

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS GUARAPUAVA
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

WENDELL MARCEUL PEREIRA CARVALHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM TRANSPORTADOR PORTÁTIL
DE CARGA PARA ELEVAÇÃO DE PAINÉIS
FOTOVOLTAICOS**

**GUARAPUAVA
2022**

WENDELL MARCEUL PEREIRA CARVALHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM TRANSPORTADOR PORTÁTIL
DE CARGA PARA ELEVAÇÃO DE PAINÉIS
FOTOVOLTAICOS**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Coordenação de Engenharia Mecânica, como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Dr. HILSON HENRIQUE DAUM

**GUARAPUAVA
2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

WENDELL MARCEUL PEREIRA CARVALHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM TRANSPORTADOR PORTÁTIL
DE CARGA PARA ELEVAÇÃO DE PAINÉIS
FOTOVOLTAICOS**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado
à Coordenação de Engenharia Mecânica,
como requisito parcial à obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Mecânica, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Dr. HILSON HENRIQUE DAUM

Data de aprovação: 03 de junho de 2022

Dr. Aldo Przybysz
Doutorado em Química dos Recursos Naturais – Uel
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Hilson Henrique Daum
Doutorado em Engenharia Elétrica - UNESP
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Me. Luan Jose Franchini Ferreira
Mestrado em Engenharia Mecânica - UNICAMP
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**GUARAPUAVA
2022**

AGRADECIMENTOS

Cada etapa, conquistas e até mesmo adversidades, são permissões de Deus, é a Ele que primeiramente sou grato, por me sustentar em todos os momentos.

Sou grato a minha mãe Raquel P. Carvalho e ao meu pai Jair Adilson R. Carvalho, por tudo que fazem por mim, não só na minha vida acadêmica, mas sempre estiveram ao meu lado, sendo meu suporte. Sou grato ainda aos meus irmãos Welker M. P. Carvalho e João Lucas P. Carvalho, por toda nossa parceria e cumplicidade, são pessoas essenciais em minha vida.

Nesse momento gostaria de agradecer ainda ao meu orientador Dr. Hilson Henrique Daum, por todo apoio prestado durante esse projeto, junto a ele gostaria de deixar um agradecimento especial aos professores Dr. Aldo Przybysz, Dr. David Lira Nuñez, Me. Luan Jose F. Ferreira, Dr. Sérgio Dalmas e Dr. Marcelo Henrique Granza, os quais, de alguma forma ajudaram e são grandes incentivadores no desenvolvimento do transportador e da empresa WM Soluções e Consultoria. Em conjunto gostaria de agradecer a todos os professores e servidores da UTFPR, através deles estou saindo da universidade como Engenheiro Mecânico e sendo uma pessoa melhor no mundo. Por fim, mas não menos importante, gostaria de agradecer aos meus amigos, seja os de infância que estiveram acompanhando toda essa jornada, mas também os que conheci durante a universidade, cada um teve e tem um papel importante e único em minha vida, são muitos para nomeá-los, mas sei que cada um sabe da importância que tem para mim.

RESUMO

É imprescindível o crescimento e evolução de processos, empresas e indústrias, partindo desse ponto, pensando no desenvolvimento de novos produtos, realizou-se o desenvolvimento de um protótipo de um transportador portátil de carga, aplicado a painéis fotovoltaicos. Neste trabalho mostra-se como aconteceu tal desenvolvimento, exibindo como ocorre o atual processo de elevação dos painéis fotovoltaicos, e como é realizado a partir do transportador, ainda no decorrer do trabalho é mostrado o projeto estrutural, simulações estáticas estruturais, projeto elétrico, componentes fabricados e acompanhamento em campo do protótipo do transportador de carga, sendo utilizado para elevação de painéis fotovoltaicos e também alguns materiais no setor da construção civil. Por fim, notou-se bons resultados com o transportador de carga, *feedback* positivo por parte das empresas que utilizaram o transportador, validando o projeto e tornando viável o investimento no transportador.

Palavras chave: energia solar; painéis fotovoltaicos; transportador de carga.

ABSTRACT

It is essential the growth and evolution of processes, companies and industries, from that point, thinking about the development of new products, a prototype of a portable load carrier was developed, applied to photovoltaic panels. In this work, it is shown how this development took place, showing how the current process of lifting the photovoltaic panels occurs, and how it is carried out from the conveyor, while still in the course of the work, the structural design, structural static simulations, electrical design, components manufactured and field monitoring of the cargo carrier prototype, being used for lifting photovoltaic panels and also some materials in the civil construction sector. Finally, there were good results with the cargo carrier, positive feedback from the companies that used the carrier, validating the project and making the investment in the carrier viable.

Keywords: solar energy; photovoltaic panels; cargo carrier.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira.....	14
Figura 2 – Composição de um Painel Solar.....	15
Figura 3 - Painel fotovoltaico danificado.....	15
Figura 4 - Elevador de canecas.....	16
Figura 5 - Perfil U com abas desiguais.....	18
Figura 6 - Motorfreio.....	19
Figura 7 - Inversor de Frequência.....	20
Figura 8 - Botoeira.....	21
Figura 9 - Chave Fim de Curso.....	21
Figura 10 – Contator.....	22
Figura 11 - Projeto do Transportador Portátil de Carga.....	23
Figura 12 - Base.....	24
Figura 13 - Bloco estrutural.....	25
Figura 14 - Suporte de apoio.....	26
Figura 15 - Bloco cotovelo.....	27
Figura 16 - Bloco final.....	27
Figura 17 - Suporte de bloco.....	28
Figura 18 - Carro transportador.....	29
Figura 19 - Projeto Elétrico.....	30
Figura 20 - Propriedades do material.....	47
Figura 21 - Tensão de Von Mises.....	47
Figura 22 - Deslocamento.....	48
Figura 23 - Base do protótipo.....	31
Figura 24 – Blocos estruturais.....	32
Figura 25 – Cotovelo.....	32
Figura 26 - Suporte de apoio.....	33
Figura 27 - Bloco final e Suportes de apoio.....	33
Figura 28 - Posicionamento correto do transportador.....	34
Figura 29 - Exemplificação de operação do transportador.....	36
Figura 30 - Elevação de painéis fotovoltaicos.....	37
Figura 31 - Obra 1.....	37
Figura 32 - Obra 2.....	38
Figura 33 - Obra 3.....	39
Figura 34 - <i>Feedback</i> de clientes.....	40
Figura 35 - Base motora.....	41
Figura 36 - Novo carro transportador.....	41
Figura 37 - Travamento dos painéis no carro transportador.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ligas de alumínio e suas aplicações.....	17
Tabela 2 - Transportador Portátil de Carga.....	24

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1	Justificativa	11
1.2	Objetivo	11
1.2.1	Objetivos Específicos	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Energia solar	13
2.2	Painéis fotovoltaicos e seus cuidados	14
2.3	Transportadores de carga	16
2.4	Estrutura em alumínio	17
2.4.1	Perfis estruturais	18
2.5	Equipamentos elétricos	19
2.5.1	Motorfreio	19
2.5.2	Inversor de Frequência	20
2.5.3	Botoeira e Chaves Fim de Curso	20
2.5.4	Contatores	22
3.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	23
3.1	Desenvolvimento estrutural - Base	24
3.2	Desenvolvimento estrutural – Estrutura geral	25
3.3	Desenvolvimento estrutural – Carro transportador	28
3.4	Desenvolvimento elétrico	29
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1	Execução do projeto	31
4.2	Procedimentos para operação do transportador	34
4.3	Testes em campo com o transportador de carga	36
4.4	Melhorias realizadas	40
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo referente a um transportador portátil de carga, com foco na elevação de painéis fotovoltaicos. O transportador é constituído por “blocos estruturais”, os quais são de alumínio naval.

Em um aspecto geral no âmbito industrial, é imprescindível a evolução, ou melhoria contínua de sistemas, gestão, pessoas, máquinas, entre outras necessidades diárias das indústrias, de modo a manter a empresa no mercado, em meio a grande concorrência. A melhoria contínua pode ser dita como o processo de inovação envolvendo toda a organização. O transportador foi desenvolvido devido a necessidade de evolução nos processos de elevação dos painéis fotovoltaicos (GONZALEZ, 2011).

Um dos mercados em grande expansão no país é a energia solar, mais especificamente, a instalação de placas fotovoltaicas em casas, comércios e indústrias, no Brasil ao longo dos últimos 3 anos, alcançou um crescimento significativo de geração de distribuição de energia solar e com o passar dos anos esses índices só tendem a crescer, pois no Brasil, possui um mercado pouco explorado ainda e com grande abundância da fonte principal de energia, o sol (ABSOLAR/ANEEL, 2021).

Devido à grande capacidade de expansão desse cenário de energia solar, foi projetado um protótipo de um transportador portátil de carga, e patenteado pela empresa WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA. Foi identificada a oportunidade e a necessidade do mercado, mais especificamente relacionado a transporte vertical das placas fotovoltaicas. O processo mais utilizado atualmente é de certa forma rudimentar, e ainda dispõem de pouca segurança para os colaboradores, bem como para as placas, em paralelo a isso tem-se ainda um processo de pouquíssima agilidade. No transportador, contém a “base”, onde encontra-se um guincho acoplado a um motofreio os quais são acionados por um comando elétrico, que tem a fonte principal um inversor de frequência, sendo possível através do inversor de frequência, controlar a velocidade de elevação (FRANCHI, 2018).

Através do transportador portátil de carga, ocorre uma aceleração no processo de transporte vertical dos painéis fotovoltaicos, proporcionando ainda, segurança nas

obras, e sendo versátil para os mais diversos tipos de instalações, seja casas, comércios, indústrias, entre outros.

Dentro do trabalho apresentado, tem-se a seguinte divisão: No capítulo 1, foi apresentado a introdução e será apresentado a justificativa e objetivos. Já no capítulo 2 está apresentado o referencial teórico, contendo as seguintes informações; transportadores de carga, energia solar, painéis fotovoltaicos e os cuidados relacionados, estrutura em alumínio e os equipamentos elétricos. No capítulo 3, encontra-se os aspectos metodológicos, exibindo o desenvolvimento de todos os componentes estruturais e periféricos, bem como o desenvolvimento da parte elétrica. Partindo para o capítulo 4, encontramos os resultados e discussões, contendo o conteúdo de simulação estática, a construção do projeto, algumas informações para operação do equipamento, os testes em campo e ainda, algumas melhorias que foram realizadas na versão final do transportador, por fim no capítulo 5 encontra-se as considerações finais do respectivo trabalho.

1.1 Justificativa

Devido a crescente do mercado de energia solar, atrelado a grande incidência de radiação solar no território brasileiro, há uma demanda de mercado para novas tecnologias no setor. Existe uma certa precariedade com os meios existentes de transporte vertical das placas fotovoltaicas, o presente trabalho, justifica-se pela necessidade de evolução no processo atual, de modo a tornar a elevação dos painéis, mais seguras para os colaboradores e para a mercadoria, aliado com agilidade e praticidade (ALMEIDA, *et al.*, 2016).

1.2 Objetivo

Desenvolvimento de um protótipo portátil de carga aplicado a transporte vertical de painéis fotovoltaicos e análise de viabilidade em campo.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Desenvolvimento da estrutura mecânica do transportador;
- Desenvolvimento do sistema elétrico do transportador;
- Testes com o transportador em campo;
- Demonstrativo geral do desenvolvimento do protótipo do transportador de carga para painéis fotovoltaicos;
- Viabilidade econômica de utilização de um transportador de carga para painéis fotovoltaicos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentado um referencial teórico, contendo informações sobre transportadores de carga, energia solar, painéis fotovoltaicos, perfis estruturais em alumínio e conteúdo de acionamento elétrico, os quais tem a finalidade de embasamento para o desenvolvimento do trabalho.

