



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



MATEUS ALVES CARVALHO RAMOS

**MODELAMENTO DE UMA CAMA HOSPITALAR COM
REGULAGEM DE ALTURA, DORSO E PERNAS**

**OURO PRETO - MG
2019**

MATEUS ALVES CARVALHO RAMOS

mateus.ramos.2012@hotmail.com.br

**MODELAMENTO DE UMA CAMA HOSPITALAR COM
REGULAGEM DE ALTURA, DORSO E PERNAS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Professor orientador: DSc. Diogo Antônio de Sousa

OURO PRETO – MG

2019

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R175d Ramos, Mateus Alves Carvalho .
Modelamento de uma cama hospitalar com regulagem de altura, dorso e
pernas. [manuscrito] / Mateus Alves Carvalho Ramos. - 2019.
63 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Diogo Antônio de Sousa.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas.

1. Camas - Leitos hospitalares. 2. Ergonomia. 3. Conforto humano. 4.
Hidráulica. 5. Processos de fabricação - Fatores humanos. I. Sousa, Diogo Antônio
de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB:1716

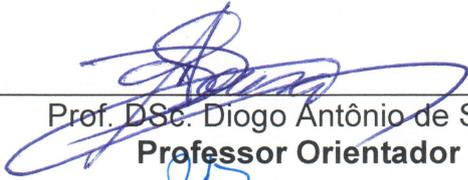


UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

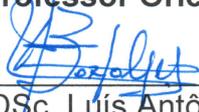
ATA DA DEFESA

Aos 04 dias do mês de Dezembro de 2019, às 19h 00min, na sala 8, localizada na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia do aluno Mateus Alves Carvalho Ramos, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Prof. DSc. Diogo Antônio de Sousa, Prof. DSc. Luís Antônio Bortolaia e Prof. MSc. Caio César de Souza Pereira. O candidato apresentou o trabalho intitulado: “**Modelamento de uma cama hospitalar com regulagem de altura dorso e pernas**”, sob orientação do Prof. DSc. Diogo Antônio de Sousa. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o aluno APROVADO.

Ouro Preto, 04 de Dezembro de 2019.



Prof. DSc. Diogo Antônio de Sousa
Professor Orientador



Prof. DSc. Luís Antônio Bortolaia
Professor Avaliador



Prof. MSc. Caio César de Souza Pereira
Professor Avaliador



Mateus Alves Carvalho Ramos
Aluno

A todos que torceram por mim e me apoiaram ao longo dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, por sempre me incentivar a ir além e por me mostrarem que com dedicação e determinação é possível conquistar todos os nossos sonhos. Obrigado por acreditarem em mim.

À minha namorada Laryssa, meus irmãos, Vanessa e Vinícius, aos amigos e familiares por serem tão presentes e dividirem comigo todos os desafios dessa caminhada. Obrigado por todo apoio e torcida.

Ao professor Diogo Antônio de Sousa pela orientação durante o desenvolvimento desse trabalho e por sempre me mostrar novos caminhos e aprendizados nos momentos difíceis.

Agradeço à UFOP, em especial, aos professores do DEMEC por todo o ensinamento e por permitirem uma formação profissional de qualidade.

Por fim, agradeço aos meus colegas da Universidade, em especial do curso de Engenharia Mecânica, por tornarem essa caminhada mais leve e por me ajudarem no meu crescimento pessoal e profissional.

“Cum mente et malleo”

Henry Gorceix

RESUMO

RAMOS, Mateus Alves Carvalho. Modelamento de uma Cama Hospitalar com regulagem de altura dorso e pernas. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto. 63 páginas. 2019.

Hospitais e Postos de Saúde nem sempre são capazes de fornecer a estrutura adequada para proporcionar conforto aos seus pacientes e contribuir com a ergonomia de seus colaboradores. É de extrema importância a difusão dos aspectos ergonômicos e de segurança do trabalho entre os trabalhadores de enfermagem, com o intuito de incentivar um pensamento sistêmico a respeito dos efeitos do dia-a-dia do trabalho sobre a saúde. Esse estudo tem como finalidade realizar a modelagem de uma cama hospitalar com regulagem de altura, dorso e pernas, visando possibilitar ao paciente posicionar-se corretamente em caso de procedimentos específicos e trazer a ele conforto durante o dia, bem como auxiliar os colaboradores nas atividades a serem realizadas, posicionando o enfermo de forma mais acessível, contribuindo para a ergonomia do procedimento. Na pesquisa serão abordados conhecimentos das áreas de projetos mecânicos, elementos de máquinas, resistência dos materiais, propriedades mecânicas dos materiais e processos de soldagem. Após estudo prévio sobre as especificações técnicas atribuídas ao projeto, um modelamento 3D foi feito a fim de auxiliar no desenvolvimento de componentes e mecanismos que se fazem necessários, com o objetivo de criar uma solução inovadora no que diz respeito ao método de acionamento. Um atuador hidráulico disponível no mercado brasileiro foi utilizado como ferramenta principal. A partir dela outras estruturas foram dimensionadas. Então, o presente trabalho tem como intuito mostrar o modelamento de uma cama hospitalar com acionamento hidráulico.

Palavras-chave: Hospitais, Paciente, Conforto, Agente de saúde, Ergonomia, Cama, Regulagem, Hidráulica, Acionamento, Modelamento.

ABSTRACT

RAMOS, Mateus Alves Carvalho. Modeling of a hospital bed with adjustment of height, back and legs. Bachelor degree in Mechanical Engineering. School of Mining. Federal University of Ouro Preto. 63 pages. 2019.

Hospitals and Health Posts are not always able to arrange the right structure to provide comfort to their patients and contribute to the ergonomics of their staff. The dissemination of ergonomic and occupational safety aspects among nursing workers is extremely important, in order to encourage systemic thinking about the effects of day-to-day work on health. With the purpose to help with these questions, this study aims to model a hospital bed with height, back and leg adjustment, in order to enable the patient to position correctly in case of specific procedures and bring him comfort during the day, as well to assist the collaborators in the activities to be performed, positioning the patient more accessible, contributing to the ergonomics of the procedure. This research will cover knowledge of mechanical design areas, machine elements, material strength, mechanical properties of materials and welding processes. After a previous study on the technical specifications attributed to the project, a 3D model was done in order to assist in the development of necessary components and mechanisms, in order to create an innovative solution regarding the drive method. A hydraulic actuator available in the Brazilian market was used as the main tool, from it other structures were dimensioned. So, the present work aims to show the modeling of a hospital bed with hydraulic drive.

Keywords: *Hospitals, Patient, Comfort, Healthcare Worker, Ergonomics, Bed, Adjustment, Hydraulics, Drive, Modeling.*

LISTA DE SÍMBOLOS

- A – Área [m^2]
d – Derivada, diâmetro [m]
E - Módulo de elasticidade, módulo de Young [MPa]
F – Força [N]
G - Módulo de rigidez [MPa]
I - Momento de massa de inércia [$kg.m^2$]
J - Segundo momento polar de área [m^4]
k - Razão de mola [N/m]
l – Comprimento [m]
lim – Limite
M – Momento [N.m]
q - Carga distribuída [N/m]
r – Raio [m]
T – Torque [N.m]
V - Força cortante [N]
x – Distância [m]
 θ - Ângulo de torção [°]
y – Deflexão [m]
 ϵ - Deformação [m]
 δ - Desvio, Alongamento [m]
 π - Pi
 ρ - Raio de curvatura [m]
 Σ - Somatório
 τ - Tensão de cisalhamento [MPa]
 τ_{max} - Tensão de cisalhamento máxima [MPa]
 σ - Tensão normal [MPa]

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - HM.2004M – Cama Fawler 3 manivelas com elevação de altura.....	5
Figura 2 - Movimentos cama Fawler 3 manivelas com elevação de altura.....	5
Figura 3 - HM.2001C – Cama Fawler super luxo 2 manivelas.....	6
Figura 4 - Movimentos cama Fawler super luxo 2 manivelas.....	6
Figura 5 - Exemplo diagrama de corpo livre em trem de engrenagens.....	9
Figura 6 - Diagrama de corpo livre de uma viga simplesmente apoiada, com V e M nas direções positivas.....	10
Figura 7 - Convenção de sinais	10
Figura 8 - Funções de singularidade.....	11
Figura 9 - Distribuição de forças internas (tensão).....	12
Figura 10 – (a) Tensão geral tridimensional. (b) Tensão plana com componentes de cisalhamento contrárias de igual magnitude.....	13
Figura 11 - Fórmulas para a tensão máxima de cisalhamento decorrente de flexão.....	14
Figura 12 - Tipos de mola.....	15
Figura 13 - Exemplo de diagramas devido a uma carga distribuída	18
Figura 14 - Princípio da Prensa Hdráulica.....	19
Figura 15 - Esquema de um Cilindro Hidráulico	20
Figura 16 - Cilindro Simples com retorno por mola	21
Figura 17 - Cilindro Simples com retorno por força de carga.....	21
Figura 18 - Cilindro de dupla ação	22
Figura 19 - Cilindro de dupla ação com amortecimento de fim de curso	22
Figura 20 - Estrutura de base da cama hospitalar	29
Figura 21 - Esticador Hidráulico 10 TON MEH-6 MARCON	30
Figura 22 - Modelo do esticador	31
Figura 23– Bloco de válvulas	31
Figura 24– Válvula de esfera.....	32

Figura 25 - Projeto Hidráulico da Cama Hospitalar	32
Figura 26 - Modelo final da cama hospitalar.....	33
Figura 27 - Modelo final da cama: vista lateral.....	34
Figura 28 - Regulagem de elevação do dorso: vista lateral.....	35
Figura 29 - Elevação do dorso: vista frontal.....	36
Figura 30- Regulagem de angulação das pernas	37
Figura 31– Mecanismo de elevação do leito	38
Figura 32 - Curso de elevação de altura	39
Figura 33- Cabeceira Inferior	40
Figura 34– Instruções de operação da cama.....	40
Figura 35 - Malha gerada e condições de contorno ANSYS.....	42
Figura 36- Simulação de esforços estática	42
Figura 37– Regulagem de angulação do dorso.....	43
Figura 38 - Regulagem de angulação das pernas	43
Figura 39– Mecanismo de elevação do leito	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis e Indicadores	26
Tabela 2 – Especificações técnicas da cama hospitalar proposta	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Geral	3
1.3.2	Específicos.....	3
1.4	Estrutura do Trabalho	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	Cama hospitalar	4
2.2	Ergonomia	7
2.3	Risco de quedas	8
2.4	Análise estrutural.....	9
2.4.1	Equilíbrio e Diagramas de Corpo Livre	9
2.4.2	Força de Cisalhamento e Momentos Fletores em Vigas	9
2.4.3	Funções de singularidade.....	10
2.4.4	Tensão.....	11
2.4.5	Componentes Cartesianos da Tensão	12
2.4.6	Deformação Elástica.....	13
2.4.7	Tensões de Cisalhamento em Vigas de Secção Padronizada	14
2.4.8	Torção.....	14
2.4.9	Razões de Mola	15
2.4.10	Tração, Compressão e Torção	16
2.4.11	Deflexão por Flexão	16
2.5	Sistemas Hidráulicos	18
2.5.1	Lei de Pascal.....	18
2.5.2	Cilindros Hidráulicos.....	19
2.6	Modelagem em software CAD.....	22
2.6.1	MEF – Método dos Elementos Finitos	23
3	METODOLOGIA.....	24
3.1	Tipo de Pesquisa.....	24

3.2	Materiais e Métodos	24
3.3	Variáveis e Indicadores	25
3.4	Considerações Finais do Capítulo	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1	Dimensionamento	28
4.2	Método de acionamento.....	29
4.3	Modelo proposto.....	33
4.3.1	Regulagem da angulação do dorso	34
4.3.2	Regulagem da angulação das pernas	36
4.3.3	Elevação de altura.....	37
4.3.4	Utilização.....	39
4.4	Simulação de esforços	41
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	45
5.1	CONCLUSÕES	45
5.2	RECOMENDAÇÕES.....	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Neste primeiro capítulo é realizada uma introdução ao tema proposto por este trabalho de conclusão de curso, a fim de promover uma familiarização com o problema que impulsionou o mesmo. A seguir, tem-se uma descrição da formulação do problema, da justificativa, dos objetivos e da estrutura do trabalho que será desenvolvido.

1.1 Formulação do Problema

Segundo Fonseca e Ferreira (2008), a saúde, juntamente com a educação, a alimentação e a liberdade são direitos fundamentais do ser humano, questões essenciais para a qualidade de vida. Os autores afirmam que, no Brasil, desde a década de 1990, existe uma preocupação por parte de pesquisadores da área de saúde e dos chefes de governo em verificar a qualidade e a eficácia da prestação dos serviços de saúde no setor público.

Inúmeras e constantes são as tentativas de ampliação de mecanismos que levem à otimização dos serviços públicos de saúde e ao acesso dos usuários a todos os níveis de atenção do sistema (FADEL *et al.*, 2009). Os autores ressaltam que esta questão assume forte complexidade se consideradas as desigualdades geográficas, culturais e socioeconômicas que permeiam o país.

Neste cenário, é possível observar que as diversas instituições públicas que compõem o sistema de saúde do país enfrentam significativos desafios. O investimento em infraestrutura pode ser considerado fator relevante para possibilitar a adequação dos espaços físicos e favorecer o atendimento à população.

Hospitais e postos de saúde muitas vezes não são capazes de proporcionar conforto aos seus pacientes, e fornecer a estrutura adequada para a ergonomia de seus colaboradores. De acordo com Alexandre (1998), a ergonomia tem sido difundida como uma das mais importantes estratégias para reduzir os problemas originados por situações de trabalho, que causam doenças no sistema musculoesquelético. Considera-se, então, de primordial importância, que seja difundido entre os trabalhadores de enfermagem aspectos ergonômicos e de segurança de trabalho com a finalidade de incentivar o desenvolvimento de uma consciência crítica em relação aos efeitos do ambiente de trabalho sobre a saúde.

Geralmente as camas hospitalares mais utilizadas nesses locais possuem somente as opções de elevações ou rebaixamentos de parte do leito e tem cerca de 600 mm de altura.

Segundo uma pesquisa sobre avaliação de risco e incidência de queda no ambiente hospitalar, 41,7% dos episódios ocorrem no momento de descer da cama (VITOR e ARAÚJO, 2011). É comum pacientes com dificuldades de locomoção e/ou baixa estatura não conseguirem descer das camas sozinhos, necessitando da ajuda de familiares, amigos ou mesmo dos funcionários da instituição.

Buscando atenuar esses problemas, esse projeto teve como objetivo projetar uma cama hospitalar com regulagem de altura, dorso e pernas. É importante salientar que esse equipamento conta com diversos níveis de regulagem, o que proporcionará ao paciente permanecer exatamente na posição recomendada para uma melhor recuperação, além de evitar refluxos e favorecer a respiração. Será, ainda, uma ferramenta capaz de auxiliar os enfermeiros e parentes proporcionando maior praticidade nos cuidados aos pacientes.

Na pesquisa são abordados conhecimentos das áreas de projeto mecânico, elementos de máquinas, resistência dos materiais, propriedades mecânicas dos materiais e processos de soldagem. Logo, diante do contexto, tem-se a seguinte questão problema:

Como modelar uma cama hospitalar capaz de proporcionar maior conforto aos pacientes e contribuir para a ergonomia dos agentes de saúde?

1.2 Justificativa

A principal motivação desse trabalho é contribuir para minimizar as quedas de pacientes hospitalares em situações de entrada e saída da cama, facilitando sua movimentação ao fornecer regiões de apoio e regulando a altura do leito.

