

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

SUPORTE HOSPITALAR FIXO PARA SORO E BOMBA DE INFUSÃO

André Mendes Grossi Boaretto

São Paulo
2005

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

SUPORTE HOSPITALAR FIXO PARA SORO E BOMBA DE INFUSÃO

**Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de
Graduação em Engenharia**

André Mendes Grossi Boaretto

Orientador: Marcelo Massarani



**Área de Concentração:
Engenharia Mecânica**

**São Paulo
2005**

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de desenvolver um suporte de soro e bombas de infusão que atenda às necessidades de uso do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo, em especial no pronto-socorro onde o uso de equipamentos é mais intenso, e, conseqüentemente, onde os equipamentos estão sujeitos às mais variadas formas de desgaste. Esta necessidade foi identificada através do Projeto Poli-Cidadã.

ABSTRACT

The objective of this project is to develop a stationary intravenous stand that meets the needs of the Hospital Universitário of Universidade de São Paulo, especially in the emergency sector, where the use of equipment is more intense, and, therefore, where these equipment have more chances of wearing out. This project was motivated by the Poli-Cidadã Program.

SUMÁRIO

0. INTRODUÇÃO.....	1
1. ESTUDO DE VIABILIDADE	2
1.1 Motivação	2
1.2 Estabelecimento das Necessidades.....	3
<i>1.2.1 Necessidades Declaradas do Produto.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2 Necessidades Implícitas ou Não-Declaradas do Produto.....</i>	<i>5</i>
1.3 Limites Dimensionais	7
1.4 Desenvolvimento de Alternativas.....	8
1.5 Análise Mercadológica	12
1.6 Cronograma de Atividades	16
2. PROJETO BÁSICO.....	17
2.1 Análise das Alternativas.....	17
<i>2.1.1 Matriz de Decisão.....</i>	<i>17</i>
<i>2.1.2 Escolha da Melhor Alternativa</i>	<i>18</i>
2.2 Seleção de Material.....	20
<i>2.2.1 Aços Inoxidáveis.....</i>	<i>20</i>
<i>2.2.2 Aço Inoxidável ABNT / AISI 316 L.....</i>	<i>24</i>
2.3 Construção do Protótipo	26
<i>2.3.1 Dimensões Principais</i>	<i>26</i>
<i>2.3.2 Materiais.....</i>	<i>27</i>
<i>2.3.3 Construção</i>	<i>28</i>
2.4 Teste do Protótipo	32
<i>2.4.1 Questionário sobre o Desempenho do Protótipo.....</i>	<i>32</i>
<i>2.4.2 Instalação do Protótipo</i>	<i>34</i>
<i>2.4.3 Resultados</i>	<i>35</i>
3. PROJETO EXECUTIVO	38
3.1 Alterações Finais do Projeto	38
<i>3.1.1 Otimização Ergonômica</i>	<i>38</i>
<i>3.1.2 Otimização de Segurança</i>	<i>38</i>
3.2 Resultado Final do Projeto Executivo	39
4. CONCLUSÃO.....	41
ANEXOS e REFERÊNCIAS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de suporte de soro comum.....	3
Figura 2 – Exemplo de bomba de infusão.....	5
Figura 3 – Exemplos de equipo.....	5
Figura 4 – Exemplos de frascos de soro.....	6
Figura 5 – Exemplo de suporte de soro horizontal fixo.....	8
Figura 6 – Desenho Esquemático da Alternativa 1.....	9
Figura 7 – Desenho Esquemático da Alternativa 2.....	10
Figura 8 – Desenho Esquemático da Alternativa 3.....	11
Figura 9 – Cronograma de atividades.....	16
Figura 10 – Modelo em CAD do protótipo.....	26
Figura 11 – Tubos utilizados no protótipo.....	27
Figura 12 – Componentes do conjunto de fixação.....	28
Figura 13 – Barras utilizadas na fabricação dos pinos.....	28
Figura 14 – Haste e ganchos após soldagem.....	29
Figura 15 – Conjuntos de fixação após soldagem.....	29
Figura 16 – Pinos usinados.....	30
Figura 17 – Furos para encaixe do pino.....	30
Figura 18 – Acabamento nas peças de fixação.....	30
Figura 19 – Acabamento na haste e ganchos.....	31
Figura 20 – Protótipo.....	31
Figura 21 – Instalação do protótipo.....	34
Figura 22 – Protótipo pronto para o uso.....	35

Figura 23 – Pino inferior removido.....	36
Figura 24 – Parte inferior ao alcance do paciente.....	36
Figura 25 – Exemplo de argola.....	38
Figura 26 – Vista explodida em CAD do projeto executivo.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações quantitativas do produto.....	7
Tabela 2 – Matriz de decisão.....	18
Tabela 3 – Características e aplicações de aços inoxidáveis AISI / ABNT.....	22
Tabela 4 – Aplicações mais adequadas para cada tipo de aço inoxidável.....	23
Tabela 5 – Propriedades do aço inoxidável 316 L.....	24
Tabela 6 – Dimensões finais de projeto.....	40

0. INTRODUÇÃO

Este presente trabalho apresenta um projeto de um suporte de soro fixo, objetivando sua aplicação no Hospital Universitário da Universidade de São Paulo, tendo sido motivado pelo Programa Poli-Cidadã.

Nele foram percorridas e detalhadas todas as fases de desenvolvimento de projeto. Inicialmente, no Estudo de Viabilidade, foram analisadas as necessidades de projeto, definidos limites dimensionais, desenvolvidas alternativas e feita uma análise mercadológica. No Projeto Básico, uma alternativa foi escolhida através de uma matriz de decisão, uma seleção de materiais foi feita e um protótipo foi construído. Após o teste do protótipo no pronto-socorro do Hospital Universitário, o Projeto Executivo foi realizado, onde foram definidas as características finais do suporte.

Ao final do trabalho, os anexos incluem desenhos técnicos do Projeto Executivo e uma especificação para construção do suporte.

1. ESTUDO DE VIABILIDADE

1.1 Motivação

Este trabalho de formatura foi motivado pelo Projeto Poli Cidadã, que tem por finalidade incentivar a realização de Projetos de Conclusão de Graduação que atendam a necessidades identificadas junto à sociedade.

Diante dessa oportunidade, foi identificada no Hospital Universitário da Universidade de São Paulo a importância de suportes de soro que atendam melhor às necessidades do hospital, especialmente no pronto-socorro, onde o uso de equipamentos é mais intenso e onde é atendida a grande maioria dos pacientes que chegam ao hospital.

Com a ajuda da Dra. Ana Lúcia Sasaki, membro da superintendência do Hospital Universitário, e do Sr. Silvio, responsável pelos equipamentos do pronto-socorro, foi analisada a dificuldade da compra, através do dinheiro público, de equipamentos, incluindo suportes de soro, que atendessem às necessidades de uso. Foi identificada também a necessidade de um projeto de suporte de soro fixo, que em muitos casos pode substituir o suporte móvel, com algumas vantagens.

É este, portanto, o objetivo deste trabalho de graduação, projetar um suporte de soro fixo que atenda às necessidades do Hospital Universitário identificadas através do Projeto Poli Cidadã.

1.2 Estabelecimento das Necessidades

Os suportes de soro existentes no mercado são largamente utilizados em todos os hospitais e diversos tipos de clínicas. Seu objetivo principal é manter a alimentação intravenosa de soro de forma segura para o paciente, e prática para os enfermeiros e médicos.

Os modelos mais comuns são os suportes verticais móveis, ou seja, com rodas que permitem sua locomoção. A Figura 1 pode ser tomada como exemplo, onde tem-se, basicamente, um tubo de aço fixo à uma base com quatro ou mais rodas; nesse tubo fica inserido uma haste, que possui na extremidade superior ganchos para o apoio de frascos de soro; a altura da haste pode ser regulada, podendo ser presa por diversos mecanismos, roscas, alavancas, parafusos, etc.



Figura 1 – Exemplo de suporte de soro comum

1.2.1 Necessidades Declaradas do Produto

As necessidades declaradas para os suportes de soro foram identificadas a partir da coleta de informações com funcionários do Hospital Universitário, e são listadas a seguir:

- Resistência à corrosão – frascos de soro podem conter várias substâncias, todas diluídas em água, constituindo soluções como soro fisiológico, soro

glicosado, dietas e bicarbonato de sódio. Essas soluções podem conter NaCl, potássio entre outros, podendo danificar o suporte, mesmo ao curto prazo. Foi notado que mesmo os suportes cromados são corroídos quando expostos a essas substâncias.

- Facilidade de manuseio dos frascos – os ganchos devem permitir facilmente a operação de pendurar os frascos de soro, e, ao mesmo tempo, mantê-los presos durante o eventual transporte do suporte (no caso dos suportes móveis), ou até em colisões durante o uso.
- Tamanho da base – a base que sustenta o suporte deve permitir sua fácil locomoção (no caso de suportes móveis) quando necessário, assim como impedir seu movimento quando o suporte estiver estacionário ao lado do paciente. Mais crítico ainda é o seu tamanho, que, quando muito pequeno, dá pouca estabilidade ao suporte, e, quando muito grande, dificulta a aproximação do usuário, reduzindo também a área útil para a colocação da maca, por exemplo. Essas bases têm, em geral, um diâmetro de 400 a 600 mm.
- Compatibilidade com bombas de infusão – bombas de infusão são usadas em substituição à pinça do equipo (descrito a seguir, no item Manuseio do equipo), para regular com maior precisão o volume de soro infundido no paciente. Isso é possível graças a uma fenda na bomba com um mecanismo capaz de controlar a vazão através do tubo. Há também, na parte traseira ou lateral da bomba, um mecanismo que permite prendê-la à haste vertical do suporte, bem como uma alça na sua parte superior para facilitar o transporte. A Figura 2 mostra exemplos de bombas de infusão.



Figura 2 – Exemplo de bomba de infusão

1.2.2 Necessidades Implícitas ou Não-Declaradas do Produto

Nem sempre o usuário tem condições, ou mesmo a percepção, para relatar as características desejadas do produto. Dessa forma, foram identificadas necessidades implícitas que devem ser levadas em consideração no projeto:

- Manuseio do equipo – o equipo é o conjunto formado pelo tubo de plástico e pelo regulador de vazão (pinça) que levam o soro do frasco até a seringa, para ser infundido no paciente. O suporte de soro deve permitir que o equipo seja manuseado da forma mais sutil possível, para garantir praticidade para o usuário e conforto e segurança para o paciente. Dessa forma, o suporte não deve ter partes que possam enroscar no equipo durante o manuseio. A Figura 3 mostra dois exemplos de equipo existentes no mercado.



Figura 3 – Exemplos de equipo

- Resistência mecânica – os ganchos que prendem os frasco de soro devem resistir ao peso dos mesmos, que pode passar de 1 kg, pois seus volumes variam de 100 a 1000 ml. Ainda mais preocupante é o peso das bombas de

infusão, que pesam de 5 a 10 kg, medindo até 200 mm de profundidade, 300 de largura e 400 de altura. Além disso, o suporte deve ser resistente a condições não adequadas de uso, como servir de apoio para o paciente levantar da cama, por exemplo. A Figura 4 mostra alguns exemplos de frascos de soro mais comuns.



Figura 4 – Exemplos de frascos de soro

- Facilidade de limpeza – por se tratar de um equipamento hospitalar, ele deve ser mantido higienizado, e portanto, deve permitir sua limpeza ou lavagem de forma prática.
- Segurança ao usuário ou paciente – o suporte não deve apresentar riscos para seu usuário, e, muito menos, para o paciente. Dessa forma deve-se evitar ao máximo componentes que possam oferecer tais riscos, como pontas, arestas, etc.
- Ergonomia – o tamanho e a posição do suporte também devem se adequar ao uso, sendo ele grande o suficiente para abrigar os aparelhos, compacto de forma a não desperdiçar espaço, e estando a uma altura que permita ergonomia no uso.
- Baixo custo – tratando-se de um hospital público, dispondo, portanto, de recursos limitados, o produto deve ter baixo custo de fabricação, e, conseqüentemente, baixo preço final.

1.3 Limites Dimensionais

Com base na análise das necessidades qualitativas do produto, foram determinadas limites para as especificações técnicas que caracterizassem quantitativamente as necessidades do mesmo. A Tabela 1 apresenta os valores que limitam as características do produto.

Característica	Valor	Unidade
Peso máximo	8,0	kg
Comprimento mínimo da haste	600	mm
Distância mínima da haste da parede	200	mm
Altura mínima da haste	1,20	m
Altura máxima da haste	2,00	m
Espessura máxima da haste	30	mm
Carga mínima suportada	50,0	kg

Tabela 1 – Especificações quantitativas do produto

1.4 Desenvolvimento de Alternativas

Conforme citado anteriormente, o tipo de suporte de soro mais difundido, apesar da mobilidade, apresenta vários problemas, relacionados à estabilidade e espaço. Além disso, foi observado no pronto-socorro do Hospital Universitário, que a grande maioria dos leitos fica acomodada em lugares próximos às paredes.

Desse modo, torna-se interessante a idéia de um projeto de suporte de soro fixo, que atenda bem às necessidades declaradas e implícitas já citadas. O próximo passo é desenvolver algumas alternativas, das quais será escolhida apenas uma, a qual serão dedicados os projetos básico e executivo.

Já existem alguns modelos no mercado de suportes fixos, como o mostrado na figura 5. Esse suporte, porém, não satisfaz uma das necessidades já identificadas, a possibilidade de sustentar a bomba de infusão.



