



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
CAMPUS CARAÚBAS
CURSO CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ESTEFHESON CARLOS LEITE DE LIMA

DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA AUTO-
ELEVATÓRIA ACIONADA HIDRAULICAMENTE PARA MANUTENÇÃO
DE BOMBAS.

CARAÚBAS – RN

2016

ESTEFHESON CARLOS LEITE DE LIMA

DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA AUTO-ELEVATÓRIA
ACIONADA HIDRAULICAMENTE PARA MANUTENÇÃO DE BOMBAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-árido –
UFERSA, Campus Caraúbas para a obtenção do
título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador:

Prof. M.Sc. Diego David Silva Diniz – UFERSA

CARAÚBAS – RN

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L525d Leite, Estefheson Carlos de Lima.
Desenvolvimento e construção de uma bancada auto-elevatória acionada hidráulicamente para manutenção de Bombas / Estefheson Carlos de Lima Leite. - 2016.
63 f. : il.

Orientador: M.Sc. Diego David Silva Diniz .
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de , 2016.

1. Manutenção. 2. Projeto. 3. Bancada hidráulica. 4. Otimização. 5. Segurança. I. , M.Sc. Diego David Silva Diniz, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ESTEFHESON CARLOS LEITE DE LIMA

DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA AUTO-ELEVATÓRIA
ACIONADA HIDRAULICAMENTE PARA MANUTENÇÃO DE BOMBAS.

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-árido –
UFERSA, Campus Caraúbas para a obtenção do
título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADO EM: 09 / 06 / 2016

BANCA EXAMINADORA

[Redacted Signature]

Prof. M.Sc. Diego David Silva Diniz - UFERSA
Presidente

[Redacted Signature]

Prof. Gleryston Thiago Gomes da Silva - UFERSA
Primeiro Membro

[Redacted Signature]

Prof. M.Sc. Rafael Luz Espindola - UFERSA
Segundo Membro

Dedico este trabalho a minha mãe **Taty Leite**, por
todo apoio, cuidado e amor.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao Senhor Deus da minha vida por tudo que Ele fez e faz por mim, por me dar forças, me direcionar no caminho correto.

Agradeço a minha mãe, Taty Leite, por todo cuidado, incentivo e dedicação pra que eu pudesse continuar os meus estudos. Por ser o meu grande exemplo de superação de desafios.

A minha irmã Thaisa Leite por tudo que fez por mim. Ao meu pai Alvacir Caetano por ter me colocado no mundo. Agradeço a todos os meus professores, que tanto contribuíram para meu aprendizado, em especial ao meu orientador Professor Diego David. Aos amigos pelo apoio em todos os momentos, em especial ao amigo José Graciliano por toda contribuição dada.

Deus é Fiel!

RESUMO

Por ser uma função estratégica e uma das principais fontes de geração de lucro, a manutenção industrial passa por um cenário de constantes avanços tecnológicos. As empresas do ramo estão cada vez mais preocupadas com a melhoria contínua de seus processos, tanto no que diz respeito ao aumento da segurança operacional dos seus funcionários, quanto na otimização de seus recursos. No entanto, para se obter resultados satisfatórios e atender as rigorosas exigências normativas de segurança, é necessário o desenvolvimento de novas ferramentas, dispositivos e equipamentos de trabalho que auxiliem o pessoal da manutenção, o tornando mais eficiente. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma bancada auto-elevatória acionada hidraulicamente para a manutenção de bombas, como proposta de solução para o problema de uma empresa fictícia de manutenção corretiva em bombas centrífugas de múltiplos estágios, a MANUTEC-RN. A principal necessidade dela é realizar um giro de 90° nessas bombas que tem aproximadamente duas toneladas. Foi cumprida a seguinte metodologia de projeto: projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. Analisando os resultados obtidos, constatou-se que foi possível desenvolver a concepção da bancada, de acordo com suas exigências e utilizando materiais já disponíveis na MANUTEC-RN.

PALAVRAS CHAVES: Manutenção. Projeto. Bancada hidráulica. Otimização. Segurança.

ABSTRACT

As a strategic function and one of the main strong profit generation, industrial maintenance goes through a constant technological advances scenario. These companies are increasingly concerned about the continuous improvement of its processes, both in regards to increased operational safety of its employees, as in optimizing their resources. However, to obtain satisfactory results and meet the stringent regulatory requirements security, new development is the necessary tools, devices and work equipment to assist the staff of maintenance, become more efficient. This paper presents the development of a self-lifting bench hydraulically actuated to maintain pumps as proposed solution to the problem of a fictitious company corrective maintenance centrifugal multistage pumps, the MANUTEC-RN. The main need of it is to perform a spinning 90 such bombs is about two tons. Informational design, conceptual, preliminary and detailed: the following design methodology has been fulfilled. Analyzing the results, it was found that it was possible to develop the design of the bench, according to your requirements and using materials already available in MANUTEC-RN.

KEY WORDS: Maintenance. Project. Hydraulic bench. Optimization. Safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais tipos de manutenção e suas principais características	17
Figura 2: Funcionamento da bomba de engrenagens	18
Figura 3: Tipos de bombas volumétricas	19
Figura 4: Bomba centrífuga de simples estágio	20
Figura 5: Bomba centrífuga de múltiplos estágios	21
Figura 6: Principais componentes de uma bomba centrífuga de múltiplos estágios ..	21
Figura 7: Película de lubrificante entre duas superfícies.	24
Figura 8: Fluxograma de metodologia de projetos adotada	26
Figura 9: Chave de torque hidráulica rotativa 30.000 ft/lbs	30
Figura 10: Principais componentes de um sistema hidráulico	31
Figura 11: Esquema de um sistema hidráulico	32
Figura 12: Fluxograma metodológico do desenvolvimento do projeto da bancada ...	35
Figura 13: Bomba centrífuga de múltiplos estágios de alta pressão modelo MC	37
Figura 14: Bomba centrífuga de múltiplos estágios de alta pressão modelo MD	37
Figura 15: Bomba centrífuga de múltiplos estágios de alta pressão modelo HDB	38
Figura 16: Principais cotas de uma bomba centrífuga de múltiplos estágios de alta pressão	38
Figura 17: Bomba de múltiplos estágios na posição normal de operação	39
Figura 18: Bomba de múltiplos estágios na posição vertical para desmontagem	40
Figura 19: Esboço preliminar da bancada de manutenção na posição horizontal	41
Figura 20: Esboço preliminar da bancada de manutenção em rotação	42
Figura 21: Esboço preliminar da bancada de manutenção na posição vertical	43
Figura 22: Sistema estrutural da bancada	44
Figura 23: Rodízios para locomoção da bancada	44
Figura 24: Roldanas de movimentação longitudinal da mesa	45
Figura 25: Sistema de acionamento da bancada	45
Figura 26: Cilindro hidráulico	46
Figura 27: Perfis quadrados e principais dimensões	47
Figura 28: Chapas de aço carbono	47
Figura 29: Perfil UDC e principais dimensões	48
Figura 30: Análise de tensões da mesa	49
Figura 31: Detalhe do ponto de maior tensão no eixo	49

Figura 32: Análise de tensões da base superior	50
Figura 33: Análise de tensões da base superior	50
Figura 34: Análise de tensões da base inferior	51
Figura 35: Análise de tensões da base inferior	51
Figura 36: Rodízio utilizado	52
Figura 37: Circuito Hidráulico da bancada	53
Figura 38: Unidade hidráulica Jartec	54
Figura 39: Atuadores hidráulicos	55
Figura 40: Cilindro principal e auxiliares	56
Figura 41: Bancada Hidráulica de movimentação de bombas	57
Figura 42: Bancada Hidráulica de movimentação de bombas acionada	58
Figura 43: Detalhes da parte inferior da bancada	59
Figura 44: Vista lateral da bancada	60
Figura 45: Vista superior da bancada	61
Figura 46: Vista explodida da bancada com lista de materiais	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de tarefas de manutenção em bombas centrífugas	23
Tabela 2: Classificação dos sistemas hidráulicos	32
Tabela 3: Materiais disponíveis em estoque para aplicação no projeto	35
Tabela 4: Informações importantes sobre as bombas de múltiplos estágios	39
Tabela 5: Propriedades do aço SAE 1045	47
Tabela 6: Capacidade de carga e dimensões dos rodízios RD055.6	52
Tabela 7: Componentes da Unidade hidráulica	55
Tabela 8: Características dos cilindros hidráulicos	56
Tabela 9: Características dos cilindros hidráulicos	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 ESCOPO DO TRABALHO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS	15
2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO	16
2.3 BOMBAS	17
2.3.1 Bombas volumétricas	18
2.3.2 Bombas centrífugas	19
2.4 MANUTENÇÃO DE BOMBAS CENTRIFUGAS	22
2.5 PROJETO DE PRODUTO	24
2.6 FASES DE UM PROJETO MECÂNICO	25
2.6.1 Projeto informacional	27
2.6.2 Projeto Conceitual	27
2.6.3 Projeto Preliminar	28
2.6.4 Projeto detalhado	28
2.6.5 Fabricação	29
2.6.6 Teste de validação	29
2.7 HIDRÁULICA	30
3 METODOLOGIA	34
4 RESULTADOS	36
4.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	36
4.1.1 Tipos de bombas	36
4.1.2 Principais informações sobre as bombas.....	38

4.1.3 Descrição da atividade de movimentação das bombas.....	39
4.2 DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DA BANCADA	41
4.2.1 Sistema estrutural da bancada	43
4.2.2 Sistema de acionamento hidráulico	45
4.2.3 Sistema de transmissão de força	46
4.3 PROJETO PRELIMINAR	46
4.3.1 Sistema estrutural da bancada	46
4.3.2 Sistema de acionamento hidráulico	53
4.3.3 Sistema de transmissão de força	55
4.4 PROJETO DETALHADO	57
5 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Os engenheiros mecânicos têm como uma das funções mais importantes a concepção ou aperfeiçoamento de equipamentos, com o objetivo de disponibilizar boas soluções em atendimento as necessidades impostas pela sociedade. Tais projetos mecânicos devem obedecer estritamente aos pré-requisitos de segurança, de conservação de recursos naturais, ambientais e também, de viabilidade econômica (COLLINS, 2012).

Assim, o desenvolvimento, construção e aplicação de máquinas e ferramentas nos processos de produção tiveram seu marco principal em meados do século XVIII, na Inglaterra, com o desenvolvimento da máquina a vapor. Desde então, as indústrias seguem um caminho de constante aperfeiçoamento dos seus processos e produtos, por meio da aplicação de novas ferramentas e tecnologias que viabilizam o aumento de produção e redução de custos. Outros fatores importantíssimos que levam as empresas a investirem em novos equipamentos é a oportunidade de aumentar a segurança nos trabalhos executados, por suas frentes operacionais e a confiabilidade na geração de seus produtos.

Seguindo esse cenário, no ramo da manutenção industrial é frequente o surgimento de novos maquinários e dispositivos que facilitam a realização das mais diversas tarefas, com reflexo em obtenção de melhores resultados e de otimização do processo. Por exemplo pode-se citar o desenvolvimento de pontes rolantes, que são máquinas de elevação de cargas do tipo guindaste. Trata-se de um sistema eletromecânico constituído de um carro que se desloca sobre vigas, ao longo do edifício, o qual possui um mecanismo de elevação e descida de carga. A utilização de tais ferramentas constitui-se um marco dos processos de melhorias da logística de movimentação interna de matérias na indústria. A concepção desses tipos de máquinas se deu início em 1830 com o surgimento da primeira empresa de guindastes, a Stuckenholz Ludwig, atual Demag Cranes & Components que em 1840, começa a produção em massa do equipamento na Alemanha (DEMAG, 2016).

Neste aspecto de busca por melhorias, a ideia deste trabalho surgiu em uma das visitas numa empresa de manutenção mecânica, durante uma operação que tratava em realizar movimentação de alguns tipos de bombas centrifugas de múltiplos estágios. Ao observar esta operação, foi exibido a complexidade desta movimentação, com muitas dificuldades, insegurança por parte dos funcionários e consumo de tempo elevado, por se tratar de um equipamento de aproximadamente duas toneladas, de difícil transporte e manabilidade.

Este fato motivou este trabalho, cujo objetivo é desenvolver uma inovação tecnológica que possibilita melhorar este tipo de serviço, consequentemente reduzir os riscos envolvidos e otimizar o processo.

Deste modo, o projeto vislumbra em desenvolver e construir uma bancada alto-elevatória acionada hidraulicamente, como proposta de solução para a empresa de manutenção em equipamentos mecânicos de grande porte, MANUTEC-RN, que atualmente, possui dificuldades em realizar movimentações para manutenção em alguns equipamentos específicos e, também, devido a limitação de espaço da área destinada à execução dos serviços de manutenção desses equipamentos.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma bancada hidráulica para manuseio e manutenção de bombas centrífugas de múltiplos estágios, capaz de solucionar um problema recorrente a empresa de manutenção, a MANUTEC-RN.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a situação de estudo, que é a realização da manutenção da bomba centrífuga de múltiplos estágios, que pesa aproximadamente duas toneladas;
- Aplicar as etapas de metodologia de projeto;
- Calcular e dimensionar uma bancada hidráulica;
- Calcular e construir o diagrama do sistema hidráulico utilizado na bancada;

1.3 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento de novas ferramentas de trabalho se faz necessário à medida que surgem novos desafios na indústria. Assim, a concepção e construção de novas ferramentas, equipamentos que facilitem a execução das atividades realizadas pelos trabalhadores da indústria é de extrema importância, tanto no que diz respeito à segurança operacional desses trabalhadores, quanto ao aumento de produtividade e redução de custos para as empresas. Este projeto será capaz de solucionar um problema recorrente a empresa de manutenção, a MANUTEC-RN, com a concepção dessa bancada proporcionará mais produtividade e

segurança operacional. Uma vez que a execução da movimentação das bombas será realizada de forma mais rápida e segura com a aplicação dessa nova ferramenta.

A viabilidade do projeto, também, é fator decisivo, no caso dessa empresa, ela já possui a maioria dos materiais para a construção da bancada de movimentação, estes materiais, atualmente, estão obsoletos em seu estoque, o que proporciona menores custos e possível viabilidade do projeto.

Na bancada será utilizado um sistema hidráulico como forma de acionamento e força motriz para a movimentação da carga, por ser necessário altos valores de esforços no que se refere a movimentação de grandes cargas.

Este trabalho proporcionará uma rica oportunidade de aprender todas as fases da concepção de um novo produto, que vem desde a análise informacional, escolha dos materiais e suas características à realização de cálculos e as demais particularidades de um projeto mecânico.

1.4 ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco partes que trata de modo sistemático a problemática apresentada. A primeira parte é introdutória ao assunto, sendo apresentados também os objetivos gerais e específicos, as justificativas e o escopo do trabalho. O referencial teórico apresenta a revisão bibliográfica referente à manutenção de equipamentos, bombas, manutenção em bombas, ao desenvolvimento de projetos de produtos, as fases do projeto mecânico e os principais conceitos quanto a sistemas hidráulicos. A metodologia mostra os procedimentos metodológicos aplicado na concepção do projeto, descrevendo as etapas, desde o surgimento da necessidade de resolução de um problema, até o projeto detalhado da solução concebida. Na etapa de resultados, são apresentados os resultados obtidos com o desenvolvimento do tema, e por ultimo o será apresenta a conclusão geral do projeto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre os aspectos mais relevantes para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

A manutenção desempenha um papel vital dentro das empresas. As atividades de manutenção exigem as mais variadas ações, afim de diminuir, ao máximo, a parada das máquinas e os trabalhos executados de forma não programada.

Ferreira (2010), define a manutenção como sendo as medidas necessárias para conservação ou permanência de alguma coisa ou de uma situação. Diz, também, que são os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas.

Para Monchy e François (1989), a manutenção na indústria tem como missão a gerência otimizada do parque de equipamentos, através de uma tripla função: supervisão permanente ou periódica, retirada de estados de panes e reparos e ações preventivas.

Já Mirshawka e Olmedo (1993), a “manutenção é o conjunto de ações e recursos aplicados aos ativos, a fim de se garantir a consecução de suas funções dentro dos parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazos, de custos e de vida útil adequados. ”

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 14224 (2011) define como sendo “a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

A definição moderna da missão da manutenção é “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados” (PINTO e NASCIF, 2001).