Uma cama hospitalar pode ser considerada essencial na recuperação de pacientes pois possui a finalidade de promover conforto, segurança e praticidade para o cuidador e para a equipe de enfermagem e fisioterapia. Projetada com características adequadas é capaz, ainda de oferecer posicionamentos ao paciente que propiciam melhora na ventilação e perfusão pulmonar, aumento da circulação e redução do risco de trombos e úlceras de pressão (HOSPITEL, 2019).

Tendo em vista a dificuldade econômica de muitas casas de saúde, esse trabalho visa a criação de um produto com um valor de investimento mais baixo. Segundo Missio e Junior (2014), os motivos pelos quais as enfermarias hospitalares ainda adquirem as camas com as pernas rígidas (sem ajuste de altura) são o baixo custo desses produtos e por serem de fácil

utilização, se comparados às camas motorizadas de controles, cujo valor é mais elevado e pode tornar o uso por terceiros (famílias dos pacientes) restrito.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Projetar uma cama hospitalar com regulagem de altura, dorso e pernas.

1.3.2 Específicos

- Estudar e aplicar os quesitos de segurança em camas hospitalares;
- Determinar a cinemática, os mecanismos e materiais a serem utilizados com foco em baixo custo de fabricação, mas que atendam às necessidades;
- Modelar a cama utilizando um software CAD;
- Melhorar o conforto de pacientes e favorecer a ergonomia dos agentes de saúde.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em capítulos como forma de organizar a abordagem de todo o conteúdo a ser explorado. O primeiro consiste na apresentação do tema proposto e da perspectiva da análise a ser realizada, através da formulação do problema, da justificativa da realização do trabalho e dos objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo trata da fundamentação teórica de cada objeto de estudo envolvido na análise técnica e das normas de segurança a serem atendidas pelo projeto. Sendo ele fundamental para a formação da base teórica de conceitos técnicos e para a coleta de informações pertinentes e de interesse no desenvolvimento do presente trabalho, usando como referência a literatura e trabalhos já concluídos.

No terceiro capítulo tem-se a descrição de toda a metodologia empregada para projetar a estrutura mecânica da cama. É nesta etapa que será detalhado os dados de entrada, os cálculos e os mecanismos a serem utilizados.

No quarto capítulo são apresentados os resultados da construção da cama hospitalar. Suas especificações técnicas, de segurança, manutenção e modo de funcionamento.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as conclusões referentes ao projeto realizado e as sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cama hospitalar

Tendo em vista a importância de proporcionar condições mais adequadas para a recuperação de enfermos, a evolução contínua da infraestrutura das casas de saúde torna-se imprescindível. Nos últimos anos, podem ser verificados alguns avanços relacionados aos mobiliários de hospitais e postos de saúde. Entretanto, não havia um conjunto de normas técnicas que regulamentassem suas condições ideais. Segundo a Secretaria Nacional de Ações Básicas de Saúde (1985), este é um importante instrumento para aumentar a eficiência e eficácia dos serviços de saúde, pois proporciona mais organização e melhor atendimento aos novos estabelecimentos.

Ao analisar o histórico do mobiliário das instituições de saúde, observa-se que, inicialmente, os doentes permaneciam em redes que, aos poucos foram descartadas e substituídas por macas. Após o uso das macas, os estudos para melhorias em relação ao tamanho das mesmas tornaram-se mais especializados e foram desenvolvidas macas maiores. Com o surgimento de novas necessidades e com o passar das décadas, foram adicionadas abas laterais para que o paciente não sofresse acidentes tais como quedas e a utilização das macas tornou-se mais específica, focados em possibilitar a mobilidade do paciente pela instituição (MISSIO e JÚNIOR, 2014).

O emprego de mecanismos de regulagem manual, sendo as manivelas as mais usuais, trouxe a possibilidade de posicionar o dorso e as pernas de acordo com a necessidade dos pacientes. Esse mecanismo é amplamente utilizado nos hospitais brasileiros, além de ser simples e de fácil manuseio. Existem diversos modelos de camas hospitalares, sendo elas, elétricas, mecânicas ou híbridas. Considerando o alto custo das camas elétricas e híbridas, temos como a opção economicamente mais viável as camas mecânicas. Dentro dessa categoria, ainda existem vários tipos, cada um com diferentes graus de liberdade, mecanismos de regulagem e *design*. (SCORDAMAGLIO, 2012)

Nas Figura 1, 2 e 3 estão apresentados alguns modelos de camas disponíveis no mercado brasileiro. A Figura 1 representa uma cama tipo Fawler com 3 manivelas de regulagens: dorso, pés e altura em relação ao solo. Essa cama tem as dimensões de 2,10 x 1,05m (externa) e 1,90 x 0,90m (interna) de comprimento e largura com altura de 0,68m e capacidade de carga de 1800N. Possui as opções de regulagem conforme representado na Figura 2.



Figura 1 - HM.2004M – Cama Fawler 3 manivelas com elevação de altura.

Fonte: Hospimetal (2017)



Figura 2 - Movimentos cama Fawler 3 manivelas com elevação de altura.

Fonte: Hospimetal (2017)

A Figura 3 representa uma cama tipo Fawler super luxo 2 manivelas, com as seguintes características: dimensões externas com 2,10 x 1,05 m, internas com 1,90 x 0,90 m, altura de 0,68 m e capacidade de 180kg. Possui as opções de regulagem conforme representado na Figura 4.



Figura 3 - HM.2001C – Cama Fawler super luxo 2 manivelas.

Fonte: Hospimetal (2017)

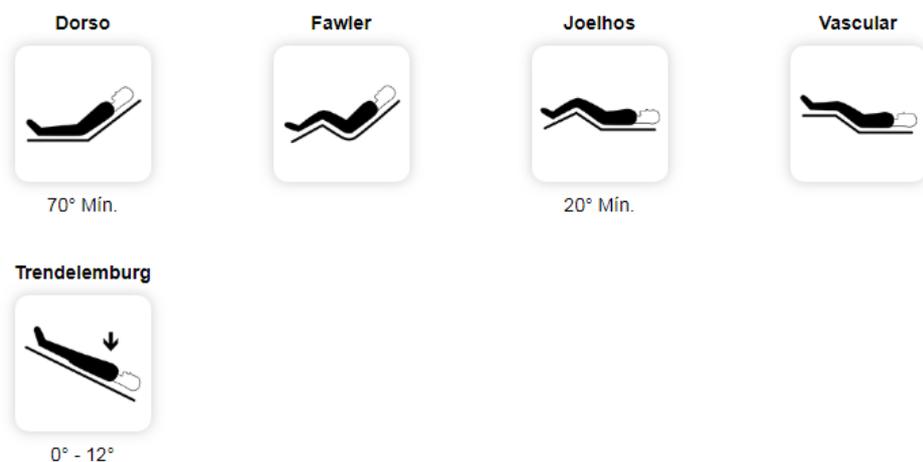


Figura 4 - Movimentos cama Fawler super luxo 2 manivelas.

Fonte: Hospimetal (2017)

Comparando os dois modelos de cama, observa-se que, apesar de apresentarem as dimensões externas e internas, altura e capacidade máxima idênticas, dentre as opções de movimento da cama tipo HM.2001C, não existe a regulação de elevação do leito, diferentemente da HM2004.M.

Considerando os modelos de cama apresentados, far-se-á um resumo das principais posições de camas hospitalares. (MOBRAZ, 2015-2019)

- Posição Fowler: É uma posição da cama hospitalar em que o paciente fica semi-sentado, em que a cabeceira fica posicionada entre 30° e 90°;
- Posição Semi-Fowler: Neste caso a cabeceira da cama hospitalar é posicionada em um ângulo de até 30°. Tem como finalidade reduzir a falta de ar, assistir na drenagem do pulmão, auxiliar na recuperação de cirurgias abdominais, prevenir a aspiração de líquidos e secreção em pacientes com nível de consciência reduzidos;
- Posição Sentado: Posiciona-se o apoio das costas da cama hospitalar em 90° desta forma o paciente ficará sentado na cama. Tem como finalidade colocar o paciente sentado na cama hospitalar quando o objetivo do tratamento é melhorar a ventilação pulmonar.
- Posição Vascular: Este posicionamento é aquele no qual a região das pernas é elevada fazendo com que as pernas fiquem em uma altura maior em relação ao tronco, com uma leve flexão do joelho e quadril. Em muitos casos o paciente acamado sofre com a baixa circulação nos membros inferiores ocasionando o edema (inchaço), e o surgimento de feridas (escaras), com a cama hospitalar na posição vascular ou elevação das pernas, consegue-se diminuir essas complicações.

Deve-se ressaltar a relevância dos modelos de camas hospitalares que possibilitam a elevação e o rebaixamento do leito, permitindo que o paciente acesse a cama com mais conforto e segurança, uma vez que a altura do leito pode ser ajustada a estatura do paciente. No entanto, quando necessário a cama pode ser elevada proporcionando conforto (ergonomia) e agilidade aos profissionais da saúde no trato do paciente. (MOBRAZ, 2019)

2.2 Ergonomia

Em 2000, no Congresso Internacional de Ergonomia, passou a ser adotado o seguinte conceito:

É a disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos, a projetos que visam otimizar o bem estar humano e a performance global dos sistemas. (International Ergonomics Association, 2000)

Existem diversos fatores que influenciam a ergonomia dos agentes de saúde. Segundo Pinho *et al.* (2001) os principais estão divididos em 3 grupos. O primeiro abrange os fatores traumáticos individuais, que são: idade, sexo, condições socioeconômicas, sedentarismo, alterações musculo ligamentares e fatores psicológicos. O segundo leva em conta os fatores traumáticos profissionais, que são: manutenção de uma mesma postura por tempo prolongado

e o levantamento e manuseio de pacientes e cargas. O terceiro grupo contém os fatores ergonômicos, que são: exigências da tarefa, equipamentos e mobiliários, organização e execução do trabalho, especialidades, tempo de serviço e condições de trabalho.

Corroborando os fatores mencionados, Alexandre (1998) afirma que os mobiliários inadequados, os equipamentos sem manutenção ou mesmo a falta desses são os principais fatores ergonômicos que contribuem para as dores nas costas. Destaca, ainda, que as principais queixas da equipe de enfermagem com relação a equipamentos e mobiliários são: berços, camas e macas baixos e próximos uns dos outros, pesados e sem rodízios; local improvisado para fazer anotações; pia baixa, entre outros. Percebe-se, portanto, que dentre os fatores ergonômicos que impactam a saúde dos profissionais, os mobiliários utilizados são de fundamental importância.

Tendo como objetivo minimizar os efeitos das funções desempenhadas pelos agentes de enfermagem, uma cama ergonomicamente adequada nesse sentido, possui a opção de elevação do leito, o que facilita o trabalho dos funcionários, sendo que, com esse tipo de movimentação, a cama será capaz de se ajustar às diferentes alturas dos profissionais e assim, não exigindo esforços demasiados.

2.3 Risco de quedas

O acidente mais notificado a nível hospitalar e nos cuidados continuados é a queda do doente, da qual cerca de 5% resulta em fraturas e 5% a 11% em outros danos graves (PERELL *et al.*, 2001).

As quedas de pacientes hospitalizados são influenciadas por inúmeros fatores, incluindo, comumente, a instabilidade para a caminhada; alteração do estado mental; incontinência urinária e/ou fecal; uso de drogas psicoativas; história prévia de queda e falta de segurança do ambiente. Sobre os fatores de risco para o paciente, relacionados ao ambiente, merece destaque a presença de cama com grades abaixadas; cama sem grades; cama alta (que requer escada); além de campainha fora do seu alcance (INOUE, *et al.*, 2011).

Segundo estudo realizado por Paiva, *et al.* (2009), em que os autores realizaram uma análise de 80 boletins de ocorrência sobre quedas de pacientes internados em um hospital terciário, os dados encontrados demonstram que 55% dos acidentes ocorriam devido à queda do leito e 38,8% representavam quedas da própria altura.

A partir desses dados, verifica-se a importância de grades laterais de segurança e a opção de elevação do leito para facilitar a entrada e saída da cama hospitalar.

2.4 Análise estrutural

Nesse tópico serão abordados fundamentos básicos para análise e projeto de estruturas. Foi utilizado o livro Projeto de Engenharia Mecânica, 7ª edição, do Shigley, J.E.

2.4.1 Equilíbrio e Diagramas de Corpo Livre

Segundo Shigley (2005), assumindo que o sistema a ser estudado se encontra parado ou em velocidade constante, então a aceleração desse sistema é zero. Em tal condição, diz-se que o mesmo está em equilíbrio. Nessa situação as forças e momentos atuantes se balanceiam, de modo que:

$$\sum F = 0 \quad (2-1)$$

$$\sum M = 0 \quad (2-2)$$

Pode-se simplificar a análise de uma estrutura bastante complexa ou até mesmo de uma máquina completa isolando, de forma sucessiva, cada elemento, através dos diagramas de corpo livre. Tem-se como exemplo na Figura 5 um trem mecânico de transmissão, onde pode-se decidir analisar somente uma peça ou todo o sistema. (SHIGLEY, 2005, p.118)

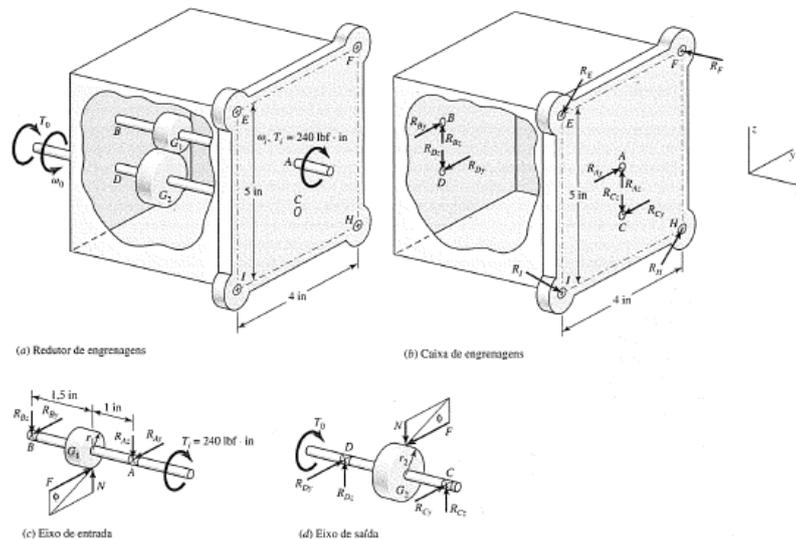


Figura 5 - Exemplo diagrama de corpo livre em trem de engrenagens

Fonte: SHIGLEY (2005, p.118).

2.4.2 Força de Cisalhamento e Momentos Fletores em Vigas

A força cortante é obtida pela soma das forças agentes à esquerda do corte e o momento fletor é a soma dos momentos causados pelas forças situadas à esquerda da secção de corte

como é mostrado na Figura 6, com a convenção de sinais adotada na Figura 7. A força cortante e o momento flexor são relacionados pela equação: (SHIGLEY, 2005, p.119)

$$V = \frac{dM}{dx} \quad (2-3)$$

Para uma carga distribuída, a equação é:

$$\frac{dV}{dx} = \frac{d^2M}{dx^2} = q \quad (2-4)$$

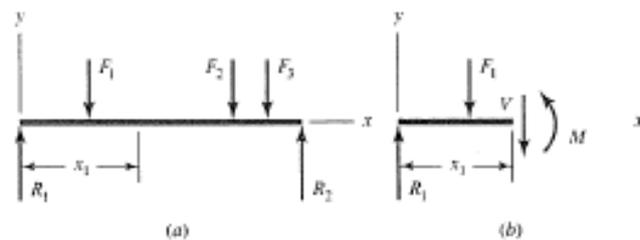


Figura 6 - Diagrama de corpo livre de uma viga simplesmente apoiada, com V e M nas direções positivas.

Fonte: SHIGLEY (2005, p.119).

