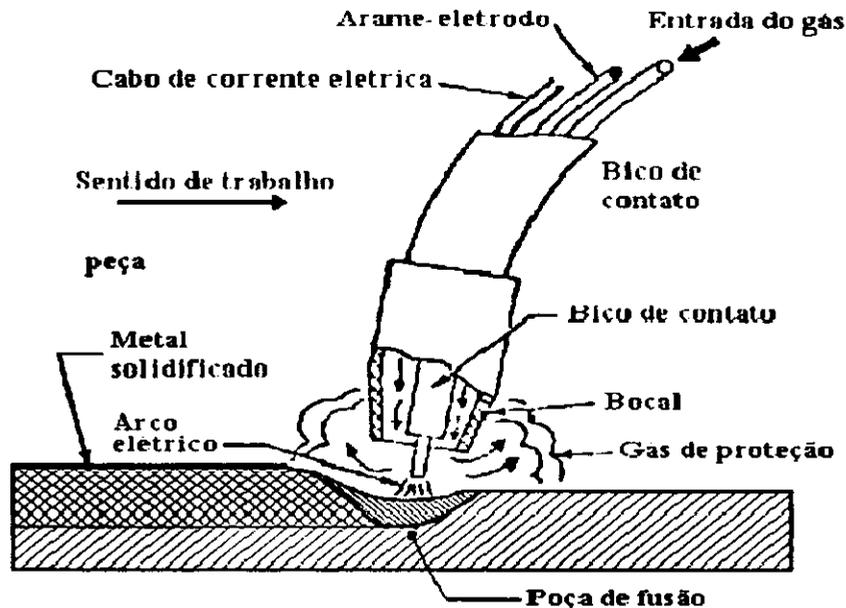


Figura 25 - Princípios básicos do processo MIG / MAG

Os dois processos diferem entre si unicamente pelo gás que utilizam, um vez que os componentes utilizados são exatamente os mesmos, figura 25.

Estes gases, segundo sua natureza e composição, tem uma influência preponderante nas características do arco, no tipo de transferência de metal do eletrodo à peça, na velocidade de soldagem, nas perdas por projeções, na penetração e no formato do cordão. Além disto, o gás também tem influência nas perdas de elementos químicos, na temperatura da poça de fusão, na sensibilidade a fissuração e porosidade, bem como na facilidade da execução da soldagem em diversas posições. Os gases inertes apresentam vantagens metalúrgicas enquanto o CO₂ puro, apresenta vantagens econômicas.

Como seria lógico de concluir, muitas vezes impossibilitados tecnicamente por um lado e economicamente por outro, acabamos por utilizar mistura dos dois tipos de gás, como por exemplo Argônio (inerte) com Oxigênio (ativo), Argônio com CO₂ e outros tipos de misturas.

Na verdade, se formos analisar puramente, 100% Argônio (ou Helio ou mix destes 2) são gases inertes, logo o processo se chamaria MIG. Qualquer adição de CO₂, O₂ ou H₂ deixaria a mistura com potencial de reação, ou seja ativa, e com isso o processo se chamaria MAG.

A questão de ser pouco ativo com teores baixos de CO₂ ou O₂ deve ser vista do ponto de vista da mistura (não de um gás). Quando se diminui o % de gás ativo (na mistura) o que ocorre é a diminuição do potencial ativo dela, NÃO a eliminação deste

potencial, ou seja, 1% de O₂ ou CO₂ em Argônio, tem um baixo potencial ATIVO, não é INERTE.

CO₂ e O₂ sempre serão ativos e, se adicionados em teores pequenos, o potencial de reatividade da mistura como um todo será menor. Isto é a interpretação termodinâmica da questão.

A interpretação de Engenharia da Soldagem, leva em consideração os vícios de linguagem. Por ex. soldagem de aço carbono sempre será solda MAG (embora ninguém a chame deste nome) devido a adição de CO₂ e ou O₂ na mistura.

Ha um vicio também de chamar as misturas para MIG inox (com baixos teores de CO₂/O₂) de inertes, o que é um erro conforme demonstrado acima, mas o mercado o faz na pratica.

Para a soldagem de aços ao carbono, a mistura mais utilizada é a mistura de argônio com CO₂ (ou com O₂) com alto percentual de Ar.

Com esta mistura é possível obter (a) a inertização do arco, poça de fusão, arame e zona fundida, (b) o molhamento adequado devido ao pequeno percentual de gás ativo, e (c) a mínima repulsão da gota o que proporciona a transferência em modo spray

Ainda falando de soldagem de aços ao carbono, é possível soldá-lo até com CO₂ puro. O CO₂ é um gás ativo e como tal atua diretamente na tensão superficial fazendo com que a gota aumente a dimensão e tenha massa suficiente para ser mais facilmente repelida no arco elétrico.

Esta repulsão é uma força que entra no sistema de equilíbrio de forças atuantes durante a transferência metálica. Uma transferência spray ocorre em maior densidade de energia que uma transferência por curto-circuito e precisa do total da energia do arco para se concretizar

A energia gasta na repulsão da gota é suficiente para que o modo spray não seja atingido. Na prática esta repulsão pode ser visualizada olhando (com máscara) atentamente para a ponta do arame durante a soldagem, e pela excessiva quantidade de respingos na soldagem com este gás.

Uma das características básicas deste processo, em relação aos outros processos de soldagem manuais, é sua alta produtividade, que é motivada, além da continuidade do arame, pelas altas densidades de corrente que o processo pode ser utilizado.

A tabela abaixo apresenta uma comparação entre os valores de densidade de corrente dos processos MIG MAG e eletrodo revestido.

Tabela 1 - Valores comparativos de densidade de corrente

| PROCESSO | DENSIDADE DE CORRENTE |
|--------------|-----------------------------|
| E. REVESTIDO | 5 a 20 A/mm ² |
| MIG MAG | 100 a 250 A/mm ² |

De um modo geral, pode-se dizer que as principais vantagens da soldagem MIG MAG são: alta taxa de deposição e alto fator de trabalho do soldador, grande versatilidade, quanto ao tipo de material e espessuras aplicáveis, não existência de fluxos de soldagem e, conseqüentemente, ausência de operações de remoção de escória e exigência de menor habilidade do soldador, quando comparada à soldagem com eletrodos revestidos.

A principal limitação da soldagem MIG MAG é a sua maior sensibilidade à variação dos parâmetros elétricos de operação do arco de soldagem, que influenciam diretamente na qualidade do cordão de solda depositado.

Além da necessidade de um ajuste rigoroso de parâmetros para se obter um determinado conjunto de características para solda, a determinação desses parâmetros para se obter uma solda adequada é dificultada pela forte interdependência destes, e por sua influência no resultado final da solda produzida.

O maior custo do equipamento, a maior necessidade de manutenção deste, em comparação com o equipamento para soldagem com eletrodos revestidos e menor variedade de consumíveis são outras limitações deste processo.

A soldagem MIG MAG e a soldagem com arame tubular, tem sido as que apresentaram um maior crescimento em termos de utilização, nos últimos anos em escala mundial.

Este crescimento ocorre principalmente devido à tendência à substituição, sempre que possível da soldagem manual por processos semi-automáticos, mecanizados e automáticos, para a obtenção de maior produtividade em soldagem.

Estes processos tem se mostrado os mais adequados dentre os processos de soldagem à arco, à soldagem automática e com a utilização de robôs.

➤ **EQUIPAMENTOS**

A soldagem MIG MAG é um processo em que a união de peças metálicas é produzida pelo aquecimento destas com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo consumível sem revestimento, e a peça de trabalho. A proteção do arco e da região de solda contra a contaminação da atmosfera, é feita por um gás, ou uma mistura de gases.

O processo de soldagem MIG MAG é considerado um processo semi-automático, em que a alimentação do arame-eletrodo é feita mecanicamente através de um alimentador motorizado, ficando para o soldador a responsabilidade pela iniciação e interrupção do arco, além da condução da tocha durante a execução da soldagem.

A alimentação do arco é garantida pela contínua alimentação do arame-eletrodo, enquanto que o comprimento do arco é, em princípio, mantido aproximadamente constante pelo próprio sistema, dentro de certos limites, independente dos movimentos do soldador.

O calor gerado pelo arco é usado para fundir as peças a serem unidas e o arame-eletrodo que é transferido para a junta como metal de adição.

O processo de soldagem MIG MAG pode ser utilizado em materiais em uma ampla faixa de espessuras.

No Brasil, o diâmetro dos arame-eletrodos utilizados varia entre 0,8 e 3,2 mm. No Japão, encontramos arames de menores diâmetros (0,5 mm) que irão facilitar os trabalhos em posições de soldagem diferentes da posição plana.

A transferência contínua de metal pela coluna de arco faz com que a eficiência do calor adicionado seja superior, neste caso, do que a soldagem pelo processo TIG.

A transferência é tão eficiente neste processo que até elementos muito ativos como o Titânio conseguem ser recuperados no metal de solda com relativa eficiência, desde que presentes no arame em forma de elementos de liga.

➤ **EQUIPAMENTOS PARA SOLDAGEM**

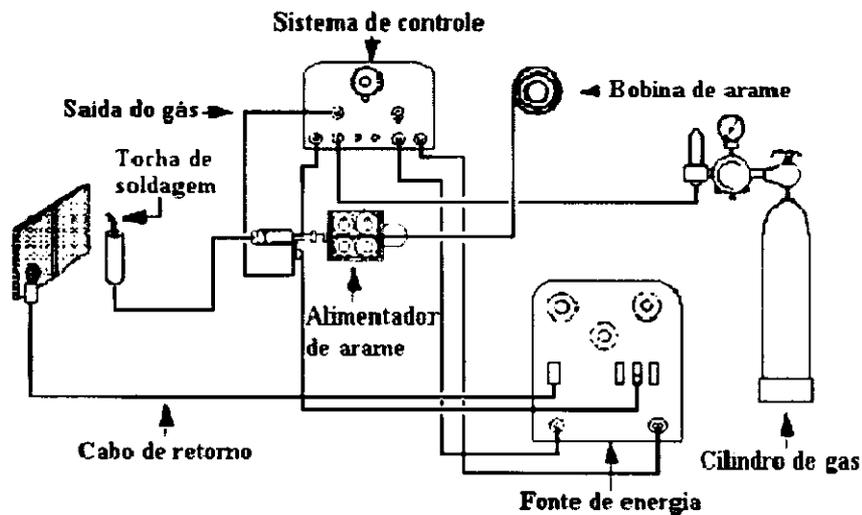


Figura 26 - Equipamento básico para a soldagem MIG MAG

O equipamento básico para soldagem MIG MAG, figura 26, consiste de uma fonte de energia, uma tocha de soldagem com um jogo de bocais, um alimentador de arame, um sistema de controle, um par de cabos elétricos, um jogo de válvulas reductoras para o gás de proteção, canalizações para transporte do gás (água se houver), uma fonte para o gás de proteção e uma garra para fixação do cabo a peça. Estes equipamentos podem ser vistos na figura acima e são descritos em seguida.

➤ **FONTES DE ENERGIA**

O processo utiliza corrente do tipo contínua que pode ser fornecida por um conjunto transformador-retificador ou por um conversor.

A forma da característica estática da fonte pode ser do tipo corrente constante ou tensão constante, conforme o sistema de controle do equipamento.

Quando se utiliza uma fonte do tipo tensão constante, a velocidade de alimentação do arame-eletrodo se mantém constante durante a soldagem. Este sistema é mais simples e mais barato.

Com a fonte de energia do tipo corrente constante o comprimento do arco é controlado pelo ajuste automático da velocidade de alimentação do arame. este tipo de sistema é particularmente recomendado para arames de diâmetro superior a 1.2 mm.

Para certas aplicações particulares, pode-se sobrepor à corrente principal uma certa corrente pulsada, proveniente de um segundo gerador ligado ao primeiro.

➤ *TOCHA , BICOS DE CONTATO E BOCAIS*

A tocha de soldagem consiste basicamente de um bico de contato, que faz a energização do arame-eletrodo, de um bocal que orienta o fluxo de gás protetor e de um gatilho de acionamento do sistema.

O bico de contato é um pequeno tubo à base de cobre,cujo diâmetro interno é ligeiramente superior ao diâmetro do arame-eletrodo, e serve de contato elétrico deslizante.

O bocal é feito de Cobre ou material cerâmico e deve ter um diâmetro compatível com a corrente de soldagem e o fluxo de gás a ser utilizado numa dada aplicação.

O gatilho de acionamento movimenta um contator que está ligado ao primário do transformador da máquina de solda, energizando o circuito de soldagem, além de acionar o alimentador de arame e uma válvula solenóide, que comanda o fluxo de gás protetor para a tocha.

As tochas para soldagem MIG MAG,figura 27, podem ser refrigeradas a água ou pelo próprio gás de proteção, dependendo de sua capacidade, dos valores de corrente utilizados e do fator de trabalho.

Quanto ao formato, as tochas podem ser retas ou curvas, sendo as mais utilizadas as do tipo "pescoço de cisne" que são as que oferecem maior manejabilidade. Na figura pode ser observado o esquema de uma tocha de soldagem MIG MAG.