Todas as empresas precisam realizar manutenção dos seus processos, com vistas a garantia de sua continuidade operacional. Este trabalho limita-se a manutenção industrial, especificamente, a manutenção de equipamentos mecânicos. Atualmente são definidos cinco tipos básicos de manutenção, a manutenção corretiva, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção.

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

A maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza os vários tipos de manutenção existentes. Nesse trabalho vamos definir apenas os principais tipos, a manutenção preventiva, preditiva e corretiva. A figura 1 mostra estes três principais tipos de manutenção e suas características principais, permitindo a diferenciação entre elas.

Figura 1: Principais tipos de manutenção e suas principais características



Fonte: Abraman (2005)

A manutenção preventiva é a intervenção realizada em equipamentos com objetivo de reduzir ou evitar falhas e queda de desempenho, obedecendo a um plano de tarefas previamente elaborado, onde é baseado em intervalos de tempo predefinidos (PINTO e NASCIF, 2001).

Já a manutenção preditiva, também conhecida por manutenção com base no estado do equipamento, pode ser definida como a atuação realizada de acordo com as modificações dos parâmetros de desempenho, cujo acompanhamento é realizado de forma sistemática (PINTO e NASCIF, 2001).

Por último, Pinto e Nascif (2001) afirma que “a manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado”.

Deste modo, a manutenção deve ser feita em todo tipo de máquinas, no qual é notório ter uma maior sequência de manutenção em máquinas que possui elementos rotativos, como é o caso das bombas centrífugas, este tipo de equipamento requer um planejamento de manutenção detalhada, pois este apresenta componentes rotativos sob pressão e, muitas vezes, em um ambiente corrosivo.

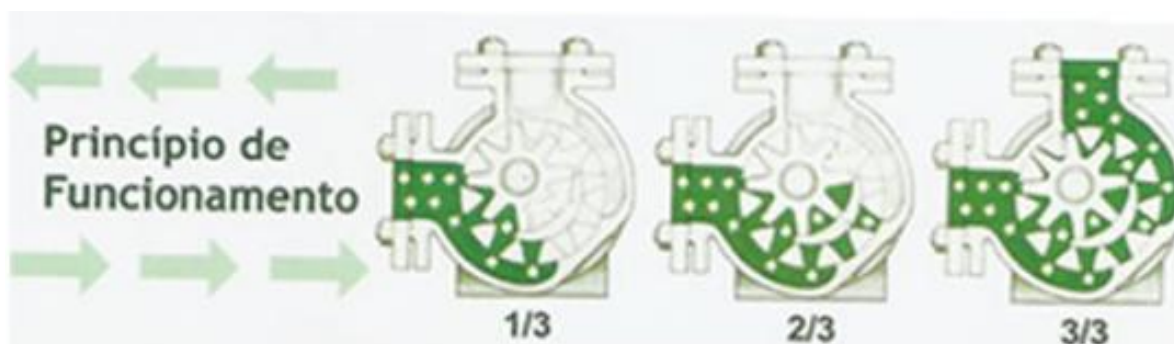
2.3 BOMBAS

As bombas são definidas como máquinas operatrizes hidráulicas que conferem energia ao fluido com a finalidade de transportá-lo de um ponto a outro, obedecendo às

condições de processo. Elas recebem energia de uma fonte motora qualquer e cedem parte dessa energia ao fluido na forma de energia de pressão (aumentam a pressão do líquido), cinéticas (aumentam a velocidade do líquido) ou ambas (ELETROBRÁS *et al*, 2009).

A figura 2 abaixo mostra o funcionamento da bomba de engrenagens, em que há um aumento de energia cinética e pressão do fluido no ponto de saída, quando comparado com o estado de entrada inicial do fluido na bomba.

Figura 2: Funcionamento da bomba de engrenagens



Fonte: www.technopump.com.

É muito vasto o campo de aplicações das bombas centrífugas, de acordo com Epaminondas (2003), elas são empregadas frequentemente em: serviços de abastecimento d'água; estações de tratamento; serviços de esgoto; sistemas de irrigação; sistemas de drenagem; centrais termoeletricas; centrais de refrigeração; indústria têxtil; indústria petrolífera; indústria química e petroquímica; mineração; sistemas de combate a incêndio; uso marítimo; uso domiciliar; etc.

Devido à grande diversidade das bombas existentes, nesse trabalho foi adotado uma classificação resumida, dividindo-as em dois grandes grupos: as bombas volumétricas, também conhecidas como Bombas de Deslocamento Positivo e bombas centrífugas ou turbo-Bombas, também conhecidas como Bombas Hidro ou Rotodinâmicas.

2.3.1 Bombas volumétricas

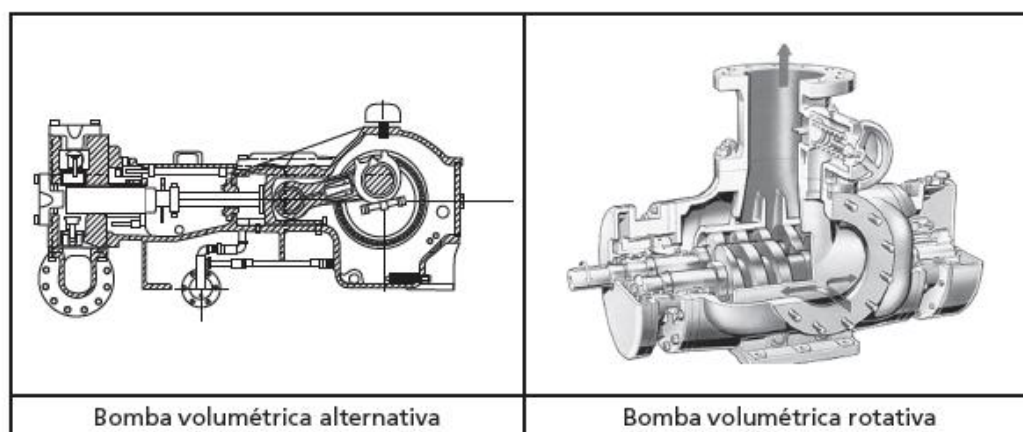
As bombas volumétricas são equipamentos mecânicos utilizados para transportar um determinado líquido de um ponto de menor energia para outro de maior energia. Isto acontece devido ao mecanismo da bomba que induz o deslocamento do líquido por determinada direção. A quantidade necessária de pressão deve ser suficiente para vencer os efeitos combinados de atrito, pressão e gravidade. As bombas volumétricas ou de deslocamento

positivo são aquelas onde a energia é fornecida ao líquido unicamente e diretamente sob forma de pressão (JÚNIOR e SANTOS, 2010).

Segundo Júnior e Santos (2010), esse tipo de bomba tem como princípio de funcionamento a movimentação do fluido causada diretamente pela movimentação do elemento bombeador (pistão, êmbolo ou diafragma) que tem a função de “empurrar” o líquido. Certo volume de líquido preenche, sucessivamente, o espaço criado pelo elemento bombeador, no interior da bomba, sendo depois expulso. A denominação desse tipo de bomba, volumétrica, se deve a esse aspecto. Elas podem ser classificadas em bombas alternativas, quando envolvem um movimento intermitente de um pistão no interior de um cilindro, e bombas rotativas, quando o transporte do líquido é comandado pelo movimento de rotação de um elemento bombeador.

Os dois tipos de bombas volumétricas estão representados através da figura 3:

Figura 3: Tipos de bombas volumétricas.



Fonte: Júnior e Santos, 2010.

2.3.2 Bombas centrífugas

As bombas centrífugas são os mais comuns de equipamentos em instalações industriais, sendo amplamente usadas em diversas aplicações. Este tipo de bomba tem por princípio de funcionamento a transferência de energia mecânica para o fluido, por meio de um rotor, também chamado de impelidor, que gira no interior de uma carcaça.

De acordo com Júnior e Santos (2010), uma bomba centrífuga é um equipamento mecânico que usa o princípio da força centrífuga para transformar energia mecânica do eixo

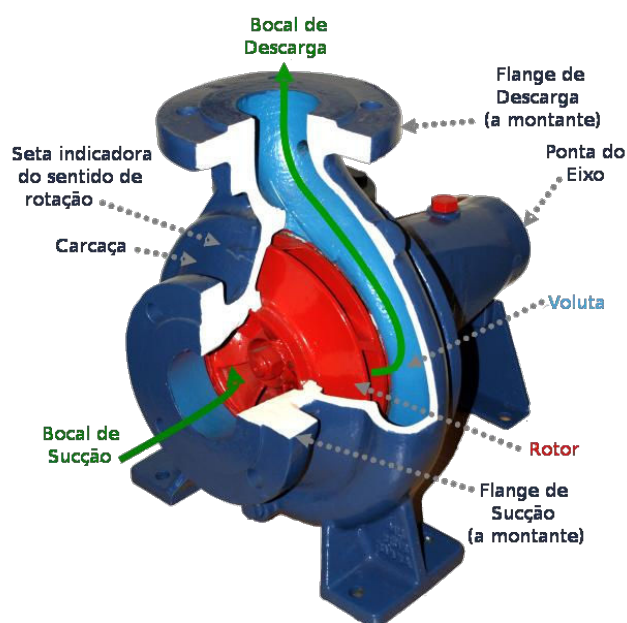
em energia cinética e em energia de pressão, que, posteriormente, a parcela cinética é transformada em pressão internamente na voluta.

As bombas centrífugas podem ser classificadas quanto: a direção do fluxo em relação ao eixo; a posição de trabalho; ao número de estágios; ao tipo de sucção do primeiro estágio e a partição da carcaça. Neste trabalho será limitado a exposição da classificação quanto ao número de estágios, visto que estes tipos de bombas pertencem ao conjunto de objeto de estudo deste trabalho.

Quanto ao número de estágios, as bombas centrífugas podem ser classificadas em: bombas de simples estágio (possui apenas um rotor) e múltiplos estágios (há mais de um impelidor na carcaça da bomba). As figuras 4 e 5 ilustram os dois tipos, respectivamente.

As bombas de simples estágio são utilizadas na maioria das instalações hidráulicas, porque a simplicidade de sua fabricação facilita a produção em série, além de atender à necessidade transportar a água para pequenas e médias alturas, entre outras aplicações. Essa aplicação apresenta menor consumo de energia, melhor relação custo-benefício e manutenção mais simples (ELETROBRÁS *et al*, 2009).

Figura 4: Bomba centrífuga de simples estágio

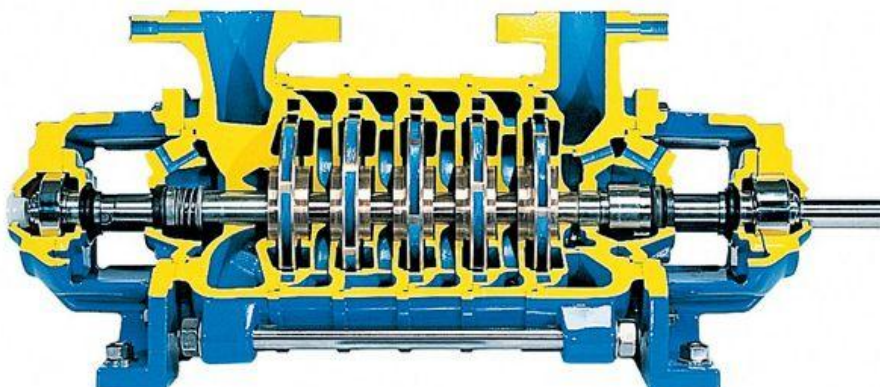


Fonte: wikipedia.org

Por sua vez, as bombas centrífugas de múltiplos estágios é usada quando é necessário bombear o líquido a uma altura que não é atingida por intermédio de uma bomba centrífuga radial pura. É própria para instalações de alta pressão, por exemplo, na alimentação de

caldeira, e na pressurização de poços de petróleo, dentre outros tipos de aplicações. Por possuir diversos rotores em um único eixo, acionados por um único motor elétrico, proporciona economia de energia em comparação com diversas bombas interligadas em série (ELETROBRÁS *et al*, 2009).

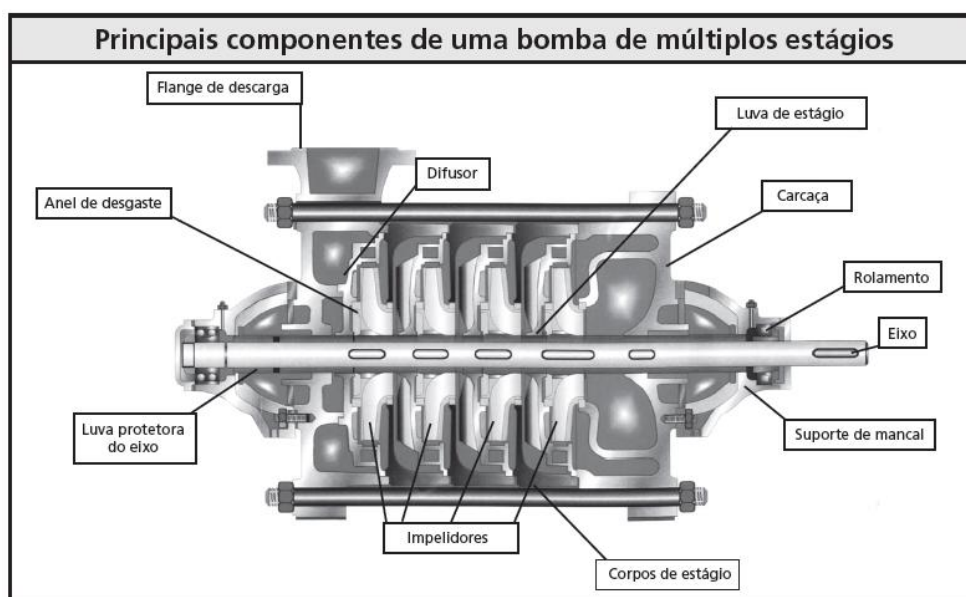
Figura 5: Bomba centrífuga de múltiplos estágios



Fonte: engiobra.com

Pode-se observar na figura 6, os principais componentes que compõem uma bomba centrífuga de múltiplos estágios.

Figura 6: Principais componentes de uma bomba centrífuga de múltiplos estágios



Fonte: Júnior e Santos, 2010.

Esta bomba é tratada com um equipamento formado por vários componentes e elementos de máquinas que precisam ser montados de forma correta, obedecendo aos padrões de folgas e uma série de especificações do fabricante, deste modo, as atividades de manutenção corretiva em bombas centrífugas de múltiplos estágios requerem maiores cuidados, pessoal treinado, com maior conhecimento técnico e ferramentas de trabalho adequadas.

2.4 MANUTENÇÃO DE BOMBAS CENTRIFUGAS

Para que as bombas tenham uma longa durabilidade, é necessário estabelecer rotinas de manutenção para a sua conservação. Essas rotinas são conhecidas como planos de manutenção. Tais planos bem elaborados garantem o perfeito funcionamento dos equipamentos mecânicos (EPAMINONDAS, 2006).

Uma boa manutenção pode prolongar a vida da bomba com menores custos de operação e menor possibilidade de falha, o que diminui o risco de interromper um determinado processo industrial. Além disso, a manutenção fará com que o equipamento trabalhe de acordo com as suas condições normais de projeto, o que proporcionará menor consumo de energia, ou seja, maior eficiência (ELETROBRÁS *et al*, 2009).

Deseja-se que a manutenção contribua no aumento da vida útil do maquinário, assim como, para maior disponibilidade confiável ao menor custo. A função do mecânico de manutenção é prestar um serviço – prover disponibilidade confiável de máquinas rotativas – para que os técnicos da operação realizem a produção com qualidade e segurança (PINTO *et al*, 2006).

Foi descrito alguns procedimentos de manutenção preventiva que são rotineiros e comuns a maioria das bombas centrífugas. Essas intervenções preventivas são realizadas a intervalos regulares e conseguem detectar pequenos desvios no funcionamento normal da bomba que, se corrigidos de imediato, impedem que tais defeitos se transformem em falhas, assim, será necessário realizar apenas operações de lubrificação, limpeza, verificação/inspeção e testes que poderão indicar ou não a necessidade de troca de algum componente (ELETROBRÁS *et al*, 2009).