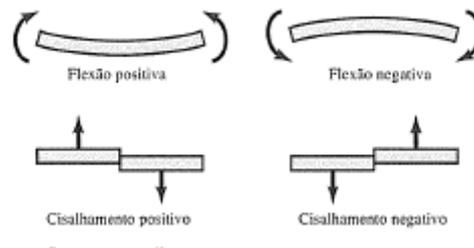


Figura 7 - Convenção de sinais

Fonte: SHIGLEY (2005, p.120).

2.4.3 Funções de singularidade

Constituem um meio útil e fácil de integrar quando se encontra com descontinuidades. Por meio dessas funções, expressões gerais para a força cortante e o momento flexor em vigas podem ser escritas quando a viga é carregada por forças ou momentos concentrados, conforme descritos na Figura 8. (SHIGLEY, 2005, p.120)

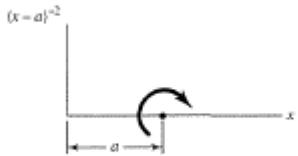
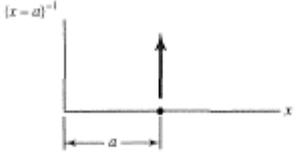
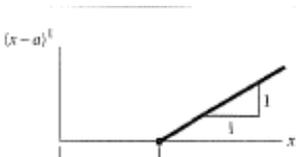
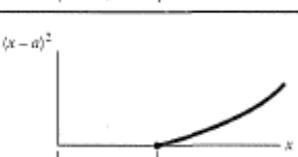
Função	Gráfico de $f_n(x)$	Significado
Momento concentrado binário (ou conjugado) unitário		$(x-a)^{-2} = 0 \quad x \neq a$ $(x-a)^{-2} = \pm\infty \quad x = a$ $\int (x-a)^{-2} dx = (x-a)^{-1}$
Força concentrada (impulso unitário)		$(x-a)^{-1} = 0 \quad x \neq a$ $(x-a)^{-1} = +\infty \quad x = a$ $\int (x-a)^{-1} dx = (x-a)^0$
Degrau unitário		$(x-a)^0 = \begin{cases} 0 & x < a \\ 1 & x \geq a \end{cases}$ $\int (x-a)^0 dx = (x-a)^1$
Rampa		$(x-a)^1 = \begin{cases} 0 & x < a \\ x-a & x \geq a \end{cases}$ $\int (x-a)^1 dx = \frac{(x-a)^2}{2}$
Parabólica		$(x-a)^2 = \begin{cases} 0 & x < a \\ x-a ^2 & x \geq a \end{cases}$ $\int (x-a)^2 dx = \frac{(x-a)^3}{3}$

Figura 8 - Funções de singularidade

Fonte: SHIGLEY (2005, p.120).

2.4.4 Tensão

Considerando um corpo sólido geral carregado, como mostra a Figura 9. Para determinar o estado de tensão em um ponto Q nesse corpo, é necessário expor uma superfície que contenha tal ponto Q . Isso é feito realizando-se um corte plano, ou uma divisão, no corpo que intersecciona Q . A orientação desse corte é arbitrária, mas geralmente feita em um plano conveniente, no qual o estado de tensão pode ser determinado de maneira fácil ou certas relações geométricas podem ser utilizadas. As forças externas na porção do corpo remanescente, bem como a distribuição de forças internas pela superfície exposta, são mostradas. As unidades da distribuição de força são força por unidade de área. Em geral, essa distribuição não será uniforme ao longo da superfície, tampouco normal ou tangencial a esta em um dado ponto. (SHIGLEY, 2005, p.123)

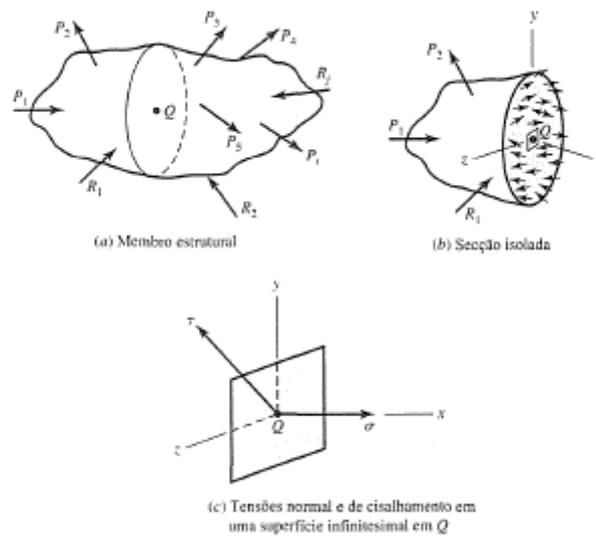


Figura 9 - Distribuição de forças internas (tensão)

Fonte: SHIGLEY (2005, p.123).

2.4.5 Componentes Cartesianos da Tensão

O corte na Figura 9 estabelece a direção normal ao plano do corte, a direção x , e, a partir do equilíbrio, as distribuições de tensão normal e de cisalhamento são estabelecidas. O estado de tensão em um ponto descrito por três superfícies mutuamente perpendiculares é exibido na Figura 10(a). Pode-se ver, mediante a transformação de coordenadas, que isso é suficiente para determinar o estado de tensão em qualquer superfície interseccionando o ponto. A Figura 10(b) mostra um estado desse tipo, arbitrariamente assumindo que a normal para a superfície livre de tensão é a direção z . (SHIGLEY, 2005, p.125)

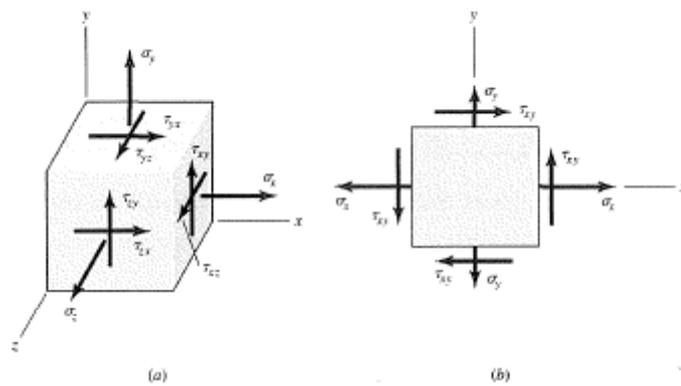


Figura 10 – (a) Tensão geral tridimensional. (b) Tensão plana com componentes de cisalhamento contrárias de igual magnitude

Fonte: Fonte: SHIGLEY (2005, p.125).

2.4.6 Deformação Elástica

A deformação por comprimento unitário da barra é denominada deformação unitária, e é fornecida por: (SHIGLEY, 2005, p.131)

$$\epsilon = \frac{\delta}{l} \quad (2-5)$$

Em que δ é a deformação total da barra dentro do comprimento l . A lei de Hooke para o espécime de tração é provida como:

$$\sigma = E\epsilon \quad (2-6)$$

Em que a constante E é denominada módulo de *Young* ou módulo de elasticidade. Ao substituir $\sigma = F/A$ e $\epsilon = \delta/l$ na Equação (2.6), e rearranjando, obtemos a equação para a deformação total de uma barra carregada axialmente em tração como:

$$\delta = \frac{Fl}{AE} \quad (2-7)$$

2.4.7 Tensões de Cisalhamento em Vigas de Secção Padronizada

Fórmulas para a tensão de cisalhamento máxima flexora para a maioria das secções comumente usadas estão listadas na Figura 11. (SHIGLEY, 2005, p.143)

Forma da viga	Fórmula	Forma da viga	Fórmula
 Retangular	$\tau_{\max} = \frac{3V}{2A}$	 Redonda de parede fina, vazada	$\tau_{\max} = \frac{2V}{A}$
 Circular	$\tau_{\max} = \frac{4V}{3A}$	 Viga I estrutural (parede fina)	$\tau_{\max} = \frac{V}{A_{\text{alma da viga}}}$

Figura 11 - Fórmulas para a tensão máxima de cisalhamento decorrente de flexão.

Fonte: Fonte: SHIGLEY (2005, p.143).

2.4.8 Torção

O ângulo de torção, em radianos, de uma barra sólida redonda é: (SHIGLEY, 2005, p.144)

$$\theta = \frac{Tl}{GJ} \quad (2-8)$$

Onde, T = torque

l = comprimento

G = módulo de rigidez

J = segundo momento polar de área

Para uma barra redonda sólida, a tensão de cisalhamento é zero no centro e máxima na superfície. A distribuição é proporcional ao raio p , sendo:

$$\tau = \frac{Tp}{J} \quad (2-9)$$

Designando como r o raio da superfície externa, temos:

$$\tau_{max} = \frac{Tr}{J} \quad (2-10)$$

Porém essa equação só se aplica para seções circulares. Tem-se para uma secção circular sólida:

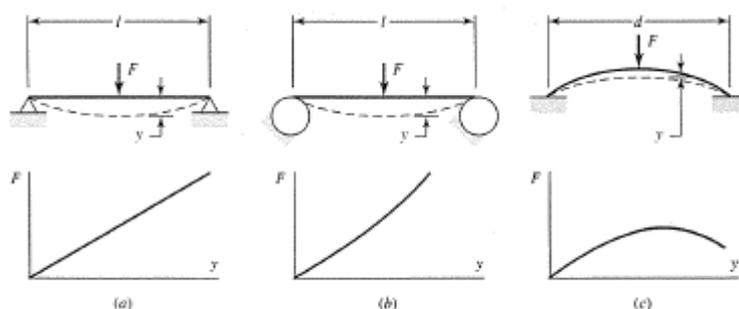
$$J = \frac{\pi d^4}{32} \quad (2-11)$$

Em que d é o diâmetro da barra. Para uma secção redonda oca:

$$J = \frac{\pi}{32} (d_o^4 - d_i^4) \quad (2-12)$$

2.4.9 Razões de Mola

Elasticidade é a propriedade do material que lhe permite recuperar sua configuração original após sofrer deformação. A deflexão y de uma viga é linearmente relacionada à força, desde que o limite elástico do material não seja excedido. Essa viga pode ser descrita como uma mola linear. Segue exemplo na Figura 12. (SHIGLEY, 2005, p.192)



(a) Uma mola linear; (b) uma mola de enrijecimento; (c) uma mola de amolecimento.

Figura 12 - Tipos de mola

Fonte: SHIGLEY (2005, p.192).

A razão de mola é definida como:

$$k(y) = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta y} = \frac{dF}{dy} \quad (2-13)$$

Em que y deve ser medido na direção e no ponto de aplicação de F . A maioria dos problemas de força-deflexão é linear, então a equação pode ser definida como: (SHIGLEY, 2005, p.192)

$$k = \frac{F}{y} \quad (2-14)$$

2.4.10 Tração, Compressão e Torção

Utilizando as equações 2-7 e 2-14, observamos que a razão de mola de uma barra carregada axialmente é: (SHIGLEY, 2005, p.193)

$$k = \frac{AE}{l} \quad (2-15)$$

A equação pode ser rearranjada para fornecer a razão de mola torcional na forma: (SHIGLEY, 2005, p.192)

$$k = \frac{T}{\theta} = \frac{GJ}{l} \quad (2-16)$$

2.4.11 Deflexão por Flexão

Vigas defletem muito mais que membros carregados de forma axial, e o problema de flexão ocorre provavelmente com mais frequência que qualquer outro de carregamento em projeto. A expressão para a curvatura de uma viga submetida a um momento flexor M é: (SHIGLEY, 2005, p.193)

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \quad (2-17)$$

Em que ρ é o raio de curvatura. A partir dos estudos de matemática, também se aprende que a curvatura de uma curva plana é fornecida pela equação: (SHIGLEY, 2005, p.192).

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2y/dx^2}{[1+(dy/dx)^2]^{3/2}} \quad (2-18)$$

Em que a interpretação, aqui, é a de que y é a deflexão da viga em qualquer ponto x ao longo do seu comprimento. A inclinação dessa viga para qualquer ponto x é: (SHIGLEY, 2005, p.192).

$$\theta = \frac{dy}{dx} \quad (2-19)$$

Para diversos problemas de flexão, a inclinação é muito pequena, e para tais casos o denominador na Equação (2-18) pode ser considerado unitário. A Equação (2-17) pode então ser escrita como: (SHIGLEY, 2005, p.192).

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2} \quad (2-20)$$

Sendo assim, derivando sucessivamente, pode-se obter as seguintes equações:

$$\frac{V}{EI} = \frac{d^3y}{dx^3} \quad (2-21)$$

$$\frac{q}{EI} = \frac{d^4y}{dx^4} \quad (2-22)$$

Na Figura 13 são exibidos exemplos de diagramas devido a uma carga distribuída.

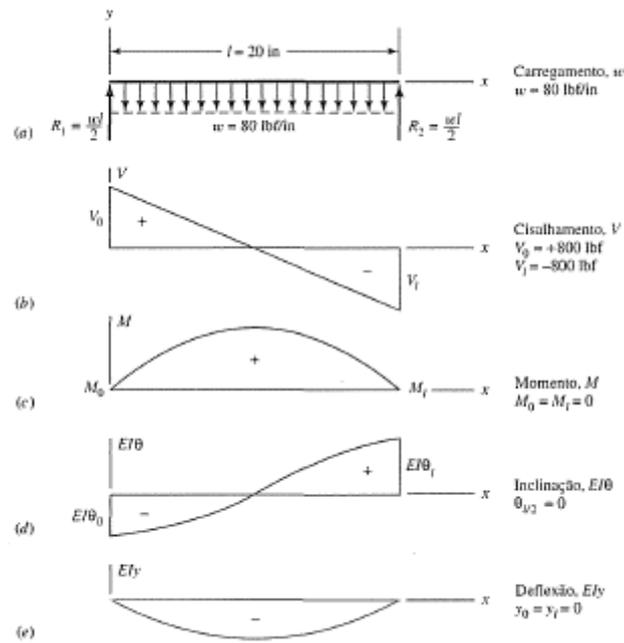


Figura 13 - Exemplo de diagramas devido a uma carga distribuída

Fonte: SHIGLEY (2005, p.195).

2.5 Sistemas Hidráulicos

2.5.1 Lei de Pascal

A Lei de Pascal fala que a pressão exercida em um ponto qualquer de um líquido estático é a mesma em todas as direções e exerce forças iguais em áreas iguais. Este princípio, descoberto e enunciado por Pascal, levou à construção da primeira prensa hidráulica no princípio da Revolução Industrial. Quem desenvolveu a descoberta de Pascal foi o mecânico Joseph Bramah. (GOMES *et al.*, 2008, p.4)

Na Figura 14, é apresentado um exemplo do Princípio de Pascal.