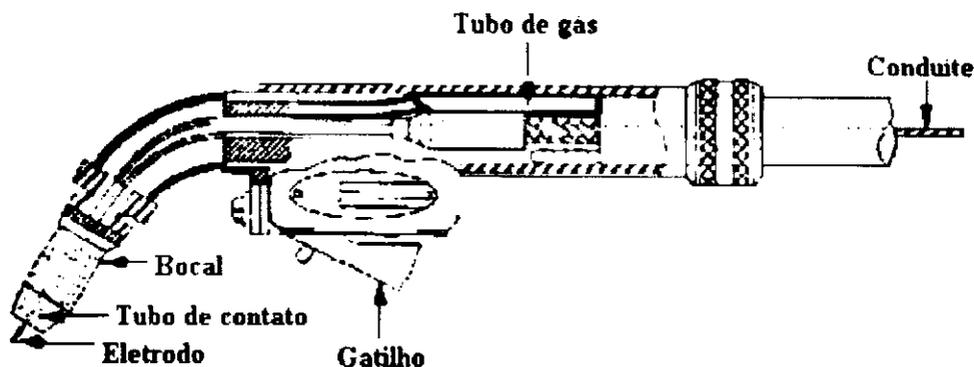


Figura 27 - Tocha para soldagem MIG - MAG

➤ **ALIMENTADOR DE ARAME**

O alimentador de arame normalmente utilizado, é acionado por um motor de corrente contínua e fornece arame a uma velocidade constante ajustável numa ampla faixa. Não existe qualquer ligação entre o alimentador e a fonte de energia, entretanto ajustando-se a velocidade de alimentação de arame, ajusta-se a corrente de soldagem fornecida pela máquina, devido as características da fonte e do processo.

O arame é passado entre um conjunto de roletes chamados de roletes de alimentação que podem estar próximos ou longe da tocha de soldagem e, dependendo da distância entre o carretel de arame e a tocha de soldagem, um ou outro tipo de alimentador apresenta melhores resultados.

➤ **SISTEMA DE CONTROLE**

O sistema de controle permite a verificação e o ajuste de alguns parâmetros de soldagem, como por exemplo: velocidade de alimentação do arame, corrente e tensão de soldagem, etc. Estes vários controles estão normalmente em um único painel.

Também neste processo, o sistema de controle é a parte que consideramos o "coração" do equipamento de soldagem.

Deve ser sempre manipulado com cuidado, especialmente, quando transportado, devido ao grande número de componentes eletro-eletrônicos que se encontram em seu interior.

➤ **CABOS ELÉTRICOS E GARRAS DE FIXAÇÃO**

O processo necessitará, como no caso da soldagem com eletrodos revestidos, de cabos para transporte da eletricidade. As garras de fixação servem para prender o cabo de retorno da eletricidade.

Deve ser verificado se prendem a peça com boa fixação, e se a fixação do cabo de soldagem nelas está feito de maneira adequada.

➤ **CANALIZAÇÕES E VÁLVULAS REDUTORAS**

A tocha de soldagem manipulada pelo operador é conectada ao equipamento de soldagem por uma série de cabos e canalizações. Para além do cabo de transporte da eletricidade e da espiral que leva em seu interior o arame-eletrodo, existem também as canalizações do gás de proteção (obrigatória), e nos casos de tochas refrigeradas à água, as canalizações para a água.

Estas canalizações devem ser constituídas de mangueiras de resistência compatível com as pressões de trabalho utilizadas, e, em suas extremidades, serem fixadas por abraçadeiras.

➤ **FONTE DE GÁS**

Os diversos gases de proteção, que serão vistos mais adiante, estão normalmente contidos em garrafas de aço de alta resistência. A garrafa é colocada na instalação na proximidade do posto de trabalho, e é equipada de um conjunto redutor-manômetro, que baixa a pressão do gás a um valor conveniente para a alimentação da tocha de soldagem, e que permite a regulação da vazão expressa em litros por minuto.

No caso de várias instalações funcionarem na mesma oficina, a fonte de gás pode ser substituída de um cilindro único, por uma central de vários cilindros conectados entre si num sistema único.

Esta central deve ter um conjunto redutor único, e o gás é distribuído por canalização à pressão desejada, a vazão é regulada por cada operador por meio de um manômetro local e individual.

No caso de consumos muito elevados pode-se adquirir o gás em sua forma líquida, ficando este também em uma instalação centralizada.

Estas duas últimas formas citadas, são investimentos inicialmente maiores, porém proporcionam numerosas vantagens, das quais algumas são citadas à seguir:

- eliminação de garrafas no interior das oficinas
- ganho de espaço
- melhor aproveitamento do conteúdo das garrafas
- funcionamento contínuo sem risco de interrupção da alimentação de gás durante a soldagem.
- ganhos de tempo (trocas de garrafas)
- aumento da segurança

➤ **Consumíveis**

Os principais consumíveis utilizados na soldagem MIG MAG, são o arame-eletrodo e os gases de proteção.

Os arames para soldagem são constituídos de metais ou ligas metálicas que possuem composição química, dureza, condições superficiais e dimensões bem controladas.

Arames de má qualidade em termos destas propriedades citadas, podem produzir falhas de alimentação, instabilidade do arco e descontinuidades no cordão de solda. Arames de aço Carbono geralmente recebem uma camada superficial; de cobre com o objetivo de melhorar seu acabamento superficial e seu contato elétrico com o bico de Cobre.

Os arames de aço usados com proteção de CO₂ contêm maiores teores de Silício e Manganês em sua composição, devido a sua ação desoxidante. A seleção do arame a ser utilizado em uma dada operação, é feita em termos da composição química do metal de base, do gás de proteção a ser usado e da composição química e propriedades mecânicas desejadas para a solda. A tabela relaciona as especificações AWS de arames para soldagem MIG MAG.

Tabela 2 - Especificações AWS de materiais de adição para MIG/MAG

| ESPECIFICAÇÃO | MATERIAIS |
|----------------------|--------------------------|
| AWS - A5.10 | ALUMÍNIO E SUAS LIGAS |
| AWS - A5.7 | COBRE E SUAS LIGAS |
| AWS - A5.9 | AÇO INOX COM ALTO Cr |
| AWS - A5.14 | NIQUEL E SUAS LIGAS |
| AWS - A5.16 | TITÂNIO E SUAS LIGAS |
| AWS - A5.18 | AÇO CARBONO E BAIXA LIGA |
| AWS - A5.19 | MAGNÉSIO E SUAS LIGAS |

➤ **GASES DE PROTEÇÃO**

Os gases de proteção utilizados em soldagem MIG MAG podem ser inertes, ativos ou misturas destes dois tipos. O tipo de gás influencia as características do arco e transferência do metal, penetração largura e formato do cordão de solda, velocidade de soldagem, tendência a aparecimento de defeitos e o custo final do cordão de solda.

Os principais gases e misturas utilizados na soldagem MIG MAG são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 3 - Gases e misturas utilizadas na soldagem MIG/MAG

| Gás ou mistura | Comportamento químico | Aplicações |
|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Argônio (Ar) | inerte | quase todos metais (- aço) |
| Hélio (He) | inerte | Al, Mg, Cu e suas ligas |
| Ar + 20 a 50 % He | inerte | ídem He (melhor que 100% He) |
| Ar + 1 a 2 % O ₂ | ligeiram. oxidante | aços inóx e alg. ligas Cu |
| Ar + 3 a 5 % O ₂ | oxidante | aços Carb. e alguns b. liga |
| CO ₂ | oxidante | aços Carb. e alguns b. liga |
| Ar + 20 a 50 % CO ₂ | oxidante | div. aços - transf. c. circ |
| Ar + CO ₂ + O ₂ | oxidante | diversos aços |

Os gases inertes puros são utilizados principalmente na soldagem de metais não ferrosos, principalmente os mais reativos como Titânio e Magnésio.

Na soldagem de metais ferrosos, a adição de pequenas quantidades de gases ativos melhora sensivelmente a estabilidade do arco e a transferência de metal. Para aços Carbono e baixa liga, o custo da soldagem pode ser reduzido com a utilização de CO₂ como gás de proteção.

De um modo geral, com a utilização de Hélio e CO₂ obtém-se maiores quedas de tensão e maior quantidade de calor gerado no arco de soldagem para uma mesma corrente e comprimento de arco, em relação ao Argônio, devido a maior condutividade térmica destes gases. Em geral, misturas contendo He são utilizadas em peças de maior espessura.

A figura 28 mostra o perfil do cordão de solda característico para diversos gases e misturas. Entretanto, deve-se lembrar que o perfil do cordão de solda também pode ser alterado por alterações nos parâmetros de soldagem.

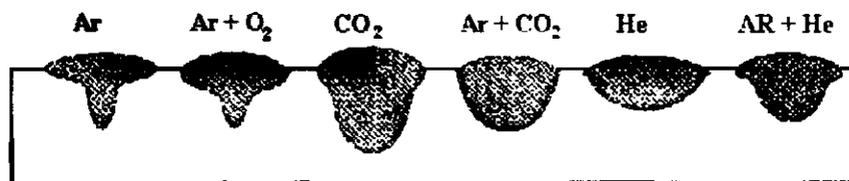


Figura 28 - Perfil de cordões de solda feitos com diferentes gases

➤ **GENERALIDADES SOBRE ALGUNS GASES DE PROTEÇÃO**

Argônio e Hélio

São utilizados frequentemente para a soldagem de metais não ferrosos. Em ligas ferrosas, quando puros, causam instabilidade e salpicos.

Hélio apresenta maior condutividade térmica do que o Argônio, o que resulta em maior área de penetração da soldagem. Para correntes iguais, o Hélio apresentará maior potência de arco.

Daí a preferência de seu uso em soldagens de materiais de elevada espessura, especialmente aqueles de elevada condutividade térmica, tais como Alumínio e Cobre. Para ligas ferrosas, em chapas finas ou em soldagens fora de posição, a preferência é pelo Argônio.

O Hélio é cerca de 10 vezes mais leve do que o Argônio, isto resultará em maior consumo para garantir a mesma proteção à soldagem. A transferência por spray é melhor obtida com Argônio do que com Hélio. O custo do Hélio é muito maior do que o do Argônio na maioria dos países que não tem Hélio em suas riquezas naturais

Adições de O₂ e CO₂ ao argônio ou helio

Adições de O₂ e CO₂ ao Argônio ou Hélio melhoram a transferência metálica, estabilizam o arco e minimizam os salpicos nos aços. Em alguns casos pode causar porosidade e perdas de elementos de liga como por exemplo: Cromo, Vanádio, Titânio, Manganês e Silício devido ao seu poder oxidante. Para se evitar este problema, deve-se utilizar arames com desoxidantes.

Em soldagens de aços inoxidáveis com teor de Carbono menor que 0,07%, pode ocorrer aumento do teor de Carbono do metal depositado com a adição de CO₂ no gás de proteção. Isto acarretará problemas futuros de corrosão.

CO₂ puro

A utilização de CO₂ puro como gás de proteção apresenta, inicialmente, uma vantagem muito grande em comparação a utilização de gases inertes que é o custo do gás.

Por isto sua utilização na soldagem de aços Carbono tem aumentado muito ultimamente. A utilização deste gás possibilita a transferência metálica ocorrer tanto em modo globular ou curto circuito.

A obtenção de transferência tipo spray com a utilização deste gás é discutível, e de qualquer forma, instável e com muitos salpicos. Uma outra característica deste gás é sua característica oxidante.

Na elevada temperatura do arco, o CO₂ se decompõe em monóxido de Carbono (CO) e Oxigênio (O₂). O O₂ livre oxida o ferro do metal de base dando FeO e este reage com o Carbono da poça de fusão liberando monóxido de carbono (gás) que pode vir a provocar porosidades no cordão de solda. Em temperaturas mais baixas, parte deste CO se decompõe em Carbono e Oxigênio.

De acordo com a quantidade original de Carbono na poça de fusão, o efeito final poderá ser de aumentar ou diminuir o conteúdo definitivo de Carbono no cordão solidificado.

Para evitar isto, os arames recomendados para a soldagem sob proteção de CO₂, possuem em sua composição, quantidades altas de desoxidantes, principalmente Manganês e Silício, pois estes apresentam maior afinidade química pelo O₂ do que o Carbono.

O silicato de Manganês assim formado se deposita sobre os cordões como uma capa fina e descontínua de escória facilmente destacável.

O manganês cumpre também a função de dessulfurante, formando MnS.

Certas composições de arames conhecidos como "triplo-desoxidados" apresentam para além do Manganês como desoxidante um outro elemento para esta função. Este elemento pode ser: Alumínio, Titânio ou Zircônio.

➤ *VARIÁVEIS*

A habilidade manual requerida para o soldador no processo MIG MAG é menor do que a necessária para a soldagem com eletrodos revestidos, uma vez que a alimentação do arame é mecanizada, dispensando com isto o movimento de mergulho da tocha em direção a poça de fusão.

No entanto, a otimização de parâmetros é mais difícil de ser feita devido ao maior número de variáveis existentes neste processo.

A abertura do arco se dá por toque do eletrodo na peça. Como a alimentação é mecanizada, o início da soldagem é feita aproximando-se a tocha à peça e acionando o gatilho.

Neste instante é iniciado o fluxo de gás protetor, a alimentação do arame e a energização do circuito de soldagem.

Depois da formação da poça de fusão, a tocha deve ser deslocada ao longo da junta, com uma velocidade uniforme. Movimentos de tecimento do cordão devem ser executados quando necessários.

Ao final da operação simplesmente se solta o gatilho da tocha que interromperá automaticamente a corrente de soldagem, a alimentação do arame e o fluxo de gás, extinguindo com isto, o arco de soldagem.

O processo de soldagem MIG MAG utiliza normalmente corrente contínua e polaridade inversa (eletrodo positivo), que é o tipo de corrente que apresenta melhor penetração e estabilidade de arco.

Polaridade direta pode eventualmente ser utilizada para aumentar a velocidade de deposição, quando não for necessária grande penetração (revestimentos), porém causa grande instabilidade de arco.

A corrente alternada não é normalmente utilizada em MIG MAG.

2.2.6. Gráfico de Grant

(MATTOS 2010) O diagrama de Gantt, figura 29, é um gráfico usado para ilustrar o avanço das diferentes etapas de um projeto. Os intervalos de tempo representando o início e fim de cada fase aparecem como barras coloridas sobre o eixo horizontal do gráfico. Desenvolvido em 1917 pelo engenheiro social Henry Gantt, esse gráfico é utilizado como uma ferramenta de controle de produção.