2.1 Energia solar

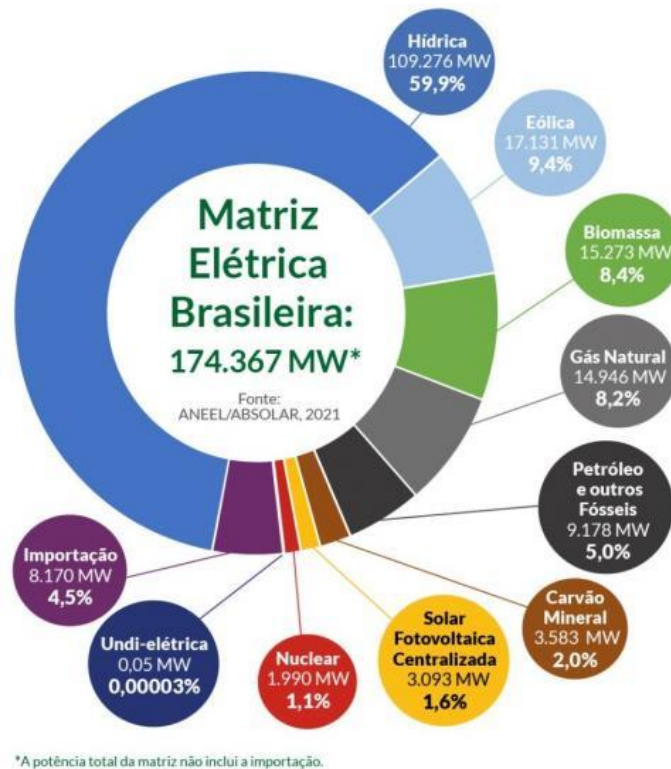
Nos últimos anos percebeu-se um grande crescimento e expansão por parte da produção de energia solar, conforme dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica no ano de 2019, apresentou um crescimento de 212% de geração e distribuição de energia solar no Brasil, contudo, mesmo com esse crescimento a geração de energia solar no Brasil, represente apenas 2% das fontes de energia no país (ABSOLAR, 2021).

Com o aumento do preço da energia para o consumidor, cada vez mais busca-se por meios de economizar, e uma saída que vem se destacando é a geração de energia solar, como mostram os dados, ainda é um mercado pouco explorado e com grande capacidade e potencial de crescimento.

Como mostra a figura 1, percebe-se que na matriz elétrica brasileira, a maior parte da eletricidade provém da matriz hídrica e a energia solar fotovoltaica corresponde apenas a 1,6% no país, dessa forma fica perceptível a capacidade de crescimento desse mercado.

Ainda na figura 1, é exibido as principais fontes da matriz elétrica brasileira, ao ser analisada a imagem, nota-se um que o setor solar fotovoltaico ainda é de certa forma, pouco significativo no aspecto geral, mas com as crescentes e com o potencial energético do país, tem-se muito a ser explorado.

Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira



Fonte: ANEEL / ABSOLAR, 2021.

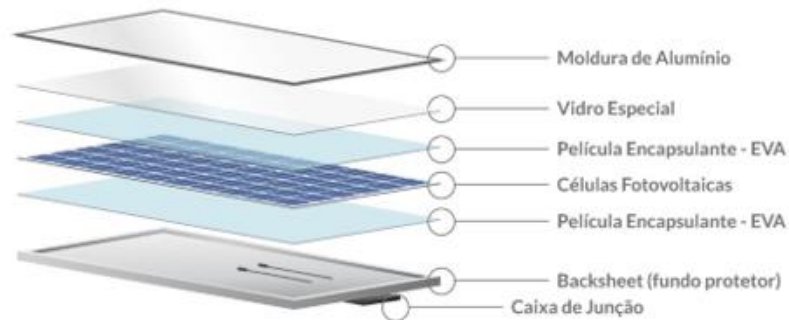
Nesta sessão foi analisado aspectos referentes a energia solar, mais especificamente o quanto foi explorado e o potencial de crescimento desse mercado. Na próxima sessão será analisado os painéis fotovoltaicos, com alguns aspectos construtivos e os cuidados necessários com as placas.

2.2 Painéis fotovoltaicos e seus cuidados

A energia solar, é uma energia limpa a qual não causa impactos ambientais, e todos os dias o planeta terra recebe uma grande quantidade dessa energia no planeta, e através de painéis solares é possível obter energia solar fotovoltaica, fazendo a conversão da radiação solar em energia elétrica (BRAGA; HAZAN, 2008).

Os painéis são fabricados em “camadas”, como mostrado a figura 2, cada camada contendo sua função, o que é responsável pela “coleta” da radiação solar são as células fotovoltaicas, normalmente as células fotovoltaicas são constituídas em sua maioria por Silício, porém por não possuir elétrons livres, são acrescidos outros dois materiais, geralmente Fósforo e Boro (RIBEIRO, 2018).

Figura 2 – Composição de um Painel Solar

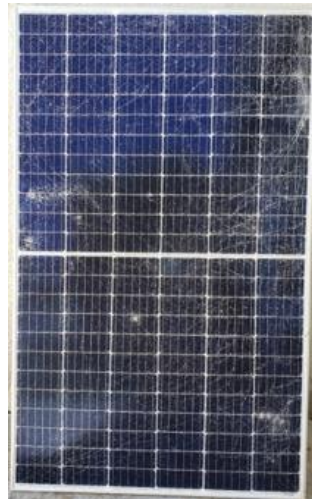


Fonte: NUTRISOLAR, 2021.

As placas fotovoltaicas, de certa forma são resistentes, pois existem normas de orientação de construção e resistência mínima de cada placa, pois as mesmas devem aguentar, até chuva de granizo. Porém mesmo com essas especificações mínimas de cada placa, ainda deve-se tomar muito cuidado, principalmente por conter no interior do conjunto, as células fotovoltaicas, as quais geralmente tem espessuras de 0,2 milímetros, dessa forma, muitas vezes os danos não são externos, visíveis, mas acontecem de maneira interna, com pequenas fraturas nas células. E com o passar do tempo esses pequenos danos provocarão pontos de aquecimento e consequentemente diminuição do rendimento do painel (SANTANA, 2020).

Sabe-se que os painéis seguem padrões de qualidade para aguentar até as chuvas de granizo, aguentam o peso de uma pessoa por exemplo, mas de forma alguma é recomendado a se fazer. E mesmo com essa resistência, se não for manuseado e transportado da maneira correta, podem vir a causar danos externos também, como mostra a figura 3 (SANTANA, 2020).

Figura 3 - Painel fotovoltaico danificado



Fonte: Autoria própria, 2021.

Através da figura 3, observa-se que o manuseio de maneira inadequada dos painéis fotovoltaicos, pode condená-los totalmente, os deixando utilizáveis.

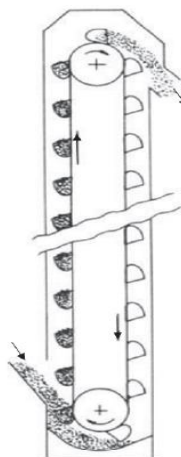
2.3 Transportadores de carga

Atualmente com o mundo em desenvolvimento, é essencial que os processos industriais e não industriais se desenvolvam e fiquem cada vez mais práticos e rápidos, atendendo a uma maior demanda e em muitas vezes reduzindo o custo, por ser possível entregar mais em menos tempo. Os transportadores por esteiras ou correntes, são processos muito utilizados nos mais diversos tipos de indústrias, e as etapas de produção de cada fábrica, dependem da escolha correta do tipo de máquina transportadora mais adequada para cada processo (ARGENTA, 2013).

O transportador por esteira é um dos modelos de transportadores utilizados nas empresas, na grande maioria das vezes é inserida em processo de transporte em direções horizontais, para um transporte vertical, ou melhor elevação, existem outras maneiras mais aplicáveis, como os elevadores de carga. Em algumas etapas onde é necessário a elevação vertical de materiais, os elevadores de canecas apresentam um bom desempenho para esse processo (JUNIOR, 2016).

Vale lembrar que o elevador de canecas, como mostrado na figura 4, é geralmente utilizado para o transporte de grãos, as canecas são fixadas em uma correia, são “preenchidas” pelos grãos na parte inferior do elevador, e elevam os grãos até a parte superior do elevador, onde é feita a descarga dos mesmos (JUNIOR, 2016).

Figura 4 - Elevador de canecas



Fonte: JUNIOR, 2016.

Existe também os elevadores de pessoas e/ou cargas, esses elevadores são utilizados em trajetórias verticais, ou onde haja inclinação superior a 15° em relação a horizontal (ÂNGELO, 2016).

Os processos de elevação mencionados anteriormente, geralmente são utilizados em indústrias, mas como mencionado anteriormente, todos os processos em um geral devem evoluir, para proporcionar mais segurança e agilidade. Atualmente, tratando-se da elevação de painéis fotovoltaicos, em grande parte dos casos é realizado de duas formas. A primeira com cordas e andaimes, processo muito perigoso e lento, ou quando existe uma grande demanda em um local, é utilizado caminhão *Munck* para a elevação dos painéis (WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021).

2.4 Estrutura em alumínio

Durante o processo de fundição do alumínio, é possível dissolver outros elementos de liga, dessa forma conseguimos alterar suas propriedades mecânicas, e assim foram criadas novas ligas para o alumínio, atendendo diferentes aplicações, pois cada liga atende uma necessidade específica (SILVA, 2017).

O alumínio conhecido como alumínio naval, parte das ligas da série 5xxx, são ligas que não são tratadas termicamente, mas são tratadas por encruamento. Os alumínios navais tem como principal elemento de liga o Magnésio, esse por sua vez melhora a resistência mecânica, mantendo uma boa ductilidade, boa soldabilidade e resistência a corrosão (SILVA, 2017).

Na Tabela 1, tem-se as séries das ligas de alumínio, bem como suas principais aplicações, conforme os elementos de liga.

Tabela 1 - Ligas de alumínio e suas aplicações

SÉRIE	ELEMENTOS DE LIGA	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
1XXX	Impurezas naturais	Contatos elétricos
2XXX	Cu	Indústria aeronáutica
3XXX	Mn, Mn e Mg	Latas de bebidas, painelas
4XXX	Si	Metal de adição para soldas.
5XXX	Mn, Mg, Cr	Aplicações náuticas
6XXX	Mg, Si	Perfis arquitetônicos, componentes automotivos
7XXX	Zn, Mg, Mn, Cu	Indústria aeronáutica

Fonte: Adaptado de CODARO, 2006.

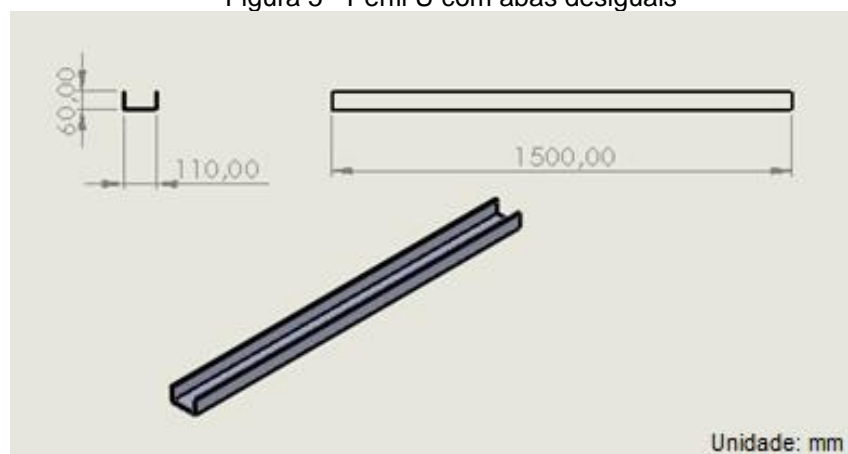
2.4.1 Perfis estruturais

Pode-se citar como um dos processos de produção de perfis estruturais em alumínio, por extrusão, ou seja, os tarugos de alumínio são levados a fornos a temperatura de aproximadamente 600°C, fazendo com que os cristais que compõem sua estrutura dilatam-se e facilitem o processo de extrusão. O metal pastoso passa por uma ferramenta, matriz, e é de fato extrudado no formato de perfil desejado, aquele que foi projetado na matriz (BUZINELLI, 2000).

