



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA-CENTRAL
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

THAYLÃ WYLKSON VIANA DE SOUSA LIRA

**ELABORAÇÃO DE PLANO DE RIGGING PARA O IÇAMENTO DE CONTÊINER
DE 40 PÉS COM UTILIZAÇÃO DE GUINDASTE TELESCÓPICO XCMG XCT90BR:**
análise de capacidade, estabilidade e da segurança operacional

TERESINA

2026

THAYLÃ WYLKSON VIANA DE SOUSA LIRA

ELABORAÇÃO DE PLANO DE RIGGING PARA O IÇAMENTO DE CONTÊINER DE
40 PÉS COM UTILIZAÇÃO DE GUINDASTE TELESCÓPICO XCMG XCT90BR:
análise de capacidade, estabilidade e da segurança operacional

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de bacharelado em
Engenharia Mecânica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Campus
Teresina-central.

Orientador: Prof. Me. Edilson Rocha de Sousa.

TERESINA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Lira, Thaylã Wylkson Viana de Sousa

L768e Elaboração de plano de rigging para içamento de contêiner de 40 pés com utilização de guindaste telescópico XCMG XCR90 BR : análise de capacidade, estabilidade e segurança operacional / Thaylã Wylkson Viana de Sousa Lira. - 2026.

46 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, 2026.
Orientador : Prof Me. Edilson Rocha de Sousa.

1. Plano de Riggin. 2. Içamento de cargas. 3. Guindaste. 4. Estabilidade operacional. 5. Segurança do trabalho. I. Título.

CDD - 620

Elaborado por Tanize Maria Sales CRB 3/1024

THAYLÃ WYLKSON VIANA DE SOUSA LIRA

ELABORAÇÃO DE PLANO DE RIGGING PARA O IÇAMENTO DE CONTÊINER DE
40 PÉS COM UTILIZAÇÃO DE GUINDASTE TELESCÓPICO XCMG XCT90BR:
análise de capacidade, estabilidade e da segurança operacional

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de bacharelado em
Engenharia Mecânica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Campus
Teresina-central.

Aprovada em: 30/06/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Edilson Rocha Sousa (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Petteson Linniker Carvalho Serra
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dra. Jayna Katia Dionisio dos Santos
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu sabedoria, discernimento, paciência, fé e perseverança durante toda esta longa caminhada até a minha formação acadêmica e profissional. A ele, agradeço pela força concedida nos momentos de dificuldade e por me permitir superar os desafios encontrados ao longo dessa trajetória.

À minha esposa, Flávia Alessandra, por todo o carinho, amor, companheirismo e apoio ao longo dessa caminhada. Agradeço por estar ao meu lado, por me motivar nos momentos difíceis, incentivar-me a erguer a cabeça diante das adversidades e apoiar-me nos momentos de desânimo e frustração. Sou grato por compartilhar a vida com uma mulher forte, alegre e carinhosa, que contribui diariamente para a minha felicidade.

À minha família, por todo o apoio, incentivo e compreensão durante minha trajetória acadêmica e profissional. Agradeço por acreditarem em mim e por contribuírem, de diferentes maneiras, para que eu pudesse chegar até esta etapa da minha formação.

Ao professor Edison Rocha, pela orientação, paciência, dedicação e pelos conhecimentos compartilhados durante a elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso. Agradeço também pelos ensinamentos transmitidos ao longo da minha formação acadêmica e pelo acompanhamento durante o desenvolvimento deste trabalho. Ao professor Gilson Lopes, agradeço pelo apoio, orientação e contribuição para a realização deste estudo.

A todos os professores e servidores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Campus Teresina Central, meus sinceros agradecimentos pelo profissionalismo, dedicação e conhecimentos compartilhados ao longo da minha formação acadêmica. Cada contribuição foi importante para a construção da minha trajetória acadêmica e profissional.

RESUMO

As operações de içamento e movimentação de cargas exigem planejamento técnico rigoroso para garantir a segurança dos trabalhadores, a integridade dos equipamentos e a eficiência operacional. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo elaborar um plano de rigging para o içamento de um contêiner marítimo de 40 pés utilizando o guindaste telescópico XCMG XCT90BR. A metodologia adotada consistiu na análise das características da carga, dos acessórios de içamento e das condições operacionais envolvidas na atividade, bem como na realização de cálculos de capacidade de carga, momento de carga, estabilidade do equipamento, patolamento e influência da ação do vento. Foram dimensionados os principais acessórios utilizados na operação, incluindo balancim, twistlocks, manilhas e cabos-guia, verificando-se sua compatibilidade com os esforços solicitantes. Os resultados demonstraram que o equipamento opera dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante, apresentando margem de segurança adequada para a execução da atividade. A análise de estabilidade indicou a necessidade de utilização de pranchões de patolamento para garantir a distribuição adequada das cargas ao solo, enquanto a avaliação das condições climáticas evidenciou a importância do monitoramento contínuo da velocidade do vento durante a operação. Conclui-se que o plano de rigging desenvolvido atende aos requisitos técnicos e normativos aplicáveis, contribuindo para a mitigação dos riscos operacionais e para a realização segura e eficiente do içamento do container.

Palavras-chave: plano de rigging; içamento de cargas; guindaste telescópico; estabilidade operacional; segurança do trabalho.

ABSTRACT

Lifting and load-handling operations require rigorous technical planning to ensure worker safety, equipment integrity, and operational efficiency. In this context, the present study aims to develop a rigging plan for the lifting of a 40-foot shipping container using the XCMG XCT90BR telescopic crane. The methodology adopted consisted of analyzing the characteristics of the load, lifting accessories, and operational conditions involved in the activity, as well as performing calculations related to load capacity, load moment, equipment stability, outrigger support requirements, and wind effects. The main lifting accessories used in the operation, including the spreader beam, twistlocks, shackles, and tag lines, were properly dimensioned and evaluated to verify their compatibility with the applied loads. The results demonstrated that the crane operates within the limits established by the manufacturer, providing an adequate safety margin for the execution of the operation. The stability analysis indicated the need for outrigger mats to ensure proper load distribution to the ground, while the assessment of environmental conditions highlighted the importance of continuous wind-speed monitoring throughout the lifting process. It was concluded that the developed rigging plan meets the applicable technical and regulatory requirements, contributing to the mitigation of operational risks and ensuring the safe and efficient lifting of the container.

Keywords: rigging plan; load lifting; telescopic crane; operational stability; occupational safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – guindaste e rede elétrica, Sertech, 2026.....	17
Figura 2 – Caminhão guindaste XCT90BR, XCMG, 2025.....	22
Figura 3 - Componentes principais do caminhão guindaste XCT90BR, XCMG, 2025.	23
Figura 4 - Altura de elevação e faixa de trabalho, XCMG, 2025.	24
Figura 5 - Comprimento da lança principal e ângulo de elevação, XCMG, 2025.	25
Figura 6 - Contêiner de 40 pés, Guia marítimo, 2026.	26
Figura 7 – Balancim, Direct Industry Connect, 2026.	29
Figura 8 - Twistlocks, Special Contêiner, 2026.	30
Figura 9 - Instalação dos Twistlocks, Guia Marítimo, 2026.	30
Figura 10 - Manilhas, Manilhas Green Pin®, 2026.....	31
Figura 11 - Cabos Guias, Gama 4x4, 2026.....	32
Figura 12 - Instalação dos cabos guias e acessório de conexão, Guia Marítimo, 2026.	33
Figura 13 – Pranchões de patolamento.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes do caminhão guindaste XCT90BR, XCMG, 2025.	23
Tabela 2 - Identificação da Operação.....	25
Tabela 3 - Equipamento de içamento e sua configuração de desempenho.....	26
Tabela 4 - Configuração do Moitão.	27
Tabela 5 - Contêiner Marítimo de 40 pés.	27
Tabela 6 - Coordenadas do centro de gravidade.	28
Tabela 7 - Balancim para contêiner.....	29
Tabela 8 - Twistlocks.....	29
Tabela 9 - Manilhas.....	31
Tabela 10 - Cabos Guia.	32
Tabela 11 - Composição da carga suspensa.	33
Tabela 12 - Dados operacionais de desempenho do guindaste.....	34
Tabela 13 - Dados utilizados na análise de estabilidade.....	35
Tabela 14 - Solo.	36
Tabela 15 – Resultados operacionais.	39
Tabela 16 – Procedimento executivo.	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMN	Associação Mercosul de Normalização
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
ASME	American Society of Mechanical Engineers
CA	Contrapeso Adicional
Cbr	Capacidade Bruta da Tabela de Carga
CG	Centro de Gravidade
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
Cms	Carga Máxima em uma Sapata
Cs	Capacidade Segura
Cd	Coeficiente de Arrasto
Fv	Força do Vento
GT	Grupo de Trabalho
H	Altura de Elevação
Hr	Hipotenusa Resultante
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
ISO	International Organization for Standardization
IWRC	Independent Wire Rope Core (Alma Independente de Cabo de Aço)
JIB	Lança Auxiliar Trelçada
KV	Voltagem
MS	Margem de Segurança
NR	Norma Regulamentadora
Ns	Número de Estabilizadores
PMC	Peso Máximo da Carga
PG	Peso Próprio do Guindaste
Q	Carga Total de Içamento
RO	Raio de Operação

