

**Rodrigo Carvalho Ferreira**

**GIRINO-Veículo tele-operado para intervenção em dutos**

**Trabalho de Fim de curso**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro pelo Programa de Graduação em Engenharia de Automação e Controle da PUC-Rio.

Orientadores: Meggiolaro

Rio, 26,julho de 2005

## Índice de tópicos:

Índice de tópicos .....	2
Índice de figuras .....	3
1. Introdução .....	4
2. Principais equipamentos para locomoção interna.....	7
2.1. Sistema de movimentação por esteiras – elétricas.....	8
2.2. Propulsão a hélice, Hidrojato: .....	9
2.3. Sistema de tração por rodas - hidráulico .....	10
2.4. Flexitubo.....	11
3. Introdução sobre o equipamento G.I.R.I.N.O.....	12
3.1. Descrição do princípio de movimentação .....	13
3.2. Descrição das partes do sistema .....	17
3.3. Vantagens do projeto .....	20
4. Resultados Experimentais .....	22
4.1. Primeiro protótipo .....	23
4.2. Segundo protótipo .....	24
4.3. Teste de laboratório .....	26
5. Conclusões e Sugestões de aplicações futuras.....	28
6. Bibliografia .....	31
7. Apêndice A – Premiações e Patentes.....	32
8. Apêndice B – Desenhos esquemáticos do sistema. ....	33

## Índice de figuras

Figura 1 -- Chegada de um plugue de hidrato no lançador de Pigs.....	5
Figura 2 - Veículo de inspeção da INUKTUN .....	8
Figura 3 - Veículo da INUKTUN ( <i>Versatrax 300 VLR</i> ) para maiores distancias .....	8
Figura 4 - Foto de um rotor de lancha .....	9
Figura 5 - Foto de um rotor e estator acoplados .....	9
Figura 6 - <i>Well Tractor</i> .....	10
Figura 7 - Sistema das "patinhas" .....	13
Figura 8 - Foto da roda - contra recuo .....	14
Figura 9 - Esquema de movimentação dos módulos do G.I.R.I.N.O. ....	15
Figura 10 - Diagrama de rotação das torres que suportam as “patinhas” .....	16
Figura 11 - Esquema de montagem do G.I.R.I.N.O. 8IN .....	17
Figura 12 - Vetores dos carregamentos .....	20
Figura 13 - Vista geral do primeiro protótipo .....	23
Figura 14 - Segundo protótipo-Hidráulico .....	24
Figura 15 - GIRINO transportando a câmera MARK II <i>SeaSpy</i> . ....	25
Figura 16 - Pista de testes .....	26
Figura 17 -Primeiro protótipo.....	33
Figura 18 - Segundo Protótipo .....	34
Figura 19 - Detalhe do primeiro módulo .....	35

## 1. Introdução

Em milhares de formas, o petróleo é o centro de nossas vidas e trabalhos. A civilização moderna funciona sobre o petróleo que escoa de um reservatório de rocha formado bilhões de anos atrás. A vida do reservatório começou quando a Terra era jovem e continua até hoje.

Nós existimos atualmente em função dos hidrocarbonetos. Eles são utilizados para aquecer nossas casas, para gerar nossa energia.

E todo este petróleo utilizado por nós é retirado dos reservatórios e são conduzidos para as refinarias e as estações de armazenamento para o seu posterior refino.

A produção de petróleo e gás natural é transportada em sua maioria por uma malha de oleodutos e gasodutos por todo o Brasil. Estas malhas podem vir a sofrer processos de obstrução provocados por hidratos, impactos, parafina, e erros de operação. Existe, portanto, a possibilidade de bloqueio em algum ramo da malha de produção por esses processos.

Existem basicamente três principais causas no bloqueio da linha de produção: deficiência na mistura do processo; problemas com a tubulação em si e erro de operação.

Dois tipos de bloqueios comumente encontrados em dutos submarinos são a formação de parafinas e a formação de hidratos.

A parafina. Devido às baixas temperaturas do oceano, a parafina existente no petróleo se cristaliza e acumula-se na parede da tubulação. Com o tempo, a massa pode vir a bloquear o fluxo de óleo. Para se tentar evitar este depósito tem-se feito o uso de *pigs* de limpeza, que fazem a raspagem e o transporte interno do material impregnados e depositados no interior dos dutos.

