

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DIOGO RIBEIRO DE ALMEIDA E SILVA

**ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE PLANOS DE RIGGING PARA IÇAMENTO DE EQUIPAMENTOS
INDUSTRIAIS**

ILHA SOLTEIRA – SP
NOVEMBRO DE 2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE PLANOS DE RIGGING PARA IÇAMENTO DE EQUIPAMENTOS
INDUSTRIAIS**

DIOGO RIBEIRO DE ALMEIDA E SILVA

Orientador: Prof. Dr. Amarildo Tabone Paschoalini

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade de Engenharia do Campus de
Ilha Solteira – UNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Engenheiro Mecânico.

ILHA SOLTEIRA – SP
NOVEMBRO DE 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- S586e Silva, Diogo Ribeiro de Almeida.
Elaboração e aplicação de planos de rigging para içamento de equipamentos industriais / Diogo Ribeiro de Almeida Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
56 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024
- Orientador: Amarildo Tabone Paschoalini
- Inclui bibliografia
1. Plano de Rigging. 2. Içamento. 3. Guindaste.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE GRADUAÇÃO

TÍTULO: ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE PLANOS DE RIGGING PARA IÇAMENTO DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

ALUNO: Diogo Ribeiro de Almeida e Silva RA: 202051986

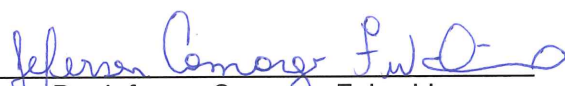
Orientador: Prof. Dr. Amarildo Tabone Paschoalini

Aprovado (☒) – Reprovado (☐) pela Comissão

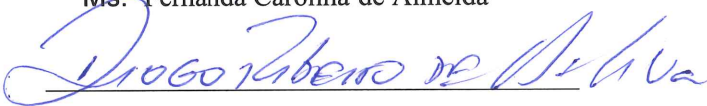
Examinadora Nota obtida: 10

Comissão Examinadora:


Prof. Dr. Amarildo Tabone Paschoalini
Presidente (Orientador)


Dr. Jeferson Camargo Fukushima


Ms. Fernanda Carolina de Almeida


Discente: Diogo Ribeiro de Almeida e Silva

Ilha Solteira (SP) 03 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, cheia de oportunidades e todos os objetivos alcançados nessa minha trajetória.

Agradeço também a minha família, especialmente minha mãe e minha irmã, Izabel Cristina Pereira de Souza e Lilian Raquel de Souza e Silva, por todo caráter e apoio tanto na vida pessoal quanto nos estudos, fazendo sempre o melhor por mim.

Gostaria de agradecer especialmente ao meu orientador o Prof. Dr. Amarildo Tabone Paschoalini pela oportunidade e confiança em mim depositada, auxiliando nesta dissertação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Guindauto.	9
Figura 2 - Truck crane (TC).	10
Figura 3 - Rough terrain (RT).	11
Figura 4 - Guindaste sobre esteiras Crawler Crane.	12
Figura 5 - Guindaste Todo terreno All Terrain (AT).	13
Figura 6 - Guindaste XCMG BR300 da UHE – Ilha Solteira -SP.	14
Figura 7 - Componentes do Guindaste AT.	14
Figura 8 - Componentes do Guindaste AT.	15
Figura 9 - Componentes do Guindaste AT.	15
Figura 10 - Componentes do Guindaste AT.	16
Figura 11 - Linga de duas pernas formada por elo de ligação, ganchos e pernas de cabo de aço com olhais, sapatilho e presilha.	17
Figura 12 - Construção do cabo de aço.	18
Figura 13 - Tipos de Lingas de cabo de aço.	18
Figura 14 - Fator de correção Kf para Força.	22
Figura 15 - Fator de correção Kb para dobramento.	22
Figura 16 - Disposição correta da cinta têxtil na manilha.	26
Figura 17 - Proteção contra bordas vivas.	26
Figura 18 - Ângulo interno do Olhal.	27
Figura 19 - L1 comprimento da Cinta e L2 comprimento do Olhal.	27
Figura 20 - Etiqueta da cinta têxtil.	28
Figura 21 - Formas de pega entre cinta têxtil e manilha.	29
Figura 22 - Tipos de Manilhas.	29
Figura 23 - Manilhas curva esquemas de dimensões.	30
Figura 24 - Formas de uso Manilhas.	31
Figura 25 - Formas de uso Manilhas em força.	31
Figura 26 - Verificação do encaixe do sapatilho com o corpo da manilha.	33
Figura 27 - Transformador Regulador -TRSA.	34
Figura 28 - Pontos de pega do Transformador Regulador -TRSA.	35
Figura 29 - Especificação do Guancho do Guindaste XCMG BR 300.	35
Figura 30 - Etiqueta de especificação do Guancho do Guindaste XCMG BR 300.	36

Figura 31 - Esquema do Grab Tubular FS 4:1.	36
Figura 32 - Esquema do Grab Tubular FS 4:1.	38
Figura 33 - Esquema da Linga utilizando o Grab Tubular FS 4:1.	39
Figura 34 - Força de multiplicação "passadas de cabo".	41
Figura 35 - Esquema para cálculo da força na sapata da patola transmitida ao solo.	42
Figura 36 - Tabela de Carga do Guindaste GROVE GMK6220-L.	45
Figura 37 - Sequência de Operação.	46
Figura 38 - Operação de içamento do TRANSFORMADOR REGULADOR CoEmS.a. 7.500 KVA.	49
Figura 39 - Operação de içamento do TRANSFORMADOR REGULADOR CoEmS.a. 7.500 KVA.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Carga de Trabalho (CT) para cabos de aço.	17
Tabela 2 - Tipos de olhais de lingas de cabo de aço NBR 11900-3 e NBR 13541-1	20
Tabela 3 - Categorias de resistência à tração do arame do cabo de aço.	21
Tabela 4 - Carga de ruptura mínima do cabo de aço de classe 6x19 com alma de aço.	21
Tabela 5 - Resumo e designação dos principais tipos de cintas planas de tecido .	23
Tabela 6 - Limite de CTE e código de cores, ABNT 15637-1 e ABNT 15637-2 :2012.	25
Tabela 7 - Dimensões do Sapatilho.	32
Tabela 8 - Dados da Carga e especificação da Linga/Amarração.	35
Tabela 9 - Tabela de Carga do Guindaste XCMG BR300 (extensão da patola 6 m).	41
Tabela 10 - Configuração do Guindaste.	42
Tabela 11 - Composição da carga.	44
Tabela 12 - Resumo da operação.	44
Tabela 13 - Dormentes e Pressão Exercida no solo.	45

SUMÁRIO

1. Objetivo	7
2. Introdução	7
2. Desenvolvimento Teórico	8
2.1 Tipos de Guindastes	8
2.1.1 Guindauto	8
2.1.2 Guindaste sobre caminhão Truck crane (TC)	9
2.1.3 Rough terrain (RT) Terreno acidentado	10
2.1.4 Guindaste sobre esteiras Crawler Crane	11
2.1.5 Guindaste Todo terreno All Terrain (AT)	12
2.1.5.1 Partes e componentes do Guindaste All Terrain (AT)	14
2.2 Lingas para içamento	17
2.2.1 Cabo de aço	17
2.2.3 Cinta Sintética ou Cinta Têxtil	23
2.2.3 Manilhas	29
3. Elaboração do Plano de Rigging	31
3.1. Especificação da Linga	34
3.2. Configuração do Guindaste	40
3.3 Força na sapata da patola transmitida ao solo	42
3.4 Taxa de Utilização do Guindaste	44
3.5 Sequência de Operação	46
3.6 Notas	47
4. Operação de Içamento do TRANSFORMADOR REGULADOR CoEmS.a. 7.500 KVA	49
5. Considerações Finais	51
6. Bibliografia	52
ANEXO	53

1. Objetivo

O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é a elaboração de um Plano de Rigging para o içamento e transporte de um Transformador Regulador-TRSA localizado na UHE-Ilha Solteira utilizando o Guindaste XCMG BR300.

2. Introdução

Nas indústrias, as atividades de transporte e levantamento de cargas pesadas fazem parte das operações relacionadas a manutenção e montagem de equipamentos, que se encontram em locais de difícil acesso ou possuem um peso extremamente elevado. Tão importantes quanto rigorosas, essas atividades necessitam de muita atenção e experiência por parte da equipe que as planeja e executa, tornando um processo confiável, eficiente e seguro.

Em todas as indústrias a organização racional dos processos e instalações de transporte de carga tem se tornado algo fundamental para o sucesso de suas operações, resultando em maiores ganhos de produtividade. Com o aumento da integralização e entrelaçamento dos processos de produção, os métodos e sistemas de movimentação de cargas, externas e internas das indústrias, devem atuar de forma eficiente, pois são decisivos ao cumprimento de prazos, regulamentações e melhorias estratégicas da empresa.

O termo "Rigger" origina-se no tempo da navegação à vela, onde o RIGGER era o marinheiro responsável pelas operações com cordas, roldanas, ganchos, içamento e amarração das cargas, velas, âncoras e tudo que precisava ser fixado, levantado ou movido na embarcação. Nesta época não havia a mecanização. Dependia-se da habilidade e criatividade humana em aplicar os princípios da física conjuntamente com os músculos. O termo RIGGING abrangia todo o conjunto de componentes utilizados no navio: mastros, velas, moitões, cordas, ganchos e outros. Também denominava as atividades de amarração, içamento e movimentação no navio ou porto. Atualmente utiliza-se o termo para as operações de amarração, içamento e movimentação de cargas, construções e outras atividades na área industrial e naval. Rigger atualmente é o profissional habilitado e capacitado responsável pela elaboração do plano de rigging.

O Plano de Rigging é o projeto técnico, seguro, econômico e eficaz das operações necessárias ao içamento, composto de informações técnicas, memórias de cálculo, desenhos técnicos e outros documentos. O Plano de Rigging é o planejamento amplo da operação de içamento, desenvolvido preliminarmente, que aumentará a segurança, reduzirá imprevistos, preservará a vida, o equipamento e a carga além de otimizar a utilização dos acessórios. Portanto, é desejável que todos os envolvidos tenham conhecimento básico do que é Plano de Rigging.

O Plano de Rigging deve ser elaborado antes do início da operação de içamento e transporte do material ou equipamento, seguindo normas vigentes para tal atividade. Este documento deve apresentar diagramas e desenhos relativos à carga que será transportada; programação de embarque; detalhamento do embarque (sua programação); cronograma; com o propósito de orientar toda a operação, seja ela de armazenagem, fabricação, entre outros.

2. Desenvolvimento Teórico

2.1 Tipos de Guindastes

O guindaste é um dos equipamentos mais utilizados para realizar o içamento de cargas, devido sua grande capacidade de mobilidade o guindaste é também um equipamento de grande versatilidade. Geralmente os guindastes são utilizados para realizar montagens de estruturas e máquinas. Existem muitos modelos disponíveis os quais são dimensionados conforme o tipo de operação, condições do terreno entre outros.

2.1.1 Guindauto

O Guindauto ou como é mais conhecido "Caminhão Munk" é utilizado para içamentos com pequenos e médios alcances e alturas, remoções e transporte em geral, apresenta algumas características:

- Subir e descer lança com carga;
- Girar lança com a carga;
- Estender e recolher lança com carga;
- Trafega em via pública sem AET;
- Transporta a própria carga;

- Baixo custo de mobilização;
- Baixo custo de manutenção;
- Várias configurações de lança;
- Menor capacidade de carga e alcance;
- Não se locomove com a carga içada;
- Limitação de potência em função da motorização do caminhão;
- Só opera patolado;
- Sem monitoração do valor da capacidade e peso da carga içada.

Figura 1 – Guindauto.



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

2.1.2 Guindaste sobre caminhão Truck crane (TC)

São guindastes acoplados a um caminhão de pequeno porte. Características:

- Içamentos com pequenos e médios alcances e alturas;
- Subir e descer carga com moitão;
- Subir e descer lança com carga;
- Girar lança com carga;
- Estender e recolher lança sem carga;
- Trafega em via pública;
- Rapidez e flexibilidade na montagem;
- Baixo custo de mobilização;
- Baixo custo de manutenção;
- Várias configurações de lança;

- Menor capacidade de carga e alcance;
- Não se locomove com a carga;
- Limitação de potência em função da motorização do caminhão;
- Só opera patolado;
- Autorização Especial de Trânsito para trafegar em vias públicas.

Figura 2 – Truck crane (TC).



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

2.1.3 Rough terrain (RT) Terreno acidentado

São guindastes utilizados em terrenos acidentados. Características:

- Içamentos com pequenos e médios alcances e alturas;
- Remoções;
- Içamentos em espaços reduzidos;
- Opera em terrenos acidentados;
- Move-se com carga içada;
- Opera com a lança na horizontal;
- Fácil operação em áreas pequenas;
- Subir e descer lança com carga;
- Girar lança com a carga;

- Estender e recolher lança com carga;
- Andar sobre pneus com a carga içada;
- Transporte só por carreta;
- Menor capacidade de carga.

Figura 3 – Rough terrain (RT).



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

2.1.4 Guindaste sobre esteiras Crawler Crane

São equipamentos do segmento pesado, com tabela de carga superior aos demais modelos existentes. Possuem uma vantagem considerável perante os outros, que é movimentar-se com a peça içada. Características:

- Içamentos com grandes alcances e alturas;
- Içamentos com cargas de peso leve a muito pesado;
- Andar com a carga içada sem perda de capacidade;
- Move-se com carga içada;
- Maior capacidade de carga;
- Funciona como bate-estaca, draga, perfuratriz;
- Subir e descer carga com moitão;
- Subir e descer lança com carga;
- Girar lança com carga;

- Andar sobre esteiras com a carga içada;
- Terreno plano e firme para operação;
- Maior custo e tempo de mobilização.

Figura 4 – Guindaste sobre esteiras Crawler Crane.



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

2.1.5 Guindaste Todo terreno All Terrain (AT)

São guindastes com equipamentos com capacidade de trafegar em vias públicas e em terrenos acidentados no local de trabalho, tem de 2-9 eixos e é projetado para elevação de cargas de até 1.200 toneladas. Características:

- Içamentos com grandes alcances e alturas;
- Içamentos com cargas de peso leve a muito pesado;
- Subir e descer carga com moitão;
- Subir e descer lança com carga;
- Girar lança com carga;
- Estender e recolher lança sem carga-
- Alguns modelos permitem estender e recolher a lança com carga;

- Alguns modelos permitem andar sobre pneus com a carga içada;
- Opera em terrenos acidentados;
- Trafega em via pública;
- Rapidez e flexibilidade na montagem;
- Baixo custo de mobilização;
- Várias configurações de lança;
- Maior custo relativo de manutenção;
- Autorização Especial de Trânsito para trafegar em vias públicas.

Figura 5 – Guindaste Todo terreno All Terrain (AT).



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Para elaboração e execução dos Planos de Rigging proposto neste trabalho utilizaremos para o içamento de cargas o Guindaste sobre caminhão, All Terrain (AT) XCMG BR300 da UHE – Ilha Solteira -SP.

Figura 6 - Guindaste XCMG BR300 da UHE – Ilha Solteira -SP.