Nele podem ser visualizadas as tarefas de cada membro de uma equipe, bem como o tempo utilizado para cumpri-la. Assim, pode-se analisar o empenho de cada membro no grupo, desde que os mesmos sejam associados, à tarefa, como um recurso necessário ao desempenho da mesma.

Associado a esta idéia, está o fato de esta forma de representação gráfica, das atividades de um projeto, permitir, ainda, avaliar os seus custos, resultante do consumo de recursos necessários à conclusão de cada uma das tarefas do mesmo. A forma de balizar o desempenho do projeto, por medição relativa entre o tempo decorrido, e o grau atual de conclusão da tarefa, perante o previsto, e a partir do diagrama de Gantt, permite tirar conclusões sobre o seu desempenho em termos de custo e prazo. Uma das técnicas de balizamento, mais freqüentes, e utilizadas para aquele efeito, é chamado de EVM (Earned Value Management).

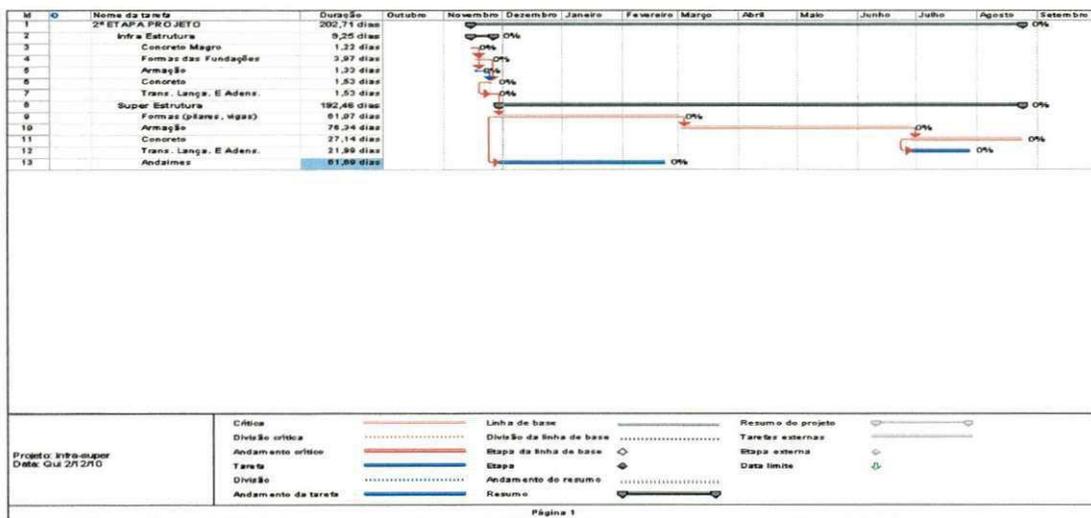


Figura 29 - Gráfico de Grantt elaborado pelo programa MS-Project 2007 Microsoft.

2.2.7. Diagrama de Ishikawa

(Mattos Aldo – 2010) O Diagrama de **Ishikawa**, figura 30, também conhecido como "Diagrama de Causa e Efeito" ou "Espinha-de-peixe", é uma ferramenta gráfica utilizada pela Administração para o Gerenciamento e o Controle da Qualidade (CQ) em processos diversos de manipulação das fórmulas. Originalmente proposto pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943 e aperfeiçoado nos anos seguintes.

Este diagrama também é conhecido como 6M pois, em sua estrutura, todos os tipos de problemas podem ser classificados como sendo de seis tipos diferentes:

- Método
- Matéria-prima
- Mão-de-obra
- Máquinas
- Medição
- Meio ambiente

Este sistema permite estruturar hierarquicamente as causas potênciais de determinado problema ou oportunidade de melhoria, bem como seus efeitos sobre a qualidade dos produtos. Permite também estruturar qualquer sistema que necessite de resposta de forma gráfica e sintética(melhor visualização).

O diagrama pode evoluir de uma estrutura hierárquica para um diagrama de relações, uma das sete ferramentas do Planejamento da Qualidade ou Sete Ferramentas da Qualidade por ele desenvolvidas, que apresenta uma estrutura mais complexa, não hierárquica.

Ishikawa observou que embora nem todos os problemas pudessem ser resolvidos por essas ferramentas, ao menos 95% poderiam ser, e que qualquer trabalhador fabril poderia efetivamente utilizá-las. Embora algumas dessas ferramentas já fossem conhecidas havia algum tempo, Ishikawa as organizou especificamente para aperfeiçoar o Controle de Qualidade Industrial nos anos 60.

Talvez o alcance maior dessas ferramentas tenha sido a instrução dos Círculos de Controle de Qualidade (CCQ). Seu sucesso surpreendeu a todos, especialmente quando foram exportados do Japão para o ocidente. Esse aspecto essencial do Gerenciamento da Qualidade foi responsável por muitos dos acréscimos na qualidade dos produtos japoneses, e posteriormente muitos dos produtos e serviços de classe mundial.

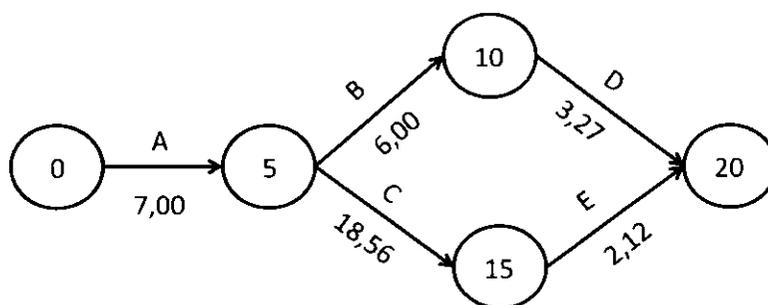
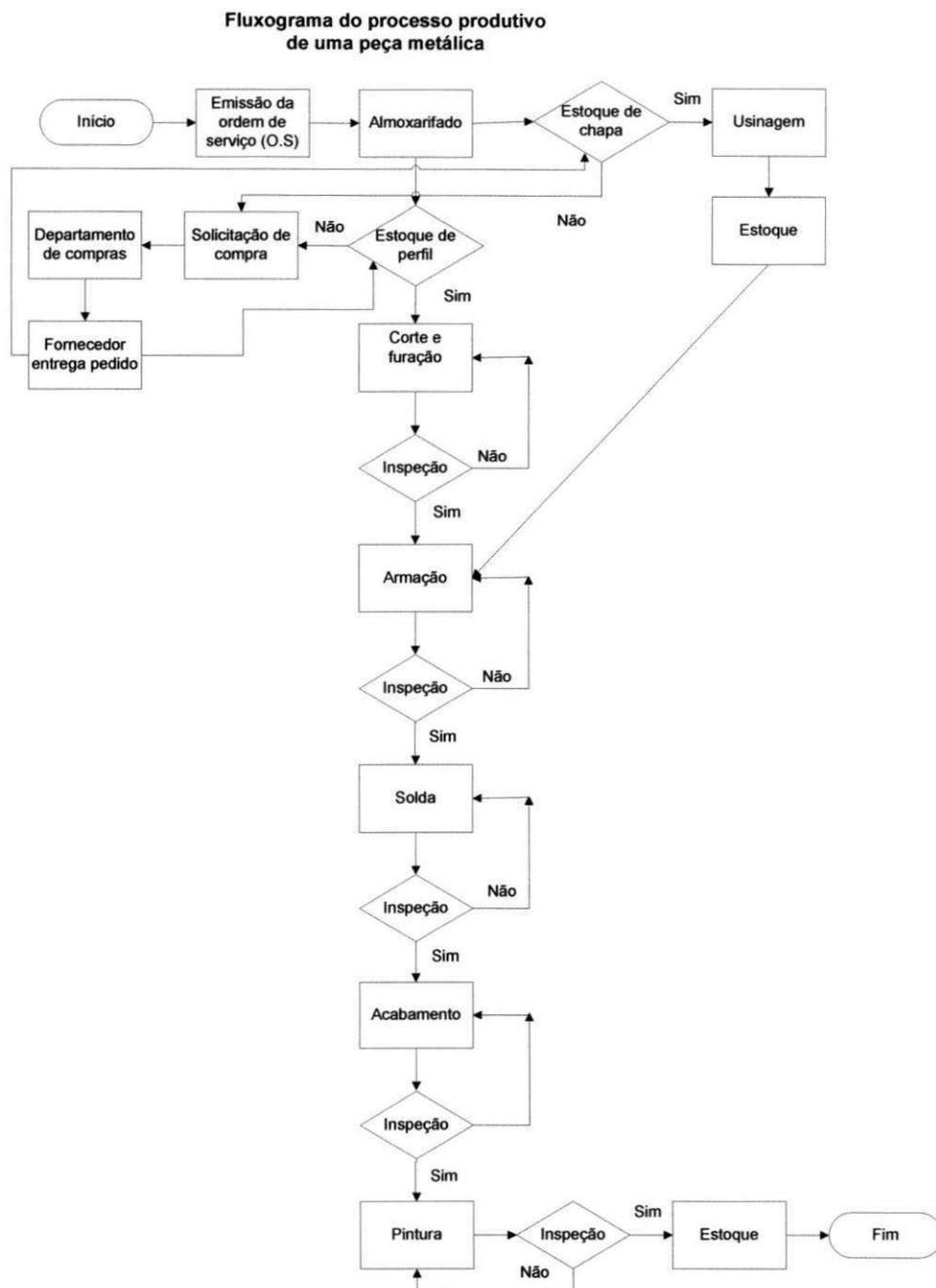


Figura 30 - Diagrama Ishikawa.

2.2.8. Fabricação

O processo de fabricação de peças metálicas tem como etapas conforme no fluxograma 1.0



Fluxograma 1.0 – Descrição do processo de fabricação de peças metálicas.

2.2.8.1. Usinagem

Nesta etapa do processo, as chapas e perfis são furados e cortados, seguindo as especificações do projeto. Para o corte e perfuração de perfis, é utilizado a máquina DANOBAT, figura 31, já para chapas com espessura menor que 22 mm, é utilizada a

maquina da OXIPIRA, figura 32. Chapas com espessura maior que 22 mm são cortadas através do maçarico. Utilizando o processo de oxi-corte.



Figura 31 - Máquina DANOBAT em operação



Figura 32 - Máquina OXIPIRA em operação

2.2.8.2. Armação

Nesta etapa são unidas as chapas e perfis, conforme o detalhamento da peça, por meio de pontos de solda MIG/MAG, figura 36. Para a fixação das chapas no perfil, o projeto define um determinado tipo de chafro e garganta efetiva, dependendo das cargas que atuam sobre a peça. Segue abaixo nas figuras 33 e 34, os elementos que compõem um detalhamento de uma peça.

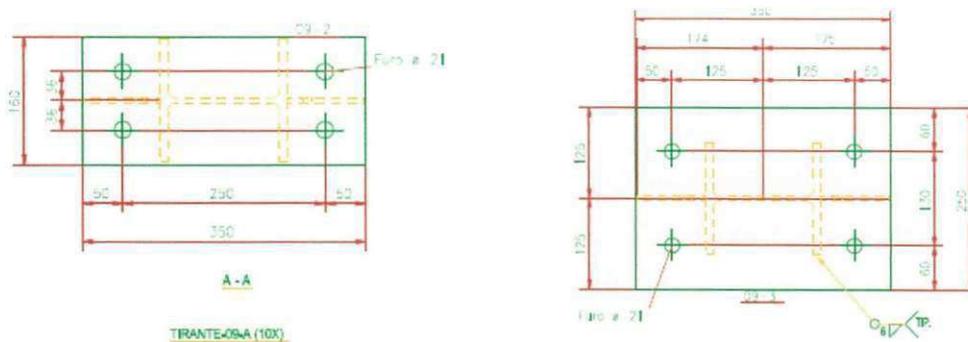


Figura 33 - Detalhamento de chapas de base e topo.

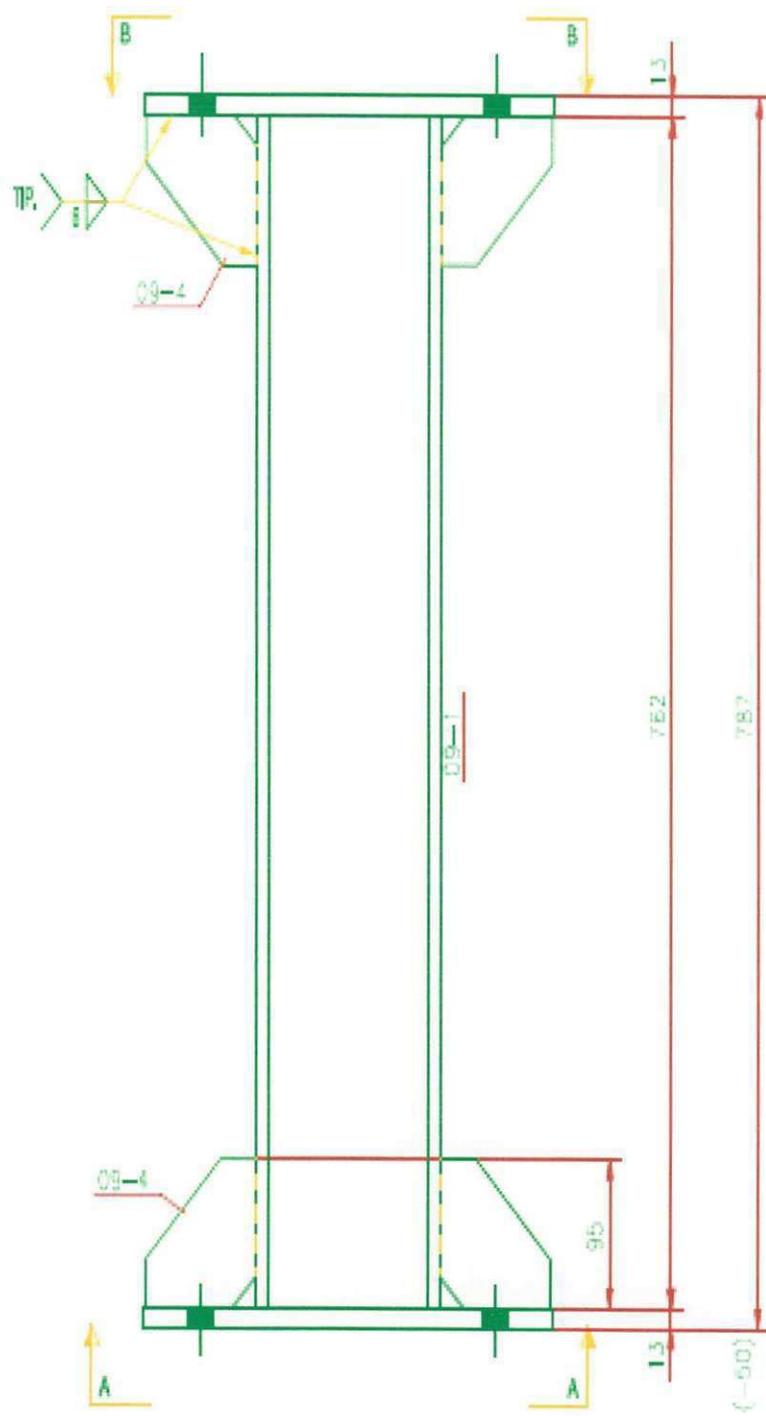


Figura 34 - Detalhamento de um pilar.