SESMT	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho
SWL	Safe Working Load (Carga Segura de Trabalho)
U	Utilização da Capacidade
UV	Ultravioleta
WLL	Working Load Limit (Limite de Carga de Trabalho)
XCT90BR	Modelo do Guindaste Telescópico da XCMG
XCMG	Xuzhou Construction Machinery Group

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Ângulo de elevação da lança principal do guindaste
A	Área de apoio da sapata ou pranchão de patolamento (m ²)
a	Distância longitudinal entre os estabilizadores do guindaste (m)
b	Distância transversal entre os estabilizadores do guindaste (m)
Cd	Coeficiente de arrasto aerodinâmico
Fv	Força exercida pelo vento sobre a carga (N)
G	Força peso da carga (N)
g	Aceleração da gravidade (9,81 m/s ²)
H	Altura de elevação da carga (m)
Hr	Hipotenusa resultante da base de estabilização do guindaste (m)
L	Comprimento da lança principal (m)
M	Momento de carga ou torque de elevação (t m)
n	Número de pontos de içamento
P	Carga atuante sobre o estabilizador ou sapata (t)
Q	Carga total de içamento (t)
R	Faixa de trabalho ou raio de operação do guindaste (m)
V	Velocidade do vento (m/s)
$\bar{x}$	Coordenada longitudinal do centro de gravidade (m)
$\bar{y}$	Coordenada transversal do centro de gravidade (m)
$\bar{z}$	Coordenada vertical do centro de gravidade (m)
$\tilde{x}$	Coordenada longitudinal de cada elemento constituinte da carga (m)
$\tilde{y}$	Coordenada transversal de cada elemento constituinte da carga (m)
$\tilde{z}$	Coordenada vertical de cada elemento constituinte da carga (m)
σ_{adm}	Tensão ou capacidade admissível do solo (t/m ²)
Σ	Somatório das parcelas consideradas nos cálculos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	DA SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS GUINDASTE	16
3.2	SEGURANÇA NO TRABALHO	18
3.3	NORMAS REGULAMENTADORAS (NR) E AS NORMAS TÉCNICAS (ABNT NBR)	18
4	METODOLOGIA	20
5	ANÁLISE DO PLANO DE RIGGING	25
6	RESULTADO DA ANÁLISE	39
7	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

As operações de movimentação e elevação de cargas estão presentes em diversos setores industriais, como construção civil, mineração, portos, indústria petroquímica e logística. Essas atividades envolvem o transporte e posicionamento de equipamentos e estruturas de grandes dimensões e elevados pesos, exigindo planejamento criterioso para garantir a segurança dos trabalhadores, a integridade dos equipamentos e a eficiência operacional. Nesse contexto, a utilização de guindastes tornou-se indispensável, uma vez que esses equipamentos oferecem elevada capacidade de carga, versatilidade e alcance operacional (Ribeiro; Almeida; Silva, 2024; Sertech, 2026).

Apesar dos avanços tecnológicos, acidentes envolvendo operações de içamento ainda ocorrem com frequência e, em muitos casos, estão associados à falta de planejamento, escolha inadequada do equipamento, falhas nos acessórios de içamento, condições inadequadas do terreno ou desrespeito aos procedimentos de segurança. Tais ocorrências podem resultar em perdas materiais significativas, danos ambientais e, principalmente, acidentes graves e fatais. Dessa forma, torna-se indispensável a adoção de ferramentas de engenharia capazes de identificar previamente os riscos e estabelecer procedimentos seguros para a execução das operações (Lucas; Dias, 2021).

Diversos acidentes envolvendo operações de içamento evidenciam a importância do planejamento adequado. Entre eles destacam-se a ruptura do cabo de aço de um guindaste no Porto de Santos (SP), que resultou em vítima fatal, o acidente ocorrido na Refinaria de Paulínia (SP) durante a movimentação de carga, bem como o tombamento de guindastes em operações de grande porte, como os casos registrados em Manaus e nas obras da Arena Corinthians. Esses acidentes evidenciam a importância de seguir rigorosamente um planejamento técnico adequado para operações de içamento (Band.com.br, 2025; Corinthians, 2014; Sindipetro paraná e santa catarina, 2025).

Entre essas ferramentas destaca-se o Plano de Rigging, documento técnico que reúne informações referentes à carga, aos equipamentos de içamento, aos acessórios utilizados, às condições do solo, às influências ambientais e aos procedimentos operacionais necessários para a realização segura da atividade. O

Plano de Rigging possibilita avaliar a viabilidade da operação antes de sua execução, contribuindo para a redução dos riscos e para a tomada de decisões fundamentadas em critérios técnicos (Sertech, 2026; Siqueira, 2024).

O termo Rigging refere-se ao conjunto de técnicas, acessórios e procedimentos empregados no planejamento e execução de operações de movimentação e elevação de cargas. Sua elaboração exige conhecimentos multidisciplinares envolvendo resistência dos materiais, estática, mecânica, estabilidade de equipamentos, segurança do trabalho e normas técnicas específicas. Dessa forma, o Plano de Rigging não se limita apenas à escolha do equipamento, mas compreende também a análise detalhada das condições operacionais e dos fatores que podem influenciar a segurança da atividade (Ribeiro; Almeida; Silva, 2024).

No Brasil, as operações de movimentação e elevação de cargas são regulamentadas por diversas normas técnicas e regulamentadoras, que estabelecem requisitos mínimos de segurança e critérios para a utilização dos equipamentos e acessórios. Dentre elas destacam-se a NR-11, que trata do transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais, a NR-12, que estabelece requisitos de segurança para máquinas e equipamentos, além de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como a NBR 8400, referente ao cálculo de equipamentos para levantamento e movimentação de cargas, e a NBR 13129, relacionada à ação do vento em guindastes. Também são amplamente utilizadas normas internacionais, como as normas ASME B30, que estabelecem requisitos para guindastes móveis, lingas e acessórios de rigging (N. Rudenko, 1976; Ribeiro; Almeida; Silva, 2024).

Entre as diversas aplicações do Plano de Rigging, destaca-se o içamento de contêineres marítimos. Esses equipamentos são amplamente empregados no transporte e armazenamento de cargas e apresentam características geométricas e estruturais que exigem cuidados específicos durante a movimentação. Devido às suas grandes dimensões e ao elevado peso transportado, torna-se fundamental a correta seleção do equipamento de içamento, dos acessórios de conexão e dos dispositivos de controle, além da verificação das condições de estabilidade do sistema.

Com base nos conceitos apresentados, este trabalho desenvolve um Plano de Rigging aplicado ao içamento de um contêiner de 40 pés, contemplando o planejamento completo da operação. Para tanto, são abordadas as etapas de análise

da carga, seleção e dimensionamento do guindaste e dos acessórios de içamento, verificação da estabilidade do equipamento, cálculos de patolamento e da ação do vento, além da validação da configuração operacional adotada. Por fim, é apresentado o procedimento executivo da operação, descrevendo, de forma sequencial, as atividades de inspeção, isolamento da área, posicionamento e estabilização do guindaste, montagem dos acessórios, teste de suspensão, içamento, movimentação, posicionamento da carga, desmontagem do sistema e liberação da área, visando assegurar a execução da operação de acordo com os princípios de segurança, eficiência e conformidade normativa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um plano de rigging para a operação de içamento de um contêiner de 40 pés utilizando o guindaste telescópico XCMG XCT90BR, aplicando critérios técnicos de dimensionamento, segurança e estabilidade, em conformidade com as normas vigentes de movimentação e elevação de cargas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar os principais riscos envolvidos nas operações de içamento de cargas.
- b) Determinar o peso total da carga e dos acessórios utilizados no içamento.
- c) Realizar os cálculos de capacidade de carga, momento de carga, estabilidade e patolamento do guindaste.
- d) Dimensionar os acessórios de içamento, incluindo balancim, manilhas, twistlocks e cabos-guia.
- e) Verificar a influência das condições operacionais e ambientais, especialmente a ação do vento, na segurança da operação.
- f) Elaborar o procedimento executivo da operação de içamento, contemplando as etapas de preparação, execução e encerramento da atividade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 DA SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS GUINDASTE

A força humana e animal foi gradativamente substituída por sistemas mecânicos e hidráulicos, de modo que tanto a resistência quanto a capacidade de carga tornaram-se maiores e com isso a capacidade de mobilização e versatilidade são mais práticas (Lucas; Dias, 2021).