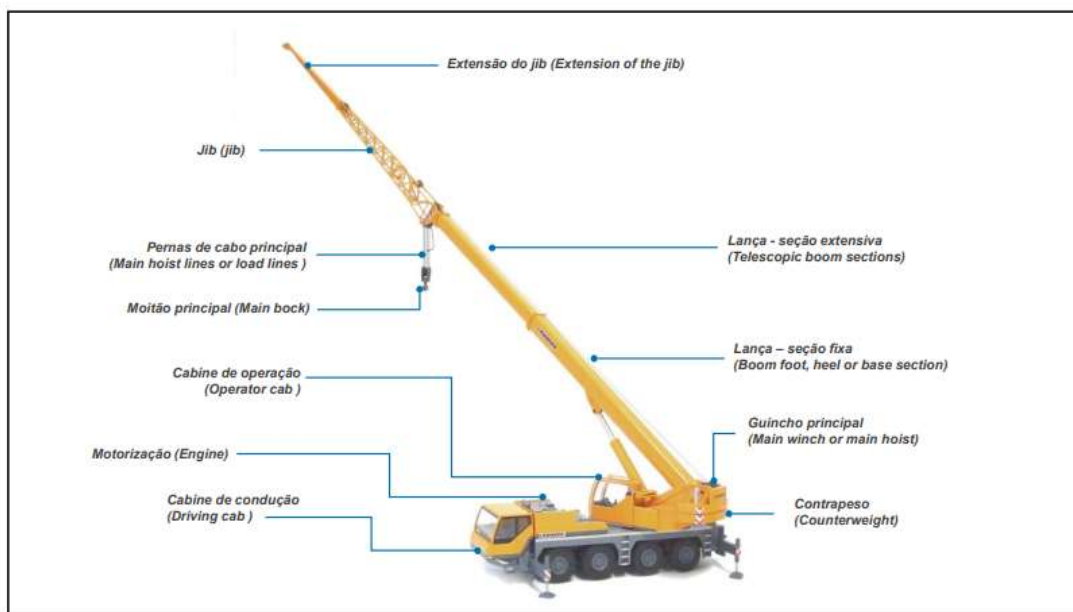


Fonte: Próprio autor.

2.1.5.1 Partes e componentes do Guindaste All Terrain (AT)

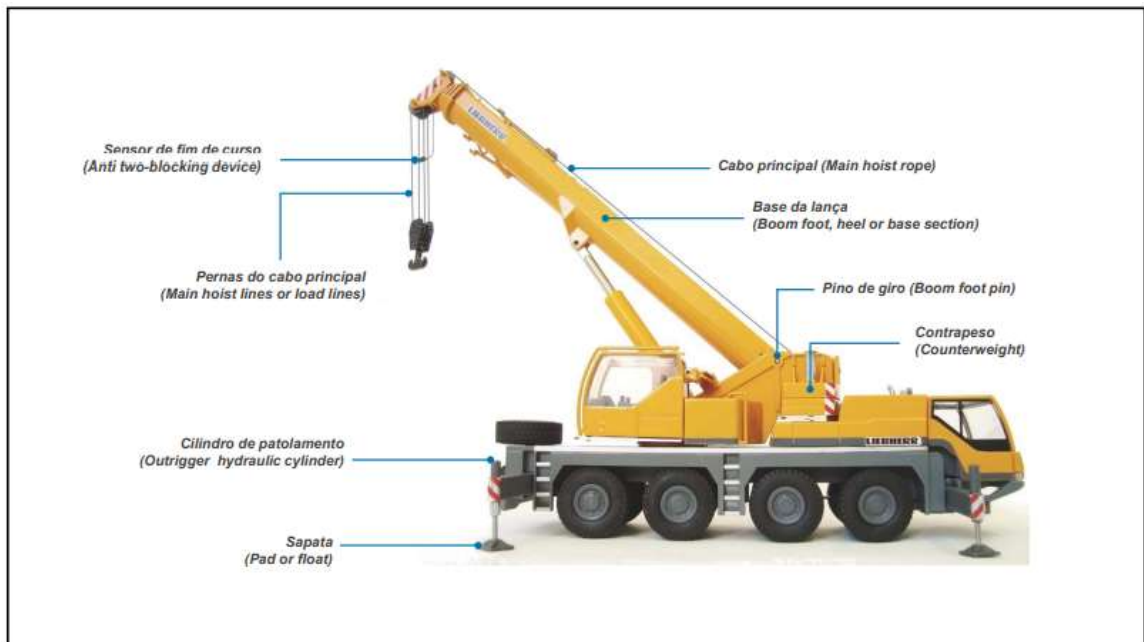
Para a utilização do guindaste AT algumas definições são necessárias, nas figuras a seguir são mostradas as partes componentes de um guindaste AT.

Figura 7 - Componentes do Guindaste AT.



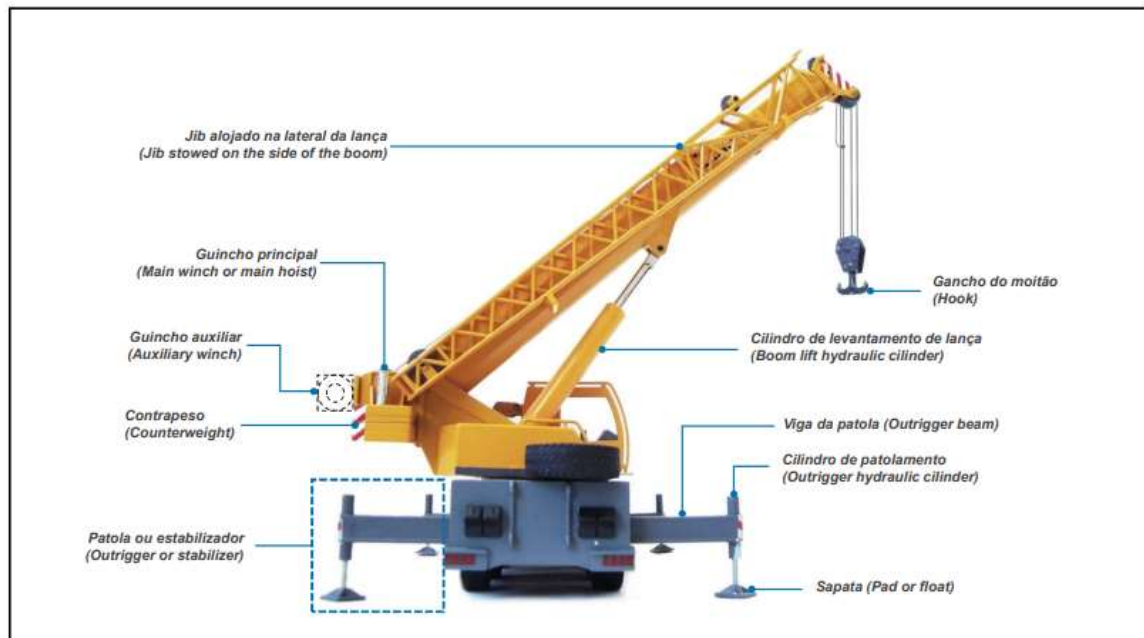
Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Figura 8 - Componentes do Guindaste AT.



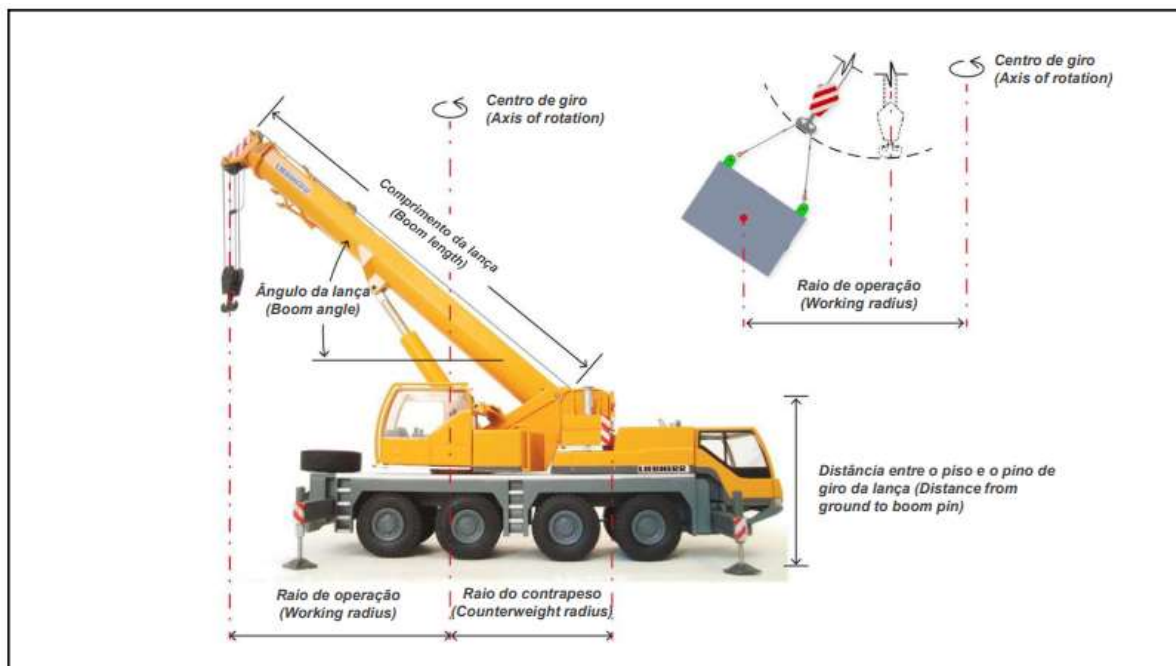
Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Figura 9 - Componentes do Guindaste AT.



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Figura 10 - Componentes do Guindaste AT.



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

2.2 Lingas para içamento

Linga é o conjunto de dispositivos de conexão entre a carga a ser içada e o equipamento que realizará o içamento. Os principais dispositivos de ligação utilizados no içamento de cargas são os cabos de aço, cintas de materiais sintéticos e correntes, manilhas, elos de ligação. Estes dispositivos são acompanhados de tabelas com informações pertinentes a sua utilização como esforços suportados, tensão de ruptura, material construtivo e aplicabilidade, todos regidos por normas técnicas.

Figura 11 - Linga de duas pernas formada por elo de ligação, ganchos e pernas de cabo de aço com olhais, sapatilha e presilha.



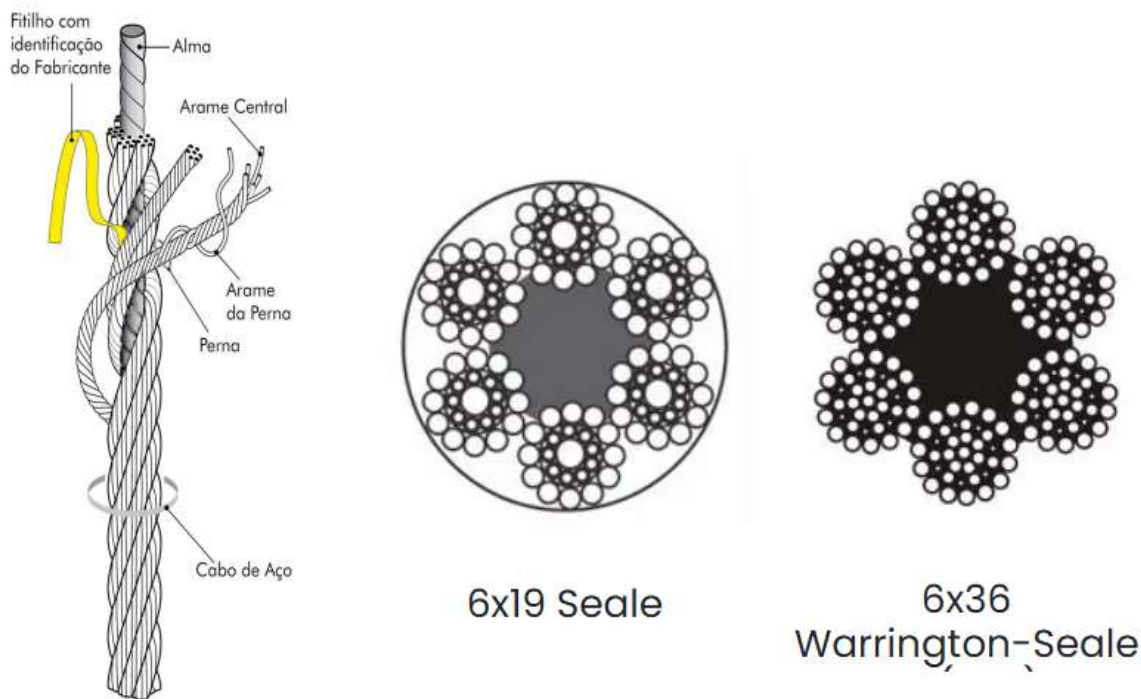
4. Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

2.2.1 Cabo de aço

Cabo de aço é um tipo de corda construída a partir de vários arames (fio máquina) que são proveniente do processo siderúrgico de laminação do aço e enrolados em forma de hélice, sua flexibilidade faz com que ele se torne peça essencial para a funcionalidade de guindastes e elevadores, assim como seu uso em gruas, e principalmente em sistemas de elevação de cargas na forma de linga. O cabo de aço é composto por uma alma que pode ser de fibra (AF) ou aço (AACI) e as pernas enroladas em forma de hélice. Os cabos de aço são classificados quanto sua flexibilidade (NBR 6327 ou ISO 2408):

- classificação 6 x 19 (menor flexibilidade maior resistência a abrasão);
- classificação 6 x 36 (maior flexibilidade menor resistência a abrasão);

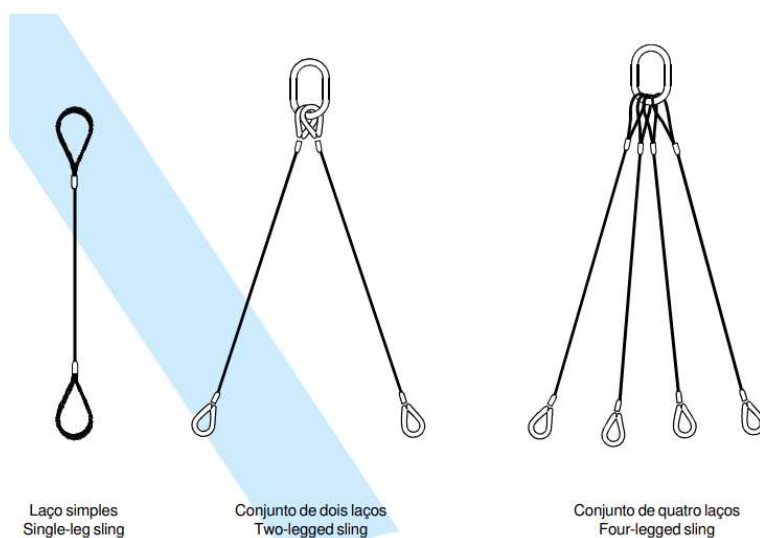
Figura 12 – Construção do cabo de aço.



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

A carga de trabalho CT, que é a carga máxima que o cabo está autorizado a sustentar em serviços gerais é definida pela NBR 13541-1. A norma especifica para tipo de linga a CT de acordo com o DN (diâmetro nominal do cabo).

Figura 13 – Tipos de Lingas de cabo de aço.



Fonte – NBR 13541-1.

Tabela 1 – Carga de Trabalho (CT) para cabos de aço.

DN ND	Laço simples Single-leg sling		Conjunto de dois laços (até 45°) Two-legged sling (up to 45°)		Conjunto de quatro laços (até 45°) Four-legged sling (up to 45°)		Trançado manual Hand splice	
	AF/FC	AACI/IWRC	AF/FC	AACI/IWRC	AF/FC	AACI/IWRC	AF/FC	AACI/IWRC
6,4	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	0,3	0,4
8,0	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	0,5	0,7
9,5	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,5	0,8	0,9
11,5	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,4	1,0	1,3
13,0	1,7	2,1	2,4	3,0	3,6	4,5	1,3	1,7
16,0	2,7	3,3	3,7	4,6	5,6	6,9	2,1	2,6
19,0	3,8	4,7	5,3	6,6	8,0	10	3,0	3,7
22,0	5,2	6,4	7,2	8,9	11	13	4,0	5,0
26,0	6,7	8,3	9,4	12	14	17	5,2	6,4
29,0	8,4	10	12	15	18	22	6,5	8,1
32,0	10	13	14	18	22	27	8,0	10

Fonte – NBR 13541-1.