Princípio da Prensa Hidráulica (multiplicação de força)

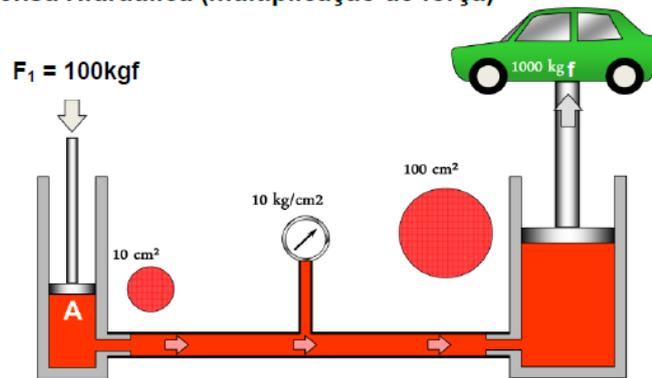


Figura 14 - Princípio da Prensa Hdráulica

Fonte: GOMES (2008, p.4)

2.5.2 Cilindros Hidráulicos

Cilindros hidráulicos transformam trabalho hidráulico em energia mecânica linear, a qual é aplicada a um objeto resistivo para realizar trabalho. Um cilindro consiste em uma camisa, um pistão móvel e de uma haste ligada ao pistão. Os cabeçotes são presos ao cilindro por meio de roscas, prendedores, tirantes ou solda (a maioria dos cilindros industriais usa tirantes). Conforme a haste se move para dentro ou para fora, ela é guiada por buchas removíveis chamados de guarnições. O lado para o qual a haste opera é chamado de lado dianteiro ou "cabeça do cilindro". O lado oposto sem haste é o lado traseiro. Os orifícios de entrada e saída estão localizados nos lados dianteiro e traseiro. Como mostra na Figura 15. (GOMES *et al.*, 2008, p.54)

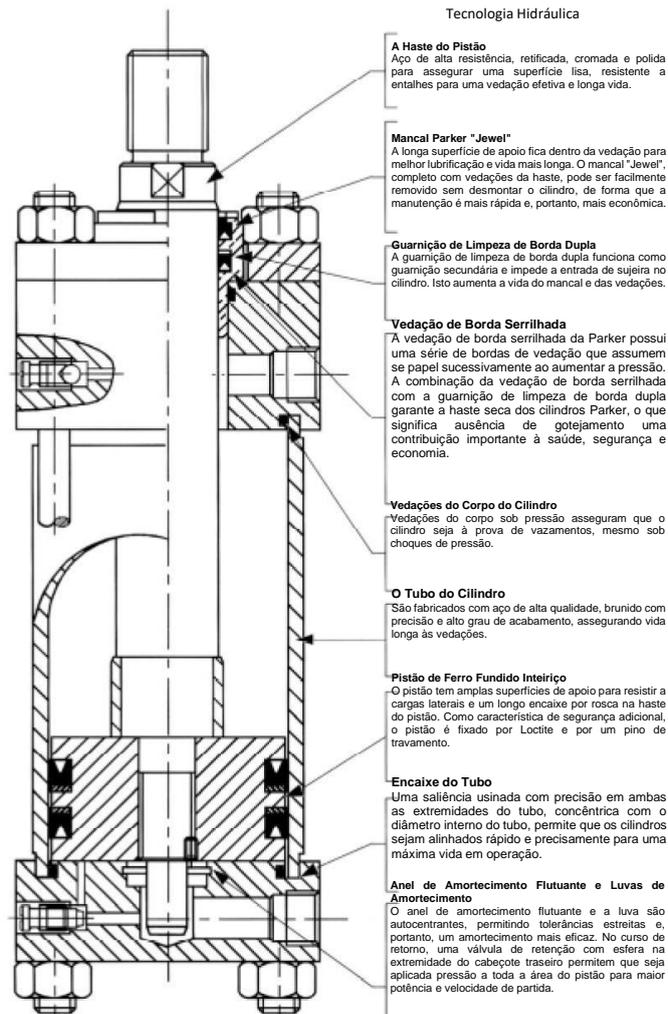


Figura 15 - Esquema de um Cilindro Hidráulico

Fonte: GOMES (2008, p.54)

2.5.2.1 Cilindro simples

Um cilindro no qual a pressão de fluido é aplicada em somente uma direção para mover o pistão.

2.5.2.2 Cilindro de simples ação e retorno por mola

A Figura 16 a seguir mostra um cilindro no qual uma mola recua o conjunto do pistão.

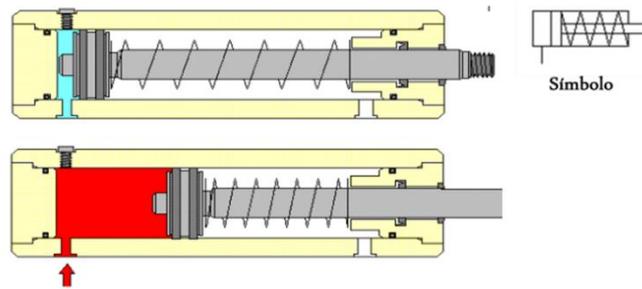


Figura 16 - Cilindro Simples com retorno por mola

Fonte: GOMES (2008, p.55)

2.5.2.3 Cilindro de simples ação e retorno pela força da carga

A Figura 17 a seguir mostra um cilindro no qual uma força externa recua o conjunto do pistão

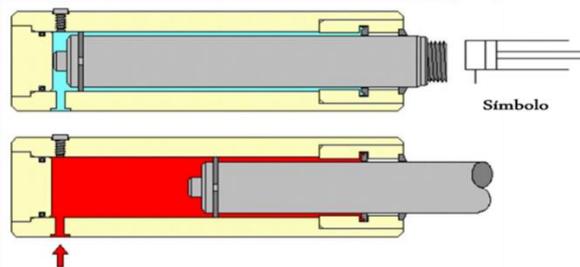


Figura 17 - Cilindro Simples com retorno por força de carga

Fonte: GOMES (2008, p.56)

2.5.2.4 Cilindro de dupla ação

A Figura 18 a seguir mostra um cilindro no qual a pressão do fluido é aplicada ao elemento móvel em qualquer uma das direções.

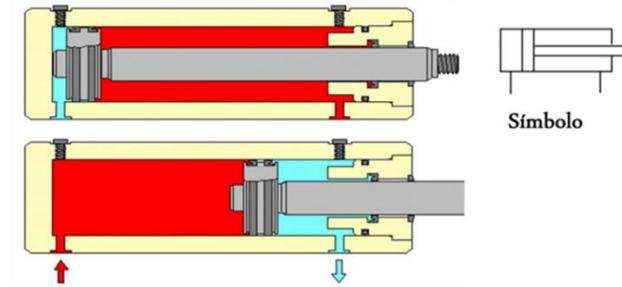


Figura 18 - Cilindro de dupla ação

Fonte: GOMES (2008, p.57)

2.5.2.5 Cilindro de dupla ação com amortecimento de fim de curso

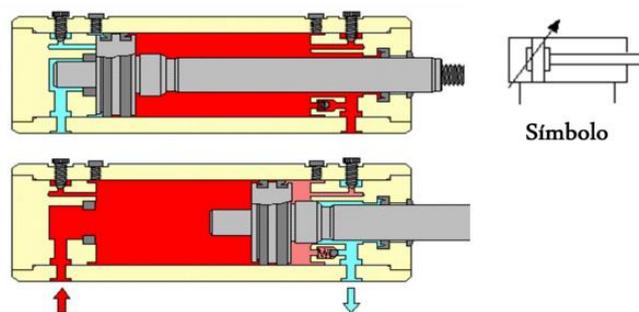


Figura 19 - Cilindro de dupla ação com amortecimento de fim de curso

Fonte: GOMES (2008, p.57)

2.6 Modelagem em software CAD

Segundo Junior e Nunes (2010) os sistemas CAD atuais permitem desenvolvimento de projetos tridimensionais (3D), atribuindo propriedades físicas como massa, volume e centro de gravidade. Estes sistemas geram, posteriormente, e de forma automática, vistas, cortes, perspectivas e demais informações necessárias, tais como, lista de peças e componentes de uma montagem. Estabelecem uma associação entre o modelo 3D e os desenhos em 2D, destinados à fabricação, permitindo que, qualquer alteração realizada no modelo tridimensional, implique na atualização imediata de todos os desenhos derivados do mesmo, no ambiente 2D. Com estes recursos, é possível reduzir drasticamente o tempo destinado às alterações no projeto, facilitando o desenvolvimento de novos produtos.

2.6.1 MEF – Método dos Elementos Finitos

Segundo Franco (2018) o método dos elementos finitos (MEF) que consiste em um procedimento numérico através do qual a região ou o contínuo é dividido em pequenos elementos conectados por nós. A partir dessas conexões nodais compartilhadas entre os elementos finitos é possível a obtenção de um conjunto de equações algébricas que pode ser solucionado numericamente através de métodos de otimização e algoritmos matriciais. A modelagem através do MEF se inicia a partir da descrição geométrica da região do espaço na qual ela será considerada, seguida pela geração de uma malha de elementos finitos interconectados por nós. Após, definem-se as equações e condições de contorno que regem o problema para que o sistema algébrico resultante seja solucionado numericamente.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de Pesquisa

O presente trabalho utiliza, quanto à abordagem, a pesquisa qualitativa. Neste tipo de pesquisa, conforme Godoy (1995), os dados não são analisados por meio de instrumentos estatísticos, pois a mensuração e a enumeração não são seu foco. Sendo assim, a escolha da abordagem qualitativa, neste estudo, se dá pelo fato de possibilitar a análise investigativa em profundidade dos modelos de cama hospitalar mais comumente utilizados, bem como os disponíveis no mercado, e realizar a proposição de um modelo mais adequado com baixo custo, visando contribuir para a redução dos acidentes relacionados à queda de pacientes, aumentar seu conforto e facilitar a utilização por parte dos agentes de enfermagem e cuidadores.

Segundo Vergara (1998), há várias taxionomias de tipos de pesquisa. A autora propõe a classificação quanto aos fins e quanto aos meios. Quanto aos fins, esta pesquisa pode ser considerada uma pesquisa descritiva e aplicada, sendo fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, ou seja, possui uma finalidade prática, utilizando-se ainda da descrição das características de determinados fenômenos para alcançar tal objetivo.

Quanto aos meios, este estudo pode ser classificado como uma pesquisa-ação. Este é um tipo particular de pesquisa participante que supõe intervenção participativa na realidade social, sendo, portanto, intervencionista. (VERGARA, 1998). Ou seja, neste tipo de pesquisa o autor precisa identificar um problema (prático), criar um plano de ação para solucionar essa questão e, depois, analisar as possíveis alterações que o seu projeto trouxe para o ambiente.

3.2 Materiais e Métodos

Um estudo de viabilidade técnica priorizando elementos existentes no mercado foi realizado a fim de auxiliar na análise de elementos a serem utilizados na modelagem da cama, para a qual foram utilizados os seguintes softwares:

- SOLIDWORKS 2018;
- ANSYS 2019;

Um estudo foi realizado para escolher qual mecanismo de acionamento seria mais viável para elaboração do projeto da cama. Após análise prévia e com intuito de prover uma solução inovadora, este estudo descartou as soluções já existentes no mercado, a cama Mecânica e a

Elétrica e selecionou duas possibilidades, sendo elas, utilizar um atuador hidráulico ou um pneumático. Critérios como o método de acionamento, custo inicial, manutenção, confiabilidade, facilidade de uso e custo em longo prazo foram utilizados para chegar à escolha final.

A fim de realizar a modelagem da cama, a respeito de sua análise estrutural e cinemática, seguiu-se as seguintes etapas:

1. Definição das dimensões básicas da cama;
2. Esboço da estrutura fixa;
3. Esboço da estrutura móvel com percursos definidos, de acordo com as especificações;
4. Posicionamento do sistema hidráulico;
5. Definição de contatos entre as camas e os mecanismos de acionamento;
6. Elaboração de peças capazes de conectar os atuadores aos mecanismos de acionamento;
7. Análise trigonométrica para ajustar os posicionamentos;
8. Teste cinemático do funcionamento dos acionamentos;
9. Refinamento e inclusão de elementos de fixação e design;
10. Inclusão de componentes de segurança;
11. Simplificação do modelo para exportação;
12. Simulação de esforços estática;

Foi feito o modelamento e análise de movimentos no SOLIDWORKS (2018), e o ANSYS (2019) foi utilizado para realizar a simulação de esforços, proporcionando assim uma previsão das condições nas quais o protótipo seria submetido. Além disso, na fase preliminar do projeto foi possível realizar testes com diferentes esboços a fim de idealizar uma estrutura resistente, bem como a análise cinemática dos componentes de movimentação da cama.

3.3 Variáveis e Indicadores

Segundo Gil (2008), variável é uma medida ou classificação, uma quantidade que varia, um conceito operacional que apresenta ou contém valores, propriedade, aspecto ou fator, identificado em um objeto de estudo e passível de verificação. As variáveis podem ser classificadas em qualitativa ou quantitativa. As variáveis qualitativas podem ser nominais, onde não existe ordenação nas possíveis respostas, ou então ordinal, na qual existe determinada ordem nas possíveis respostas. Já as variáveis quantitativas são divididas em discretas ou

contínuas, sendo a primeira onde os possíveis valores formam um conjunto finito ou enumerável de números, e a segunda onde estes estão dentro de um intervalo, aberto ou fechado, dos números reais.

Para o estudo e medição de cada variável, existem alguns indicadores que são selecionados de acordo com os objetivos da pesquisa. Referente às definições apresentadas e os objetivos do trabalho, são descritas as variáveis e indicadores na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Especificações técnicas	Altura Largura Comprimento Possíveis regulagens
Método de acionamento	Custo Facilidade de uso Manutenção Custo em longo prazo Benefícios
Estrutura da cama	Resistência mecânica Complexidade Material
Fixação de elementos	Custo Soldagem Mancais

Variáveis	Indicadores
	Rolamentos Parafusos, porcas e roscas
Disposição dos mecanismos	Espaço Funcionabilidade Montagem Manutenção

Fonte: Pesquisa direta, 2018

3.4 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo foram mostradas as classificações referentes ao tipo de pesquisa, apresentando as ferramentas e técnicas utilizadas para construir uma cama hospitalar com opção de elevação de leito, dorso e pernas. Foram detalhados, ainda, todos os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento do projeto.

No próximo capítulo serão apresentados os resultados obtidos na análise de vantagens e desvantagens do método de acionamento escolhido e o modelo 3D.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados da modelagem da Cama Hospitalar no software SOLIDWORKS versão 2018. São discutidos os seguintes aspectos: dimensionamento, método de acionamento, funcionamento dos mecanismos utilizados, fixação de elementos e os resultados das simulações realizados com o objetivo de assegurar que a estrutura criada é capaz de suportar os esforços a ela impostos em sua aplicação. Comentários são feitos embasando as escolhas feitas, expondo as vantagens e desvantagens de cada ferramenta, visando orientar a análise e futuros estudos.

4.1 Dimensionamento

Para dar início a análise do modelo proposto, serão discutidos os parâmetros utilizados para determinar o dimensionamento da base estrutural do projeto. Observando produtos semelhantes já existentes no mercado, onde existe um padrão com relação às dimensões básicas da cama (altura, largura e comprimento) e uma faixa de grandezas referentes aos movimentos que esses produtos são capazes de realizar, foram adotadas as especificações técnicas descritas na Tabela 2 abaixo.

TABELA 2 – Especificações técnicas da cama hospitalar proposta.

Altura mínima do leito	459 mm
Altura máxima do leito	700 mm
Largura do leito	960 mm
Comprimento do leito	1900 mm
Ângulo máximo de inclinação do dorso	78° - 80°
Ângulo máximo de inclinação das pernas	40° - 42°

Fonte: Autor

Na primeira etapa foi construída a estrutura de base do projeto, mostrada na Figura 20, contendo, basicamente, os componentes de uma cama comum: cabeceiras, leito e pernas.



Figura 20 - Estrutura de base da cama hospitalar

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Contemplando um projeto com elevado fator de segurança, no sentido de integrar uma estrutura rígida, por se tratar de um equipamento hospitalar, que em hipótese alguma pode falhar, adotou-se um perfil de secção 30x50x2 mm para as cabeceiras, 30x50x1,5 mm para o leito, mostrado na Figura 20. Considerou-se a união desses elementos por soldagem.

4.2 Método de acionamento

Partindo das especificações dos movimentos pré-determinadas, foi necessário definir o tipo de acionamento que seria utilizado. Considerando as camas existentes no mercado, capazes de atender essas características, acionadas por meio de energia Mecânica (utilizando-se fuso) e Elétrica; e com intuito de propor uma solução inovadora, descartou-se essas opções. Optou-se por utilizar um acionamento hidráulico, pois em comparação com o pneumático possui um valor agregado de compra e manutenção mais acessível, gera maior confiabilidade, pois o fluído é incompressível e tem um acionamento muito mais silencioso.