Um bom plano de manutenção prevê verificações mensais, trimestrais, semestrais e anuais. A tabela 1 demonstra as principais tarefas de manutenção realizadas em bombas, de acordo com intervalos de tempo pré-determinados.

Tabela 1: Lista de tarefas de manutenção em bombas centrífugas

Exemplo de lista de tarefas de um plano de manutenção			
Inspeções de rotina	Inspeções mensais	Inspeções trimestrais	Inspeções anuais
Verificação do nível e da condição do óleo, por meio do visor de nível	Verificação da temperatura dos mancais;	Verificação do aperto da base e dos parafusos de fixação.	As inspeções anuais devem verificar a capacidade, pressão e potência da bomba. Caso o desempenho da bomba não atenda aos requisitos de processamento, ela deve ser desmontada e inspecionada. As peças desgastadas devem ser trocadas.
Verificação da presença de ruído, vibração e temperaturas anormais do mancal.	Verificação do intervalo de lubrificação dos mancais.	Inspeção do engaxetamento.	
Inspeção da bomba e das tubulações quanto à presença de vazamentos.		Troca de óleo a cada três meses ou com mais frequência se existem condições atmosféricas adversas ou outras condições que possam contaminar ou deteriorar o óleo. O manual técnico do fabricante da bomba deverá ser consultado.	
Verificação de vazamento da caixa de gaxetas e ajuste.		Medir a resistência de isolamento elétrica do motor.	
Verificação de vazamento no selo mecânico.		Inspeção do painel elétrico, verificando principalmente o rele de nível e as proteções elétricas.	
Medições de corrente e tensão elétrica do motor elétrico.			

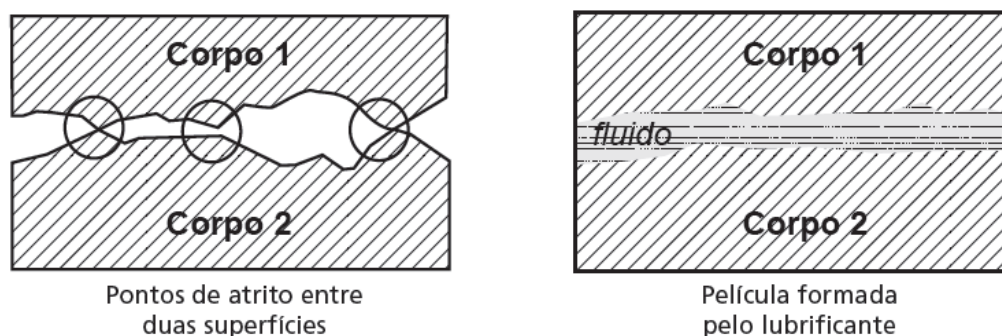
Fonte: Autoria própria, adaptado de Eletrobrás *et al*, 2009.

Deve-se dá uma atenção especial a lubrificação desses equipamentos. A lubrificação consiste na introdução de uma substância, geralmente um óleo ou graxa, entre superfícies sólidas que executam movimentos relativos entre si, impedindo, assim, um contato direto entre as superfícies (JÚNIOR e SANTOS, 2010).

O objetivo da lubrificação de uma bomba, como a de qualquer outro equipamento, é reduzir o atrito e o desgaste dos componentes. Para tal, é necessário manter um filme de lubrificante separando as superfícies metálicas que possam entrar em contato (PINTO *et al*, 2006).

Pode-se observar na figura 7 a formação da película lubrificante entre duas superfícies.

Figura 7: Película de lubrificante entre duas superfícies.



Fonte: Júnior e Santos, 2010.

Segundo Epaminondas (2006), além de impedir o contato direto de duas superfícies em movimento relativo, o lubrificante ainda tem a função de: dissipar o calor gerado; proteger as superfícies contra a corrosão; remover as partículas provenientes do desgaste das peças, ou outros materiais estranhos; e etc.

É necessário saber que as propriedades originais dos lubrificantes se deterioram em virtude do uso. Além disso, todos os lubrificantes sofrem contaminação durante o serviço, motivo pelo qual devem ser completados e trocados regularmente (ELETROBRÁS *et al*, 2009).

Cada fabricante estabelece os procedimentos a serem adotados quanto à manutenção e lubrificação de suas bombas, a manutenção sempre deve ser efetuada seguindo as orientações constantes no manual do fabricante da bomba.

Devido à grande variedade de modelos de bombas, de diferentes fabricantes, inclusive as bombas centrífugas de múltiplos estágios, é corriqueiro a necessidade de desenvolver novas ferramentas, dispositivos e bancadas de trabalho, para auxiliar e facilitar os serviços de manutenção dessas máquinas. De acordo com Pinto e Nascif (2001), é preciso garantir a manutenabilidade, isto é, acessos e facilidades que auxiliem a manutenção dos equipamentos. Portanto, no ramo da manutenção industrial é constante o desenvolvimento de projetos de novos produtos que auxilie em seus processos.

Este trabalho tem como premissa o desenvolvimento da concepção de uma bancada que auxilie na manutenção de bombas de múltiplos estágios.

2.5 PROJETO DE PRODUTO

Para Shigley *et al.* (2011), projetar algo está relacionado com a solução de um problema e a satisfação de uma necessidade:

Projetar consiste tanto em formular um plano para a satisfação de uma necessidade específica quanto em solucionar um problema. Se tal plano resultar na criação de algo tendo uma realidade física, então o produto deverá ser funcional, seguro, confiável, competitivo, utilizável, manufaturável e mercável (SHIGLEY *et al.*, 2011).

De acordo com Norton (2010), o projeto de engenharia pode ser definido como o processo de aplicação de diversas técnicas e princípios científicos, com o objetivo de definir um dispositivo, um processo ou sistema suficientemente detalhado para permitir a sua realização. O projeto pode ser simples ou complexo, pode envolver um problema trivial ou de grande importância.

Segundo Shigley *et al.* (2011), projetar é um processo inovador e altamente iterativo. Também, pode ser um processo de tomada de decisão, cujo é uma atividade de intensa comunicação em que palavras e desenhos são ambos utilizados, assim como formas orais e escritas.

Para o desenvolvimento de qualquer tipo de projeto, inclusive um projeto de bancada de manutenção para bombas centrífugas, precisa-se fazer cálculos referentes as análises de cargas, tensões e deformações, associadas aos estados básicos de cargas, para tanto é utilizado a teoria de diagrama de corpos livres, a estática e dinâmica dos corpos rígidos, quando se faz necessários. Além disso, será necessário o entendimento sobre os processos metalúrgicos, materiais de construção mecânica, sistemas hidráulicos, análise de fatores de segurança, ergonomia, desenho mecânico, dimensionamento, tolerâncias dimensionais e estudo sobre falhas mecânicas. Todo projeto mecânico deve ser bem planejado para que sejam otimizados o processo e evitadas falhas, consequentemente perdas. Para ser bem planejado, existe, no meio da engenharia, algumas metodologias, que organiza e esquematiza as fases do processo de projeto, facilitando e otimizando a concepção de um produto e maximizando o tempo necessário para criá-lo.

2.6 FASES DE UM PROJETO MECÂNICO

Os engenheiros de projetos devem definir de forma clara o problema antes de qualquer tentativa de solução. Isso garantirá que a solução apresentada resolverá o problema

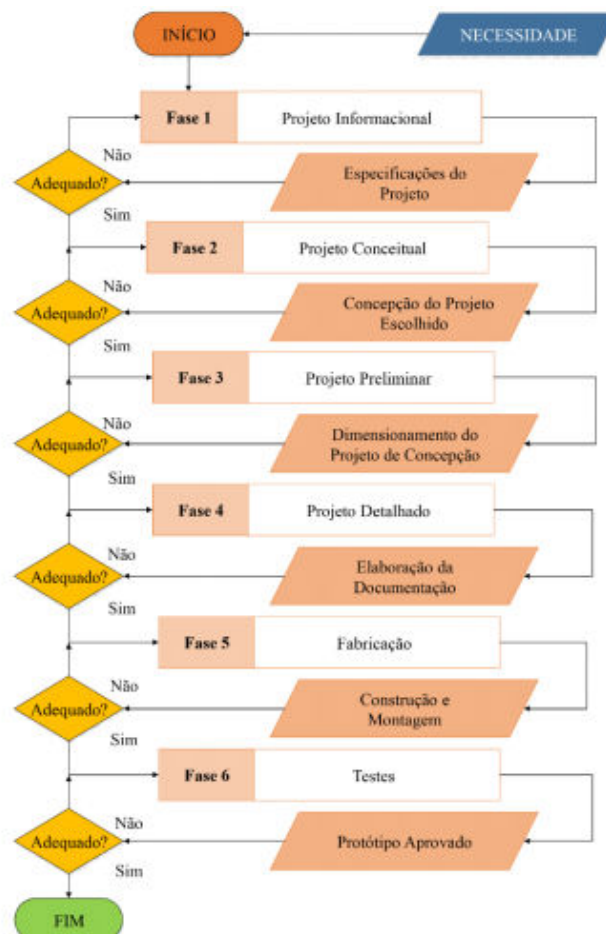
na forma com que ela se apresentou. Norton (2010) explicita que “existem muitos exemplos de problemas excelentes de soluções de engenharia que foram rejeitados, pois solucionavam o problema errado”.

Muitas são as pesquisas realizadas com o objetivo de definir as melhores metodologias de um projeto, afim de prover os meios de estruturar, detalhar os problemas desestruturados e levar a uma solução eficiente, segura e viável.

Para este projeto utilizou-se a metodologia de projeto de um produto por fases. Segundo Perin apud Mantovani (2011), tais fases descrevem e defini os principais termos e detalhes das ferramentas utilizadas na elaboração das tarefas. Esta metodologia está apresentada na figura 1, e compreende seis fases. Este trabalho restringe-se apenas as quatro primeiras, Projeto informacional; Projeto conceitual; Projeto preliminar (em parte) e Projeto detalhado (em parte). Cada fase se desmembra em etapas, que para o sucesso do projeto devem ser seguidas rigorosamente (PERIN 2012 apud MANTOVANI, 2011).

Na Figura 8 é possível observar o fluxograma da metodologia de projetos empregada, bem como suas principais fases.

Figura 8: Fluxograma de metodologia de projetos adotada



Fonte: Miranda apud Marimbondo, 2015

A Identificação da necessidade é a etapa inicial, em que surge a necessidade de um produto, para, deste modo, resolver algum tipo de problema, geralmente solicitado por um cliente. As informações nessa fase são poucas e não fornece um problema estruturado.

2.6.1 Projeto informacional

O projeto informacional é a etapa inicial em que acontece o máximo de levantamento de informações, a definição dos requisitos técnicos e a construção do *benchmarking* dos produtos existentes no mercado, que possa resolver o problema totalmente ou parcialmente. Consiste na análise detalhada do problema de projeto, buscando-se todas as informações necessárias ao pleno entendimento do problema. Esta, por sua vez, pode ser entendida como uma pesquisa preliminar, que para Norton (2010), é “a fase mais importante no processo”.

Ela consiste em reunir todas as informações da física, química entre outros aspectos do problema. De acordo com Stemmer (1974), quanto mais claramente forem determinadas as condições e exigências, tanto mais claro se apresentará o caminho para a solução do problema.

Nesta fase, também, verifica se há existência de uma possível solução para o problema, ou que auxilie. Caso já haja uma solução disponível no mercado, não será necessário criar um novo produto, a menos que se utilize o método de *Benchmarking* existente com a finalidade de produzir um produto de maior desempenho (NORTON, 2010).

Segundo Perin (2012) apud Mantovani (2011), no final desta fase, o produto que se pretende obter são as especificações do projeto, que é uma lista de objetivos que o produto a ser projetado deve atender. A partir disso, são definidas as funções, as propriedades requeridas do produto e possíveis restrições (normativas, prazos e etc.), com relação a ele e ao próprio processo de projeto.

2.6.2 Projeto Conceitual

De acordo com Perin (2012) apud Mantovani (2011), o projeto conceitual é tido como a fase mais importante no processo de projeto de um produto. Nessa fase busca-se

visualizar a melhor solução de projeto para atender à necessidade, e as decisões tomadas que influenciam diretamente nos resultados das fases subsequentes.

Segundo Mantovani (2011), a partir de uma necessidade detectada e bem esclarecida, essa fase do processo de projeto gera uma concepção para um produto. É a proposta de solução fundamental, que satisfaz a função global e que sustenta a promessa de realização dos requisitos. Ou seja, que atenda da melhor maneira a necessidade demandada. Vale salientar que a solução está sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto.

Já para Miranda (2015), nessa fase almeja-se representar a solução da melhor forma, por meio de croquis, diagramas e desenhos técnicos, visualizando a ideia que melhor atende à demanda do projeto estabelecida no projeto informacional.

2.6.3 Projeto Preliminar

A fase do projeto preliminar busca dimensionar a concepção escolhida levando em consideração as especificações de projeto e demais normas técnicas relacionadas ao tema de estudo, visando aspectos segurança operacional, confiabilidade, eficiência e eficácia entre outros.

De acordo com Almeida, Miguel e Carvalho (2008), é nessa fase que se dá início ao desenvolvimento efetivo do produto. É a fase onde ocorre o encorpamento do projeto, gerando a montagem geométrica do produto e a simulação dinâmica das soluções conceituais. Além disso, é nesta etapa que são visualizados e resolvidos alguns problemas pontuais detectados no projeto.

Conforme Miranda (2015), busca-se, por meio de cálculos e simulações numéricas estabelecer materiais, espessuras e melhores configurações que resistam aos esforços solicitados e especificações de projetos em conformidade.

2.6.4 Projeto detalhado

Nessa fase realiza-se o projeto detalhado no CAD/CAE, com a criação de todos os desenhos técnicos das partes e subconjunto para a fabricação, informando-os ajustes, tolerâncias, acabamentos, pesos, materiais, quantidades e etc.. Além disso, são descritas as listas de materiais e custos, desenvolve-se todo planejamento da fabricação do produto e análise de viabilidade econômica.

Miranda (2015), diz que nessa etapa são estabelecidos os processos de fabricação de acordo com as normas vigentes no país, quanto aos aspectos de segurança operacional e a confiabilidade do produto, assim, detalhando sua documentação para a futura construção do mesmo.

2.6.5 Fabricação

De ante de todas as informações obtidas na fase de detalhamento do projeto, busca-se os recursos disponíveis para a fabricação e montagem do produto em conformidade com as especificações desenvolvidas nas fases anteriores.

2.6.6 Teste de validação

São realizados testes para comprovar o atendimento do protótipo, com base nas especificações previstas no projeto detalhado, caso o produto apresente algum problema é realizado correções no projeto (MIRANDA, 2015).

Vale salientar que o processo de criar soluções, de projetar, envolve a interação das etapas antes relacionadas. Ou seja, o projetista não segue uma linearidade entre os passos. Invés disso, ao avançar uma etapa, pode-se retornar à anterior, promovendo essa interação entre as etapas. Iterar significa tornar a fazer, repetir, reiterar, tornar a um estado anterior (NORTON, 2010).

Este trabalho restringe-se as quatro primeiras fases de projeto de produto, projeto informacional; projeto conceitual; projeto preliminar (forma incompleta) e projeto detalhado (em parte). Cada fase se desmembra em etapas, que para o sucesso do projeto devem ser seguidas rigorosamente (MANTOVANI, 2011)

Existem vários modelos de bancadas e mesas industriais que auxiliam na movimentação e manutenção, mas há casos específicos que dependendo da particularidade do equipamento a que se pretende movimentar, assim, faz-se necessário projetar novos modelos. Em cada caso do projeto da bancada, é procurado utilizar os melhores mecanismos para uma possível efetivação. Um dos mecanismos bastante utilizados em bancadas e dispositivos de transporte, cujo objetivo principal é ser componente de força, são os sistemas de componentes hidráulicos.

2.7 HIDRÁULICA

A palavra Hidráulica provém da união da raiz grega *hydro*, que significa água e *aulos* que quer dizer condução/tubo. Segundo Fialho (2003), a hidráulica “é a ciência que estuda líquidos em escoamento e sob pressão”. Para a construção da bancada de movimentação de bombas centrífugas de múltiplos estágios será preciso o uso de um sistema hidráulico, como elemento fundamental de força motriz da máquina. A figura 9 mostra uma chave de torque acionada hidráulicamente.