A palavra *pig*, que em inglês significa porco, foi dada a estes equipamentos de limpeza, pois originariamente eram cilindros com escovas ou discos de limpeza flexíveis que serviam para a limpeza de dutos e que ao serem retirados encontravam-se envoltos em muita sujeira.

Porém quando se estabelece um bloqueio total do fluxo por causa de parafina, pouco se pode fazer para retirá-la com os meios tradicionais. Uma das idéias dos pesquisadores para prevenir a formação é o uso de bobinas elétricas para induzir uma corrente elétrica nos dutos, aquecendo-os, o que impediria a formação dos cristais de parafina.

O hidrato: É um composto de hidrocarboneto e água que é formado sob o encontro da baixa temperatura com baixa pressão (Figura 1). Para se tentar evitar esta formação de hidrato tem-se feito o uso de soluções anticongelantes no processo de produção, freqüentemente o glicol.



**Figura 1 -- Chegada de um plugue de hidrato no lançador de Pigs**

Hoje o principal meio de se enviar equipamentos pela tubulação, para se fazer limpeza, inspeção ou equipamentos de reparo, é utilizar o fluxo interno de uma substancia transportada para empurrar estes tais equipamentos que cotem placas vedadoras que servem como êmbolos de um pistão.

Quando acontece um bloqueio na linha, todo o fluxo é interrompido e o principal meio de locomoção por dentro de um duto, que era a própria utilização do fluxo para proporcionar o seu movimento, torna-se não mais possível.

Com base nesta necessidade de se ter um equipamento capaz de se locomover por dentro de um duto sem ter que necessitar de um fluxo interno pré-existente, e com características de locomoção superiores aos meios atuais (no seguinte item serão discutido os principais tipos de

equipamentos de locomoção interna em dutos) de locomoção interna em dutos, foi inventado e concebido pelo Engenheiro de equipamentos, Ney Robinson Salvi dos Reis<sup>1</sup>, do centro de pesquisa da Petrobras, CENPES, um equipamento para esta finalidade, cujo o nome dado ao equipamento denomina-se G.I.R.I.N.O.

A presente dissertação apresenta o desenvolvimento do G.I.R.I.N.O. que tem o objetivo de atingir posições distante 800 a 3000 metros ao longo de um duto, que hoje, sobre as circunstâncias descritas acima, tais como de se levar equipamentos para o seu desbloqueio ou reparo estrutural do duto, não seriam alcançados com as tecnologias atuais.

Através da participação sob contrato de pesquisa com a PUC/CETUC e CENPES/Petrobras, sob coordenação do técnico pesquisador da PUC/CETUC em mecânica formado pelo CEFET, Rodrigo Carvalho Ferreira, foram feitos em parceria a materialização dos protótipos atuais, a formação e conclusão técnica de projeto mecânico e hidráulico, juntamente com os desenhos de fabricação, sua montagem e teste. Este trabalho visa descrever o sistema concebido e implementado

No capítulo 2 serão descritos os principais equipamentos para locomoção interna. No capítulo 3 será apresentada uma introdução sobre o equipamento G.I.R.I.N.O. No capítulo 4 será apresentado os resultados experimentais. No capítulo 5 são apresentadas as conclusões e sugestões futuras. Finalmente são apresentados a bibliografia e os apêndices contendo premiações e patentes e desenhos esquemáticos.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Mecânico de Equipamentos IV- Coordenador do laboratório de robótica do centro de pesquisa da PETROBRAS /CENPES

## **2. Principais equipamentos para locomoção interna**

Neste capítulo vamos apresentar um breve estudo de técnicas e sistemas de locomoção mais utilizados atualmente para levar um sistema de desbloqueio ou outro equipamento de inspeção por dentro do duto. O objetivo é demonstrar que suas utilizações sob certas circunstâncias a serem descritas, serão melhores cumpridas pelo equipamento hora em estudo.

Este estudo foi baseado em um conhecimento adquirido durante 10 anos nesta área de dutos e em parcerias com empresas afins. Foi dada maior ênfase aos que apresentavam melhores resultados de testes de campo.

Existem algumas formas conhecidas de se locomover dentro de um duto que podem ser por: propulsão, por sistema trator na parede do duto, por ancoragem, ou por combinações destes movimentos.

## 2.1.Sistema de movimentação por esteiras – elétricas

É um sistema de inspeção remota com potência elétrica para a movimentação de suas esteiras. Tal equipamento possui câmera para inspeção visual (Figura 2) e umbilical para seu controle, existem também derivações deste mesmo equipamento por controle tele-operado, que alcançam distâncias maiores necessitando assim de um novo console trator para suprir sua força de tração conforme pode ser visto na Figura 3.