Dependendo da forma de uso de lingas de cabo de aço o dimensionamento da CT se dá através da equação 1:

$$CT = \frac{Cr \cdot KT}{5 \cdot Km} \cdot f \quad (1)$$

onde:

CT = carga de trabalho

Cr = carga de ruptura mínima efetiva do cabo de aço (NBR 6327), [kN].

kT = eficiência do terminal (Figura 15)

km = fator que relaciona massa com força. Para os fins desta Norma, km = 10

f = fator para cálculo de carga

- fator = 1, para laço simples

- fator = 1,4, para conjunto de dois laços

- fator = 2,1, para conjunto de quatro laços

Tabela 2 – Tipos de olhais de lingas de cabo de aço NBR 11900-3 e NBR 13541-1.

Tipos de olhais de lingas de cabo de aço (NBR 11900-3 e NBR 13541-1) – Eye type					
Tipo	Geometria	Características	Resistência Durabilidade	Restrições	Eficiência do terminal (KT)
1		Trançado flamengo com presilha de aço	Alta Alta	-	0,9
2		Trançado flamengo com presilha de alumínio	Alta Média	Altas temperaturas Água salgada Superfícies abrasivas	0,9
3		Trançado manualmente, sem presilha	Média Média	Cargas cíclicas Rotações no laço	0,8
4		Dobrado, com presilha de alumínio	Alta Baixa	Cargas com risco humano Altas temperaturas Água salgada Superfícies abrasivas	0,9
5		Soquete aberto spelter Soquete pêra Soquete fechado Soquete cunha	Alta Alta	-	1,0
6		Clipe pesado	Média Média	Não pode ser usado em lingas de içamento	0,7

Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Convencionalmente, os arames que compõem o cabo de aço (excluindo os arames centrais e os de enchimento) são divididos em categorias de resistência, como mostrado na tabela 3.

Tabela 3 – Categorias de resistência à tração do arame do cabo de aço.

Sigla	Categoria de Resistência do Cabo de Aço	Faixa de Categorias de Resistência à Tração de Arames (N/mm²)
OS (Plow Steel)	1570	1370 - 1770
IPS (Improved plow Steel)	1770	1570 - 1960
EIPS (Extra Improved plow Steel)	1960	1770 - 2160
EEIPS (Extra Extra Improved plow Steel)	2160	1960 - 2160

Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Tabela 4 - Carga de ruptura mínima do cabo de aço de classe 6x19 com alma de aço.

ABNT NBR ISO 2408:2019						
Tabela de carga de ruptura mínima classe 6x19 com alma de aço						
Diâmetro cabo de aço mm	Peso nominal kgf/m	Carga de ruptura mínima kN			Dimensão mínima do olhal	
		Categoria 1770	Categoria 1960	Categoria 2160	B mm	C mm
10	0,40	63	69,8	76,9	165	83
11	0,48	76,2	84,4	93	182	91
12	0,58	90,7	100	111	198	99
12,7	0,64	101,6	112,5	124,0	210	105
13	0,68	106	118	130	215	107
14	0,78	124	137	151	231	116
14,3	0,82	128,9	142,7	157,2	236	118
15,8	1,00	157,3	174,2	192,0	261	130
16	1,02	161	179	197	264	132
18	1,30	204	226	249	297	149
19	1,44	227	252	278	314	157
20	1,60	252	279	308	330	165

NOTAS:

1) Valores da carga de ruptura mínima em kN. Para converter em tonelada força dividir o valor tabelado por 10.

2) Dimensões dos olhais conforme NBR 13541-1.

3) Valores em negrito correspondem aos diâmetros em polegadas de mais fácil obtenção no mercado.

4) Construções do cabo de aço para a categoria 6x19:

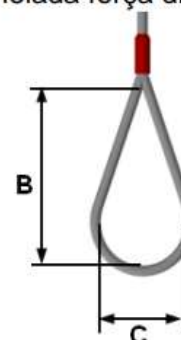
6 x 19S-AACI

6 x 19W-AACI

6 x 21F-AACI

6 x 25F-AACI

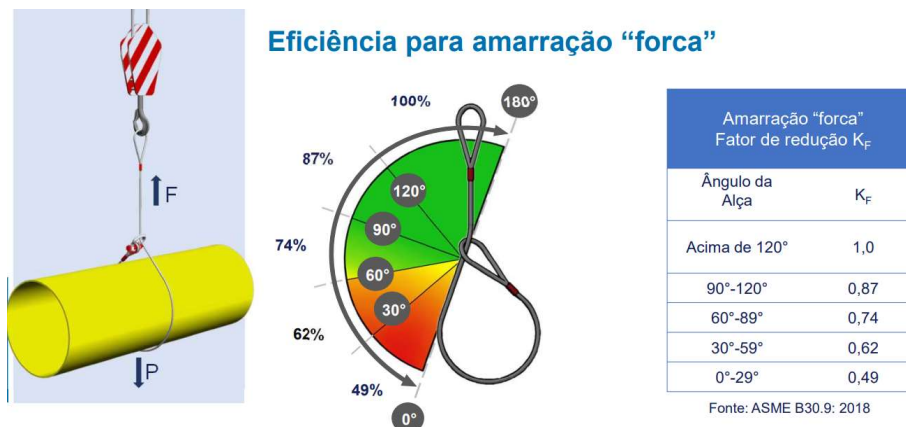
6 x 26WS-AACI



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Um problema típico no uso de lingas de cabo de aço é a redução da CT devido ao esmagamento do cabo de aço nos pontos de pega (Fator Kb) ou em casos onde a linga é usada em força (Fator Kf). Nestes casos a equação 1 deve ser multiplicada pelos fatores de correção Kb ou Kf.

Figura 14 – Fator de correção Kf para Força.

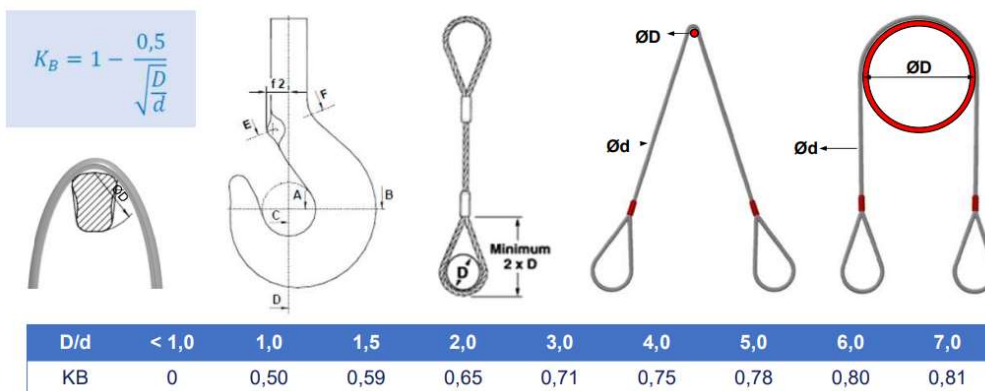


Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Figura 15 – Fator de correção Kb para dobramento.

Fator de redução pelo dobramento ISO 19901-6

Cabos de aço quando dobrados sofrem flexão e portanto, redução de resistência
Fator de redução devido ao dobramento (K_B) (ISO 19901-6)



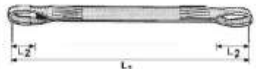
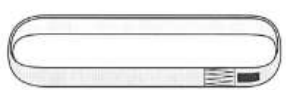
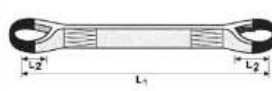
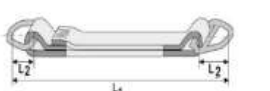
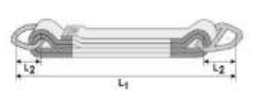
Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

2.2.3 Cinta Sintética ou Cinta Têxtil

As cintas sintéticas possuem um desempenho de alta performance, fabricadas para serem utilizadas em substituição aos cabos de aço empregados no içamento de cargas. As principais vantagens são reconhecidas nos trabalhos de içamento (são mais leves, flexíveis, de fácil manuseio, apresentam menor risco de lesão na coluna de quem as manuseiam, menor risco de ferimentos por perfuração de arames e etc.).

ABNT NBR 15637 é a norma que rege o uso e fabricação de Cintas Têxtil, ela especifica os requisitos mínimos para fabricação de cintas planas manufaturadas, com fitas tecidas com fios sintéticos de alta tenacidade, formados por multifilamentos além de adotar as CT para cada uso no içamento. As cintas podem possuir varias camadas de material têxtil, podem ser classificadas como tubulares, planas e conter acessórios em seu conjunto ou não.

Tabela 5 – Resumo e designação dos principais tipos de cintas planas de tecido .

Estrutura	A - Anel	B – Cinta com olhais reforçados	C – Cinta com acessórios
Uma camada simples			
Uma camada simples		Cinta de camada única com olhais reforçados 	Cinta de camada única com acessórios 
Duas camadas	Cinta de camada única 	Cinta de duas camadas com olhais reforçados 	Cinta de duas camadas com acessórios 
Quatro camadas	Cinta de duas camadas 		Cinta de quatro camadas com acessórios 
NOTA A tabela de tipos de cinta aqui ilustrados não é limitada			

Fonte: Norma ABNT NBR 15637.

Dependendo da forma de uso de lingas de Cinta Têxtil o dimensionamento da CTE se dá através da equação 2:

$$CTE = CT \cdot FU \quad (2)$$

Onde:

CT - Capacidade da Cinta simples na elevação vertical.

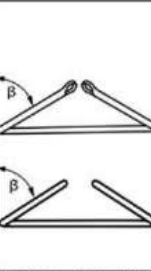
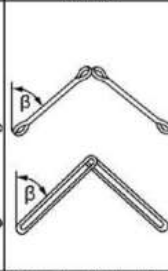
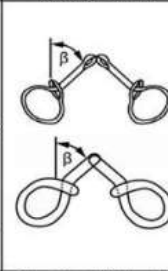
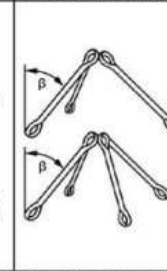
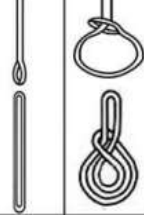
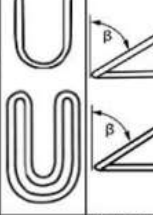
CTE – Capacidade Efetiva da Linga de Cinta Têxtil.

FU = fator de uso

- fator = 1, para laço simples
- fator = 1,4, para conjunto de dois laços
- fator = 2,1, para conjunto de quatro laços

Na prática as especificações das cintas têxtil são apresentadas de acordo com a CT e a forma de uso (FU) das lingas, na tabela 4 temos o exemplo de uma cinta plana sem assessorios. Por norma, para melhor identificação, as cintas apresentam cores diferentes de acordo com sua Capacidade de Carga.

Tabela 6 - Limite de CTE e código de cores, ABNT 15637-1 e ABNT 15637-2 :2012.

Limites de carga de trabalho (toneladas)												
CMT da cinta (t)	Cor da cinta	Elevação vertical	Elevação força	Elevação em cesto		Cinta com duas pernas		Cintas com duas pernas e força		Cintas com três e quatro pernas (c)		
												
				Vertical	β de 7° a + 45°	β de 46° a + 60°	β de 7° a + 45°	β de 46° a + 60°	β de 7° a + 45°	β de 46° a + 60°	β de 7° a + 45°	β de 46° a + 60°
		FU (a) = 1	FU = 0,8	FU = 2	FU = 1,4	FU = 1	FU = 1,4	FU = 1	FU = 1,2	FU = 0,8	FU = 2,1	FU = 1,5
1,0	Violeta	1,0	0,8	2,0	1,4	1,0	1,4	1,0	1,12	0,80	2,1	1,5
2,0	Verde	2,0	1,6	4,0	2,8	2,0	2,8	2,0	2,24	1,60	4,2	3,0
3,0	Amarela	3,0	2,4	6,0	4,2	3,0	4,2	3,0	3,36	2,40	6,3	4,5
4,0	Cinza	4,0	3,2	8,0	5,6	4,0	5,6	4,0	4,48	3,20	8,4	6,0
5,0	Vermelha	5,0	4,0	10,0	7,0	5,0	7,0	5,0	5,60	4,00	10,5	7,5
6,0	Marrom	6,0	4,8	12,0	8,4	6,0	8,4	6,0	6,70	4,80	12,6	9,0
8,0	Azul	8,0	6,4	16,0	11,2	8,0	11,2	8,0	8,96	6,40	16,8	12,0
10,0	Laranja	10,0	8,0	20,0	14,0	10,0	14,0	10,0	11,20	8,00	21,0	15,0
> 10,0	Laranja	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)

Nota a: FU Fator de uso para carregamento simétrico. A tolerância para o ângulo de trabalho de uma cinta é de no máximo + 6° com a vertical .

Nota b: Acima de 10 t todas as cintas são de cor laranja, seguindo o FU correspondente conforme a forma de elevação.

Nota c: Utilizar estes valores somente com a certeza absoluta de que a distribuição das forças será uniforme. Na dúvida utilize os valores para 2 pernas.

Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Algumas recomendações, segundo a norma ABNT NBR 15637-1:2008, devem ser observadas no uso de Cintas Têxtil para garantir sua integridade e não prejudicar a CT nominal:

- Cintas mais largas podem ser afetadas pelo raio interno do gancho, como resultado da curvatura desse gancho, que impede o carregamento uniforme através da largura da malha;

- As cintas planas devem ser corretamente posicionadas e fixas à carga de maneira segura, de tal forma que a carga fique uniformemente distribuída pela largura da malha. As cintas nunca podem estar torcidas ou com nós. Não podem ser emendadas cintas diretamente com outras cintas;

- Quanto às cintas de várias pernas, os valores de CMTE são determinados tendo por base o fato de que o conjunto de cintas suporta a carga citada. As pernas das cintas podem ser simétricas ou não, devendo-se sempre levar em conta o centro de gravidade da carga no cálculo de comprimento das pernas;

- No caso de cintas de três pernas, se estas não forem simetricamente dispostas em plano, a tensão maior está naquela em que a soma dos ângulos do plano às pernas adjacentes for maior. O mesmo efeito ocorre em cintas de quatro pernas, quando a rigidez da carga também deve ser considerada;

NOTA Com uma carga rígida, a maior parte do peso pode ser acomodada em apenas três, ou mesmo duas pernas do conjunto, com as demais servindo somente para equilibrar a carga.

- As cintas devem ser protegidas de bordas cortantes, fricção e abrasão, seja da carga ou do equipamento de elevação. Quando reforços e proteções contra danos de bordas e/ou de abrasão são fornecidos como parte da cinta, estes devem ser corretamente posicionados. Pode ser necessária uma proteção complementar adicional no ponto de contato da cinta com a carga a ser movimentada, figura 18;

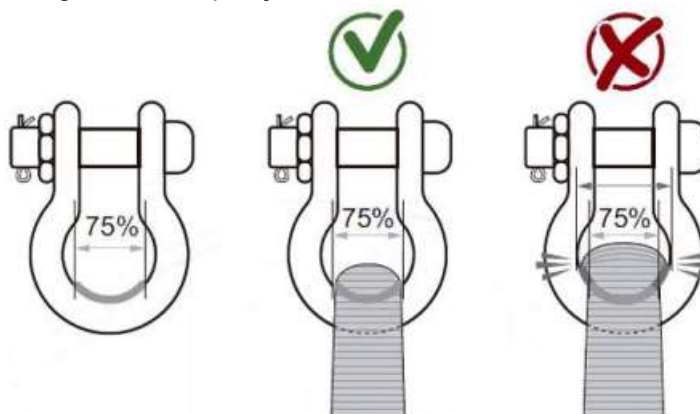
- Deve-se proceder a uma elevação parcial, sendo recomendado elevar-se até que a cinta esteja esticada. A carga deve então ser levemente elevada, procedendo-se a uma verificação quanto a ela estar segura e ter assumido a posição pretendida. Esse procedimento é especialmente importante com engates de cesto ou outras formas, nas quais a fricção pode reter a carga;

NOTA Se houver tendência à inclinação, a carga deve ser baixada e as fixações reposicionadas. A elevação parcial deve ser repetida até que se tenha garantia da

estabilidade da carga.