Figura 9: Chave de torque hidráulica rotativa 30.000 ft/lbs



Fonte: www.valman.com.com.br

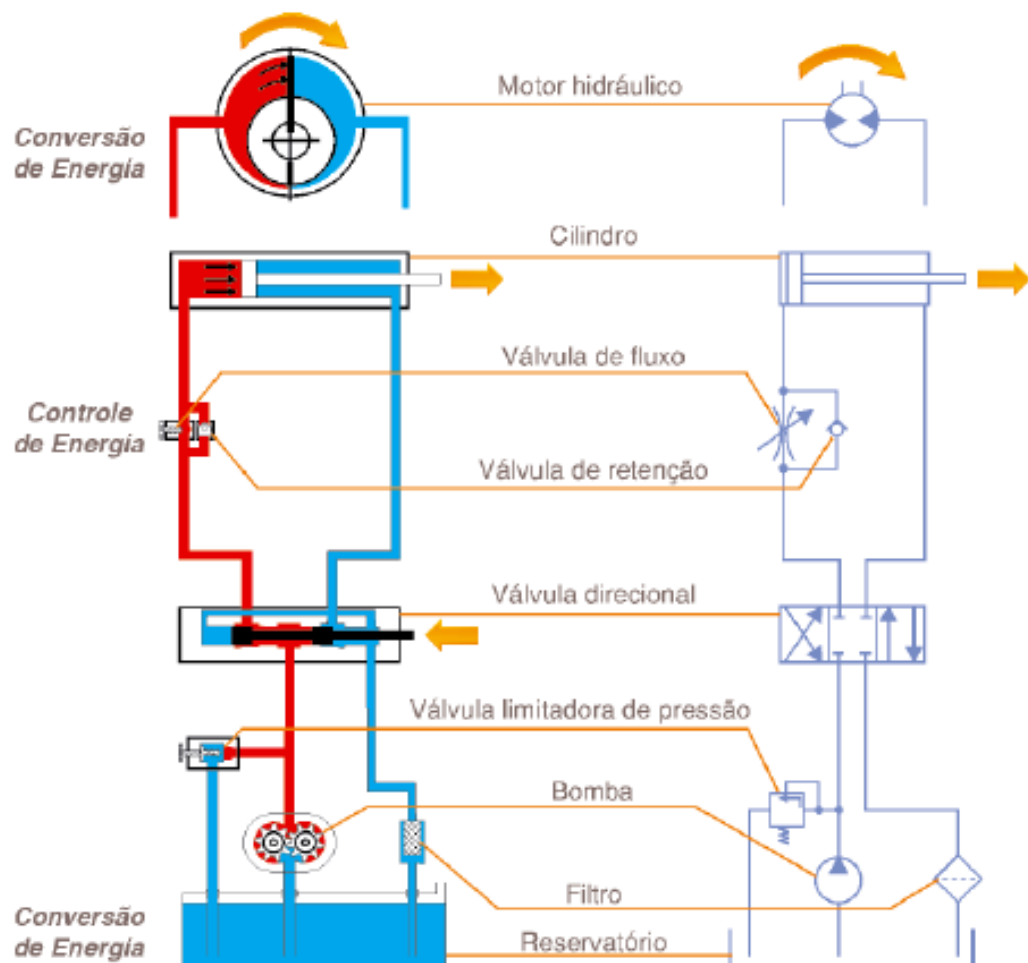
Para Caletti (2003), um sistema hidráulico “é um conjunto de elementos físicos associados que permite a transmissão e o controle de forças e movimentos, utilizando um fluido (geralmente óleo) como meio de transferência de energia”. Esta definição refere-se aos sistemas hidrostáticos, que realizam algum trabalho, como laminação e prensagem, e não aos sistemas hidrodinâmicos que meramente transportam fluido de um local para outro (CALETTI, 2003 apud ESPOSITO, 2000).

Caletti (2003) apud Von Linsingen (2001), afirma que um sistema hidráulico é, portanto, o meio do qual uma forma de energia de entrada é convertida e condicionada a ter como saída energia mecânica útil.

Os sistemas hidráulicos requerem seis elementos básicos: um ou mais reservatórios, para armazenar o fluido de trabalho; uma ou mais bombas, para prover vazão de fluido ao sistema; uma fonte de energia, como um motor elétrico, para acionar a bomba; válvulas, para controle energético do fluido (direção, pressão e vazão); um ou mais atuadores, para converter energia associada ao fluido em energia mecânica; e um sistema de canalização, para conduzir o fluido de um lugar a outro (CALETTI, 2003 apud ESPOSITO, 2000).

A figura 10 mostra os principais componentes de um sistema hidráulico e seus respectivos símbolos representativos.

Figura 10: Principais componentes de um sistema hidráulico



Fonte: GÖTZ, 1991

Conforme Linsingen (2001), são várias as possibilidades de aplicação para sistemas hidráulicos. Ele divide os usos em grupos: a *Hidráulica Industrial*, como prensas hidráulicas, máquinas operatrizes e máquinas injetoras; a *Siderurgia, Engenharia Civil, Geração de Energia e Extração Mineral*; a *Hidráulica Móvil*, em máquinas de terraplanagem, máquinas agrícolas etc.; a *Hidráulica para Aplicações Navais*; *Aplicações Técnicas Especiais*, especialmente a área aeroespacial; e *Aplicações Gerais*, em equipamentos na medicina, processadores de lixo urbano, e outros. De acordo com Götz (1991), as máquinas-ferramentas, setor de transporte e elevação, abrangem equipamentos de uma das áreas descritas acima.

De acordo com Fialho (2011), os sistemas hidráulicos podem ser classificados de diversas maneiras, o autor descreve que segundo a J.I.C (*Joint Industry Conference*), extinta em 1967 e a atual N.F.P.A (*National Fluid Power Association*), os sistemas hidráulicos são classificados de acordo com as pressões nominais apresentadas na tabela 2 abaixo.

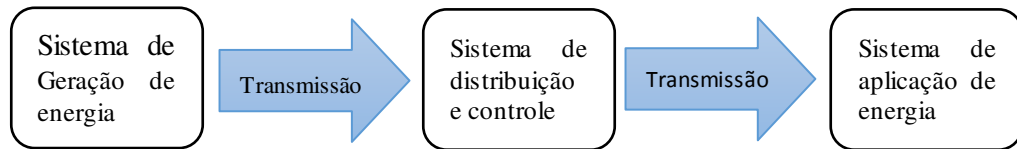
Tabela 2: Classificação dos sistemas hidráulicos

Pressão		Classificação
bar	psi	
0 a 14	0 a 203,10	Sistema de Baixa Pressão
14 a 35	203,10 a 507,76	Sistema de Média Pressão
35 a 84	507,76 a 1218,68	Sistema de Média - Alta Pressão
84 a 210	1218,68 a 3046,62	Sistema de Alta Pressão
Acima de 210	Acima de 3046,62	Sistema de Extra - Alta Pressão

Fonte: Fialho, 2011 apud N.F.P.A

Existe uma infinidade de circuitos hidráulicos, porém, de acordo com Fialho (2011), todos eles seguem o mesmo esquema, os quais podem ser divididos em três partes principais: O sistema de geração, constituído por reservatório, filtros, bombas, motores, acumuladores, intensificadores de pressão e outros acessórios; Sistema de distribuição e controle, que é formado por válvulas controladoras de vazão, pressão e válvulas direcionais; e por último um sistema de aplicação de energia, composto pelos atuadores lineares, motores hidráulicos e osciladores. Conforme representado na figura 11 abaixo.

Figura 11: Esquema de um sistema hidráulico



Fonte: Fialho, 2011

Segundo Nostrani, (2015) apud Linjama e Vilenius, (2005), a alta aplicabilidade dos sistemas hidráulicos deve-se a alta relação potência/peso, rápida resposta e alta rigidez, combinações essas que são imbatíveis por outras tecnologias.

Fialho (2011) explica que, geralmente, faz-se o uso dos sistemas hidráulicos quando o emprego de sistemas mecânicos e/ou elétricos se torna impossível ou necessita aplicar grandes esforços, cujo a área de trabalho é relativamente pequena. O autor relata as principais vantagens e desvantagens do emprego dos sistemas hidráulicos, comparado aos sistemas mecânicos e elétricos.

Vantagens:

- Permitem ajustes de variação micrométrica na velocidade. Já os mecânicos e elétricos só permitem ajustes em escala e de modo difícil;
- São sistemas auto lubrificados ao contrário de outros sistemas;
- Relação (peso x tamanho x potência consumida), bem menor que os demais sistemas;
- São sistemas de fácil proteção;
- Devido à excelente condutividade térmica do óleo, frequentemente o próprio reservatório acaba eliminando a necessidade de um trocador de calor.

Desvantagens:

- Alto custo inicial, em comparação aos sistemas mecânicos e elétricos;
- Mais iterações de transformação de energia, no qual necessita transformar energia elétrica em mecânica e mecânica em hidráulica para posteriormente, ser transformada novamente em mecânica;
- Perdas por vazamentos internos em seus componentes, perdas por atritos internos e externos;
- Baixo rendimento, em relação aos demais sistemas, em função das perdas descritas anteriormente.
- Perigo de incêndio, por trabalho com líquido inflamável.

Em geral, sistemas hidráulicos são mais simples, isto é, possuem menos partes móveis, e por isso mais econômicos em operação e manutenção, do que sistemas mecânicos ou elétricos comparáveis (CALETTI, 2003 apud ESPOSITO, 2000).

3 METODOLOGIA

A fim de desenvolver e construir a bancada de manutenção para bombas de múltiplos estágios será utilizado a metodologia de projeto mecânicos, descrito no item 2.6 do referido trabalho, como na forma de realizar um trabalho metódico e facilitar a realização do projeto e o software *Autodesk Inventor* para modelagem e simulações mecânicas.

Inicialmente com o projeto informacional foi realizada: uma pesquisa de campo sobre o referido assunto (para entender melhor o tema e os conceitos importantes quando se fala em projetos de máquinas); uma visita técnica nas instalações da empresa para detalhar as principais dificuldades em movimentar esses equipamentos; verificação dos fatores que causam insegurança antevendo com base nas NRs e conhecimento, em geral, de suas limitações de espaço físico. Por isso, será imprescindível colher todas as informações referentes às bombas, suas dimensões e peso, para possível construção de uma bancada que seja funcional e confiável. Essas informações sobre as bombas serão coletadas em seus catálogos e desenhos técnicos disponibilizados pelos seus fabricantes.

Na sequência será realizado o projeto conceitual, onde serão definidos o tipo e a geometria da bancada de manutenção, por meio de croquis de desenho da bancada, de modo a determinar a geometria e alguns parâmetros volumétricos do projeto. Para esta fase foi utilizado o software *AutoCad* para a realização dos croquis e a partir deste procedimento, detectar possíveis gargalos do projeto da bancada.

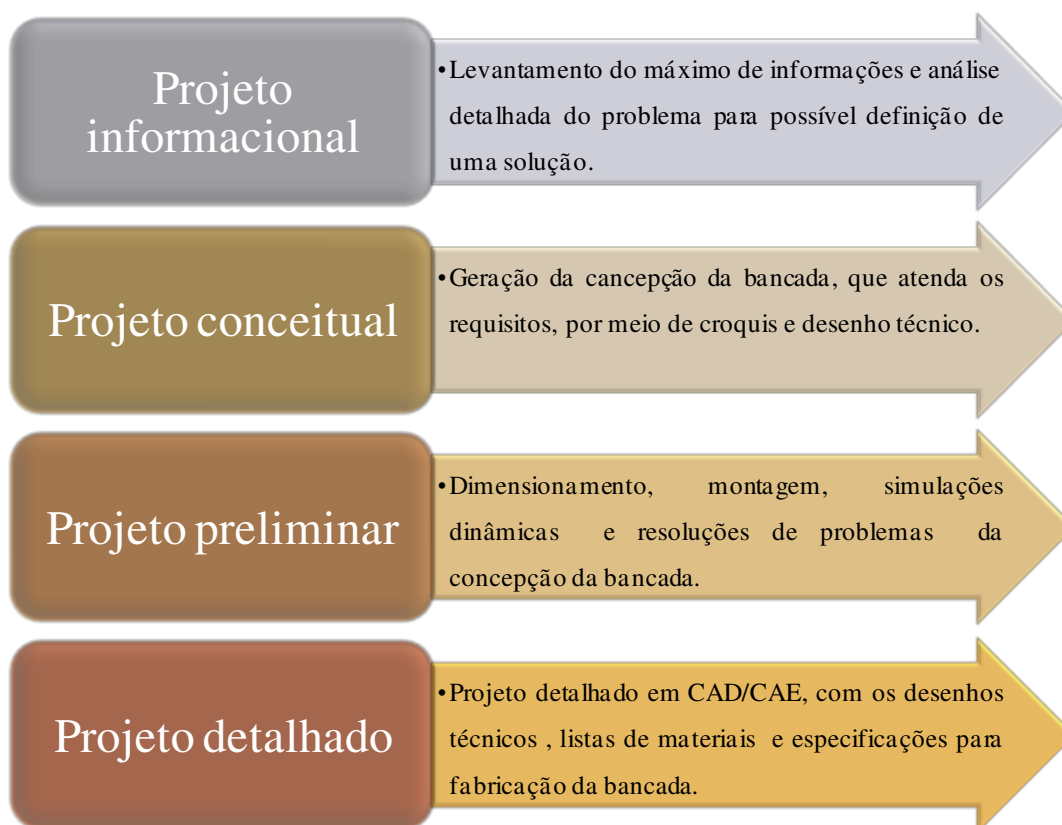
Após, é iniciado o projeto preliminar, onde foram realizados cálculos estruturas por meio de simulações no *Autodesk Inventor* e cálculos para dimensionamento hidráulico com a criação do diagrama do sistema por meio do software *FluidSim*. Além disso, foi iniciado a modelagem de cada componente da bancada, busca de itens em CAD nos sites especializados, como cilindros hidráulicos, painéis eletrônicos e unidade de potência hidráulica. Após, foi feito a montagem dos componentes, onde foi possível avaliar o volumétrico e os movimentos da bancada, de modo que não ocorram interferências entre componentes.

No projeto detalhado é apresentado as imagens renderizadas do desenho completo da bancada, assim como as principais cotas da bancada e uma vista explodida da bancada. Além

disso, é apresentado a lista de componentes necessários para a construção, juntamente com seus referidos custo de aquisição.

Segue abaixo na figura 12 um fluxograma com um resumo esquemático das quatro fases metodológicas, desenvolvidas (em parte) no presente trabalho.

Figura 12: Fluxograma metodológico do desenvolvimento do projeto da bancada



Fonte: Autoria própria

A fim de desenvolver o conceito da bancada de movimentação, foi restrito o uso de alguns componentes, devido se ter estes disponíveis no estoque da MANUTEC-RN, como forma de redução de custos de fabricação. Segue a tabela 3 com a lista dos materiais disponíveis e suas referidas quantidades.

Tabela 3: Materiais disponíveis em estoque para aplicação no projeto

Descrição	Qtd	Observação
Cilindro hidráulico.	06 Und	Atuadores de dupla ação.

Unidade de potência hidráulica.	01 Und	Marca Jartec modelo PH424.
Chapas em aço carbono.	20 Und	Dimensões diversas.
Tudo de secção quadrada.	30 Und	Dimensões diversas.

Fonte: Autoria própria

4 RESULTADOS

Ao realizar visitas numa empresa de manutenção mecânica, MANUTEC-RN, foi observado uma operação que tratava em realizar movimentação de alguns tipos de bombas centrífugas de múltiplos estágios durante a intervenção para manutenção corretiva. Ao analisar esta operação, foi exibido a complexidade desta tarefa, com muitas dificuldades, insegurança por parte dos funcionários e consumo de tempo elevado, por se trata de um equipamento de aproximadamente duas toneladas e de difícil transporte. A partir dessa análise foi detectado a necessidade de uma bancada apropriada para auxiliar nas movimentações necessárias nesse tipo de equipamento.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

Ao detectar o problema de movimentação das bombas, procurou-se entender de forma mais detalhada como se dá o processo de manutenção desses equipamentos, os tipos de bombas centrífugas de múltiplos estágios, cujo a manutenção é feita pela MANUTEC-RN, suas principais características, as movimentações desejadas durante a efetivação do serviço, os meios de movimentações utilizados pela empresa e o local de realização das movimentações.