Figura 2 - Veículo de inspeção da INUKTUN



Figura 3 - Veículo da INUKTUN (*Versatrax 300 VLR*) para maiores distancias



## 2.2. Propulsão a hélice, Hidrojato:

Propulsão a hélice pode ser empregada na propulsão de veículos. Esses motores possuem um eixo no qual em uma das extremidades é colocado o propulsor (hélice), que gera o empuxo necessário para o seu deslocamento.

Outra forma consiste no conjunto motor/propulsor, do tipo hidrojato, que é posicionado dentro de um câmara para melhoria do desempenho hidrodinâmico. Este conjunto motor/propulsor opera captando água pela frente do sistema, através do rotor (Figura 4). Este fluxo coletado é comprimido contra o estator (Figura 5), que gerará alta pressão, para ser expelida para trás, obtendo o empuxo para a sua locomoção.



Figura 4 - Foto de um rotor de lancha



Figura 5 - Foto de um rotor e estator acoplados

### 2.3.Sistema de tração por rodas - hidráulico

Um sistema similar ao girino, existente no meio de perfuração e exploração de petróleo é o equipamento denominado de *Well tractor*, conforme pode ser visto na figura abaixo (Figura 6). Este sistema esse que se utiliza de umbilical elétrico para fornecimento de sinais de controle e geração de potência hidráulica. Neste equipamento o sistema de locomoção é fornecido pela movimentação das rodas através de energia hidráulica. Este sistema possui limitação de carga e de inclinação conforme cada modelo deste sistema.



Figura 6 - *Well Tractor*

## **2.4.Flexitubo**

Outra forma de locomoção é obtida pelo uso do Flexitubo. O Flexitubo é um tubo flexível usado para ser introduzido dentro da tubulação, através de sistema que emprega uma carga axial diretamente na superfície de seu corpo, o que o impulsiona por dentro da tubulação. A sua rigidez é aumentada devido a sua forma constitutiva e também pelo uso de pressão interna de gás inerte dentro de sua geometria. Possui uma cobertura de material de baixa fricção, comumente usando poliuretano para facilitar o seu deslizamento sob a superfície, porém o seu limite de atuação é limitado devido ao aumento da força de atrito gerada contra as paredes do duto e pela sua falta de tração positiva na ponta do Flexitubo. Com base nestas características este sistema pode alcançar, dependendo da inclinação do duto, até 1.600 m.

### **3. Introdução sobre o equipamento G.I.R.I.N.O.**

O equipamento desenvolvido insere-se no campo dos equipamentos robóticos utilizados nas atividades de produção e transporte de petróleo e seus derivados.

A sigla G.I.R.I.N.O, significa GABARITO INTERNO ROBÓTICO COM INCIDÊNCIA NORMAL AO OLEODUTO, nome este dado pelo inventor deste equipamento.

Mais especificamente, trata-se de um equipamento destinado a permitir a introdução de ferramentas, ou outros equipamentos, ou materiais, no interior de dutos de petróleo ou derivados, preferencialmente quando extensos e instalados em condições de difícil acesso, a grandes profundidades ou enterrados, por exemplo, com as finalidades de desobstrução, inspeção, ou outras.

Embora concebida para emprego na indústria petrolífera, a invenção pode ser aplicada em quaisquer outras áreas industriais, que façam uso de dutos, ou outros espaços confinados que eventualmente venham a necessitar de alguma intervenção em seu interior, como por exemplo, instalações de distribuição de água, de gás, usinas geradoras de energia do tipo hidráulica, térmica ou nuclear, refinarias, plantas de processos industriais diversos, etc.

Serão apresentados a seguir os princípios de funcionamento, as fases de projeto, fabricação e simulações em laboratório até os resultados de testes de campo com comentários e perspectivas futuras.

### 3.1.Descrição do princípio de movimentação

No conceito proposto, a grande inovação foi utilizar o maior problema – o atrito - como parte da solução.

