

UNAR
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAS DR. EDMUNDO ULSON
Engenharia de Produção.

**ELABORAÇÃO DE PLANO DE RIGGING PARA
MONTAGEM DE UMA PONTE ROLANTE
UTILIZANDO GUINDASTE.**

THIAGO PAVAN DE ARRUDA

Araras, SP
Dezembro de 2022

UNAR
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAS DR. EDMUNDO ULSON
Engenharia de Produção.

**ELABORAÇÃO DE PLANO DE RIGGING PARA
MONTAGEM DE UMA PONTE ROLANTE
UTILIZANDO GUINDASTE.**

THIAGO PAVAN DE ARRUDA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a banca examinadora do Curso de Engenharia de Produção do UNAR como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. MSc. Fernando Braga de Souza

Araras, SP
Dezembro de 2022

RESUMO

O içamento de cargas é uma atividade rotineira nas mais diversas áreas produtivas da cadeia suprimentos, a montagem de maquinários cada vez maiores exigiu uma grande sofisticação dos equipamentos e acessórios utilizados nesse processo; Contudo com partes de equipamentos cada vez maiores exigiu-se também uma abordagem mais técnica na execução do içamento de cargas, o plano de rigging é um estudo de engenharia que tem por objetivo esclarecer aos setores operacionais os aspectos de maior relevância que devem ser observados durante a execução desses trabalhos. Elaborado por profissionais de engenharia o plano ou planejamento de rigging indica os acessórios e condições necessárias para que os trabalhos que envolvam essa atividade sejam realizados dentro das normas de segurança. O plano de rigging também tem como um de seus objetivos principais estabelecer um seqüenciamento ou roteiro para as atividades de montagem de um determinado equipamento e desse modo a elaboração de um plano de rigging é parte integrante de todo o processo de montagem dos mais diversos tipos de maquinário a serem instalados no setor industrial produtivo. Nesse trabalho iremos realizar uma abordagem da elaboração do planejamento de rigging a partir da montagem de uma ponte rolante.

Palavras-chave: Plano de rigging; içamento de carga; ponte rolante; acessórios para içamento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço a minha mãe por tudo e sempre.

Agradeço ao amigo Antonio Flávio Ricci por todo conhecimento compartilhado sobre o tema desse trabalho e também pelos conselhos de vida.

Agradeço ao meu orientador Fernando Braga de Souza por me ajudar no desenvolvimento desse trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema construtivo cabo de aço	13
Figura 2 Corrente de elos.....	14
Figura 3 Olhal de içamento	18
Figura 4 Ponte rolante	20
Figura 5 Raio de operação	23
Figura 6 Dimensionamento da altura de içamento	24
Figura 7 Informações do plano de rigging	28
Figura 8 Sequenciamento de montagem	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Tabela dimensional de superlaços	14
Tabela 2 Tabela dimensional de corrente de elos.....	15
Tabela 3 Tabela dimensional de cintas sintéticas	17
Tabela 4 Tabela dimensional de manilhas	19
Tabela 5 Tabela dimensional de composição de carga	22
Tabela 6 Tabela dimensional da capacidade de carga	23
Tabela 7 Tabela dimensional da altura de içamento	25
Tabela 8 Tabela dimensional da capacidade de carga de guindaste.....	26

SUMÁRIO

1	Introdução.....	8
2	Desenvolvimento teórico.....	10
2.1	Plano de rigging	10
2.1.1	Limitações entre o planejamento de Rigging e Engenharia.....	11
2.2	Centro de gravidade.....	11
2.3	Distribuição de carga.....	11
2.4	Acessórios utilizados em içamento de cargas.....	12
2.4.1	Lingas	12
2.4.2	Cabos de aço.....	12
2.4.3	Correntes	14
2.4.4	Cintas e Laços Sintéticos	15
2.4.5	Olhais de içamento	17
2.4.6	Manilhas	18
2.5	Guindastes	19
3	Estudo de caso	20
3.1	Ponte rolante	20
3.1.1	Estudo de olhais	21
3.2	Elaboração do plano de rigging.....	21
3.2.1	Visita de campo	21
3.2.2	Escolha do guindaste	22
3.2.3	Capacidade de carga de içamento	22
3.2.4	Raio de operação	22
3.2.5	Altura de içamento.....	23
3.2.6	Definição do guindaste	25
3.2.7	Distribuição de carga	27
3.2.8	Finalização do plano de rigging	27
3.2.9	Informações sobre o içamento	27
3.3	Recolhimento de anotação de responsabilidade técnica	29
4	Considerações finais.....	31
5	Referências.....	32

1 Introdução

O crescimento mundial exigiu uma maior demanda de produção a todos os setores da cadeia produtiva. Esse aumento da demanda global permitiu o desenvolvimento tecnológico nas mais diversas áreas.

A evolução tecnológica de máquinas, materiais e equipamentos associada a novos processos produtivos possibilitaram que a demanda mundial fosse atendida; O atendimento das necessidades mundiais levaram o homem a construir máquinas cada vez maiores e com maior capacidade de produção; Conseqüentemente a construção de equipamento maiores exigiram uma maior capacidade de movimentação das peças desses equipamentos e de suas estruturas.

Observou-se a partir do aumento da dimensão dos equipamentos que se fazia necessário que o processo construtivo desses equipamentos necessitava de um apoio técnico mais apurado aumentando a precisão e segurança dessas operações de movimentação de cargas.

O içamento de cargas é uma prática recorrente nos mais diversos setores da cadeia produtiva e para o bom desenvolvimento das atividades de içamento de carga existe um procedimento de engenharia intitulado plano de rigging o qual visa estabelecer procedimentos e condições específicas para que principalmente o içamento de cargas críticas seja realizado conforme os parâmetros de engenharia e segurança ocupacional.

Esse trabalho de conclusão de curso abordará através de uma revisão bibliográfica a elaboração de um plano de rigging a partir da utilização de guindaste e suas especificações técnicas para cargas não convencionais como: montagem de peças e equipamentos; Não serão abordadas nesse trabalho o içamento de cargas que fazem parte de processos produtivos os quais já tem estabelecidos seus parâmetros e procedimentos adotados conforme a necessidade de cada processo.

O plano ou estudo de rigging é um documento técnico elaborado a partir dos conceitos consolidados pela engenharia e também de acordo com as especificações técnicas de cada equipamento a ser utilizado na execução de um içamento de uma carga.

Para realizar a elaboração de um estudo de rigging o profissional de engenharia deve ter conhecimento dos equipamentos que comumente são

utilizados e também de uma ampla gama de acessórios que podem ser empregados no processo, ter noções de ergonomia e todavia abordar de forma sistemática dentro da elaboração do estudo de rigging as normas regulamentadoras de saúde e segurança do trabalho.

Dentro do desenvolvimento de um estudo de rigging o profissional de engenharia deve prever as condições de ergonomia e segurança do trabalho que abrangem aspectos relevantes para que todo o planejamento desse estudo seja exeqüível.