No mercado, existem diversos tipos de perfis a venda, o que é economicamente mais viável, mas em algumas estruturas tem-se limitações de perfis disponíveis, um exemplo é perfil U de alumínio de abas desiguais. Existe então, outra maneira de ser fabricado o perfil desejado, é o processo de dobramento de chapas. Na etapa de dobramento é necessário atentar-se a dois fatores; o raio de curvatura e a elasticidade do material, além dessas características, em geral é desejável que não fiquem cantos vivos após o dobramento (CHIAVERINI, 1986).

Para projetos específicos uma saída para produção de perfil U de abas desiguais, como exemplo a figura 5, é o corte e dobra de chapas, ou seja, dispendo da chapa de alumínio, leva-se ao processo de corte, onde essa chapa é cortada na dimensão desejada, e posteriormente é dobrada afim de formar o perfil com as medidas almeçadas.

Figura 5 - Perfil U com abas desiguais



Fonte: Autoria própria, 2021.

Na figura 5 é apresentado um modelo de perfil U de abas desiguais, o qual pode ser obtido através de um dos métodos mencionados anteriormente, sempre respeitando as propriedades do material.

2.5 Equipamentos elétricos

Nesta sessão será apresentado alguns componentes elétricos, como o motofreio, inversor de frequência, botoeira, fim de curso e contatores. Os quais serão utilizados na construção elétrica do transportador de carga.

2.5.1 Motofreio

O motor de indução é acoplado a um freio com disco, é mostrado um exemplo de motofreio na figura 6, contendo um sistema de ventilação para resfriamento do motor e freio. O freio é ativado por um eletroímã, quem tem a mesma alimentação do circuito do motor, dessa forma quando a corrente elétrica do motor é interrompida, o eletroímã é desligado, e assim é liberado as molas que pressionam as pastilhas do disco de freio (FRANCHI, 2018).

Figura 6 - Motofreio



Fonte: WEG, 2021.

Quando o motor é desligado da rede, é preciso que a força eletromagnética seja menor que a força aplicada pela mola, dessa forma ocorre o deslocamento da armadura do eletroímã pelo movimento da mola. Seguindo a mesma ideia, quando o motor é ligado à rede, e o eletroímã é energizado, ele tem a sua armadura indo em direção contrária a força da mola, dessa forma, o disco de frenagem é liberado (FRANCHI, 2018).

2.5.2 Inversor de Frequência

Os inversores de frequência (figura 7), são amplamente utilizados na indústria, para acionamento dos motores induzidos trifásicos, controle de velocidade, controle de torque, entre outras funções disponíveis nos inversores. Ao utilizar um inversor de frequência é possível parametrizar rampas de aceleração, amenizando os picos de corrente elétrica durante a partida do motor, tendo a possibilidade de aceleração crescente até a velocidade desejada. Também é possível parametrizar a rampa de desaceleração, reduzindo de forma decrescente a velocidade do motor até a parada completa (GALORI, 2018).

Figura 7 - Inversor de Frequência



Fonte: WEG, 2021.

2.5.3 Botoeira e Chaves Fim de Curso

As botoeiras são componentes elétricos existentes que enviam um sinal, ou informações ao circuito por meio de uma ação do operador ou outro comando que pressione ou empurre o elemento, seja este de energização ou desenergização do circuito. Além das botoeiras, que enviam um sinal elétrico, existem outros equipamentos como; chaves fim de curso e contatos auxiliares de relés e contatores (SILVA MOREIRA, 2012).

As botoeiras (figura 8) geralmente são apresentadas em dois modelos, podendo ser de pulsadoras ou com trava, essas são acionadas por um comando manual e como resposta enviam um sinal ao comando elétrico (SILVA MOREIRA, 2012).

Figura 8 - Botoeira



Fonte: Aatoria própria, 2021.

As chaves fim de curso, representada na figura 9, tem funcionamento semelhante as botoeiras, possuem seu acionamento feito de maneira mecânica. As chaves fim de curso tem entre suas funções, a de parada de um sistema, ou processo, geralmente são posicionadas no decorrer do percurso de máquinas, esteiras, transportadores, entre outras aplicações. Quando são acionadas, geralmente “abrem” o circuito, ou a passagem de corrente, dessa forma interrompe a passagem de corrente elétrica, quando não está mais acionada volta a existir passagem de corrente elétrica (SILVA MOREIRA, 2012).

Figura 9 - Chave Fim de Curso



Fonte: Aatoria própria, 2021.

2.5.4 Contatores

Os contatores (figura 10) são utilizados para os acionamentos elétricos, eles permitem o comando de cargas de alta potência através dos contatos de força. Possuem uma única posição de repouso que possibilitam a passagem e interrupção de correntes elétricas e são definidos como dispositivos de acionamento não manual (SOARES, 2007; BASTOS, 2018).

Figura 10 – Contator



Fonte: WEG, 2021.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

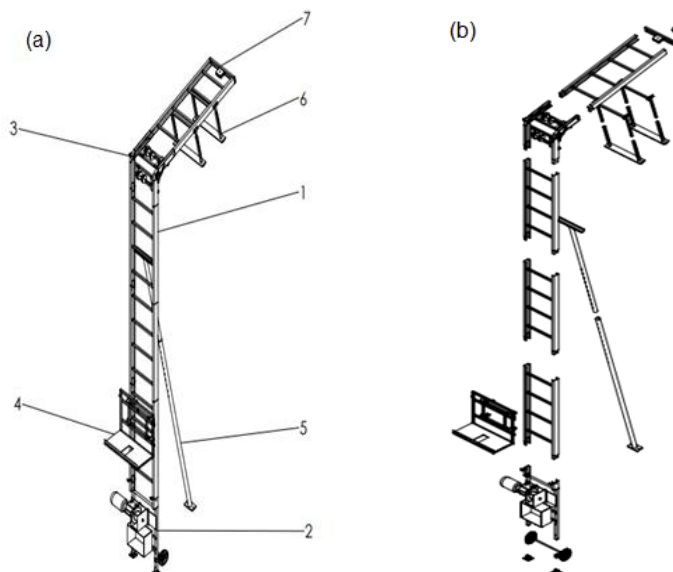
Para o desenvolvimento do trabalho, o protótipo foi desenvolvido em parceria com a empresa WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA. A partir das informações foi analisado os atuais processos de elevação de painéis fotovoltaicos, e em seguida foi oferecido aos clientes da empresa. Conforme utilização dos clientes, foi coletado opiniões das empresas que utilizaram o protótipo do transportador e foi analisado a viabilidade técnica do transportador.

O presente texto, refere-se as principais características de construção do transportador de carga, bem como algumas vantagens de utilização do transportador, o qual proporciona mais agilidade no trabalho, permite que seja realizado o trabalho com segurança, tanto para a mercadoria como para os colaboradores, desta forma tem-se o tempo total de trabalho reduzido, mas com toda segurança necessária. Com o transportador, tem a praticidade de fácil transporte e manuseio, desta forma é possível utilizar em diversos tipos de obras e locais, com instruções e cuidados na operação.

Para uma melhor compreensão do projeto, é possível visualizar a figura 11(a), que foi desenvolvida utilizando o software de CAD (*Computer-Aided Design*), Solid Edge. Na

figura 11(b) é mostrado a vista explodida para melhor identificação de cada parte da estrutura.

Figura 11 - Projeto do Transportador Portátil de Carga



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

Tabela 2 - Transportador Portátil de Carga

ITEM	DESCRIÇÃO
1	Bloco Estrutural
2	Base
3	Cotovelo
4	Carro Transportador
5	Suporte de Apoio
6	Suporte de Bloco
7	Bloco Final

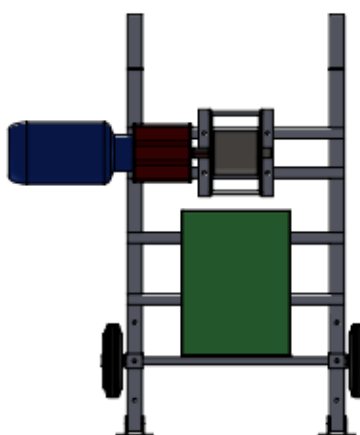
Fonte: Autoria própria, 2021.

Tendo conhecimento da estrutura em um aspecto geral, é possível ter uma compreensão maior do processo. Para um melhor entendimento, no próximo tópico será apresentado o desenvolvimento da estrutura da base, onde encontra-se os componentes elétricos, junto ao motorreductor e guincho.

3.1 Desenvolvimento estrutural - Base

Para melhor exemplificação da estrutura da base, mostrado como item 2 da figura 11(a), foi inserido a figura 12 no texto. A base é construída por dois perfis U em aço SAE 1020, constituindo as vigas laterais, as quais são unidos por 4 tubos quadrados também construídos com a mesma liga de aço, com dimensões 25 mm e igualmente distanciados dentro do comprimento das vigas U, que possuem comprimento de 1,2 metros. Nos 2 tubos superiores fica fixado o motorreductor e nos 2 inferiores encontra-se o painel de comando elétrico.

Figura 12 - Base



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

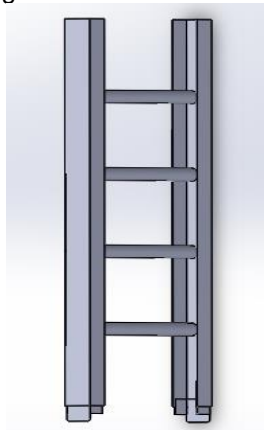
O conjunto da base foi desenvolvido em aço, devido aos esforços mecânicos que a mesma será submetida, pela força peso que o motoredutor acoplado ao guincho irá exercer sobre ela.

Unido a base encontra-se os blocos estruturais, que são encaixados entre si para formar a estrutura necessária, existem ainda outros componentes secundários que fazem parte do conjunto geral, para formar o transportador portátil de carga. No próximo tópico é apresentado o desenvolvimento de outros componentes do equipamento.

3.2 Desenvolvimento estrutural – Estrutura geral

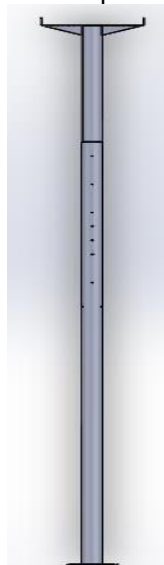
O bloco estrutural (item 1 da figura 11(a)), também mostrado na figura 13, exibe 1 de um conjunto de blocos que são iguais, feitos em alumínio, os quais possuem duas vigas U, ligadas por tubos, que formam uma espécie de degraus, as vigas U de cada bloco estrutural tem de 1,5 metros de comprimento e os tubos dos degraus tem 0,6 metros de comprimento sendo essa a distância entre uma viga e outra. Os tubos dos degraus são igualmente distanciados dentro do comprimento das vigas U laterais. Por fim na ponta das vigas também possui as vigas U de união do bloco estrutural, com parte dessa soldada em um bloco estrutural e o restante tem para fora do bloco estrutural e com um furo que será usado para parafusar essa no próximo bloco estrutural. Poderá ser utilizado quantos blocos forem necessários até chegar à altura desejada, lembrando que essa altura varia com o local de aplicação, exemplo: casas, sobrados, prédios, barracões, entre outros.