Figura 5 – Exemplo de suporte de soro horizontal fixo

As alternativas geradas são explicadas a seguir de forma sucinta, e com a ajuda de desenhos esquemáticos.

Alternativa 1: Suporte de soro de teto

A primeira vantagem identificada no suporte de teto é a menor probabilidade que ocorrer corrosão por gotejamento de soro sobre a base, por esta ser dispensada. Outra vantagem é a facilidade de instalação e retirada pra limpeza, devido ao ponto único de fixação.

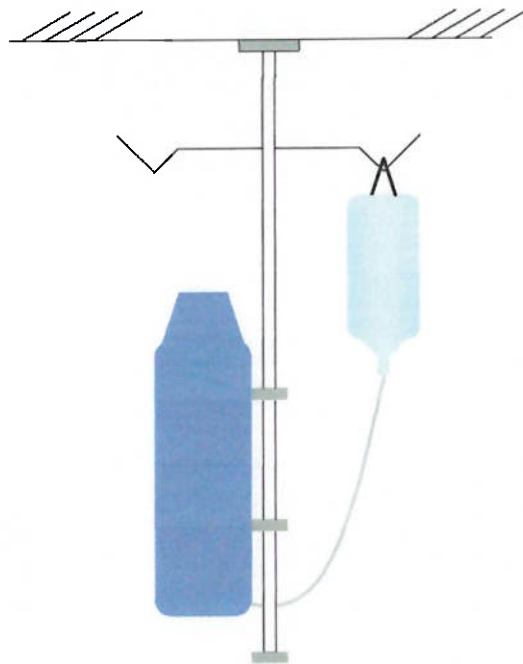


Figura 6 – Desenho Esquemático da Alternativa 1

Entretanto, algumas desvantagens já podem ser apontadas: a regulagem da altura da haste fica comprometida, pois seria inviável recolhê-la para dentro do teto; o mecanismo de fixação no teto recebe todos os esforços sobre o suporte; dependendo do local onde deva ser instalado, a altura do pé direito pode tornar inviável a aplicação desta alternativa.

Alternativa 2: Suporte de soro de parede em T

Uma variação do suporte da Figura 5, esta alternativa tenta suprir a necessidade de sustentação da bomba de infusão pela adição de uma haste vertical. Em comparação à alternativa 1, a instalação deste suporte não depende da altura do teto, com a mesma vantagem de necessitar de apenas um ponto de fixação.

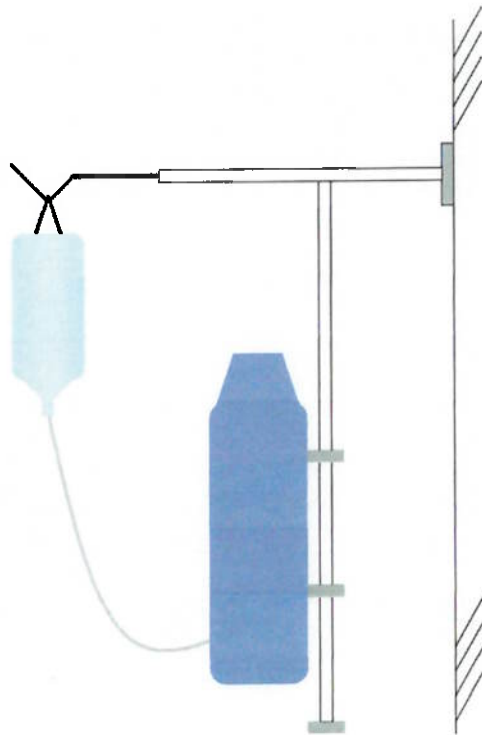


Figura 7 – Desenho Esquemático da Alternativa 2

Há, entretanto, a desvantagem de fabricação, por ser composto de 2 hastes. Outro ponto desfavorável é a concentração de tensões no ponto de fixação do suporte na parede, que sofre esforços de flexão, podendo também sofrer esforços torcionais.

Alternativa 3: Suporte de soro de parede em U

A principal vantagem desta alternativa é a maior resistência proporcionada pelos dois pontos de fixação na parede. Assim como a alternativa 2, independe da altura do pé direito, e, assim como a alternativa 1, talvez possa ser fabricado a partir de uma única peça principal.

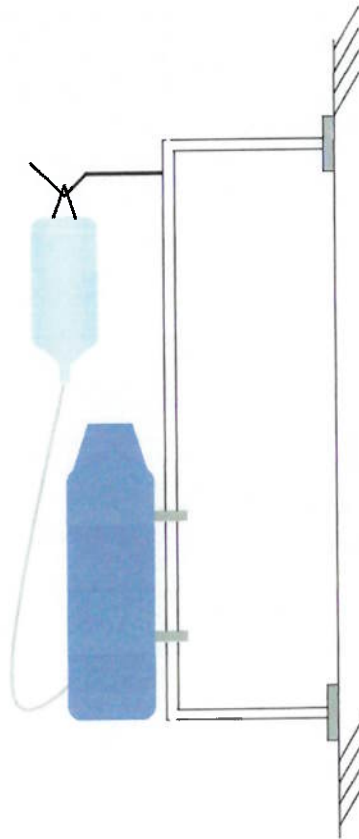
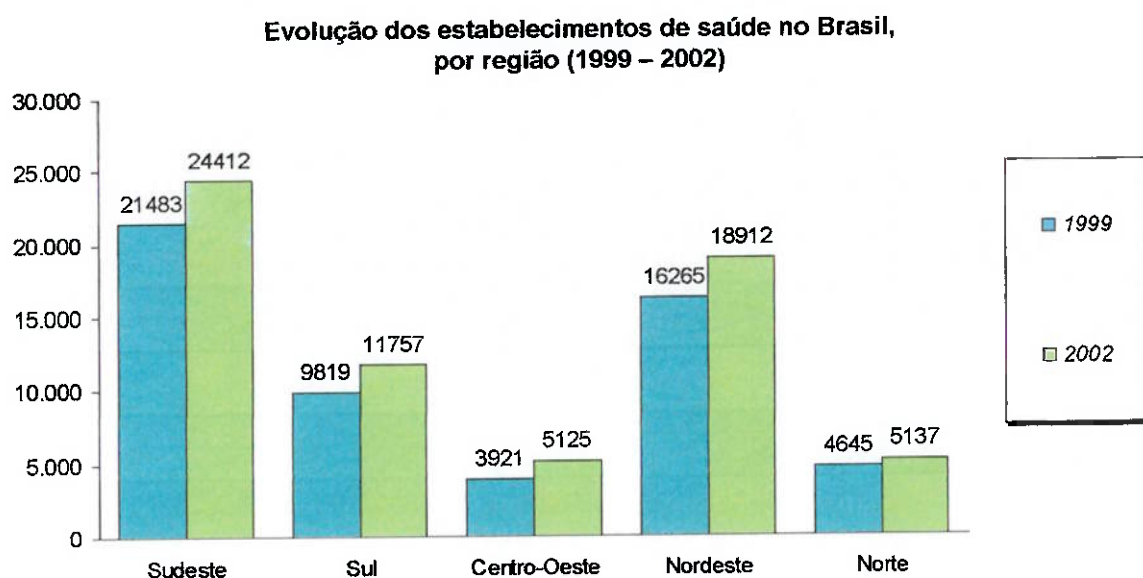


Figura 8 – Desenho Esquemático da Alternativa 3

Por outro lado, os dois pontos de fixação dificultam a instalação, e cada um recebe metade dos esforços de flexão, principalmente devido ao peso da bomba. No entanto, dois pontos de fixação impedem que a haste vertical se movimente, impedindo esforços torcionais no ponto de fixação.

1.5 Análise Mercadológica

Apesar do projeto já ter um destino pré-determinado, o Hospital Universitário da USP, vale a pena estimar o mercado potencial do produto, caso este venha a ser produzido em larga escala e vendido em todo o estado, região ou país.

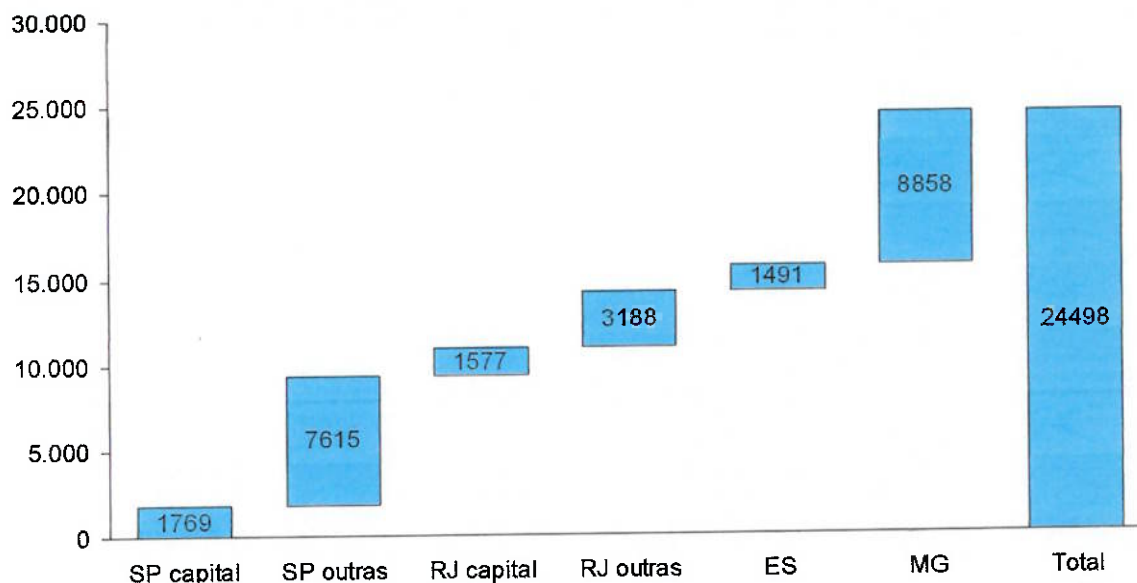


Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Assistência Médico-Sanitária 2002.

Gráfico 1 – Evolução dos estabelecimentos de saúde no Brasil

O Gráfico 1 mostra a evolução do número de estabelecimentos de saúde no Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 1999 a 2002. Como a variação nesse período foi pequena, podemos assumir que os valores de 2002 fornecem uma boa estimativa para os valores atuais. Uma análise mais refinada poderia ser feita, extrapolando-se os valores de 2002 para 2005, uma vez que temos as taxas de crescimento no período de 3 anos entre 1999 e 2002. A quebra do número de estabelecimentos por estados e capitais da região Sudeste, utilizada nos cálculos desta análise, está apresentada no Gráfico 2, cujas informações também foram obtidas do IBGE.

Estabelecimentos de saúde na região Sudeste (2002)

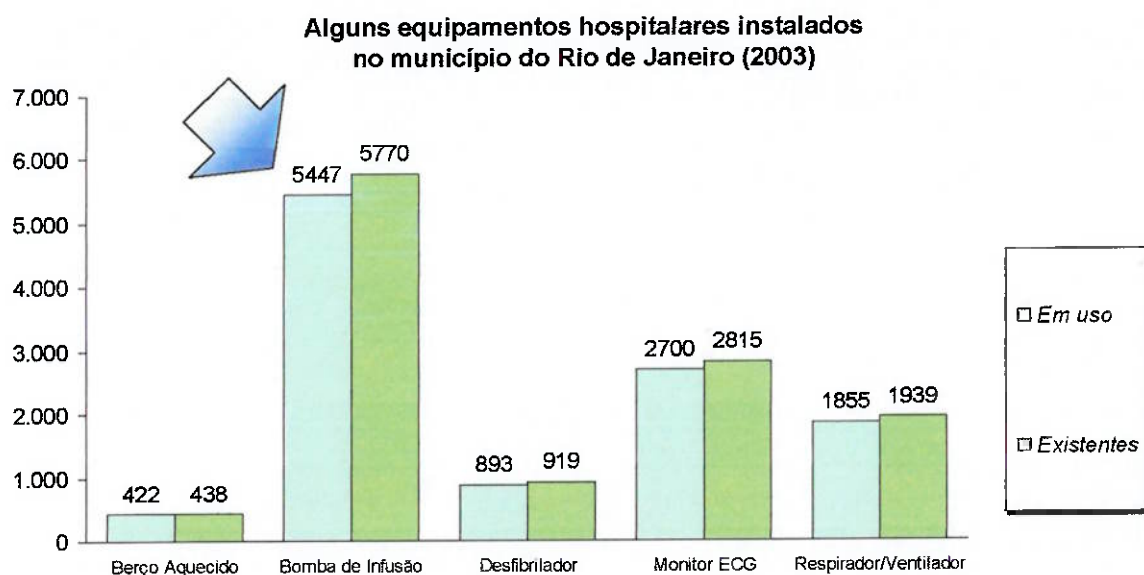


Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Assistência Médico-Sanitária 2002.

Gráfico 2 – Estabelecimentos de saúde na região Sudeste

Do site da Secretaria de Saúde do Rio de Janeiro, foram obtidos dados referentes à quantidade de equipamentos existentes no município do Rio de Janeiro, e alguns deles são apresentados no Gráfico 3. Sabe-se então, que existem 5.770 bombas de infusão nos hospitais do município do Rio de Janeiro, 5.447 delas em uso. Portanto, para fins de estimativas, mantidas as mesmas proporções, podemos assumir que existem aproximadamente 34.000 bombas no município de São Paulo, 85.000 bombas na região sudeste, e um total de 225.000 em todo o Brasil.