2 Desenvolvimento teórico

2.1 Plano de rigging

O plano de rigging é um planejamento detalhado e formalizado de uma movimentação de carga com guindaste e ou outro equipamento que atenda os requisitos para o içamento de uma carga. O plano de rigging demonstra através de documentos e desenhos técnicos o estudo da carga a ser içada, acessórios de amarração adequados para a tarefa, esforços exercidos no piso onde os equipamentos serão posicionados, ação do vento, interferências aéreas e subterrâneas, layout da área de operação, entre outros qual a melhor solução para fazer um determinado içamento da maneira mais segura e eficiente, otimizando os recursos aplicados na operação (equipamentos, acessórios, preparação de área, etc).

Para todos os trabalhos de elevação de carga que necessitem da elaboração de um plano de rigging é obrigatório o recolhimento da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA).

A sofisticação dos equipamentos como guindastes permitiram um maior alcance e capacidade dos equipamentos de elevação de carga; Esse fato ampliou significativamente os limites operacionais e possibilitou a execução de operações mais complexas, porém os fatores que podem tornar crítica uma operação nunca devem ser negligenciados.

Para elaboração do plano de rigging é fundamental que o profissional responsável conheça as características do equipamento ou estrutura a ser montada e tenha a informação correta em relação ao peso e posição do Centro de Gravidade da carga a ser movimentada.

Existem diversos fatores que podem influenciar a capacidade de carga dos equipamentos e todos devem ser observados durante a elaboração de um plano de rigging: desnivelamento do terreno, carga de vento, capacidade de carga do terreno, existência de galerias ou construções subterrâneas nos locais de apoio do equipamento, existência de rede elétrica que possa ocasionar interferência, existência de estruturas com as quais a carga ou a lança possa colidir durante a movimentação.

2.1.1 Limitações entre o planejamento de Rigging e Engenharia

A maioria das operações de movimentação e içamento de cargas devem ser planejadas por profissionais que tenham recebido treinamento específico, porém a complexidade de algumas atividades de içamento de cargas demandam estudos mais detalhados para determinação dos esforços envolvidos, requer conhecimentos específicos de engenharia que precisam ser levados em consideração para a elaboração do plano de rigging.

A apresentação dos desenhos detalhando o plano de rigging é importante, porém para o sucesso do planejamento não é o fundamental, podem ser substituídos por representações esquemáticas válidas para realização da atividade, para a qual o fundamental é a correta determinação dos esforços e comportamento da carga a ser movimentada, que deve ser objeto de um memorial de cálculo específico que respalde o plano de rigging.

Os profissionais de planejamento precisam ter o correto discernimento em relação a análise do içamento, visto que nem sempre aquilo que está representado graficamente, por mais sofisticado que seja o recurso empregado, representa o que realmente vai ocorrer, o que só é válido se corresponder as condições de equilíbrio de forças e de momentos, assim é imprescindível o conhecimento da posição correta do centro de gravidade da carga, o que se for desprezado acarreta grande risco de insucesso na operação, por melhor que esteja representada em desenho técnico.

2.2 Centro de gravidade

O centro de gravidade ou centro de massa é a posição média em relação a massa de todas as partes de um objeto; Conhecer o centro de gravidade de uma estrutura é um dos aspectos de maior relevância nos trabalhos que envolvem o içamento de cargas, pois somente através de sua definição é possível dimensionar corretamente o sistema de amarração das cargas.

2.3 Distribuição de carga

A distribuição de cargas é um aspecto importante no desenvolvimento de um plano de rigging, a distribuição de cargas em um sistema de içamento é crucial para que todos os acessórios utilizados na conexão de uma carga sejam dimensionados corretamente.

Existem casos que o centro de gravidade de uma estrutura não está localizado exatamente em seu centro geométrico, assim é necessário garantir que durante o içamento de uma estrutura as forças exercidas sobre todos os componentes integrantes da amarração da carga sejam distribuídas uniformemente.

Conhecer o centro de gravidade além de permitir a distribuição uniforme das cargas permite uma maior estabilidade durante o içamento e facilita o posicionamento da estrutura.

2.4 Acessórios utilizados em içamento de cargas

Atualmente existem diversos acessórios que podem ser empregados no içamento de cargas, esses acessórios geralmente são acompanhados de tabelas com informações pertinentes a sua utilização: esforços suportados, tensão de ruptura, material construtivo e aplicabilidade são exemplos de informações contidas nessas tabelas e que auxiliam o profissional de engenharia no desenvolvimento do plano de rigging.

2.4.1 Lingas

Lingas também conhecidas como estropos são dispositivos de conexão entre a carga a ser içada e o equipamento que realizará o içamento, as principais lingas utilizadas no içamento de cargas são: cabos de aço, cintas de materiais sintéticos e correntes.

As lingas são fabricadas a partir de normas técnicas, conforme sua especificação de fabricação, para oferecer ao profissional de engenharia as informações necessárias para o seu correto dimensionamento na elaboração do plano de rigging.

2.4.2 Cabos 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 guias, e principalmente em sistemas de elevação de cargas na forma de linga.

Os cabos de aço são um dos tipos de lingas mais utilizados na indústria moderna, pois possui grande resistência a tração e suporta grandes

cargas, comumente utilizados nos planos de rigging o cabo de aço é uma linga versátil além de possuir uma grande vida útil.

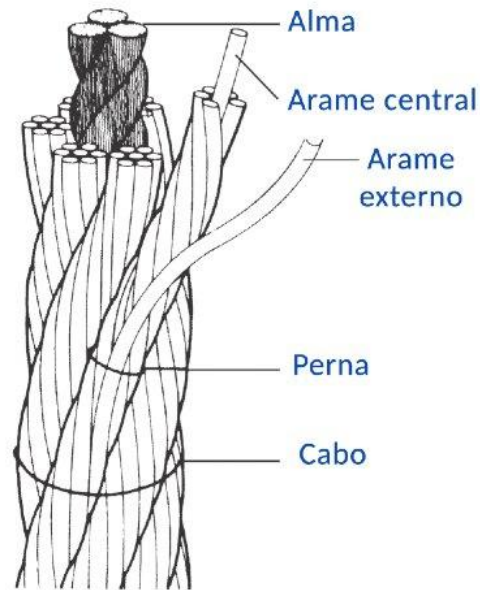


Figura 1 Esquema construtivo cabo de aço

Os cabos de aços utilizados em forma de linga no içamento de cargas são providos de alças em suas extremidades, essas por sua vez são construídas a partir de uma amarração específica a partir dos vários fios do cabos de aço e têm a função de fazer a conexão da carga, esses cabos com alças são nomeados de superlaços. Os superlaços devem possuir a mesma capacidade de carga do cabo de aço em sua construção original.