Figura 13 - Bloco estrutural



Para dar mais estabilidade para o elevador portátil de carga, foi projetado um suporte de apoio (item 5 da figura 11(a)), representado pela figura 14, que atuará como um tripé, sendo feito por dois tubos redondos, que serão furados e com dimensões suficientes para encaixarem um no outro, os furos ao longo do seu comprimento permitem variar o tamanho final do suporte de apoio, adequando-se ao local de aplicação.

Figura 14 - Suporte de apoio

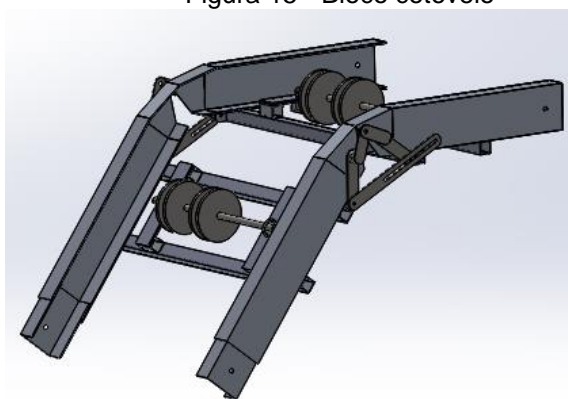


Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

Ligado ao último bloco estrutural instalado na vertical encontra-se o bloco cotovelo (item 3 da figura 11(a)), melhor representado pela figura 15, este tem a função de ligar os blocos estruturais da vertical com os blocos estruturais da horizontal, que estarão sobre a parte superior do local de aplicação. Sendo assim para o bloco cotovelo foi desenvolvida uma tecnologia onde será possível variar a angulação, permitindo assim, se adaptar para qualquer telhado. O bloco cotovelo é composto por duas vigas U, com dimensões um pouco menores que as dimensões das vigas U dos blocos estruturais, e são ligados com tubos também iguais aos blocos estruturais, tendo duas peças idênticas. Na ponta das vigas U encontram-se recortes de viga U, com ângulo, as duas peças são ligadas entre si por um mecanismo no formato de um triângulo, capaz de variar a angulação, de um lado do triângulo encontra-se um pino que corre em uma chapa guia, a qual está ligada ao outro lado do triângulo, a chapa guia possui um rasgo que permite o travamento por parafuso na angulação necessária. No meio das vigas U e ligado aos tubos, encontram-se quatro roldanas com canal U, duas em paralelo entre si, com relação ao tubo da horizontal,

encontram-se na parte do bloco cotovelo que está ligado ao bloco estrutural da vertical, e outras duas paralelas entre si com relação ao tubo horizontal e também em paralelo na vertical com as outras duas polias que estão abaixo, essas duas superiores encontram-se no bloco cotovelo que está ligado ao bloco estrutural na horizontal por cima do telhado. O intuito das polias é passar o cabo de aço ligado ao carro transportador, fazendo ele subir ou descer.

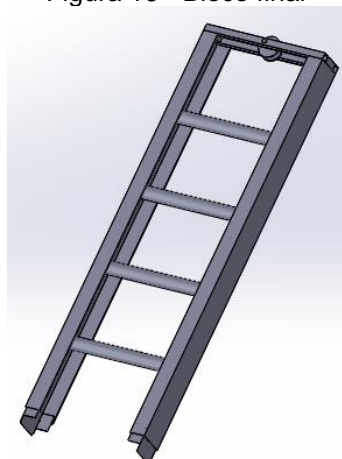
Figura 15 - Bloco cotovelo



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

Ligado ao bloco cotovelo, são adicionados mais blocos estruturais, estes por sua vez ficarão sobre o telhado, podendo ser encaixados quantos forem necessários para levar a carga o mais próximo possível do local de utilização. No último bloco estrutural (item 7 da figura 11(a)), conforme figura 16, mais precisamente, na parte final dele, encontra-se uma roldana de canal U de retorno, montada na horizontal, a qual vai passar e fazer retornar o cabo de aço, que irá movimentar o carro transportador.

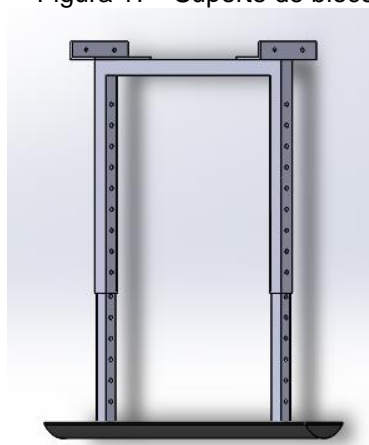
Figura 16 - Bloco final



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

Para suportar os blocos com altura adequada sobre o telhado, teremos os suportes de bloco (item 6 da figura 11(a)), melhor representado pela figura 17, estes suportes se encaixarão nos blocos estruturais apoiados nas vigas U, cada suporte terá duas “pernas” alinhadas e unidas pelo “pé”, uma chapa revestida com borracha na parte inferior, que fica sobre o telhado, as “pernas”, são constituídas por dois tubos quadrados encaixados um dentro do outro, e com vários furos ao longo do comprimento, podendo assim variar a altura em que o suporte de bloco ficará apoiado sobre o telhado.

Figura 17 - Suporte de bloco



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

Neste capítulo foi apresentado cada componente da estrutura geral do transportador, e sobre essa estrutura, mais especificamente sobre os blocos estruturais, existe o carro transportador, o qual será apresentado no próximo tópico.

3.3 Desenvolvimento estrutural – Carro transportador

Por cima do elevador portátil de carga, teremos o carro transportador (item 4 da figura 11(a)), conforme figura 18, esse feito por tubos de aço SAE 1020 e chapa na sua base, o carro transportador é o responsável por suportar e transportar as cargas. Na parte inferior do carro transportador, teremos rodas de nylon, que correrão sobre a viga U dos blocos, e no interior da viga U encontra-se rodas de apoio. O carro será ligado em um cabo de aço, que sairá do guincho e irá subir passando por duas roldanas do bloco cotovelo, passar na última roldana de

retorno na horizontal, e voltar passando em mais duas roldanas do bloco cotovelo e se engatar no gancho do carro transportador, fazendo o carro subir e descer.

Figura 18 - Carro transportador



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

Como o próprio nome sugere o carro transportador é o responsável por transportar a carga, e para todo esse conjunto estar em funcionamento é necessário um comando elétrico, o qual é apresentado na próxima sessão.

3.4 Desenvolvimento elétrico

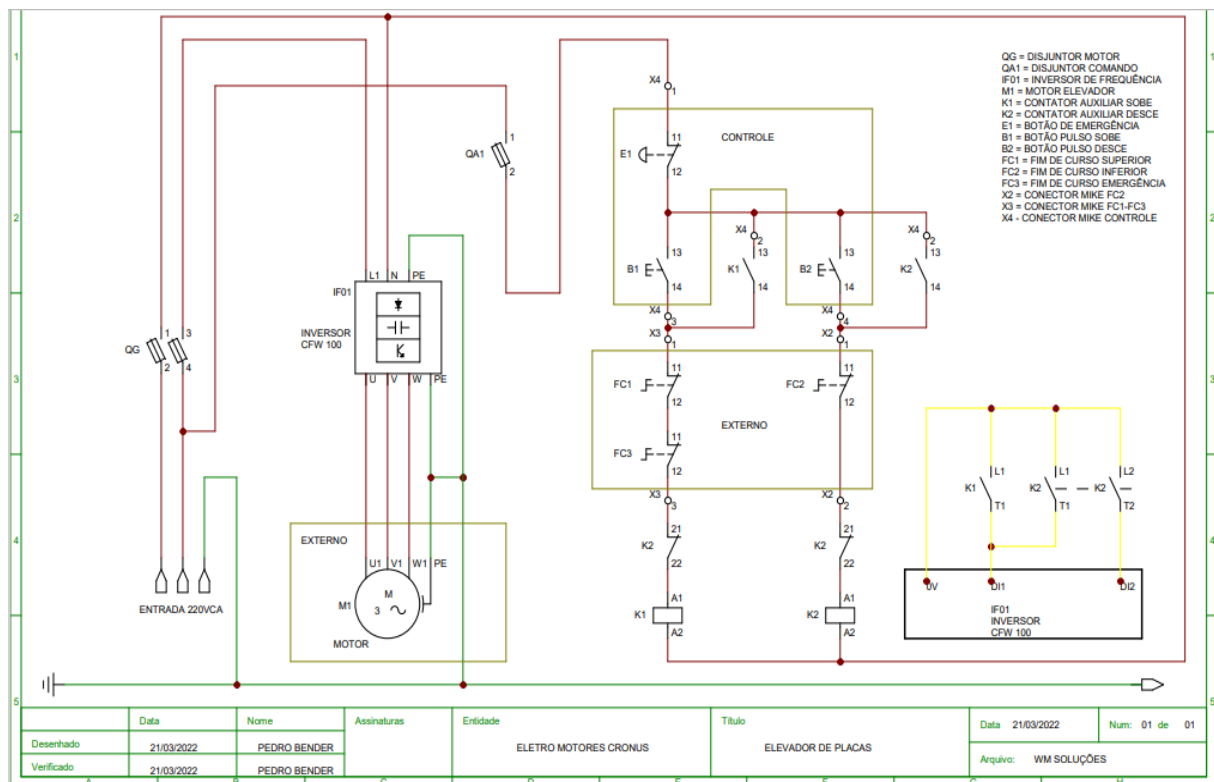
Para a elevação/movimentação do carro transportador, foi utilizado um motor com um redutor. Para ativação do motor, no painel de comando elétrico encontra-se um inversor de frequência ligado a contadores, o inversor tem a função de transformar a tensão do motor, que é trifásico para monofásico e ainda melhorar o desempenho e durabilidade do equipamento, evitando também desgastes a partir de tecnologias que o inversor de frequência proporciona, como por exemplo, a possibilidade de partida e chegada suavizados.

Para chegada do carro transportador no nível superior, tanto como para parada no nível inferior no primeiro bloco estrutural montado sobre o bloco base, serão ligados fins de curso, que são responsáveis pela parada do carro transportador, um fim de curso fica no primeiro bloco estrutural, logo acima do guincho tendo a função de ativar a parada do carro transportador quando o mesmo estiver retornando (descendo) e o outro fim de curso, encontra-se no último bloco estrutural superior que

estiver sobre o telhado, tem a função de fazer a parada do carro transportador na parte superior, para descarga. Ainda, dentro do painel de comando elétrico, todo o sistema será ativado por um controle, com algumas opções como, função de subida, função de descida e botão de emergência, controle que ficará com um operador para dar o comando de subir, tanto como ativar a descida do carro transportador.

Abaixo tem-se a figura 19, referente ao projeto elétrico do elevador portátil de carga.

Figura 19 - Projeto Elétrico



Fonte: Pedro Bender (terceirizado WM).

Nos itens anteriores foi mostrado a confecção de cada item do projeto, exibindo como foram elaborados os componentes estruturais mecânicos e a etapa de comandos elétricos.