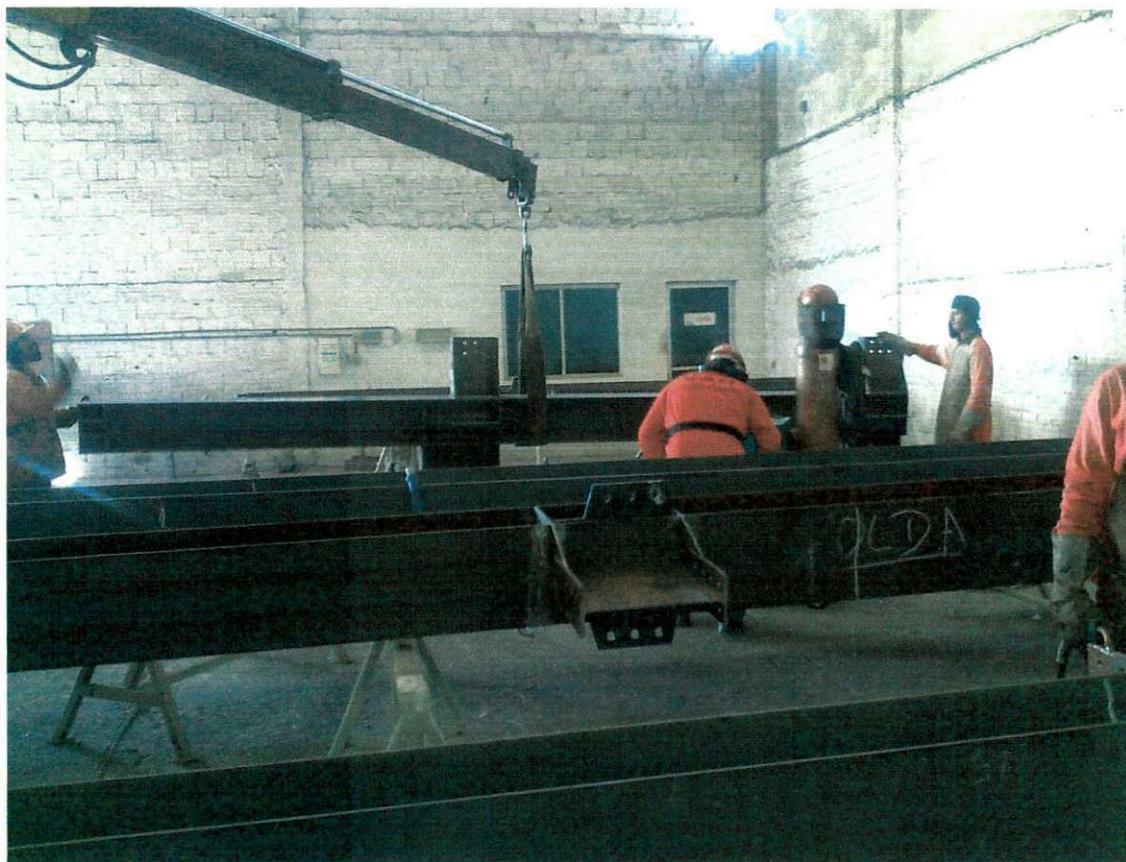


Figura 35 - Armação dos pilares do 6º e 7º pavimento da obra do shopping Boa Vista.

A superfície onde será trabalhada deveser preparada por meio do linchamento, figura 35, utilizado um disco de desbaste alçar FTU 76, segundo especificado na AWS - 5.1. Essa preparação tem como intuito a retirada de impurezas as quais podem comprometer a qualidade da solda.

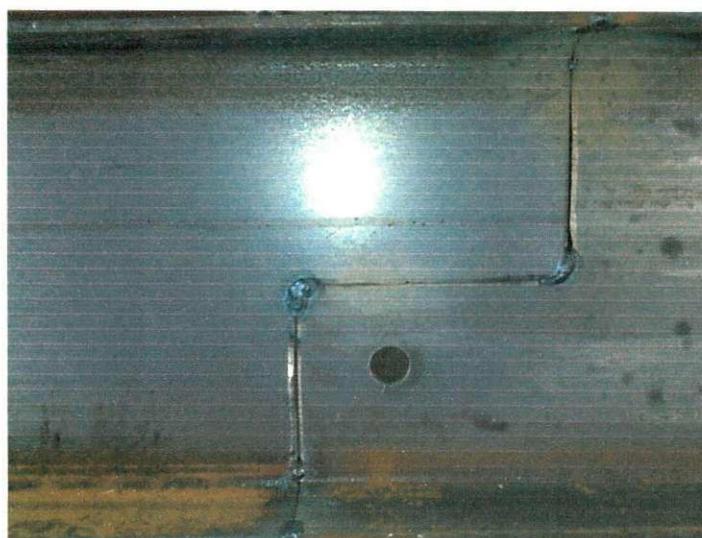


Figura 36 - Método de ponteamto utilizado o processo de soldagem MIG/MAG.



Figura 37 - Chanfo bisel de 60° com solda garganta efetiva de 6mm, dado em uma pilar da obra.

2.2.8.3. Soldagem

Após armado, a peça será soldada através do processo MIG/MAG, obedecendo todos os parâmetros exigidos pela AWS – 5.1/D1.1, como:

Arames MIG/MAG: Deveram ser armazenados que estufas onde não entraram em contato com a umidade. Ao serem retirados para o manuseio, o soldador deverá utilizar luvas para que sua pele não entre em contato com o mesmo. Segue abaixo uma foto da máquina de solda Balmer 355 D, utilizada no processo de soldagem, figura 38.



Figura 38 - Máquina de solda Balmer 355D.

Maquina de Solda: Checar a amperagem a ser trabalhada dependendo das dimensões do chanfro. Limpar o bico da tocha MIG/MAG para se evitar o emperramento do arame MIG/MAG mediante o processo de soldagem.

EPI's: Se utilizar de todo os equipamentos de seguranças necessários segunda a AWS – 5.0, para evitar a radiação da solda e/ou qualquer tipo de acidentes.

Dependendo do tipo do detalhamento da peça o tipo de solda será diferente, podendo ser uma solda em filete ou uma solda de raiz. Soldas de filetes geralmente são utilizadas em peças o que não sofrem muito carregamento, ao contrario das solda de raiz.

2.2.8.4. Acabamento

O processo de acabamento é realizado com uma escova de aço, para a retirada de toda a parte oxidada da peça e assim preparar a superfície para aplicação da tinta. Segue a baixo na figura 39 o processo de acabamento com escova de aço. Figura 51.



Figura 39 - Processo de acabamento utilizando a escova de aço trançada de 4”.

2.2.8.5. Pintura

Nesta etapa a peça será tratada com a tinta WEGPOXI ERD 313, para se evitar a ação de certos agentes, como chuva, umidade, poeira, entre outras. Esse processo se divide em duas etapas:

- Homogeneização da tinta.
- Aplicação da tinta.

A homogeneização das tintas antes do seu uso é fundamental, pois as tintas são constituídas de produtos em suspensão e que pela força da gravidade se sedimentam formando duas fases distintas. Uma parte líquida superior com o veículo (solvente + resina + aditivos líquidos) e a outra inferior, a sedimentação, (pigmento sedimentado + cargas e aditivos sólidos). Os pigmentos das tintas são partículas muito pequenas, da ordem de 0,1 a 1,0 micrometros, mas possuem massa e acabam se depositando no fundo da lata. Por isso, é necessário mexer bem a tinta, com cuidado para que todo o pigmento seja redisperso. A homogeneização é fundamental para que a tinta fique em condições de uso.

O processo de homogeneização pode ser aplicado para tintas

- Monocomponente
- Bicomponente

Após a Homogeneização a tinta é aplicada com duas demãos, e com uma espessura de 150 micro metros. O processo de cura da tinta demora aproximadamente 6 horas

para que a peça possa ser embarcada para obra, sem ter maiores preocupações em manutenções posteriores a primeira aplicação.

3. Resultados e Analises

3.1. Planejamento

O empreendimento do shopping Boa Vista é definida como um edifício de dezessete andares, peso total mil setecentos toneladas, área construtiva trinta mil oitocentos e quarenta metros quadrados. A equipe de trabalho em obra é composta por engenheiro, encarregado de montagem, técnico de segurança, auxiliares de montagem, soldadores, pintores. O número de trabalhadores varia de acordo com a demanda de atividades da obra.

Com o total de 965 pilares e 2896 vigas,tem o seu peso distribuído pelos seguintes escopo, como segue na tabela 15:

Tabela 4 - Quadro resumo do escopo da obra.

| | PERFIL (kg) | CHAPA (kg) | TOTAL (kg) |
|------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1° AO 15° PAV | 1.342.915,85 | 212.385,83 | 1.555.301,68 |
| RAMPA CURVA | 91.317,01 | 16.893,40 | 108.210,41 |
| RAMPA | 22.974,14 | 238,28 | 23.212,43 |
| ESCADA I | 12.779,81 | 2.330,25 | 15.110,06 |
| ESCADA II | 10.514,49 | 2.298,40 | 12.812,89 |
| ESCADA III | 2.617,65 | 439,73 | 3.057,38 |
| | | TOTAL | <u>1.717.704,85</u> |

Após um breve resumo da obra, abordaremos a seguir os resultados obtidos durante o período de estágio.

3.1.1. Montagem

➤ Análise de cenário

Para realizar o planejamento foi se analisado um período de montagem de vigas e pilares referentes aos dias 6 a 10 de julho para vigas, e 21 a 23 de abril para pilares, conforme apresenta abaixo.

Coefficiente hora/Tonelada (h/T)

Este coeficiente empírico unitário, tem como objetivo referencial para o calculo de tempo e eficiência da montagem de pilares e vigas. Tal coeficiente tem como base a quantidade de hora trabalhada por um operário, 7,333 horas, e o peso da peça em questão.

Calculo do coeficiente (VIGAS)

Tomando como base as peças montadas por dia de obra, temos os seguintes dados;

Tabela 5 - Vigas montadas dos dias, 6,7,8,10 de junho, referentes ao 5º pavimento.