- O uso de cintas planas em acessórios requer observar a correta disposição da cinta no ponto de contato com o acessório, não ultrapassando 75 % da largura de contato em superfícies curvas, perpendicular ao eixo vertical:

Figura 16 – Disposição correta da cinta têxtil na manilha.



Fonte: Norma ABNT NBR 15637.

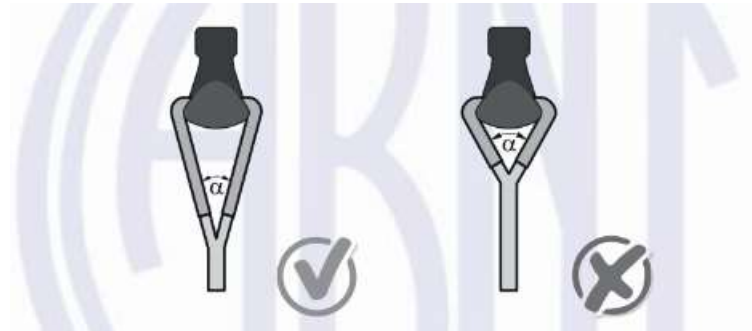
Figura 17 – Proteção contra bordas vivas.



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

- O comprimento dos olhais (L2) deve ser projetado de maneira que não haja uma incidência no ângulo interno do olhal superior a 20° no contato do ponto de ancoragem, conforme a Figura 18.

Figura 18 – Ângulo interno do Olhal.

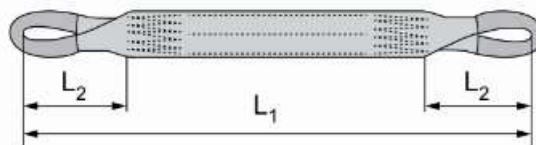


Fonte: Norma ABNT NBR 15637.

Para isto, deve ser respeitado comprimento mínimo do olhal, para cintas sem acessórios:

- a) três vezes a largura da cinta, para larguras de até 150 mm;
- b) duas vezes e meia a largura da cinta, para larguras entre 150 mm e 600 mm;
- c) uma vez e meia a largura da cinta, para larguras entre 600 mm a 1 000 mm.

Figura 19 – L1 comprimento da Cinta e L2 comprimento do Olhal.



Fonte: Norma ABNT NBR 15637.

A Cinta deve ser acompanhado de uma etiqueta com informações em conformidade com a norma NBR 15637 contendo no mínimo as seguintes informações:

- 1) CMT (Carga Máxima de Trabalho);
- 2) identificação, com CNPJ do fabricante ou importador;
- 3) Modelo da Cinta;
- 4) código de rastreabilidade;
- 5) Carga de Trabalho em diversas formas CMTE;
- 6) Fator de segurança;

- 7) fator de segurança;
- 8) Data de fabricação.

Figura 20 – Etiqueta da cinta têxtil.



1. Carga máxima de trabalho (CMT)
2. Fabricante ou importador com CNPJ
3. Modelo da cinta
4. Código de rastreabilidade
5. Carga de trabalho em diversas formas (CMTE)
6. Fator de segurança Δ
7. Sistema de rastreabilidade por unidade produzida
8. Data de fabricação

Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

No caso de Cintas Tubulares o diâmetro da cinta (DC) em relação ao diâmetro do ponto de pega (DM), como exemplificado no uso de manilhas, devem respeitar um valor mínimo, dependendo do tipo de contato da cinta. Este valor mínimo deve satisfazer aos seguintes requisitos, considerando:

- a) contato simples (D1): $DM \geq DC$;
- b) contato duplo sem estrangulamento (D2): $DM \geq 1,5 \times DC$;
- c) contato duplo com estrangulamento (D3): $DM \geq 3 \times DC$.

Onde:

- DM é o diâmetro do corpo da manilha ou qualquer outro ponto de pega;
- DC é o diâmetro da cinta.

Figura 21 – Formas de pega entre cinta têxtil e manilha.

Contato no ponto de pega (Diâmetro mínimo admissível)

3 - A Figura A ilustra o diâmetro da manilha enquanto a Figura B ilustra as diferentes formas de contato D1, D2 e D3.

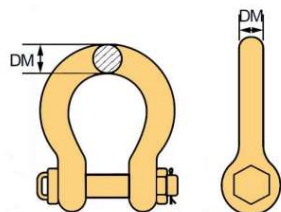


Figura A – Ilustração do diâmetro do ponto de pega da manilha (DM)

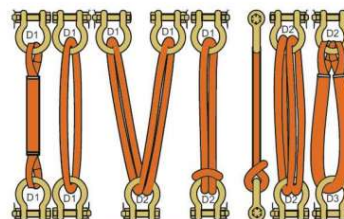


Figura B – Ilustrações das formas de contato no corpo da manilha

Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

2.2.3 Manilhas

Trata-se de uma peça forjada de aço em forma de U, que pode ser formada por duas partes: O Corpo e o Pino para as Manilhas de Pino Roscado, ou quatro partes: O Corpo, o Pino, a Porca e a Cupilha para as Manilhas de Pino Porca e Cupilha, ambas facilmente desmontáveis que podem ser fabricadas em aço alloy (Grau 8), aço carbono e aço inoxidável. A Norma NBR 13545 estabelece as características da Manilhas.

Figura 22 – Tipos de Manilhas.

Manilhas (Shackles)

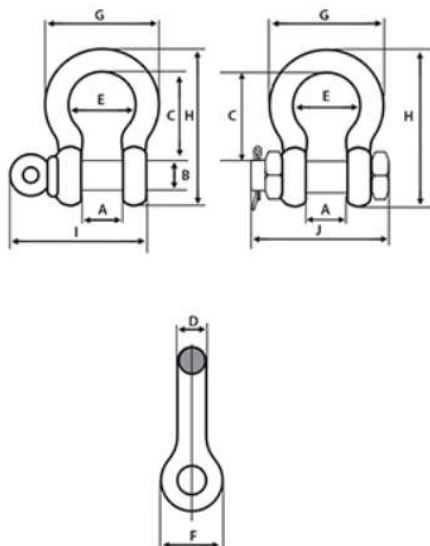
theCrosbygroup®

Manilha curva (Anchor shackle)	Manilha reta, para correntes (Chain shackle)	Tipo âncora com corpo alargado (Wide body shackle)	Tipo âncora para cintas (Web sling shackle)
Normas: Federal Specification RR-C-271-D (EUA); NBR 13545 (Brasil); EN 13889 (CE).			

Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

As Manilhas são especificadas de acordo com seu diâmetro nominal (diâmetro do corpo) e CT.

Figura 23 – Manilhas curva esquemas de dimensões.



Fonte: Acrocabo <https://www.acrocabo.com.br/>.

Ø Nominal	Dimensões (mm)										Peso por peça	Carga de trabalho
Pol.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	kg	Ton
1/2"	21	16	48	13	33	30	59	83	68	60	0,29	2
5/8"	27	19	60	16	43	38	75	106	85	74	0,63	3,25
3/4"	32	22	71	19	51	46	89	126	101	87	1,02	4,75
7/8"	37	25	84	22	58	53	102	148	114	97	1,53	6,5
1"	43	29	95	25	68	60	119	167	129	115	2,41	8,5
1.1/8"	46	32	108	29	74	68	131	190	142	130	3,09	9,5
1.1/4"	52	35	119	33	83	76	146	210	156	140	4,31	12
1.3/8"	57	38	133	36	92	84	162	233	174	156	6,01	13,5
1.1/2"	60	41	146	39	99	92	175	254	187	165	7,80	17
1.3/4"	73	51	178	47	127	106	225	313	231	197	13,78	25
2"	83	57	197	53	146	122	253	347	263	222	20,41	35

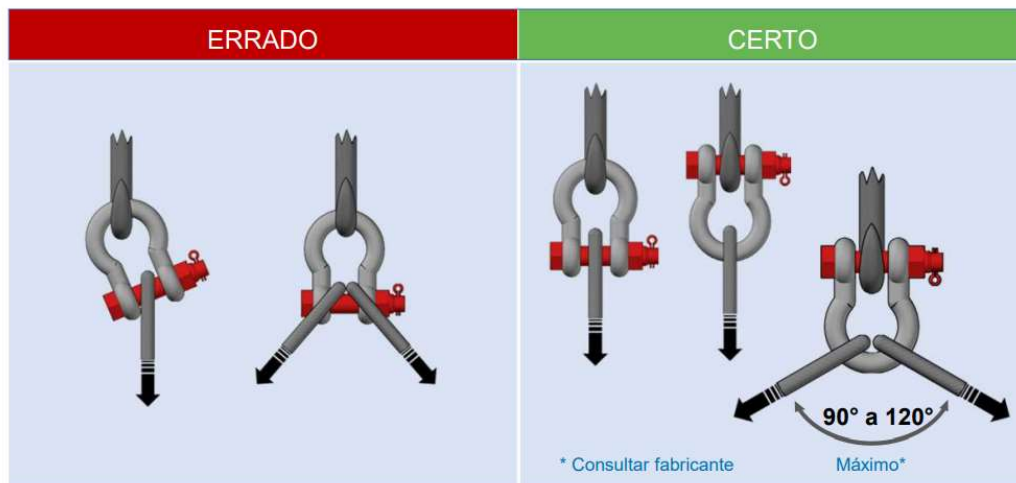
Fonte: Acrocabo <https://www.acrocabo.com.br/>.

Assim como cabos de aço e cintas têxtil algumas observações devem ser levadas em consideração no uso de Manilhas:

Figura 24 – Formas de uso Manilhas.

Manilhas (Shackles)

theCrosbygroup

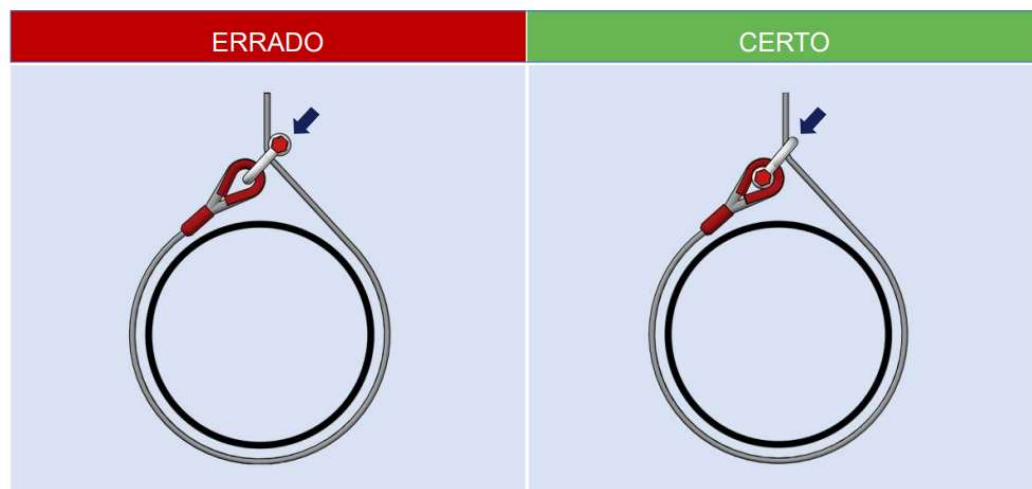


Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Figura 25 - Formas de uso Manilhas em força.

Manilhas (Shackles)

theCrosbygroup



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Para o uso de Manilhas com lingas de cabo de aço com olhais com sapatilhos é necessário fazer a verificação do encaixe do sapatilho com o corpo da manilha.

Tabela 7 – Dimensões do Sapatilho.

Diâmetro nominal <i>d</i>	A mín.	C		D mín.	E mín.	I ref.	R ref.
		mín.	máx.				
6 (6,35)	1,6	15,9	22,2	7,0	3,5	–	–
8 (7,94)	2,0	20,0	28,0	8,8	4,4	–	–
10 (9,5)	2,5	25,0	35,0	11,0	5,5	–	–
13 (12,7)	3,3	32,5	45,5	14,3	7,2	–	–
16 (15,9)	4,0	40,0	56,0	17,6	8,8	–	–
19 (19,1)	4,8	47,8	66,9	21,0	10,5	–	–
22 (22,2)	5,6	55,5	77,7	24,4	12,2	–	–
26 (25,4)	6,5	65,0	91,0	28,6	14,3	–	–

NOTA 1 Cálculo das dimensões:

$$A_{\min} = 0,25d;$$

$$B_{\min} = 1,5 \times C;$$

$$B_{\max} = 2 \times C;$$

$$C_{\min} = 2,5d;$$

$$C_{\max} = 3,5d;$$

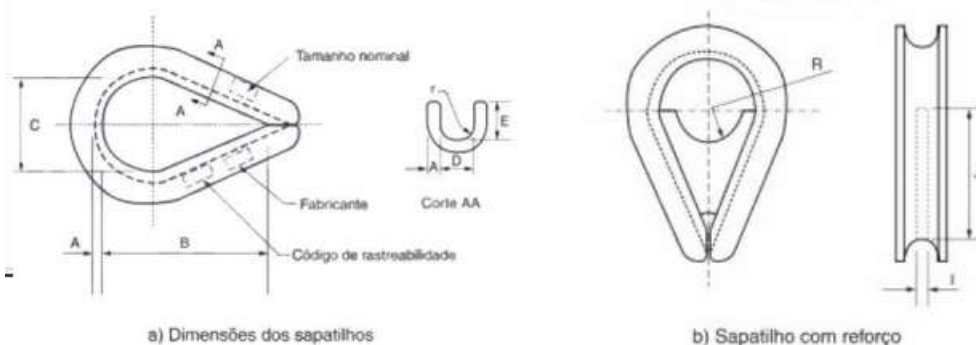
$$D_{\min} = 1,1d$$

$$E_{\min} = 0,55d.$$

$$E_{\max} = 1d.$$

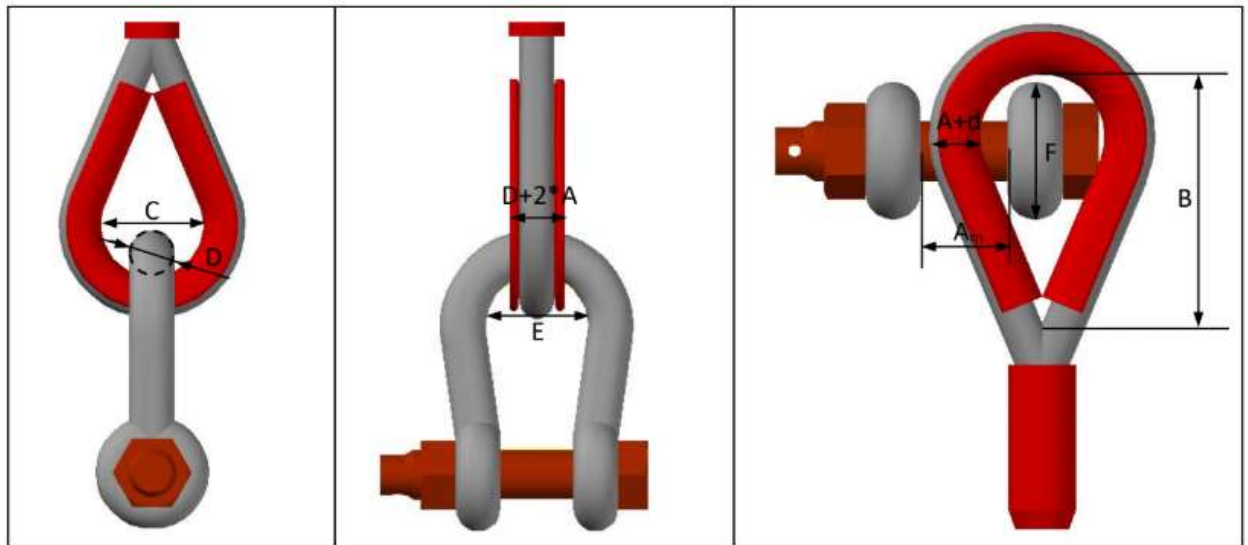
NOTA 2 Onde *d* é o diâmetro nominal do cabo. As dimensões "A" e "E" devem ser medidas na parte reta do sapatilho (região do corte AA da Figura 1).