DIÂMETRO NOMINAL		OLHAL NORMAL		OLHAL COM SAPATILHO			TIPO VERTICAL		TIPO CESTA		TIPO FORÇA		DOIS LAÇOS				TRÊS E QUATRO LAÇOS				SEM FIM VERTICAL	
		B	C	COMPRIMENTO MÍNIMO	B MÍNIMO	C MÍNIMO	COMPRIMENTO MÍNIMO	AF	AACI	AF	AACI	AF	AACI	0° ATÉ 45°		45° ATÉ 60°		0° ATÉ 45°		45° ATÉ 60°		
														AF	AACI	AF	AACI	AF	AACI	AF		AACI
		mm	pol	mm	mm	mm	mm	mm	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton		ton
6,4	1/4"	106	53	400	36	20	286	0,4	0,5	0,8	1,0	0,3	0,4	0,6	0,6	0,4	0,5	0,9	0,9	0,6	0,7	0,7
8,0	5/16"	132	66	500	36	20	348	0,7	0,8	1,4	1,6	0,6	0,6	1,0	1,1	0,7	0,8	1,5	1,7	1,1	1,2	1,2
9,5	3/8"	157	78	600	43	24	403	1,1	1,1	2,2	2,2	0,9	0,9	1,5	1,6	1,1	1,1	2,2	2,4	1,6	1,7	1,9
11,5	7/16"	190	95	700	59	33		1,4	1,5	2,8	3,0	1,1	1,2	2,0	2,1	1,4	1,5	3,0	3,2	2,1	2,3	2,4
13,0	1/2"	214	107	800	59	33	541	1,9	2,0	3,8	4,0	1,5	1,6	2,6	2,8	1,9	2,0	3,9	4,3	2,8	3,0	3,3
14,5	9/16"	264	132	1000	72	40		2,3	2,5	4,6	5,0	1,8	2,0	3,2	3,4	2,3	2,5	4,8	5,2	3,4	3,7	4,0
16,0	5/8"	264	132	1000	72	40	676	2,9	3,2	5,8	6,4	2,3	2,6	4,1	4,4	2,9	3,2	6,2	6,7	4,4	4,8	5,0
19,0	3/4"	314	157	1200	86	48	802	4,2	4,5	8,4	9,0	3,4	3,6	5,9	6,3	4,2	4,5	8,8	9,5	6,3	6,8	7,2
22,0	7/8"	363	181	1400	99	55	907	5,6	6,1	11,2	12,2	4,5	4,9	7,9	8,5	5,6	6,1	11,8	12,8	8,5	9,1	9,7
26,0	1"	429	214	1600	117	65	1042	7,5	8,1	15,0	16,2	6,0	6,5	10,5	11,3	7,5	8,1	15,8	17,0	11,3	12,2	12,9
29,0	1 1/8"	478	239	1800	131	73	1167	9,1	9,8	18,2	19,6	7,3	7,8	12,8	13,8	9,1	9,8	19,2	20,7	13,7	14,8	15,7
32,0	1 1/4"	528	264	2000	144	80	1392	11,8	12,7	23,6	25,4	9,4	10,2	16,5	17,8	11,8	12,7	24,7	26,7	17,7	19,1	20,4
35,0	1 3/8"	578	289	2200	171	95	1423	14,2	15,3	28,4	30,6	11,4	12,2	19,9	21,4	14,2	15,3	29,8	32,1	21,3	22,9	24,5
38,0	1 1/2"	627	313	2400	171	95	1583	16,8	18,1	33,6	36,2	13,4	14,5	23,5	25,4	16,8	18,1	35,3	38,1	25,2	27,2	29,0
45,0	1 3/4"	740	370	2800	203	113		-	24,3	-	48,6	-	19,4	-	34,0	-	24,3	-	51,1	-	36,5	41,9
52,0	2"	858	429	3200	234	130	2164	-	32,4	-	64,8	-	25,9	-	45,4	-	32,4	-	68,1	-	48,6	55,9
57,0	2 1/4"	957	478	3600	288	160		-	39,4	-	78,8	-	31,5	-	55,1	-	39,4	-	82,7	-	59,1	68,0
64,0	2 1/2"	1056	528	4000	288	160	2585	-	49,3	-	98,6	-	39,5	-	69,7	-	49,3	-	104,6	-	74,0	85,8
70,0	2 3/4"	1172	586	4400	320	178		-	60,0	-	119,9	-	48,0	-	84,8	-	60,0	-	127,2	-	89,9	104,3
77,0	3"	1270	635	4700	347	193	3146	-	70,0	-	140,0	-	56,0	-	99,0	-	70,0	-	148,5	-	105,0	121,8
89,0	3 1/2"	1500	750	6300	650	330	3500	-	101,3	-	202,6	-	81,0	-	143,3	-	101,3	-	214,9	-	152,0	176,3
95,0	3 3/4"	1560	780	6500	700	360	4500	-	115,2	-	230,4	-	92,2	-	162,9	-	115,2	-	244,4	-	172,8	200,4
102,0	4"	1600	800	6700	700	360	4500	-	116,5	-	232,9	-	93,2	-	164,7	-	116,5	-	247,0	-	174,7	202,6

Tabela 1 Tabela dimensional de superlaços

2.4.3 Correntes

As correntes são construídas a partir de uma série de elos de aço que são interligados entre si através da soldagem desses elos, assim como o cabo de aço as correntes são construídas a partir do fio máquina, matéria prima para sua fabricação, embora a matéria prima de fabricação seja a mesma os processos produtivos se originam a partir de especificações de materiais distintas. A fabricação de correntes utiliza uma espessura maior do fio máquina e o material utilizado deve possuir maior resistência a tração.



Figura 2 Corrente de elos

As correntes de elos são amplamente utilizadas no içamento de cargas, possuem uma grande capacidade de ajuste para realizar amarrações de cargas complexas.

CORRENTE	1 Ramal		2 Ramais		3 Ramais e 4 Ramais		NCM
	Vertical	0° a 45°	45° a 60°	0° a 45°	45° a 60°		
Linga de Corrente de 6mm	1,12 ton.	1,60 ton.	1,12 ton.	2,30 ton.	1,70 ton.	7315.12.90	
Linga de Corrente de 8mm	2,00 ton.	2,80 ton.	2,00 ton.	4,20 ton.	3,00 ton.	7315.12.90	
Linga de Corrente de 10mm	3,15 ton.	4,40 ton.	3,15 ton.	6,70 ton.	4,75 ton.	7315.12.90	
Linga de Corrente de 13mm	5,30 ton.	7,50 ton.	5,30 ton.	11,20 ton.	8,00 ton.	7315.12.90	
Linga de Corrente de 16mm	8,00 ton.	11,20 ton.	8,00 ton.	16,80 ton.	12,00 ton.	7315.12.90	
Linga de Corrente de 18mm	10,00 ton.	14,00 ton.	10,00 ton.	21,00 ton.	15,00 ton.	7315.12.90	
Linga de Corrente de 20mm	12,50 ton.	17,50 ton.	12,50 ton.	26,25 ton.	18,70 ton.	7315.12.90	
Linga de Corrente de 22mm	15,00 ton.	21,00 ton.	15,00 ton.	31,50 ton.	22,50 ton.	7315.12.90	
Linga de Corrente de 26mm	21,20 ton.	30,00 ton.	21,20 ton.	45,00 ton.	31,80 ton.	7315.12.90	

Tabela 2 Tabela dimensional de corrente de elos

2.4.4 Cintas e Laços Sintéticos

As cintas e laços sintético possuem um desempenho de alta performance, fabricadas para serem utilizadas em substituição aos cabos de aço empregados no içamento de cargas e não para substituir outras cintas. Os cabos de aço ainda são utilizados em muitos trabalhos de içamento e movimentação de cargas aqui no Brasil, em países como USA e Europa, as cintas de alta performance passaram a ser utilizadas amplamente nesse mercado.