No próximo capítulo será apresentado os resultados obtidos após os projetos, partindo para a etapa de simulação, validação dos resultados, construção do protótipo do transportador portátil de carga, exemplos de operação com o equipamento e ainda pontos de melhorias em outras versões do transportador.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo é apresentado os resultados da simulação da estrutura, o protótipo acabado e o *feedback* coletado de 4 empresas que utilizaram o transportador, denominadas “construtora”, “solar 1”, “solar 2” e “solar 3”. O codinome adotado pelas empresas refere-se a uma empresa da área de construção civil e 3 empresas do setor de instalação de painéis fotovoltaicos.

4.1 Execução do projeto

Após todas as etapas anteriores e algumas simulações complementares, apresentadas no anexo 1, iniciou-se a construção do protótipo, com algumas mudanças para melhor qualidade no trabalho e segurança para o operador.

Na figura 20 é exibido a base do transportador, onde encontra-se o motoredutor acoplado ao guincho, através de corrente, e para o funcionamento do conjunto tem-se o painel de comandos elétricos.

Figura 20 - Base do protótipo



Fonte: Autoria própria, 2022.

Como exibido nos projetos, após a base tem-se os blocos estruturais, que são conectados entre si, até atingir a altura necessária, na figura 21, é exibido um bloco estrutural.

Figura 21 – Blocos estruturais



Fonte: A autoria própria, 2022.

Além dos blocos estruturais foi construído o cotovelo com regulagem de angulação, possibilitando atender a diversos tipos de estrutura, com as mais variadas angulações das coberturas, o cotovelo está exibido abaixo na figura 25.

Figura 22 – Cotovelo



Fonte: A autoria própria, 2022.

Assim como no projeto, foi construído o suporte de apoio, ou tripé, o qual tem a função de dar sustentação e estabilidade a estrutura, o mesmo está exibido na figura 26.

Figura 23 - Suporte de apoio



Fonte: Autoria própria, 2022.

Para ter uma visualização além dos projetos, na figura 24, é apresentado o bloco final apoiado nos suportes de bloco, já sobre um local de instalação.

Figura 24 - Bloco final e Suportes de apoio



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após apresentar todas as partes do transportador, é necessário o conhecimento básico de operação do equipamento, o que será mostrado no próximo subcapítulo.

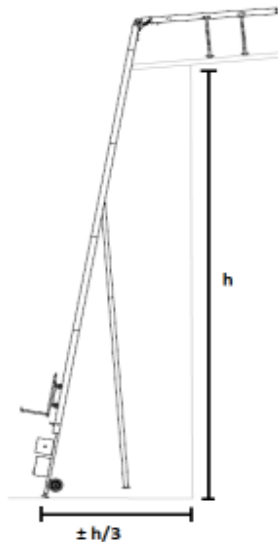
4.2 Procedimentos para operação do transportador

Neste capítulo é apresentado algumas orientações de utilização do transportador:

a. É necessário posicionar corretamente a estrutura do transportador portátil de carga, utilizando o ângulo correto em relação a parede, como exemplificado na figura 25. Ou seja, a distância correta da base do transportador, até a parede da estrutura, é dada por uma fórmula. Sendo “h” a altura da parede, a distância da base até a parede, deve ser de “h” dividido por 3.

Exemplo: Para uma parede de 9 metros, a distância da base do transportador até a parede é de aproximadamente 3 metros, assim tem-se o posicionamento correto do transportador.

Figura 25 - Posicionamento correto do transportador



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

b. Não operar com condições climáticas adversas, como vento ou chuva em excesso;

c. Isolar a parte abaixo da estrutura afim de evitar colisões com a estrutura do transportador portátil de carga, por exemplo, portas ou pessoas baterem por descuido;

d. Não ultrapassar o limite de carga do equipamento, sendo a capacidade máxima de 200kg.

A estrutura do transportador portátil de carga, foi feita unicamente para subir e descer o carro transportador com carga (painéis solares e materiais de construção civil, entre outros). Os degraus tem somente a função estrutural.

e. O transportador portátil de carga, não deve ser utilizado como escada para pessoas, sendo assim, é PROIBIDO subir pessoas pelos degraus da escada, bem como sobre o carro transportador;

f. Verificar se o tipo e tamanho do transportador está adequado ao trabalho a ser executado;

g. Fazer inspeção visual do transportador após a entrega/recebimento e no início de cada dia de trabalho, verificando se todos seus componentes (montantes, degraus, cinta, sistema de travamento, pés de apoio) estão em boas condições para uso;

h. Antes da utilização do transportador portátil de carga, deve-se realizar uma avaliação de risco e teste de segurança;

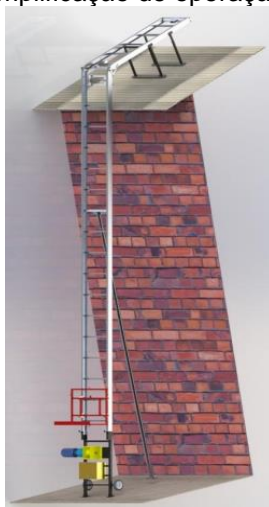
i. Não apoiar o transportador portátil de carga em vidraças, ou painéis cuja resistência seja desconhecida. Sempre verificar se o local de apoio suportará o elevador portátil de carga, bem como o carro transportador carregado;

j. Para alturas de elevação superiores a 3 metros, é necessário a utilização do suporte de apoio (tripé);

k. Os suportes de blocos (os que estão apoiando os blocos sobre o telhado), devem ser posicionados com distância máxima, entre um suporte e outro de 75 cm;

Na figura 26, é apresentado uma exemplificação de como o transportador fica montado no local de operação.

Figura 26 - Exemplificação de operação do transportador



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

Após contextualizadas as instruções de operação, foi necessário realizar testes em campo com o transportador, para realmente validar o projeto, os testes são apresentados no próximo tópico e para mais informações de operação estão contidas no anexo 2 deste trabalho.

4.3 Testes em campo com o transportador de carga

Desde o início de 2022 até o atual momento, a empresa WM Soluções e Consultoria, colocou o seu protótipo do transportador de carga, disponível para aluguel. Durante os alugueis foi possível identificar mais pontos de melhoria para uma versão finalizada, algumas mudanças foram realizadas no próprio protótipo, com intuito de tornar melhor a operação com o transportador. No momento já foi alugado para algumas empresas, a maioria dessas empresas ficaram com o transportador por mais de um mês em aluguel e por fim, acabaram adquirindo uma nova unidade para sua utilização.

Neste capítulo tem-se o registro de algumas obras onde o transportador foi utilizado durante os alugueis, por motivos de sigilo entre a WM Soluções e Consultoria e as empresas que alugaram o transportador, não será apresentado o nome das empresas que utilizaram o protótipo. Na figura 27, é possível verificar um exemplo de como são realizadas as obras sem o transportador portátil de carga, posteriormente nas imagens seguintes, será exibido o transportador alugado e como ocorre o processo.

Figura 27 - Elevação de painéis fotovoltaicos



Fonte: Autoria própria, 2022.

Na figura 28, é apresentado a primeira obra onde o transportador foi utilizado, nessa obra foram elevados aproximadamente 200 painéis fotovoltaicos.

Figura 28 - Obra 1



Fonte: Autoria própria, 2022.

Outra obra onde foi utilizado o transportador é exibida na figura 29, dessa vez, foram elevados mais de 500 painéis em 3 barracões diferentes.

Figura 29 - Obra 2



Fonte: Autoria própria, 2022.

O transportador foi utilizado em outras obras para elevação de painéis e está sendo requisitado para aluguel por outras empresas devido sua funcionalidade para tal função. Também foi utilizado na área de construção civil, com a finalidade de elevador de carga para transportar telhas de barro, conforme mostrado na figura 30.

Figura 30 - Obra 3



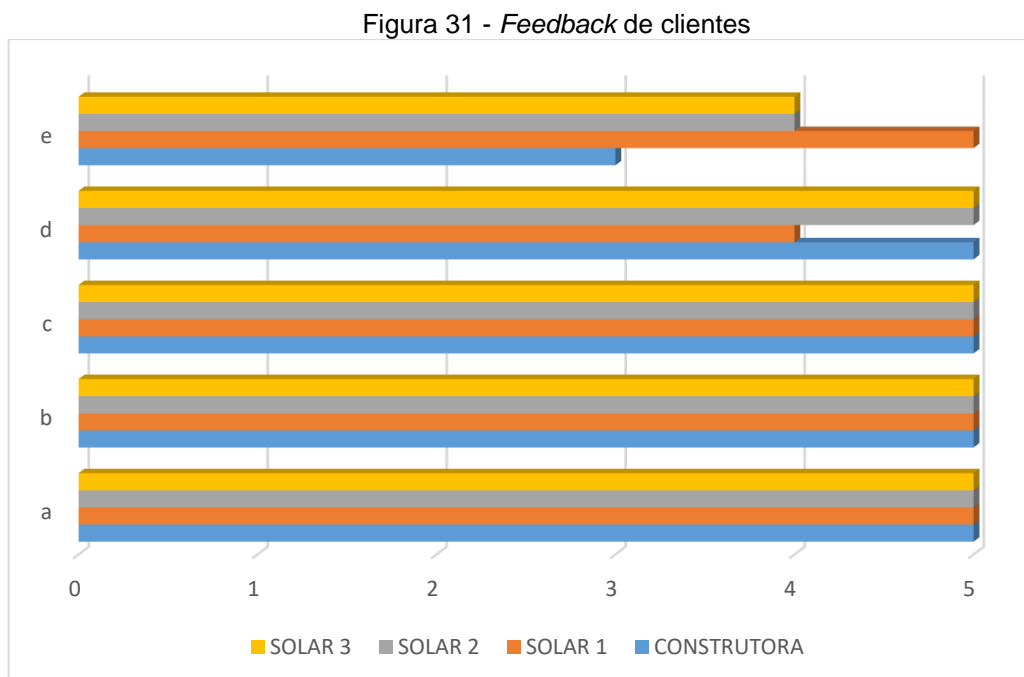
Fonte: Autoria própria, 2022.

Após a entrega do produto por parte das empresas que alugaram, foram escolhidas aleatoriamente algumas empresas, para que relatassem como foi a utilização do transportador, esses dados estão exibidos na figura 31.

Para manter-se o sigilo entre as empresas que foram escolhidas para dar o *feedback* referente a utilização do transportador, foram nomeadas nos resultados como “construtora”, “solar 1”, “solar 2” e “solar 3”. Foram orientados aos valores de resposta sendo 0 a nota menor e 5 a nota máxima em cada quesito.

Na primeira pergunta (a), foram questionados com relação ao atendimento prestado por parte da empresa WM Soluções e Consultoria, como disponibilidade, agilidade e suporte. Já na segunda pergunta (b), foi com referência a segurança do equipamento utilizado. Na terceira pergunta (c), foram questionados com relação ao quanto o transportador agilizou o processo de elevação de materiais. E então na quarta pergunta, foi direcionada a praticidade e facilidade de utilização do equipamento. Por fim, na última pergunta, foram questionados com relação a

praticidade e facilidade de montagem do transportador portátil de carga. Os dados coletados estão melhor representados na figura 31.



Fonte: Adaptado de dados da WM Soluções e Consultoria, 2022.

Neste capítulo foi possível visualizar como ocorre a operação com o transportador, sendo mostrado obras de empresas que alugaram o equipamento e ainda foi exibido a opinião de algumas empresas que utilizaram o transportador. Para finalizar esse trabalho, no próximo subcapítulo será apresentado as melhorias realizadas no projeto.

4.4 Melhorias realizadas

Após o relato dos usuários foi possível identificar alguns pontos de melhoria, para o produto final, um dos quesitos de aprimoramento de maior significância, está representado na figura 32, onde tem-se a parte de motorização e comando elétrico, sendo um componente separado da base, agora é possível carregar separadamente, facilitando o transporte e armazenagem da mesma, a base do protótipo do transportador de carga, é uma das principais dores desse primeiro transportador, por ser muito robusta e pesada, porém nesse novo formato foi possível melhorar significativamente o produto.