Um dos objetivos deste projeto foi torná-lo economicamente viável. Dessa forma, foi determinada a utilização prioritária de produtos já existentes no mercado, minimizando a fabricação de peças e mecanismos específicos. Sendo assim, foi realizada uma pesquisa no mercado nacional de atuadores hidráulicos. Esta pesquisa resultou na identificação do principal

elemento do funcionamento da cama, mostrado na Figura 21, o esticador, dispositivo o qual é composto por um reservatório, uma bomba acionada mecanicamente, conexões hidráulicas (mangueiras), uma válvula de retenção e um cilindro.



Figura 21 - Esticador Hidráulico 10 TON MEH-6 MARCON

Fonte: <https://www.magazineluiza.com.br/esticador-hidraulico-10-ton-meh-10-marcon-/p/hf2f0h6f22/cj/exhd/> (2019)

Tendo em vista que os esticadores mais comuns são capazes de elevar cargas de 6 a 10 toneladas, a utilização de um seria adequada para a aplicação proposta, pois trabalharia com magnitudes bem inferiores. Utilizando essas informações, modelou-se no software a versão de 6 toneladas. No entanto, uma adaptação no acionamento da bomba tornou-se necessária. No modelo original, ela funciona movimentando um pistão no sentido horizontal e esse acionamento é realizado através de um braço de alavanca, que também se movimenta horizontalmente. Considerando que esse elemento deve ser posicionado dentro da cama, faz-se necessário possibilitar fácil acesso e ser ergonomicamente favorável ao operador. Desta forma, foram feitas as alterações necessárias expostas na Figura 22 a seguir, para utilizar um acionamento por manivela.

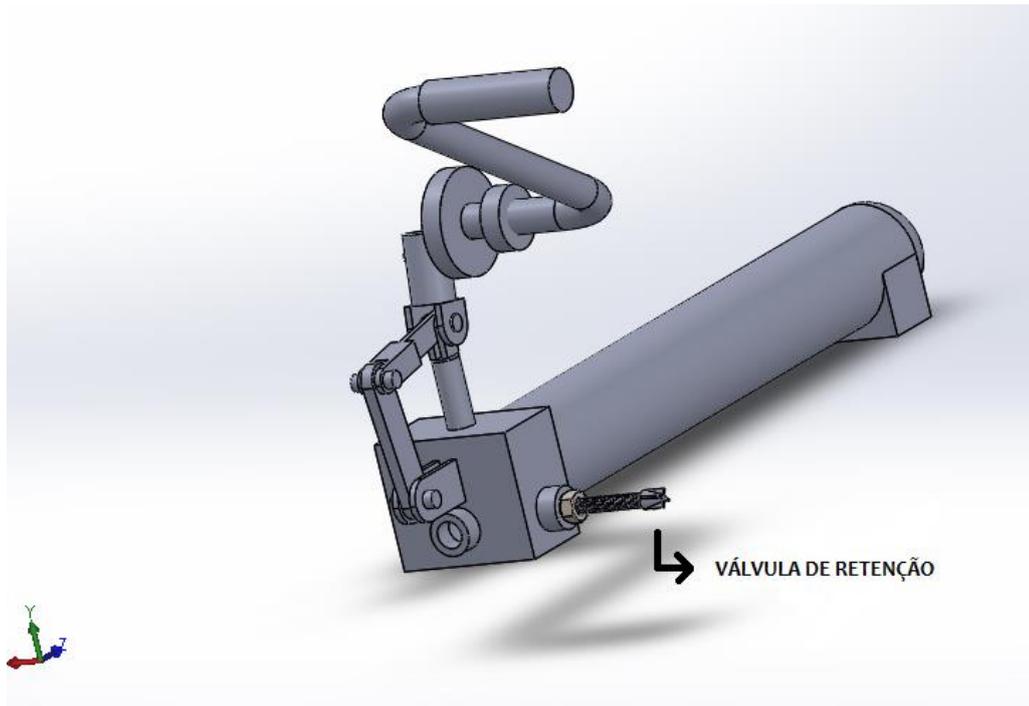


Figura 22 - Modelo do esticador

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Como o esticador teria que possibilitar 3 movimentos independentes, precisar-se-ia de três cilindros, então criou-se um adaptador, mostrado na Figura 23 a seguir, com o qual uma única bomba se tornaria apta a acionar todos os atuadores.

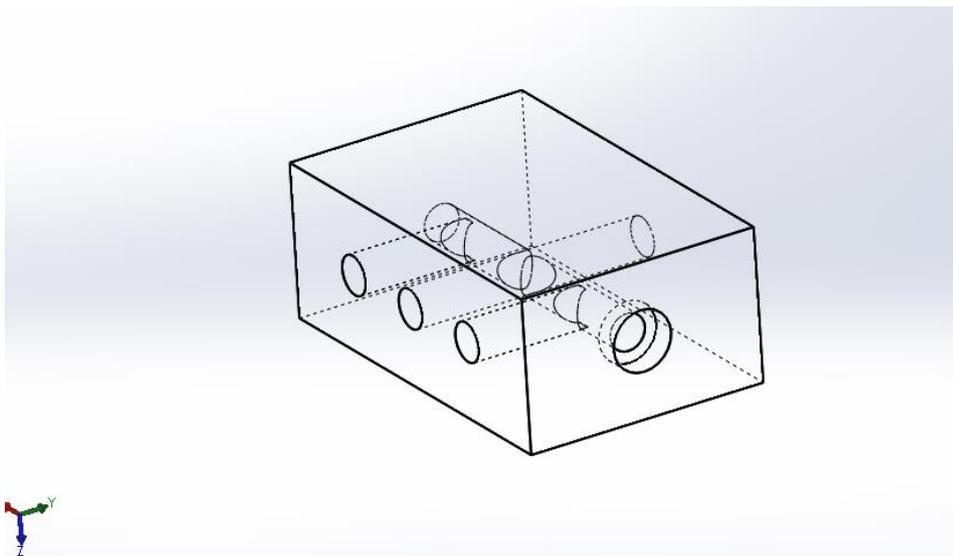


Figura 23– Bloco de válvulas

Fonte: Pesquisa direta (2019)

A fim de controlar efetivamente o deslocamento do fluido, foram utilizadas três válvulas de esfera, mostrada na Figura 24 abaixo, as quais permitem, ou não a passagem do óleo.

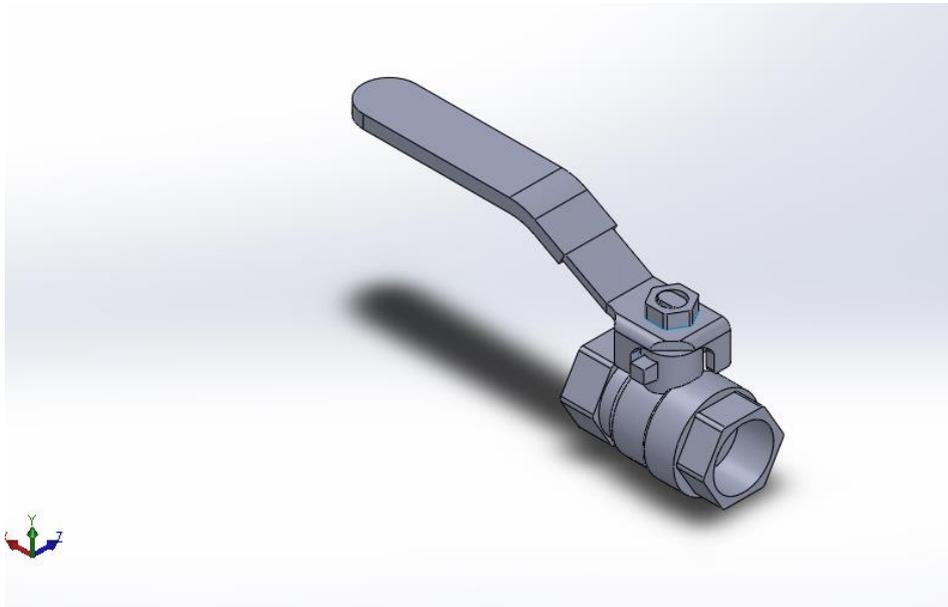


Figura 24– Válvula de esfera

Fonte: Pesquisa direta (2019)

A união dos elementos, descritos anteriormente, configura o projeto hidráulico da cama, que pode ser visualizado na Figura 25 abaixo, em que foi realizada ocultação de objetos para focar no sistema desejado.

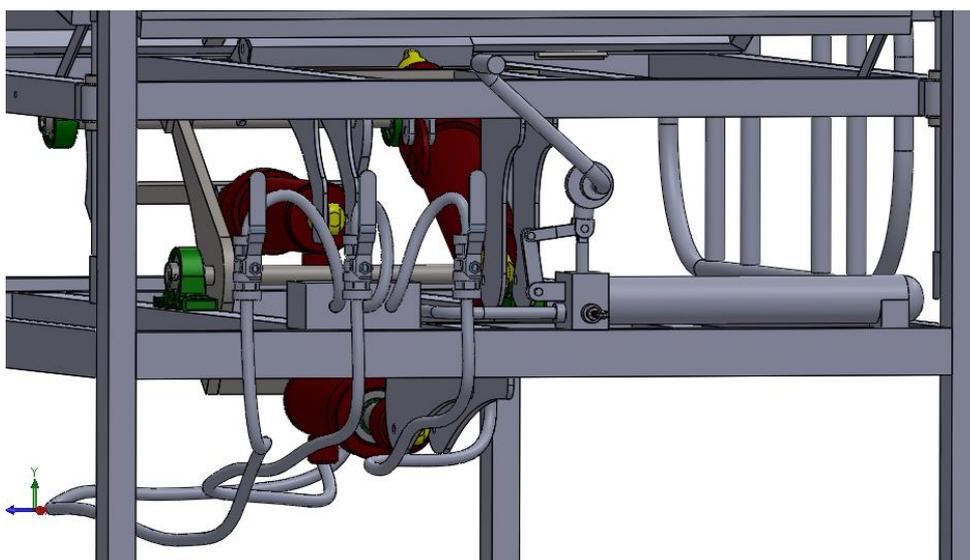


Figura 25 - Projeto Hidráulico da Cama Hospitalar

Fonte: Pesquisa direta (2019)

4.3 Modelo proposto

Nesse momento tornou-se necessário unir os dois elementos descritos anteriormente: a estrutura de base da cama e o projeto hidráulico. Para isso, adaptações e mecanismos foram desenvolvidos. Considerando-se as limitações do curso do cilindro, os graus de liberdade e dimensões de cada elemento, a rigidez da cama, a facilidade desejada de acesso ao mecanismo de acionamento, o design e segurança da cama, foi desenvolvido o modelo exibido na Figura 26.

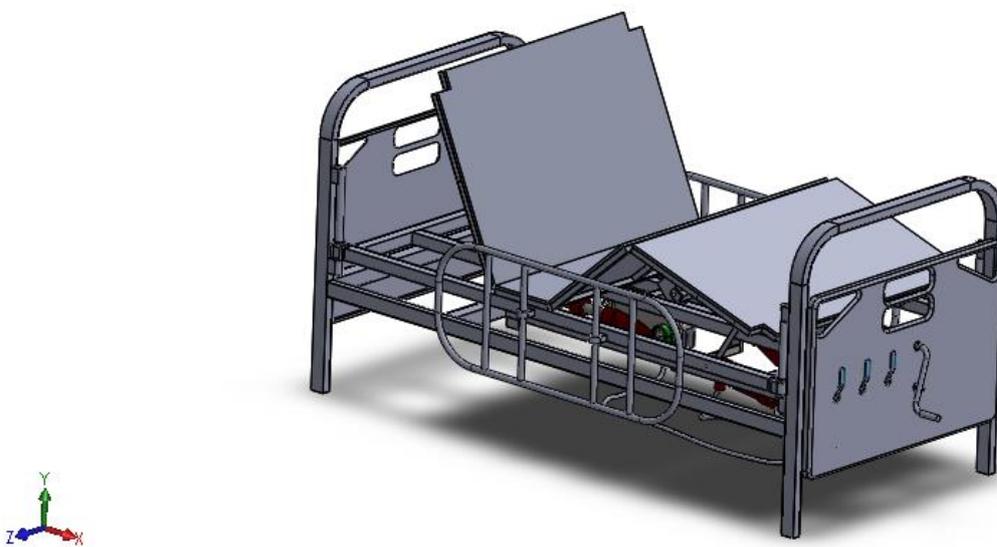


Figura 26 - Modelo final da cama hospitalar

Fontes: Pesquisa Direta (2019)

Na vista lateral mostrada na Figura 27, é possível observar os dispositivos utilizados, o caminho das conexões hidráulicas e o percurso de movimento horizontal do leito.

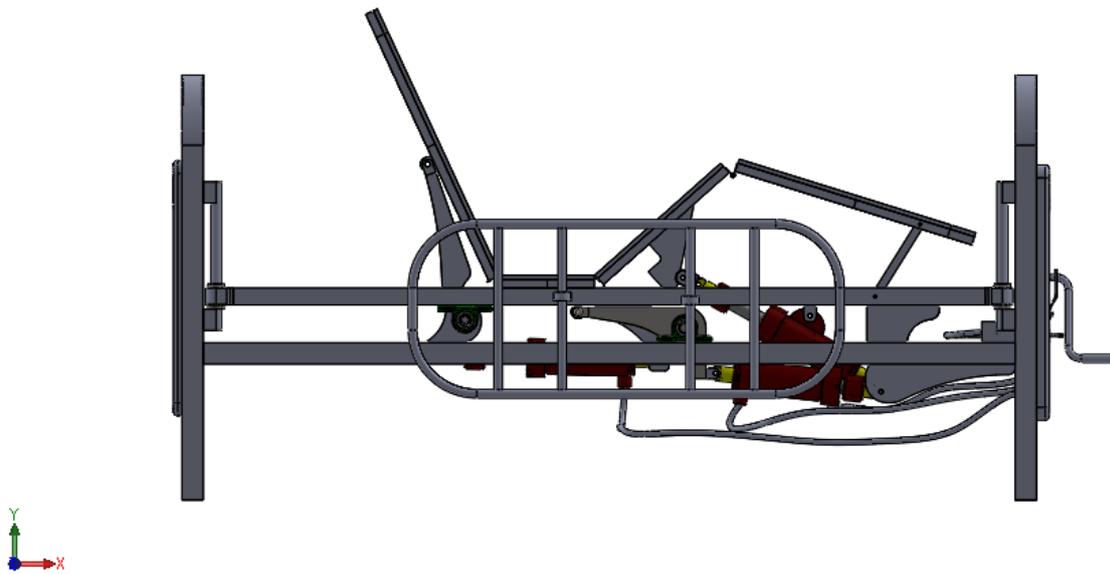


Figura 27 - Modelo final da cama: vista lateral

Fonte: Pesquisa direta (2019)

4.3.1 Regulagem da angulação do dorso

Para alcançar o parâmetro estabelecido na especificação de projeto, de 78° a 80° de angulação máxima formada entre a base da cama e a inclinação do paciente, uma análise foi feita com objetivo de encontrar a melhor configuração. Nessa posição, o acionamento do cilindro teria que ser capaz de movimentar a estrutura desejada de forma a satisfazer esses valores. Com o atuador posicionado de forma perpendicular em relação ao solo e em contato direto com o quadro, além de ocupar muito espaço no sentido vertical, espaço esse limitado devido à altura da cama, a medida que o pistão fosse acionado perderia contato, pois a estrutura possui um movimento de rotação em torno da dobradiça, a qual restringe os outros graus de liberdade. O esquema proposto adotou a disposição dos elementos conforme a Figura 28.