| PEÇAS | DESCR. | DIA | h prod. | PERFIL | | | COMP. (m) | PESO (kg) | COEF. (h/T) | | | |
|-------|--------|--------|---------|--------|-------|--------|-----------|-----------|-------------|--------|--------|--------|
| 1 | VIGA | 06/jun | 7,333 | W410 | # | 46,1 | 4,56 | 210,22 | 2,5091 | | | |
| 2 | VIGA | | | W410 | # | 46,1 | 4,56 | 210,22 | | | | |
| 3 | VIGA | | | W410 | # | 46,1 | 4,56 | 210,22 | | | | |
| 5 | VIGA | | | W410 | # | 38,8 | 4,56 | 176,93 | | | | |
| 7 | VIGA | | | W410 | # | 46,1 | 7,42 | 342,06 | | | | |
| 8 | VIGA | | | W460 | # | 52 | 7,42 | 385,84 | | | | |
| 19 | VIGA | | | W410 | # | 46,1 | 2,67 | 123,09 | | | | |
| 52 | VIGA | | | W360 | # | 32,9 | 6,65 | 218,79 | | | | |
| 57 | VIGA | | | W360 | # | 32,9 | 6,65 | 218,79 | | | | |
| 64 | VIGA | | | W310 | # | 68,3 | 6,05 | 413,22 | | | | |
| 69 | VIGA | | | W310 | # | 68,3 | 6,05 | 413,22 | | | | |
| 13 | VIGA | | | 07/jun | 7,333 | W610 | # | 101 | | 7,42 | 749,42 | 1,8321 |
| 33 | VIGA | | | | | W530 | # | 82 | | 7,85 | 643,70 | |
| 31 | VIGA | W360 | # | | | 32,6 | 6,81 | 222,01 | | | | |
| 38 | VIGA | W360 | # | | | 32,9 | 4,26 | 140,15 | | | | |
| 43 | VIGA | W310 | # | | | 28,3 | 2,35 | 66,51 | | | | |
| 84 | VIGA | W360 | # | | | 38,8 | 4,98 | 193,22 | | | | |
| 105 | VIGA | W310 | # | | | 82 | 9,22 | 756,04 | | | | |
| 98 | VIGA | W410 | # | | | 38,8 | 5,2 | 201,76 | | | | |
| 153 | VIGA | W310 | # | | | 23,8 | 5,95 | 141,61 | | | | |
| 154 | VIGA | W310 | # | | | 23,8 | 5,95 | 141,61 | | | | |
| 151 | VIGA | W310 | # | | | 23,8 | 5,95 | 141,61 | | | | |
| 174 | VIGA | W410 | # | | | 38,8 | 5,01 | 194,39 | | | | |
| 179 | VIGA | W530 | # | | | 66 | 6,22 | 410,52 | | | | |
| 53 | VIGA | 08/jun | 7,333 | | | W360 | # | 32,9 | 6,65 | 218,79 | 1,7592 | |
| 55 | VIGA | | | | | W360 | # | 32,9 | 6,65 | 218,79 | | |
| 67 | VIGA | | | W310 | # | 68,3 | 6,05 | 413,22 | | | | |
| 68 | VIGA | | | W310 | # | 68,3 | 6,05 | 413,22 | | | | |
| 54 | VIGA | | | W360 | # | 32,9 | 6,65 | 218,79 | | | | |
| 80 | VIGA | | | W410 | # | 38,8 | 4,64 | 180,03 | | | | |
| 4 | VIGA | | | W410 | # | 38,8 | 4,56 | 176,93 | | | | |
| 82 | VIGA | | | W310 | # | 21 | 4,64 | 97,44 | | | | |
| 81 | VIGA | | | W310 | # | 21 | 4,64 | 97,44 | | | | |
| 35 | VIGA | | | W310 | # | 28,3 | 4,26 | 120,56 | | | | |
| 70 | VIGA | | | W360 | # | 32,9 | 4,47 | 147,06 | | | | |
| 71 | VIGA | | | W410 | # | 38,8 | 4,47 | 173,44 | | | | |
| 34 | VIGA | | | W310 | # | 28,3 | 4,26 | 120,56 | | | | |
| 74 | VIGA | | | W410 | # | 46,1 | 7,28 | 335,61 | | | | |
| 75 | VIGA | | | W530 | # | 72 | 7,28 | 524,16 | | | | |
| 35 | VIGA | | W310 | # | 28,3 | 4,26 | 120,56 | | | | | |
| 72 | VIGA | | W460 | # | 52 | 7,11 | 369,72 | | | | | |
| 26 | VIGA | | W360 | # | 32,6 | 6,81 | 222,01 | | | | | |
| 5 | VIGA | | 7,333 | 7,333 | W410 | # | 38,8 | 4,56 | 176,93 | 1,9383 | | |
| 20 | VIGA | | | | W150 | # | 13 | 2,67 | 34,71 | | | |
| 21 | VIGA | | | | W410 | # | 13 | 2,67 | 34,71 | | | |
| 22 | VIGA | | | | W410 | # | 38,8 | 2,67 | 103,60 | | | |
| 27 | VIGA | | | | W360 | # | 32,6 | 6,81 | 222,01 | | | |
| 28 | VIGA | | | | W360 | # | 32,6 | 6,24 | 203,42 | | | |
| 30 | VIGA | | | | W360 | # | 32,6 | 6,81 | 222,01 | | | |
| 32 | VIGA | | | | W360 | # | 32,6 | 6,81 | 222,01 | | | |
| 76 | VIGA | | | | W530 | # | 77 | 7,28 | 560,56 | | | |
| 86 | VIGA | W410 | | | # | 38,8 | 7,77 | 301,48 | | | | |
| 72a | VIGA | W460 | | | # | 52 | 7,11 | 369,72 | | | | |
| 90 | VIGA | W610 | | | # | 101 | 5,8 | 585,80 | | | | |
| 91 | VIGA | W310 | # | 21 | 4,39 | 92,19 | | | | | | |
| 92 | VIGA | W310 | # | 21 | 4,39 | 92,19 | | | | | | |
| 93 | VIGA | W250 | # | 17,9 | 5,2 | 93,08 | | | | | | |
| 95 | VIGA | W410 | # | 38,8 | 5,2 | 201,76 | | | | | | |
| 97 | VIGA | 10/jun | 7,333 | W150 | # | 13 | 2,43 | 31,59 | 2,7169 | | | |
| 29 | VIGA | | | W360 | # | 32,6 | 6,24 | 203,42 | | | | |
| 164 | VIGA | | | W310 | # | 68,3 | 6,05 | 413,22 | | | | |
| 163 | VIGA | | | W530 | # | 82 | 11,07 | 907,74 | | | | |
| 162 | VIGA | | | W530 | # | 66 | 9,82 | 648,12 | | | | |
| 158 | VIGA | | | W310 | # | 21 | 5,25 | 110,25 | | | | |
| 102 | VIGA | | W530 | # | 66 | 2,76 | 182,16 | | | | | |
| 54 | VIGA | | 7,333 | 7,333 | W360 | # | 32,9 | 6,65 | 218,79 | 5,0662 | | |
| 56 | VIGA | | | | W360 | # | 32,9 | 6,65 | 218,79 | | | |
| 186 | VIGA | | | | W310 | # | 23,8 | 4,36 | 103,77 | | | |
| 6 | VIGA | | | | W360 | # | 37,9 | 4,56 | 172,82 | | | |
| 100 | VIGA | | | | W310 | # | 21 | 5,84 | 122,64 | | | |
| 103 | VIGA | | | | W310 | # | 32,9 | 5,44 | 178,98 | | | |
| 106 | VIGA | | | | W310 | # | 101 | 5,03 | 508,03 | | | |
| 185 | VIGA | | | | W310 | # | 23,8 | 4,36 | 103,77 | | | |
| 131 | VIGA | W310 | | | # | 21 | 5,47 | 114,87 | | | | |
| 188 | VIGA | W310 | # | 32,7 | 4,36 | 142,57 | | | | | | |

Analisando os dados acima temos uma media de 2,1511 h/t, acrescentando o tempo de descarrego das vigas teremos, 2,4511 h/T.

Calculo do Coeficiente (PILARES)

Tomando como base as peças montadas por dia de obra, temos os seguintes dados;

Tabela 6 - Pilares descarregados no dia, 21 de abril, referentes ao 3º ao 5º pavimento.

| PEÇAS | DESCR. | DIA | h prod. | PESO (kg) | COEF. (h/T) |
|-------|--------|--------|---------|-----------|-------------|
| 30 | PILAR | 21/abr | 7,333 | 2.441,14 | 0,2939 |
| 18 | PILAR | | | 3.218,72 | |
| 17 | PILAR | | | 3.404,65 | |
| 23 | PILAR | | | 2.567,13 | |
| 15 | PILAR | | | 2.554,51 | |
| 16 | PILAR | | | 2.575,21 | |
| 11 | PILAR | | | 2.581,06 | |
| 10 | PILAR | | | 2.805,19 | |
| 6 | PILAR | | | 2.805,19 | |

Tabela 7 - Pilares Montados nos dias 21,22,23 de abril, referentes ao 3º ao 5º pavimentos.

| PEÇAS | DESCR. | DIA | h prod. | PESO (kg) | COEF. (h/T) |
|-------|--------|----------|---------|-----------|-------------|
| 6 | PILAR | 22/abr | 7,333 | 2.805,19 | 0,6172 |
| 7 | PILAR | | | 1.700,21 | |
| 8 | PILAR | | | 1.863,84 | |
| 9 | PILAR | | | 1.907,71 | |
| 5 | PILAR | | | 931,30 | |
| 4 | PILAR | | | 562,53 | |
| 3 | PILAR | | | 562,53 | |
| 2 | PILAR | | | 562,54 | |
| 1 | PILAR | | | 985,13 | |
| 42 | PILAR | | | 21/abr | |
| 43 | PILAR | 1.935,57 | | | |
| 38 | PILAR | 1.882,09 | | | |
| 35 | PILAR | 3.018,01 | | | |
| 49B | PILAR | 2.963,34 | | | |
| 32 | PILAR | 1.712,46 | | | |
| 31 | PILAR | 1.736,31 | | | |
| 25 | PILAR | 3.018,01 | | | |
| 26 | PILAR | 2.635,29 | | | |
| 19 | PILAR | 23/abr | 7,333 | | 2.453,49 |
| 24 | PILAR | | | 2.906,64 | |
| 18 | PILAR | | | 3.218,72 | |
| 17 | PILAR | | | 3.404,65 | |
| 21 | PILAR | | | 674,89 | |
| 23 | PILAR | | | 2.567,13 | |
| 15 | PILAR | | | 2.554,51 | |
| 16 | PILAR | | | 2.575,21 | |
| 13 | PILAR | | | 4.441,66 | |
| 12 | PILAR | | | 2.950,07 | |
| 11 | PILAR | 2.581,06 | | | |

Tabela 8 - Pilares alinhados no dia 23 de abril, referente ao 3º ao 5º pavimento.

| PEÇAS | DESCR. | DIA | h prod. | PESO (kg) | COEF. (h/T) |
|-------|--------|--------|---------|-----------|-------------|
| 37 | PILAR | 23/abr | 7,333 | 2.091,32 | 0,4298 |
| 31 | PILAR | | | 1.736,31 | |
| 25 | PILAR | | | 3.018,01 | |
| 36 | PILAR | | | 2.906,64 | |
| 24 | PILAR | | | 2.906,64 | |
| 30 | PILAR | | | 2.441,14 | |
| 29 | PILAR | | | 1.962,18 | |
| 28 | PILAR | | | | |

Analisando as respectivas tabelas temos como resultado;

Tabela 9 - Coeficientes de montagem

| ATIVIDADE | COEF. (h/T) |
|-------------|-------------|
| DESCARREGO | 0,2939 |
| MONTAGEM | 0,4044 |
| ALINHAMENTO | 0,4298 |

Diagramas de Peixe (Montagem)

Tendo como referencia a montagem do eixos R' e S, tanto para vigas como pilares elabora-se o seguinte cenário.

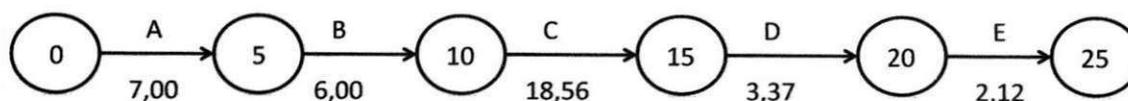
Tabela 10 - Dados para simulação do cenário.

| DESCRIMNAÇÃO | QND. | PESO (kg) |
|----------------------------|------|-----------|
| PILARES EIXO R' | 5 | 6.413,36 |
| PILARES EIXO S | 5 | 5.217,73 |
| VIGA PRIMARIAS | 10 | 7.427,30 |
| VIGAS SEG. - EIXO 18 AO 20 | 6 | 1.267,56 |
| VIGAS SEG. - EIXO 20 AO 24 | 7 | 1.927,87 |

Com os respectivos coeficientes calculados acima, construímos os seguintes diagramas de peixe.

Diagrama 01

Este diagrama tem como base a montagem em serie das etapas



Onde:

- A – Pilares do eixo S
- B – Pilares do eixo R'
- C – Vigas primarias
- D – Vigas Secundarias do eixo 18 ao 20
- E – Vigas Secundarias do eixo 20 ao 24

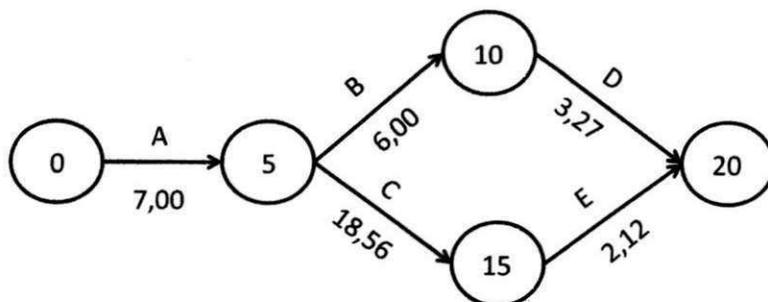
Tabela 11 - Campo de predecessores.

| ATIVIDADES | PREDECESSORES |
|------------|---------------|
| A | - |
| B | A |
| C | B |
| D | C |
| E | D |

Analisando diagrama 01 temos uma total horas igual á 36,85 h , transformando para dias de trabalho, 5,02 dias. Considerando apenas um turno de trabalho.

Diagrama 02

Este diagrama tem como base a montagem em de algumas etapas em paralelo, B e C, D e E.



Onde:

- A – Pilares do eixo S
- B – Pilares do eixo R'
- C – Vigas primarias
- D – Vigas Secundarias do eixo 18 ao 20
- E – Vigas Secundarias do eixo 20 ao 24

Tabela 12 - Campo de predecessores.

| ATIVIDADES | PREDECESSORES |
|------------|---------------|
| A | - |
| B | A |
| C | A |
| D | B |
| E | C |

Analisando diagrama 02 temos uma total horas igual á 27,68 h , transformando para dias de trabalho, 3,77 dias. Considerando apenas um turno de trabalho.

Ao analisar os dois diagramas, constatamos que a melhor opção é a montagem em paralelo de vigas e pilares. Tendo como desvio padrão entre o tempo de montagem entre o diagrama 01 e 02 de 33,13 %.

O digrama 02 apresenta as seguintes atividades, A,C,E, ou respectivamente, montagem dos pilares do eixo S, vigas principais e vigas secundarias do eixo 20 ao 24 como o caminho critico. Sendo assim o possível atraso das mesmas atrasaria todo o cronograma.

A produção tenderá a seguir a linha de fabricação em duas, uma para fabricação de vigas e outra para de pilares, fazendo assim uma mesclassem de vigas e pilares.

3.1.2. Produção

➤ Analise de cenário.