Um conjunto de contra-recuos acoplados aos braços de alavanca compõe as "patinhas" (Figura 7). O contra-recuo, quando solicitado pelo atrito com a parede do duto, ver (Figura 8), apresenta dois comportamentos distintos:

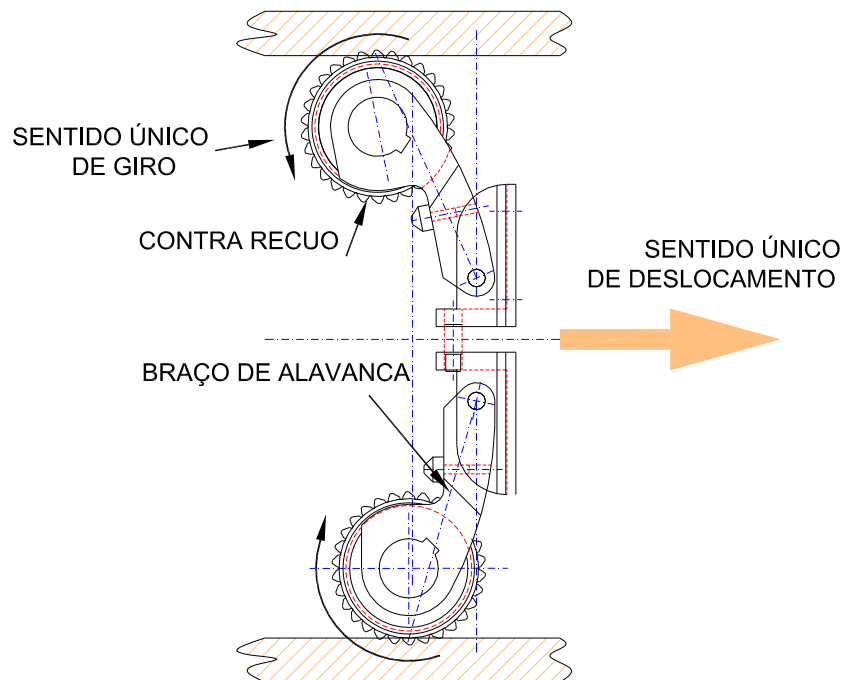


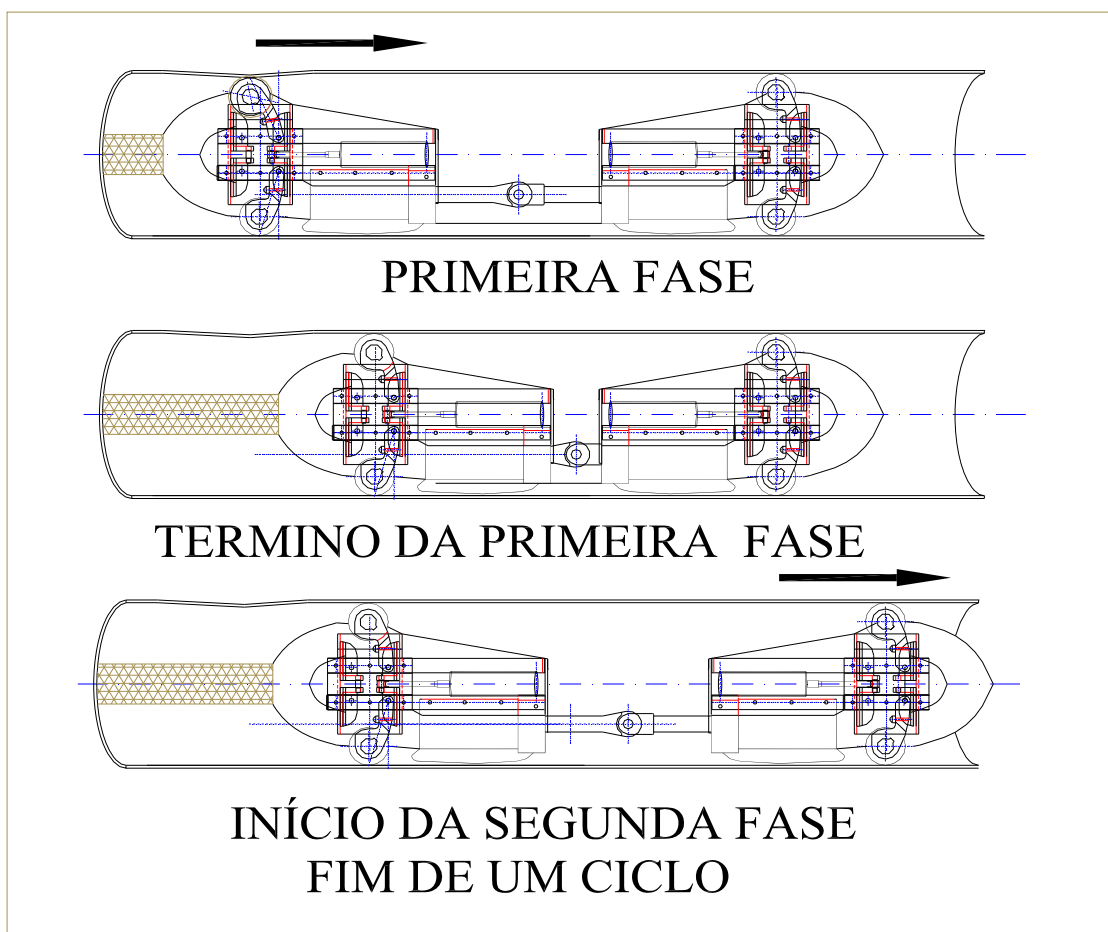
Figura 7 - Sistema das "patinhas"