O guindaste é um dos principais equipamentos empregados nas operações de içamento e movimentação de cargas, devido à sua elevada capacidade de carga, mobilidade e versatilidade operacional. Sua utilização é amplamente difundida em atividades de montagem de estruturas, equipamentos industriais e outros componentes de grande porte. A escolha do modelo de guindaste deve considerar as características da carga, as condições do terreno, o raio de operação, a altura de içamento e as demais condições operacionais, garantindo que a operação seja executada com segurança, eficiência e em conformidade com os requisitos estabelecidos no Plano de Rigging (Ribeiro; Almeida; Silva, 2024).

Entre os modelos mais utilizados destacam-se os guindastes sobre:

- Caminhão (truck cranes), amplamente empregados em obras civis, montagens industriais e operações logísticas devido à elevada mobilidade (Liebherr, s.d);
- Os guindastes todo-terreno (all-terrain cranes), indicados para operações que exigem deslocamento em diferentes tipos de terreno e elevada capacidade de carga (Ribeiro; Almeida; Silva, 2024);
- Guindastes sobre esteiras (crawler cranes), recomendados para grandes obras de infraestrutura por apresentarem alta estabilidade e capacidade para movimentação de cargas de grande porte (Ribeiro; Almeida; Silva, 2024);
- Guindastes portuários, utilizados na movimentação de contêineres e cargas em terminais marítimos (Liebherr, s.d);
- guindastes de torre, empregados principalmente na construção de edificações de múltiplos pavimentos (Liebherr, s.d);
- Para operações especiais, como a instalação de plataformas offshore, componentes de usinas hidrelétricas e aerogeradores, são utilizados guindastes de grande capacidade, capazes de içar cargas superiores a 3.000 toneladas,

destacando-se equipamentos como o Liebherr LR 13000, atualmente um dos maiores guindastes sobre esteiras em operação no mundo (Liebherr, s.d);

- O Sarens SGC-250, conhecido como "Big Carl", considerado um dos guindastes terrestres de maior capacidade de levantamento, com capacidade nominal de aproximadamente 5.000 toneladas (Sarens, 2026).

Entre os equipamentos de içamento citados, destaca o XCT90BR rodas, muito usado em canteiro de obra de rápido mobilidade. Tendo um sistema de segurança incorpora limitador de carga, limitador de torque, sensores de comprimento e ângulo da lança, proteção contra sobre enrolamento e sobre desenrolamento do cabo de aço, válvulas de equilíbrio hidráulico e dispositivos de bloqueio, contribuindo para a execução das operações com elevado nível de confiabilidade operacional (XCMG, 2025).

Deve ser respeitada uma distância mínima de segurança entre o guindaste e as redes elétricas energizadas, conforme os critérios estabelecidos pelas normas técnicas e pelas concessionárias responsáveis pelo sistema de distribuição de energia elétrica. Além disso, as condições ambientais, especialmente a ação do vento, devem ser consideradas durante o planejamento da operação, uma vez que podem provocar a oscilação da carga, da lança ou dos cabos de aço, reduzindo a distância de segurança em relação à rede elétrica e aumentando o risco de acidentes. O vento também causa efeito que pode aplicar mais carga aos equipamentos e acessórios que estão sendo utilizados, assim, levando ao tombamento do equipamento de içamento (Sertech, 2026).

A distância mínima segura é de 2,5 metros para voltagem de até 6,6 KV, aumentando essa distância conforme a voltagem aumenta. Na figura 1 representa aproximação do guindaste a rede elétrica (Sertech, 2026).

Figura 1 – guindaste e rede elétrica, Sertech, 2026.



Fonte: (Sertech, 2026).

3.2 SEGURANÇA NO TRABALHO

Com a evolução das relações de trabalho e o aumento das exigências produtivas, a segurança dos trabalhadores passou a ganhar maior relevância. Nesse contexto, as Normas Regulamentadoras (NRs) estabelecem diretrizes obrigatórias para garantir condições adequadas de trabalho, definindo direitos e deveres de empregadores e empregados (Chibinki, 2011).

A segurança do trabalho pode ser definida como o conjunto de medidas adotadas com o objetivo de minimizar acidentes e doenças ocupacionais, assegurando a integridade física e a capacidade laboral dos trabalhadores. Dessa forma, sua aplicação deve ser contínua e abrangente, estando presente em todos os ambientes e situações (Peixoto, 2011).

3.3 NORMAS REGULAMENTADORAS (NR) E AS NORMAS TÉCNICAS (ABNT NBR)

No Brasil, existem dois sistemas normativos compostos por Normas Técnicas e Normas Regulamentadoras a construção e fabricação de equipamentos, acessórios e eslingas, assim como as Normas Regulamentadoras que regulamentam condições e ambiente de trabalho e capacitação profissional. Também temos leis que regem as Responsabilidades Cíveis e Criminais tanto para o empregado quanto para o empregador (Sertech, 2026).

Norma Técnica é o documento técnico que fixa padrões reguladores visando garantir a qualidade do produto, a racionalização, a uniformidade dos meios de expressão e a comunicação. No Brasil, o órgão responsável pela normatização é a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, fundada em 1940, sendo representante de entidades de normatização internacionais e regionais como a International Standardization for Organization - ISO e a Associação Mercosul de Normatização - AMN, entre outras (Sertech, 2026).

A ABNT cria as NBR 's (Normas Brasileiras) que padronizam atividades através de normas técnicas, tanto para a indústria, quanto para o comércio. O estudo técnico é desenvolvido pelos Comitês Técnicos (CT), por seus Subcomitês (SC) e por seus Grupos de Trabalho (GT) (Sertech, 2026).

As Normas Regulamentadoras, também conhecidas como NRs, regulamentam e fornecem orientações sobre procedimentos obrigatórios relacionados à segurança e medicina do trabalho no Brasil. As Normas Regulamentadoras são elaboradas e modificadas por uma comissão tripartite composta por representantes do governo, empregadores e empregados, e então, expedidas por meio de Portarias pelo Ministério do Trabalho (Sertech, 2026).

As NR, relativas à segurança e saúde ocupacional, são de observância obrigatória para qualquer empresa ou instituição que tem empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, incluindo empresas privadas e públicas, órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário (Sertech, 2026).

Além da Constituição Federal e das legislações trabalhistas previstas na CLT, a legislação básica que rege a Segurança do Trabalho está contida nas Normas Regulamentadoras (Peixoto, 2011).

Lei nº. 6514, de 22 de dezembro de 1977 foi esta lei que possibilitou a instauração das Normas Regulamentadoras, alterando o descrito no Decreto-Lei 5452, de 01 de maio de 1943, passando então a vigorar a redação de 1977 (Chibinski, 2011).

A Portaria nº 3.214/78 e suas alterações estabeleceram as Normas Regulamentadoras – NR que devem ser observadas por empregadores e empregados regidos pela CLT (Peixoto, 2011).

Considerando as informações apresentadas e as obrigações legais e técnicas atribuídas aos empregadores e empregados, no que se refere ao atendimento das normas nacionais e internacionais de segurança aplicáveis às atividades de movimentação e elevação de cargas, evidencia-se a importância da observância dos instrumentos normativos vigentes. Tais normas estabelecem parâmetros técnicos, requisitos de segurança e procedimentos operacionais essenciais para a realização segura das atividades. Dessa forma, apresentam-se a seguir as principais normas que fundamentam o desenvolvimento deste estudo e orientam a elaboração do plano de rigging proposto.

- NR-11 – TRANSPORTE, MOVIMENTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E MANUSEIO DE MATERIAIS

Estabelece os requisitos de segurança a serem observados nos locais de trabalho, no que se refere ao transporte, à movimentação, à armazenagem e ao manuseio de materiais, tanto de forma mecânica quanto manual, objetivando a prevenção de infortúnios laborais (Peixoto, 2011; Sertech, 2026).