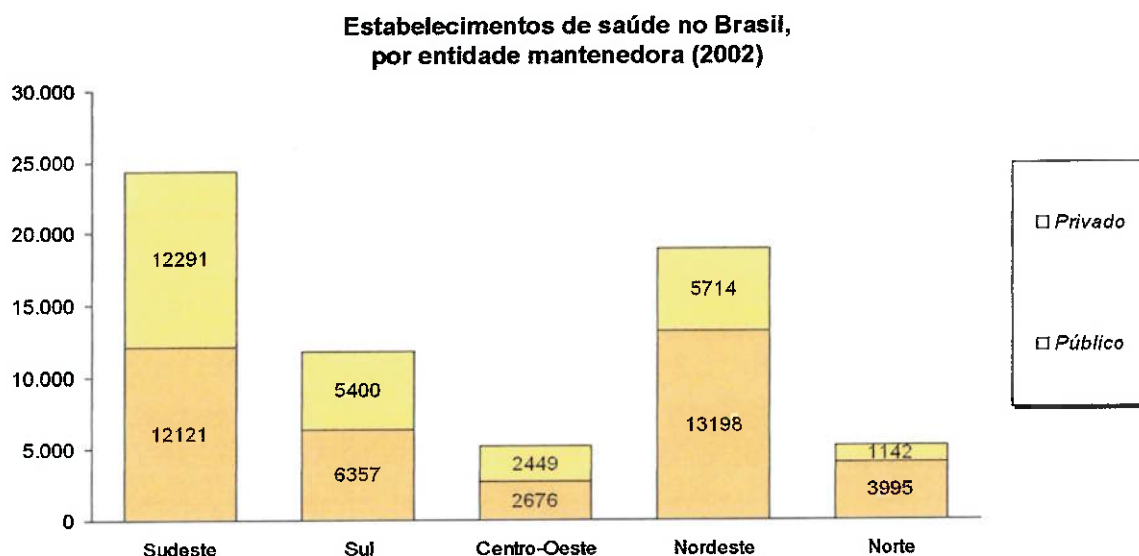
A seguir, o Gráfico 4 mostra uma proporção entre hospitais públicos e privados nas regiões do Brasil. Nota-se que, de forma grosseira, que metade dos hospitais no Brasil são públicos, sendo que apenas nas regiões Nordeste e Norte eles são a maioria.



Fonte: Secretaria da Saúde do Rio de Janeiro

Gráfico 3 – Equipamentos hospitalares instalados no município do Rio de Janeiro

Assim, os valores obtidos como estimativa do número de bombas de infusão existentes no Brasil podem ser divididos por dois, uma vez que o equipamento a ser projetado é de baixo custo, adequando-se melhor ao mercado de hospitais da rede pública.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Assistência Médico-Sanitária 2002.

Gráfico 4 – Estabelecimentos de saúde no Brasil

É razoável assumir que existe pelo menos um suporte de soro para cada bomba de infusão nos hospitais brasileiros. Dessa forma, chega-se a alguns valores do mercado potencial de suportes de soro. Estima-se, assim, que existam aproximadamente 17.000 suportes de soro no município de São Paulo, 42.000 na região Sudeste, e 112.000 em todo o Brasil.

Por fim, pode-se tomar a hipótese de que suporte de soro é um equipamento com período de reposição de alguns anos, e que grande parte dos suportes de soro existentes podem ser substituídos por suportes fixos, como aquele que é o objetivo deste trabalho.

1.6 Cronograma de Atividades

O cronograma que define as atividades a serem executadas ao longo dos dois semestres é apresentado a seguir. As orientações sobre ordem e duração de cada atividade foram adequadas aos prazos estabelecidos pela disciplina.

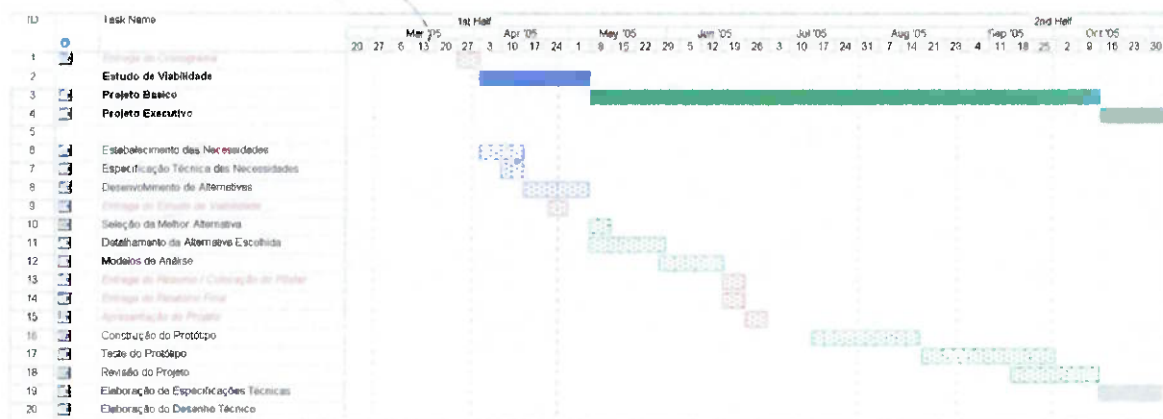


Figura 9 – Cronograma de atividades

2. PROJETO BÁSICO

2.1 Análise das Alternativas

2.1.1 Matriz de Decisão

Para que pudesse ser identificada a melhor alternativa, estas foram avaliadas segundo uma matriz de decisão, cujos critérios são apresentados a seguir:

- **Segurança (Peso 10)** – é o item mais importante da lista de critérios, afinal não se pode abrir mão da segurança em troca do custo de produção ou da ergonomia, principalmente tratando-se de um equipamento de uso hospitalar. Trata-se da característica do equipamento de poder ser utilizado sem promover nenhum risco ao usuário e paciente. A presença de arestas ou extremidades pontiagudas no equipamento contribui negativamente neste critério. A resistência mecânica a eventuais esforços que o equipamento possa sofrer, relacionada diretamente com o número de pontos de fixação, contribui positivamente.
- **Ergonomia (Peso 9)** – este critério mede a facilidade de utilização do equipamento executando as operações mais comuns, como o acoplamento de bombas de infusão e colocação de frascos de soro. Um equipamento com muitas peças pode dificultar a colocação desses equipamentos. A altura em relação ao solo e distância da parede também influenciam este critério.
- **Manufatura (Peso 8)** – embora o custo esteja diretamente relacionado a este critério, estes foram separados para identificar dois conceitos separadamente. Este critério mede a facilidade de se construir o equipamento, bem como o tempo de fabricação necessário estimado. Um número grande de peças, soldas, furos, entre outros pode dificultar a fabricação e aumentar o tempo necessário para tal.
- **Custo (Peso 7)** – diferentemente do critério manufatura, este depende também da quantidade de material utilizado na fabricação. Entretanto também

depende do número de operações a se realizar, e, conseqüentemente das características descritas no critério manufatura, como número de soldas, furos, etc.

- Durabilidade (Peso 6) – este critério pretende identificar a resistência do suporte a esforços esperados, como o peso dos equipamentos, e esforços inesperados como eventuais acidentes ou uso inadequado. A probabilidade de corrosão também deve ser levada em conta.
- Instalação (Peso 5) – como a instalação do suporte ocorre apenas no início do uso e para eventuais reparos e limpeza, este critério foi considerado o de menor importância. A facilidade de instalação está diretamente relacionada ao número de pontos de fixação, e a altura dos mesmos.

A partir da descrição acima, foram atribuídas notas para cada alternativa referentes a cada um dos critérios:

MATRIZ DE DECISAO				
Critério	Peso	Alt.1	Alt. 2	Alt. 3
Segurança	10	6	8	10
Ergonomia	9	8	8	8
Manufatura	8	10	7	9
Custo	7	10	7	8
Durabilidade	6	7	6	9
Instalação	5	6	9	7
Total		354	338	389

Tabela 2 – Matriz de decisão

2.1.2 Escolha da Melhor Alternativa

A análise da matriz de decisão apresentada levou à escolha da Alternativa 3 – Suporte de soro de parede em U. Abaixo uma análise ilustrativa relacionando o peso de cada alternativa e sua respectiva pontuação:

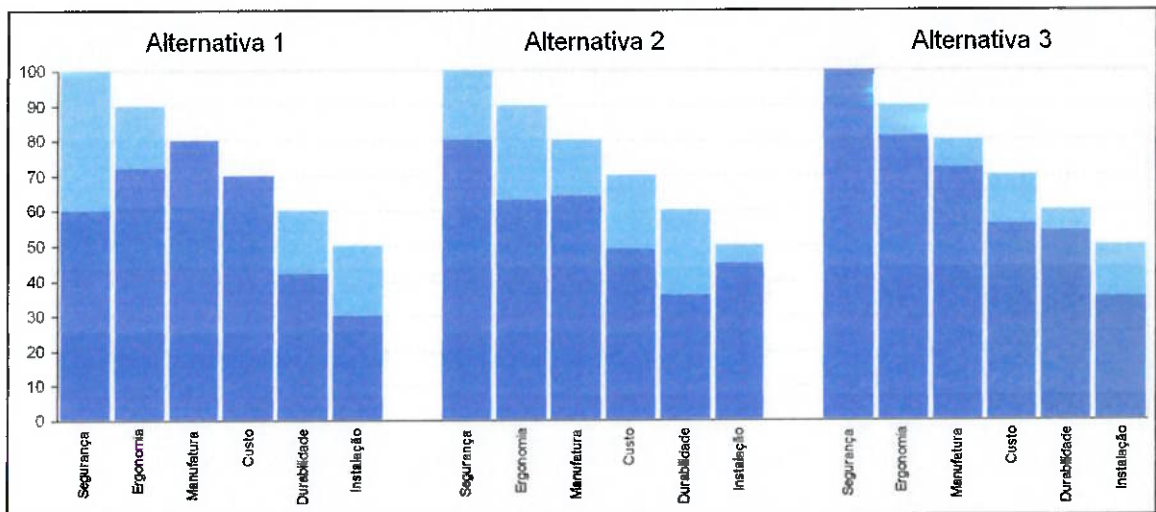


Gráfico 5 – Análise ilustrativa da matriz de decisão

2.2 Seleção de Material

Através da observação das condições de uso dos suportes de soro no pronto-socorro do Hospital Universitário e de informações a partir da experiência do responsável pelos equipamentos do hospital, foi tomada a decisão de que o material mais adequado para o suporte de soro, bem como para a maioria dos equipamentos hospitalares, é o aço inoxidável. Para facilitar a construção, serão utilizadas tubo de aço inoxidável de diâmetro aproximado de 20 mm.

A seleção do aço inoxidável mais adequado foi feita através de pesquisa sobre as características das várias especificações encontradas para esse tipo de material. As informações mais importantes levantadas na pesquisa são apresentadas a seguir.

2.2.1 Aços Inoxidáveis

Aço Inox é o termo empregado para identificar uma família de aços contendo no mínimo 11% de cromo, o que garante ao material elevada resistência à oxidação.

O cromo disperso em todo o material de forma homogênea, em contato com o oxigênio do ar, forma uma fina camada de óxido na superfície do aço, contínua e muito resistente, protegendo-o contra ataques corrosivos do meio ambiente.

Este filme protege toda a superfície do aço inox e, de maneira geral, esta resistência aumenta à medida que mais cromo é adicionado à mistura. Apesar de invisível, estável e com espessura finíssima, esta película é altamente aderente ao aço inox, defendendo o material contra a ação dos meios agressivos.

Mesmo quando sofre algum tipo de dano, sejam arranhões, pequenas deformações ou cortes, imediatamente o oxigênio do ar combina-se com o cromo, formando novamente o filme protetor, recompondo a resistência à corrosão. Esta qualidade é inerente ao aço inox já que o cromo faz parte de sua composição química.

Outros elementos adicionados ao inox – níquel (Ni), molibdênio (Mo), vanádio (V) e tungstênio (W) - também elevam a resistência desse aço à corrosão, além de

garantirem ao produto múltiplas aplicações. A seleção correta do tipo de inox e de sua superfície de acabamento são importantes para assegurar uma longa vida útil ao material e, conseqüentemente, ao suporte.

As características descritas anteriormente conferem aos aços inoxidáveis as seguintes propriedades:

- Resistência mecânica elevada
- Facilidade de limpeza
- Baixa rugosidade superficial
- Aparência higiênica
- Material inerte
- Facilidade de conformação
- Estabilidade das propriedades mesmo em temperaturas muito altas ou muito baixas (criogênicas)
- Facilidade de união
- Acabamentos superficiais e formas variadas
- Forte apelo visual

A Tabela 3 apresenta as características e aplicações dos principais aços inoxidáveis no mercado, especificados pela AISI e ABNT, classificados em austeníticos (A), ferríticos (F) e martensíticos (M).