**Figura 8 - Foto da roda - contra recuo**

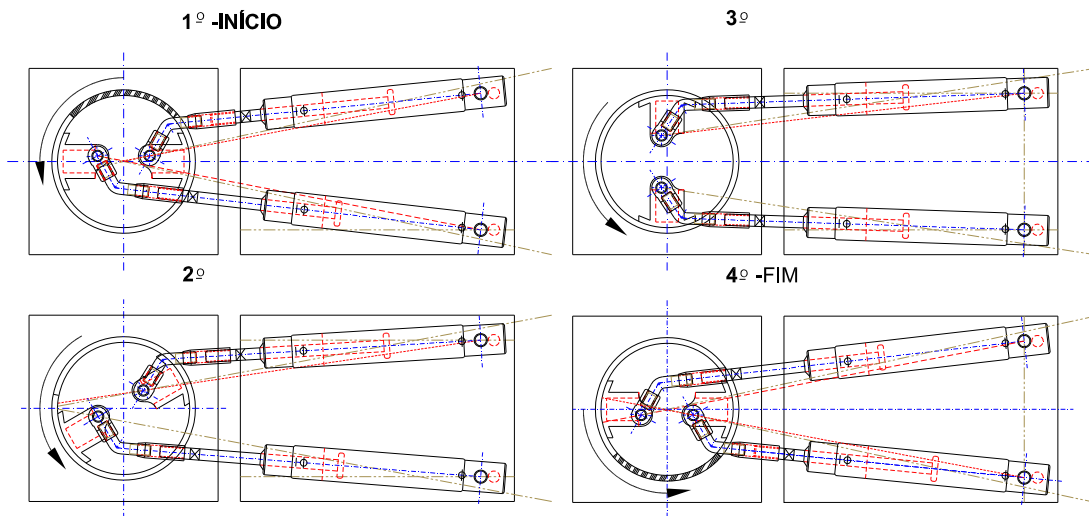
- desliza/gira livre, permitindo movimentação do módulo;
- trava, provocando a ancoragem temporária do módulo.

Essa alternância de comportamentos simultâneos em módulos distintos é a chave para que no primeiro momento o módulo traseiro se ancore ao tubo e desloque o módulo dianteiro para frente. No momento seguinte, o módulo dianteiro se ancora à parede do duto, e puxa o módulo traseiro, trazendo consigo o umbilical de serviço. A movimentação no sentido longitudinal é feita a partir da distensão e retração simultâneas de dois cilindros hidráulicos, cada um residente num módulo. Esta seqüência poderá melhor entendida através da (Figura 9), com a ilustração de 1 ciclo completo.



**Figura 9 - Esquema de movimentação dos módulos do G.I.R.I.N.O.**

Um outro diferencial de destaque é o relacionamento à capacidade de inversão de sentido. Através de tele-operação, o movimento pode ser alterado e atender de modo mais preciso à operação que será feita. O posicionamento mais acurado pode ser conseguido com manobras feitas diretamente sobre o conjunto de patinhas. A inversão de posição, em 180°, desses conjuntos faz com que os contra-recuos invertam também seus comportamentos, o equivalente a multiplicar-se por  $-1$  o seu valor. Os que estavam travando passam a girar e os que estavam girando livremente passam a travar. Isto pode ser mais bem entendido conforme detalhamento Figura 10.