Figura 32 - Base motora



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2022.

Também foi realizada alteração no carro transportador, onde aumentou-se as dimensões da estrutura e a maneira que é realizado o travamento das placas no carro. Na figura 33, é mostrado como ficou o novo carro transportador.

Figura 33 - Novo carro transportador



Fonte: Autoria própria, 2022.

Já na figura é exibido como é realizado o travamento das placas no carro, onde utiliza-se grampos do tipo sargento, ou também são conhecidos como “grampos rápidos”, para fixar os painéis no carro transportador.

Figura 34 - Travamento dos painéis no carro transportador



Fonte: Autoria própria, 2022.

Neste capítulo foi apresentado as melhorias já realizadas em outra versão do transportador e para continuidade no projeto, pretende-se aumentar a carga suportada pelo transportador e ainda atuar no desenvolvimento do carro transportador, com intuito de adaptar para elevação de outros materiais. Por fim, no próximo capítulo será apresentado as considerações finais.

Essas melhorias mostradas e idealizações de outras versões, estão sendo possíveis devido aos resultados positivos obtidos, através dos testes em campo, bem como o *feedback* coletado dos clientes, mostrando que o produto possui ótimos resultados para seu objetivo proposto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desse trabalho, foi possível exibir como ocorreu o desenvolvimento do projeto e estrutura do transportador, passando por todos os componentes do transportador, desde a parte estrutural até a os comandos elétricos do equipamento. Resultados complementares de como realizou-se as simulações na estrutura, estão exibidos no anexo 1, de forma a completar os projetos apresentados e assim obter-se um respaldo maior para que desse modo fosse possível partir para a construção do protótipo.

Após a construção, foi exibido como ocorreu os testes em campo, apresentando bons resultados e tornando viável o investimento no produto, tendo cada vez mais procura para o aluguel, bem como, para compra do produto. Com os testes em campo, foi possível identificar pontos de melhoria e assim evoluir para a versão final do produto. Como mencionando no próprio trabalho é necessário sempre estarmos evoluindo e com esse produto não é diferente, quanto mais usuários utilizarem, mais será possível evoluir para um melhor desempenho do equipamento.

Através das análises mostradas neste trabalho, percebe-se que ainda existe um grande mercado a ser explorado, sendo o de energia solar, mas também o mercado de construção civil, tem-se oportunidade também em alugueis para mudança em prédios, por exemplo, isso proporciona muitas oportunidades de disseminação do transportador e crescimento da empresa WM Soluções e Consultoria.

Por fim, acredita-se que ainda existe muito a ser acrescentado ao produto, mas também, estamos buscando por novas oportunidades, seja com produtos inovadores ou melhoria dos que já existem disponíveis no mercado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. *et al.* ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Universidade Fumec**, 2016.

ÂNGELO, T. D. P. N. PROJECTO E CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA ELEVADOR MONTA-CARGAS INDUSTRIAL. **Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa**, 2016.

ARGENTA, LUCIANO. ANÁLISE DE UM SISTEMA DE ESTEIRA TRANSPORTADORA PARA LINHA DE MONTAGEM DE TRATORES. **Universidade de Caxias do Sul**, 2013.

BUZINELLI, V. D. DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM ALUMÍNIO. **Universidade de São Paulo**, 2000.

CHIAVERINI, V. TECNOLOGIA MECÂNICA – Processos de Fabricação e Tratamento. **McGraw-Hill**, v. II, 1986.

Como funciona. NUTRISOLAR, Prudente. Disponível em: <<https://nutrisolar.com.br/como-funciona/>>. Acesso em: 29/10/2021.

CODARO N, Eduardo. ESTUDO DA CORROSÃO EM LIGAS DE ALUMÍNIO UTILIZADAS NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA. **Universidade Estadual Paulista**. 2006.

DA SILVA MOREIRA, I. Comandos elétricos de sistemas pneumáticos e hidráulicos. **SESI SENAI Editora**, 2012.

Energia Solar Fotovoltaica. ANEEL, Brasília. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/a-aneel>>. Acesso em: 27/10/2021.

FRANCHI, C. M. ACIONAMENTOS ELÉTRICOS. **Saraiva Educação SA**, 2018.
HILLBRECHT, A. P. ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE ATUADORES CC PARA CONTADORES. **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2018.

INFORGRÁFICO. ABSOLAR, São Paulo, 01/10/2021. Nº36 Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/>>. Acesso em: 27/10/2021.

JUNIOR, N. B. ANÁLISE ESTRUTURAL DOS PERFIS DE SUSTENTAÇÃO DE UM ELEVADOR DE CANECAS. **Universidade de Passo Fundo**. 2016.

LIMA DA SILVA, Felipe. EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO DE RECOZIMENTO A DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPOS DE TRATAMENTO EM UMA JUNTA SOLDADA DA LIGA DE ALUMÍNIO 5052. **Universidade Do Estado Do Amazonas**. 2017.

PEREIRA BRAGA, R.; HAZAN, S. S. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES **Rio de Janeiro, RJ-Brasil Novembro de 2008**.
RIBEIRO, B. Ezequiel. Energia Fotovoltaica - Estudo do funcionamento, instalação e sua viabilidade no Brasil. **Unievangélica**. 2018.

SANTANA, S. L. Características técnicas e rendimento energético. **BlueSol**, 2020.

SANTOS GALORI, K.; DONIZETI DE SOUZA, R.; ALVES DE GODOI, L. A. **INVERSOR DE FREQUÊNCIA COM ACIONAMENTO DE MOTOR**. 2018.

SOARES, F. I. DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLE ELETRÔNICO DE TENSÃO PARA CONTADORES ELETROMAGNÉTICOS. **Universidade Federal de Santa Catarina**. Florianópolis. 2007.

VALIO DOMINGUEZ GONZALEZ, R.; FERNANDO MARTINS, M. Melhoria contínua e aprendizagem organizacional: múltiplos casos em empresas do setor automobilístico. **Universidade Federal de São Carlos**, p. 473–486, 2011.
WEG, Jaraguá do Sul. Disponível em: <<https://www.weg.net/institucional/BR/pt/>>. Acesso em: 30/10/2021.

WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA. Patente de Invenção. **Instituto Nacional da Propriedade Industrial**, 2021.

ANEXO 1

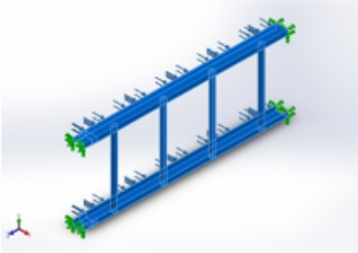
Simulação estática estrutural do transportador

A simulação do projeto, buscou estar mais próximo da aplicação real que proporcionou resultados que estivessem de acordo com o que se espera de tensão na aplicação em campo.

Desta forma, primeiro foi aplicado o material liga de alumínio 5052 (naval), com têmpera H32, sendo o material utilizado também na construção do protótipo, após a aplicação do material, foi inserido a carga no bloco, na qual foi colocada sobre a estrutura, exatamente no local onde é o trilho do carro transportador, durante a aplicação da carga, foi realizado de modo generalizado, ou seja, a carga está distribuída em todo o trilho, porém na prática, a carga é aplicada em apenas quatro pontos, esses pontos, são onde está localizada as rodas do carro transportador no momento que ele está sobre a estrutura. Com relação a carga, aplicamos uma força de 1250 N em cada lado, o que equivale a aproximadamente 127 kgf, sendo suficiente para utilização, pois a estrutura e motorização foram idealizados para suportar 200 kg totais, ou seja, 100 kg em cada trilho.

Foi fixado as extremidades do bloco, as quais são as partes que estão unidas a outros blocos. Posteriormente, foi aplicado uma malha média no bloco e realizado a simulação e os resultados são exibidos nas figuras 20, 21 e 22. Na figura 35 é mostrado as características do material, exibindo qual tipo de liga está sendo utilizado bem como o tratamento que passou, ainda mostra algumas configurações da simulação e propriedades do material utilizado.

Figura 35 - Propriedades do material

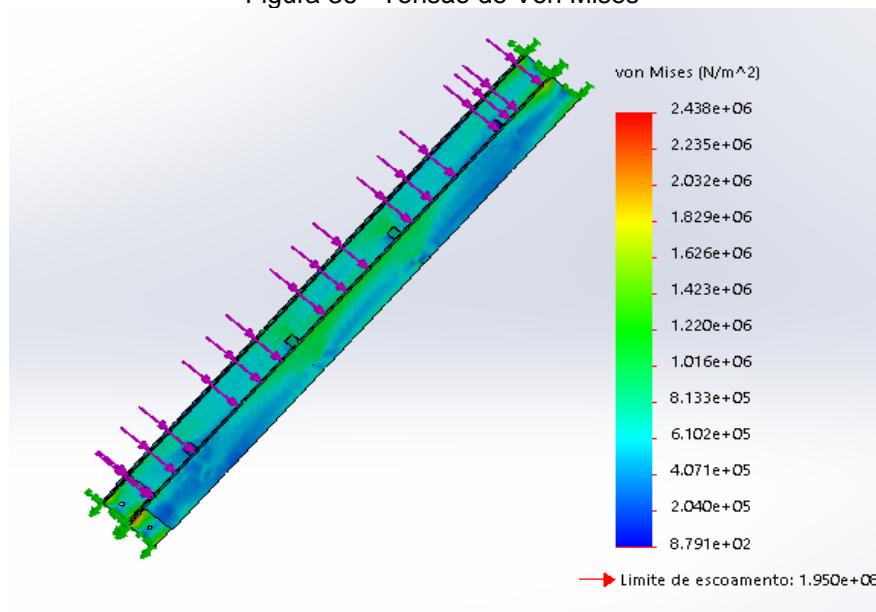
Referência do modelo	Propriedades	
	Nome: 5052-H32	
	Tipo de modelo: Isotrópico linear elástico	
	Critério de falha predeterminado: Tensão de von Mises máxima	
	Limite de escoamento: 1.95e+08 N/m ²	
	Resistência à tração: 2.3e+08 N/m ²	
	Módulo elástico: 7e+10 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson: 0.33	
	Massa específica: 2680 kg/m ³	
	Módulo de cisalhamento: 2.59e+10 N/m ²	
	Coefficiente de expansão térmica: 2.38e-05 /Kelvin	
	Dados da curva: N/A	

Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

A tensão de Von Mises é apresentada na figura 36, onde tem-se a representação do projeto com a carga aplicada e os pontos de fixação com a escala do grau de esforços. A coloração azul escuro está relacionada a um grau menor de tensão e as partes em vermelho as que mais sofreram tensão.