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.). Na utilização desse tipo de equipamento é preciso certificar-se das considerações mecânicas e ambientais que podem afetar a resistência dessas cintas.

O manuseio simples das cintas utilizadas em elevações de carga facilitam o trabalho e garantem maior segurança dos produtos e das pessoas envolvidas nessas operações.

Os cantos em quinas vivas das cargas causam grandes problemas aos meios de elevação. Os cabos de aço expostos a essas superfícies, por exemplo, podem se deformar ou formar torções ou amassamentos. A norma obriga descartar esses cabos quando tal defeito é identificado. A cinta, por sua melhor maleabilidade, tem a capacidade de retornar à condição inicial após a sua utilização nessas operações.

As cintas podem ser confeccionadas em camadas simples ou dupla, algumas cintas de elevação possuem formato circular que possibilitam sua movimentação, mesmo quando elas são giradas. Além disso, o formato das cintas permite a alteração dos pontos de contato com a carga, dividindo assim o desgaste e aumentando a vida útil desses acessórios.

A cinta possui um peso menor do que os outros materiais de elevação da mesma capacidade, como os cabos de aço e as correntes. Além disso, ela não necessita ser lubrificada, facilitando assim sua utilização para o operador. Além disso, por possuir menor peso, ela proporciona uma maior capacidade de carga para o sistema.

Por terem a mesma resistência e possuindo um peso menor, elas também privilegiam a ergonomia e contribuem para preservar a saúde dos trabalhadores evitando lesões durante o seu manuseio.

A cinta destaca-se também por sua maleabilidade. A cinta é um equipamento que pode ser dobrado na hora de seu armazenamento e ocupa um menor volume de armazenagem comparado com os cabos de aço e correntes.






CINTA DE POLIÉSTER MODELO TUBULAR						
(CMT) Carga Máxima de Trabalho Kgf						FS 7:1
Cor	Largura (mm)	Choker	Vertical	Basket	até 60°	até 45°
		 80%	 100%	 200%	 100%	 140%
55	800	1.000	2.000	4.000	2.000	2.800
55	1.600	2.000	4.000	8.000	4.000	5.600
75	2.400	3.000	6.000	12.000	6.000	8.400
75	3.200	4.000	8.000	16.000	8.000	11.200
95	4.000	5.000	10.000	20.000	10.000	14.000
95	4.800	6.000	12.000	24.000	12.000	16.800
95	6.400	8.000	16.000	32.000	16.000	22.400
110	8.000	10.000	20.000	40.000	20.000	28.000
110	12.000	15.000	30.000	60.000	30.000	42.000
110	20.000	25.000	50.000	100.000	50.000	70.000
110	24.000	30.000	60.000	120.000	60.000	84.000
150	32.000	40.000	80.000	160.000	80.000	112.000
150	40.000	50.000	100.000	200.000	100.000	140.000
150	48.000	60.000	120.000	240.000	120.000	168.000
150	64.000	80.000	160.000	320.000	160.000	224.000
150	80.000	100.000	200.000	400.000	200.000	280.000



Tabela 3 Tabela dimensional de cintas sintéticas

2.4.5 Olhais de içamento

São dispositivos utilizados para realizar a conexão de uma carga e o equipamento de içamento. Os olhais são acessórios indispensáveis no processo de elevação de cargas.

Olhal é um acessório fabricado a partir de chapas, possuem uma furação para que seja possível realizar a conexão entre a estrutura a qual está instalado e o estropo.

Existe uma ampla variedade de olhais, é possível encontrar olhais com as mais diversas especificações técnicas e conforme a necessidade do içamento. No entanto existem olhais que são projetados especialmente para uma determinada operação ou então para atender uma condição específica dentro das necessidades da elaboração do plano de rigging.

Muitas vezes os olhais já se encontram instalados nas partes de uma estrutura ou peças que serão içadas, esse tipo de olhal é fabricado previamente visando garantir a capacidade necessária para o içamento da

carga, quando projetados e instalados nos equipamentos esses olhais levam em conta o centro de gravidade da peça.

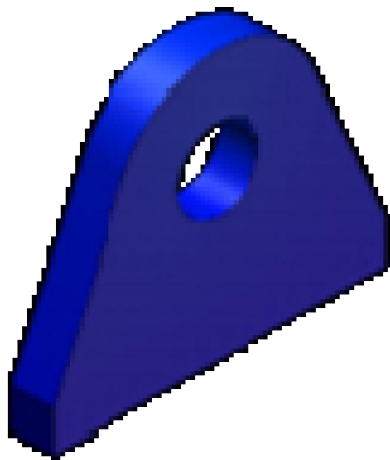


Figura 3 Olhal de içamento

2.4.6 Manilhas

As Manilhas são acessórios utilizados para unir os olhais de içamento aos cabos de aço, correntes ou laços sintéticos que suportarão a carga durante seu içamento. As manilhas são construídas geralmente em formato de “U”, mas podem ter formatos diferenciados como por exemplo as manilhas que possuem um formato semelhante ao de uma ferradura.

Fabricada em meta em metal as manilhas possuem um pino que é responsável pelo engate da linga, o pino de uma manilha também é responsável pelo travamento da mesma, uma manilha nunca deve ser utilizada sem que seu pino esteja devidamente travado.

As manilhas são fabricadas a partir de normas técnicas e suas características técnicas são facilmente encontradas em tabelas fornecidas pelos seus fabricantes, nessas tabelas estão contidas as informações necessárias para dimensionar a manilha corretas para cada tipo de içamento.