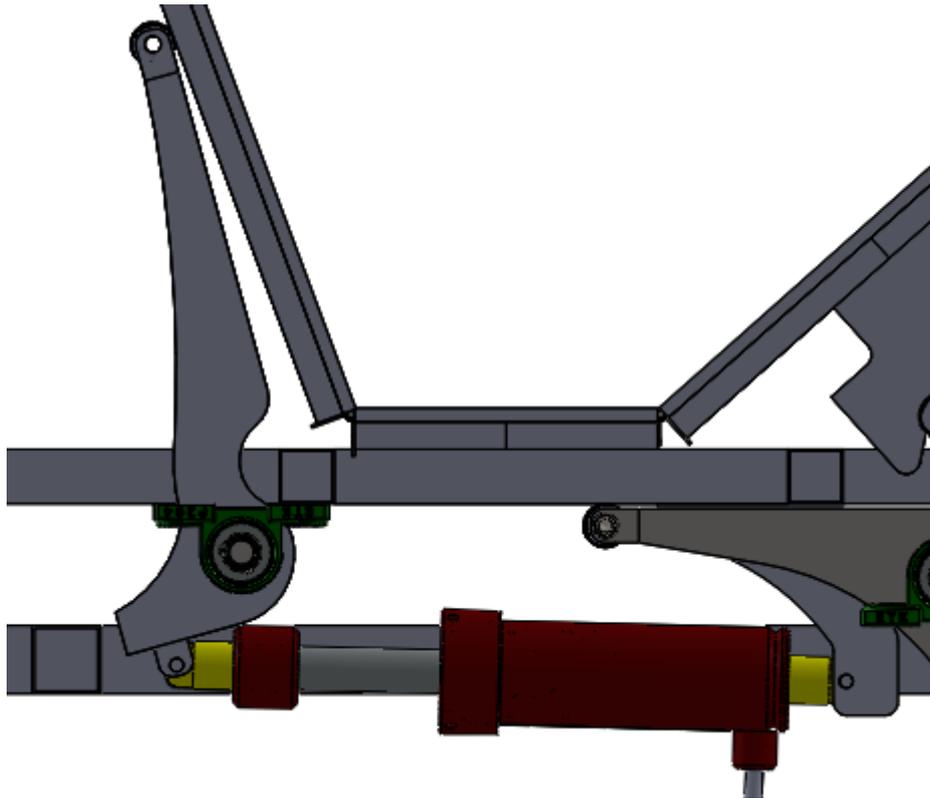


Figura 28 - Regulação de elevação do dorso: vista lateral

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Visando melhor visualização do sistema utilizado, alguns itens foram ocultados. Pode-se observar na Figura 28, que o cilindro foi fixado no sentido horizontal, a fim de sanar o problema descrito anteriormente. Com isso, a utilização de um mecanismo capaz de transformar o movimento horizontal em vertical e capaz de evitar a perda de contato entre o quadro e o acionamento foi necessária. Nomeado como alavanca de elevação do encosto da cama, essa estrutura foi fixada em um mancal com somente um grau de liberdade, a rotação. Quando o pistão tocasse e movimentasse a alavanca ela iria girar, fazendo com que sua parte superior deslocasse no sentido horário. Além disso, foi utilizado um rolamento na ponta dessa estrutura, de forma a garantir o contato constante com o quadro.

Na Figura 29, também existem diversos itens ocultados, visando proporcionar uma melhor perceptibilidade dos elementos destacados. Nela é possível observar o conjunto descrito anteriormente. Cabe ressaltar o uso de duas alavancas conectadas por um eixo, o qual é anexado à ponta do pistão. Essa configuração garante uma melhor distribuição de esforços quando comparada a utilização de uma única alavanca.

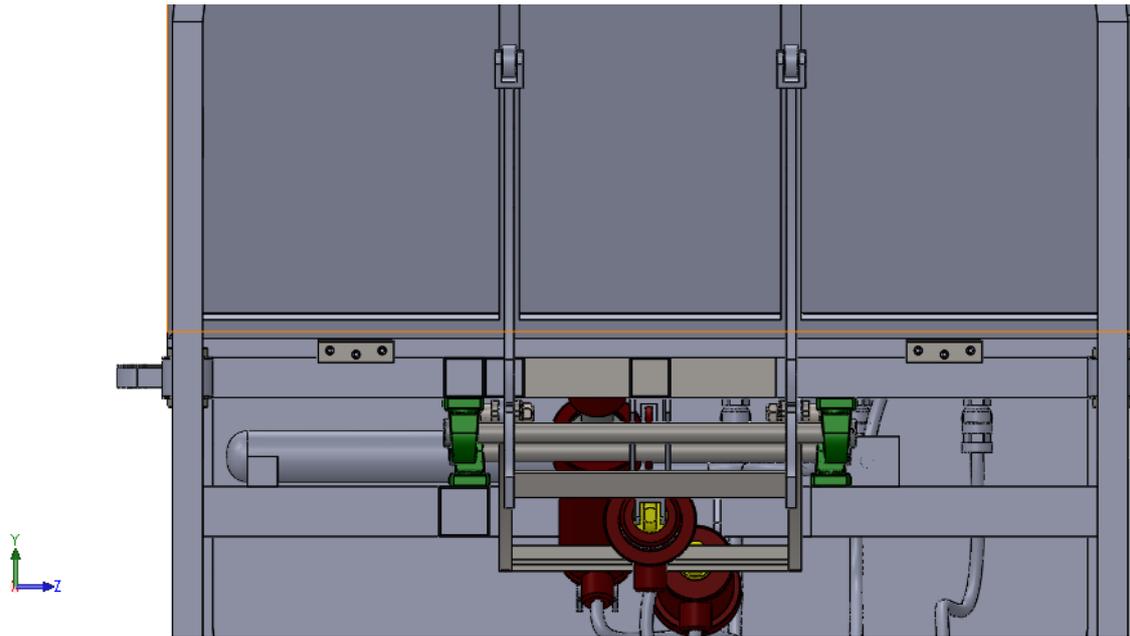


Figura 29 - Elevação do dorso: vista frontal

Fonte: Pesquisa direta (2019)

4.3.2 Regulagem da angulação das pernas

No caso da regulagem da angulação das pernas, a especificação estabelecia uma angulação máxima de 40° a 42° . De forma análoga ao procedimento realizado com relação ao acionamento anterior, também se analisou a melhor configuração. Neste caso, conforme apresentado na Figura 30, utilizou-se uma estrutura denominada de nervura inclinada, superfície na qual uma roldana apoiada sobre ela deslizaria à medida que o movimento fosse realizado, garantindo o contato, porém, limitando o curso do acionamento ao comprimento da nervura.

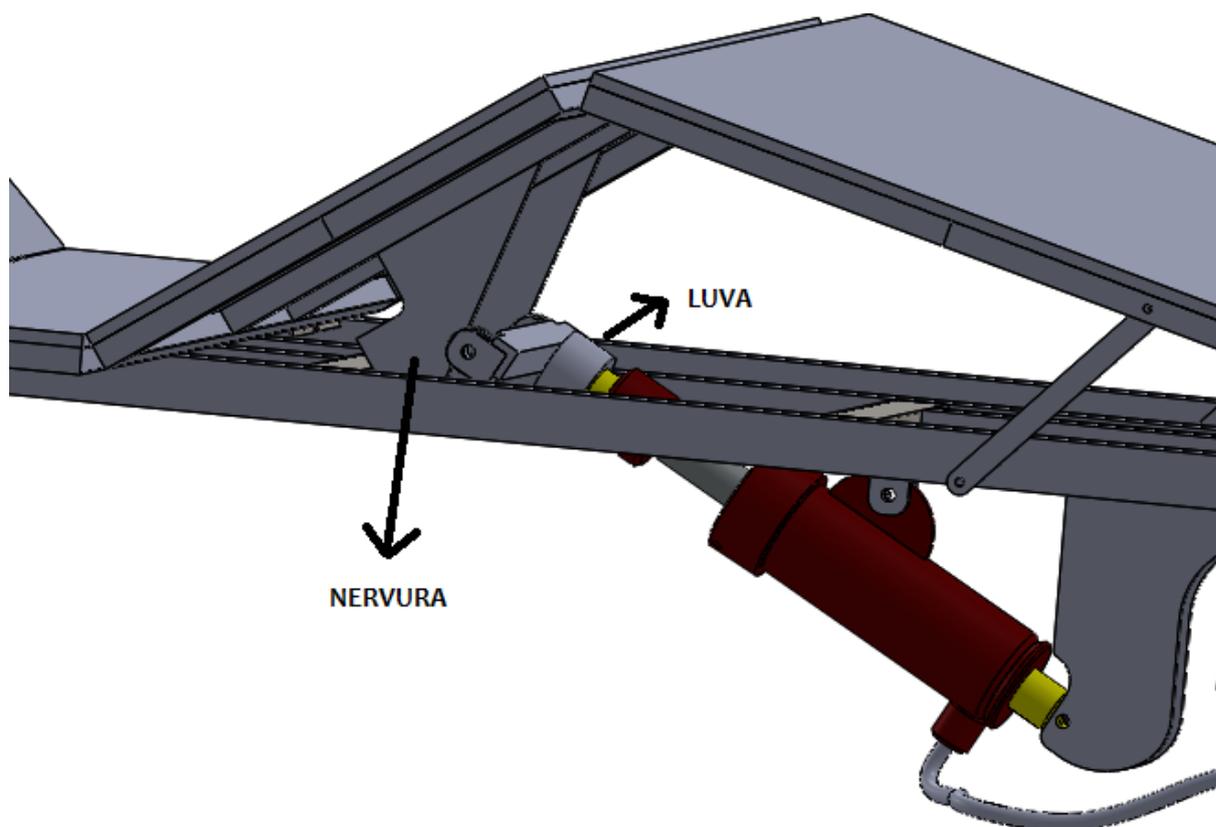


Figura 30- Regulagem de angulação das pernas

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Na Figura 30 acima, utilizou-se o mesmo procedimento destacado nas figuras anteriores. Nela observa-se o cilindro parcialmente acionado, onde a ponta do pistão encaixa-se em uma luva soldada no eixo, no qual em cada uma das extremidades existe um rolamento apoiado em sua respectiva nervura. Como não foi projetado um mecanismo de segurança no final do curso da nervura, ela foi dimensionada e o atuador posicionado de forma a alcançar a angulação máxima especificada, quando o contato entre o rolamento e a nervura chegasse a cerca de 70% do seu curso. Sendo assim, ângulos superiores aos desejados poderiam ser alcançados nessa configuração, porém o aumento desses valores tende a causar desconforto ao paciente.

4.3.3 Elevação de altura

Com o objetivo de proporcionar ao modelo proposto o deslocamento vertical do leito de cerca de 241mm definidos anteriormente, foi utilizado um mecanismo muito semelhante ao descrito no item 4.3.1, em que são utilizadas duas alavancas acopladas a um eixo bi apoiado por mancais de rotação. A diferença básica entre os dois acionamentos se dá no posicionamento

desses elementos. Enquanto no primeiro a posição inicial da alavanca é paralela ao quadro, no segundo, com o pistão completamente recolhido, a alavanca já possui uma inclinação. Como se encontram em partes diferentes da estrutura da cama, a fixação dos sistemas também possui algumas diferenças, porém, utiliza os mesmos elementos. A configuração desse atuador é mostrada na Figura 31.

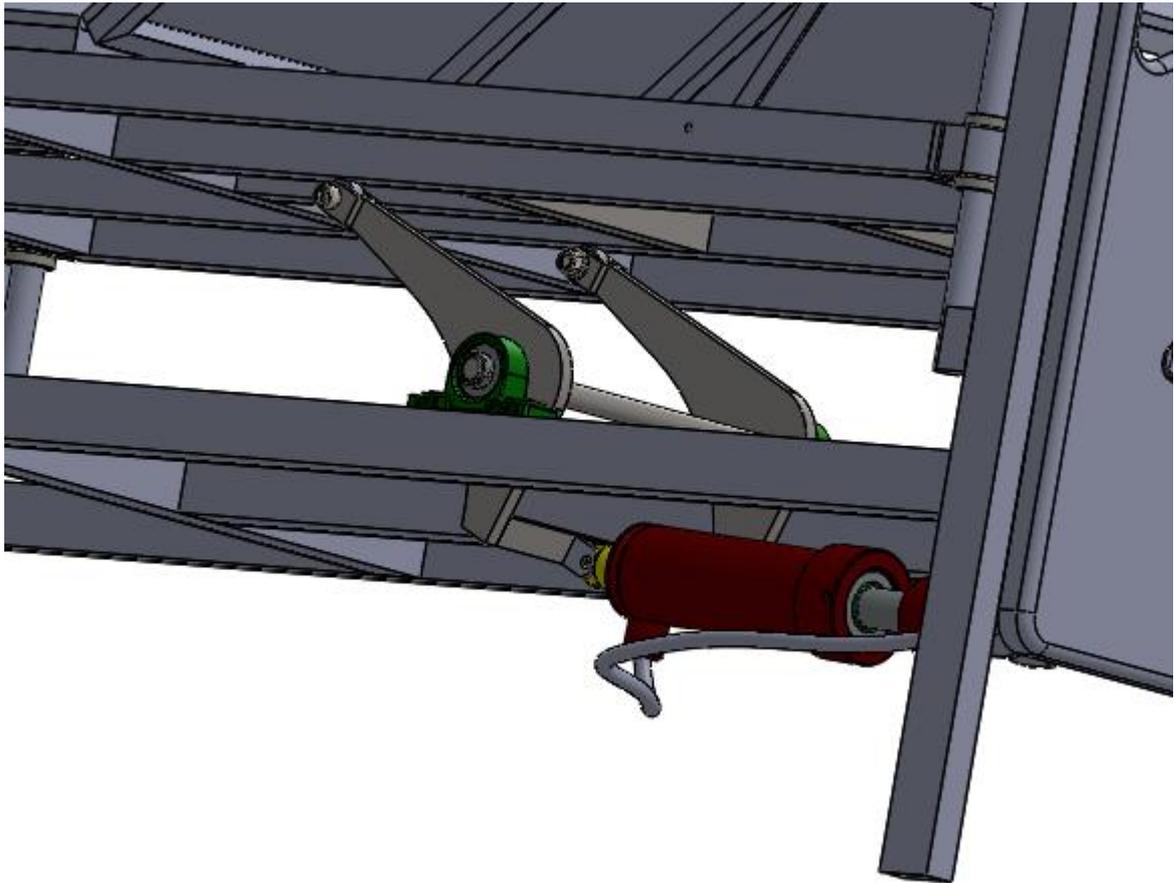


Figura 31– Mecanismo de elevação do leito

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Utilizando a técnica de ocultação de objetos, destaca-se na Figura 31, somente o sistema de elevação de altura. É possível visualizar o acionamento descrito anteriormente, em que o movimento das alavancas no sentido horário, proporcionado pela abertura do cilindro, desliza os rolamentos ao longo do percurso definido, de forma a movimentar o leito da cama no sentido vertical, sendo esse, seu único grau de liberdade nesse ponto. Todos os outros sistemas são

fixados nessa estrutura móvel, possibilitando assim seu funcionamento em qualquer posição do leito.

Na Figura 32, é exibido o percurso executado pelo leito quando seu sistema é acionado. Essa estrutura delimita o movimento e é posicionada nos quatro cantos da cama. Ela é composta por um eixo com batentes, um rolamento linear e uma luva soldada no quadro móvel da cama, que tem como função acoplar todos esses elementos. Elaborada dessa forma, também proporciona rigidez e garante à cama uma movimentação suave e bem definida.