**Figura 10 - Diagrama de rotação das torres que suportam as “patinhas”**



### 3.2.Descrição das partes do sistema

O equipamento desenvolvido trata-se de um equipamento telecomandado dotado de capacidade de deslocar-se, tracionando um umbilical (1) com funções de sinais de comandos e sinais dos sensores e fornecimento de energia elétrica para o sistema de geração de potência hidráulica. É constituído, basicamente, por um corpo (2) que é responsável por dar suporte estrutural e pontos de fixação dos cilindros hidráulicos e o sistema de giro das rodas do sistema, bem como a fixação dos corpos ao umbilical (Figura 11).

O sistema de locomoção é feito por dois sistemas disjuntos, os cilindros principais hidráulicos (3), denominados de estica e encolhe, e pelo sistema de rodas especiais (4) com barco de articulação (5).

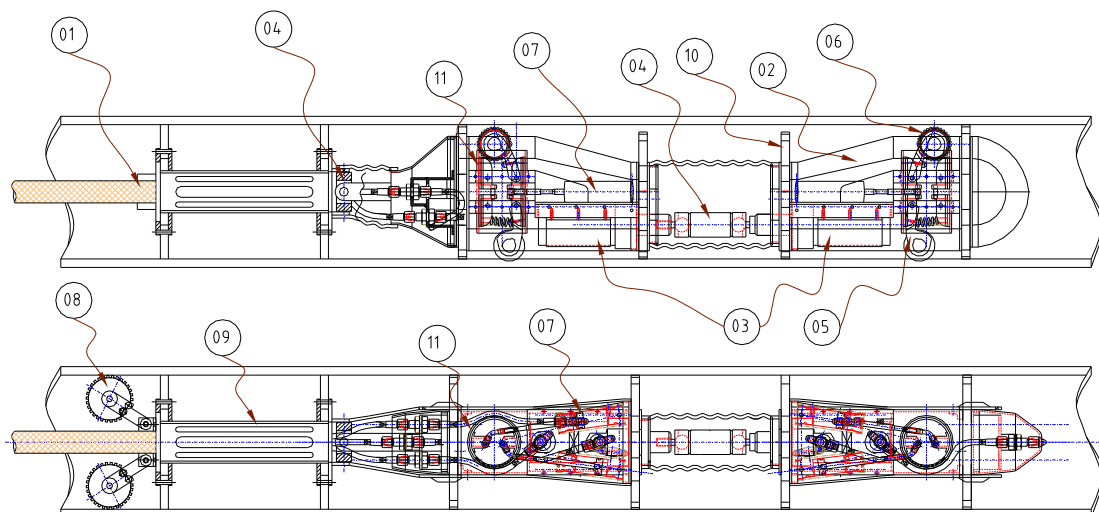


Figura 11 - Esquema de montagem do G.I.R.I.N.O. 8IN

A função do cilindro principal é gerar movimentos alternados de esticamento e recolhimento de suas hastes do cilindro principal de simples ação (3), o que é responsável pela

sua movimentação e sua velocidade de deslocamento, como também da movimentação das cargas atuante no umbilical e no peso dos equipamentos fixados ao conjunto.

A principal característica desse equipamento é a movimentação, utilizando pontos de apoio simetricamente acunhados à parede interna do duto. Tal dispositivo, vital ao conceito ora proposto, foi batizado e será referido no texto como “patinha”.

A adoção de roletes tipo contra-recuo nas extremidades das “patinhas” introduziu o deslizamento suave ao conjunto. O posicionamento do conjunto foi estudado no intuito de garantir aplicação de forças, em suas componentes normais à geratriz do duto, na posição de interesse.

Tanto no sentido montante-juzante como juzante-montante, sempre que submetido a forças longitudinais, esse arranjo de vetores e momentos atuam, transferindo para a interface “patinha” – duto a força necessária à atracção temporária. Isto ocorre mesmo em regiões onde o dimensional do duto esteja fora das especificações de fabricação (Figura 12).

Para fazer frente às grandes deformações (mossas, dobramentos, etc.) e até mudanças de direção previstas no projeto (curvas, derivações, etc.), o G.I.R.I.N.O. foi dividido em dois módulos simétricos e ligados entre si por uma junta universal (4). Essa característica construtiva permitiu simplificar o sistema mecânico de tração e responsável pelo movimento do conjunto. Cada módulo possui o seu conjunto de “patinhas” independentes que absorvem as deformações da parede do duto exatamente na região onde elas se encontram. Dessa forma, uma outra exigência de projeto é atendida. O G.I.R.I.N.O. pode manobrar em dutos que possuam curvas com o limite mínimo de cinco vezes o diâmetro nominal.