4.1.1 Tipos de bombas

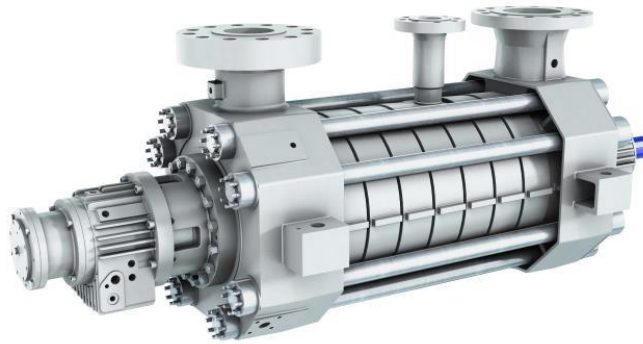
A MANUTEC-RN presta serviços de manutenção corretiva nas bombas representadas nas figuras 13, 14 e 15 abaixo.

Figura 13: Bomba centrífuga de múltiplos estágios de alta pressão modelo MC



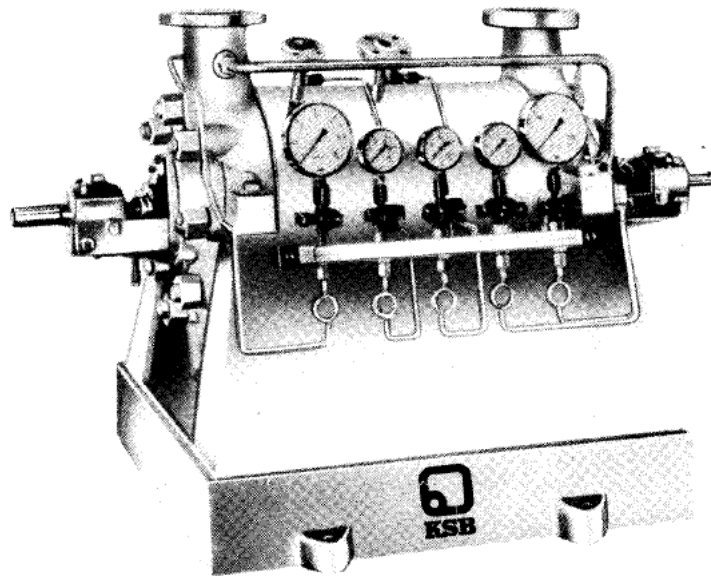
Fonte: www.Sulzer.com.br

Figura 14: Bomba centrífuga de múltiplos estágios de alta pressão modelo MD



Fonte: www.Sulzer.com.br

Figura 15: Bomba centrífuga de múltiplos estágios de alta pressão modelo HDB

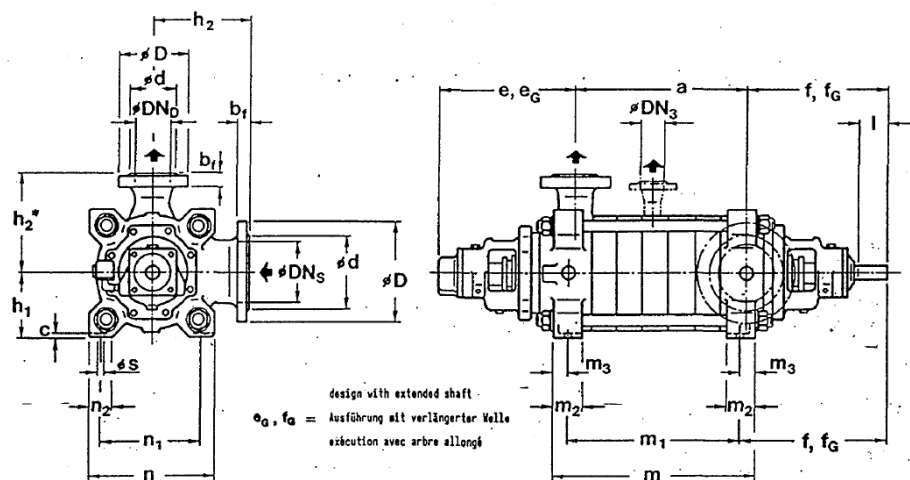


Fonte: Catálogo do fabricante KSB

4.1.2 Principais informações sobre as bombas

Nos catálogos e desenhos técnicos desses equipamentos podem-se encontrar muitas informações sobre materiais de fabricação, montagem, manutenção, dimensões, lista de peças e aplicação desses equipamentos. A figura 16 mostra o desenho de um dos modelos com as principais cotas que serão utilizadas para o dimensionamento da bancada de movimentação.

Figura 16: Principais cotas de uma bomba centrífuga de múltiplos estágios de alta pressão



Fonte: Catálogo do fabricante SULZER

A tabela 4 relacionar as principais cotas e massas das bombas em manutenção nessa empresa.

Tabela 4: Informações importantes sobre as bombas de múltiplos estágios

Dimensões dos eixos (e, eG + a + f,Fg)	Entre 1200 à 2200 mm
Altura (h2 + h1)	Entre 300 à 815 mm
Largura (n1)	Entre 200 à 500 mm
Massa	Entre 700 à 2000 kg

Fonte: Autoria própria

4.1.3 Descrição da atividade de movimentação das bombas

Para o serviço de manutenção corretiva nesses equipamentos, é preciso realizar a sua desmontagem completa. Verificou-se que para facilitar a desmontagem e montagem das bombas é preciso inicialmente posiciona-las na vertical. A figura 17 mostra uma bomba que veio para manutenção, a mesma ainda está na horizontal. Já a figura 18, mostra o equipamento posicionado na vertical, para possível desmontagem de seus componentes.

Figura 17: Bomba de múltiplos estágios na posição normal de operação



Fonte: Autoria própria

Figura 18: Bomba de múltiplos estágios na posição vertical para desmontagem



Fonte: Autoria própria

Foi observado que por se tratar de equipamentos pesados, o posicionamento da horizontal para vertical torna-se muito difícil, gerando insegurança nos trabalhadores, devido a exposição aos riscos envolvido no serviço, tempo excessivo de operação e análise da pré-tarefa, uma vez que ela é realizada de forma improvisada, com a utilização de equipamentos de movimentação impróprios para o serviço.

Como visto na figura 18 acima, a bomba é amarrada por cintas de elevação de carga, sendo erguida por uma ponte rolante e uma empilhadeira hidráulica manual, posicionada sobre uma base metálica e peças madeiras, o que aumenta ainda mais a possibilidade de tombamento da bomba e possíveis danos materiais e/ou pessoais.

Esse serviço é realizado em um galpão da empresa, com bastante espaço, entretanto, por se tratar de um equipamento que possui ajustes finos de montagem, é recomendado a não presença de poeiras nos acoplamentos dos componentes, e também necessária maior confiabilidade nas medições das peças. Assim a MANUTEC-RN construiu uma sala própria para a manutenção desse tipo de bombas, objetivando um aumento de qualidade do seu

processo, porém ainda não foi possível a utilização da sala por não haver uma bancada apropriada para a movimentação dessas bombas.

Deste modo, foi detectado o problema (necessidade) que o trabalho pretendeu resolver, que foi projetar uma bancada, capaz de realizar um movimento de 90° graus em bombas centrífugas de múltiplos estágios de até duas toneladas de forma segura, otimizada e em um espaço reduzido.

Foram coletados diversos tipos de dados, tais como: patentes, dissertações, teses, artigos, livros e catálogos de fabricantes de equipamentos de movimentação de carga, com o objetivo de auxiliar na concepção da bancada específica para estes tipos de bombas.

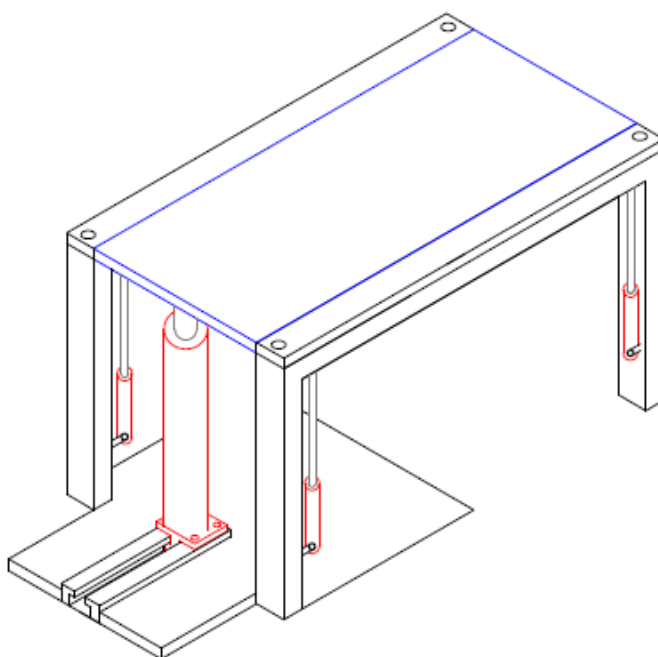
Afim de solucionar o problema, também foi realizado uma pesquisa extensa na busca de informações referentes aos requisitos do projeto do dispositivo a ser desenvolvido.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DA BANCADA

Após a finalização do projeto informacional, com os requisitos técnicos e as necessidades detectadas e bem esclarecidas, foi iniciado o desenvolvimento de um conceito para a bancada hidráulica.

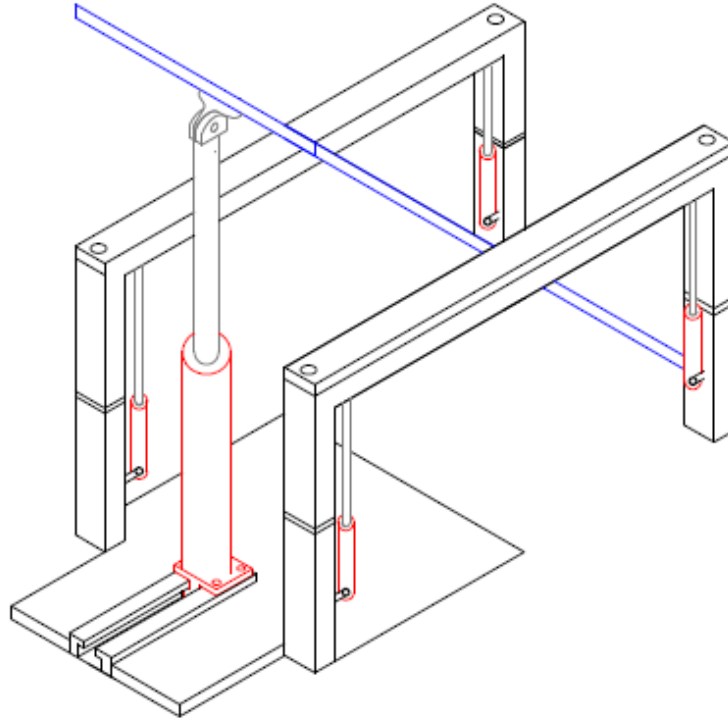
As figuras 19, 20 e 21, demostram os primeiros desenhos do projeto desenvolvidos em AutoCAD, com a simulação de giro da mesa.

Figura 19: Esboço preliminar da bancada de manutenção na posição horizontal



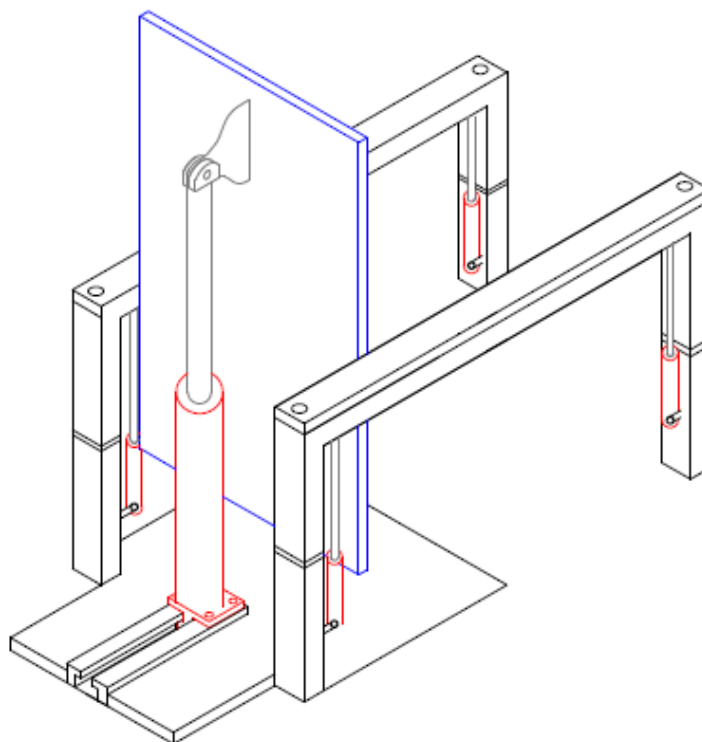
Fonte: Autoria própria

Figura 20: Esboço preliminar da bancada de manutenção em rotação



Fonte: Autoria própria

Figura 21: Esboço preliminar da bancada de manutenção na posição vertical



Fonte: Autoria própria

A decisão quanto ao tipo e geometria da bancada partiu do pressuposto que a empresa já possui a maioria dos materiais para a construção da bancada de movimentação. Estes materiais, atualmente, estão obsoletos em seu estoque, o que proporciona menores custos e possível viabilização do projeto.

A fim de facilitar o estudo, bem como o desenvolvimento da bancada, dividiu-se suas partes em sistemas, desta feita os sistemas são apresentados como segue:

- 1- Sistema estrutural da bancada;
- 2- Sistema de acionamento hidráulico;
- 3- Sistema de transmissão de força.

4.2.1 Sistema estrutural da bancada

Este sistema tem a função de sustentação da estrutura que deve suportar todas as cargas solicitadas na bancada e absorver as possíveis vibrações durante o processo de giro das bombas. É composto por bases de sustentação, mesa, rodízios de movimentação e roldanas. A figura 22 mostra a representação do sistema estrutural da bancada.

Figura 22: Sistema estrutural da bancada



Fonte: Autoria própria

Aplicou-se roldanas e rodízios, responsáveis tanto pela movimentação da mesa, quanto a locomoção da bancada pela oficina de manutenção. As figuras 23 e 24 abaixo mostram os rodízios para locomoção da bancada e as roldanas para a movimentação longitudinal da mesa.

Figura 23: Rodízios para locomoção da bancada



Fonte: www.norelem.com.br

A escolha desse tipo de rodízios é feita conforme as cargas solicitadas, devendo ter resistência para suporta tais esforços.

Figura 24: Roldanas de movimentação longitudinal da mesa



Fonte: www.rolbras.com.br

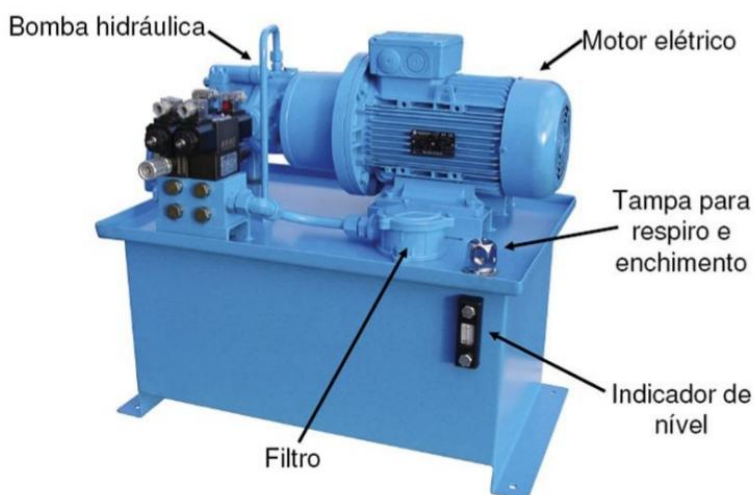
A utilização das roldanas apresentadas na figura 24 garantirá a perfeita movimentação da mesa da bancada no sentido longitudinal da mesa.

4.2.2 Sistema de acionamento hidráulico

O sistema de acionamento hidráulico é formado pela unidade hidráulica que é um conjunto de componentes hidráulicos cujo o objetivo é dar movimento e força a um determinado equipamento. É através desta que é gerada a potência necessária para deslocar o fluido através dos dutos até os atuadores hidráulicos.