AISI ABNT	Características	Aplicações
301 (A)	Resistência à corrosão intergranular	Construção civil, indústria aeronáutica, ferroviária, rodoviária, petrolífera, facas caldeiraria, estampagem geral e profunda
304 (A)	Excelente resistência à corrosão, conformabilidade e soldabilidade	Equipamentos para a indústria aeronáutica, ferroviária, naval, petroquímica, papel e celulose, têxtil, frigorífica, hospitalar , alimentícia, utensílios domésticos, eletrodomésticos, estampagem geral e profunda
304 L (A)	Resistência à corrosão intergranular, adequado à aplicações que não permitem tratamento térmico após a soldagem	Equipamentos para a indústria aeronáutica, ferroviária, naval, petroquímica, papel e celulose, têxtil, frigorífica, hospitalar , alimentícia, utensílios domésticos, eletrodomésticos, estampagem geral e profunda
316 (A)	Melhor resistência a corrosão que o 304, em meios que contém cloretos	Construção civil e uso arquitetural, indústria aeronáutica, química e petroquímica, cosmética, têxtil, borracha, tintas, laticínios, hospitalar , mineração, siderúrgica, destilarias de álcool, vasos de pressão, caldeiraria
316 L (A)	Maior resistência à corrosão intergranular que o 316, adequado para aplicações que não permitem tratamento térmico após a soldagem	Construção civil e uso arquitetural, indústria aeronáutica, química e petroquímica, cosmética, têxtil, borracha, tintas, laticínios, hospitalar , mineração, siderúrgica, destilarias de álcool, vasos de pressão, caldeiraria
410 S (F)	Baixo teor de carbono para melhorar a resistência a corrosão no estado recozido	Recheios de coluna de destilação, componentes para plataformas de petróleo
420 (M)	Aço temperável por tratamento térmico, onde exige-se dureza alta	Cutelaria, instrumentos de medida, hospitalares, áreas de mineração, lâminas de corte, discos de freio, facas
430 (F)	Aço ferrítico típico	Equipamentos para ácido nítrico, frisos de automóveis, utensílios domésticos (baixelas, fogões, geladeiras, pias e talheres), moedas, balcões frigoríficos

Fonte: diversos fabricantes de aços inoxidáveis, aços em geral e equipamentos relacionados (Metalinox, Carbinox, Artex, Pipesystem, Gerdau, entre outros)

Tabela 3 – Características e aplicações de aços inoxidáveis AISI / ABNT

A Tabela 4 apresenta as aplicações para cada tipo de aço inoxidável. Destaque para a água salina, contida nos frascos de soro, e principal causador de corrosão em suportes.

ABNT TIPO	Aplicações						
	Atm. branda e água fresca	Atm. industrial	Atm. marinha	Água Salina	Química branda	Química oxidante	Química redutora
301	•	•	•		•	•	
302	•	•	•		•	•	
302B	•	•	•		•	•	
303	•	•	•		•		
304	•	•	•		•	•	
304L	•	•	•		•	•	
305	•	•	•		•	•	
308	•	•	•		•	•	
309	•	•	•		•	•	
310	•	•	•		•	•	
314	•	•	•		•	•	
316	•	•	•	•	•	•	•
316L	•	•	•	•	•	•	•
317	•	•	•	•	•	•	•
321	•	•	•		•	•	
347	•	•	•		•	•	
403	•				•		
405	•				•		
409	•				•		
410	•				•		
416	•						
420	•						
430	•	•			•	•	
440A	•				•		
440B	•						
440C	•				•	•	
442	•	•			•	•	
446	•	•	•		•	•	

Fonte: diversos fabricantes de aços inoxidáveis, aços em geral e equipamentos relacionados (Metalinox, Carbinox, Artex, Pipesystem, Gerdau, entre outros)

Tabela 4 – Aplicações mais adequadas para cada tipo de aço inoxidável

Da Tabela 3 observa-se que os aços recomendados para aplicação hospitalar são os das séries 304 e 316. Da Tabela 4, vemos que os aços 316 e 317 são adequados em soluções salinas, como as contidas nos frascos de soro. Novamente pela Tabela 3, observa-se que os aços 304 L e 316 L são adequados para aplicações onde não pode haver tratamento térmico após a soldagem.

Considerando que os tubos serão soldados aos demais componentes do suporte, fica, portanto, óbvia a escolha do aço inoxidável austenítico ABNT / AISI 316 L.

2.2.2 Aço Inoxidável ABNT / AISI 316 L

Feita a escolha pelo tipo de aço inoxidável mais adequado, são apresentadas suas propriedades, bem como sua composição química, na Tabela 5. O preço estimado do tubo de diâmetro 19,05 mm (3/4") e parede com espessura de 1,5 mm (dimensões muito utilizadas por fabricantes de material hospitalar em muitos equipamentos) é de aproximadamente R\$ 30,00 por metro. O peso linear desse tubo é de aproximadamente 0,70 kg por metro.

Características	316 L
Composição (%)	
C (máx.)	0,03
Cr	16,0 – 18,0
Ni	10,0 – 14,0
Mo	2,0 – 3,0
Mn (máx.)	2,00
Si (máx.)	0,75
P (máx.)	0,045
S (máx.)	0,03
Propriedades	
Dureza Brinell	143
Limite de Resistência a Tração (N/mm ²)	567
Limite de Escoamento a 0,2 % (N/mm ²)	294
Alongamento Mínimo (%)	50
Temperatura máxima de resistência à oxidação (°C)	875
Temperatura máxima de resistência à corrosão intercrystalina (°C)	400
<small>Fonte: diversos fabricantes de aços inoxidáveis, aços em geral e equipamentos relacionados (Metalinox, Carbinox, Artex, Pipesystem, Gerdau, entre outros)</small>	

Tabela 5 – Propriedades do aço inoxidável 316 L

A adição de molibdênio em teores acima de 2% eleva a resistência à corrosão localizada, assim, para meios mais agressivos (com teor de cloretos mais elevado) os teores de níquel e molibdênio devem ser maiores.

Na corrosão intergranular, ou intercrystalina, deve-se considerar a denominada temperatura de sensibilização (600 a 870 °C) e procurar evitá-la. A liga quando recozida para solubilização é resfriada rapidamente para evitar a sensibilização tornando-se mais resistente a esse tipo de corrosão. A redução do teor de carbono (de 0,08% para 0,03% nos tipos L) reduz o efeito da sensibilização (usa-se o 304 L ou 316 L em substituição ao 304 e 316).

Dos três grupos, os aços austeníticos em geral são os que apresentam maior resistência à corrosão. Eles combinam baixo limite de escoamento com alta resistência a tração e bom alongamento, oferecendo as melhores propriedades para trabalho a frio, propriedade adequada para a conformação dos tubos para a fabricação do suporte.

2.3 Construção do Protótipo

A fim de validar as conclusões tomadas até o momento, bem como identificar novas necessidades ainda não notadas, foi construído um protótipo a ser utilizado durante algum tempo no Hospital Universitário. A partir das informações coletadas após o uso, o projeto básico se enriquecerá dando origem ao projeto executivo. A construção do protótipo é descrita de forma simples a seguir.

2.3.1 Dimensões Principais

Atendendo os limites dimensionais de pré-projeto da Tabela 1 (que poderão ser modificados conforme necessidades reveladas pela utilização do protótipo), um modelo foi elaborado em CAD, com suas dimensões estimadas (Figura 10), para auxiliar na construção do protótipo, lembrando que qualquer característica pode ser modificada durante o projeto conforme a necessidade de uso e/ou construção.

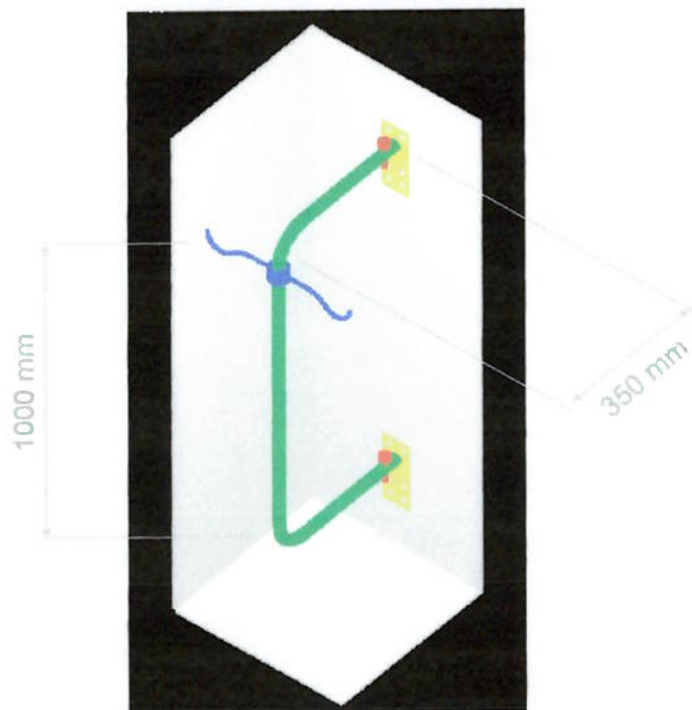


Figura 10 – Modelo em CAD do protótipo

2.3.2 Materiais

O material utilizado na construção do protótipo foi um aço inoxidável mais comum, o 304, pois a compra do material mais adequado tornaria o protótipo muito mais caro, inviabilizando sua construção. Fornecedores primários desse tipo de material não disponibilizam barras e/ou tubos de comprimentos menores que 6 m (totalizando um preço por tubo de aproximadamente R\$ 200,00), por isso o material utilizado foi comprado em revendedores de peças/materiais metálicos reutilizáveis. Com base no peso final do protótipo (não mais que 3 kg), estima-se que todo o material utilizado na construção do protótipo tenha tido um custo não maior que R\$ 50,00, exclusive o custo dos eletrodos de solda utilizados (~ R\$ 10,00).

Espera-se que a substituição do aço inox 316 L pelo 304 não deva acarretar problemas em relação à corrosão, uma vez que o tempo de teste do protótipo não deve exceder poucas semanas, sendo um período curto para tirar conclusões a esse respeito, lembrando que, apesar de não se tratar do material mais adequado para este uso, não deixa de ser um aço inoxidável, que também é indicado para a construção de equipamentos hospitalares, conforme a Tabela 3.

Os tubos utilizados (Figura 11) têm diâmetro de 20,7 mm (13/16”), espessura de parede de 1,5 mm e foram dobrados com um raio de aproximadamente 100 mm, seguindo as dimensões apresentadas na Figura 10.



Figura 11 – Tubos utilizados no protótipo

As chapas de fixação da parede têm espessura de 3 mm, e foram cortadas com dimensões 120 x 90 mm. As barras que completam a peça de fixação na parede têm

diâmetro de 15,88 mm (5/8") e comprimento de 90 mm. Ambas são mostradas na Figura 12.

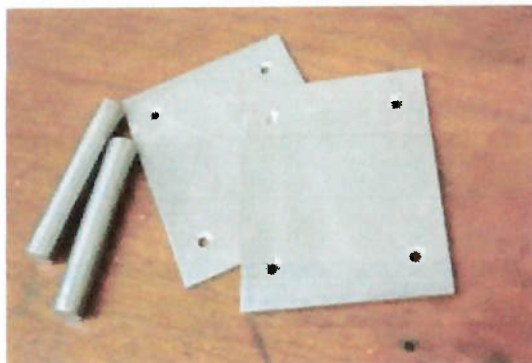


Figura 12 – Componentes do conjunto de fixação

As barras utilizadas na construção dos ganchos têm diâmetro de 6,35 mm (1/4") e 200 de comprimento cada. Os pinos que fixam a haste em ambas as peças que devem ser fixadas na parede foram usinados a partir das barras da Figura 13, com comprimento de 40 mm cada e diâmetro de 7,94 mm, mais espessas, portanto, que as barras dos ganchos, pois estas seriam dobradas na construção.



Figura 13 – Barras utilizadas na fabricação dos pinos

2.3.3 Construção

Na construção do protótipo, inicialmente os tubos da Figura 11, já dobrados, foram soldados para formar a haste principal de dimensões 1000 x 350 mm. As barras de 1/4" de diâmetro tiveram uma extremidade dobrada, para permitir que frascos de soro



Figura 16 – Pinos usinados



Figura 17 – Furos para encaixe do pino

Todas as peças receberam um acabamento através de esmeril, lixadeira, lixas de aço, limas e lixas comuns, a fim de suavizar os pontos de solda (Figuras 18 e 19), dando ao equipamento uma aparência mais higiênica, adequada ao uso hospitalar.



Figura 18 – Acabamento nas peças de fixação

sejam pendurados, e a outra extremidade soldada perpendicularmente à haste principal, a uma distância de 120 mm abaixo de sua porção horizontal superior, de forma que cada gancho fosse fixado em lados opostos da haste (Figura 14).



Figura 14 – Haste e ganchos após soldagem

As duas peças de fixação na parede, idênticas, foram construídas a partir da soldagem de cada barra no centro de cada chapa. Estas haviam recebido quatro furos cada, de diâmetros iguais a 5 mm (Figura 15).



Figura 15 – Conjuntos de fixação após soldagem

Através de uma simples usinagem, as barras da Figura 13 foram transformadas em pinos que têm a função de fixar a haste principal em ambas as peças que devem ser parafusadas na parede (Figura 16). Estas foram furadas a uma distância de 70 mm das chapas, de tal forma que os pinos não sofram esforços de cisalhamento durante o uso (Figura 17). Para permitir a introdução e retirada dos pinos com certa facilidade, estes foram usinados com diâmetros de 4,5 mm, enquanto que os furos têm diâmetro de 5 mm.