➤ **NR-12 – MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

Estabelece as medidas preventivas de segurança e higiene do trabalho a serem adotadas pelas empresas em relação à instalação, operação e manutenção de máquinas e equipamentos, visando à prevenção de acidentes do trabalho. Rege os tipos e características dos equipamentos adequados para esta atividade (Peixoto, 2011).

- NBR 8400 Cálculo de equipamentos para levantamento e movimentação de cargas;
- NBR ISO 2408 Cabos de aço para uso geral – Requisitos;
- NBR ISO 4309 Guindastes – Cabos de aço – Cuidados, manutenção, inspeção e descarte;
- NBR 13541 Movimentação de carga – Laço de cabo de aço – Especificação;
- NBR 13545 Movimentação de carga – Manilhas;
- NBR 13129 Cálculo da carga de vento em guindastes;
- NBR 11436 Sinalização manual para movimentação de carga por meio de equipamentos mecânicos;
- ASME B30.5 Mobile and Locomotive Cranes;
- ASME B30.9 Slings;
- ASME B30.26 Rigging Hardware.

4 METODOLOGIA

O caminhão guindaste XCMG XCT90BR foi selecionado para a operação de içamento e movimentação do contêiner por apresentar características técnicas compatíveis com as exigências da atividade proposta. Com capacidade nominal máxima de 90 toneladas, o equipamento possui ampla margem de segurança para a movimentação da carga prevista, permitindo que a operação seja realizada dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante. (XCMG, 2025).

Entre suas principais características de desempenho destacam-se a lança telescópica de cinco seções, com comprimento variável de 13 m a 51 m, podendo

alcançar até 77,5 m quando equipada com jib, o que proporciona elevada flexibilidade operacional para diferentes posições de içamento. O equipamento também possui rotação contínua de 360°, velocidade máxima de elevação de 140 m/min no guincho principal e estabilizadores hidráulicos com abertura longitudinal de 6,525 m e transversal de até 7,9 m, garantindo elevada estabilidade durante a operação (XCMG, 2025).

Para operações realizadas em galpões logísticos a céu aberto, o XCT90BR apresenta elevada mobilidade, configuração de tração 8×8×4, velocidade de deslocamento de até 80 km/h e capacidade para operar em diferentes condições de terreno, desde que sejam observados os requisitos de nivelamento, patolamento e capacidade de suporte do solo. Além disso, o fabricante estabelece que as operações sejam executadas com velocidade do vento compatível com os limites operacionais especificados, assegurando a estabilidade do equipamento durante o içamento.

Dessa forma, considerando a capacidade de carga, o alcance operacional, os sistemas de segurança, a estabilidade proporcionada pelos estabilizadores e a mobilidade do equipamento, conclui-se que o caminhão guindaste XCMG XCT90BR atende aos requisitos técnicos necessários para o levantamento, movimentação e posicionamento do contêiner no galpão logístico a céu aberto, garantindo que a operação seja executada com segurança, eficiência e em conformidade com os critérios estabelecidos no Plano de Rigging (XCMG, 2025). Apresenta características:

- Içamentos com grandes alcances e alturas;
- Içamentos com cargas menores ou igual a 90 tonelada;
- Subir ou descer carga com moitão;
- Subir ou descer lança com carga;
- Girar lança com carga em ângulo de 360° horizontalmente;
- Estender e recolher lança sem carga;
- Operar em terrenos acidentados;
- Trafegar 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.

Abaixo na figura 2 temos o guindaste selecionado para o levantamento do contêiner.

Figura 2 – Caminhão guindaste XCT90BR, XCMG, 2025.



Fonte: XCMG (2025).

Contem em seu aparelho giratório, um equipamento GVW 18t, possui 11 combinações de contrapeso para diferentes configurações de desempenho (XCMG, 2025).

Sua lança principal contém 5 seções de lança, onde, lançada chega a um comprimento de 13m há 51m. Estrutura soldada em barril com seção em "U". Mecanismo telescópico de dois cilindros com fileira de cabos (XCMG, 2025).

Na capacidade de elevação do suporte telescópico da lança principal é limitada e não é recomendado utilizar em seu limite e nem exceder a capacidade de elevação listada na tabela de desempenho de elevação. Em todos os casos, a lança telescópica deve ser estendida de acordo com a carga do mesmo e o comprimento da lança desejada (XCMG, 2025).

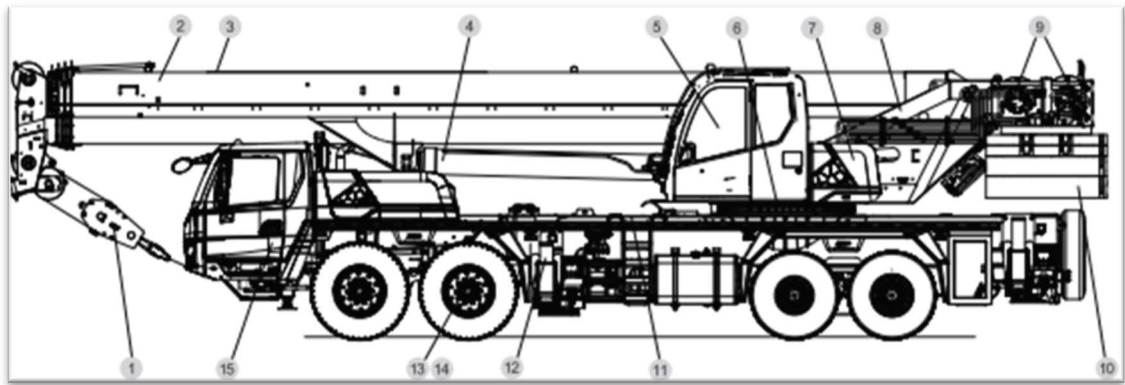
O Jib, estrutura de treliça, lança auxiliar com variação de ângulo da placa de tração, com três ângulos de montagem dos jibs fixos de 0°, 15° e 30°, armazenados ao lado da lança principal. Onde o comprimento chega a 10,5 m. Contendo também uma lança auxiliar e extensão, chegando a uma altura de 77 m (XCMG, 2025).

Possuindo um gancho com capacidade de 70t, para a lança principal, e um gancho de 7t. para o Jib (XCMG, 2025).

O veículo é usado principalmente para operações de elevação e projetos de instalação em várias condições de estradas e ambientes de campo, especialmente para projetos de grande escala, como portos, docas, pontes e outros ambientes operacionais complexos (XCMG, 2025).

Na figura 3, seguido da tabela 1 detalha o veículo, seus acessórios e principais componentes de içamento.

Figura 3 - Componentes principais do caminhão guindaste XCT90BR, XCMG, 2025.



Fonte: XCMG (2025).

Tabela 1 - Componentes do caminhão guindaste XCT90BR, XCMG, 2025.

Número de série	Nome	Número de série	Nome	Número de série	Nome
1	Gancho	6	Rolamento de giro e mecanismo de rotação	11	Quadro
2	Lança principal do guindaste	7	Capota	12	Estabilizador
3	Lança auxiliar	8	Plataforma giratória	13	Pneu
4	Cilindro de amplitude	9	Mecanismo de elevação	14	Eixo
5	Cabine de operação	10	Contrapeso	15	Cabine

Fonte: XCMG (2025).

O operador deve conhecer cada componente do veículo, contribui assim, para a execução da atividade de içamento.

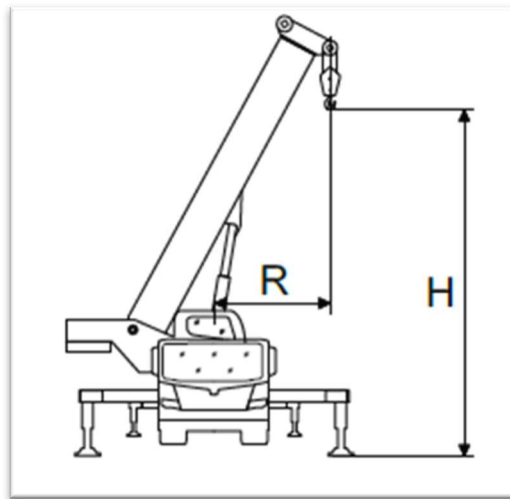
O Peso de elevação nominal, assim, como, a equação 1 é o peso de elevação líquido máximo que o guindaste foi projetado para levantar. Ou seja, peso nominal de

elevação “Q” dos guindastes móveis inclui a massa de objetos pesados, ganchos e acessório de amarração (XCMG, 2025).

$$Q = \text{massa} + \text{acessórios} \quad (1)$$

Na figura 4, tem-se uma representação da faixa de trabalho R que é a distância horizontal entre o centro de giro do guindaste e o centro vertical da carga de elevação. E altura de elevação H sendo a distância vertical entre a superfície de apoio do guindaste e a superfície inferior do gancho. A altura máxima de elevação é o valor máximo da altura de elevação que pode ser alcançado.