Os no sentido montante-juzante como juzante-montante são efetuados por um sistema de giro composto por dois mecanismos, a torre de giro (5) e os cilindros da torre (6). É um sistema bastante simples e que possui um dimensionamento otimizado em relação a outros sistemas de

giro com a mesma similaridade. E a sua eficiência em gerar o torque de giro também se torna elevada, pois se faz o uso de dois cilindros hidráulicos trabalhando em paralelo, gerando um torque elevado de 12 a 20 Kgf.m. podendo ser maior com a elevação do pressão de trabalho.

### 3.3.Vantagens do projeto

Uma das principais vantagens do equipamento G.I.R.I.N.O. é a sua elevada capacidade de tracionamento do sistema, sendo possível transportar ao sistema um conjunto de ferramentas de intervenção até a região de interesse, sem alterar o seu desempenho, pois o que gera o tracionamento são cilindros hidráulicos que possuem elevada força hidráulica, o que torna a carga a ser transportada em relação a sua capacidade desprezível. Outro ponto de destaque é a capacidade de ancoragem de seu sistema de fixação na parede interna do duto, que se utiliza de sua disposição geométrica, podendo gerar sempre durante um funcionamento normal uma força de atrito muito maior do que o necessário para a sua fixação na parede do duto, sem causar uma “usinagem” em sua parede, caso fosse usado uma roda com tração e uma carga normal para aumentar a sua adesão na parede do duto. Este comportamento de carregamentos pode ser mais bem entendido na Figura 12.

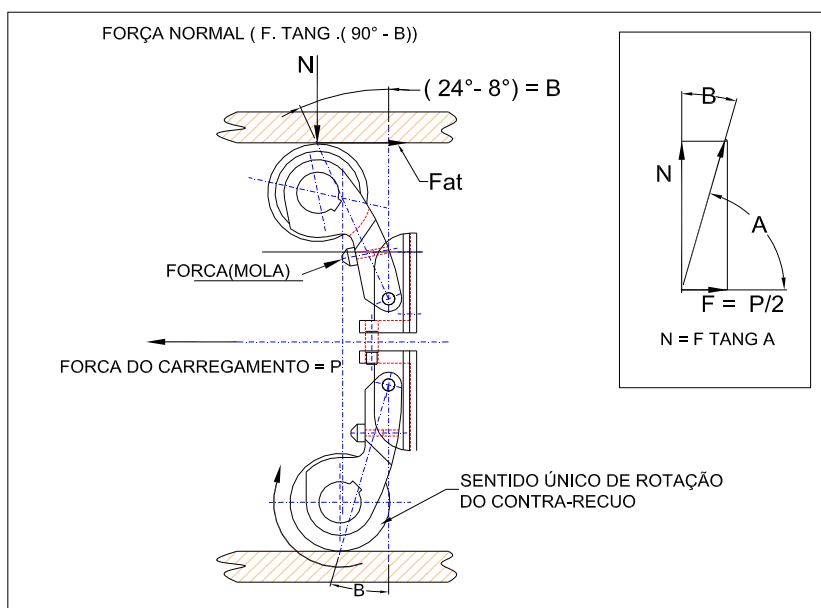


Figura 12 - Vetores dos carregamentos

Outra característica favorável é o sistema ser parcialmente marinizado para trabalhar em ambiente com pressão alta, em média 200 Bar, pois como praticamente todo o sistema se utiliza de energia hidráulica, o sistema se torna auto-compensado o que eleva a sua pressão externa de operação.

Uma última vantagem é poder desenvolver novas ferramentas que se beneficiam do potencial já existente no sistema, que são o uso da força hidráulica embarcada e dos sinais de comando vindos da superfície, onde se encontra o painel de controle do sistema.

#### **4. Resultados Experimentais**

Nesta parte serão descritas como foram feitos os protótipos, os testes e os resultados dos protótipos. O principal objetivo destes resultados foi garantir a sua funcionalidade e as propriedades constitutivas deste sistema.

#### 4.1.Primeiro protótipo

O primeiro protótipo do G.I.R.I.N.O. foi construído em pvc e acrílico (Figura 13) e a parte da movimentação com cilindros pneumáticos, com a finalidade de comprovar o seu princípio de movimentação e de fixação. O apêndice B apresenta um desenho esquemático deste protótipo. Com base neste protótipo foi projetado e construído um totalmente hidráulico e com sistema de centralização no eixo de geração do duto, feito com discos de poliuretano, descritos a seguir.