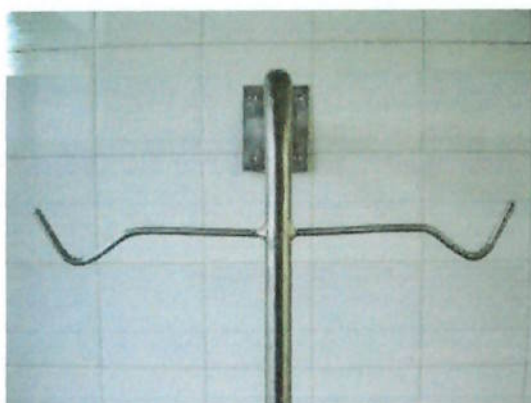


Figura 19 – Acabamento na haste e ganchos

O resultado final e o posicionamento que o protótipo deve tomar na parede podem ser observados na Figura 20.



Figura 20 – Protótipo

2.4 Teste do Protótipo

A utilização do protótipo no Hospital Universitário vai prover um retorno muito útil para o aprimoramento do projeto. Para orientar essa análise sobre o que pode ou deve ser alterado no projeto, um roteiro será utilizado para entrevistar os funcionários do HU que tiverem maior contato com o equipamento.

2.4.1 Questionário sobre o Desempenho do Protótipo

Visando direcionar as entrevistas com usuários do protótipo, o roteiro foi elaborado dividindo-se em três dimensões que também foram analisadas na Matriz de Decisão no início do Projeto Básico. São elas: Segurança, Ergonomia e Instalação.

Segurança

Nesta dimensão é importante extrair do entrevistado situações ocorridas, ou potenciais, de risco, seja para o usuário, seja para o paciente, e conversar sobre quais alternativas poderiam ser desenvolvidas para endereçar o problema. Também deve ser levada em conta a ocorrência, ou possibilidade, de uso inadequado do equipamento, fazendo com que ele seja solicitado a esforços para os quais não foi projetado, situação na qual a falha do suporte possa oferecer risco de danos a equipamentos ou pessoas.

Ergonomia

Da mesma forma que esta dimensão foi analisada do ponto de vista de projeto, ela deve ser testada do ponto de vista do usuário. Algumas características que podem ser citadas referentes à ergonomia são:

- posicionamento ou altura em relação a pessoas, macas e outros equipamentos (relacionados ao alcance de funcionários e possíveis restrições ao movimento do paciente);
- distância entre a porção vertical da haste em relação à parede (com relação à compatibilidade com bombas de infusão);
- frequência na qual são usadas mais de uma bomba de infusão por suporte (visando a real necessidade de um suporte grande o bastante para comportar duas bombas);
- formato dos ganchos (facilidade de colocação e, ao mesmo tempo, confiabilidade de sustentação);
- real necessidade da possibilidade de retirada da haste, e facilidade na colocação e remoção dos pinos;
- facilidade de limpeza e colocação de equipamentos como frascos e bombas, etc.

Obviamente, deve-se dar ao entrevistado toda liberdade de propor sugestões e dar sua opinião sincera sobre o equipamento, uma vez que não se pode prever todas as situações que possam ocorrer durante seu uso. Provavelmente, a maioria dessas sugestões deva se enquadrar dentro desta dimensão.

Instalação

Apesar de ter uma importância menor quando comparada às duas outras dimensões, as dificuldades encontradas durante a instalação do protótipo, se houver, devem ser observadas e discutidas com o pessoal responsável por essa tarefa. Dessa forma, a instalação do protótipo no Hospital Universitário será acompanhada e devidamente documentada, para que tal experiência contribua para o aperfeiçoamento do projeto.

Durante a análise das dimensões deve-se manter em mente que podem ocorrer questões contraditórias, cada uma sugerindo mudanças que afetariam negativamente a outra. Assim, é certo que tais conflitos sejam analisados mais cuidadosamente durante as entrevistas para que se possa priorizar dimensões, e chegar à solução mais adequada para o problema (por exemplo, a altura dos ganchos mais adequada à colocação dos frascos de soro pode oferecer risco se estiver na altura dos olhos de paciente ou funcionário, etc.).

2.4.2 Instalação do Protótipo

Embora o projeto tenha sido idealizado para o pronto-socorro adulto do Hospital Universitário, a instalação do protótipo foi autorizada no pronto-socorro infantil do hospital. Dessa forma todas as modificações feitas posteriormente ao teste devem levar em conta as condições do local onde o protótipo foi experimentado.

A instalação mostrou-se uma operação fácil, em grande parte pela possibilidade de desmontar da haste principal os dois elementos de fixação (Figura 21). O resultado final pode ser observado na Figura 22.



Figura 21 – Instalação do protótipo



Figura 22 – Protótipo pronto para o uso

2.4.3 Resultados

Como previsto anteriormente, os quesitos analisados para avaliação do protótipo são os descritos na seção 2.4.1, e podem ser resumidos em três partes distintas, Segurança, Ergonomia e Instalação.

Do ponto de vista do critério Segurança, o teste do protótipo ressaltou um fator que não havia sido considerado no projeto. Apesar de ter sido concebido para o pronto-socorro adulto do HU, o protótipo foi instalado no pronto-socorro infantil, e, portanto, não havia sido considerado o perigo que peças pequenas podem oferecer a este tipo de paciente. Nem mesmo as enfermeiras haviam notado que o pino inferior havia sido removido durante o uso (Figura 23), possivelmente por uma criança que tenha sido atendida. Dessa forma, no Projeto Executivo deve-se tomar providência para solucionar este problema. Também foi ressaltado por uma das enfermeiras que utilizaram o equipamento que, apesar da altura ideal dos ganchos, a parte inferior não

deve ficar ao alcance da criança (ver Figura 24), sendo assim, necessário redimensionar o tamanho vertical do equipamento.

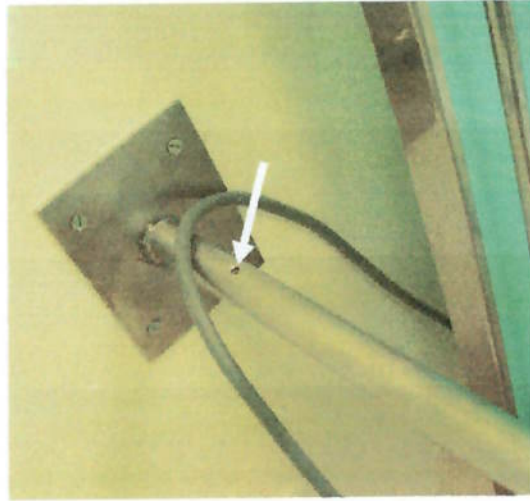


Figura 23 – Pino inferior removido

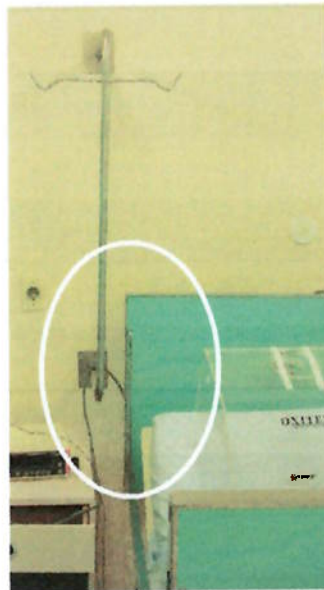


Figura 24 – Parte inferior ao alcance do paciente

Uma análise do critério Ergonomia durante as entrevistas, mostrou que a distância da haste à parede ocupa um espaço desnecessário, uma vez que a bomba de infusão necessita de pouco espaço para permitir seu encaixe (ver Figura 22). As enfermeiras entrevistadas também afirmaram que a altura dos ganchos em relação ao chão (dependente da posição de instalação) é adequada da forma como o equipamento foi

instalado, ficando a uma altura de aproximadamente 1,90 m, acessível até para pessoas de menor estatura.

O critério Instalação pôde ser analisado de perto, e notou-se que a divisão do equipamento em três peças facilita bastante a colocação do equipamento. Deve-se tomar cuidado, porém, em alinhar corretamente os furos da haste e os das peças de fixação, de forma a permitir o encaixe dos pinos com facilidade.

3. PROJETO EXECUTIVO

3.1 Alterações Finais do Projeto

3.1.1 Otimização Ergonômica

Como citado na seção 2.4.3, as dimensões vertical e horizontal da haste principal foram modificadas para reduzir o espaço ocupado pelo equipamento e impedir que a porção inferior do suporte fique ao alcance do paciente.

Dessa forma, a haste principal foi redimensionada para 150 mm na horizontal, e 750 mm na vertical, com os ganchos posicionados a no máximo 100 mm do topo da haste e no máximo a 1,90 m do chão quando o suporte estiver instalado.

3.1.2 Otimização de Segurança

O teste do protótipo mostrou que o pino pode ser removido com muita facilidade por um paciente. Esse problema pode ser solucionado de forma simples, colocando-se uma argola de segurança, do tipo que se utiliza em chaveiros como o da Figura 25, através de um pequeno furo na extremidade inferior do pino, para garantir que este não saia acidentalmente, e dificultando sua retirada por uma criança, como provavelmente ocorreu com o protótipo.



Figura 25 – Exemplo de argola

3.2 Resultado Final do Projeto Executivo

A aparência final do projeto executivo pode ser observado no desenho em CAD da Figura 26. A fabricação deve seguir o mesmo processo descrito na seção 2.3, bem como utilizar o aço inoxidável do tipo 316 L, selecionado na seção 2.2.

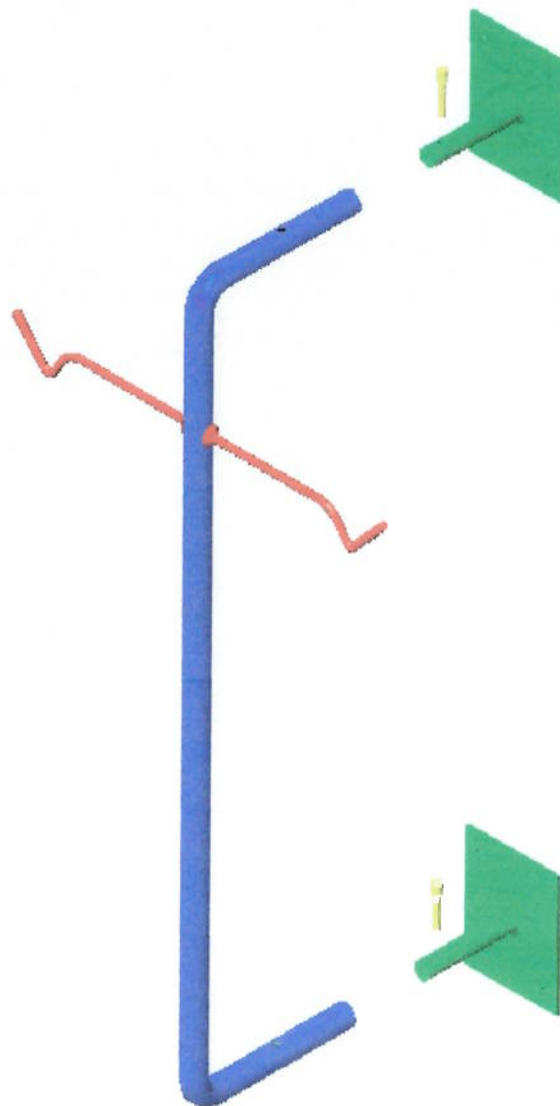


Figura 26 – Vista explodida em CAD do projeto executivo

As dimensões finais do projeto são descritas na Tabela 6.

Haste principal (x1)	
Dimensão vertical	750 mm
Dimensão horizontal	150 mm
Diâmetro externo do tubo	20,7 mm (13/16")
Espessura da parede	1,5 mm
Comprimento do gancho (x2)	200 mm
Espessura do gancho	6,35 mm (1/4")
Peças de fixação (x2)	
Espessura da barra	15,88 mm (5/8")
Comprimento da barra	90 mm
Altura da chapa	120 mm
Largura da chapa	90 mm
Diâmetro dos furos (4+1)	5 mm
Pinos (x2)	
Diâmetro da cabeça	7,94 mm
Comprimento da cabeça	10 mm
Comprimento total	40 mm
Espessura usinada	4,5 mm
Diâmetro do furo	3 mm

Tabela 6 – Dimensões finais de projeto

4. CONCLUSÃO

O projeto do “Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão”, apresentado neste trabalho e executado durante dois semestres para obtenção do título de Graduação em Engenharia Mecânica, apesar de sua simplicidade, percorreu todas as etapas tradicionais de elaboração de um projeto, começando pelo Estudo de Viabilidade, passando pelo Projeto Básico e terminando no Projeto Executivo. Durante o primeiro semestre foram analisadas as necessidades do equipamento, através de visitas ao Hospital Universitário da USP, foram desenvolvidas alternativas, e uma delas foi escolhida pelo método da matriz de decisão. Na segunda etapa, foi construído um protótipo, que foi testado no hospital e contribuiu para a elaboração do Projeto Executivo. Assim, sob a supervisão do orientador, todo o ciclo de projeto pôde ser percorrido, permitindo que todo o processo fosse assimilado pelo aluno, e que este tivesse uma boa visão de como desenvolver um projeto de engenharia.

Durante todo esse aprendizado, deve-se destacar que foi possível presenciar a grande utilidade de um protótipo no processo de desenvolvimento de um projeto. O teste do equipamento no local onde seria utilizado foi essencial em permitir que fossem feitas alterações para otimizá-lo, analisando questões importantes de ergonomia e segurança. Em particular, o aluno pôde perceber como mesmo o processo mais detalhado de estabelecimento das necessidades, e ainda que referente a um tema relativamente simples, não pode prever quais os efeitos aos quais estará sujeito o equipamento durante o uso, qual sua interação com o usuário, e, portanto suas necessidades reais mais críticas.