Figura 4 - Altura de elevação e faixa de trabalho, XCMG, 2025.



Fonte: XCMG (2025).

Para cada distância da área de trabalho e altura de elevação tem-se um peso específico de elevação. Que deve ser consultada na tabela de desempenho em sua capacidade de elevação do caminhão guindaste topo de terreno XCT 90 BR.

Quanto maior a distância da área de trabalho para uma altura de elevação, menor o peso de elevação no içamento.

Quanto menor a distância da área de trabalho para uma altura de elevação, maior é o peso de elevação no içamento.

O torque de elevação M, na equação 2 é determinado pelo produto da faixa de trabalho “R” do guindaste e a carga G correspondente, ou seja.

$$M = R \times G \quad (2)$$

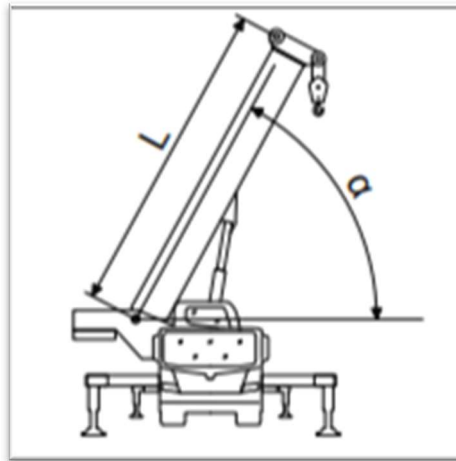
A carga “G” é determinada pela equação pela equação 3.

$$G = Q \times g \quad (3)$$

Onde, g é aceleração gravitacional.

Na figura 5, tem-se a configuração de desempenho do guindaste seguindo a tabela fornecido pelo fabricante, comprimento da lança com o ângulo de elevação.

Figura 5 - Comprimento da lança principal e ângulo de elevação, XCMG, 2025.



Fonte: XCMG (2025).

O comprimento da lança principal L, é a distância do ponto de articulação traseiro da lança principal até o centro da polia da cabeça da lança principal. Ângulo de elevação da lança principal α , é o ângulo entre a linha central da lança principal e o plano horizontal (XCMG, 2025).

5 ANÁLISE DO PLANO DE RIGGING

Para a elaboração do plano de rigging, foi elaborado um planejamento em Excel 2016. Garantindo a execução segura do içamento de um contêiner de 40 pés, utilizando guindaste telescópico sobre caminhão, contemplando a análise da carga, dos acessórios, da estabilidade do equipamento e das condições operacionais. A Tabela 2 apresenta os dados de identificação da operação de içamento considerada neste estudo.

Tabela 2 - Identificação da Operação.

Identificação da Operação Projeto:	
Içamento de Contêiner de 40 pés	
Local:	Galpão Logístico – Teresina/PI

Data:	14 de maio de 2026
Responsável Técnico:	Thaylã Wylkson Viana de Sousa Lira – Engenheiro Mecânico

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O contêiner de 40 pés escolhido na operação estudada é uma das principais formas de se armazenar e transportar cargas. A Figura 6 apresenta o contêiner marítimo de 40 pés utilizado na operação de içamento analisada neste trabalho.

Figura 6 - Contêiner de 40 pés, Guia marítimo, 2026.



Fonte: Guia Marítimo (2026).

Abaixo na tabela 3 especifica o guindaste e da configuração de desempenho segundo a tabela no planejamento segura para içar o contêiner.

Tabela 3 - Equipamento de içamento e sua configuração de desempenho.

Guindaste	
Item	Especificação
Fabricante	XCMG
Modelo	XCT 90 BR
Capacidade nominal	90 t
Comprimento da lança	24,8 m
Raio de operação	8,0 m

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O equipamento foi selecionado considerando o peso total da carga e os acessórios envolvidos na operação, mantendo margem adequada de segurança operacional.

O moitão é um conjunto mecânico composto por polias e estrutura metálica, destinado à multiplicação da vantagem mecânica do sistema de içamento. Na operação estudada foi utilizado um moitão com capacidade nominal de 70 toneladas, equipado com quatro polias e oito passadas de cabo de aço.

Os requisitos de projeto, inspeção e utilização do moitão são abordados pela (ABNT NBR 8400, 1984; ABNT NBR 10015, 2014), que estabelece critérios para ensaios de carga em moitões destinados à movimentação de cargas. A tabela 4 mostra a configuração do moitão do guindaste.

Tabela 4 - Configuração do Moitão.

Item	Valor
Tipo	Moitão
Capacidade	70 tf
Número de polias	4
Número de passadas	8
Peso próprio	0,47 t

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O cabo de aço é o principal elemento responsável pela transmissão dos esforços entre o guincho do equipamento e a carga suspensa. Para operações de içamento são normalmente utilizados cabos do tipo 6x36 IWRC, devido à sua elevada flexibilidade e resistência mecânica. A seleção do cabo deve considerar a carga de trabalho, o fator de segurança, o diâmetro das polias e as condições operacionais.

As especificações técnicas dos cabos de aço são estabelecidas pela ABNT NBR ISO 2408, enquanto os critérios de determinação da carga de ruptura são definidos pela ABNT NBR ISO 3108. Já os procedimentos de inspeção, manutenção e descarte são regulamentados pela ABNT NBR ISO 4309.

Na determinação das características da Carga. Na tabela 5 abaixo, segue as características do mesmo.

Tabela 5 - Contêiner Marítimo de 40 pés.

Característica	Valor
Comprimento	12,032 m
Largura	2,350 m
Altura	2,392 m
Peso em vazio	3.720 kg
Peso máximo da carga (PMC)	28.750 kg
Quantidade de pontos de içamento	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Na equação 4 é determinação do centro de gravidade (CG), a equação geral (R. C. Hibbeler, 2006).

$$\bar{x} = \frac{\sum \tilde{x}A}{\sum A} \quad \bar{y} = \frac{\sum \tilde{y}A}{\sum A} \quad \bar{z} = \frac{\sum \tilde{z}A}{\sum A} \quad (4)$$

Onde,

$\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ representam o centro de gravidade;

$\tilde{x}$, $\tilde{y}$, $\tilde{z}$ representam o centro de gravidade de cada parte constituinte do corpo;

$\sum A$ é a soma de todas as áreas constituinte no corpo.

Por se tratar de um corpo homogêneo e de geometria regular, o centro de gravidade do contêiner foi determinado considerando suas dimensões geométricas, admitindo distribuição uniforme de massa.

$$\bar{y} = \frac{2,350}{2} \quad (5)$$

$$\bar{x} = \frac{12,032}{2} \quad (6)$$

$$\bar{z} = \frac{2,392}{2} \quad (7)$$

Assim, o resultado de cada coordenada do centro de gravidade fica conforme a tabela 6.

Tabela 6 - Coordenadas do centro de gravidade.

Coordenada	Valor
CG transversal ($\bar{y}$)	1,175 m
CG longitudinal ($\bar{x}$)	6,016 m
CG vertical ($\bar{z}$)	1,196 m

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O centro de gravidade encontra-se aproximadamente no centro geométrico da carga, favorecendo a distribuição uniforme dos esforços entre os pontos de içamento.

Nessa etapa, o primeiro acessório é o balancim.

O balancim é um acessório utilizado para distribuir uniformemente os esforços de içamento entre os pontos de pega da carga, reduzindo tensões localizadas e minimizando deformações estruturais. No presente estudo foi utilizado um balancim específico para movimentação de contêiners, com capacidade nominal de 35 toneladas, compatível com a carga suspensa considerada no plano de rigging. Sua utilização permite manter os pontos de içamento alinhados, reduzindo os ângulos de trabalho dos acessórios e aumentando a estabilidade da carga durante a movimentação.

O dimensionamento e a utilização do balancim devem atender aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 8400, que trata do cálculo de equipamentos para levantamento e movimentação de cargas, bem como pelas diretrizes de segurança previstas na NR-11. Assim, na tabela 7, os dados técnicos do equipamento.

Tabela 7 - Balancim para contêiner.