Diâmetro Nominal	Dimensões mm										Peso por peça (kg)		Carga de trabalho Tons
	polegada	A	B	C	D	E	F	G	H	M	N	Pino	
3/16	10	6	22	5	15	14	25	37	28	0	0,02	0,02	0,3
1/4	12	8	29	6	20	33	47	47	35	34	0,05	0,06	0,5
5/16	13	10	31	8	21	19	37	53	42	40	0,09	0,08	0,75
3/8	17	11	37	10	26	23	45	63	52	47	0,14	0,11	1
7/16	19	13	43	11	29	27	52	74	60	54	0,17	0,17	1,5
½	21	16	48	13	33	30	59	83	68	60	0,29	0,29	2
5/8	27	19	60	16	43	38	75	106	85	74	0,63	0,63	3,25
3/4	32	22	71	19	51	46	89	126	101	87	1,02	1,02	4,75
7/8	37	25	84	22	58	53	102	148	114	97	1,53	1,53	6,5
1	43	29	95	25	68	60	119	167	129	115	2,41	2,41	8,5
1.1/8	46	32	108	29	74	68	131	190	142	130	3,09	3,09	9,5
1.1/4	52	35	119	33	83	76	146	210	156	140	4,31	4,31	12
1.3/8	57	38	133	36	92	84	162	233	174	156	6,01	6,01	13,5
1.1/2	60	41	146	39	99	92	175	254	187	165	7,80	7,80	17
1.3/4	73	51	178	47	127	106	225	313	231	197	13,78	13,78	25
2	83	57	197	53	146	122	253	347	263	222	20,41	20,41	35
2.1/2	105	70	267	69	184	145	327	453	330	340	39,89	38,89	55
3	130	80	325	77	198	169	350	530	-	385	-	64	85
3.1/2	133	95	371	91	228	203	412	590	-	104	-	88	120

Fator de Segurança: 6 X carga de trabalho
 Os valores podem variar de acordo com o fabricante.
 Consulte nosso Departamento Comercial.

Tabela 4 Tabela dimensional de manilhas

2.5 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.

3 Estudo de caso

Para elaboração desse estudo de caso abordaremos o plano de rigging a partir da montagem de uma ponte rolante de dupla viga que possui um trolley instalado sobre a estrutura das vigas, utilizando guindaste.

3.1 Ponte rolante

É um equipamento de elevação de carga utilizado em diversos seguimentos: siderurgia, metalurgia, mineração, geração de energia entre outros. Instaladas sobre as estruturas de sustentação de pavilhões, as pontes rolantes realizam içamento e transporte cargas dentro de um espaço delimitado. Geralmente as pontes rolantes são empregadas dentro de galpões e realizam o trabalho de içamento de materiais que geralmente fazem parte de um processo produtivo de uma empresa como por exemplo: abastecimento de laminadores e carregamento de fornos siderúrgicos.



Figura 4 Ponte rolante

As pontes rolantes podem transportar cargas leves e pesadas se tornando um equipamento crucial na logística interna de uma empresa, podem ser fabricadas a partir de uma necessidade específica.

3.1.1 Estudo de olhais

Uma ponte rolante é um equipamento que possui grandes dimensões geométricas conforme suas especificações de técnicas determinadas em conformidade ao fim a qual se destina, suas estruturas fabricadas a partir de chapas de aço possuem uma massa expressiva; Olhais de içamento para a finalidade de montagem desse equipamento são previstos de serem instalados durante a elaboração do projeto uma vez que é necessário realizar um estudo detalhado do centro de gravidade de cada estrutura.

Portanto nesse estudo de caso os olhais já foram dimensionados dentro da fase de projeto desse equipamento e abordaremos apenas as lingas e demais acessórios necessários para realizar o içamento das estruturas.

3.2 Elaboração do plano de rigging

Para iniciar a elaboração de um estudo de rigging faz-se necessário alguns dados de referência que podem ser obtidos através de desenhos esquemáticos ou através de visita técnica no local onde será realizado o processo de içamento das estruturas. A ponte rolante possui três estruturas principais denominadas: viga principal um, viga principal dois e carro ou trolley.

O plano de rigging será elaborado para montagem de uma ponte rolante dentro de um galpão siderúrgico.

3.2.1 Visita de campo

Foi realizado uma visita de campo para levantamento de dados das dimensões estruturais do galpão onde a ponte rolante seria montada e também para o levantamento de dados importantes que foram abordados durante reunião técnica realizada após a visita in loco.

Foram solicitadas informações sobre a capacidade de carga do piso onde o guindaste seria posicionado para validar a distribuição da carga que o guindaste exerceria no solo ao içar a estrutura de maior massa. Também foram desprezados alguns fatores que não influenciariam no içamento das estruturas como por exemplo a ação do vento, uma vez que a operação de içamento da ponte rolante aconteceria dentro de uma área fechada sem ação de interpéries.

Após a coleta dos dados no local do içamento todo o trabalho ocorreu em escritório onde foram utilizadas ferramentas como: Autocad, Matcad, desenhos estruturais do prédio e tabelas de dimensionamento de guindaste, cabos de aço, manilhas entre outros.

3.2.2 Escolha do guindaste

Para iniciar o desenvolvimento do plano de rigging foram adotados alguns parâmetros empíricos de referência para dimensionamento preliminar do guindaste quanto a sua capacidade de elevação de carga e altura de trabalho, outro dado importante adotado foi o raio de operação do centro de gravidade do equipamento em relação ao centro de gravidade da estrutura mais extensa.

Assim combinando esses três dados teóricos: altura de içamento, capacidade de carga e raio de operação do equipamento podemos definir através de tabelas de dimensionamento fornecidas pelos fabricantes desse tipo de equipamento o modelo que atenderia os parâmetros requeridos para a realização do içamento.

3.2.3 Capacidade de carga de içamento

Para definição a capacidade de carga do guindaste foi utilizado a estrutura de maior massa como referência, também foram somadas as massas de todos os acessórios que seriam utilizados no içamento da estrutura.

COMPOSIÇÃO DA CARGA	QUANTIDADE	UNIDADE
MASSA DO TROLLEY	22.400	kg
GANCHO E CABOS DO GUINDASTE	1.500	kg
ACESSÓRIOS	100	kg
TOTAL	24.000	kg

Tabela 5 Tabela dimensional de composição de carga

Para a montagem da estrutura do trolley que apresenta a maior massa necessitamos de uma capacidade de içamento de 24.000kg.

3.2.4 Raio de operação

O raio de operação necessário é definido a partir de estudo da disposição das estruturas e seu dimensionamento geométrico. Nesse estudo de caso as estruturas pertencentes a ponte rolante seriam posicionadas

através de caminhões em uma região próxima ao guindaste minimizando o raio de trabalho do equipamento.

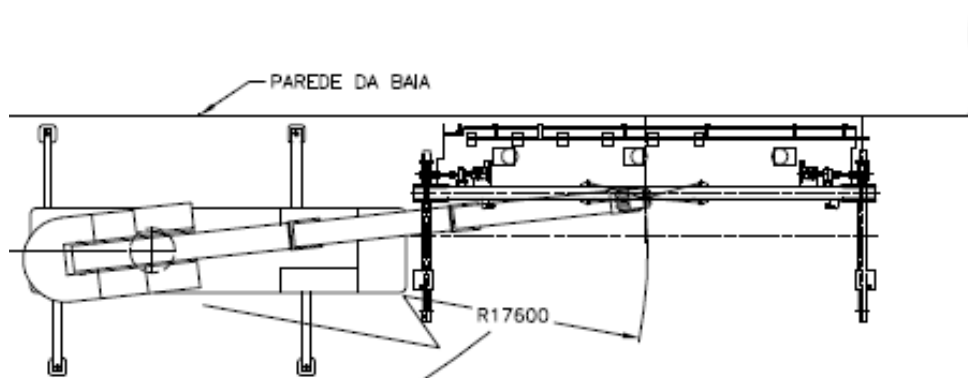


Figura 5 Raio de operação

Nesse estudo identificamos que a estrutura do trolley que possui a maior massa dentre as demais partes da ponte rolante necessita de um raio de trabalho menor devido suas dimensões serem menores e também que as vigas da ponte rolante que possuem maiores dimensões precisam de um raio de trabalho maior e essas apresentam massas menores. Após a realização desse estudo obtivemos os seguintes dados.