NOTA 3 Os diâmetros nominais em negrito são os padronizados em milímetros pela ISO 2408, enquanto os valores entre parênteses são seus equivalentes aproximados em polegadas convertidas.



Fonte: Acrocabo <https://www.acrocabo.com.br/>

Figura 26 - Verificação do encaixe do sapatilho com o corpo da manilha.



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon

3. Elaboração do Plano de Rigging

O Plano de Rigging é apresentado em forma de desenhos técnicos e em sua principal composição constam uma vista Lateral, uma vista em planta e alguns casos uma vista em perspectiva.

Os item que compõem um Plano de Rigging são:

- Ângulo de inclinação inicial da lança;
- Ângulo de inclinação final da lança;
- Comprimento da lança;
- Raio de Operação inicial e final;
- Interferência com obstáculos;
- Superfície de segurança da rede elétrica;
- Dados da Carga;
- Lista de materiais que compõem as Lingas/Amarrações;
- Pressão crítica exercida no solo/piso pelas sapatas;
- Detalhes dos dormentes;
- Configuração do Guindaste;
- Composição de Carga;

- Sequência de operação;
- Legenda e Notas.

3.1. Especificação da Linga

Após levantamento de campo identificamos as características da carga a ser içada, com um peso total de 16.600 kg, 4,3 metros de comprimento, 3,3 metros de largura e 3,56 metros de altura. Na estrutura do transformador constam quatro pontos de içamento o que sugere o uso de uma linga de quatro pernas associadas com manilhas.

Figura 27 - Transformador Regulador -TRSA.



Fonte - Próprio Autor.

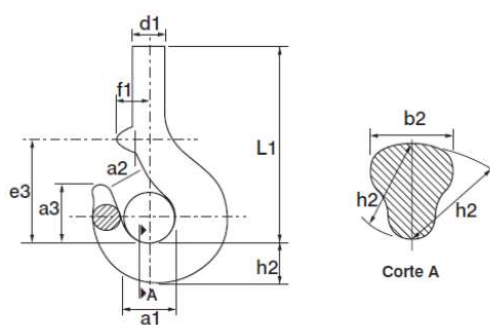
Figura 28 – Pontos de pega do Transformador Regulador -TRSA.



Fonte - Próprio Autor.

A princípio a ideia seria usar uma linga de cinta têxtil com capacidade de 10 t, com forma de uso $FU=2,1$ (CMT=21t) de 4 pernas, mas isto foi descartado posteriormente pelo fato de o diâmetro da cinta ter 43 mm o que impossibilitaria a perfeita acomodação das 4 pernas no guincho do Guindaste. O guincho do Guindaste é um Guincho de Haste Simples DIN 15401 N° 12 com medida $a1=125$ mm (Figura xx e Figura xx).

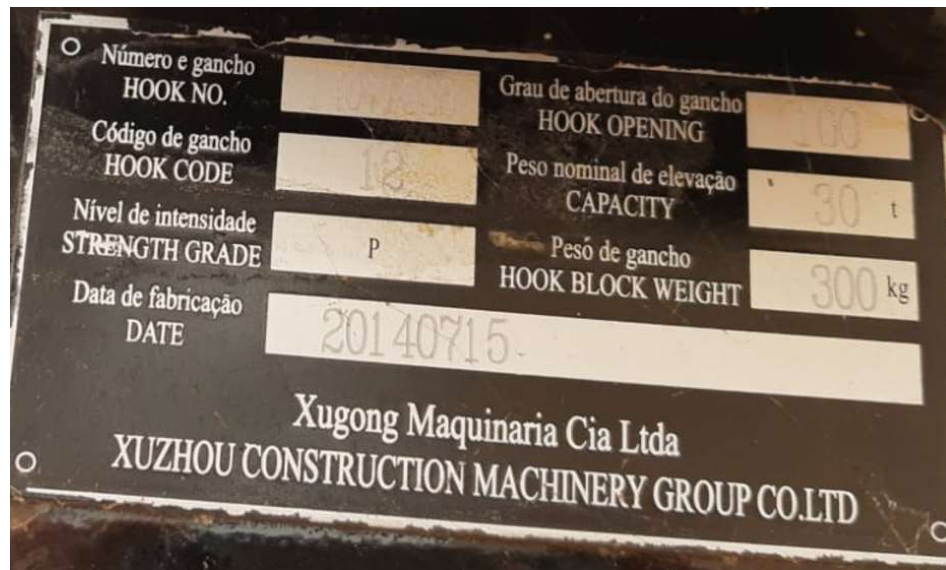
Figura 29 – Especificação do Guincho do Guindaste XCMG BR 300.



Ganchos haste simples DIN 15401 - RSN - P											
DIN nº	a1	a2	a3	b2	d1	e3	f1	h2	L1	C.T.	Peso
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	ton.	Kg
1,6	58	45	64	38	36	118	35	48	224	3,2	4,5
2,5	69	50	72	45	42	132	40	58	253	5,0	6,3
4	71	56	80	53	48	148	45	67	285	8,0	8,8
5	80	69	90	60	53	165	51	75	318	10,0	12,3
6	90	71	101	67	60	185	57	85	380	12,0	17,1
8	100	80	113	75	67	210	64	95	418	16,0	24
10	112	90	127	85	75	221	-	106	452	20,0	34
12	125	100	143	95	85	252	-	118	510	24,0	47
16	140	112	160	106	95	280	-	132	582	32,0	66
20	160	125	180	118	106	330	-	150	658	40,0	95

Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

Figura 30 – Plaqueta de especificação do Gancho do Guindaste XCMG BR 300.



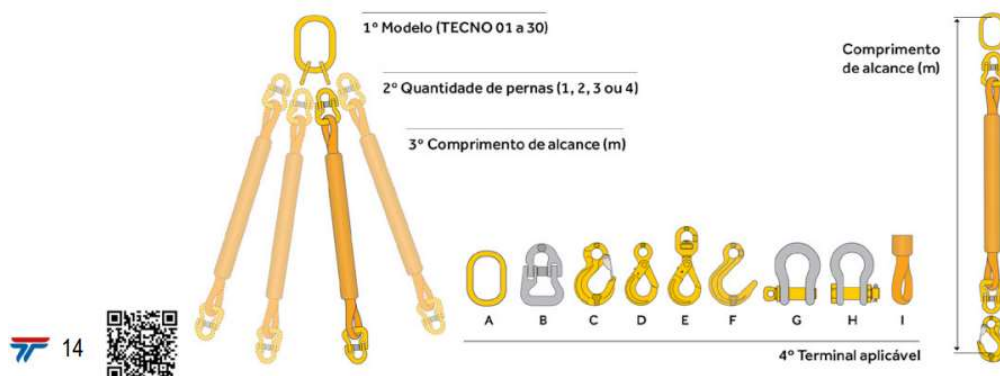
Fonte - Próprio Autor.

A solução encontrada foi a utilização de um Grab Tubular (FS 4:1) – Linga de cinta têxtil, formada por anel de carga com sub-elos + quatro ramais de cintas tubulares (FU=2,1) na cor lajanga com CMT de 10t e olhais de 300 mm na própria cinta na extremidade inferior com comprimento de 8 metros.

Figura 31 – Esquema do Grab Tubular FS 4:1.

GRAB TUBULAR - Capacidades (kg) / FS 4:1 - Conforme NBR 15637-2								
Montagem	1 PERNA		2 PERNAS			3 E 4 PERNAS		
Ilustração de uso								
Ângulo de inclinação β	0	Elo Sustentação	$0 < \beta \leq 45^\circ$	$45^\circ < \beta \leq 60^\circ$	Elo Sustentação	$0 < \beta \leq 45^\circ$	$45^\circ < \beta \leq 60^\circ$	Elo Sustentação
Fator de uso	1,0		1,4	1,0		2,1	1,5	
2410XX	10.000	202.305	14.000	10.000	202.306	21.000	15.000	203.305

NOTA: informar a capacidade de carga, quantidade de pernas, comprimento e o terminal desejado.



Fonte: TECNOTÊXTIL <https://www.tecotextil.com.br>

Por definição a taxa de utilização da linga é definida como:

$$TU = \frac{P_c}{CMT} = \frac{16.600 [kg]}{21.000 [kg]} = 79\% \quad (3)$$

Onde:

P_c = Peso da Carga

CMT = Capacidade Máxima de Trabalho da Linga

Isto representa que a linga está sendo exigida 79% de sua capacidade de carga, um valor tolerável, porem a recomendação seria uma taxa em torno de 65%.

Assim obtemos a Tabela com os Dados da Carga e as especificações da Linga para o içamento do Transformador Regulador -TRSA.

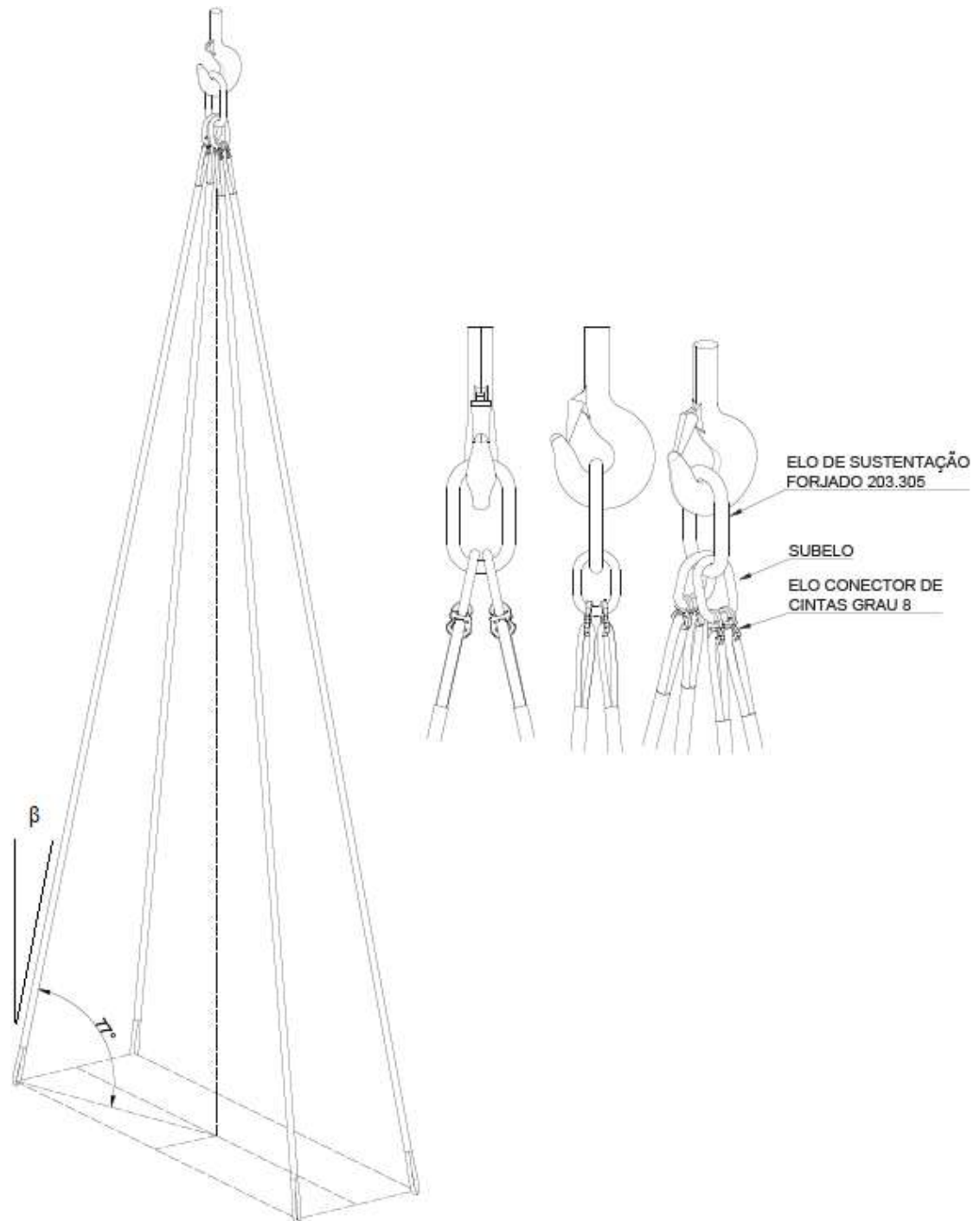
Tabela 8 – Dados da Carga e especificação da Linga/Amarração.

DADOS DA CARGA								UTILIZAÇÃO
DESCRIÇÃO DA CARGA				COMP (mm)	LARG (mm)	ALT (mm)	PESO (kg)	
Içamento de:	TRANSFORMADOR REGULADOR CoEmS.a. 7.500 KVA			4.300,0	3.300,0	3.560,0	16.600,0	
LINGADAS/AMARRAÇÕES								
ITEM	DESCRIÇÃO	CAPACIDADE MÁXIMA DE TRABALHO VERT. UN.(kg)	QTDE	MEDIDA (mm)	CAPACIDADE MÁXIMA DE TRABALHO (CMT) (kg)	PESO UNITÁRIO (kg)	TOTAL (kg)	TAXA (%)
C1	GRAB TUBULAR (FS 4:1) - LINGA DE CINTA TEXTIL, FORMADA POR ANEL DE CARGA COM SUB ELOS + QUATRO RAMAIS DE CINTAS TUBULARES NA COR LARANJA CMT 10t E OLHAIS DA PROPRIA CINTA NA EXTREMIDADE INFERIOR C/ 300MM CADA	10.000,00	1	8.000,0	21.000,0	88,7	88,7	79,0
			PESO TOTAL DA LINGADA/AMARRAÇÃO				88,7	

Fonte: Próprio autor.