Figura 25: Sistema de acionamento da bancada

UNIDADE DE POTÊNCIA HIDRÁULICA



Fonte: Autoria própria

Seus componentes dependem diretamente de sua aplicação. A figura 25 mostrar uma unidade de potência hidráulica. Para o projeto da bancada será necessário fazer algumas alterações na unidade disponível para atender o projeto hidráulico da bancada.

4.2.3 Sistema de transmissão de força

O presente sistema é formado pelos atuadores hidráulicos lineares (cilindros hidráulicos), responsáveis pela conversão de energia associada ao fluido em energia mecânica. Tal sistema é utilizado para empreender o trabalho necessário ao deslocamento da mesa da bancada, permitindo o seu completo giro de 90°. A figura 26 mostrar um dos tipos de cilindros hidráulicos utilizados para a concepção do produto.

Figura 26: Cilindro hidráulico



Fonte: www.hydracompany.com.br

De acordo com os croquis 19, 20 e 21, serão utilizados dois tipos de atuadores: os cilindros auxiliares, responsáveis pelo ajuste de altura da bancada, e o cilindro principal, responsável por erguer a mesa da bancada.

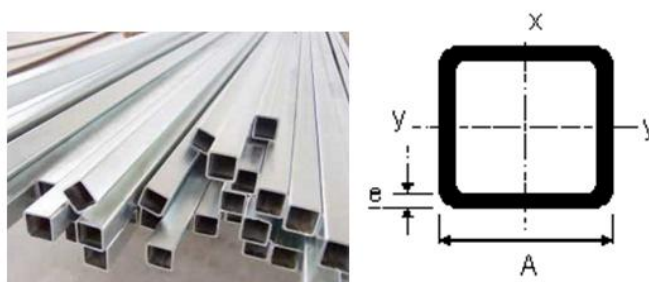
4.3 PROJETO PRELIMINAR

Após a definição do conceito, se iniciou a seleção de dispositivos, dos materiais e dimensionamento deles.

4.3.1 Sistema estrutural da bancada

Para o desenvolvimento do sistema estrutural da bancada foram selecionados aços estruturais disponíveis no mercado. A base de sustentação do sistema é composta por oito perfis quadrados de aço carbono SAE 1020, sendo quatro com dimensões de $A = 100$ mm e mais quatro com $A = 120$ mm e todos com espessura de parede $e = 8,0$ mm, esses foram selecionados por terem quantidades de massas baixas em relação aos tubos maciços. Ver representação e especificações na figura 27.

Figura 27: Perfis quadrados e principais dimensões



Fonte: www.metalica.com.br

Para a confecção da mesa foi selecionado uma chapa de aço carbono SAE 1045, o qual possui uma boa relação entre resistência mecânica e resistência à fratura (resistência mecânica), e média soldabilidade. Nas dimensões (Largura x Comprimento x Espessura) 800 x 1600 x 25 mm. A figura 28 mostra a representação das chapas. Ver também as principais propriedades desse aço na tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Propriedades do aço SAE 1045

Tipo de aço	Teor de Carbono (%)	Limite de elasticidade f_{el} (GPa)	Limite de escoamento f_y (MPa)	Limite de resistência à tração f_u (MPa)	Alongamento (%)
SAE 1045	0,45	250	310	560	17

Fonte: www.acoespecial.com.br

Figura 28: Chapas de aço carbono

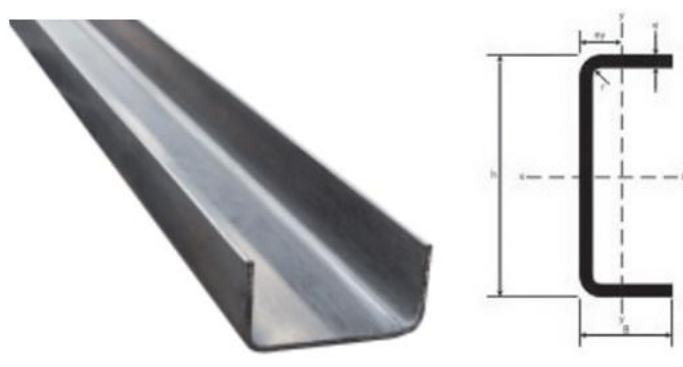


Fonte: www.pareto.com.br

Foi observada necessidade de acréscimo de guias lineares com roldanas, para garantir o perfeito movimento de giro da mesa com o mínimo de esforços de flambagem no cilindro principal. Para o desenvolvimento das guias, utilizaram-se perfis UDC (U dobrado de chapa), com dimensões $h = 100 \text{ mm}$, $B = 50 \text{ mm}$ e $e = 4,75 \text{ mm}$. Representados na figura 29.

Foi selecionado roldanas de Tecnil por possuir alta resistência ao desgaste e abrasão, absorção de vibrações, alta resistência ao choque, baixo coeficiente de atrito, movimentos mecânicos.

Figura 29: Perfil UDC e principais dimensões



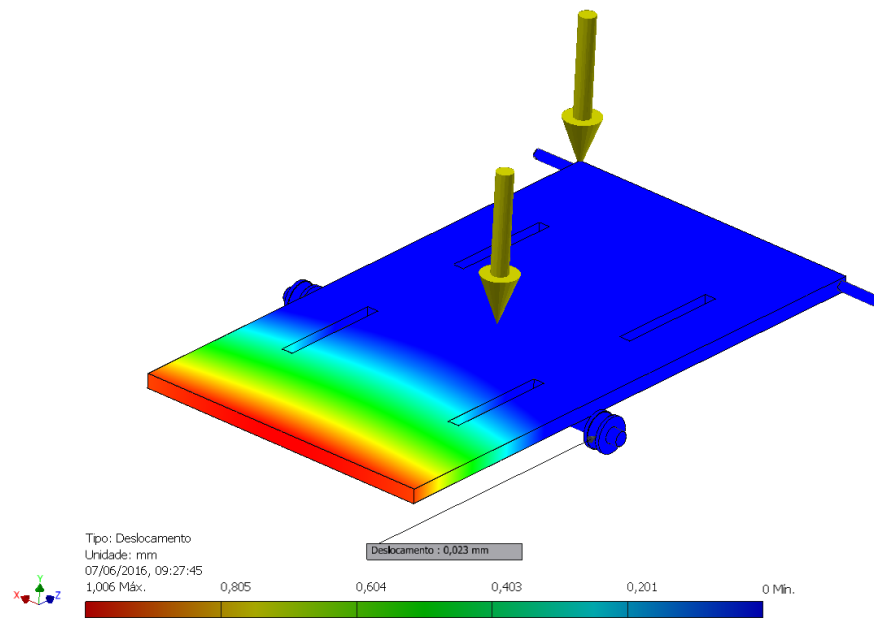
Fonte: www.comercialgerdau.com.br

Toda a estrutura foi fixada por parafusos, porcas e por processo de soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido, utilizando-se eletrodo E6013 e E7018, bastante aplicado para soldar esse tipo de aço, que propicia um ótimo acabamento por gerar uma superfície mais uniforme do cordão, baixa penetração e menos respingos, o tornando ideal para a aplicação.

Alguns testes e simulações foram desenvolvidos no software *Autodesk Inventor* e chegou-se a concepção da estrutura da bancada. Segue abaixo alguns resultados das análises de tensão para a estrutura.

Iniciou-se com a mesa, aplicando a carga $F = 19620 \text{ N}$ (peso da bomba) distribuída no centro da bancada e as restrições nas roldanas e cilindro hidráulico. Conforme as figuras 30, 31.

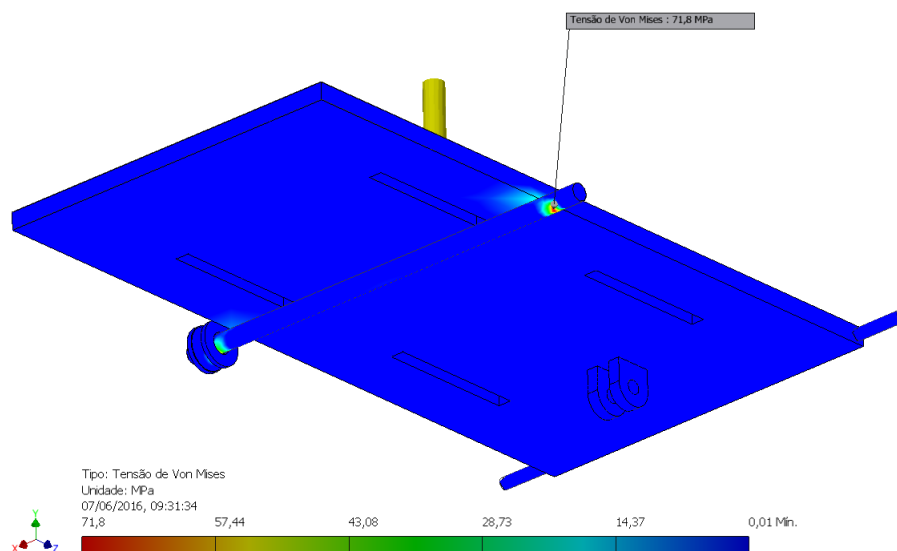
Figura 30: Análise de tensões da mesa



Fonte: Autoria própria

A figura 31 mostra o detalhe do ponto de maior tensão na eixo da bancada, com a aplicação da carga máxima.

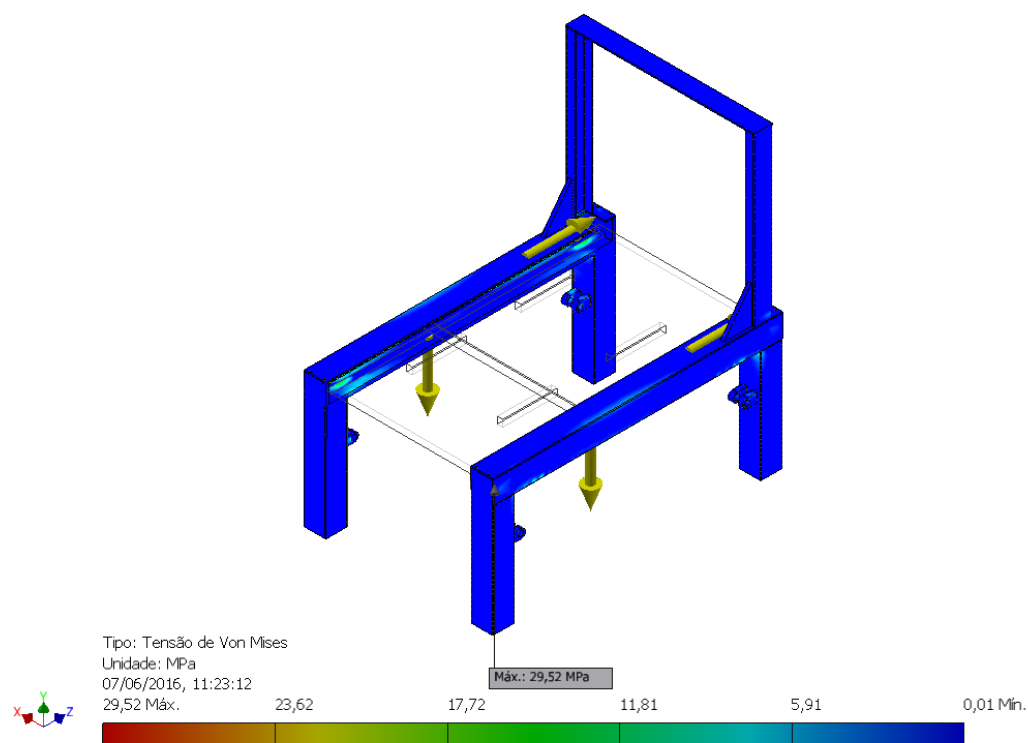
Figura 31: Detalhe do ponto de maior tensão no eixo



Fonte: Autoria própria

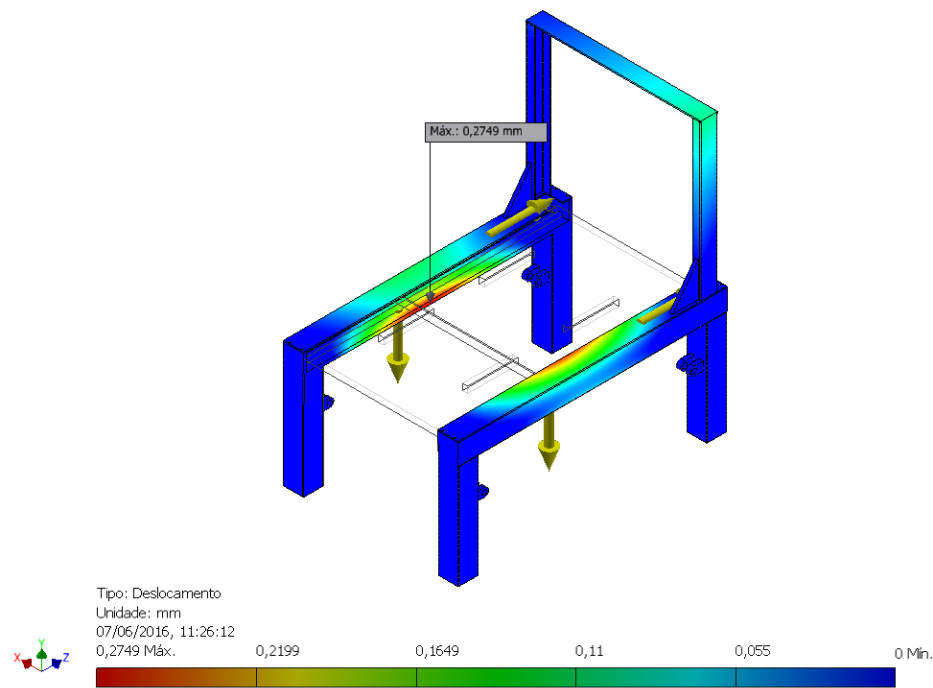
Depois foram pegos os valores de reações que o software calcula e simulou-se a base superior com restrições nos olhais dos cilindros hidráulicos. Conforme a Figura 32.

Figura 32: Análise de tensões da base superior



Fonte: Autoria própria

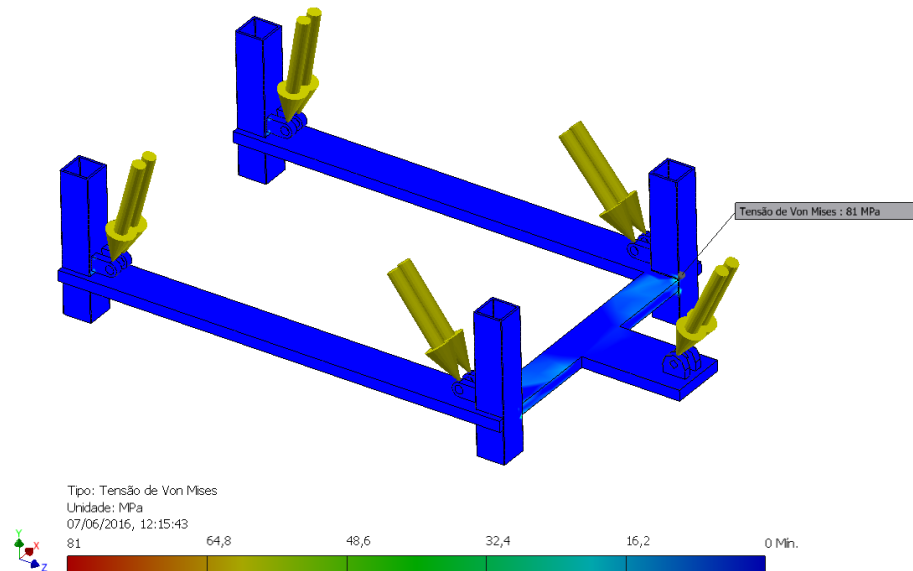
Figura 33: Análise de tensões da base superior



Fonte: Autoria própria

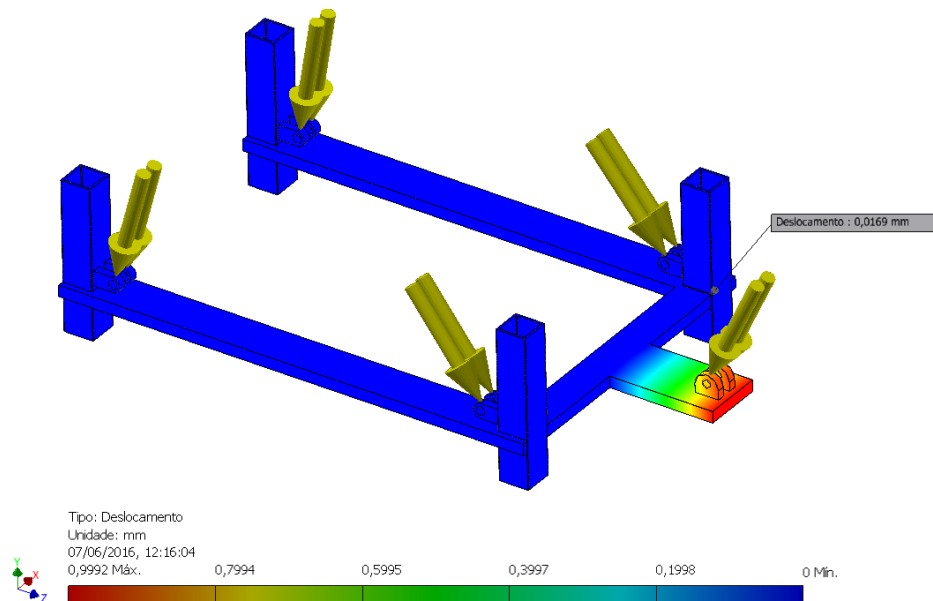
Por último, as figuras 34 e 35 demonstra as simulação com a base inferior, onde novamente pegou-se as forças de reações e fixado as restrições nas roldanas.