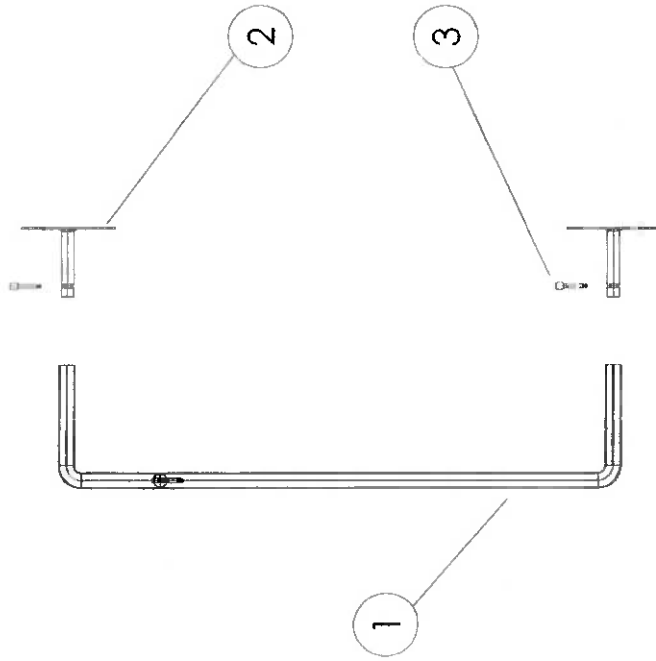
Por fim, vale ressaltar que o Programa Poli-Cidadã funciona bem ao seu propósito, colocando o aluno em contato com as reais necessidades de uma entidade a serviço da população, mostrando a utilidade da engenharia em nossas vidas. É gratificante saber que tempo e dedicação foram empregados para ajudar, e que um aprendizado de vários anos nos ofereceu o poder para contribuir, mesmo que em pequenas proporções, com o bem-estar da comunidade.

ANEXOS

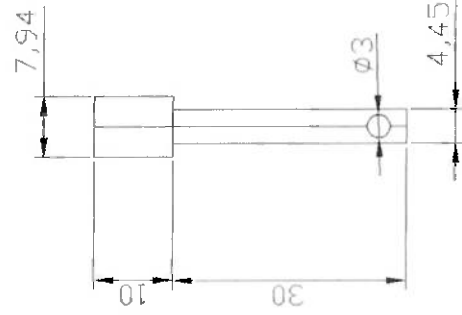
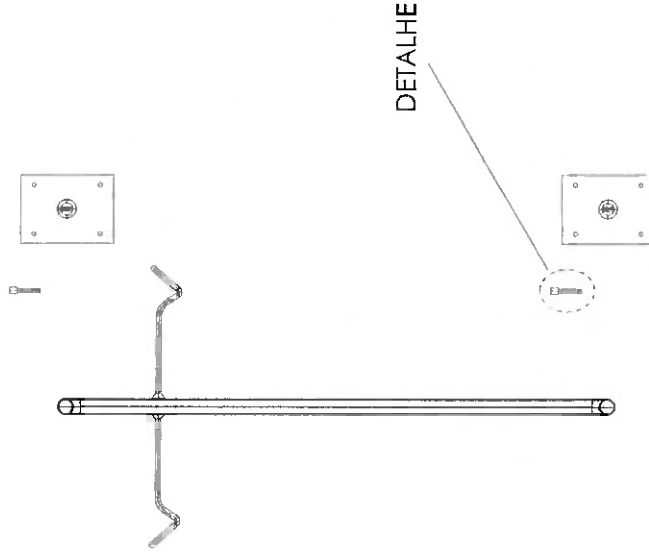
(Desenhos Técnicos e Especificação para Construção)

DESENHOS TÉCNICOS

Vista Lateral



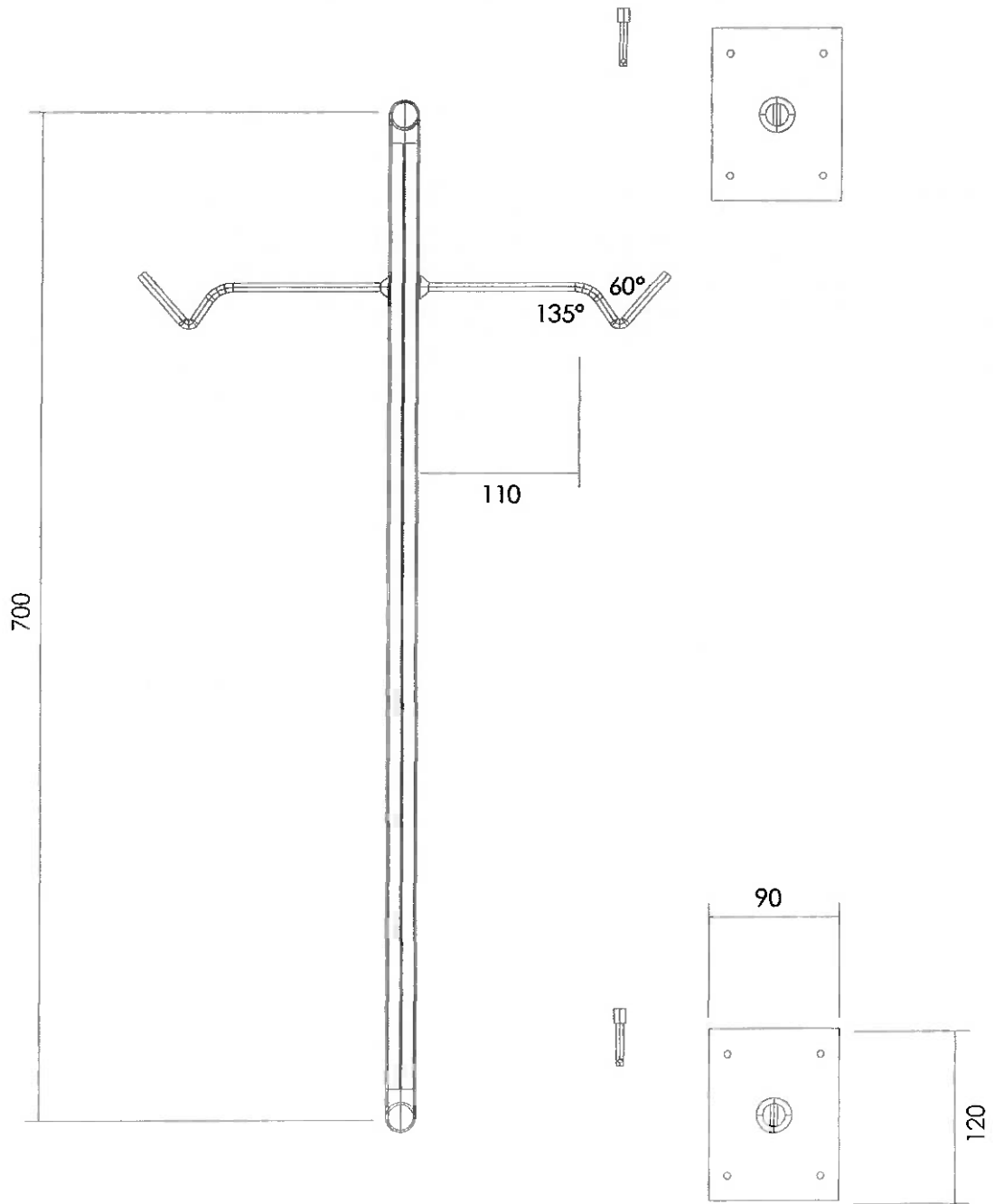
Vista Frontal



DETALHE
Escala 1:1

4	2	Argolas	-
3	2	Pinos de encaixe	Aço Inox 316 L
2	2	Peças de fixação	Aço Inox 316 L
1	1	Haste principal	Aço Inox 316 L
Item	Qtdade	Denominação	Material
Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão			
Escola Politécnica da USP Departamento de Engenharia Mecânica			
Escala 1:10			