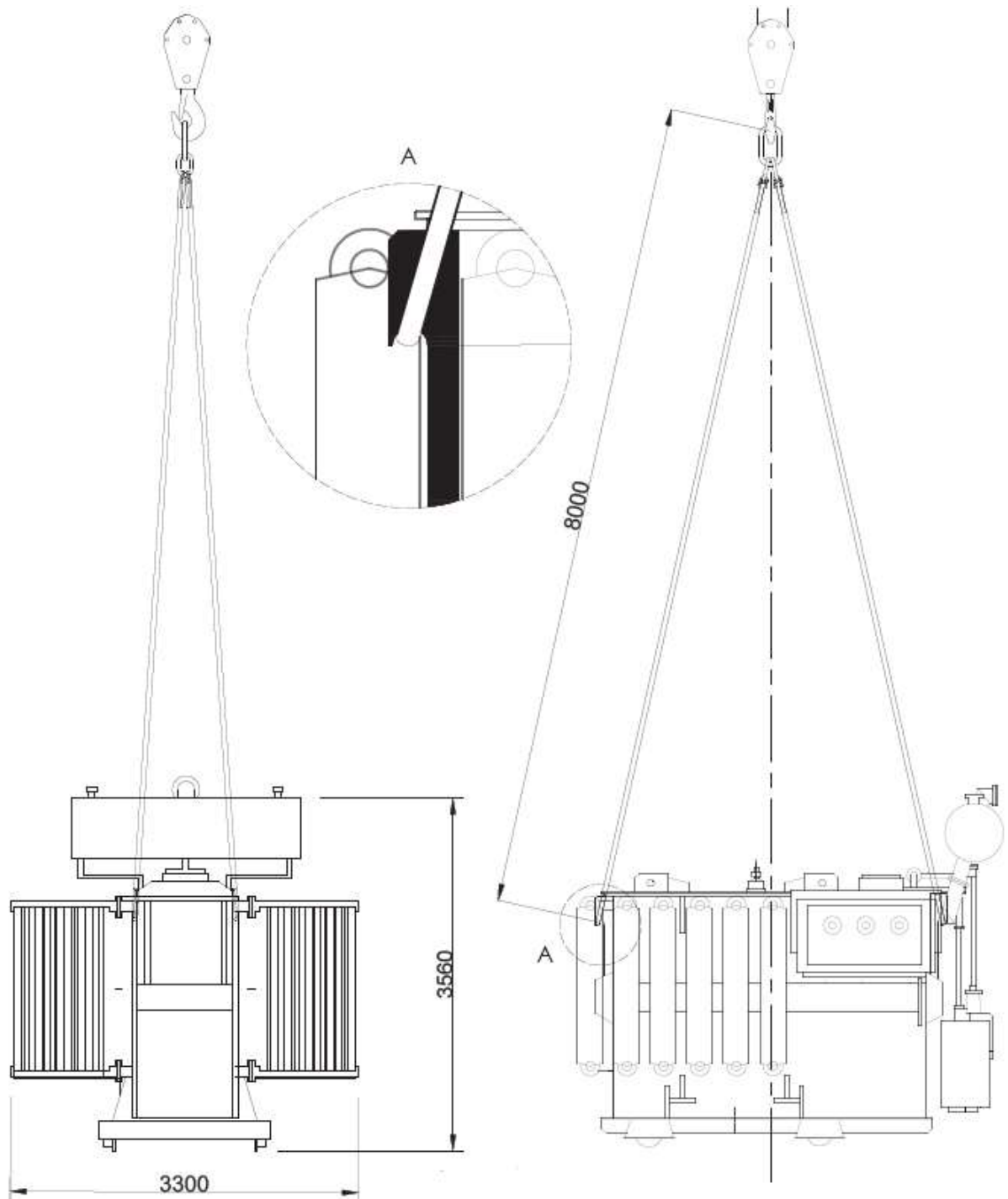
O comprimento de 8 metros da linga foi especificada para que o ângulo de trabalho das pernas da linga β , entre a vertical e a perna da linga, se enquadrasse nos limites $7^\circ < \beta \leq 45^\circ$, como mostra a Figura 30, $\beta = 13^\circ$.

Figura 32 – Esquema do Grab Tubular FS 4:1.



Fonte: Próprio autor.

Figura 33 – Esquema da Linga utilizando o Grab Tubular FS 4:1



Fonte: Próprio autor.

3.2. Configuração do Guindaste

Com a Tabela de peso nominal de içamento do XMCG BR300 do Manual de operação do caminhão-guindaste XCMG BR30, definimos a configuração do guindaste.

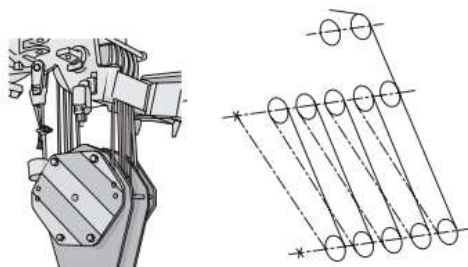
Tabela 9 – Tabela de Carga do Guindaste XCMG BR300 (extensão da patola 6 m).

Tabela 3-3 Tabela de peso nominal de içamento da lança principal do BR300 (perna de sustentação completamente estendida a 6m)																		
Unidade de medida de içamento: kg																		
Pernas de sustentação horizontais completamente estendidas: a quinta perna não realiza sustentação, trabalho lateral e traseiro; pernas de sustentação horizontais completamente estendidas: quinta perna realiza sustentação, trabalho de rotação completa de 360°																		
Amplitude de trabalho	Lança básica 10.1m			Lança média 13.65m			Lança média 17.2m			Lança média 22.52m			Lança média 27.85m			Lança média 33.18m		
	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura
3	30000	68	10.5	24000	74	14.4												
3.5	25000	65	10.2	23000	72	14.2												
4	24200	62	10.0	22600	70	14.0	18500	75	17.9									
4.5	21800	58	9.6	22000	68	13.8	18000	73	17.7	12000	78	23.4						
5	19100	55	9.3	20000	65	13.6	17000	71	17.5	12000	76	23.3	10400	80	28.9			
5.5	17300	51	8.8	18500	63	13.3	16000	69	17.3	11700	75	23.2	9700	79	28.8			
6	15800	48	8.4	16100	61	13.0	15000	68	17.1	11000	74	23.0	9400	77	28.7			
6.5	13800	44	7.8	14100	58	12.7	13500	66	16.9	10800	72	22.8	8600	76	28.6	7200	79	34.2
7	12200	39	7.2	12800	56	12.3	12200	64	16.6	10200	71	22.6	8350	75	28.4	7100	78	34.1
8	11000	28	5.5	11000	51	11.5	10800	60	16.0	9200	68	22.2	7900	73	28.1	6500	77	33.8
9				9080	45	10.5	8900	56	15.4	8400	66	21.7	7140	71	27.7	6050	75	33.5
10				7430	38	9.3	7300	52	14.6	7560	63	21.2	6510	69	27.3	5550	73	33.2
11				6220	31	7.7	6100	48	13.7	6700	60	20.6	5950	67	26.8	5150	71	32.8
12							5100	43	12.6	5700	57	19.9	5500	65	26.3	4700	69	32.4
13							4200	38	11.3	4900	54	19.2	5100	62	25.8	4410	68	31.9
14							3550	32	9.8	4200	51	18.3	4600	60	25.2	4150	66	31.5
15										3620	47	17.4	4000	57	24.5	3900	64	30.9
16										3100	44	16.3	3500	55	23.8	3650	62	30.4
18										2300	35	13.7	2700	50	22.1	2930	58	29.1
20										1700	25	9.9	2080	44	20.0	2300	54	27.6
Pernas de sustentação horizontais completamente estendidas: a quinta perna não realiza sustentação, trabalho lateral e traseiro; pernas de sustentação horizontais completamente estendidas: quinta perna realiza sustentação, trabalho de rotação completa de 360°																		
Amplitude de trabalho	Lança básica 10.1m			Lança média 13.65m			Lança média 17.2m			Lança média 22.52m			Lança média 27.85m			Lança média 33.18m		
	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura	Peso de içamento	Ângulo de elevação	Altura
22													1540	33.7	16.2	1660	45.9	24.6
24													1160	25.1	12.5	1380	40.8	22.4
26																1060	35.1	19.8
28																780	28.4	16.5
30																550	19.6	11.8
32																		
34																		
Força de multiplicação	10			10			6			5			4			3		
Taxa de expansão de cada segmento da lança	Asegundo segmento	0		50%			100%			100%			100%			100%		
	Terceiro segmento	0		0			0			25%			50%			75%		
	Quarto segmento	0		0			0			25%			50%			75%		
	Quinto segmento	0		0			0			25%			50%			75%		
Menor ângulo de elevação da lança principal	24			26.6			19			19.3			25.1			19.6		
Maior ângulo de elevação da lança principal	66.6			73			73.1			75.9			77.6			77.9		
Força de multiplicação																3		
Taxa de expansão de cada segmento da lança																100%		
Escopo do ângulo de elevação																23.8		

Fonte: Manual de operação do caminhão-guindaste XCMG BR300

Observe que na Tabela de peso do Guindaste, na coluna da esquerda, estão apresentados os valores de "Amplitude de Trabalho", que é o Raio de operação do guindaste (ver Figura 10) e na linha superior se encontram os valores de "Lança Média", que é o comprimento da lança do guindaste. Se cruzarmos a informação de um raio de operação de 5 metros com um comprimento de lança de 13,65 metros obtemos um peso de içamento de 20.000 kg, que atende a demanda para o içamento do transformador. Com este mesmo raio e tamanho de lança podemos aferir na tabela um ângulo de lança de 65° e altura de lança de 13,6 metros, mais ainda, na parte inferior da tabela observamos uma "Força de Multiplicação" de 10, que representa na realidade o número de passadas de cabo de aço no moitão. A configuração do guindaste foi agrupada na tabela 10.

Figura 34 – Força de multiplicação "passadas de cabo"



Fonte: Manual de operação do caminhão-guindaste XCMG BR300.

Tabela 10 – Configuração do Guindaste.

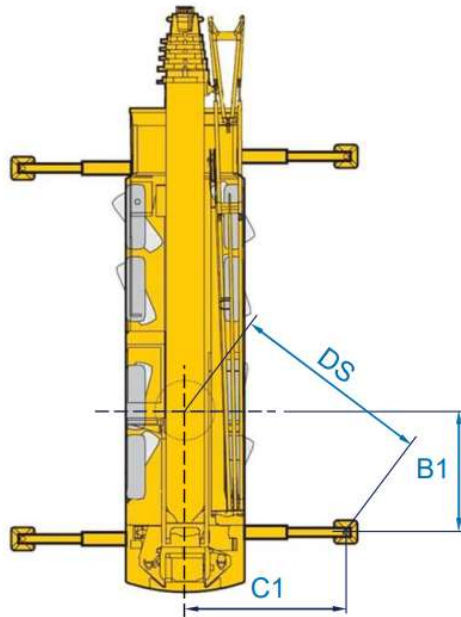
CONFIGURAÇÃO DO GUINDASTE		
MARCA/MODELO		CAPACIDADE (t)
XCMG BR300		30
COMPRIMENTO LANÇA	13,65	m
RAIO DE OPERAÇÃO	5,00	m
CAPACIDADE DE CARGA	20,00	tf
ALTURA ELEVAÇÃO	13,60	m
ÂNGULO LANÇA	65	°
CONTRAPESO ADICIONAL	-	t
COMPRIMENTO JIB	-	m
OFFSET JIB	-	°
EXTENSÃO DA PATOLA	100 % (6 m)	
GIRO OPERACIONAL	90°	
QUADRANTE INICIAL	LATERAL	
QUADRANTE FINAL	TRASEIRA	

Fonte: Próprio autor.

3.3 Força na sapata da patola transmitida ao solo

Uma vez definido o raio de operação do guindaste e a extensão da patola podemos calcular a força na sapata da patola transmitida ao solo.

Figura 35 – Esquema para cálculo força na sapata da patola transmitida ao solo.



Fonte: Apostila do curso Plano de Rigging – Techcon.

$$DS = \sqrt{C1^2 + B1^2} \quad (4)$$

$$FS = \frac{CBE \cdot Ro}{DS} + \frac{PG + CW}{4} \quad (5)$$

Onde:

FS= Força máxima transmitida pela sapata

DS= Distância do eixo de giro até a sapata mais próxima

CBE= Carga Bruta Estática

Ro=Raio de operação

PG=Peso do Guindastes

CW=Contrapeso adicional

Do manual de operação temos que $B1 = 2,44$ metros e $C1$ é a metade da extensão da patola, portanto $DS = 3,87$ metros.

Neste momento precisamos saber a Carga Bruta Estática, que é soma das cargas do transformador, moitão (300 kg), linga e demais acessórios, assim $CBE = 17.020,40$ kg

Tabela 11 – Composição da carga.

COMPOSIÇÃO DA CARGA		
PESO CARGA LÍQUIDA	16.600,00	kg
FATOR DE CONTINGÊNCIA	-	%
FATOR DE INCERTEZA	-	%
LINGADA/AMARRAÇÃO	88,7	kg
DISPOSITIVOS/BALANCIM	-	kg
MOITÃO/BOLA PESO	300,00	kg
Nº PASSADAS DE CABO	10	
PESO CABO GUINDASTE	31,70	kg
CARGA EXTRA CONSIDERADA	-	Kg
TOTAL CARGA BRUTA	17.020,40	kg
FATOR AMPL DINÂMICA	-	%

Fonte: Próprio autor.

Sendo o raio de operação $R_o = 5$ metros, o peso do guindaste $PG = 31.620$ kg e o contrapeso adicional $CW = 0$ kg (o guindaste XCMG não tem a configuração de contrapeso) obtemos a força máxima transmitida na sapata de $FS = 29.895$ kg. Assim teremos o resumo da operação.

Tabela 12 – Resumo da operação.

RESUMO DA OPERAÇÃO		
TOTAL CARGA BRUTA	17.020,40	kg
CAPAC. CARGA GUINDASTE	20.000,0	kg
TAXA DE UTILIZAÇÃO	85,1	%
ESFORÇO NAS SAPATAS	29.895,00	kg
VELOCIDADE MÁXIMA VENTO	8,0	m/s
		Km/h

Fonte: Próprio autor.

Tabela 13 – Dormentes e Pressão Exercida no solo.

PRESSÃO CRÍTICA EXERCIDA NO SOLO/PISO		
FORMA DE DISTRIBUIÇÃO DORMENTES		
CARGA MÁX. NA SAPATA	29,9	tf
ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO	0,9	m ²
PRESSÃO MÁX. APLICADA:	3,3	kgf/cm ²
PRESSÃO MÁX. ADMISSÍVEL:	*	kgf/cm ²

(*) VER NOTA 12.



Fonte: Próprio autor.

3.4 Taxa de Utilização do Guindaste

De posse do Total da Carga e a Capacidade Máxima de Trabalho do Guindaste calculamos a Taxa de Utilização do guindaste, que é definida como:

$$TU = \frac{TCB}{CMT} = \frac{17.020,40 [kg]}{20.000 [kg]} = 85,1 \% \quad (4)$$

Onde:

TCB= Total Carga Bruta

CMT= Capacidade Máxima de Trabalho do guindaste

Algumas considerações devem ser abordadas em relação à Taxa de Utilização do Guindaste, especialmente porque neste Plano de Rigging obtemos uma TU de 85,1%, houve uma avaliação da empresa solicitante e a empresa que fiscaliza e aprova o Plano de Rigging no sentido de autorizar a operação dado que a Taxa de Utilização superou os 85% .

A Taxa de Utilização de um guindaste é a razão entre a carga a ser içada e a capacidade indicada na Tabela de Carga do equipamento na configuração em uso: raio de giro, comprimento da lança, ângulo da lança, quantidade de contrapesos etc.

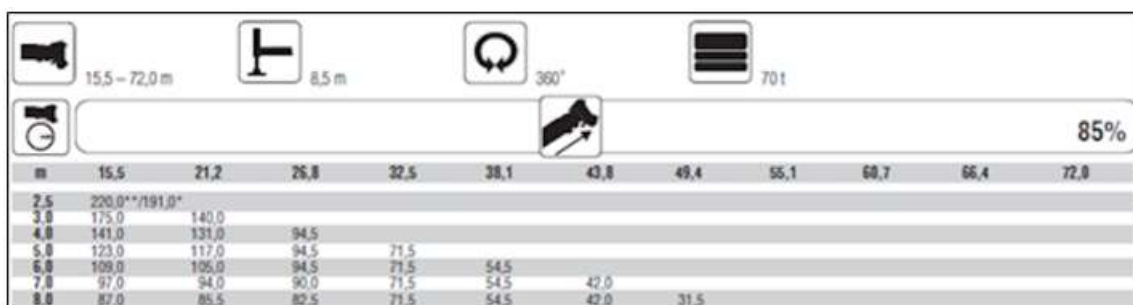
Um guindaste pode içar uma carga bruta com peso equivalente a capacidade indicada na tabela de carga, entretanto, não é prudente realizar a operação neste limite.

Todo içamento de cargas está sujeito à ocorrência de cargas dinâmicas durante a operação. A amplificação dinâmica da carga pode ser resultante de ação do vento no

guindaste e na peça, ou por movimentações em velocidades não previstas, ou ainda por oscilações do equipamento devido a posição e localização de sua base. Por isso há a necessidade de limitação da Taxa de Utilização nas operações com guindastes.