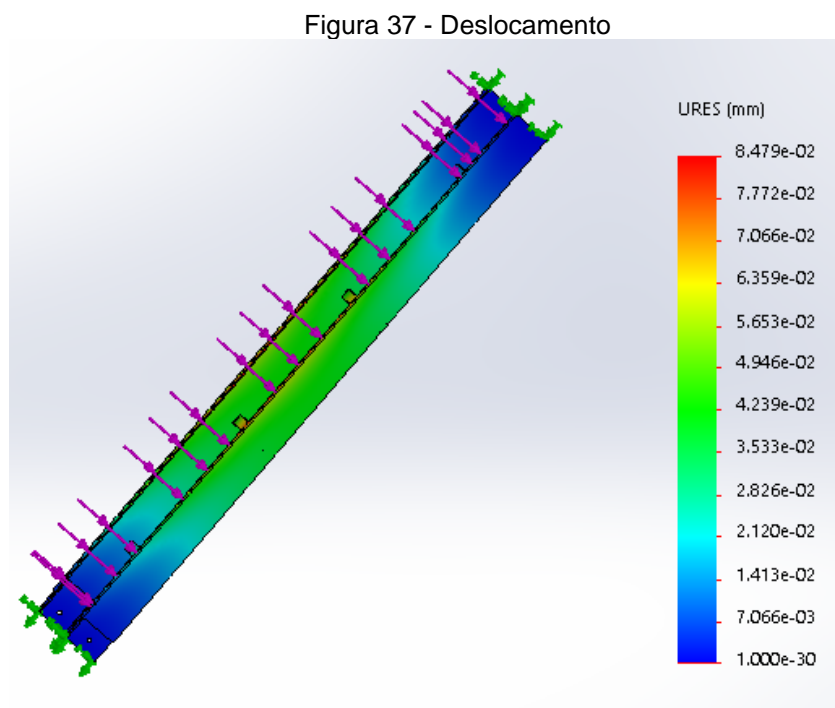
De acordo com a figura 36, a tensão de escoamento do material é igual a 1,950e8 (N/m²) e a tensão máxima sofrida pelo conjunto é 2,438e6 (N/m²), desta forma, o projeto suporta as tensões que está submetido.

Figura 36 - Tensão de Von Mises



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

A figura 37 exibe a deformação da estrutura, que mostra os pontos de aplicação de carga, fixação e a escala com coloração, representando os pontos de deslocamento, sendo azul escuro os pontos que menos deslocaram e vermelho os que mais deslocaram. Através dos resultados apresentados, é possível concluir que a estrutura suporta os esforços a qual é submetida.



Fonte: WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA, 2021.

Analisando os resultados, observa-se que foram satisfatórios, através da tensão de Von Mises, percebe-se que a estrutura possui uma tendência a suportar mais carga até chegar ao seu limite de escoamento. Com relação ao deslocamento, considera-se como insignificante para esse projeto, pois de acordo com a simulação foi mostrado deslocamento inferior a 1mm.

Tendo alcançado os objetivos com os resultados da simulação, foi possível dar início a execução do projeto, que é apresentado no próximo tópico.

ANEXO 2

WM-C150L13

MANUAL DO USUÁRIO E GARANTIA

**Elevador Portátil de
Carga WM**



WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. MOTIVOS DE ACIDENTE.....	2
2.1. PERDA DE ESTABILIDADE.....	3
2.2. MANUSEIO.....	4
2.3. USUÁRIO SUBIR PELA ESTRUTURA....	5
2.4. FALHA ESTRUTURAL.....	5
2.5. RISCOS ELÉTRICOS.....	5
3. LIMPEZA/LUBRIFICAÇÃO.....	6
4. INSTRUÇÕES.....	7
4.1. ANTES DO USO.....	7
4.2. POSICIONAR E MONTAR.....	9
4.3. USO DO ELEVADOR.....	14
4.4. ARMAZENAGEM.....	17
4.5. TRANSPORTE.....	19
4.6.MANUTENÇÃO.....	22
5. DICAS DE SEGURANÇA.....	22
6. INDICAÇÕES VISUAIS.....	26
7. GARANTIA.....	29

1. INTRODUÇÃO

O presente manual tem por objetivo fornecer instruções voltadas para a segurança do usuário, esclarecendo os métodos de utilização, conservação, manuseio e transporte de nossos produtos. Antes de utilizar o elevador de carga portátil, leia cuidadosamente estas instruções. Guarde este manual em local de fácil acesso para futuras consultas. A WM SOLUÇÕES E CONSULTORIA tem como prioridade que todos os produtos sejam utilizados como referência parâmetros e ensaios estabelecidos na norma brasileira ABNT-NBR 16308: 2014 e, quando solicitado, a norma ANSI A 14.5: 1992, levando em conta, a semelhança do elevador portátil de carga com as escadas portáteis contidas na norma.

2. MOTIVOS DE ACIDENTE

Elencamos os principais motivos de acidentes com a utilização do elevador portátil de carga. A seguir, estão os mais comuns, porém, com descuido ou mau uso podem existir outros riscos.

2.1. PERDA DE ESTABILIDADE

- a.** Posicionamento incorreto da estrutura do elevador portátil de carga, utilização do ângulo incorreto em relação a parede;
- b.** Deslizamento dos “pés” da estrutura, devido à falta de utilização da fixação dos pés, sempre travar os pés no chão a partir do orifício para esse fim;
- c.** Em consonância com o item (b), as condições do piso podem ocasionar perda de estabilidade, por exemplo, terreno inclinado, macio ou instável, pisos escorregadios ou superfícies sólidas contaminadas;

- d.** Deslizamento lateral, queda para os lados em função do excesso de altura ou apoio em uma superfície instável;
- e.** Condições climáticas adversas, como vento ou chuva em excesso. Sempre evitar a utilização do equipamento sob condições climáticas adversas;
- f.** Colisão com a estrutura do elevador portátil de carga, por exemplo, portas ou pessoas baterem por descuido;
- g.** Sobrecarga, utilização com carga acima do limite estipulado para o modelo de elevador portátil de carga.

2.2. MANUSEIO

- a.** No transporte do elevador portátil de carga ao local de trabalho;
- b.** Montando e desmontando o elevador portátil de carga, visto que algumas peças tem peso considerável;

- c. Durante o período de subida e descida de carga, devido à má fixação do objeto ao carro transportador.

2.3. USUÁRIO SUBIR PELA ESTRUTURA

A estrutura do elevador portátil de carga, foi feita unicamente para subir e descer o carro transportador com carga (painéis solares e materiais de construção civil, por exemplo). Os degraus tem somente função estrutural, sendo proibida a subida e descida de pessoas, neste caso existe risco gravíssimo de acidente.

2.4. FALHA ESTRUTURAL

- a. Condição ruim da estrutura do elevador portátil de carga, desgastada ou danificada, por exemplo;
- b. Sobrecarga durante a utilização.

2.5. RISCOS ELÉTRICOS

- a.** Estrutura não isolante posicionada próxima a equipamentos elétricos energizados;
- b.** Fios do painel de comando danificados resultando em fios desencapados, principalmente o cabo de energia ligado diretamente a uma tomada;
- c.** Má utilização do painel de comando, a tensão do painel de comando é de 220V.

3. LIMPEZA/LUBRIFICAÇÃO

A limpeza deve ser feita periodicamente, a fim de retirar quaisquer resíduos sobre as superfícies. Deve-se atentar sempre a limpeza dos encaixes entre um bloco e outro, evitando desgastes na estrutura.

Ainda, fazer periodicamente inspeções visuais em todos os componentes como, soldas, rodas, pés, tubos, cabo de aço, dentre outros, afim de evitar

que resíduos possam estar grudados e causar algum dano no funcionamento do equipamento.

Detalhes da limpeza e lubrificação do motoredutor devem seguir o manual do fabricante, o qual é entregue junto com o elevador portátil de carga.

4. INSTRUÇÕES

Antes da utilização do elevador portátil de carga é de extrema importância seguir as instruções do manual de usuário, leia atentamente e procure entender as ilustrações. A montagem é de simples entendimento e intuitiva.

4.1. ANTES DO USO

- a.** O elevador portátil de carga, não deve ser utilizado como escada para pessoas, sendo assim, é PROIBIDO subir pessoas pelos degraus da escada, bem como sobre o carro transportador;

- b. Verificar se o tipo e tamanho da escada está adequado ao trabalho a ser executado;
- c. Fazer inspeção visual da escada após a entrega/recebimento e no início de cada dia de trabalho, verificando se todos seus componentes (montantes, degraus, cinta, sistema de travamento, pés de apoio) estão em boas condições para uso;
- d. Não usar o elevador portátil de carga danificado;
- e. Antes da utilização do elevador portátil de carga, deve-se realizar uma avaliação de risco e teste de segurança, conforme exposto no **item 4.2 g.**;
- f. Não apoiar o elevador portátil de carga em vidraças, ou painéis cuja resistência seja desconhecida. Sempre verificar se o local de apoio suportará o elevador portátil de carga, bem como o carro transportador carregado;
- g. Sempre faça a fixação dos pés de apoio;

- h. Para alturas de elevação superiores a 3 metros, é necessário a utilização do suporte de apoio (tripé);
- i. Os suportes de blocos (os que estão apoiando os blocos sobre o telhado), devem ser posicionados com distância máxima, entre um suporte e outro de 75 cm;
- j. O primeiro suporte de bloco, não pode estar a uma distância superior a 75 cm do bloco cotovelo, para que este suporte de bloco de a sustentação necessária para a parte do elevador que está sobre o telhado.

4.2. POSICIONAR E MONTAR

- a. Posicionar o elevador portátil de carga em uma superfície estável e imóvel. O piso deve estar isento de gordura, óleo ou qualquer outra substância deslizante e possuir inclinação adequada conforme **Figura1**:
- b. A montagem dos blocos deve ser feita em solo e formar a estrutura da **Figura 1**, encaixando

um bloco estrutural (8) ao outro, travando a montagem com o uso do orifício entre um bloco e outro, com parafuso e porca adequados. A montagem completa segue a vista explodida da **Figura 2**, sendo intuitiva e facilitada;

- c. A passagem do cabo de aço deve acontecer saindo do guincho, passando pelo bloco cotovelo (7) pelas duas roldanas da direita, em seguida indo até a roldana de retorno, na volta, passar novamente pelo bloco cotovelo (7) agora pelas duas roldanas centrais, e voltando até o carro transportador (9), tendo esse um encaixe para o gancho do cabo de aço;
- d. O painel de comando conta com programação para parada por fins de curso;
- e. O painel de comando conta com uma botoeira com cabo, com botões de sobe, desce e emergência;

- f. O painel de comando deve ser ligado em rede monofásica 220V.

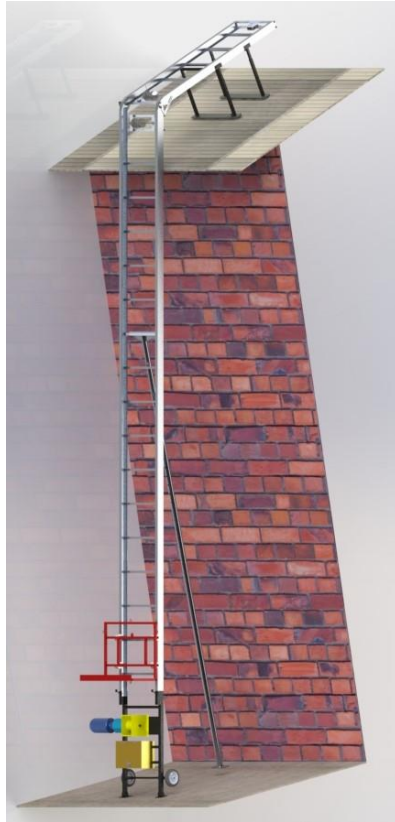


Figura 1

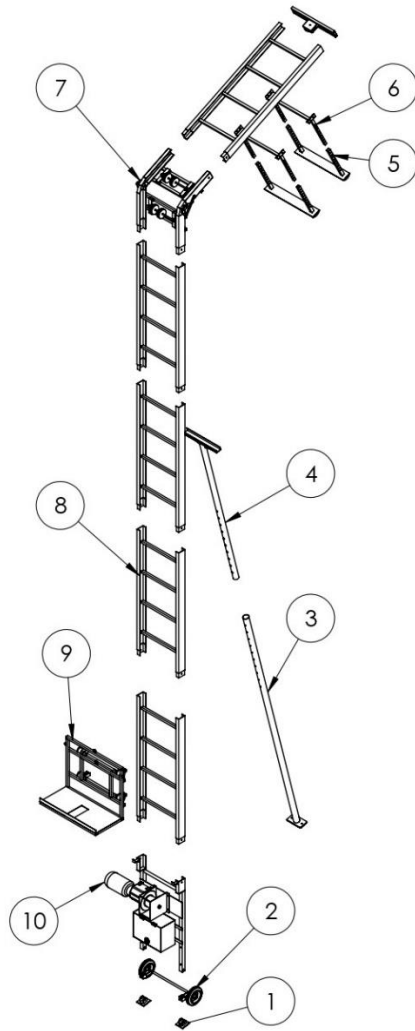


Figura 2

- g.** Antes da primeira elevação de carga, deve-se realizar um teste de estabilidade e segurança, colocando o elevador pra funcionar, subir e descer o carro transportador, SEM CARGA;
- h.** O elevador portátil de carga só pode ser utilizado depois da “elevação de segurança”, e visto que a estrutura se encontra estável;
- i.** Para facilitar a montagem, indica-se encaixar no chão, o bloco base com motor (10) nos blocos (8) até o bloco cotovelo (7), fazer a elevação até a parede/beiral desejado, e sobre o telhado montar o último bloco do elevador, com a roldana de retorno e os suportes de bloco (5 e 6);
- j.** O carro transportador (9) deverá ser posicionado sobre os pilares da estrutura do elevador portátil de carga, e deve ser encaixado no primeiro bloco estrutural (8), que encontra-se acima do bloco base, posteriormente encaixar o bloco estrutural (já

com o carro) no bloco base, o carro transportador possui suas rodas fabricadas em formato adequado;