Para realizar o planejamento foi se analisado um período de fabricação de peças metálicas na fabrica, a qual segue nas tabelas abaixo.

Tabela 13 - Acompanhamento da produção durante o mês de agosto, para a produção de vigas.

| OBRAS | SEMANA 01 | SEMANA 02 | SEMANA 03 | SEMANA 04 | TOTAL |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| SHOP. BOA VISTA | 45 | 40 | 60 | 150 | 295 |
| MAURICIO DE NASSAU - CG | 33 | 43 | 25 | 0 | 101 |
| MAURICIO DE NASSAU - JP | 35 | 40 | 34 | 0 | 109 |
| GALPÃO DA VITARELA | 37 | 27 | 31 | 0 | 95 |
| TOTAL | 150 | 150 | 150 | 150 | |

Tabela 14 - Acompanhamento da produção durante o mês de agosto, para a produção de pilares.

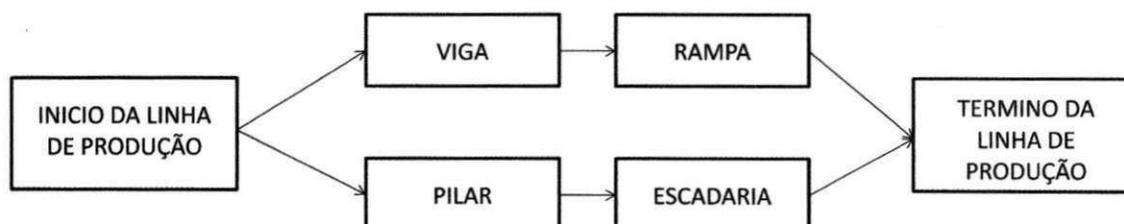
| OBRAS | SEMANA 01 | SEMANA 02 | SEMANA 03 | SEMANA 04 | TOTAL |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| SHOP. BOA VISTA | 21 | 15 | 42 | 42 | 120 |
| MAURICIO DE NASSAU - CG | 7 | 10 | - | - | 17 |
| MAURICIO DE NASSAU - JP | 7 | 5 | - | - | 12 |
| GALPÃO DA VITARELA | 7 | 12 | - | - | 19 |
| TOTAL | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Tabela 15 - Acompanhamento da produção durante o mês de agosto, para produção de escadas.

| OBRAS | SEMANA 01 | SEMANA 02 | SEMANA 03 | SEMANA 04 | TOTAL |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| SHOP. BOA VISTA | - | - | 2 | 2 | 4 |
| MAURICIO DE NASSAU - CG | 2 | - | - | - | 2 |
| MAURICIO DE NASSAU - JP | - | 2 | - | - | 2 |
| GALPÃO DA VITARELA | - | - | - | - | 0 |
| TOTAL | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Analisando as tabelas acima, traçamos planejamento da produção seguindo o diagrama 03, ilustrado abaixo.

Diagrama 03 – Linha de produção da obra do Shopping Boa Vista.



Para o tempo determinado para a conclusão da obra, a única maneira de se atingir esse mate, segundo os dados colhidos da produção, é a execução de linhas de produção em paralelo. Aumentando assim a eficiência da produção, diminuindo possíveis erros durante a fabricação, as linhas de produção estão esboçadas no diagrama 03.

Em termos gerais de obra, a fabricação de pilares e vigas em paralelo possibilitará a montagem das mesma em paralelo na obra, diminuindo o tempo de montagem. Ao analisarmos o cronograma, elaborado com o auxílio do programa MS-Project da empresa MICROSOFT, traçamos o caminho critico desse projeto, que é constituído pelas seguintes tarefas:

- Fabricação dos pilares do 6º e 7º pavimentos.
- Fabricação dos pilares do 8º e 9º pavimentos.
- Fabricação dos pilares do 10º e 11º pavimentos.
- Fabricação dos pilares do 12º e 13º pavimentos.
- Fabricação dos pilares do 14º e 15º pavimentos.
- Montagem dos pilares do 14º e 15º pavimentos.
- Montagens das vigas do 14º e 15º pavimentos.
- Montagem das lajes 14º e 15º pavimentos.

A alteração do prazos dessas atividades, para maior ou menor, afetará diretamente o cronograma físico da obra.

3.2. Acompanhamento da montagem

A montagem desses dos pilares referentes ao 6º e 7º inicio-se no dia 16 de agosto de 2010 e tendo seu termino no dia 26 de agosto de 2010, acompanhando assim o cronograma físico planejado. As vigas desta mesma etapa, inicio-se a sua montagem no dia 18 de agosto e terminando no dia 27 de agosto. Com o descarregamento das peças durante o período da noite, por motivos de menor trafego nas vias de acesso ao local, as mesmas eram descarregadas nas lajes de montagens, dando assim maior velocidade em relação a montagem.

Os pilares do 8º e 9º pavimentos, iniciaram a sua montagem no dia 21 de agosto e tendo o seu termino no dia 14 de setembro, obedecendo assim o prazo estabelecido. Conseqüentemente as vigas referentes a esse pavimentos foram montadas logo em seguida, dia 24 de agosto ao dia 02 de setembro. Nesta etapa, a obra adquiriu o segundo turno, 22:00 hrs as 06:00, para mantermos o ritmo de trabalho e cumprimos as metas desejadas pelo planejamento.

A etapa referente ao 10º e 11º pavimentos, as vigas foram colocadas um pavimento por vez, pelo motivo dos montadores estarem tendo dificuldade na execução, devido altura das mesmas. Os pilares dessa etapa foram montados durante o período dos dias 11 de setembro a 5 de outubro, alternando com a montagem de vigas que teve a sua duração dos dias 14 de setembro a 11 de outubro.

Durante a execução da 12º e 13º lajes, o projeto foi paralisando devido a uma divergência no seu escopo, alterando assim os prazos da obra, necessitando assim de um re-planejamento das atividades e uma nova re-locação de equipes para atender a nova demanda da obra.

4. Conclusão

As construções de edifícios requerem uma entrega rápida da obra e geralmente apresentam-se em locais de difícil acesso ou intensa densidade demográfica, desafiando a logística para entrega de insumos e para a realização da obra como também a possibilidade de sua estocagem no canteiro de obras.

Em relação à estrutura, grande maioria das obras no Brasil, ainda são executadas no modo convencional, em estruturas de concreto armado, exigindo um trabalho artesanal por parte da marcenaria para montagem de formas, ferreiros para corte e dobras das barras de aço, além da montagem das peças (vigas e pilares).

A estrutura metálica é uma dos sistemas que poderia substituir este trabalho artesanal de concreto armado, reduzindo o numero de pessoas circulando na obra como também a quantidade de madeira utilizada para montagem das formas e seus escoramentos. Há uma maior precisão milimétrica diminuindo gastos com argamassa para regularização e nivelamento das paredes, além de aliviar as cargas nas fundações. Geralmente, as obras em estruturas metálicas são modulares facilitando a ampliação do edifício sem afetar o setor que já se encontra em funcionamento. É um sistema estrutura que possibilita a desmontagem da estrutura e montagem em outro local como também reaproveitar o aço proporcionando menores impactos ao meio ambiente.

Os elementos estruturais como colunas e vigas em aço são fabricadas na fabrica e expedido para obra, chegando prontas bastando executar as ligações soldadas ou parafusadas das peças que compõe a estrutura no todo, não dependendo mais das condições do tempo para montagem da formas, concretagem e cura para inicio dos próximos pavimento, reduzindo o tempo de execução da obra.

No estudo de caso apresentado, do edifício comercial do Shopping Boa Vista, assim como outras obras comerciais, além das vantagens apresentadas anteriormente, outro fator que caracterizou a viabilidade de uso de estrutura metálica foi devido da fabricação de dois pavimentos simultaneamente, já que os escopos eram iguais, pilares com 12 metros de pé direito, uso combinado de grua e guindaste para montagem e o descarregamento de peças metálicas na obra durante o período da noite, possibilitando assim a montagem de pilares logo em seguida.

Segue no anexo, algumas fotos retirada da obra durante o acompanhamento da mesma.

5. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5000:1981 – Chapas grossas de aço e alta resistência mecânica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5004:1981 – Chapas finas de aço e alta resistência mecânica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5884:2005 – Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico – Requisitos gerais.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800:2008: Projetos de estrutura metálica de aço e de estrutura mista de aço e concreto de edifício.

AMERICAN WELDING SOCIETY. AWS D1.1/D1.1M:2008: Structural Welding Code – Steel.

BELLEI, Iidoney H.; PINHO, Fernando O.; PINHO, Mauro O.; Edifícios de múltiplos andares em aço. São Paulo: Pini, 2004, 454p.

CBCA. Centro brasileiro da construção em aço. Disponível em <<http://WWW.cbca-ibis.org.br/index.asp>> Acesso em: 25 nov. 2010

SHIGLEY, Joseph Edward; Elementos de Máquinas 02. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1998, 693p.

PFEIL, Walter Pfeil, Michele Pfeil; Estrutura de aço. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2008, 357p.

MATTOS, Aldo Dórea; Planejamento e Controle de obras. São Paulo: Editora Pini, 2010, 420p.

ANEXOS



Figura 40 - - Estoque de vigas e pilares

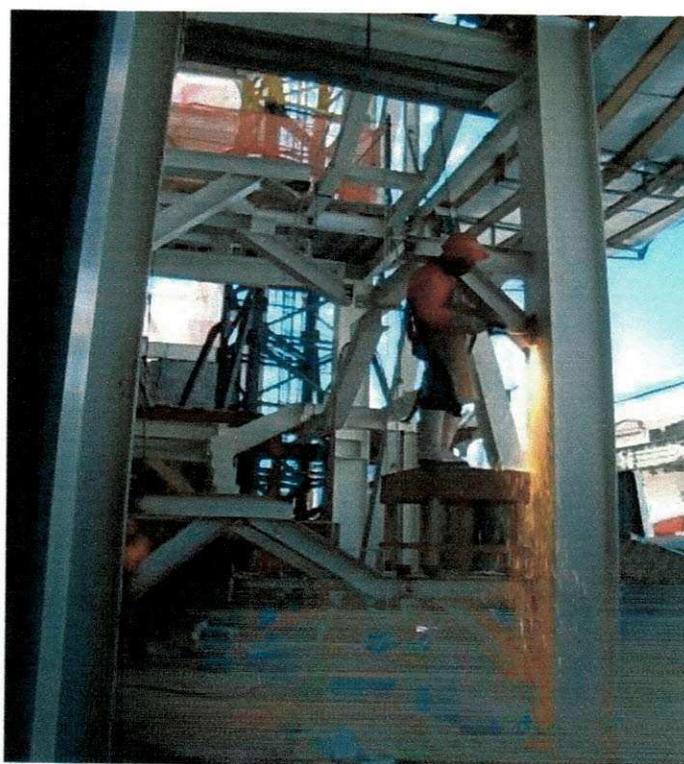


Figura 41 - - Montagem da escadaria 01.



Figura 42 - Montagem da escadaria 02.



Figura 43 - Montagem de vigas do 6º pavimento.



Figura 44 - Montagem de vigas do 6º pavimento.



Figura 45 - Montagem do pilar referente ao 7º pavimento.



Figura 46 - Içamento de pilar, utilizando o guindaste G70.



Figura 47 - Vigas montadas referente ao 6º pavimento.



Figura 48 - Acabamento de pilares, utilizando tinta ERD POXI 9010 RAL BRANCO.

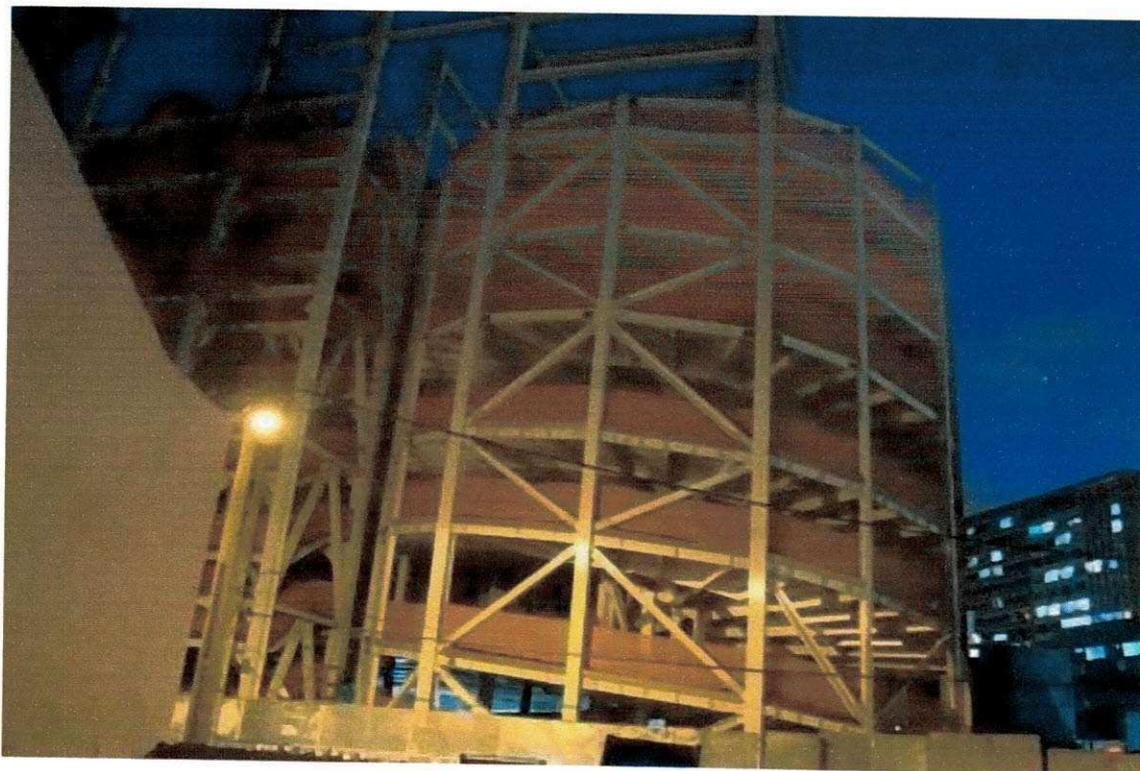


Figura 49 - Rampa Curva Finalizada



Figura 50 - Colocação de lajes steel decks, etapa final da rampa curva.