Item	Valor
Fabricante	SAUR
Capacidade	35 a 45 t
Peso próprio	4.050 kg

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O balancim foi selecionado por proporcionar distribuição uniforme das cargas nos quatro cantos estruturais do contêiner. Abaixo, segue a figura 7 do balancim escolhido.

Figura 7 – Balancim, Direct Industry Connect, 2026.



Fonte: Direct Industry Connect (2026).

O segundo acessório analisado corresponde aos Twistlocks, dispositivos mecânicos responsáveis pela conexão entre o balancim e os corners castings do contêiner, garantindo o travamento seguro durante a operação de içamento.

Tabela 8 - Twistlocks.

Item	Valor
Quantidade	4
SWL	25,5 t cada
Peso próprio	4,8 kg

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, (2026).

dispositivos de pega. No presente plano de rigging foram especificadas manilhas tipo lira de alta resistência, com capacidade de trabalho de 17 toneladas. Esse modelo foi escolhido por apresentar melhor distribuição dos esforços e maior versatilidade para aplicações em múltiplos ângulos de carga. Na tabela 9 mostra as especificações técnica do equipamento.

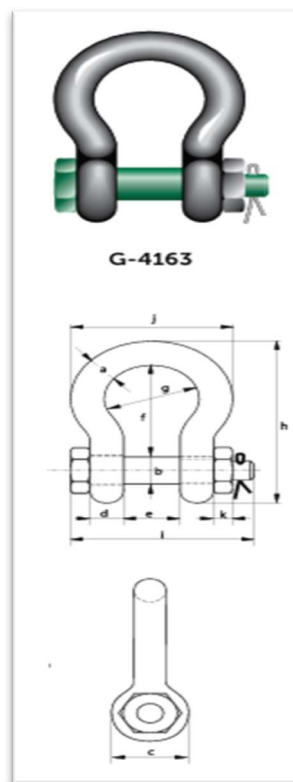
Tabela 9 - Manilhas.

Tipo	Manilha Curva BN
Fabricante	Green Pin®
Grau	Grau 6
WLL	17 t
Quantidade	4
Peso próprio	8,19 kg

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, (2026).

Os requisitos dimensionais, mecânicos e de segurança para utilização das manilhas são definidos pela ABNT NBR 13545 – Movimentação de carga – Manilhas. Na figura 10 mostra as dimensões do equipamento.

Figura 10 - Manilhas, Manilhas Green Pin®, 2026.



Fonte: Manilhas Green Pin® (2026).

As quatro manilhas tipo lira foram instaladas nos pontos de suspensão localizados nos cantos do balancim, promovendo a conexão entre a estrutura do balancim e os twistlocks acoplados aos corners castings superiores do contêiner. Essa configuração possibilita a transmissão segura dos esforços de içamento e acomoda pequenas variações angulares durante a movimentação da carga.

O quarto acessório é o Cabos Guia. São utilizados para controlar a orientação da carga durante o içamento, minimizando oscilações, rotações e deslocamentos provocados pelo vento ou pela movimentação do equipamento. No plano de rigging desenvolvido foram utilizados dois cabos guia posicionados em extremidades opostas do contêiner, permitindo maior controle da carga durante toda a operação.

A utilização dos cabos guia está associada às boas práticas de movimentação de cargas previstas na NR-11, além das recomendações operacionais estabelecidas pelas normas ASME B30.5 e ASME P30.1. A Tabela 10 apresenta as características técnicas dos cabos-guia utilizados na operação.

Tabela 10 - Cabos Guia.

Quantidade	2
Comprimento	28 m
Diâmetro	12 mm
Peso próprio	2,8 kg

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, (2026).

Os cabos guias representados na figura 11 abaixo, serão posicionados em extremidades opostas acoplados aos dois conectores na mesma posição nos corners castings inferiores do contêiner para controle da rotação e balanço da carga.

Figura 11 - Cabos Guias, Gama 4x4, 2026.



Fonte: Gama 4x4 (2026).

Na figura 12, mostra o local de instalação na parte inferior do contêiner dos cabos guia e acessório de conexão.

Figura 12 - Instalação dos cabos guias e acessório de conexão, Guia Marítimo, 2026.



Fonte: Guia Marítimo (2026).

Seguindo para a próxima etapa, será determinado a carga total de trabalho suspenso, ou seja, do contêiner e seus acessórios de amarração no içamento descritos na tabela 11 abaixo.

Tabela 11 - Composição da carga suspensa.

Item	Peso (kg)
Moitão	470
Contêiner carregado	28.750
Um Balancim	4.050
Quatro Twistlocks	19,200
Quatro Manilhas	32,760
Dois Cabos guias e acessórios	13,600
Total	33.335,56 kg

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, (2026).

A Carga do contêiner carregado:

$Q = 28.750$ kg para tonelada, $Q = 28,750$ t.

Para a distribuição da carga na equação 8 nos pontos de içamento. Onde n é o número de pontos e Q já determinado como carga considerada, a formula da carga distribuída é:

$$carga\ distribuida = \frac{Q}{n} \quad (8)$$

Sendo:

$$n = 4$$

Substituindo os dados na formula 8. Carga distribuída em cada ponto fica.

$$carga\ distribuida = \frac{28.750}{4} = 7,19\ tf$$

Resultando em uma distribuição da carga em cada ponto de içamento em 7,19 tf. Cada conjunto twistlock/manilha trabalha dentro de sua capacidade nominal.

Nessa etapa do processo, será a verificação da Configuração do Guindaste seguindo a tabela de desempenho do fabricante apresentados na tabela 12 dados operacionais.

Tabela 12 - Dados operacionais de desempenho do guindaste.

Item	Valor
Raio de operação	8,0 m
Comprimento da lança	24,8 m
Carga considerada	36 t
Momento de carga	288 t.m
Capacidade do guindaste	90 t

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, (2026).

Na utilização da capacidade (U) na configuração de desempenho escolhido. É dividido a capacidade do guindaste pela carga considerada da tabela acima, assim, a utilização da capacidade:

$$U = 40\%$$

Sua capacidade segura (C_s), foi adotado, uma utilização de 95 % da capacidade total do guindaste, sendo:

$$C_s = 85,50\ t$$

Para a margem de segurança (MS), primeiro a utilização pela configuração adotada, pela divisão da carga considerada pela carga de trabalho, resultando na utilização de 91,29 %. Em seguida, carga de trabalho é dividido pela utilização, então:

$$MS = 3,13\ t$$

A configuração encontra-se aprovada para execução da operação.

Seguindo para a análise de estabilidade do guindaste foi realizada considerando a configuração operacional prevista para o içamento do contêiner de 40 pés. Os parâmetros utilizados foram obtidos a partir das características do equipamento e da carga movimentada. Abaixo na tabela 13, segue os dados fornecidos pela tabela de desempenho do guindaste e utilizados na análise de estabilidade.

Tabela 13 - Dados utilizados na análise de estabilidade.

Dados	valor
Capacidade bruta da tabela de carga (Cbr)	36 t
Raio de operação (RO)	8,0 m
Peso próprio do guindaste (PG)	47,305 t
Contrapeso adicional (CA)	18,0 t
Número de estabilizadores (Ns)	4

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, (2026).

Inicialmente, foi calculada a hipotenusa resultante (Hr), correspondente à distância entre o centro geométrico formado pelos estabilizadores do equipamento.

Para a base de estabilização aberto do guindaste:

- Distância longitudinal (a): 6,525 m
- Distância transversal (b): 7,90 m

Aplicando o Teorema de Pitágoras, a formula da hipotenusa resultante (Hr).

$$Hr = \sqrt{\left[\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2\right]} \quad (9)$$

$$Hr = 5,12 \text{ m}$$

A carga máxima transmitida a uma sapata (Cms) foi determinada pela equação.

$$Cms = \left(\frac{Cbr \times RO}{Hr}\right) + \left(\frac{PG + CA}{Ns}\right) \quad (10)$$

$$Cms = 72,58 \text{ tf}$$

Portanto, a carga máxima estimada em uma sapata corresponde a aproximadamente 72,58 tf.

A verificação da pressão transmitida ao solo foi realizada com o objetivo de garantir que a capacidade de suporte do terreno fosse superior às solicitações geradas pelos estabilizadores do guindaste.