IÇAMENTO DA ESTRUTURA DO TROLLEY	
CAPACIDADE DE IÇAMENTO	24.000kg
RAIO DE OPERAÇÃO	13.000mm

IÇAMENTO DA ESTRUTURA DAS VIGAS	
CAPACIDADE DE IÇAMENTO	16.000kg
RAIO DE OPERAÇÃO	17.600mm

Tabela 6 Tabela dimensional da capacidade de carga

3.2.5 Altura de içamento

No objeto desse estudo de caso o galpão onde a ponte rolante seria instalada possui grandes dimensões estruturais o que nos permitiu elaborar o plano de rigging sem que houvessem interferências com a estrutura do prédio.

Para determinar a altura de içamento requerida para a montagem das estruturas da ponte rolante foi realizado um estudo a partir da estrutura que seria posicionada na parte mais alta do equipamento. Para prosseguirmos com o estudo da altura de içamento vamos utilizar a estrutura do trolley que fica posicionada sobre as vigas da ponte rolante. Também observamos a altura que os acessórios de içamento necessitam para serem instalados e a altura livre que o sistema de içamento do guindaste precisa para realizar o içamento das estruturas.

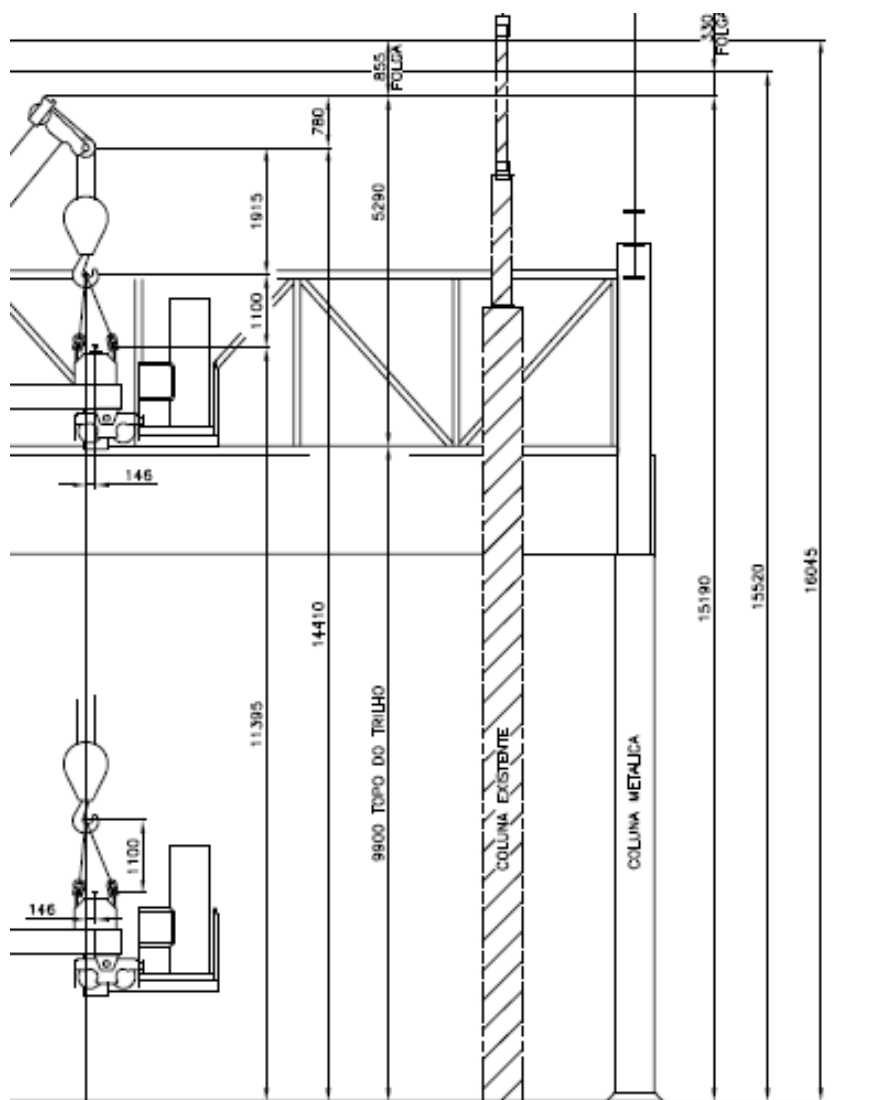


Figura 6 Dimensionamento da altura de içamento

ALTURA DE IÇAMENTO	
ALTURA DE INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO	10.000mm
ALTURA DO EQUIPAMENTO	2.000mm
ALTURA DO TROLLEY	1.000mm
ALTURA DOS ESTROPOS/ACESSÓRIOS	1.500mm
ALTURA LIVRE GUINDASTE	2.500mm
FOLGA	1.000mm
TOTAL	17.000mm

Tabela 7 Tabela dimensional da altura de içamento

3.2.6 Definição do guindaste

A partir da definição das informações iniciais foram consultadas diversas tabelas de guindastes para dimensionar o equipamento que atenderia a necessidade da operação. As tabelas de cargas de guindastes são fornecidas pela maioria dos fabricantes desse tipo de equipamento e após a escolha do guindaste a partir de suas especificações técnicas é possível comparar o modelo previamente definido com modelos de outros fabricantes, pois em muitos casos não é possível encontrar um equipamento específico em determinada região.

Die Hubhöhen. Lifting heights. Hauteurs de levage.