Vista Frontal

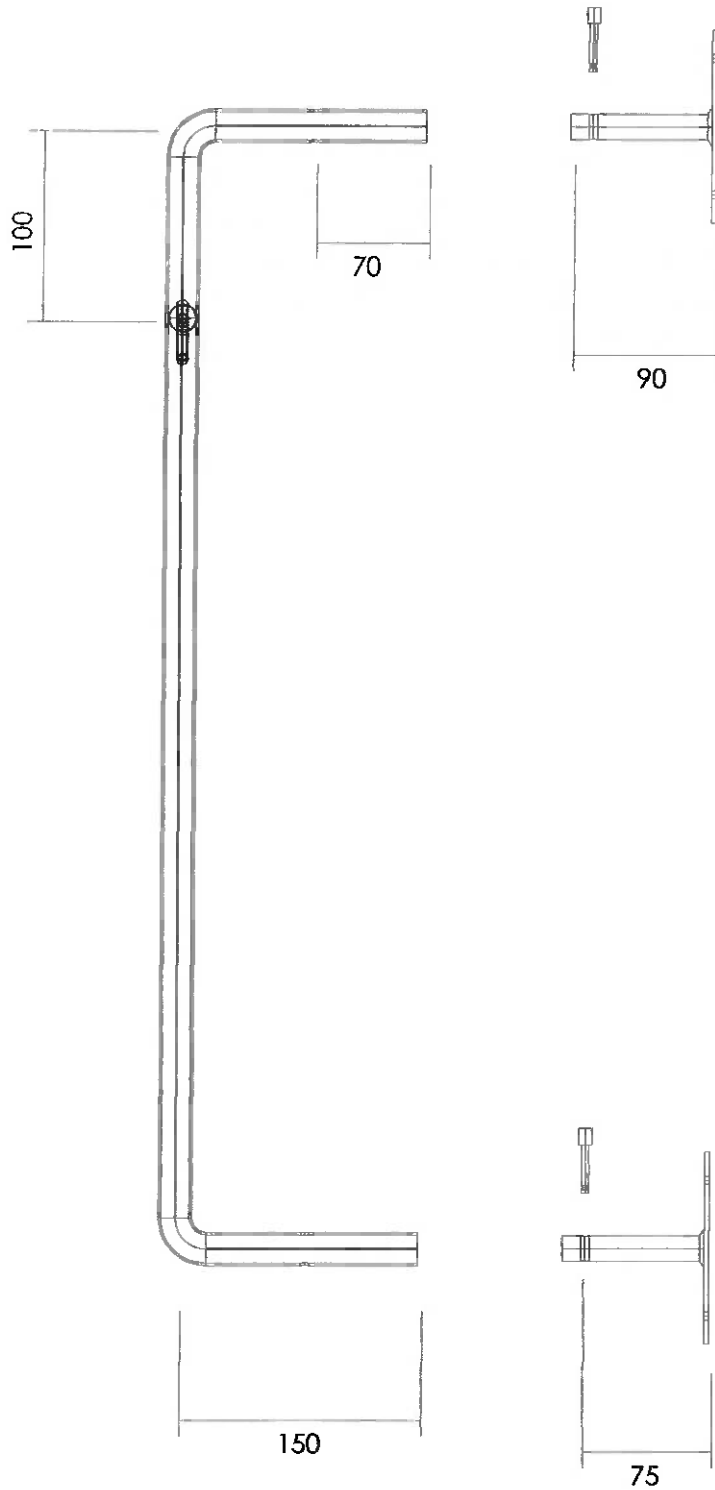


Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão

Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Mecânica

Escala 1:5

Vista Lateral



Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão

Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Mecânica

Escala 1:5

Vista Isométrica

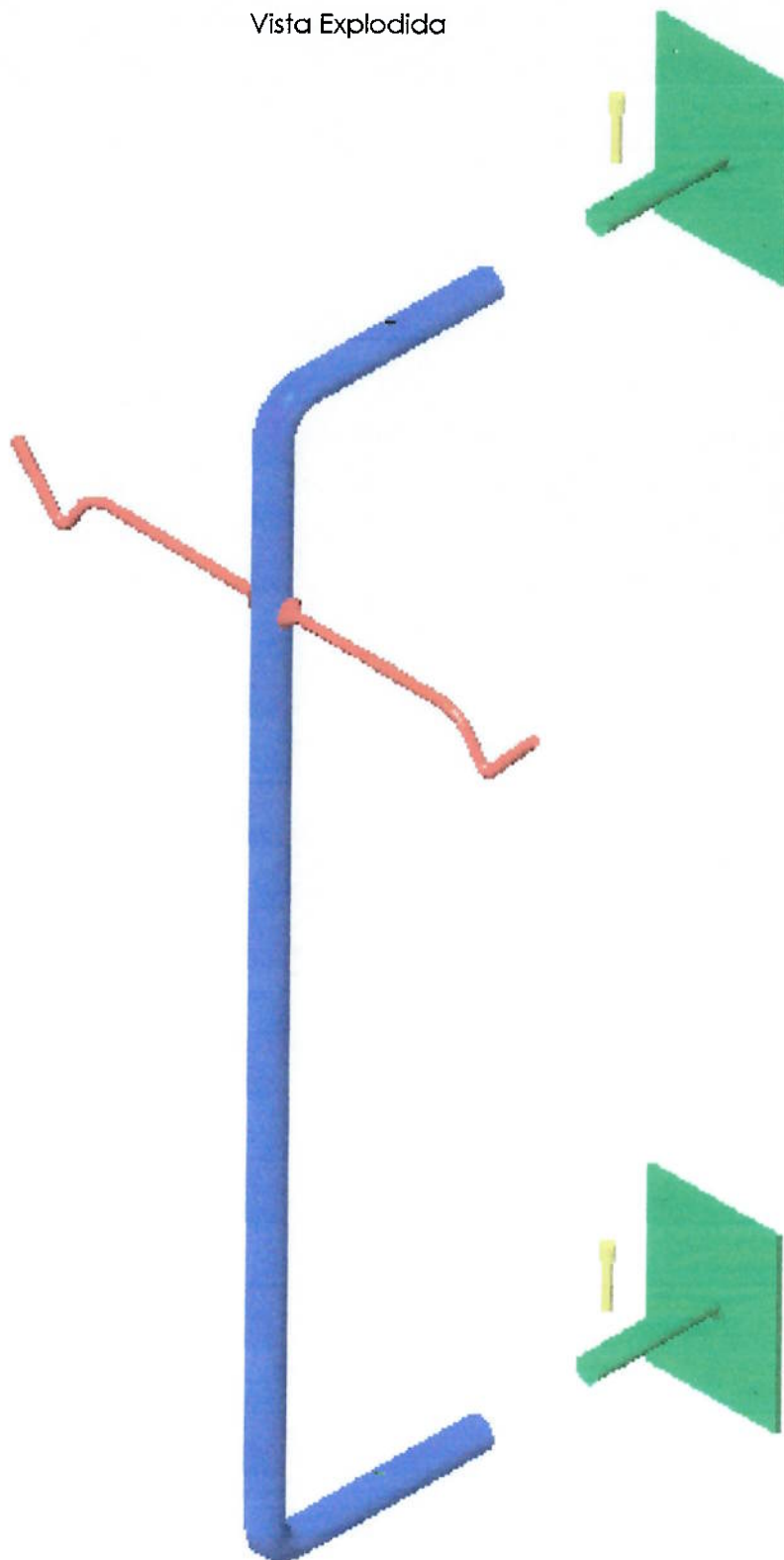


Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão

Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Mecânica

Escala 1:5

Vista Explodida



Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão

Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Mecânica

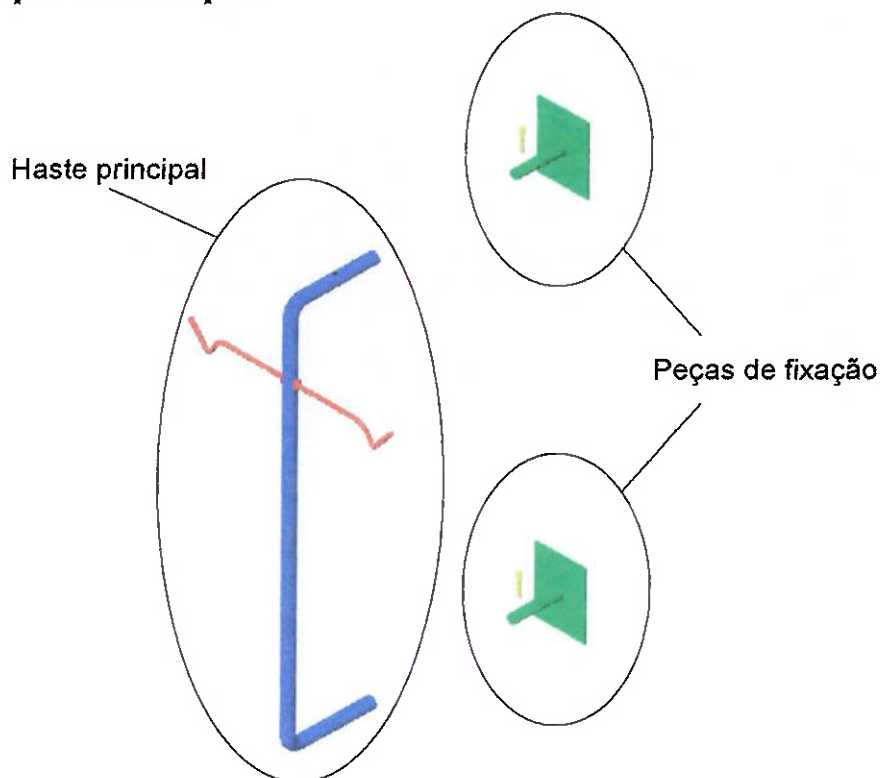
Escala 1:5

ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO

SUPORTE HOSPITALAR FIXO PARA SORO E BOMBA DE INFUSÃO

Especificação Técnica para Construção

Vista Explodida do Suporte



1. Haste Principal

1.1 Tubo

Material: 1 Tubo (Aço Inoxidável ABNT 316L)

Diâmetro externo: 20,7 mm (13/16")

Espessura da parede: 1,5 mm

Comprimento: 1000 mm

Construção:

- dobrar em 90° ambas as extremidades do tubo a uma distância de 150 mm das mesmas, mantendo um raio de curvatura de 20 mm
- fazer 2 furos verticais com 5 mm de diâmetro no tubo a 70 mm de cada extremidade

1.2 Ganchos

Material: 2 Barras (Aço Inoxidável ABNT 316L)

Diâmetro*: 6,35 mm (1/4")

Comprimento: 200 mm cada

Construção:

- manter retos 110 mm de cada gancho, dobrando o comprimento restante com ângulos de 135° para baixo e 60° para cima, delimitando seções de 30 e 60 mm respectivamente
- soldar ambos os ganchos no tubo, a uma distância de 100 mm da parte superior do mesmo, perpendicularmente a ele e em lados opostos
- soldar com espessura de 5 mm de solda, usando eletrodo de aço inoxidável ABNT 316L
- (*) as barras podem ser substituídas por outras de menor diâmetro para facilitar a dobragem, sendo o diâmetro mínimo 4 mm

2. Peças de fixação

2.1 Chapas

Material: 2 Chapas (Aço Inoxidável ABNT 316L)

Altura: 120 mm

Largura: 90 mm

Espessura: 3 mm

Construção:

- fazer 4 furos de 5 mm em cada chapa, um em cada canto, a uma distância de 15 mm das bordas
- determinar o centro geométrico das chapas onde serão soldadas as barras

2.2 Barras

Material: 2 Barras (Aço Inoxidável ABNT 316L)

Diâmetro: 15,88 mm (5/8")

Comprimento: 90 mm

Construção:

- fazer 1 furo de 5 mm em cada barra a 15 mm de uma das extremidades
- soldar uma barra em cada chapa pela extremidade mais distante do furo, perpendicularmente à chapa, de tal forma que o furo e o lado maior da chapa mantenham-se na vertical quando a chapa estiver fixada na parede

3. Pinos

Material: 2 Barras (Aço Inoxidável ABNT 316L)

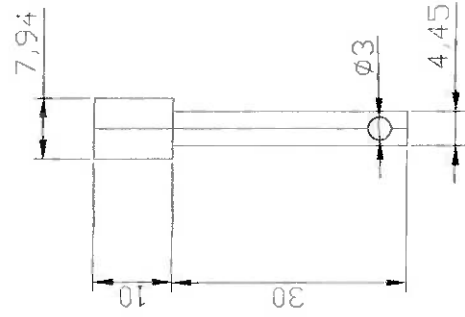
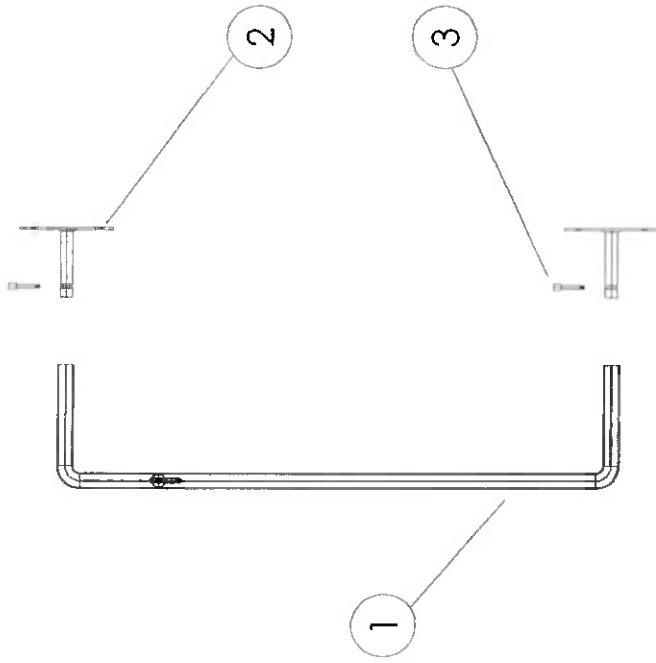
Diâmetro: 7,94 mm (5/16")

Comprimento: 40 mm cada

Construção:

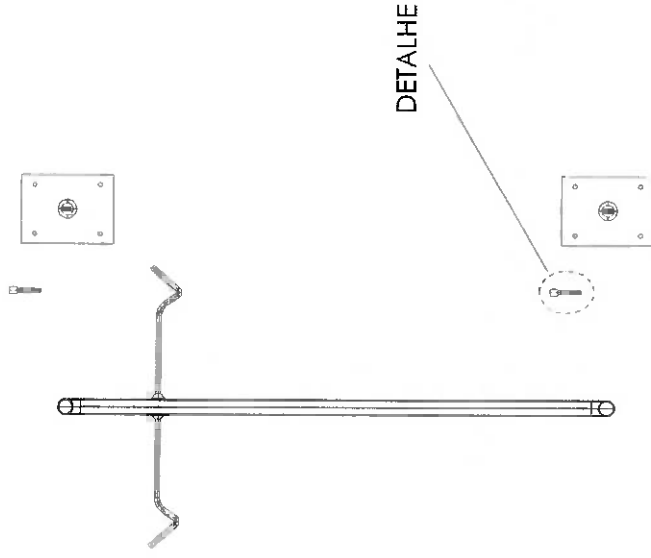
- usinar 30 mm de cada barra até atingir um diâmetro entre 4,0 e 4,5 mm, deixando 10 mm como sendo a cabeça do pino
- fazer um furo de 3 mm de diâmetro a 5 mm da extremidade usinada, para alojar a argola de segurança

Vista Lateral



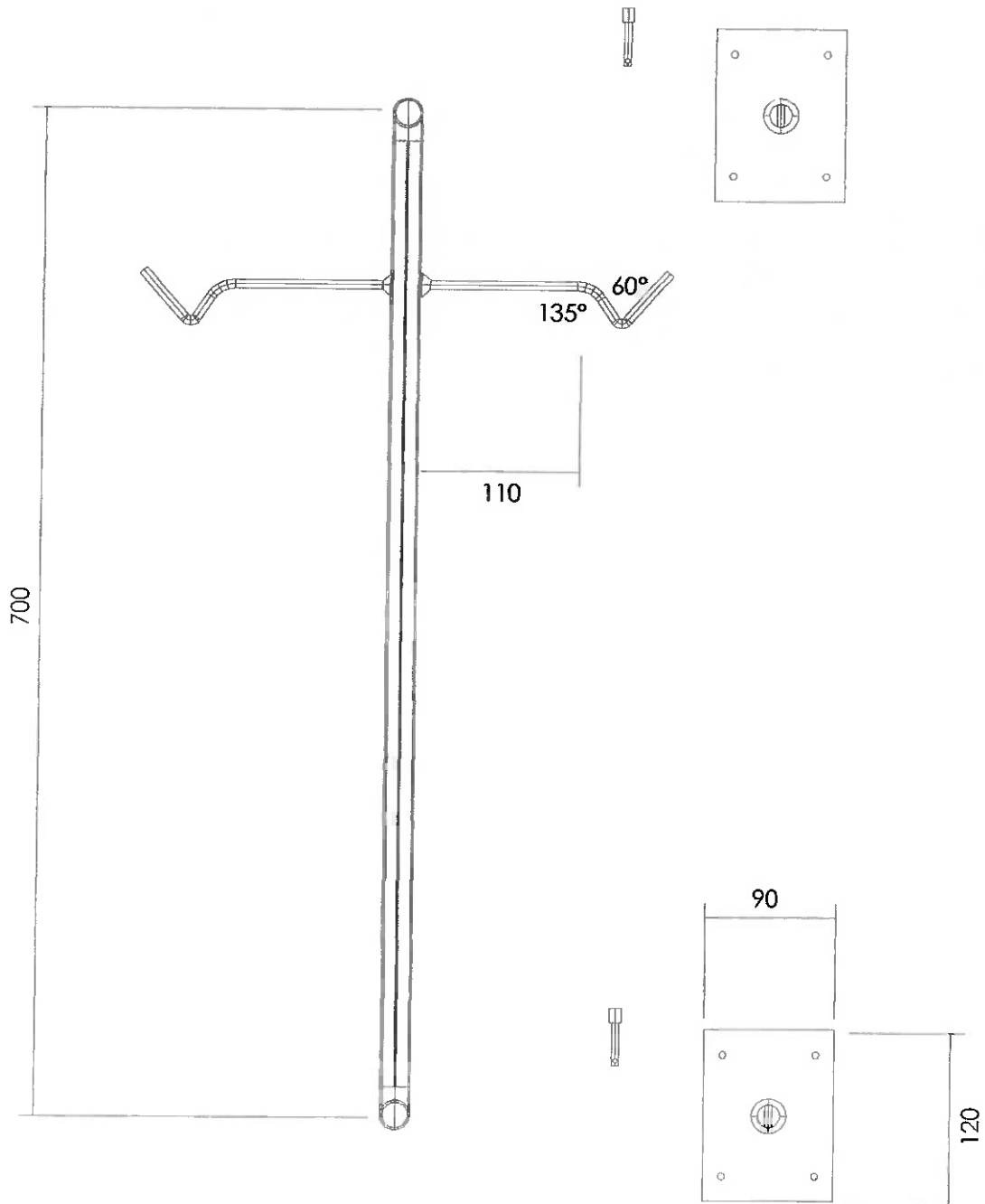
DETALHE
Escala 1:1

Vista Frontal



4	2	Argolas	-
3	2	Pinos de encaixe	Aço Inox 316 L
2	2	Peças de fixação	Aço Inox 316 L
1	1	Haste principal	Aço Inox 316 L
Item	Qtdade	Denominação	Material
Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão			
Escola Politécnica da USP Departamento de Engenharia Mecânica			Escala 1:10