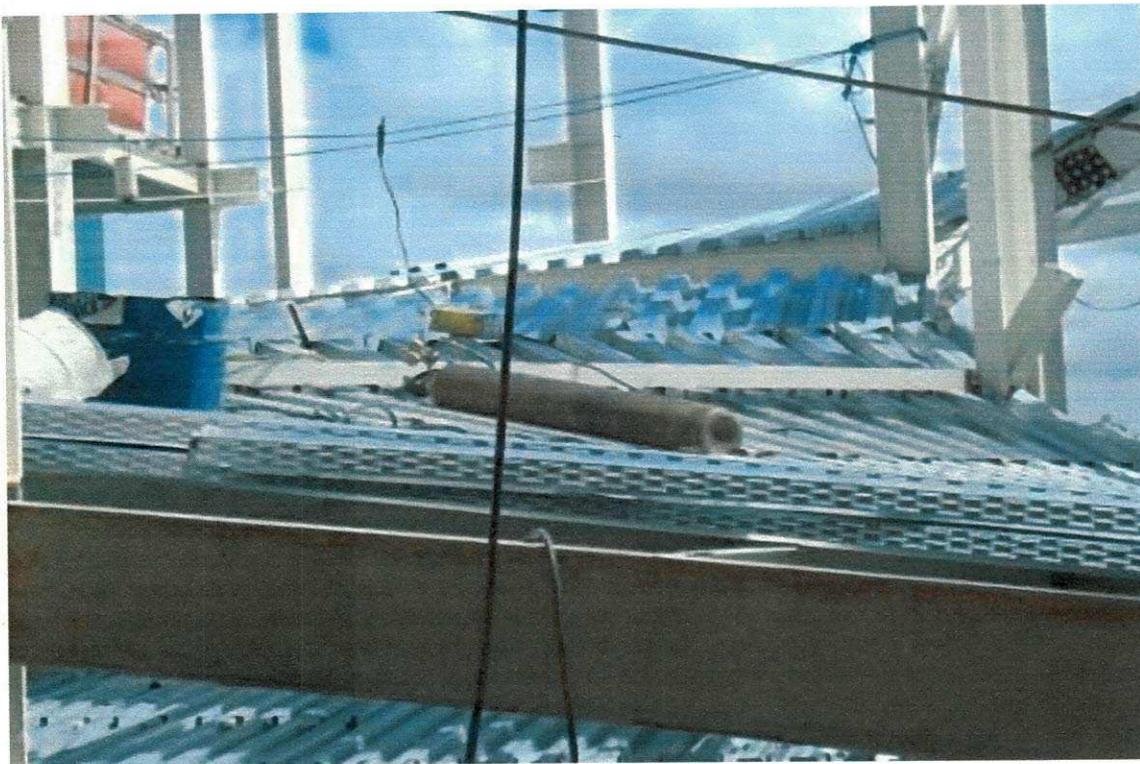


Figura 51 - Lajes steel decks



Figura 52 - União da estrutura da rampa curva com o edifício.



Figura 53 - Escadaria 02 montada.



Figura 54 -- Início da montagem do 8º e 9º pavimentos.



Figura 55 - Início da colocação dos pilares do 8º e 9º pavimentos.

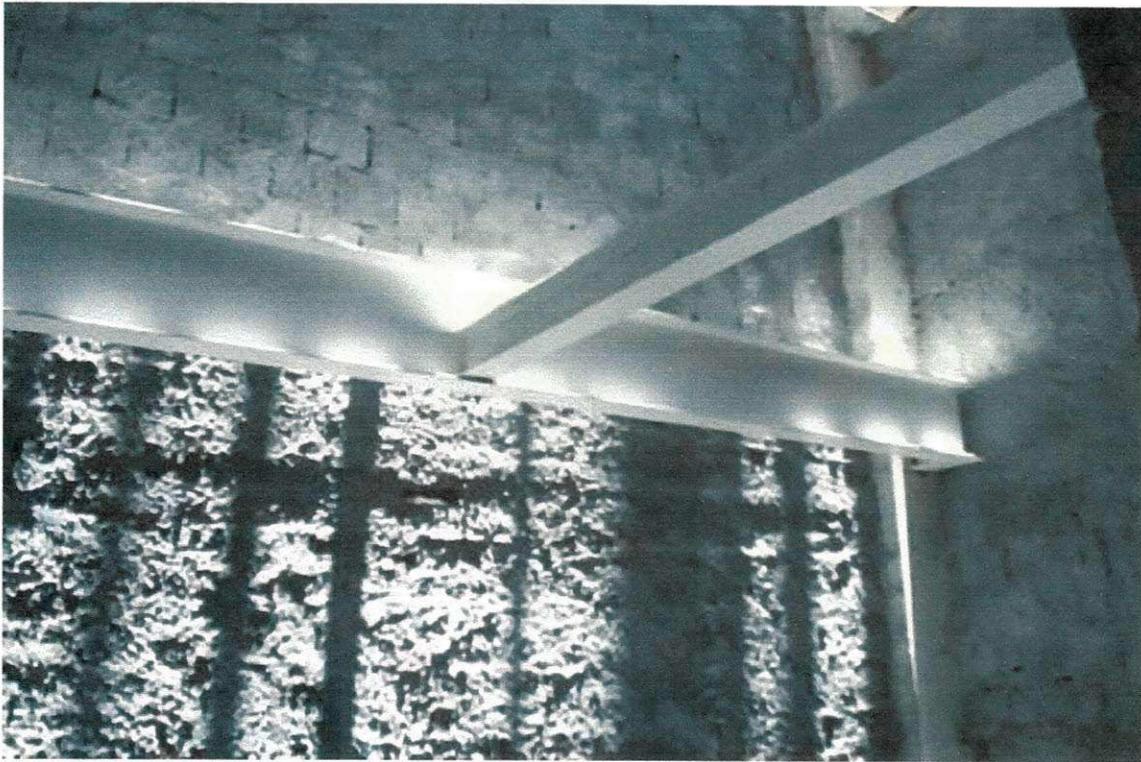


Figura 56 - Alvenaria assentada na estrutura metálica.



Figura 57 - Estrutura de contraventamento.



Figura 58 - Vista panorama da 8ª laje.



Figura 59 - Pilares e vigas montadas do 8º e 9º pavimentos.



Figura 60 - Escadaria do 8º e 9º pavimentos.



Figura 61 - Utilização dos andaimes na fixação de parafusos.



Figura 62 - Foto da rampa montada.

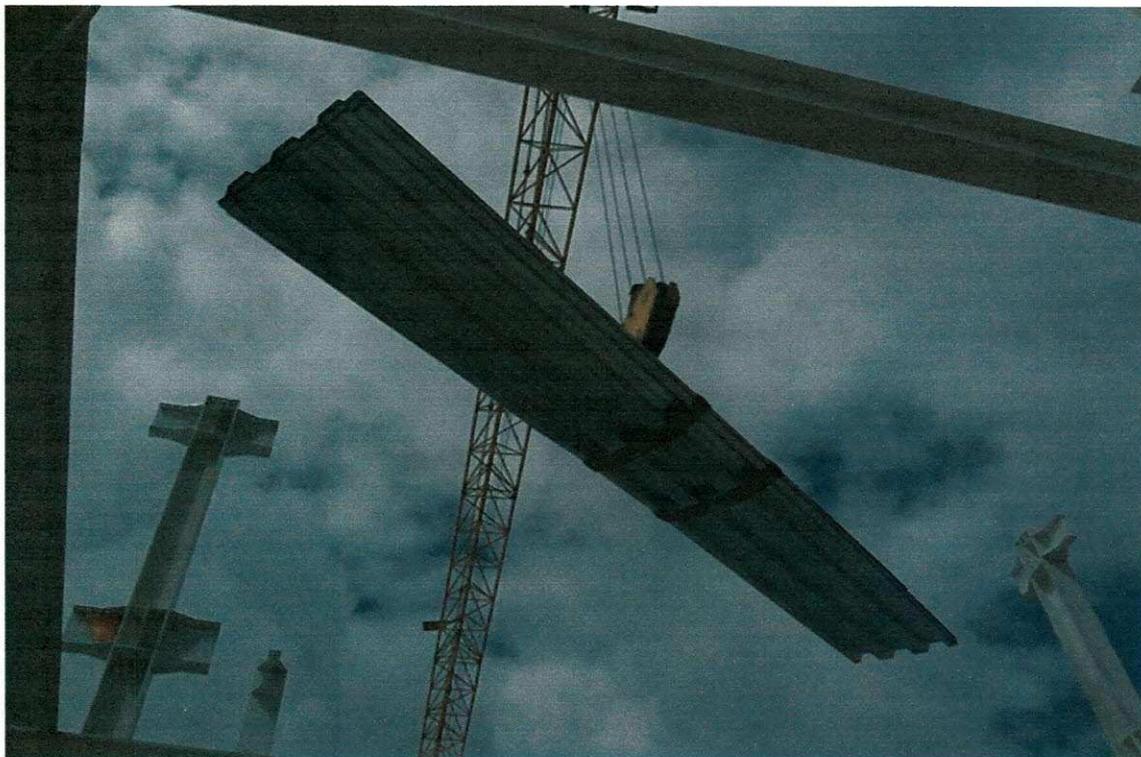


Figura 63 - - Içamento de lajes steel deck.



Figura 64 - Montagem da rampa do 10º e 11º pavimento.



Figura 65 - Estrutura de contraventamento do 10º e 11º pavimentos.



Figura 66 - Vigas e Pilares do 10º e 11º pavimentos.



Figura 67 - Rampas com lajes steel decks.



Figura 68 - Montagem dos pilares do 10º e 11º pavimento.