LTM 1160/2

Klappspitze.
Folding jib.
Fléchette pliante

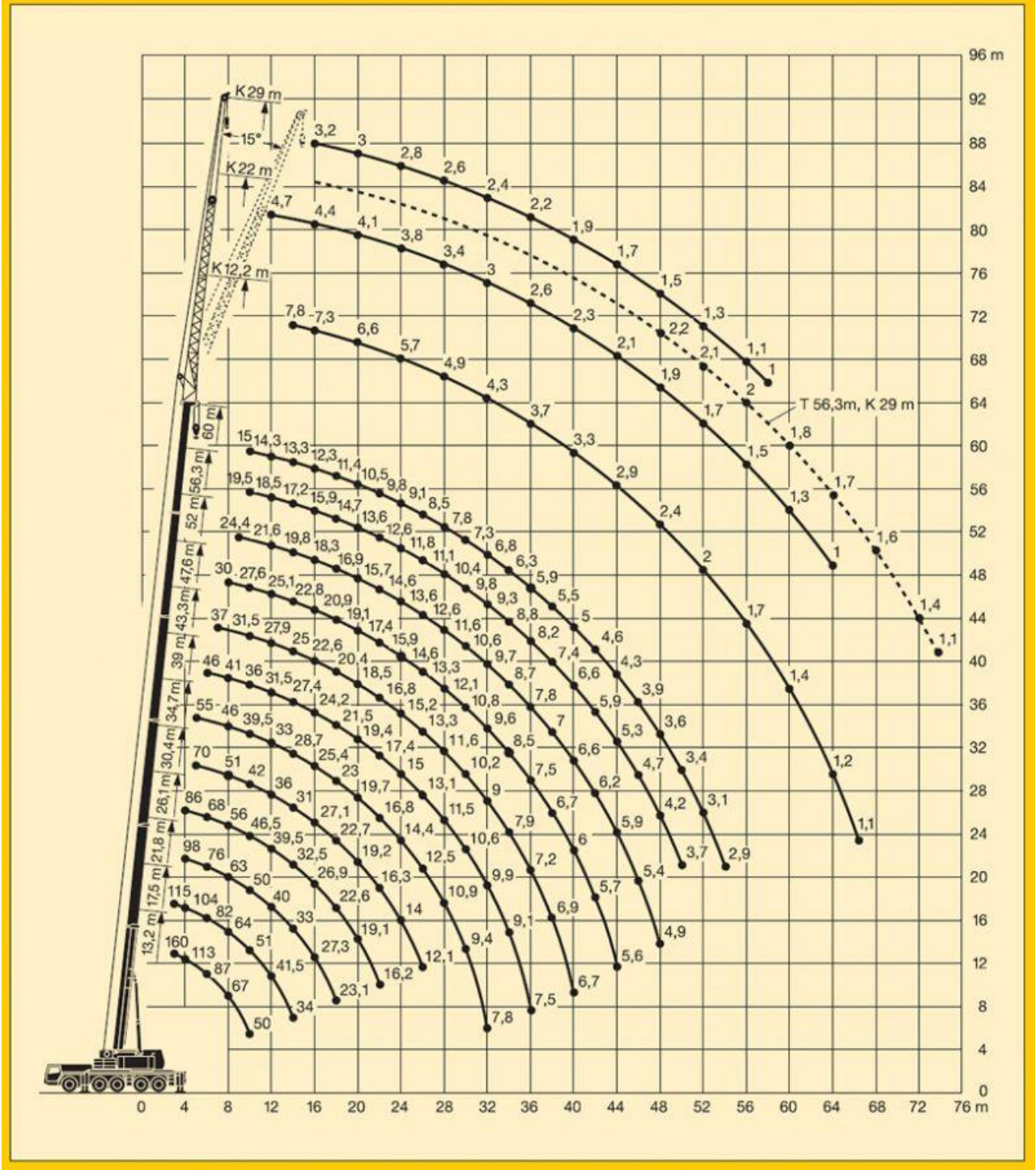


Tabela 8 Tabela dimensional da capacidade de carga de guindaste

Após realizar o dimensionamento do guindaste foi estudado todo o sistema de amarração das cargas “estropos”, todos os acessórios utilizados para realizar a conexão da carga ao guindaste foram dimensionados através de tabelas dimensionais, o dimensionamento desses acessórios foi realizado utilizando o mesmo processo para escolha do guindaste.

Após serem dimensionados todos os acessórios, foi traçado um desenho preliminar contendo todo o sistema com suas cotas para que fosse possível validar as cotas a partir da montagem do sistema como um todo, assim foi possível verificar se a altura de içamento da estrutura adotada no início da elaboração do plano de rigging seria suficiente para viabilizar a montagem do equipamento.

3.2.7 Distribuição de carga

A distribuição da carga é um fator de grande relevância a ser considerado durante a elaboração de um plano de rigging, conforme mencionado nesse estudo de caso a instalação dos olhais de içamento já foram previstos durante a fase de projeto da ponte rolante. Assim foi possível utilizar os acessórios: manilhas e cabos de aço de maneira simétrica, garantindo uma distribuição de carga uniforme em todo o sistema.

3.2.8 Finalização do plano de rigging

Após a realização dos estudos necessários para validação do plano de rigging foi gerado um documento (desenho/protocolo) com todas as informações necessárias para os executantes da montagem do equipamento.

3.2.9 Informações sobre o içamento

Foi elaborado uma tabela contendo todas as informações para cada etapa da montagem da ponte rolante e içamento de cada uma de suas estruturas, também em complemento ao plano de rigging foram elaborados desenhos com cada detalhe de instalação dos acessórios utilizados no içamento e um protocolo que descreve cada etapa da montagem do equipamento.

MONTAGEM DAS CABECEIRAS				
ESPECIFICAÇÃO DO GUINDASTE				
TIPO	TELESCÓPICO			
MARCA	LIEBHERR			
MODELO	LTM-1180/2			
CAPACIDADE NOMINAL	180 t			
CHASSI	5 EIXOS			
COMPRIMENTO	15270			
LARGURA	3000			
ALTURA	3950			
PESO	80 t			
CONTRA PESO	50 t			
CONFIGURAÇÃO DO GUINDASTE				
	VIGA 2 C/ CABECEIRA		VIGA 1	
	ÍÇAMENTO INICIAL	ÍÇAMENTO MONTAGEM	ÍÇAMENTO INICIAL	ÍÇAMENTO MONTAGEM
RAIO DE OPERAÇÃO	17600	15000	17600	13000
COMPRIMENTO DA LANÇA	34700		32500	
CONTRA PESO	50 t		50 t	
PESO DO GUINDASTE	80 t		80 t	
DISTANCIA GIRO SAPATA	5339		5339	
TIPO DO MOITÃO	GANCHO DUPLO		GANCHO DUPLO	
Nº RAMAIS CABO	7		7	
CAPACIDADE C/ 7 RAMAIS	88,0 t		88,0 t	
PESO DO GANCHO	0,95 t		0,95 t	
RELAÇÃO DE ACESSÓRIOS				
SUPERLAÇO 8 X 41 AF 1 1/4" X 2800				4
MANILHA CURVA 1 1/4"				8
COMPOSIÇÃO DA CARGA				
	VIGA 2 C/ CABECEIRA		VIGA 1	
PESO DA VIGA	18,0 t		12,0 t	
GANCHO E CABO DO GUINDASTE	1,5 t		1,5 t	
MANILHA E CABO	0,1 t		0,1 t	
TOTAL	17,6 t		13,6 t	
DADOS OPERACIONAIS				
	VIGA 2 C/ CABECEIRA		VIGA 1	
	RAIO 17,8m	RAIO 15,0m	RAIO 17,8m	RAIO 13,0m
TABELA UTILIZADA % TOMBAMENTO	73%	65%	57%	45%
CAPACIDADE BRUTA	24 t	27 t	24 t	30 t
VELOCIDADE MAX. VENTO C/ CARGA	8,6 m/s	8,6 m/s	8,6 m/s	8,6 m/s
FORÇA MÁXIMA NA SAPATA	4,90 kg /cm²	4,06 kg /cm²	3,69 kg /cm²	2,42 kg /cm²