Calculando área da sapata, onde é dada pela equação 11. Onde A e B são respectivamente 0,45 m:

$$A_{sapata} = A \times B \quad (11)$$

$$A = 0,2025 \, m^2$$

Considerando a pressão atuante no estabilizador fornecido pelo fabricante:

$$P_{estabilizador} = 838,7550 \, kN$$

A pressão transmitida diretamente ao solo é obtida pela equação 12:

$$P_{solo} = \frac{P_{estabilizador}}{A_{sapata}} \quad (12)$$

$$Pressão = 434,57 \, kN/m^2$$

Como esse valor excede a capacidade admissível do terreno, torna-se necessária a utilização de pranchões de distribuição de carga. Abaixo na tabela 14 o tipo de solo adotado.

Tabela 14 - Solo.

Item	Valor
Tipo de solo	Asfalto
Capacidade admissível (σ_{adm})	20 t/m ²

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, (2026).

Considerando a capacidade admissível do solo da tabela acima. A área mínima necessária para o patolamento é calculada conforme a equação 13. Onde P é a capacidade segura do guindaste, utilizando 95% da capacidade total do equipamento de içamento, assim, a capacidade fica em 85,5 tf.

$$\text{Área necessária} = \frac{P}{\sigma_{adm}} \quad (13)$$

$$\text{Área necessária} = 4,40 \, m^2$$

Para um pranchão quadrado adequado L na equação 14, fica:

$$L = \sqrt{\text{Área necessária}} \quad (14)$$

$$L = \sqrt{4,40}$$

$$L = 2,10 \text{ m}$$

Assim, recomenda-se a utilização de pranchões com dimensões mínimas de 2,10 m × 2,10 m, permitindo que a pressão transmitida ao solo permaneça dentro dos limites admissíveis. Como mostra na figura 13, mostra ilustra um pranchão de 2,2x2 metros por conjunto que será usado na patola.

Figura 13 – Pranchões de patolamento.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, (2026).

O vento é um risco constante durante operações de içamento, pois seu efeito pode aplicar mais carga aos equipamentos e acessórios que estão sendo utilizados. Por isto, é sempre aconselhável o monitoramento de ventos ao redor do local onde está acontecendo a operação, para que qualquer anomalia possa ser detectada o quanto antes e a operação seja interrompida com segurança (Sertech, 2026).

Além do vento, outros fatores climáticos interferem na atividade de movimentação de cargas. Vários fatores podem interferir na visibilidade e na comunicação entre o Sinaleiro e o Operador (Sertech, 2026).

- Chuva;
- Sol em excesso;
- Poeira;
- Neblina;

Quando um desses fatores for identificado, os responsáveis pela operação devem ser consultados e se for considerado possíveis interferências na atividade, a operação deve ser interrompida até que a situação esteja normalizada (Sertech, 2026).

A ação do vento constitui um dos fatores mais importantes para a segurança das operações de içamento, principalmente quando se trata de cargas com grandes áreas expostas, como containers.

Para o contêiner de 40 pés foram consideradas as seguintes dimensões:

- Comprimento: 12,032 m
- Altura: 2,392 m

Utilizando a equação 11, obtém Área projetada lateral:

$$A = 12,032 \times 2,392$$

$$A = 28,78 \text{ m}^2$$

De acordo com a (ABNT NBR 13129, 1994), a força do vento pode ser estimada por:

$$F_v = 0,613 \times V^2 \times A \times C_d \quad (15)$$

Onde:

- F_v = força do vento (N)
- V = velocidade do vento (m/s)
- A = área exposta ao vento (m²)
- C_d = coeficiente de arrasto

Para um container retangular:

- $C_d = 1,2$

Considerando uma velocidade de vento de 10 m/s (36 km/h):

$$F_v = 0,613 \times 10^2 \times 28,78 \times 1,2$$

$$F_v = 2.117 \text{ N}$$

$$F_v = 2,12 \text{ kN}$$

A pressão específica admissível do solo durante a operação não deve ser inferior à pressão máxima transmitida pelos estabilizadores.

Caso a velocidade do vento aumente para 20 m/s (72 km/h):

$$Fv = 0,613 \times 20^2 \times 28,78 \times 1,2$$

$$Fv = 8.469 \text{ N}$$

$$Fv = 8,47 \text{ kN}$$

Verifica-se que a força do vento aumenta proporcionalmente ao quadrado da velocidade, tornando indispensável o monitoramento constante das condições climáticas durante a execução do içamento. Em operações com containers e cargas de grande área projetada, recomenda-se interromper a atividade sempre que os limites operacionais estabelecidos pelo fabricante do equipamento forem atingidos.

Antes da operação de elevação, o operador deve fazer uma avaliação abrangente do ambiente operacional, solo e instalações de apoio. O solo para estacionamento deve ser sólido e não deve ceder durante a operação, se necessário, devem ser tomadas medidas para atender aos requisitos de apoio, à pressão específica permitida do solo durante a operação não deve ser inferior à pressão específica máxima de aterramento de qualquer estabilizador, e a capacidade de carga da superfície do solo (estrada) durante a condução não deve ser inferior à pressão específica de aterramento e carga por eixo do guindaste (XCMG, 2025).

6 RESULTADO DA ANÁLISE

A Tabela 15 apresenta a consolidação dos resultados referentes à análise da carga, à seleção dos acessórios de içamento, à configuração do guindaste e aos cálculos de patolamento e da ação do vento, que subsidiam a elaboração do Plano de Rigging e a execução segura da operação.

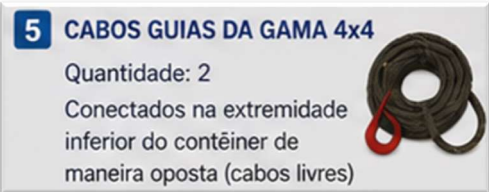
Tabela 15 – Resultados operacionais.

Item	Valor
Carga distribuída	7,19 tf
Raio de operação	8,0 m
Comprimento da lança	24,8 m
Carga considerada	36 t
Momento de carga	288 t.m
Capacidade do guindaste	90 t
Carga máxima transmitida na sapata	72,58 tf
Área necessária de patolamento	4,4 m ²
Pranchão	2,1 m
velocidade de vento de 10 m/s (36 km/h)	2,12 kN

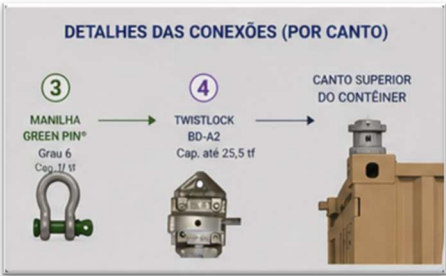
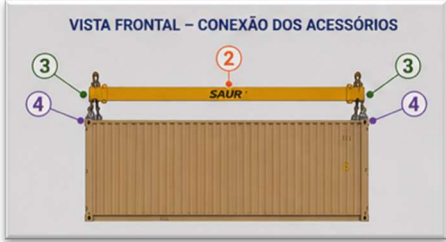
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, (2026).

O procedimento executivo do içamento descrito na tabela 16 consiste na execução das seguintes etapas, visando garantir a segurança dos trabalhadores, a integridade dos equipamentos e a estabilidade da carga durante toda a movimentação.

Tabela 16 – Procedimento executivo.

Número da série:	Nome:	Ilustração	Detalhamento:
1	Análise da carga, estabilidade e seleção dos acessórios		Realizar a análise da carga, dos acessórios de içamento, da estabilidade do equipamento e das condições operacionais do local.
2	Inspeção visual	 	Executar inspeção visual do guindaste, verificando as condições da lança, moitão, cabo de aço, estabilizadores, sistemas hidráulicos e dispositivos de segurança.
3	Inspeção pré-operacional	 	Inspeccionar os acessórios de içamento, verificando sua identificação, capacidade de carga e condições gerais de utilização.

		6 CONECTORES PARA CABO GUIA Quantidade: 2 Conectam o cabo guia ao contêiner 	
4	Isolamento e Preparação da Área		Isolar completamente a área de operação por meio de sinalização e barreiras físicas adequadas.
5	Posicionament o do Guindaste		Posicionar o guindaste em terreno nivelado e compatível com as cargas transmitidas pelos estabilizadores.
6	Instalar Prachões de Patolamento		Instalar os prachões de patolamento de acordo com as dimensões definidas na análise de estabilidade.

7	Abertura dos Estabilizadores		Abrir totalmente os estabilizadores e apoiar corretamente as sapatas sobre os pranchões.
8	Nivelamento		Conferir o nivelamento do equipamento utilizando os instrumentos de controle disponíveis na cabine.
9	Conectar o Balancim		Conectar o balancim ao gancho do moitão e realizar a montagem dos acessórios de amarração.
10	Instalar as Manilhas		Instalar as manilhas e os twistlocks nos pontos de içamento previstos para a operação.
11	Posicionament o dos Cabos-guia		Posicionar os cabos-guia em extremidades opostas da carga, permitindo o controle de oscilações e rotações durante a movimentação.