A Norma Técnica da ABNT NBR 7557 (Guindastes de Pneus) estabelecia um Fator de Utilização de 85%, contudo este documento foi cancelado em 2014 e não houve sua substituição. Assim, aqui no Brasil, o percentual aplicado na Tabela de Cargas dos Guindastes depende da especificação indicada no manual de operação do equipamento. No caso do Guindaste XCMG BR300 não consta em sua Tabela de Carga a especificação de um limite de TU. Veja por exemplo, a Tabela de Carga do Guindaste GROVE GMK6220-L onde a fabricante limita o Fator de Utilização em 85%, Figura 36.

Figura 36 - Tabela de Carga do Guindaste GROVE GMK6220-L.



	15,5	21,2	25,8	32,5	38,1	43,8	49,4	55,1	60,7	66,4	72,0
2,5	220,0**/191,0*										
3,0	175,0	140,0									
4,0	141,0	131,0	94,5								
5,0	123,0	117,0	94,5	71,5							
6,0	109,0	105,0	94,5	71,5	54,5						
7,0	97,0	94,0	90,0	71,5	54,5	42,0					
8,0	87,0	85,5	82,5	71,5	54,5	42,0	31,5				

Fonte: Manual de operação do Guindaste GROVE GMK6220-L.

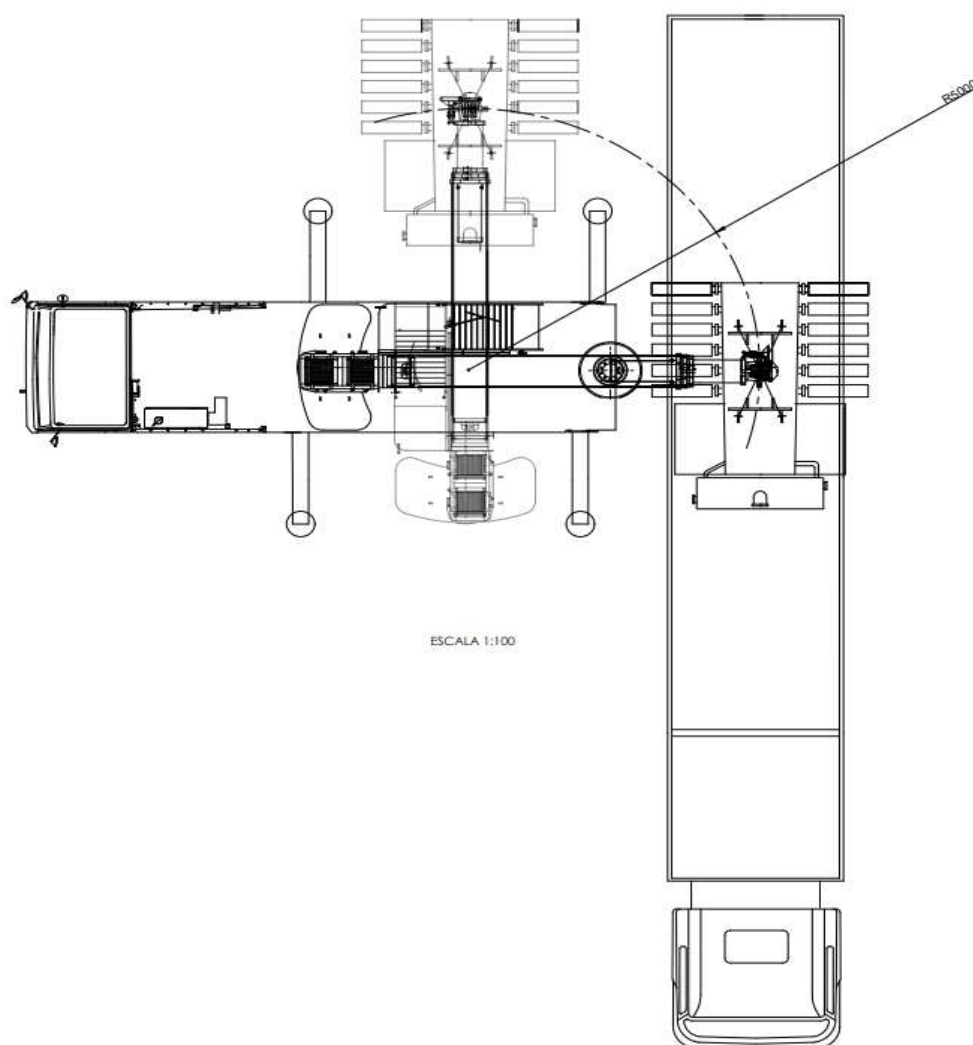
A título de exemplo, em uma operação de desmontagem de estruturas, onde o guindaste deverá sustentar a carga em posição elevada enquanto ela é cortada a Taxa de Utilização do guindaste deve ser a menor possível, perto dos 50%. No caso de uma atividade de descarregamento de equipamentos ou de descarregamento de componentes de máquinas, ela poderá ter Taxas de Utilização perto dos 90%.

Assim para cada içamento, de acordo com suas características específicas, é dever do Operador do guindaste, do Rigger e do Responsável pelo Plano de Rigging, a identificação dos riscos e a adoção de uma taxa de Utilização que resulte em segurança para toda operação, mas também que otimize o equipamento e recursos utilizados. A Taxa de Utilização estabelecida deve estar em comum acordo entre a empresa que solicitou o serviço de içamento e as empresas que fiscalizam e aprovam os Planos de Rigging.

3.5 Sequência de Operação

A operação para içamento do Transformador TRSA constará de três etapas. Inicialmente o guindaste já posicionado e patolado lateralmente em relação ao Transformador iniciará o içamento vertical do componente até uma altura de 1,80 metros da base do solo. Em uma segunda etapa o guindaste iniciará um giro de 90° saindo de sua lateral até a posição traseira do guindaste. Posteriormente inicia-se a descida do Transformador até o posicionamento correto na Carreta Prancha já posiciionda no local.

Figura 37 – Sequência de Operação.



Fonte: Próprio autor

3.6 Notas

Este item do Plano de Rigging é onde são estabelecidas as regras e as condições necessárias para a operação de içamento. São observações e ponderações para a segurança do procedimento e deverão ser acatadas em sua totalidade, sem exceção.

- 1 - Todas as medidas estão em milímetros, exceto elevações que estão em metros e onde indicado de outra forma.
- 2 - Isolar a Área em torno do içamento e Permitir acesso apenas as pessoas envolvidas na manobra da Peça.
- 3 - A peças deverão ser manipuladas sempre dentro das distâncias seguras de rede elétrica conforme norma ABNT "NR10";
- 4 - Observar principais interferências como acidentes de terreno, peças próximas a manobra, tráfego de veículos e colaboradores não autorizados;
- 5 - Para a realização da operação, não é permitido a substituição ou aplicação de acessórios especiais de içamento não especificados neste plano de içamento (Lista de materiais), sem consulta prévia da engenharia (Patesca, anelão, balancim e outros dispositivos especiais).
- 6 - Para manipulação da peça içada, deverá ser utilizada corda guia, ancorada na manilha ou olhal e/ou bastão de manobra.
- 7 - Observar cantos "vivos" ou superfícies cortantes que possam danificar as cintas, cabos e os elementos de içamentos. Serão considerados cantos "vivos" todas as arestas de uma peça.
- 8 - Observar se olhais roscados estão totalmente assentados, manilhas apertadas corretamente e o estado de conservação dos elementos de içamento.
- 9 - As atividades poderão ser realizadas no período noturno ou na ausência de luz natural desde que os responsáveis pela atividade providenciem e garantam luminosidade artificial suficiente e adequada para execução de toda a atividade planejada neste estudo.
- 10 - Sob hipótese alguma a atividade poderá ser executada em intempéries desfavoráveis, início de temporal ou mesmo precipitação de chuva.
- 11 - O desenho da peça a ser içada foi fornecido pela cliente.
- 12 - A indicação da pressão máxima admissível e a comparação com a pressão máxima aplicada no solo/piso será de responsabilidade do cliente.
- 13 - Antes do início das atividades, deverá ser alinhado entre os envolvidos que constam na

permissão de trabalho todas as etapas da operação e as responsabilidades e obrigações de cada colaborador dentro do processo para que ocorra sem interferências a conclusão dos trabalhos.

14 - Isolar área necessária compreendendo um raio de operação para atendimento das distancias segura a terceiros em volta da operação e garantir espaço suficiente para toda a operação.

15 - Antes do posicionamento final da peça, deverá ser observado qualquer interferência que possa ocorrer com translado da mesma, resistência dos suportes de carga, interferências de giro sobre o próprio centro de gravidade, interferências com linhas energizadas, dentre outros fatores que possam interferir zona crítica da peça.

16 - Antes do içamento, todas as rodas do transformador devem ser retiradas. O transformador deverá estar apoiado em dormentes para a retirada das rodas, de acordo com o Plano de Movimentação Horizontal. Os dormentes deverão ser retirados somente após a finalização de todas as etapas do içamento.

4. Operação de Içamento do TRANSFORMADOR REGULADOR CoEmS.a. 7.500 KVA

Figura 38 – Operação de Içamento do TRANSFORMADOR REGULADOR CoEmS.a. 7.500 KVA.



Fonte: Próprio autor

Figura 38 – Operação de içamento do TRANSFORMADOR REGULADOR CoEmS.a. 7.500 KVA.



Fonte: Próprio autor

5. Considerações Finais

O plano de rigging é um documento técnico essencial para estabelecer critérios de segurança na execução de içamento de cargas. Através de sua utilização é possível planejar e garantir que os trabalhos nele descrito sejam realizados a partir de conceitos consolidados e o correto dimensionamento de todos os equipamentos e acessórios aplicados em todas as fases de um içamento de carga. Para a execução do içamento do Transformador o planejamento dos trabalhos de campo quando já estabelecidos a partir do Plano de Rigging assegura a quem executa a atividade todas as informações pertinentes ao sequenciamento da operação.

6. Bibliografia

ABNT NBR 15637-1 Cintas têxteis para elevação de cargas Parte 1: Cintas planas manufaturadas, com fitas tecidas com fios sintéticos de alta tenacidade formados por multifilamentos

ABNT NBR 15637-2 Cintas têxteis para elevação de cargas Parte 2: Cintas tubulares manufaturadas, com cordões de fios sintéticos de alta tenacidade formados por multifilamentos

ABNT NBR 15637-3 Cintas têxteis para elevação de carga Parte 3: Cintas tubulares manufaturadas, com cordões de fios sintéticos de ultra-alta tenacidade formados por multifilamentos

ACROCABO. Disponível em: acrocabo.com.br

APOSTILA DO CURSO PLANO DE RIGGING - Formação e desenvolvimento de Riggers – TECHCON - www.techcon.eng.br

NBR 13541 Movimentação de carga - Laço de cabo de aço - Especificação

NBR 13545 Movimentação de cargas - Manilhas

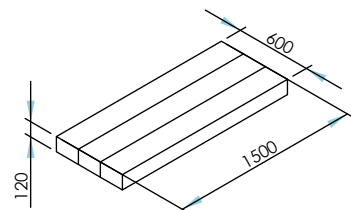
RIGGING BRASIL. Plano de Rigging - tire suas dúvidas. Disponível em: <http://www.riggingbrasil.com.br/blog/plano-de-rigging>

TECNOTÊXTIL. Disponível em: tecnotextil.com.br

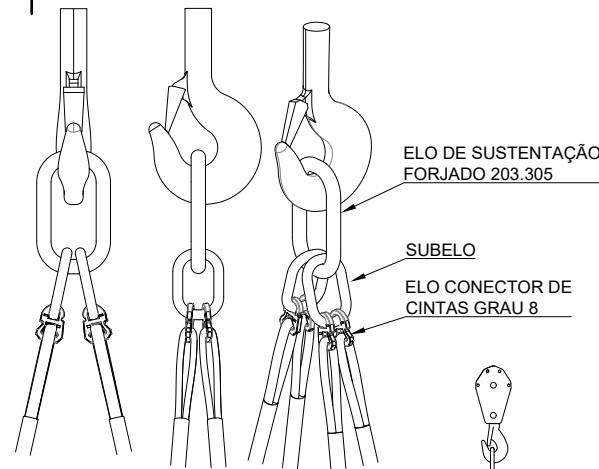
PRESSÃO CRÍTICA EXERCIDA NO SOLO/PISO		
FORMA DE DISTRIBUIÇÃO DORMENTES	-	
CARGA MÁX. NA SAPATA	29,9	tf
ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO	0,9	m²
PRESSÃO MÁX. APLICADA:	3,3	kgf/cm²
PRESSÃO MÁX. ADMISSÍVEL:	*	kgf/cm²

(*) VER NOTA 12.

DETALHE DOS DORMENTES PARA A DISTRIBUIÇÃO DA CARGA NO SOLO



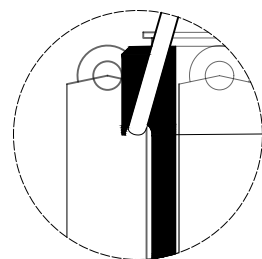
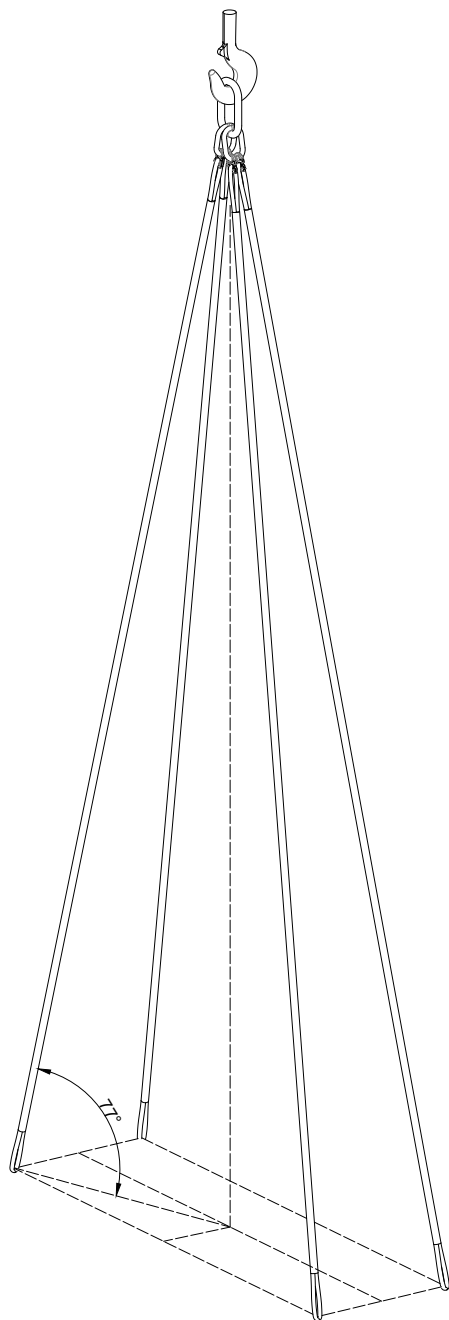
ESCALA 1:50