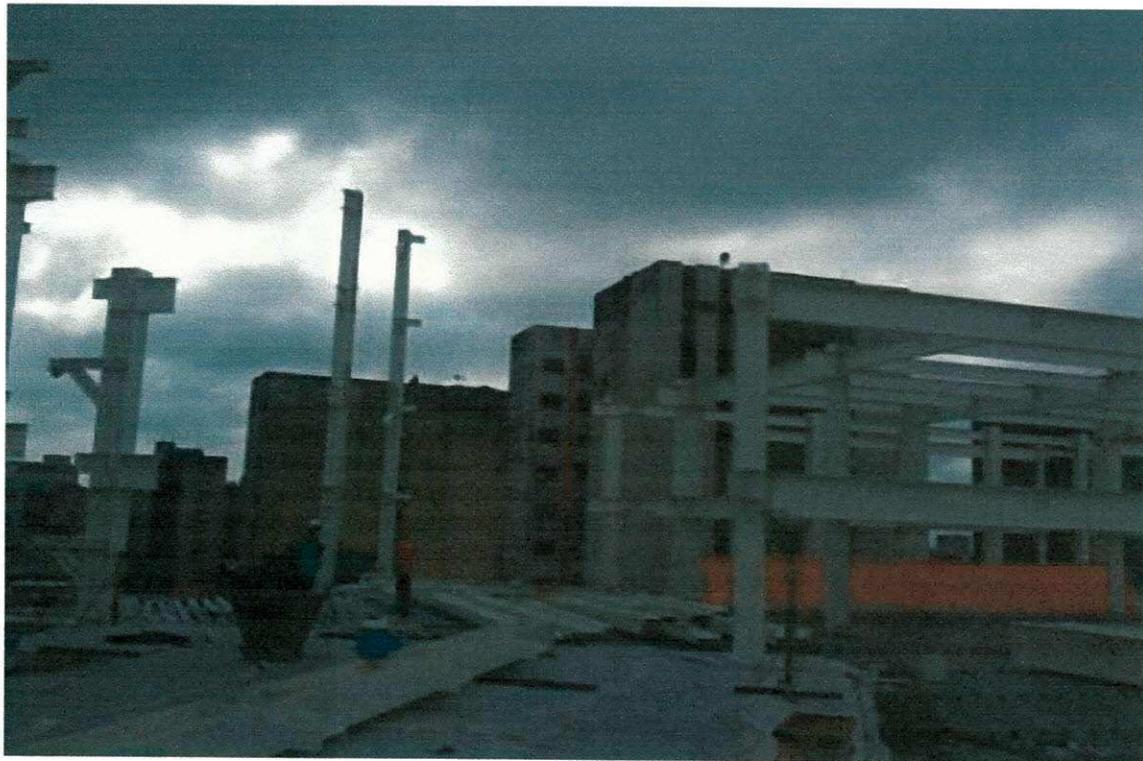


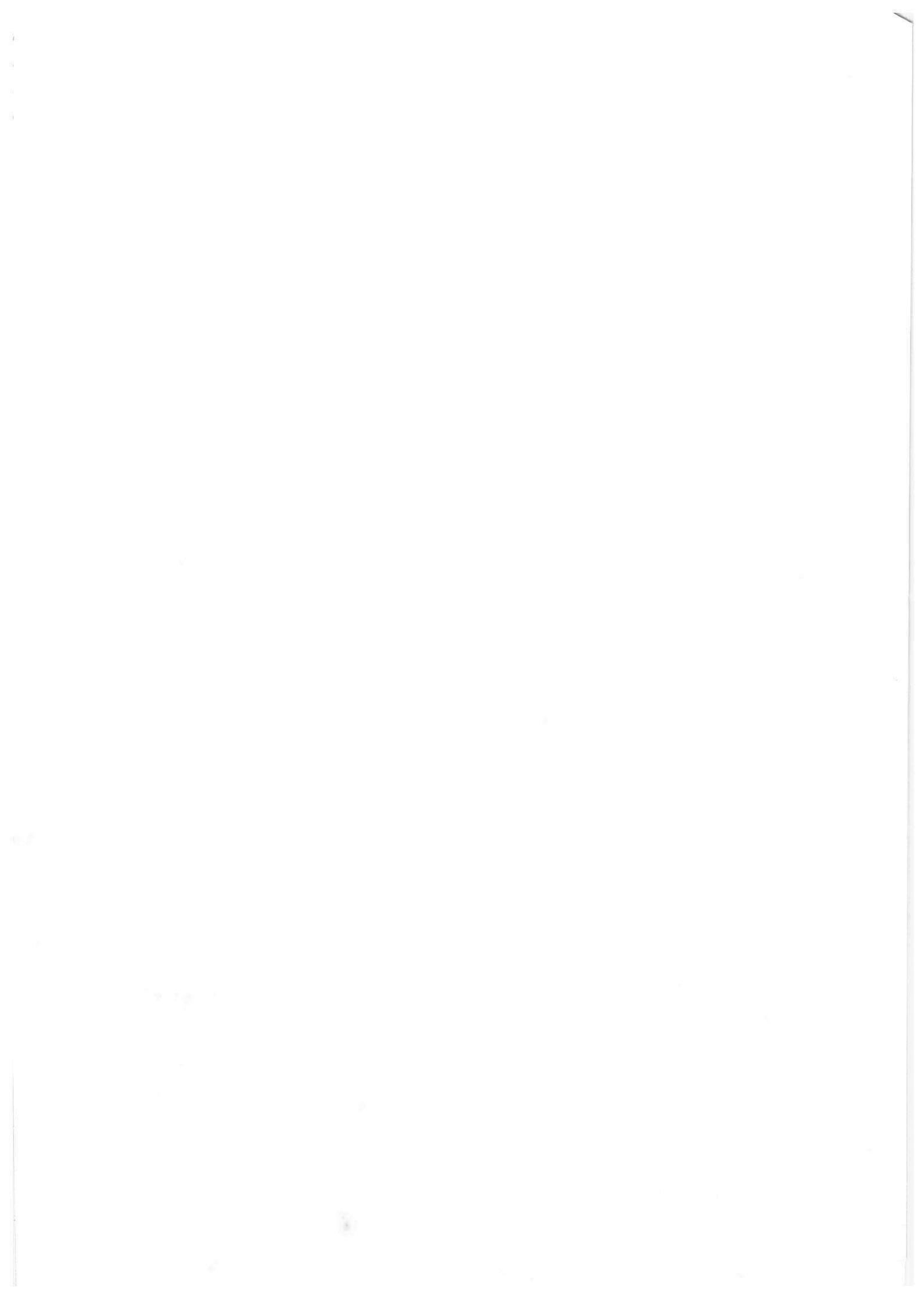
Figura 69 - Montagem de pilares 10º e 11º.



Figura 70 - Descarrego de vigas e pilares na lajes 9°.



Figura 71 - Montagem de vigas do 10° e 11°.



RESOLUÇÃO Nº 12/98

Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres.

O CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN, usando da competência que lhe confere o inciso I, do art. 12, da Lei 9.503 de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro - CTB, e conforme Decreto nº 2.327, de 23 de setembro de 1997, que trata da coordenação do Sistema Nacional de Trânsito;

CONSIDERANDO o art. 99, do Código de Trânsito Brasileiro, que dispõe sobre peso e dimensões; e

CONSIDERANDO a necessidade de estabelecer os limites de pesos e dimensões para a circulação de veículos; resolve:

Art. 1º As dimensões autorizadas para veículos, com ou sem carga, são as seguintes:

I - largura máxima: 2,60m;

II - altura máxima: 4,40m;

III - comprimento total:

a) veículos simples: 14,00m;

b) veículos articulados: 18,15m; c) veículos com reboque: 19,80m.

§ 1º Os limites para o comprimento do balanço traseiro de veículos de transporte de passageiros e de cargas são os seguintes:

I - nos veículos simples de transporte de carga, até 60% (sessenta por cento) da distância entre os dois eixos, não podendo exceder a 3,50m (três metros e cinquenta centímetros);

II - nos veículos simples de transporte de passageiros:

a) com motor traseiro: até 62% (sessenta e dois por cento) da distância entre eixos;

b) com motor central: até 66% (sessenta e seis por cento) da distância entre eixos;

c) com motor dianteiro: até 71% (setenta e um por cento) da distância entre eixos.

§ 2º A distância entre eixos, prevista no parágrafo anterior, será medida de centro a centro das rodas dos eixos dos extremos do veículo.

§ 3º Não é permitido o registro e licenciamento de veículos, cujas dimensões excedam às fixadas neste artigo, salvo nova configuração regulamentada por este

Conselho.

§ 4º Os veículos em circulação, com dimensões excedentes aos limites fixados neste artigo, registrados e licenciados até 13 de novembro de 1996, poderão circular até seu sucateamento, mediante autorização específica e segundo os critérios abaixo:

I - para veículos que tenham como dimensões máximas, até 20,00 metros de comprimento; até 2,86 metros de largura, e até 4,40 metros de altura, será concedida *Autorização Específica Definitiva*, fornecida pela autoridade com circunscrição sobre a via, devidamente visada pelo proprietário do veículo ou seu representante credenciado, podendo circular durante as vinte e quatro horas do dia, com validade até o seu sucateamento, e que conterá os seguintes dados:

- a) nome e endereço do proprietário do veículo;
- b) cópia do Certificado de Registro e Licenciamento do Veículo-CRLV;
- c) desenho do veículo, suas dimensões e excessos.

II - para os veículos, cujas dimensões excedam os limites previstos no inciso I, será concedida *Autorização Específica Anual*, fornecida pela autoridade com circunscrição sobre a via e considerando os limites dessa via, com validade de um ano, renovada até o sucateamento do conjunto veicular, obedecendo os seguintes parâmetros:

- a) volume de tráfego;
- b) traçado da via;
- c) projeto do conjunto veicular, indicando dimensão de largura, comprimento e altura, número de eixos, distância entre eles e pesos.

§ 5º De acordo com o art. 101, do Código de Trânsito Brasileiro, as disposições dos parágrafos anteriores, não se aplicam aos veículos especialmente projetados para o transporte de carga indivisível.

Art. 2º Os limites máximos de peso bruto total e peso bruto transmitido por eixo de veículo, nas superfícies das vias públicas, são os seguintes:

- I – peso bruto total por unidade ou combinações de veículos: 45t;
- II – peso bruto por eixo isolados: 10t;
- III – peso bruto por conjunto de dois eixos em tandem, quando a distância entre os dois planos verticais, que contenham os centros das rodas, for superior a 1,20m e inferior ou igual a 2,40 m: 17t;
- IV – peso bruto por conjunto de dois eixos não em tandem, quando a distância entre os dois planos verticais, que contenham os centros das rodas, for superior a 1,20m e inferior ou igual a 2,40m: 15t;

V – peso bruto por conjunto de três eixos em tandem, aplicável somente a semi reboque, quando a distância entre os três planos verticais, que contenham os centros das rodas, for superior a 1,20 m e inferior ou igual a 2,40 m: 25,5t;

VI – peso bruto por conjunto de dois eixos, sendo um dotado de quatro pneumáticos e outro de dois pneumáticos interligados por suspensão especial, quando a distância entre os dois planos verticais que contenham os centros das rodas for:

a) inferior ou igual a 1,20m: 9t;

b) superior a 1,20m e inferior ou igual a 2,40m: 13,5t.

§ 1º Considerar-se-ão eixos *em tandem* dois ou mais eixos que constituam um conjunto integral de suspensão, podendo qualquer deles ser ou não motriz.

§ 2º Quando, em um conjunto de dois eixos, a distância entre os dois planos verticais paralelos, que contenham os centros das rodas, for superior a 2,40m, cada eixo será considerado como se fosse isolado.

§ 3º Em qualquer par de eixos ou conjunto de três eixos *em tandem*, com quatro pneumáticos em cada, com os respectivos limites legais de 17t e 25,5t, a diferença de peso bruto total entre os eixos mais próximos não deverá exceder a 1.700kg.

§ 4º O registro e o licenciamento de veículos com peso excedente aos limites fixados neste artigo não é permitido, salvo nova configuração regulamentada por este Conselho.

§ 5º As configurações de eixos duplos com distância dos dois planos verticais, que contenham os centros das rodas inferior a 1,20 m, serão regulamentadas por este Conselho, especificando os tipos de planos e peso por eixo, após ouvir o órgão rodoviário específico do Ministério dos Transportes.

§ 6º Os ônibus com peso por eixo superior ao fixado neste artigo e licenciados antes de 13 de novembro de 1996, poderão circular até o término de sua vida útil, desde que respeitado o disposto no art. 100, do Código de Trânsito Brasileiro e observadas as condições do pavimento e das obras de arte rodoviárias.

Art. 3º Os limites máximos de peso bruto por eixo e por conjunto de eixos, estabelecidos no artigo anterior, só prevalecem:

I – se todos os eixos forem dotados de, no mínimo, quatro pneumáticos cada um;

II – se todos os pneumáticos, de um mesmo conjunto de eixos, forem da mesma rodagem e calçarem rodas no mesmo diâmetro.

§ 1º Nos eixos isolados, dotados de dois pneumáticos, o limite máximo de peso bruto por eixo será de seis toneladas, observada a capacidade e os limites de peso indicados pelo fabricante dos pneumáticos.

§ 2º No conjunto de dois eixos, dotados de dois pneumáticos cada, desde que

direcionais, o limite máximo de peso será de doze toneladas.

Art. 4º O não cumprimento do disposto nesta Resolução implicará nas sanções previstas no art.231 do Código de Trânsito Brasileiro, no que couber.

Art. 5º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 06 de fevereiro de 1998.

Ministério da Justiça

Ministério dos Transportes

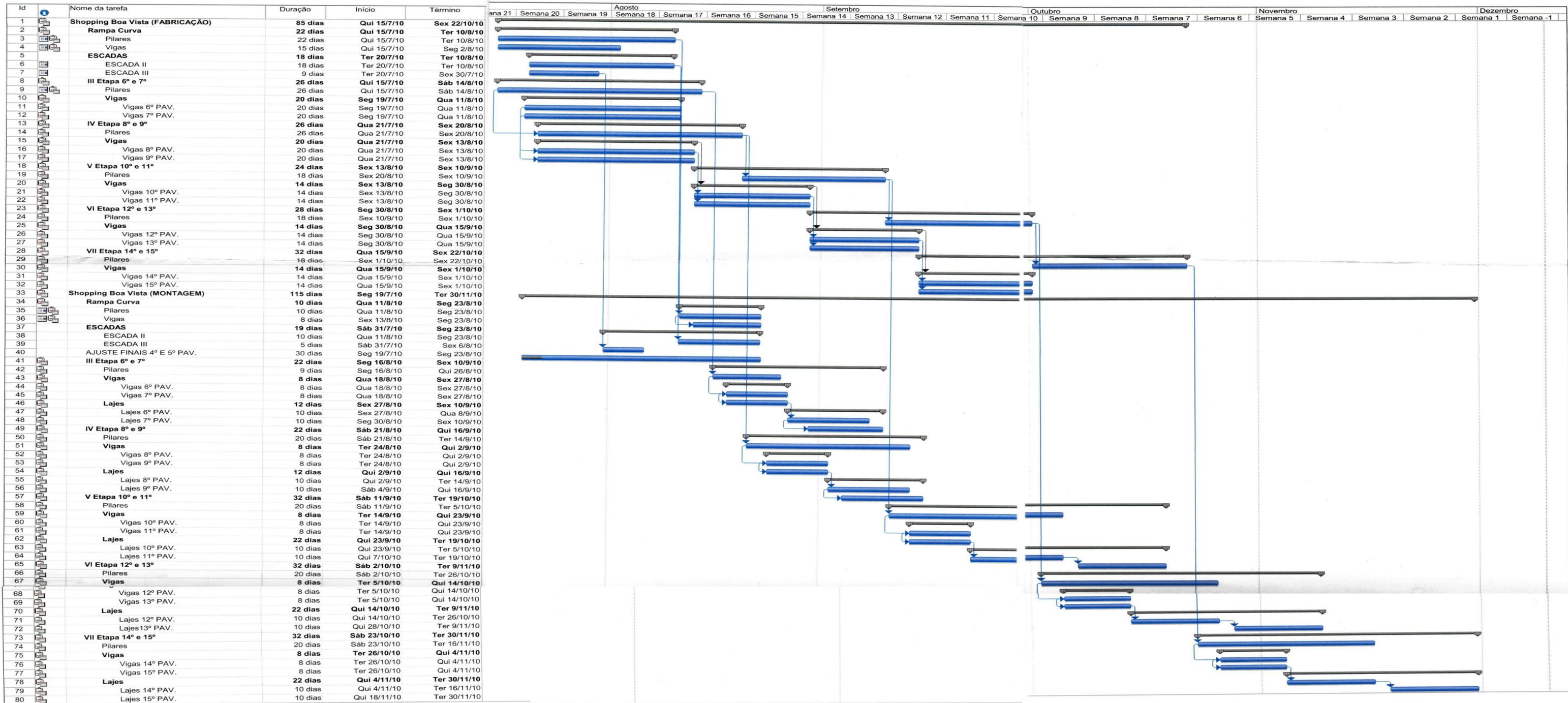
Ministério da Ciência e Tecnologia

Ministério do Exército

Ministério da Educação e do Desporto

Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal

Ministério da Saúde



Tarefas externas
 Etapa externa
 Data limite