12	Teste de Suspensão		Realizar teste de carga suspensa a baixa altura, elevando o contêiner aproximadamente entre 20 cm e 30 cm do solo para verificação da estabilidade do sistema.
13	Executar Içamento		Executar o içamento principal de forma lenta, contínua e sem movimentos bruscos.
14	Movimentação da carga		Movimentar a carga até a posição final previamente definida no planejamento da operação.
15	Assentamento da Carga		Assentar a carga de forma controlada, verificando as condições da base de apoio antes do descarregamento completo.
16	Desmontagem dos Acessórios		Remover os acessórios de içamento somente após a confirmação da estabilidade da carga apoiada.
17	Desmontagem do Sistema de Içamento do Guindaste		Realizar a desmontagem do sistema de içamento, recolher os estabilizadores e remover os

			pranchões de patolamento.
18	Inspeção Final e Liberação		Efetuar inspeção final dos equipamentos e liberar a área para retorno às atividades normais.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, (2026).

7 CONCLUSÃO

A análise da carga, dos acessórios, da configuração do guindaste e das condições de estabilidade demonstra que a operação é tecnicamente viável e segura. O guindaste XCMG XCT90BR opera dentro dos limites de capacidade, o balancim para container possui capacidade compatível com a carga suspensa e os acessórios de içamento apresentam capacidade superior aos esforços solicitantes. A utilização de quatro pontos de pega, associada ao controle por cabos-guia e ao correto patolamento do equipamento, proporciona condições adequadas para a execução segura da operação de içamento do contêiner de 40 pés.

Com base nos resultados obtidos, verifica-se que a operação de içamento encontra-se devidamente dimensionada e em conformidade com as normas técnicas e regulamentadoras aplicáveis à movimentação e elevação de cargas. A adoção das medidas de segurança, dos critérios de inspeção e dos procedimentos operacionais descritos neste estudo contribui para a mitigação dos riscos operacionais.

A operação apresenta viabilidade técnica e condições adequadas para sua execução, desde que todas as etapas descritas neste procedimento sejam rigorosamente observadas. O plano de rigging desenvolvido contempla os requisitos necessários para o planejamento, controle e gerenciamento dos riscos envolvidos, assegurando a compatibilidade entre a capacidade dos equipamentos, os esforços atuantes e as condições do local de operação, contribuindo para a realização segura e eficiente da atividade de içamento.

Além dos resultados obtidos para a operação estudada, o presente trabalho evidencia a importância do plano de rigging como ferramenta de engenharia aplicada à movimentação de cargas, podendo servir como referência para futuras análises de içamento envolvendo contêineres e equipamentos de características semelhantes.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NR 11. **Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais**. 2016.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NR 12. **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. 2022.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 8400. **Cálculo de equipamento para movimentação de cargas**. 1984.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10015. **Construção naval - Moitão e cadernal para movimentação de carga em embarcações - Ensaio de carga**. 2014.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 2408. **Cabos de aço - Requisitos**. 2019.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 4309. **Guindastes - Cabo de aço - Critérios de inspeção e descarte**. 1998.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 11436-3. **Sinalização manual para movimentação de carga por meio de equipamento mecânico de elevação**. 1988.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR - 13541-2. **Linga de cabo de aço**. 2012.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 13545. **Movimentação de cargas – Manilhas**. 1999.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 13129. **Cálculo da carga do vento em guindaste**. 2012.
- BAND.COM.BR. **Cabo de guindaste se rompe e mata trabalhador no Porto de Santos (SP)**. 2025. Disponível em: <https://www.band.com.br/noticias/brasil-urgente/ultimas/cabo-de-guindaste-se-rompe-e-mata-trabalhador-no-porto-de-santos-sp-202509301901>. Acesso em: 8 fev. 2026.
- CHIBINSKI, Murilo. **Introdução à Segurança do Trabalho**. Curitiba. 2011. Disponível em: https://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/735/3a_Disciplina_-_Introducao_a_Seguranca_do_Trabalho.pdf?sequence=1. Acesso em: 3 abr. 2026.
- CORINTHIANS. **Estudo descarta solo como causa da queda de guindaste na Arena Corinthians**. 2014. Disponível em: <https://www.corinthians.com.br/noticias/estudo-descarta-solo-como-causa-da-queda-de-guindaste-na-arena-corinthians>. Acesso em: 19 fev. 2026.

DIRECT INDUSTRY CONNECT. **Balancim para contêineres.** s.d. Disponível em: <https://www.directindustry.com/pt/prod/saur/product-239378-2404694.html>. Acesso em: 31 maio. 2026.

GAMA 4X4. **Corda Sintética 12mm 28m p/ Guincho 12.000lbs Proteção UV Verde + Gancho.** s.d. Disponível em: <https://www.gama4x4.com.br/corda-sintetica-28-metros-para-guincho-12-mm-par-guincho-ate-12-000-libras-certificada-e-com-protec-o-uv-cor-verde.html?srsId=AfmBOooCSQRfu-RJ3GswTzlgFZsuDoYVYxgaQ7nh-wATeVI-x4VhEPIg>. Acesso em: 31 maio. 2026.

GUIAMARITIMO. **Tipos de Containers.** s.d. Disponível em: <https://www.guiamaritimo.com.br/utilidades/tipos-containers>. Acesso em: 27 maio. 2026.

JONATHAN GLANCEY. **História da Arquitetura.** Em: São Paulo. s.d. p. 01–28. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=tZGDyi6EPPoC&oi=fnd&pg=PA7&ots=HUEePeqCB_&sig=ZBZwQdBkJn8sHhR2S_N5gpYMVHE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 24 maio. 2026.

LIEBHERR. **Guindastes Móveis, sobre esteiras, torre e portuários.** s.d. Disponível em: https://www.liebherr.com/pt-br/guindastes-moveis-sobre-esteiras-e-pneus/guindastes-sobre-esteiras/guindastes-sobre-esteiras-lr/lr_3-4048325. Acesso em: 12 jul. 2026.

LUCAS, Pedro; DIAS, Bezerra. **Análise de Conformidade Normativa:** estudo de caso em operação de içamento de carga. Mossoró. 2021.

MANILHAS GREEN PIN®. **Manilhas Aplicações.** s.d. Disponível em: https://www.greenpin.com/sites/default/files/2021-12/Cap%C3%ADulo%201_Manilhas_0.pdf. Acesso em: 31 maio. 2026.

N. RUDENKO. **Maquinas de Elevaçao e Transporte.** Rio de Janeiro. 1976.

PEIXOTO, Neverton Hofstadler. **Segurança do Trabalho.** Santa Maria. 2011.

R. C. HIBBELER. **Estática:** Mecânica para Engenharia. 10. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

RIBEIRO, Diogo; ALMEIDA, D. E.; SILVA, E. **Elaboração e Aplicação de Planos de Rigging para Içamento de Equipamentos Industriais.** Ilha Solteira - SP. 2024.

SERTECH. **Apostilha de apoio Curso básico NR11 Segurança em Movimentação de Cargas.** Curitiba. 2026.

SINDIPETRO PARANÁ E SANTA CATARINA. **Acidente fatal na Replan expõe falhas de segurança no Sistema Petrobrás.** 2025. Disponível em: <https://sindipetroprsc.org.br/acidente-fatal-na-replan-expoe-falhas-de-seguranca-no-sistema-petrobras/>. Acesso em: 8 fev. 2026.

SIQUEIRA, RICARDO BRUNO DE ALENCAR. **Planejamento de movimentação de cargas para montagem de galpão metálico de proteção de tubos**. Natal. 2024.

SPECIAL COTAINER. **Twistlock intermediate standard**. s.d. Disponível em: <https://specialcontainer.dk/en/produkt/twistlock-intermediate-standard/>. Acesso em: 31 maio. 2026.

The American Society of Mechanical Engineers. ASME B30.5. **Mobile and locomotive cranes**. 1994.

The American Society of Mechanical Engineers. ASME B30.9. **Slings**. 2021.

The American Society of Mechanical Engineers. ASME B30.26. **Rigging hardware**. 2015.

XCMG. **Manual de segurança do caminhão guindaste e do manual de informações e desempenho do produto do caminhão guindaste XCT90BR**. s.d.