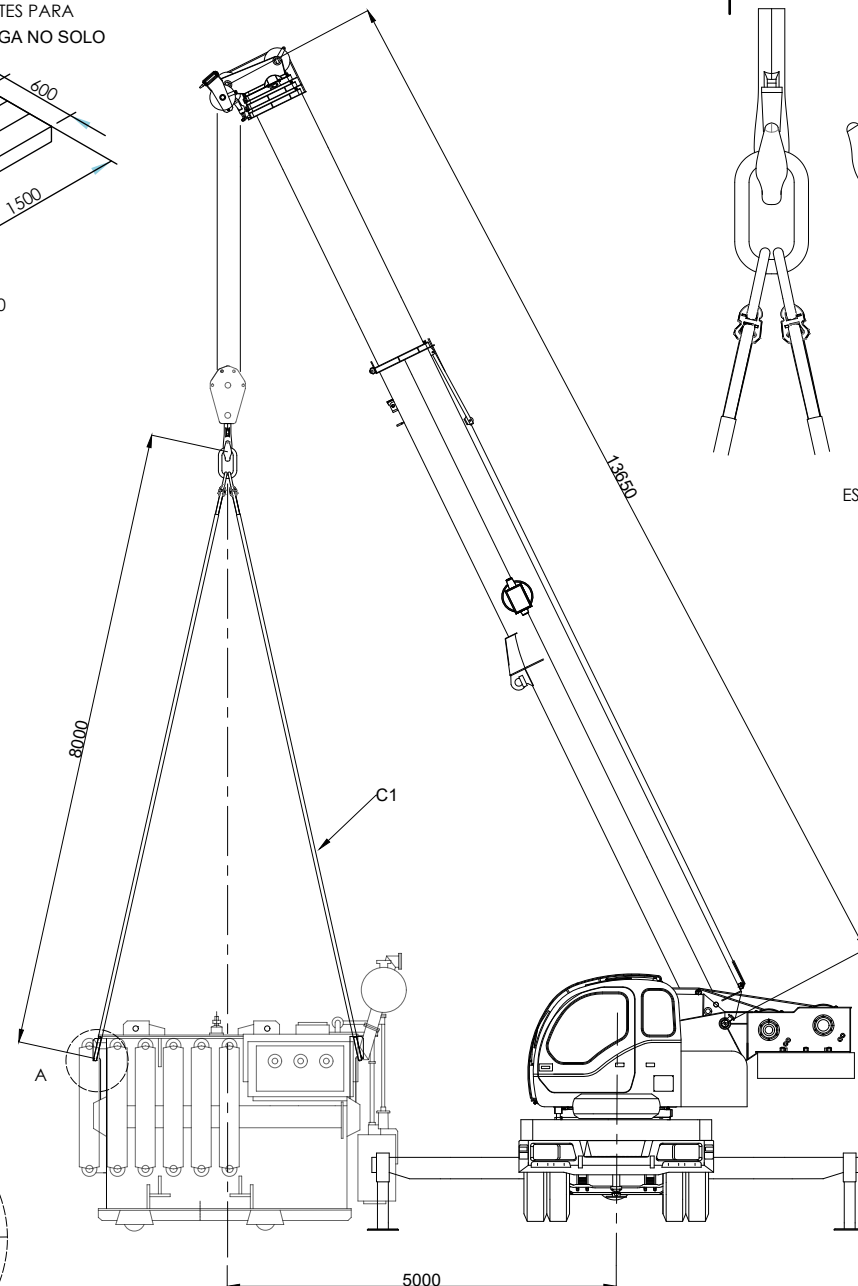
ESCALA 1:25

AMARRAÇÃO

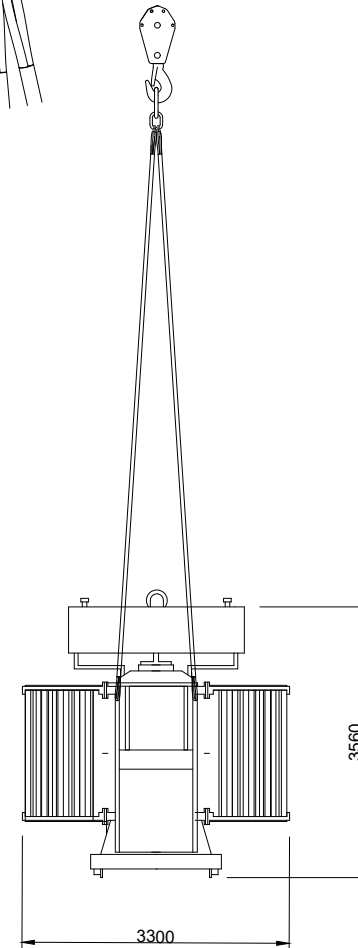
MEMÓRIA DE CÁLCULO DA AMARRAÇÃO	
COMPRIMENTO DA ESLINGA	8,0 m
ALTURA DA ESLINGA	7,8 m
DISTÂNCIA PEGA CG	1,7 m
ÂNGULO DA ESLINGA	77°
TENSÃO/FORÇA NA ESLINGA	5,7 t
QTD DE PERNAS	4
CMT	21,00 t
NÃO UTILIZAR ÂNGULOS ABAIXO DE 30°	



ESCALA 1:25 DET. A



ESCALA 1:100

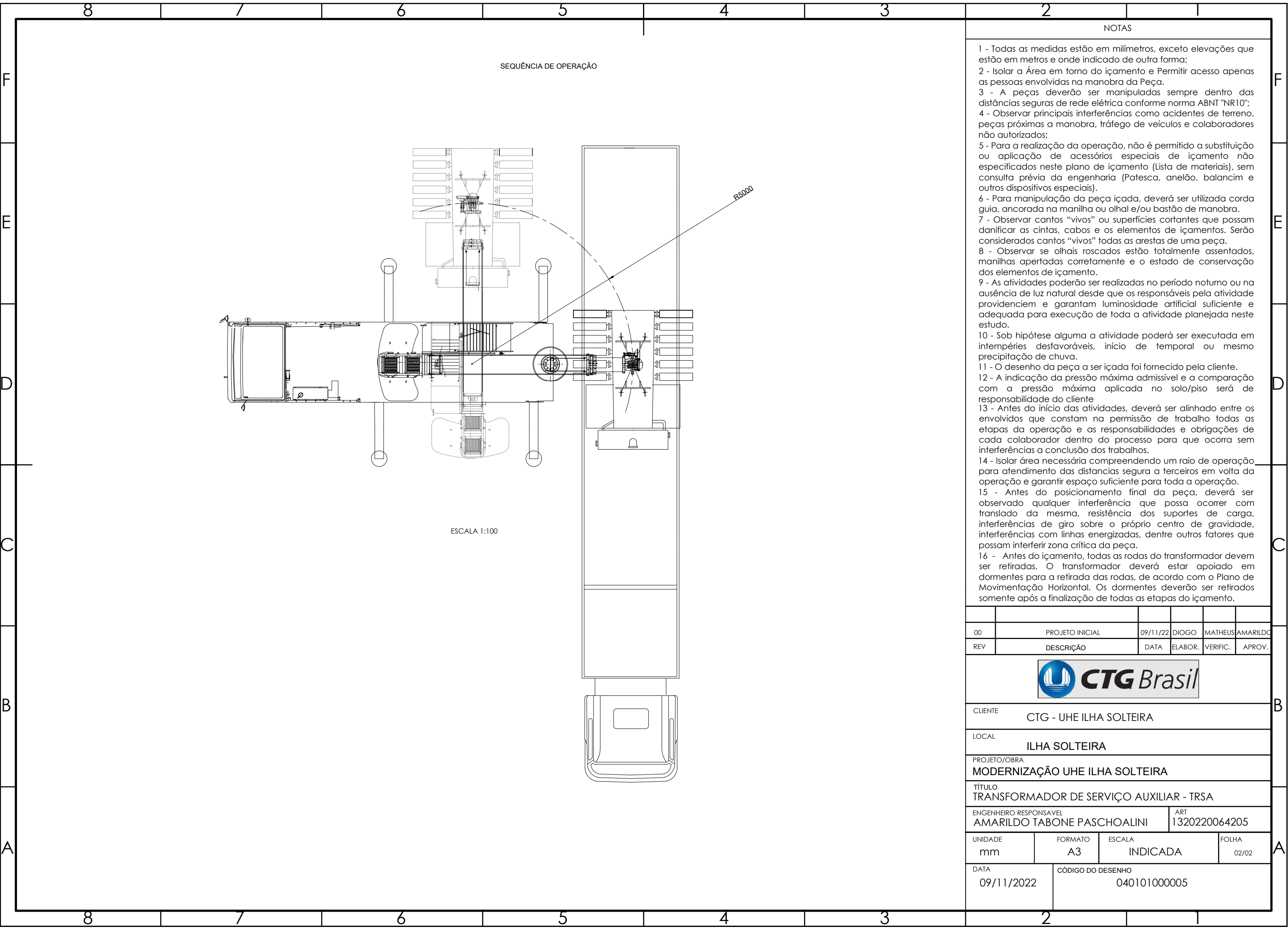


GRAB TUBULAR - Capacidades (kg) / FS 4:1 - Conforme NBR 15637-2							
Montagem	1 PERNA		2 PERNAS		3 E 4 PERNAS		
Ilustração de uso							
Ângulo de inclinação β	0		0° < β ≤ 45°		45° < β ≤ 60°		
Fator de uso	1,0		1,4		2,1		
2410XX	10.000	202.305	14.000	10.000	202.306	21.000	15.000

DADOS DA CARGA							UTILIZAÇÃO
DESCRIÇÃO DA CARGA				COMP (mm)	LARG (mm)	ALT (mm)	
TRANSFORMADOR REGULADOR CoEmS.a. 7.500 KVA				4.300,0	3.300,0	3.560,0	
LINGADAS/AMARRAÇÕES							TAXA (%)
ITEM	DESCRIÇÃO	CAPACIDADE MÁXIMA DE TRABALHO VERT. UN.(kg)	QTDE	MEDIDA (mm)	CAPACIDADE MÁXIMA DE TRABALHO (CMT) (kg)	PESO UNITÁRIO (kg)	
C1	GRAB TUBULAR (FS 4:1) - LINGA DE CINTA TEXTIL, FORMADA POR ANEL DE CARGA COM SUB ELOS + QUATRO RAMAIS DE CINTAS TUBULARES NA COR LARANJA CMT 10t E OLHAIS DA PRÓPRIA CINTA NA EXTREMIDADE INFERIOR C/ 300MM CADA	10.000,00	1	8.000,0	21.000,0	88,7	79,0
PESO TOTAL DA LINGADA/AMARRAÇÃO						88,7	

CONFIGURAÇÃO DO GUINDASTE		
MARCA/MODELO		CAPACIDADE (t)
XCMG BR300		30
COMPRIMENTO LANÇA	13,65	m
RAIO DE OPERAÇÃO	5,00	m
CAPACIDADE DE CARGA	20,00	tf
ALTURA ELEVAÇÃO	13,60	m
ÂNGULO LANÇA	65	°
CONTRAPESO ADICIONAL	-	t
COMPRIMENTO JIB	-	m
OFFSET JIB	-	°
EXTENSÃO DA PATOLA	100 % (6 m)	
GIRO OPERACIONAL	90°	
QUADRANTE INICIAL	LATERAL	
QUADRANTE FINAL	TRASEIRA	
COMPOSIÇÃO DA CARGA		
PESO CARGA LÍQUIDA	16.600,00	kg
FATOR DE CONTINGÊNCIA	-	%
FATOR DE INCERTEZA	-	%
LINGADA/AMARRAÇÃO	88,7	kg
DISPOSITIVOS/BALANÇIM	-	kg
MOITÃO/BOLA PESO	300,00	kg
Nº PASSADAS DE CABO	10	
PESO CABO GUINDASTE	31,70	kg
CARGA EXTRA CONSIDERADA	-	Kg
TOTAL CARGA BRUTA	17.020,40	kg
FATOR AMPL DINÂMICA	-	%
RESUMO DA OPERAÇÃO		
TOTAL CARGA BRUTA	17.020,40	kg
CAPAC. CARGA GUINDASTE	20.000,0	kg
TAXA DE UTILIZAÇÃO	85,1	%
ESFORÇO NAS SAPATAS	29.895,00	kg
VELOCIDADE MÁXIMA VENTO	8,0	m/s
		Km/h

00	PROJETO INICIAL	09/11/22	DIOGO	MATHEUS	AMARILDO
REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELABOR.	VERIFIC.	APROV.
CTG Brasil					
CLIENTE CTG - UHE ILHA SOLTEIRA					
LOCAL ILHA SOLTEIRA					
PROJETO/OBRA MODERNIZAÇÃO UHE ILHA SOLTEIRA					
TÍTULO TRANSFORMADOR DE SERVIÇO AUXILIAR - TRSA					
ENGENHEIRO RESPONSÁVEL AMARILDO TABONE PASCHOALINI			ART 1320220064205		
UNIDADE mm	FORMATO A3	ESCALA INDICADA		FOLHA 01/02	
DATA 09/11/2022		CÓDIGO DO DESENHO 040101000005			



NOTAS

1 - Todas as medidas estão em milímetros, exceto elevações que estão em metros e onde indicado de outra forma;

2 - Isolar a Área em torno do içamento e Permitir acesso apenas as pessoas envolvidas na manobra da Peça.

3 - A peças deverão ser manipuladas sempre dentro das distâncias seguras de rede elétrica conforme norma ABNT "NR10";

4 - Observar principais interferências como acidentes de terreno, peças próximas a manobra, tráfego de veículos e colaboradores não autorizados;

5 - Para a realização da operação, não é permitido a substituição ou aplicação de acessórios especiais de içamento não especificados neste plano de içamento (Lista de materiais), sem consulta prévia da engenharia (Patesca, anelão, balancim e outros dispositivos especiais).

6 - Para manipulação da peça içada, deverá ser utilizada corda guia, ancorada na manilha ou olhal e/ou bastão de manobra.

7 - Observar cantos "vivos" ou superfícies cortantes que possam danificar as cintas, cabos e os elementos de içamentos. Serão considerados cantos "vivos" todas as arestas de uma peça.

8 - Observar se olhais roscados estão totalmente assentados, manilhas apertadas corretamente e o estado de conservação dos elementos de içamento.

9 - As atividades poderão ser realizadas no período noturno ou na ausência de luz natural desde que os responsáveis pela atividade providenciem e garantam luminosidade artificial suficiente e adequada para execução de toda a atividade planejada neste estudo.

10 - Sob hipótese alguma a atividade poderá ser executada em intempéries desfavoráveis, início de temporal ou mesmo precipitação de chuva.

11 - O desenho da peça a ser içada foi fornecido pela cliente.

12 - A indicação da pressão máxima admissível e a comparação com a pressão máxima aplicada no solo/piso será de responsabilidade do cliente

13 - Antes do início das atividades, deverá ser alinhado entre os envolvidos que constam na permissão de trabalho todas as etapas da operação e as responsabilidades e obrigações de cada colaborador dentro do processo para que ocorra sem interferências a conclusão dos trabalhos.

14 - Isolar área necessária compreendendo um raio de operação para atendimento das distancias segura a terceiros em volta da operação e garantir espaço suficiente para toda a operação.

15 - Antes do posicionamento final da peça, deverá ser observado qualquer interferência que possa ocorrer com traslado da mesma, resistência dos suportes de carga, interferências de giro sobre o próprio centro de gravidade, interferências com linhas energizadas, dentre outros fatores que possam interferir zona crítica da peça.

16 - Antes do içamento, todas as rodas do transformador devem ser retiradas. O transformador deverá estar apoiado em dormentes para a retirada das rodas, de acordo com o Plano de Movimentação Horizontal. Os dormentes deverão ser retirados somente após a finalização de todas as etapas do içamento.

00	PROJETO INICIAL	09/11/22	DIOGO	MATHEUS	AMARILDO
REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELABOR.	VERIFIC.	APROV.



CLIENTE					
CTG - UHE ILHA SOLTEIRA					
LOCAL					
ILHA SOLTEIRA					
PROJETO/OBRA					
MODERNIZAÇÃO UHE ILHA SOLTEIRA					
TÍTULO					
TRANSFORMADOR DE SERVIÇO AUXILIAR - TRSA					
ENGENHEIRO RESPONSÁVEL			ART		
AMARILDO TABONE PASCHOALINI			1320220064205		
UNIDADE	FORMATO	ESCALA		FOLHA	
mm	A3	INDICADA		02/02	
DATA		CÓDIGO DO DESENHO			
09/11/2022		040101000005			