Figura 34: Análise de tensões da base inferior



Fonte: Autoria própria

Figura 35: Análise de tensões da base inferior



Fonte: Autoria própria

Baseado nas simulações da mesa, foi realizado a seleção dos rodízios, considerada as cargas reativas em cada apoio conforme o cálculo:

$$Freação = (F + P)/4 \quad (1)$$

$$Freação = (19620 + 8240)/4$$

$$Freação = 6965 \text{ N}$$

Com base na tabela 5 abaixo, foi selecionado com segurança, um rodízio RD055.6 código 10815, da *BAKELITSUL* com capacidade superior a 710 kgf, que é a carga exigida, de acordo com a equação 1. Ver rodízio selecionado na figura 36.

Tabela 6: Capacidade de carga e dimensões dos rodízios RD055.6

Código	A	C	D	E	F	G	H	I	S
10817	76,2	221	6(POL)	13	140	180	150	100	630-1000KG - C/Rolamento
10815	76,2	256	8(POL)	13	140	180	150	100	830-1200KG - C/Rolamento
10813	76,2	342	10(POL)	13	140	180	150	100	1030-1300KG - C/Rolamento
10819	76,2	370	12(POL)	13	140	180	150	100	1230-1400KG - C/Rolamento

Fonte: www.bakelitsul.com.br

Figura 36: Rodízio utilizado

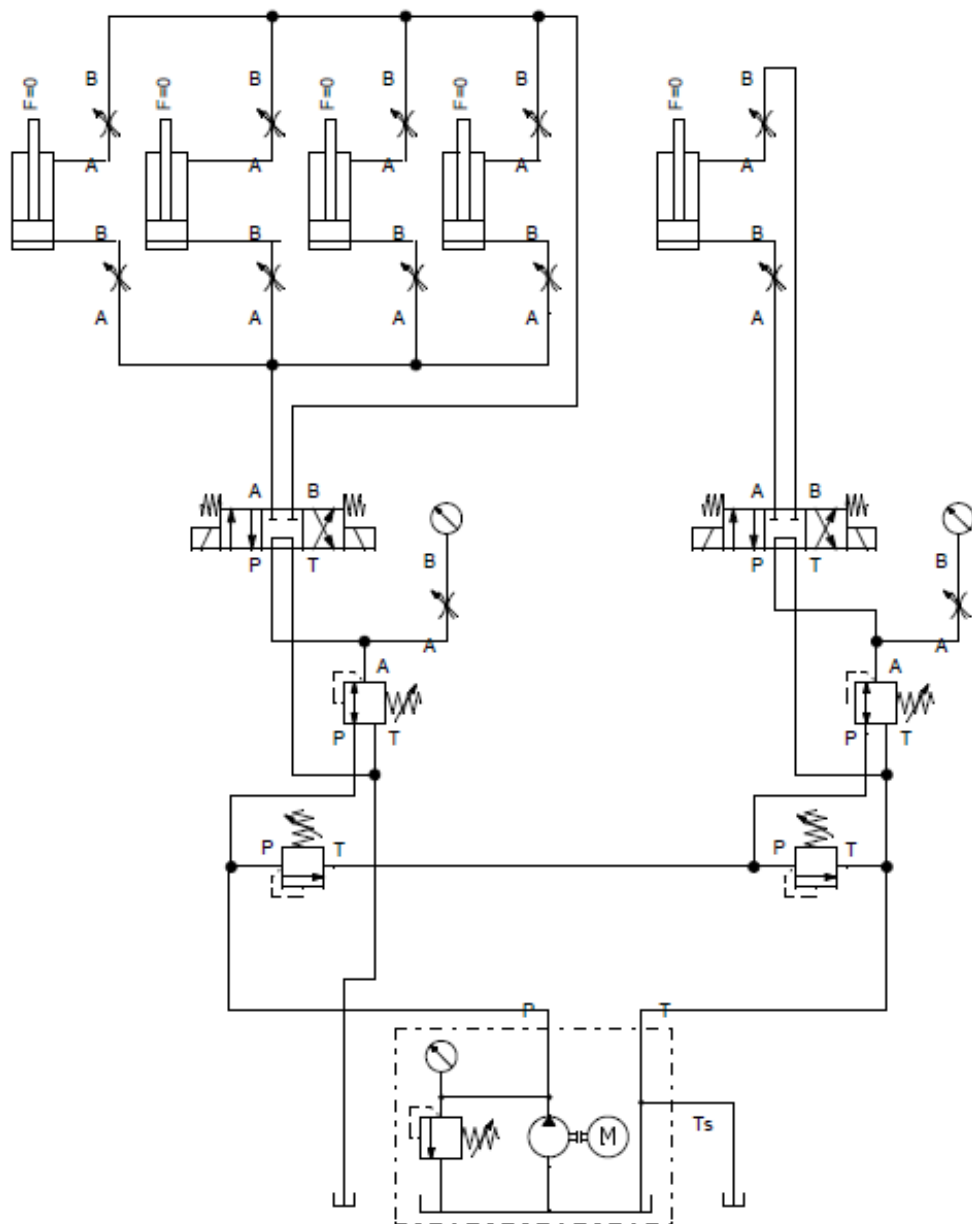


Fonte: www.bakelitsul.com.br

4.3.2 Sistema de acionamento hidráulico

Para garantir o perfeito funcionamento da bancada, com a utilização de uma unidade de potência hidráulica JPH 424 da marca Jartec, disponível no estoque da MANUTEC-RN, possibilitando o acionamento de avanço, parada e acionamento de retorno nos cilindros de maneira apropriada, assim desenvolveu-se no FluidSIM, o circuito hidráulico, conforme a figura 37 abaixo.

Figura 37: Circuito Hidráulico da bancada



Fonte: Autoria própria

O circuito hidráulico tem um funcionamento simples. Acionando-se a válvula direcional, o óleo hidráulico sob pressão flui através dos pórticos de entrada P e A e daí para a câmara traseira do cilindro, empurrando o embolo para cima fazendo com que a haste se estenda. O óleo acumulado na câmara dianteira do cilindro flui livremente ao reservatório através da válvula direcional, pelos pórticos B e T. Enquanto o botão de acionamento da válvula direcional for mantida acionada, a haste do cilindro permanece avançando, até atingir o final do curso. Soltando-se o botão de acionamento, a mola da válvula direcional a reposiciona para a esquerda na posição de centro fechada, nesta posição, a haste do cilindro permanece parada, considerando que os pórticos A e B bloqueiam o fluxo hidráulico. Para o retorno da haste, aciona-se a válvula direcional para a direita, dirigindo o fluxo do óleo sobre pressão para a câmara dianteira do cilindro, através dos pórticos P e B, com isso o embolo para baixo e fazendo com que a haste se retraia. O óleo acumulado na traseira do cilindro retorna livremente ao tanque através da válvula direcional.

Na figura 38, observa-se a unidade de potência hidráulica e a tabela 7 descreve os componentes elementares do sistema hidráulico utilizado no projeto da bancada.

Figura 38: Unidade hidráulica Jartec



Fonte: Autoria própria

Tabela 7: Componentes da Unidade hidráulica

Componentes do circuito hidráulico	Quantidade
Motor 2cv 4 polos	1
Bomba de engrenagens 4 cm ³ /rot	1
Tanque 50 litros	1
Tubulações diversas	Diversas
Reservatorio	1
Filtro de retorno	1
Sub placa tn6 ferro fundido	1
Válvula limitadora cavidade 10 pressão	1
Valvula redutora de pressão em "p" tn6	2
Valvula controle de fluxo de linha 1/4" bsp	12
Valvula direcional modular 4/3 ct tn6	2
Valvula isoladora de manômetro em linha macho	2
Manometro vertical 63mm 1/4" npt 0-150bar	2
Acumulador 0,7 litros	1

Fonte: Autoria própria

4.3.3 Sistema de transmissão de força

O presente sistema foi composto por cinco atuadores hidráulicos linear de dupla ação, que permitem o avanço e recuo de forma controlada através da aplicação de pressão. Ver a figura 39, os cilindros para utilização no projeto da bancada.

Figura 39: Atuadores hidráulicos



Fonte: Autoria própria

A tabela 8 apresenta as principais características dos cilindros hidráulicos utilizados para a concepção do projeto.

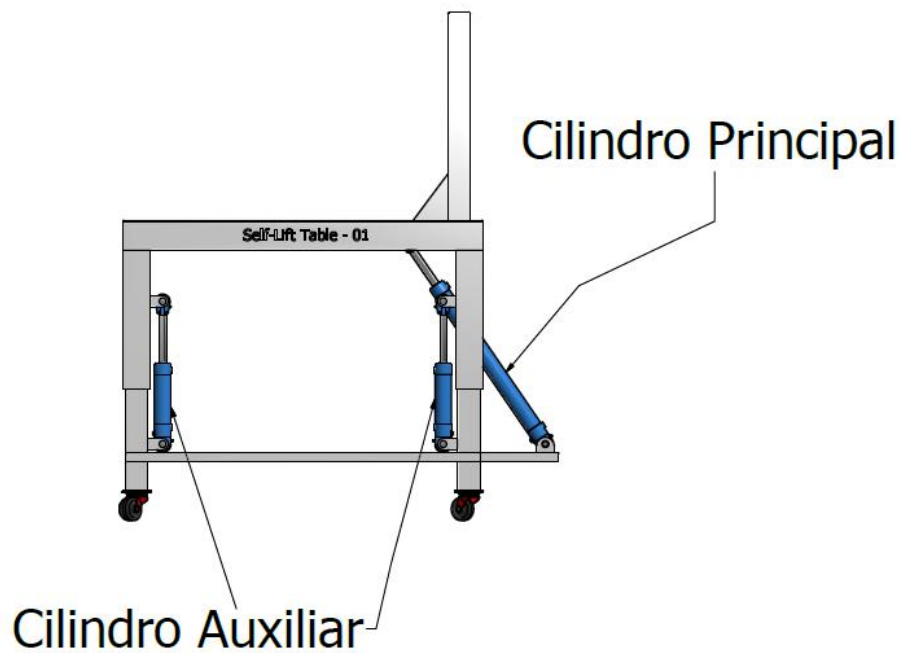
Tabela 8: Características dos cilindros hidráulicos

Diâmetro do cilindro (mm)	Diâmetro da haste (mm)	Comprimento (L)	Curso (mm)	Área efetiva da haste (mm ²)	Área do cilindro (mm ²)	Área efetiva da coroa (mm ²)	Força de retorno a 81 kgf/cm ² (N)	Força de avanço a 81 kgf/cm ² (N)
90,0	38,1	930,0	740,0	1139,5	6358,5	5218,9	41751,8	50868,0
101,6	38,1	420,0	230,0	113951	8103,2	6963,7	55709,5	64825,6

Fonte: Autoria própria

A força máxima requerida para o projeto é de $F_{m\acute{a}x} = 19620\text{N}$, uniformemente distribuída na mesa da bancada e conforme a tabela 8, o cilindro principal tem uma capacidade de força de avanço de $F_{Av} = 50868\text{N}$. Ou seja, só será utilizado cerca de 40% da capacidade total de carga desse atuador hidráulico. A figura 40 mostra a identificação dos cilindros da bancada.

Figura 40: Cilindro principal e auxiliares



Fonte: Autoria própria

4.4 PROJETO DETALHADO

O projeto detalhado da bancada de movimentação começou com o detalhamento do projeto virtual da bancada, colocando parafusos, rolamentos e porcas. Após foi criado as imagens renderizadas da bancada completa e desenho técnico com as principais dimensões e as especificações dos materiais utilizados. As figuras 41, 42 e 43 (imagens renderizadas) e 44 e 45 (imagem com dimensões) e a figura 46 (vista explodida com lista de peças) mostram estes detalhes realizado nesta etapa.

A figura 41 ilustra o projeto completo da bancada com todos os sistemas montados inicialmente com os cilindros hidráulicos na posição fechado.

Figura 41: Bancada Hidráulica de movimentação de bombas



Fonte: Autoria própria

Já figura 42 abaixo ilustra a bancada com o sistema de transmissão de força acionado, mostrando a bancada na vertical.

Figura 42: Bancada Hidráulica de movimentação de bombas acionada



Fonte: Autoria própria

São demonstrados alguns detalhes dos olhais de fixação dos cilindros, eixo inferior da mesa, bem como os rodízios na parte inferior da bancada, através da figura 43.