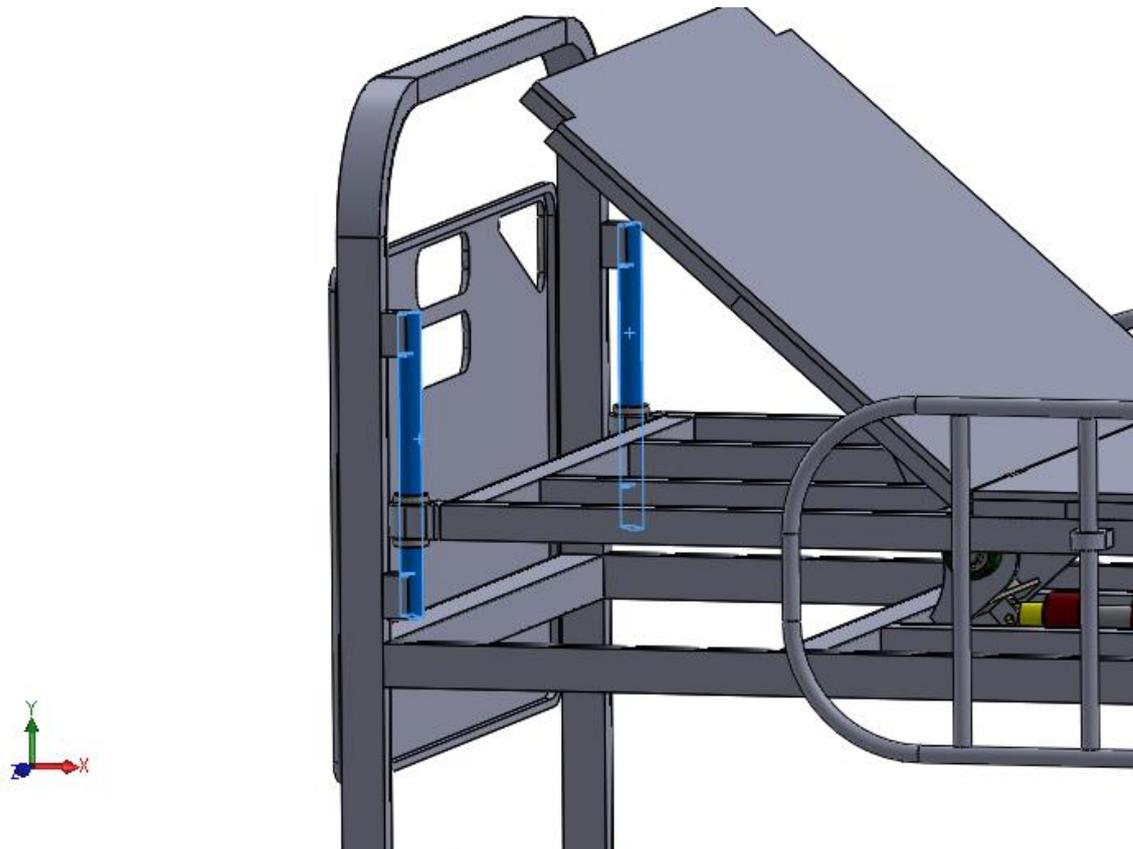


Figura 32 - Curso de elevação de altura

Fonte: Pesquisa direta (2019)

4.3.4 Utilização

Após a descrição do princípio funcionamento da Cama Hospitalar proposta, é importante explicar como o operador deve utilizar seus acionamentos e regulagens. Como a posição do pistão é determinada pela quantidade de fluido presente na câmara do cilindro, impedindo-se o movimento do fluido, pode-se fixar o deslocamento do atuador em qualquer

ponto. Lembrando que o bombeamento do fluido é executado por meio de uma manivela, que o esticador possui uma válvula e o adaptador utiliza três, a Figura 33 a seguir mostra a cabeceira inferior modelada.

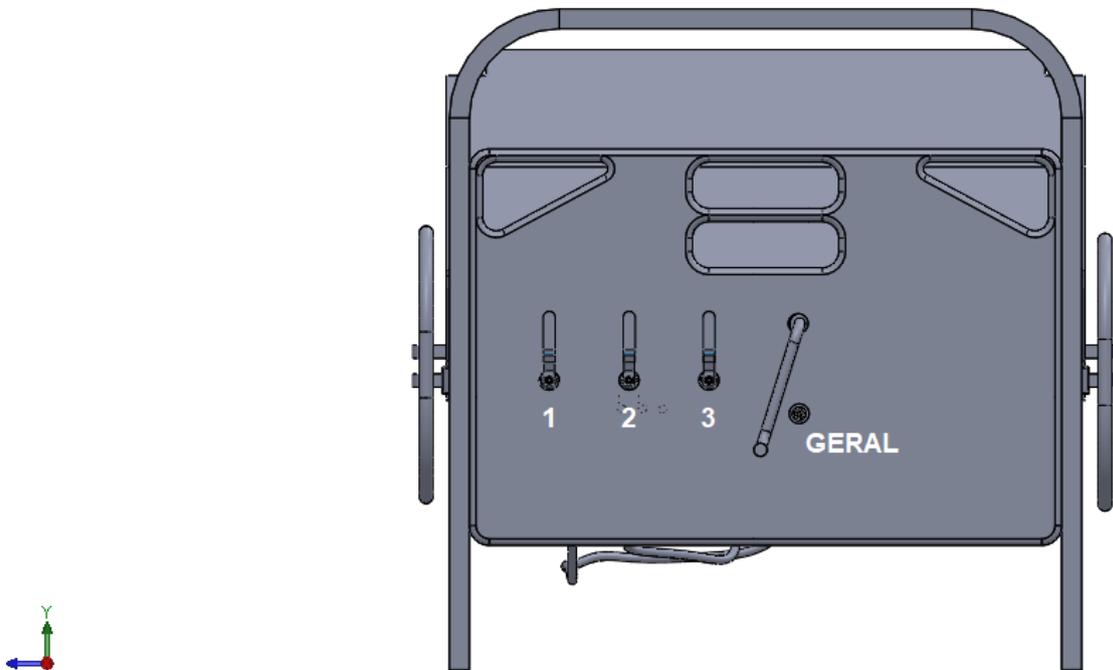


Figura 33- Cabeceira Inferior

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Considerando a posição inicial com todos os cilindros completamente fechados, a Figura 34 mostra as instruções.

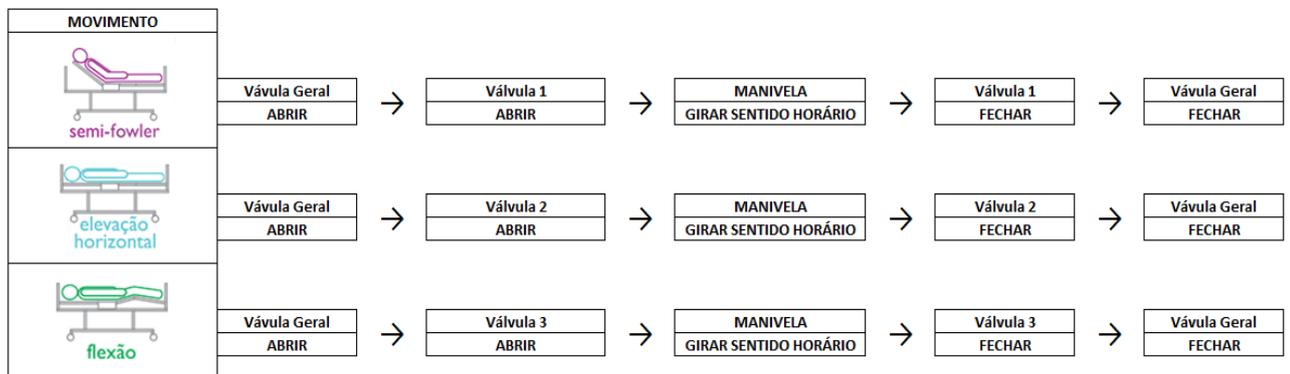


Figura 34– Instruções de operação da cama

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Na Figura 34, observamos que existe um padrão de acionamento, que independe do movimento desejado: antes de qualquer ação deve-se abrir a válvula geral, esta libera o bombeamento do fluido até o adaptador, em seguida tem-se que liberar a passagem para o cilindro desejado, com o percurso do fluido aberto gira-se a manivela no sentido horário até alcançar a posição almejada, então fecha-se as válvulas para impedir o retorno do óleo pela gravidade. Para realizar um movimento combinado utiliza-se um raciocínio análogo. Quando é requerido retornar o movimento, somente a abertura da válvula realiza essa etapa, assim que a posição for ideal, fecha-se novamente o registro.

4.4 Simulação de esforços

Visando garantir que a estrutura projetada seria capaz de suportar as forças a ela impostas em sua aplicação, foi feita uma simulação de esforços estática. Nela, definimos o tipo de material (SAE 1020), as interações entre cada uma das partes da cama, ou seja, o tipo de contato entre as peças (fixo, deslizante ou livre), o grau de refino da malha e as cargas impostas.

No primeiro momento dessa etapa, desejava-se realizar a simulação no SOLIDWORKS, mas o software não foi capaz de convergir o modelo desenvolvido, de modo a gerar a malha. A solução encontrada pelo projeto foi suprimir quaisquer elementos da cama que não possuem função estrutural, de forma a simplificar o modelo, que posteriormente foi exportado para o ANSYS 2019.

Após o ANSYS convergir corretamente a geometria desejada, foram definidas as condições de contorno da simulação, conforme a Figura 35. Sendo importante destacar a divisão feita para realizar uma simulação mais simples, primeiro destaca-se somente a parte móvel da cama, onde julga-se que estão os pontos críticos para análise, os mecanismos desenvolvidos para o acionamento dos movimentos.

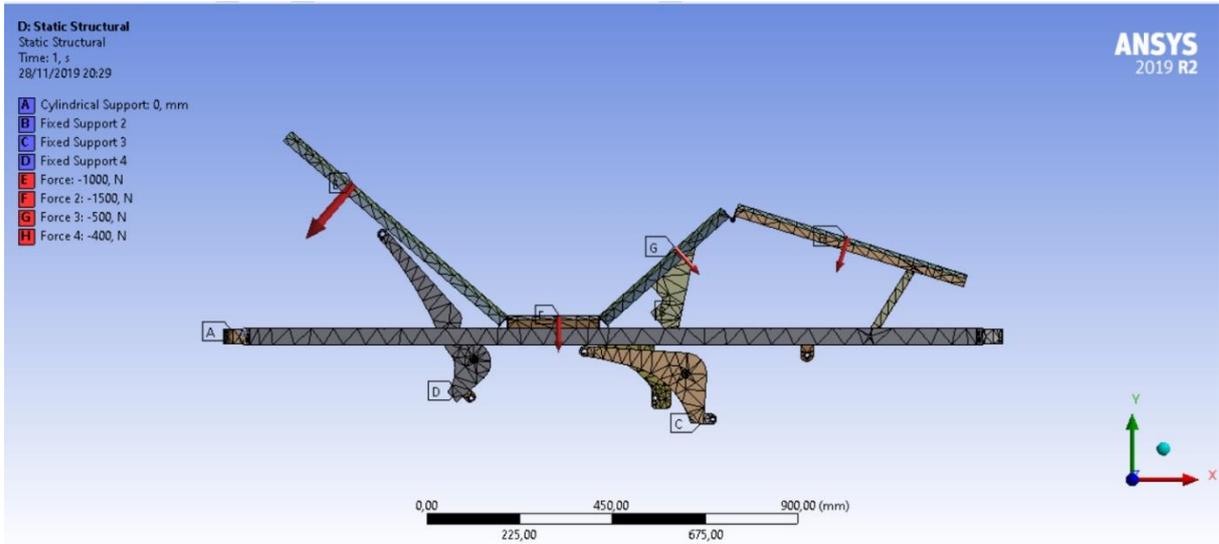


Figura 35 - Malha gerada e condições de contorno ANSYS

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Na legenda do lado esquerdo da Figura 35, observamos algumas condições de contorno utilizadas, sendo, em A, um apoio com liberdade no eixo Y, em B, C e D, apoios fixos. Sob essa estrutura foram impostas cargas nos valores de 1000N para o dorso, 1500N para quadro da região do quadril, 500 N para das coxas e 400N no apoio das canelas. Essas forças foram definidas de forma a distribuir o peso de um corpo humano de 340kg ao longo da estrutura do modelo. O resultado é mostrado na Figura 36.

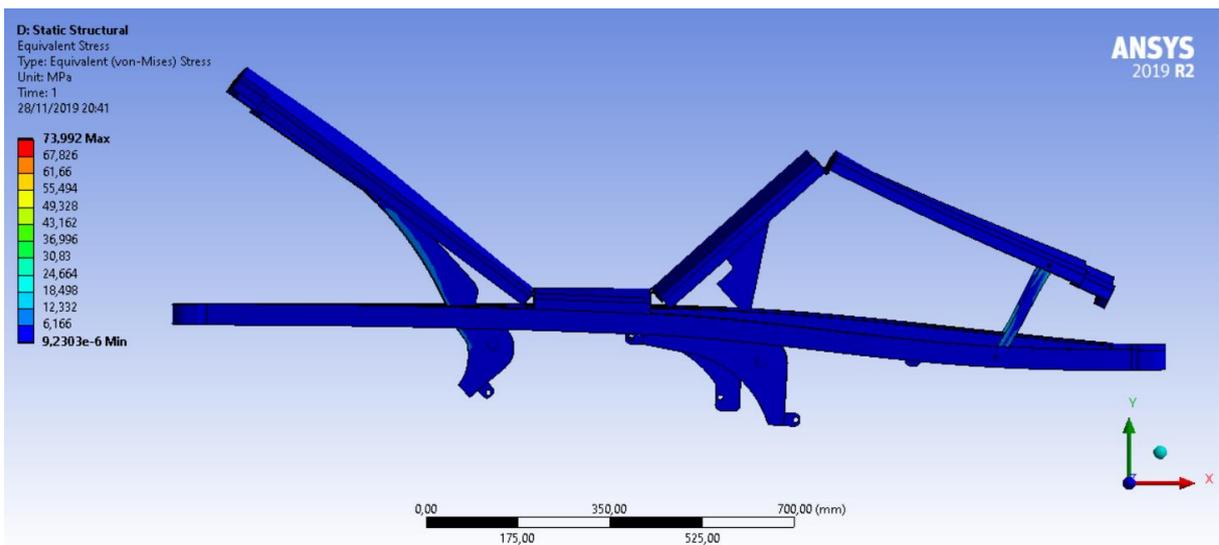


Figura 36- Simulação de esforços estática

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Na Figura 36, podemos observar na legenda a esquerda a escala de cores em relação a tensão em cada ponto em Mega Pascal (MPa). Os principais pontos a serem analisados são os contatos dos mecanismos utilizados para realizar os movimentos da cama. Na Figura 37 mostra-se a estrutura conforme o capítulo 4.3.1.