- k.** A montagem do suporte de apoio (tripé) (3 e 4) conforme **Figura 2** é feita encaixando um tubo dentro do outro, a regulagem de altura desejada feita com pino (parafuso e porca), e por fim encaixando o tripé no degrau adequado conforme **Figura 2**;
- l.** A montagem dos suportes de bloco (5 e 6) conforme **Figura 2**, é feita encaixando um tubo dentro do outro, a regulagem de altura desejada feita com pino (parafuso e porca);
- m.** O elevador portátil de carga nunca pode ser reposicionado quando estiver em uso. Para reposicionamento, deve ser desligado da energia e esvaziado o carro transportador;
- n.** Ao posicionar o elevador portátil de carga, deve-se isolar um perímetro de 3 metros a sua volta;

- o.** É PROIBIDO sobre qualquer circunstância passagem ou parada de pessoa(s) em baixo do elevador portátil de carga, enquanto estiver em funcionamento;
- p.** O elevador portátil de carga não pode ser posicionado e utilizado em superfícies escorregadias.

4.3. USO DO ELEVADOR PORTÁTIL DE CARGA

- a.** Não exceder a carga máxima total especificada para o elevador portátil de carga;
- b.** Seguir todas as instruções referente ao uso do suporte de apoio (tripé);
- c.** Seguir todas as instruções referente ao uso do suporte de bloco;
- d.** É PROIBIDO subir pessoas pelo elevador portátil de carga;
- e.** Não usar o elevador portátil de carga em ambiente externo em condições climáticas adversas, como vento forte, chuvas e raios;

- f.** Não é permitido a utilização por crianças;
- g.** Sempre ficar atento quando o elevador portátil de carga estiver em funcionamento;
- h.** Eventuais cargas (equipamentos e ferramentas) deverão ser transportadas seguindo as recomendações do carro transportador, e sempre utilizando o carro transportador adequado para cada tipo de carga;
- i.** Verificar a tensão elétrica adequada para o elevador portátil de carga (220 V);
- j.** Seguir todas instruções de uso do elevador portátil de carga, como os métodos de armazenagem, manuseio e montagem. Sempre se atentar aos riscos de utilização do equipamento.

4.4. ARMAZENAGEM

Para aumentar a vida útil do elevador portátil de carga, é necessário seguir procedimentos de armazenagens adequados como:

- a. O elevador portátil de carga deve ser mantido em local abrigado, seco, com boa ventilação e que permita fácil acesso. Se possível, manter as mesmas na embalagem original até a primeira utilização;
- b. Os blocos devem ser fixados desencaixados um do outro, em paredes na posição horizontal, com dois suportes de apoios, onde deve-se apoiar a viga U estrutural do bloco, como a **Figura 3**;

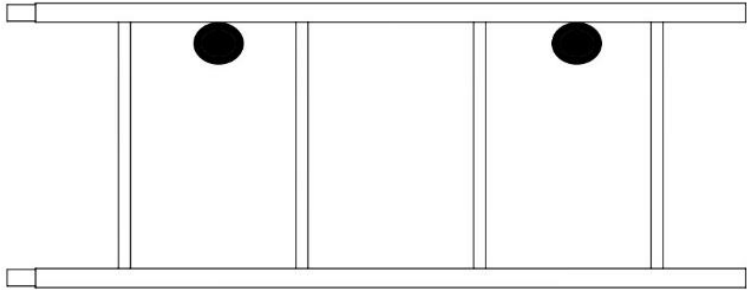


Figura 3

- c.** O bloco base deve ser armazenado como em posição de utilização, sobre os pés e escorado em parede. **SOMENTE** o bloco base;
- d.** Evitar permanência sobre os veículos de transporte, principalmente se esses tiverem garagem ao ar livre (podendo ficar na chuva);
- e.** Não guardar o elevador portátil de carga em local onde são armazenados ou manipulados líquidos inflamáveis;
- f.** Não armazenar blocos do elevador portátil de carga que apresentem algum defeito, mas sim

identifica-los como defeituosos e encaminhar para os devidos reparos.

4.5. TRANSPORTE

4.5.1. PELO USUÁRIO

Os blocos estruturais devem ser transportados no ombro (**Figura 4**) e prestar a máxima atenção:

- Ao transportar próximo a portas;
- Entre máquinas ou carros;
- Em esquinas;
- Onde a visão é limitada.

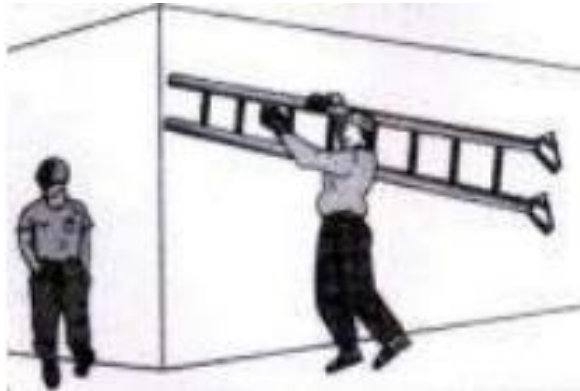


Figura 4

- a. Os blocos estruturais e bloco cotovelo podem ser transportados por uma única pessoa, **Figura 5**;



Figura 5

- b. O bloco base pode ser transportado por uma única pessoa, utilizando as rodas, como um “carro armazém de carga”, conforme **Figura 6**;



Figura 6

4.5.1. EM VEÍCULOS

- c. No transporte em veículos, utilizar suporte apropriado com apoios de borracha protetora;
- d. Os blocos devem ser acomodados da melhor maneira possível de modo a evitar perigo;
- e. O bloco base deve ser transportado seguramente, de modo a evitar choques/batidas do motoredutor, guincho e

painel de comando, estes com componentes frágeis;

4.6. MANUTENÇÃO

As escadas devem ser reparadas sempre que apresentarem quaisquer defeitos, alguns exemplos a seguir:

- a.** Reparos e manutenção nos montantes só poderão ocorrer sob orientação ou parecer do fabricante;
- b.** Cinta de amarração danificada;
- c.** Sistema de travamento, roldana, cabo de aço e estrutura dos blocos com trincas ou danificações;
- d.** Motoredutor e ou guincho folgados, com falhas visíveis ou sonoras;
- e.** As roldanas deverão ser recolocadas e substituídas por outra de igual qualidade às originais, quando apresentarem defeitos.

5. DICAS DE SEGURANÇA

O uso do elevador portátil de carga é uma atividade séria que envolve riscos de acidentes graves e/ou fatais. Para garantir o máximo de segurança, siga as regras básicas de utilização. Veja alguns exemplos ilustrativos:

Utilize sempre EPIs (**Figura 7**).



Figura 7

Monte sempre o bloco base do elevador portátil de carga sobre uma superfície plana, seca e estável (**Figura 8**).

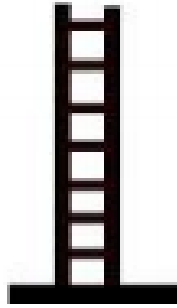


Figura 8

Respeite a capacidade de carga sobre o carro transportador de **150 kg (Figura 9)**. Por exemplo, para elevação de painéis solares com 25 kg de peso, elevar somente 6 painéis por vez.



Figura 9

A estrutura do elevador portátil de carga, apesar do formato de escada, **NÃO** deve ser utilizada para subida de pessoas (**Figura 10**).



Figura 10

Estruturas de alumínio conduzem corrente elétrica, portanto não utilize próximo a redes elétricas e fios desencapados (**Figura 11**).



Figura 11

Verifique sempre o estado do elevador portátil de carga está em boas condições de uso (**Figura 12**), fique atento a peças soltas ou danificadas, parafusos mal encaixados, pés não fixados no chão, etc.



Figura 12

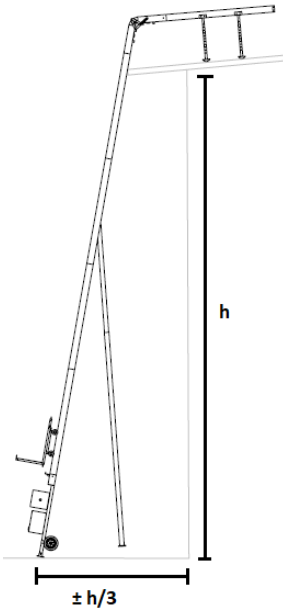
6. INDICAÇÕES VISUAIS



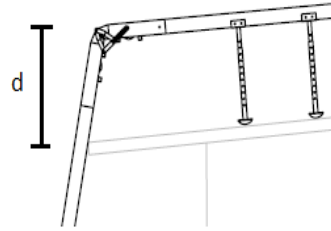
Carga máxima



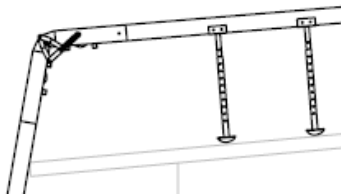
Leia as instruções de
uso



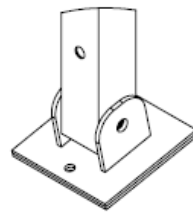
Ângulo aconselhado de
inclinação (h e $\pm h/3$)



Ultrapasse a escada do
nível de utilização



Apoe os blocos sobre o
telhado



Fixe o bloco base no
chão



Não utilize em superfícies
contaminadas



Não utilize em
superfícies irregulares



Não utilize em superfícies
desniveladas



Proibido subir pessoas
pela estrutura do
elevador

7. GARANTIAS

- a.** Estrutural contém: blocos estruturais em alumínio, bloco base em aço, guincho, suportes do bloco final, tripés de sustentação, roldanas do bloco cotovelo, roldana de retorno e sua estrutura. Possuem garantia de 6 (seis) meses contra defeitos de fabricação e durabilidade em condições normais de uso;
- b.** Motorização contém: motor, com garantia própria do fabricante (WEG). Redutor, com garantia própria do fabricante;
- c.** Automação elétrica contém: componentes do painel de comando, como, inversor de frequência, contadores, disjuntores, botoeira e fins de curso, com garantia dos fabricantes de cada equipamento.