MONTAGEM DO CARRO	
ESPECIFICAÇÃO DO GUINDASTE	
TIPO	TELESCÓPICO
MARCA	LIEBHERR
MODELO	LTM-1180/2
CAPACIDADE NOMINAL	180 t
CHASSI	5 EIXOS
COMPRIMENTO	15270
LARGURA	3000
ALTURA	3950
PESO	80 t
CONTRA PESO	50 t
CONFIGURAÇÃO DO GUINDASTE	
	CARRO
RAIO DE OPERAÇÃO	13000
COMPRIMENTO DA LANÇA	30400
CONTRA PESO	50 t
PESO DO GUINDASTE	80 t
DISTANCIA GIRO SAPATA	4877
TIPO DO MOITÃO	GANCHO DUPLO
Nº RAMAIS CABO	7
CAPACIDADE C/ 7 RAMAIS	88,0 t
PESO DO GANCHO	0,95 t
RELAÇÃO DE ACESSÓRIOS	
SUPERLAÇO 8 X 41 AF 1 1/4" X 3250	4
MANILHA CURVA 1 1/4"	4
COMPOSIÇÃO DA CARGA	
	CARRO
PESO DO CARRO	22,4 t
GANCHO E CABO DO GUINDASTE	1,5 t
MANILHA E CABO	0,1 t
TOTAL	24,0 t
DADOS OPERACIONAIS	
	CARRO
TABELA UTILIZADA % TOMBAMENTO	71%
CAPACIDADE BRUTA	33,5 t
VELOCIDADE MAX. VENTO C/ CARGA	8,6 m/s
FORÇA MÁXIMA NA SAPATA	4,48 kg /cm²

Figura 7 Informações do plano de rigging

SEQUÊNCIA PARA MONTAGEM DA PR-518:

1. NO NÍVEL DO PISO, MONTAR AS VIGAS CABECEIRAS NA VIGA PRINCIPAL Nº2.
2. MONTAR O SUB CONJUNTO NO CAMINHO DE ROLAMENTO:
 - PESO DO SUB CONJUNTO MAIS ACESSÓRIOS 17,6t.
 - ESTIMANDO GUINDASTE LIEHBERR LTM 1160/2.
 - IÇAMENTO INICIAL = LANÇA 34,7m; RAIOS 17,6m;
 - CAPACIDADE DE CARGA = 24t
 - IÇAMENTO NO CAMINHO DE ROLAMENTO = LANÇA 34,7m; RAIOS 15m;
 - CAPACIDADE DE CARGA 27t.
3. DESLOCAR O SUB CONJUNTO PARA MONTAR A VIGA PRINCIPAL Nº1.
 - PESO DA VIGA 13,6t.
 - IÇAMENTO IDEM CONFIGURAÇÃO DO GUINDASTE NO ITEM 2.
4. DESLOCAR O CONJUNTO PARA MONTAR O CARRO.
 - PESO DO CARRO 24t.
 - ESTIMADO GUINDASTE LIEHBERR LTM 1160/2.
 - IÇAMENTO = LANÇA 30,4m; RAIOS 13m; CAPACIDADE DE CARGA 33,5t.
5. MONTAR A CABINE.
6. MONTAGENS DIVERSAS:
 - 6a. MONTAGEM ESTRUTURAL: PLATAFORMAS, ESCADA, PROTEÇÃO DA LUMINÁRIA, SUPORTE DO PANTOGRAFO, CAIXAS E TUBULAÇÃO ELÉTRICA, PARACHOQUES, ETC.
 - 6b. MONTAGEM MECÂNICA: LUBRIFICAÇÃO CENTRALIZADA, TORQUEAR PARAFUSO, POSICIONAR CAÇAMBA, FAZER PASSAGEM DOS CABOS, ACOPLAR EIXO TRANSMISSÃO DA PONTE, ETC.
 - 6c. MONTAGEM ELÉTRICA: LANÇAMENTO E LIGAÇÃO CABOS ELÉTRICOS, LUMINÁRIAS, LIMITES, SAPATA COLETORA, ETC.
7. COMISSIONAMENTO:
 - 7a. CONFERIR LIGAÇÕES ELÉTRICAS.
 - 7b. ENERGIZAÇÃO DOS PAINÉIS.
 - 7c. MOVIMENTAÇÃO E TESTE EM VAZIO.
 - 7d. MOVIMENTAÇÃO E TESTE COM CARGA E SOBRE CARGA, CHECAGEM CONTRA FLEXA.

Figura 8 Sequenciamento de montagem

3.3 Recolhimento de anotação de responsabilidade técnica

Após a finalização do plano de rigging foi recolhida uma anotação de responsabilidade técnica através do responsável da elaboração do plano de

rigging junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia, o recolhimento de anotação de responsabilidade técnica é necessária á fiscalização e foi instituída pela Lei Federal 6.496/77. Essa é um resumo do contrato firmado entre o profissional e seu cliente, para a execução de obra/serviço. O recolhimento desse documento é uma exigência legal para elaboração de projetos, consultoria, execução de obras e serviços, independentemente, do nível de atuação do profissional.

Define-se para a sociedade os responsáveis técnicos pela execução de obras ou pela prestação de serviços referentes às atividades da área tecnológica (engenharia, agronomia, geologia, geografia, meteorologia, etc). Identifica os serviços contratados, definindo sua autoria e os limites da responsabilidade de contratantes e contratados.

4 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 da montagem de uma ponte rolante o planejamento dos trabalhos de campo quando já estabelecidos a partir do plano de rigging assegura a quem executa essa atividade todas as informações pertinentes ao sequenciamento da montagem e estabelece os parâmetros necessários para realização dessa atividade.

5 Referências

AGUIAR, P. H. V. Dimensionamento e análise dos olhais de içamento de carga através do método de elementos finitos. São Mateus: Instituto Federal do Espírito Santo, 2018.

CAMPOS, A. P. M. Projeto de ponte rolante. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi-árido, 2018.

CIMAF. **Manual técnico de cabos de aço**. São Paulo, 2009.

FERNANDES, P. S. Projeto de estrutura para içamento e carregamento de chapas de aço. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2018.

FREITAS, S. F. A. Análise da certificação de dispositivos de içamento de cargas para o setor eólico. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2017.

LIMA, D. F. P. Avaliação de segurança durante o içamento de vigas pré-moldadas. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

MUNARO, A. F. Estudo de guindaste hidráulico para içamento de *container* de entulhos. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

PAULA, I. G. Dimensionamento da estrutura de um guindaste para movimentação de pequenas cargas. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2021.

RIGGING BRASIL. **Plano de Rigging - tire suas dúvidas**. Disponível em: <<http://www.riggingbrasil.com.br/blog/plano-de-rigging/>>. Acesso em: 11 set. 2022

SORDI, G. Dimensionamento da viga principal de uma ponte rolante. Lajeado: Centro Universitário UNIVATES, 2016.

TAMASAUSKAS, A. Metodologia do projeto básico de equipamento de manuseio e transporte de cargas - ponte rolante – aplicação não-siderúrgica. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.