Vista Frontal

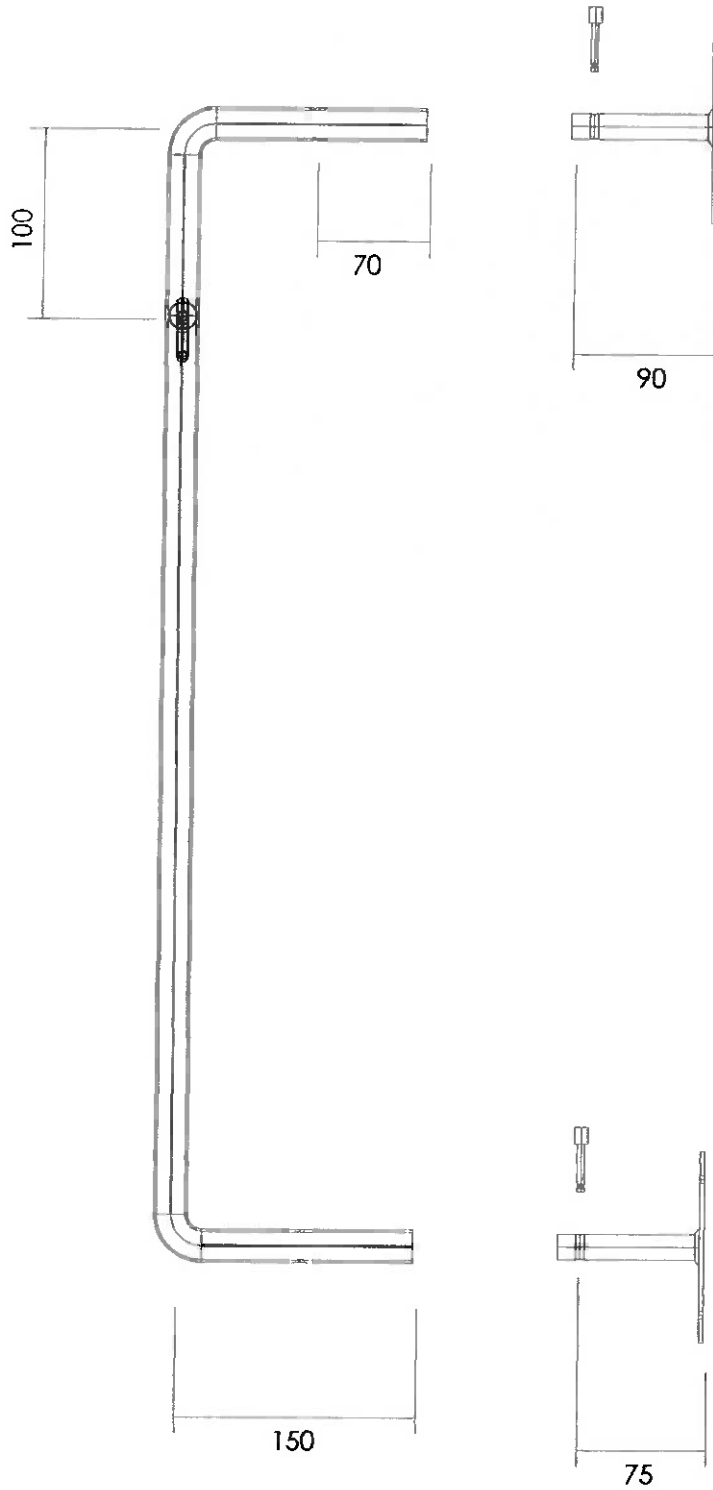


Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão

Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Mecânica

Escala 1:5

Vista Lateral

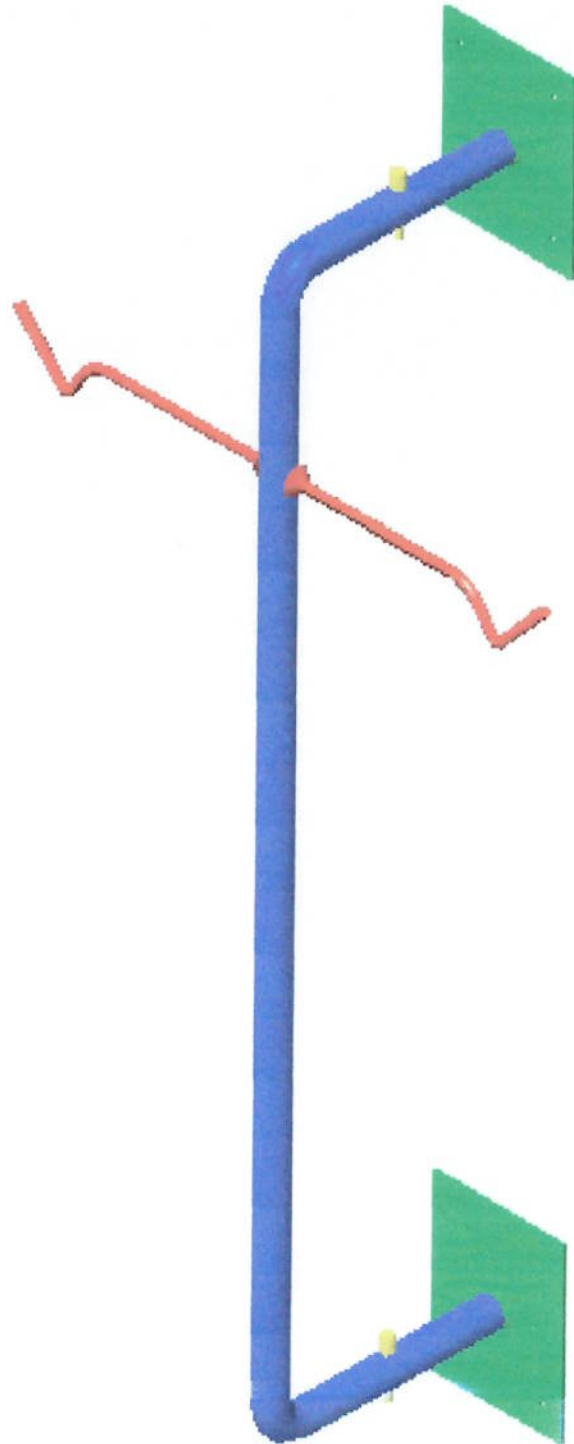


Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão

Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Mecânica

Escala 1:5

Vista Isométrica

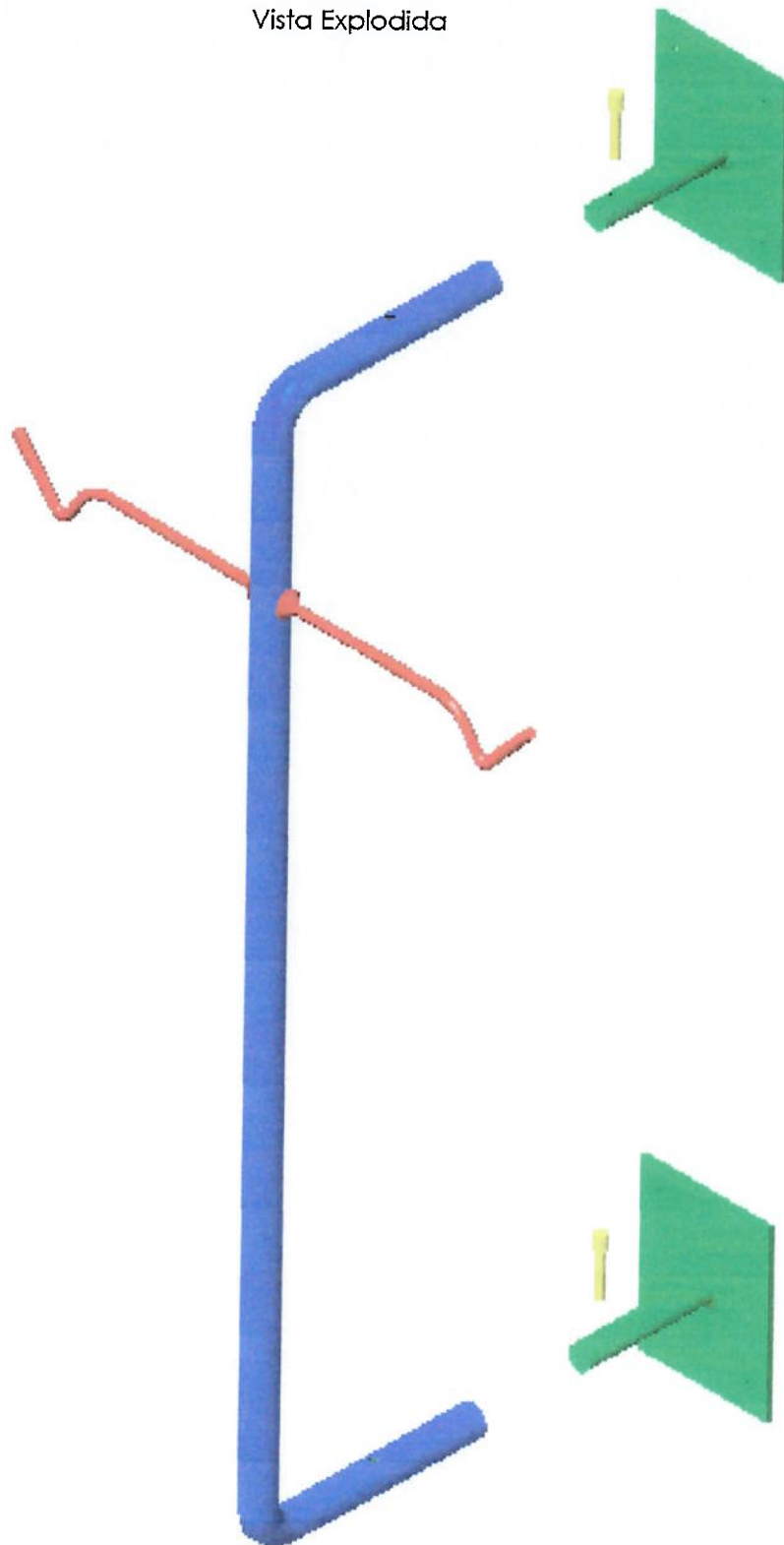


Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão

Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Mecânica

Escala 1:5

Vista Explodida



Suporte Hospitalar Fixo para Soro e Bomba de Infusão

Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Mecânica

Escala 1:5

REFERÊNCIAS

- [1] KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.
- [2] NODA, V. P. **Projeto, análise e implementação de um tênis-chinelo (FlipTop)**. 2004.160p. Trabalho de conclusão de curso – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.
- [3] Semtronic – Sistemas de infusão hospitalar. Contém informações sobre bombas de infusão. Disponível em: <<http://www.semtronic.com.br>>. Acesso em: 20 de abril, 2005.
- [4] Rimed – Produtos para saúde. Contém informações sobre equipamentos hospitalares. Disponível em: <<http://www.rimed.com.br>>. Acesso em: 19 de abril, 2005.
- [5] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contém informações de estabelecimentos de saúde no Brasil. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 de abril, 2005.
- [6] Portal GEO – Prefeitura do Rio de Janeiro. Contém informações sobre o sistema de saúde do município. Disponível em: <<http://portalgeo.rio.rj.gov.br>>. Acesso em: 25 de abril, 2005.
- [7] Metalinox. Contém informações sobre produtos de aço. Disponível em: <<http://www.metalinox.com.br>>. Acesso em: 15 de junho, 2005.
- [8] OLIVEIRA, J. G. P. C.; ANACLETO JR., J. L. M. **Carroceria para caminhão de coleta de lixo**. 2003. 54p. Trabalho de conclusão de curso – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- [9] Aço Inoxidável Artex. Contém informações sobre produtos de aço inoxidável. Disponível em: <<http://www.acoartex.com.br>>. Acesso em: 20 de junho, 2005.

[10] Aços Leal. Contém informações sobre produtos de aço. Disponível em: <http://www.acosleal.com.br>. Acesso em: 20 de junho, 2005.

[11] Inbrinox - Aço Inoxidável Ltda.. Contém informações sobre produtos de aço inoxidável. Disponível em: <http://www.inbrinox.com.br>. Acesso em: 20 de junho, 2005.

[12] Gerdau Aços Especiais Piratini. Contém informações sobre produtos de aço inoxidável. Disponível em: <http://www.gerdau.com.br/gerdauacosespeciais/>. Acesso em: 20 de junho, 2005.