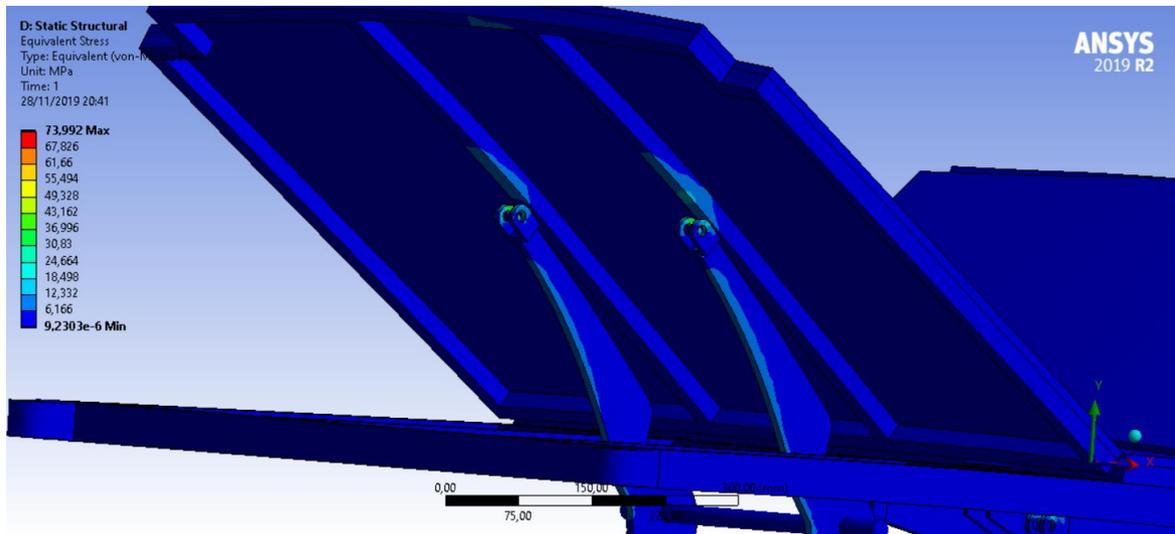


Figura 37– Regulagem de angulação do dorso

Fonte: Pesquisa direta (2019)

É possível observar a região que sofre maior tensão na Figura 37 acima, sendo eles os pontos de contato entre o quadro e a alavanca de elevação, conforme esperado. Na Figura 38 abaixo, é mostrado o corte do acionamento destacado na seção 4.3.2.

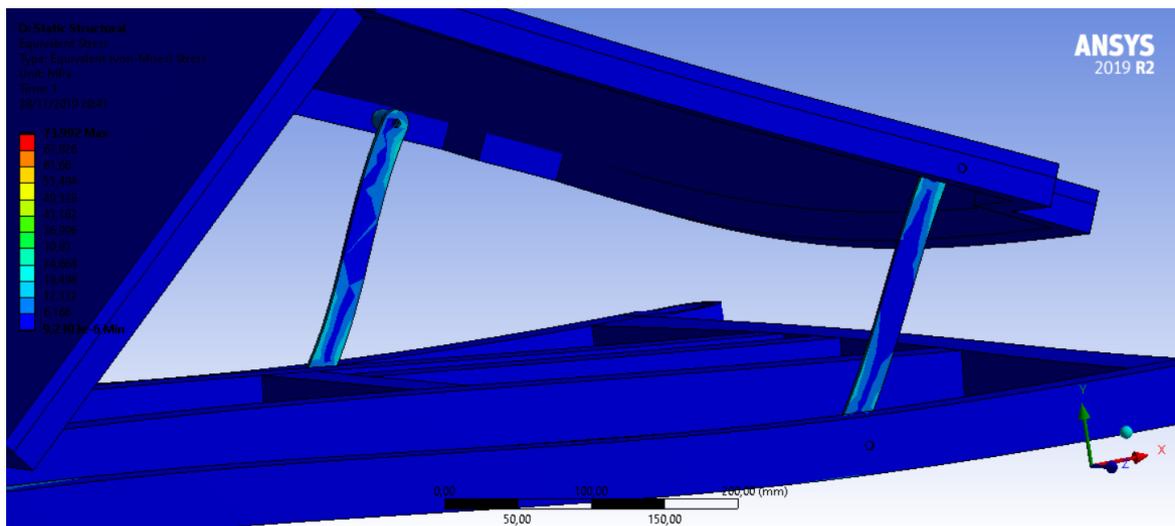


Figura 38 - Regulagem de angulação das pernas

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Na vista exibida na Figura 38, observa-se que a haste de angulação dos joelhos é a estrutura submetida as maiores tensões. A nervura utilizada para acionamento desse movimento seguiu o mesmo padrão de cores do resto da estrutura. Para o item destacado na seção 4.3.3, mostra-se a Figura 39.

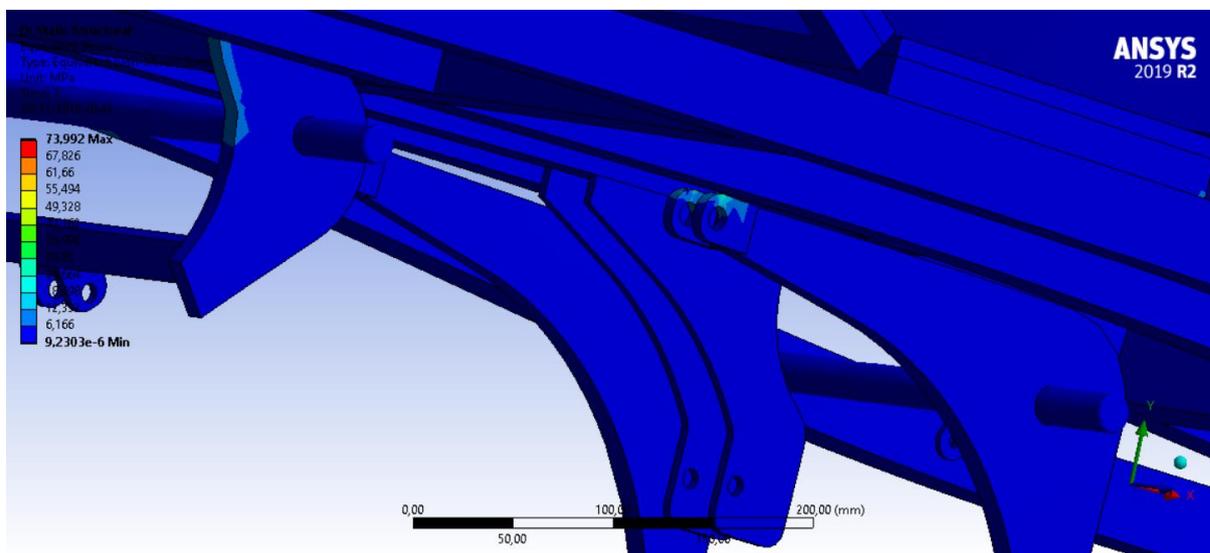


Figura 39– Mecanismo de elevação do leito

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Observa-se que na Figura 39 acima, os pontos de maiores tensões se encontram no contato entre o mecanismo de acionamento e a estrutura superior do leito.

Então tem-se como resultado da simulação que a parte móvel do modelo proposto suporta com relativa facilidade os esforços submetidos à sua estrutura, seguindo um padrão de distribuição conforme um corpo humano de 340kg. Porque, o aço SAE 1020, tem limite de escoamento de cerca de 200MPa e o ponto com maior tensão na simulação foi de 73,992MPa. Sendo assim, não se fez necessário simular a estrutura fixa da cama, pois ela é ainda mais robusta que a descrita anteriormente e não possui pontos críticos, no sentido de distribuir os esforços a ela impostas ao longo de sua geometria. Por fim pode-se afirmar que a estrutura dimensionada possui um fator de segurança muito elevado para sua aplicação.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

O modelamento de uma Cama Hospitalar utilizando um método de acionamento inovador, um esticador hidráulico comercial, ferramenta que não foi desenvolvida com esse propósito específico, trata-se de um processo complexo. Em razão das particularidades desse elemento tornaram-se necessárias adaptações e a utilização de diversos mecanismos, de forma a permitir que essa ferramenta fosse capaz de executar os movimentos propostos. O projeto em si engloba diversas variáveis conforme abordado durante a revisão bibliográfica e apresentado ao longo desse estudo. Considera-se que o presente estudo foi fundamental para evidenciar a influência da regulagem da Cama na melhoria das condições ergonômicas de trabalho dos agentes de saúde e cuidadores do paciente, além de proporcionar mais conforto ao enfermo.

Após revisão bibliográfica, foi possível determinar as especificações técnicas desejadas para o modelo proposto. Em seguida, através da análise dos meios de acionamentos utilizados no mercado, optou-se por criar uma solução diferente das usuais, prezando por minimizar os custos de produção. Para a concepção do modelo proposto, visando atender todas as necessidades para um produto de qualidade, diversos estudos sobre a cinemática das estruturas foram feitos, de forma a buscar a solução mais vantajosa dentro desse contexto.

Para desenvolvimento do projeto foram utilizados o SOLIDWORKS (2018) para modelamento o qual permitiu várias análises de funcionabilidade dos mecanismos e das estruturas concebidas e utilizadas. Depois de finalizar o modelamento 3D da Cama Hospitalar, um estudo de movimento foi realizado, a fim de garantir a aptidão do projeto para exercer as funções a ele propostas. Realizou-se, ainda, uma simulação de esforços, no ANSYS (2019) de forma a verificar se as estruturas do modelo seriam capazes de suportar as forças a ela impostas em sua aplicação.

Realizando uma comparação entre o projeto proposto nesse estudo e as soluções presentes no mercado, pode-se afirmar que o modelo possui uma utilização relativamente mais complexa do que as camas elétricas e mecânicas, porém apresenta uma importante vantagem quando contraposta a cama elétrica, pois não necessita de energia elétrica para seu funcionamento. Isto ocorre devido ao fato de que o acionamento hidráulico em si, utiliza apenas a energia do fluido para realizar os movimentos. Com relação à cama mecânica, possui a vantagem de não requerer

esforço físico no momento de retornar os quadros do leito para a posição original, pois o fluido retorna por efeito da gravidade. Sua estrutura mais rígida e o mecanismo exposto na Figura 31, garantem um movimento mais suave, que gera mais confiança ao paciente, sendo que as camas mecânicas que possuem a elevação de altura comumente acarretam muita oscilação durante esse acionamento. No entanto, como necessita de um reservatório e conexões hidráulicas, a vedação desse sistema é muito importante. Para evitar a deterioração dos elementos com o passar do tempo e sua utilização, deve-se proceder com uma atenção especial na manutenção.

Como o modelo proposto utiliza um sistema hidráulico, esse tipo de atuador possui um acionamento muito silencioso, característica considerada muito importante dentro de um ambiente hospitalar. Dessa forma, esse estudo resultou em projeto funcional com vantagens e algumas desvantagens, conforme apresentado anteriormente. Como não foi possível a obtenção de verba específica para a etapa de construção, o projeto foi finalizado após o modelamento no software.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Considerando a relevância da temática que motiva o presente estudo, sugere-se, por fim, como trabalho futuro, uma análise aprofundada de viabilidade econômica para a construção da cama, tanto para o desenvolvimento de um protótipo quanto para uma possível linha de produção. Com um exemplar físico, propõe-se realizar etapas de testes, de forma a procurar possíveis falhas não previstas. Como o modelo proposto possui uma estrutura robusta, ele pode ser refinado de forma a economizar material, chegando a um produto com valor agregado menor, sendo mais acessível ao mercado. Entende-se que as vantagens deste modelo podem ser consideradas relevantes como possível contribuição para o conforto dos pacientes e para os aspectos ergonômicos dos espaços de saúde.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, N.M.C. **Aspectos ergonômicos relacionados com o ambiente e equipamentos hospitalares.** Rev.latino-am.enfermagem, Ribeirão Preto, v. 6, n. 4, p. 103-109, outubro 1998.
- FADEL, B.G; SCHNEIDER, L; MOIMAZ, S.A.S; SALIBA, N.A. **Administração pública: o pacto pela saúde como uma nova estratégia de racionalização das ações e serviços em saúde no Brasil.** RAP – Rio de Janeiro 43(2):445-5, Mar./Abr. 2009.
- FONSECA, P. C.; FERREIRA, M. A. M. **Investigações dos níveis de eficiência na utilização de recursos no setor de saúde: uma análise das microrregiões de Minas Gerais.** Saúde Soc. São Paulo, v.18, n.2, p.199 – 213, 2009.
- FRANCO, M. I. E. de. **Análise numérica de vigas mistas aço-concreto com protensão aderente e não aderente pelo método dos elementos finitos.** 2018. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. Ed, p.176, São Paulo: Atlas, 2002.
- GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais.** Rev, de adm. de emp. São Paulo, v. 35, n.3, p, 20-29, mai/jun 1995.
- GOMES, M. R.; ANDRADE, M.; FERRAZ, F. **Apostila de hidráulica.** Bahia, 2008. Disponível em: <http://www.professormendoncauenf.com.br/ha01_apostilacompleta.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.
- HOSPIMETAL. **HM.2004M – Cama fawler, 3 manivelas, com elevação de altura.** 2017. Disponível em: <<http://www.hospimetal.com.br/brasil/hm2004m.php>> Acesso em: 8 nov. 2018.
- HOSPITEL. **A importância da cama hospitalar na recuperação dos pacientes.** 2019. Disponível em: <<https://www.hospitel.com.br/importancia-da-cama-hospitalar-na-recuperacao-dos-pacientes/>> Acesso em: 8 nov. 2018.
- INOUE, K. C.; MATSUDA, L.M.; MELO, W.A.; MURASSAKY, A.C.Y.; HAYAKAWA, L.Y. **Risco de queda da cama. O desafio da enfermagem para a segurança do paciente.** Invest Educ Enferm. 2011;29(3): 459-466.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **Definição Internacional de Ergonomia.** Revista Brasileira de Ergonomia ISSN 1519-7859. v.3, n.2 (2008). Disponível em <<http://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/61>> Acesso em: 15 nov. 2018.

JUNIOR, J.O.B; NUNES, L.E.N.P. **Modelagem de objetos em sistemas CAD 3D com a utilização de geometrias paramétricas.** VI Workshop Universidade-Empresa em Automação Industrial, Energia, Materiais e Processos, Produção 27 e 28 de Fev. de 2010, Taubaté.

MOBRAZ. **A importância de uma cama hospitalar nos cuidados domiciliares ao paciente.** 2015 – 2019. Disponível em: <<https://www.mobraz.com.br/blog/a-importancia-de-uma-cama-hospitalar-nos-cuidados-domiciliares-ao-paciente/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

MISSIO, C.; JÚNIOR, E. G. M. **Projeto cama hospitalar regulável por manivela manual.** Disciplinary Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 99-117, 2016.

PAIVA, M. C. M. S.; PAIVA, S.A.R.; BERTI, H.W.; CAMPANA, A.O. **Caracterização das quedas de pacientes segundo notificação em boletins de eventos adversos.** Rev. Esc. Enferm. USP, São Paulo, v.44(1), p.134-138, 2010.

PERELL, K. L.; NELSON, A; GOLDMAN, R.L; LUTHER, S.L; PRIETO-LEWIS, N.; RUBENSTEIN, L.Z. **Fall Risk Assessment Measures: An Analytic Review.** Journal of Gerontology: Medical Science, v. 56A, No. 12, M761–M766, 2001.

PINHO, L.; ARAÚJO, M.G.F.; GOES, S.R.; SAMPAIO, R.F. **Dores na coluna em profissionais da enfermagem.** Acta Fisiátrica, Belo Horizonte, v. 8(2), p. 75-81, 2001.

SCORDAMAGLIO, S.G.F. **Proposta de um dispositivo para adaptação em uma cama hospitalar para ajuste de altura.** Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/121109>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

SECRETARIA NACIONAL DE AÇÕES BÁSICAS DE SAÚDE. **Equipamento e material para posto, centro de saúde e unidade mista.** Brasília, DF: Centro de Educação e Ministério da Saúde, 1985. 139p

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C.R; BUDYNAS, R.G. **Projeto de engenharia mecânica.** 7. ed. - Porto Alegre: Bookman, p. 960, 2005.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. Ed. Atlas S.A., São Paulo, v. 8, p. 494, 2. ed., 1998.

VITOR, A. F.; ARAÚJO, T. L. **Definições para o resultado de enfermagem comportamento de prevenção de quedas: uma revisão integrativa**. Rev. Eletr. Enf. 2011 abr/jun;13(2):313-22.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



DECLARAÇÃO

Certifico que o aluno **Mateus Alves Carvalho Ramos**, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado “**Modelamento de uma cama hospitalar com regulagem de altura dorso e pernas**” efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.

Ouro Preto, 11 de dezembro de 2019.

Prof. Dr. Diogo Antônio de Sousa

Orientador