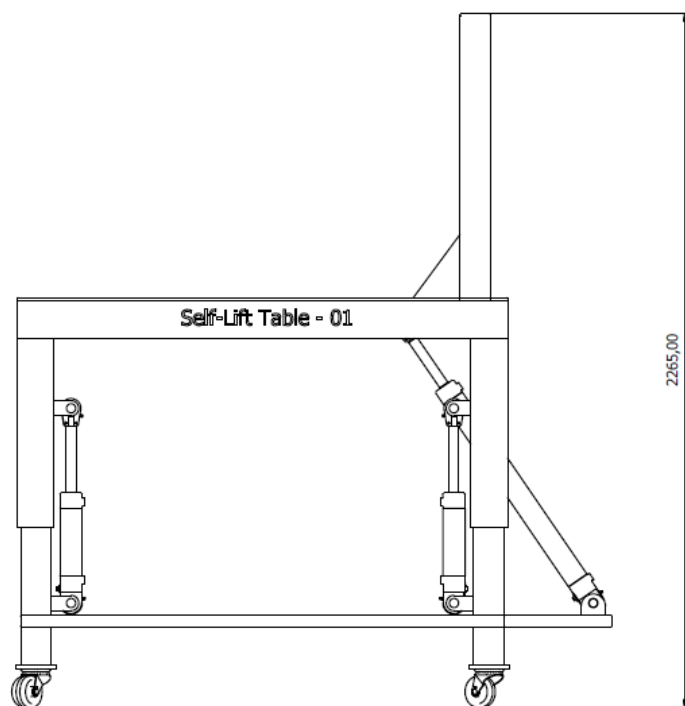
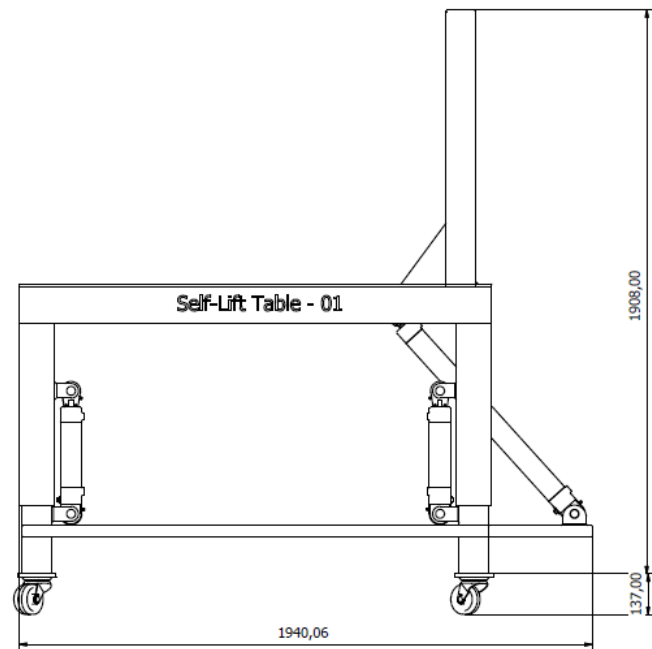
Figura 43: Detalhes da parte inferior da bancada



Fonte: Autoria própria

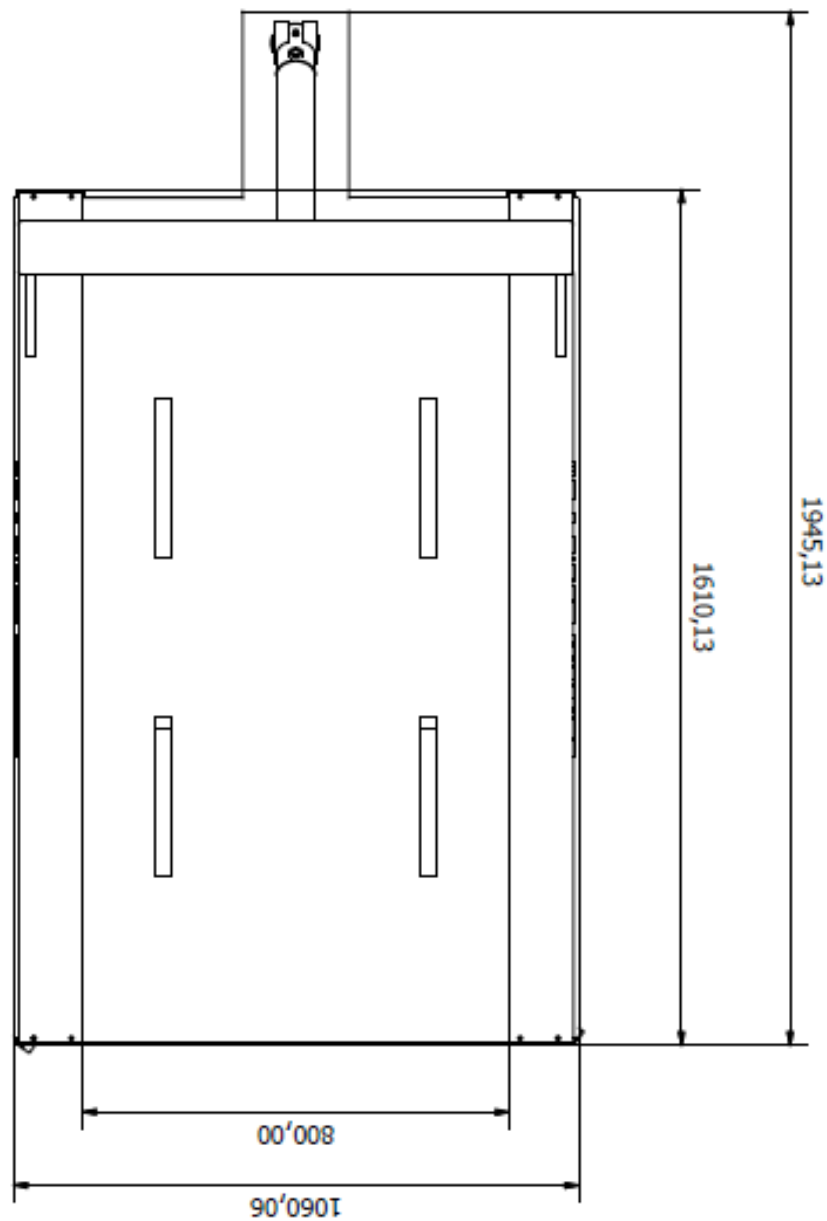
Nas figuras 44 e 45 mostram as vistas laterais e superiores da bancada com suas principais dimensões.

Figura 44: Vista lateral da bancada



Fonte: Autoria própria

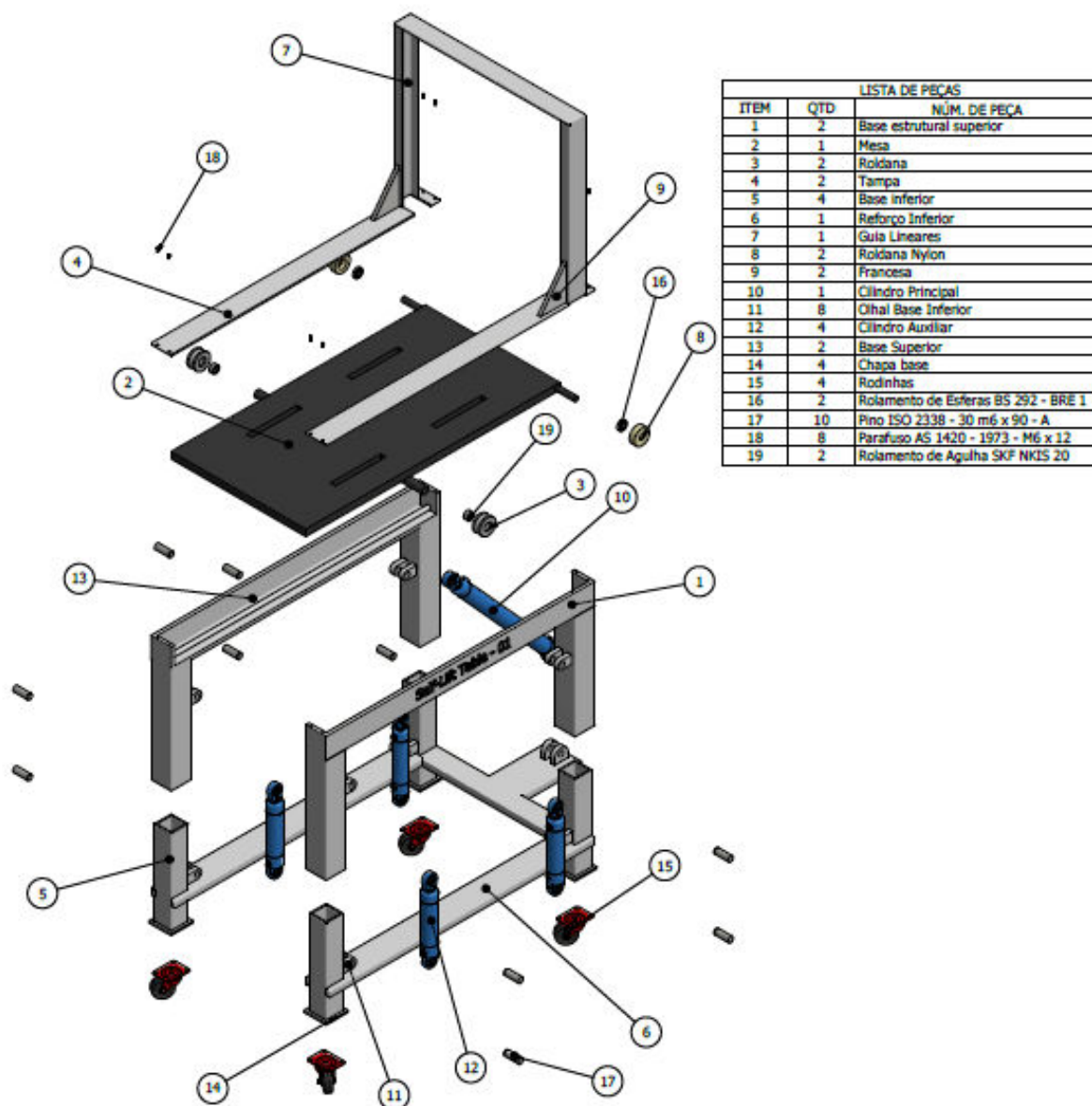
Figura 45: Vista superior da bancada



Fonte: Autoria própria

A figura 46 mostra a vista explodida com os componentes materiais que compõem o projeto da bancada hidráulica de movimentação de bombas centrífugas de múltiplos estágios.

Figura 46: Vista explodida da bancada com lista de materiais



Fonte: Autoria própria

A maioria dos componentes do projeto estão disponíveis na MANUTEC-RN, entretanto para a possível efetivação da construção e montagem dos sistemas, serão necessário a aquisição de alguns materiais, principalmente para o sistema hidráulico. A tabela 9 descreve esses componentes com seus custos estimados e também os custos previstos para os serviços de soldagem, usinagem de componentes, montagem e instalação de todo sistema da bancada.

Tabela 9: Custos estimado para confecção da bancada

Quantidade	Componentes para o sistema hidráulico	Valor (reais)
15 m	Tubulações diversas	R\$ 200,00
01 und	Filtro de retorno	R\$ 1.200,00
01 und	Sub placa tn6 ferro fundido	R\$ 250,00
01 und	Válvula limitadora cavidade 10 pressão	R\$ 278,00
02 und	Válvula redutora de pressão em "p" tn6	R\$ 243,00
12 und	Válvula controle de fluxo de linha 1/4"	R\$ 1.244,00
02 und	Válvula direcional modular 4/3 ct tn6	R\$ 840,00
02 und	Válvula isoladora de manômetro	R\$ 285,00
02 und	Manômetro vertical 63mm 1/4" npt	R\$ 1.759,00
Total		R\$ 6.299,00
Quantidade	Demais componentes	Valor (reais)
02 und	Rolamentos	R\$ 150,00
08 und	Parafusos	R\$ 3,00
10 und	Pinos em aço	R\$ 16,00
04 und	Roldanas	R\$ 800,00
02 und	Rodízios de tecnil	R\$ 50,00
02 und	Rodízios de aço carbono	R\$ 250,00
Total		R\$ 1.269,00
	Serviço de soldagem e Usinagem	R\$ 1200,00
	Serviço de montagem e instalação	R\$ 600,00
Total geral		R\$ 9.368,00

Fonte: Autoria própria

É previsto cerca de uma semana para a realização da montagem e instalação da bancada hidráulica.

5 CONCLUSÕES

Analisando-se os resultados obtidos com o método de projeto utilizado e com as simulações realizadas no *Autodesk Inventor*, e levando em consideração as exigências do cliente pode-se concluir que:

Foi possível a concepção do conceito de uma bancada hidráulica de movimentação e manutenção em bombas centrifugas de múltiplos estágios. O modelo e a configuração da bancada levaram em conta a exigência da empresa em utilizar materiais disponíveis em seu estoque, a fim de reduzir custos de fabricação.

Verificou-se através das simulações realizadas no *Autodesk Inventor*, que os materiais selecionados para fabricação da estrutura da bancada atendem as solicitações de cargas previstas no projeto. Entretanto, o perfeito funcionamento da bancada só poderá ser comprovado quando a mesma for fabricada e testada em campo, nestas fases poderão existir ajustes e melhorias, na etapa denominada de reprojeito.

Foi possível o desenvolvimento do diagrama do circuito hidráulico e feito a simulação de funcionamento com o auxílio do software *FluidSIM*. As simulações se mostraram favoráveis ao perfeito funcionamento do circuito hidráulico, dentro dos parâmetros do projeto.

Não foi possível a realização do caderno de plotagem das peças com suas dimensões, assim esta etapa ficará para ser realizada posteriormente.

A bancada poderá ser utilizada em um espaço reduzido, devido suas dimensões e sistema de acionamento hidráulico ocuparem espaço, de cerca de 3m², de modo que poderá ser realizada a manutenção das bombas centrifugas de múltiplos estágios na sala proposta pela MANUTEC-RN.

O desenvolvimento da bancada é viável economicamente, pois a MANUTEC-RN, tem a maioria dos materiais de fabricação, e também dispõe de pessoal qualificado para executar os serviços de montagem e soldagem. Entretanto, será necessário a compra de alguns componentes hidráulicos para o perfeito funcionamento do sistema, estes componentes custarão cerca de R\$ 6.500,00 (seis mil e quinhentos) reais, conforme detalhado no orçamento na etapa do projeto detalhado neste trabalho.

Quando da utilização prática desse novo conceito, será possível executar o serviço de rotação das bombas centrifugas de múltiplos estágios com maior segurança para os operários da empresa e com menor tempo de serviço, pois, após o posicionamento da bomba na

bancada, o operador apenas acionará o sistema hidráulico, tornando assim, a execução do serviço bem mais otimizado.

REFERÊNCIAS

MONCHY, François. **A função manutenção:** formação para a gerência da manutenção industrial. Tradução de Jacqueline C. Karsaklian. São Paulo: DURBAN Ltda./ EBRAS Editora brasileira Ltda., 1989. 424 p.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N.C. **Manutenção:** combate aos custos da não eficácia - a vez do Brasil. São Paulo: McGraw-Hill Ltda., 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14224:** Indústrias de petróleo e gás natural: Coleta e intercâmbio de dados de confiabilidade e manutenção para equipamentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, 239p.

PINTO, A. K.; NASCIF, J. A. **Manutenção:** função estratégica. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 341p.

EPAMINONDAS, Pio Correia Lima. **Mecânica das Bombas.** Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 608 p.

PINTO, Alan Kardec et al. **Manutenção e Reparo de Bombas.** Rio de Janeiro: Getúlio V Drummond, 2006. 237 p.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário:** língua portuguesa. Curitiba: Positivo, 2010. 2272 p.

JUNIOR, Achilles Silva, SANTOS, Geovannio Allan da Cruz. **Apostilha Petrobras: Noções de Bombas.** Rio de Janeiro: [s.n], 2009, 282 p.

ELETROBRAS et al. **Bombas**: guia básico. Brasília: IEL/NC, 2009. 239 p.

REVISTA OFICIAL DA ABRAMAN: **Vinte anos da Abramam**. Rio de Janeiro: Abramam, n. 54, 2005.

SHIRLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. **Projeto de engenharia mecânica**/tradução João Batista de Aguiar, Jose Manoel de Aguiar. - 7. ed. - Porto Alegre: Bookman, 2005. 960 p.

NORTON, L. R. **Cinemática e Dinâmica dos Mecanismos**. Tradução de Alessandro P. de Medeiros... [et al]. Porto Alegre: AMGH, 2010. 812 p.

COLLINS, Jack A. **Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de prevenção da falha**/ tradução Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco...[et al] - Rio de Janeiro: LTC, 2013. 740 p.

PERIN, Tiago. **Projeto de um elevador residencial para passageiros**. 2012. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina, Horizontina, 2012.

STEMMER, Erich Caspar. **Projeto e construção de máquinas**. 3ª Edição. São Paulo: Globo, 1974. 295 p.

VALDIERO, A. C.. **Inovação e desenvolvimento do projeto de produtos industriais**: Programa de incentivo à produção docente: Coleção Cadernos Unijuí – Série Tecnologia Mecânica. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 1997.

MIRANDA, Bruno Moura. **Desenvolvimento de um equipamento de moldagem por transferência de resina para uso laboratorial**. 2015. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

ALMEIDA, Leandro Faria; MIGUEL, Paulo A. Cauchick; CARVALHO, Marly Monteiro de. Aplicação do gerenciamento de projetos no processo de desenvolvimento de novos produtos – um caso exploratório. **Produto&produção**, São Paulo, v. 9, n. 2, p.153-166, 2008. Artigo

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Projetos, dimensionamento e análise de circuitos** – 2 ed.- Rev., atuali. e ampl.- São Paulo: Érica, 2003, 283 p.

LINSINGEN, Irlan Von. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos**. Editora da UFSC. Florianópolis: SC. Brasil. 2001.

CALETTI, Luciano. **Desenvolvimento de um Protótipo de Sistema Especialista Para Projeto de Unidades de Potência Hidráulica**. 2013. 218 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Outubro 2003.

ESPOSITO, Anthony. **Fluid power with applications**. 5. ed.- Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000.

PUMP, Techno. **Princípio de Funcionamento das Bombas de Engrenagens internas**. 2013. Disponível em: <<http://www.technopump.com.br/bomba-engrenagem.htm>>. Acesso em: 27 maio 2016.

DEMAG, A Terex Brand. **A empresa: História**. 2010. Disponível em: <<http://www.consiliariuslocalis.com/PDFINDEX82EN.PDF>>. Acesso em: 02 jun. 2016.