Figura 13 - Vista geral do primeiro protótipo

- Acionamento pneumático;

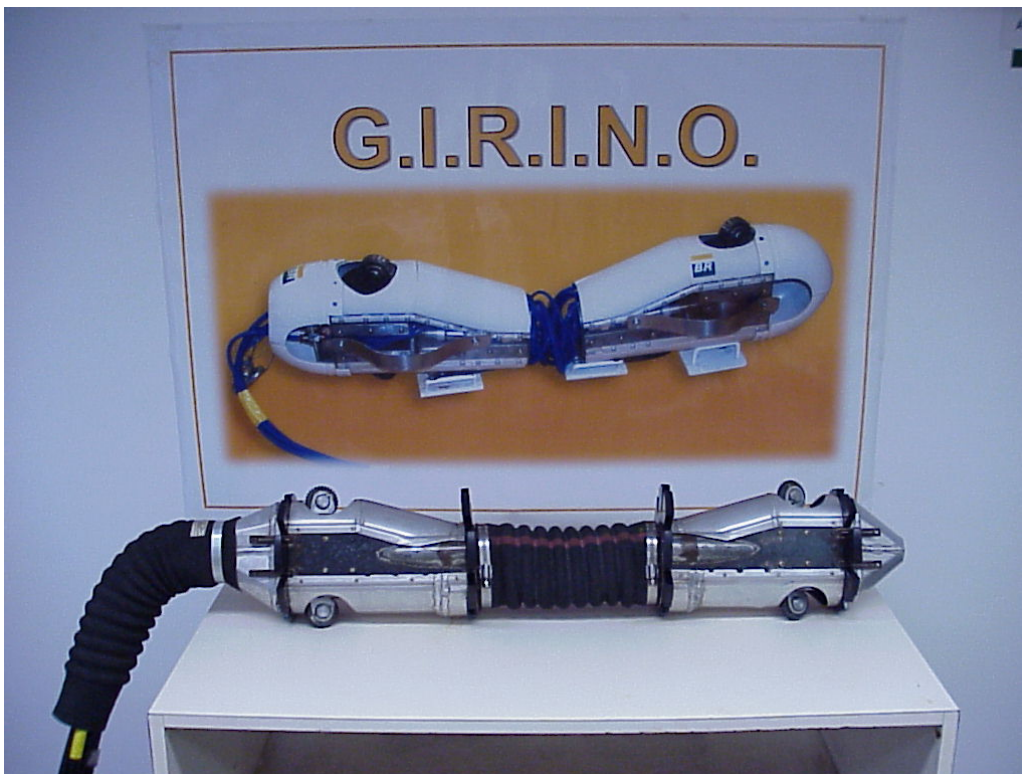
Pressão do sistema hidráulico do cilindro principal - 10 Bar

Pressão do sistema hidráulico do cilindro da torre - 10 Bar

Não foram realizados testes de cargas.

## 4.2.Segundo protótipo

Este segundo protótipo mostrado abaixo (Figura 14), é o produto final desenvolvido e especificado como G.I.R.I.N.O. 8 in, sendo este testado em laboratório, simulado em um duto real, submetido a testes de carga para as suas especificações. Este equipamento, totalmente mecânico e fabricado com ligas metálicas, apresenta resistência e robustez para o ambiente interno de dutos e geral.



**Figura 14 - Segundo protótipo-Hidráulico**

- Acionamento hidráulico;



Pressão do sistema hidráulico do cilindro principal - 100 Bar

Pressão do sistema hidráulico do cilindro da torre - 70 Bar



**Figura 15 - GIRINO transportando a câmera MARK II *SeaSpy*.**

Esta figura acima (Figura 15), mostra o equipamento transportando um sistema de visualização interna de dutos, com iluminação embarcada na própria câmera submarina. Este tipo de utilização é necessário para inspeções visuais de anomalias, para localizar objetos ou para uma inspeção visual de rotina.

### 4.3. Teste de laboratório

Foi feito uma pista de teste para o G.I.R.I.N.O. 8 in, de construção bastante simples, porém baseado em propriedades mecânicas de alta confiabilidade que se encontra operando, em fase experimental, na Pista de Testes do Laboratório de Robótica do CENPES. (Figura 16).

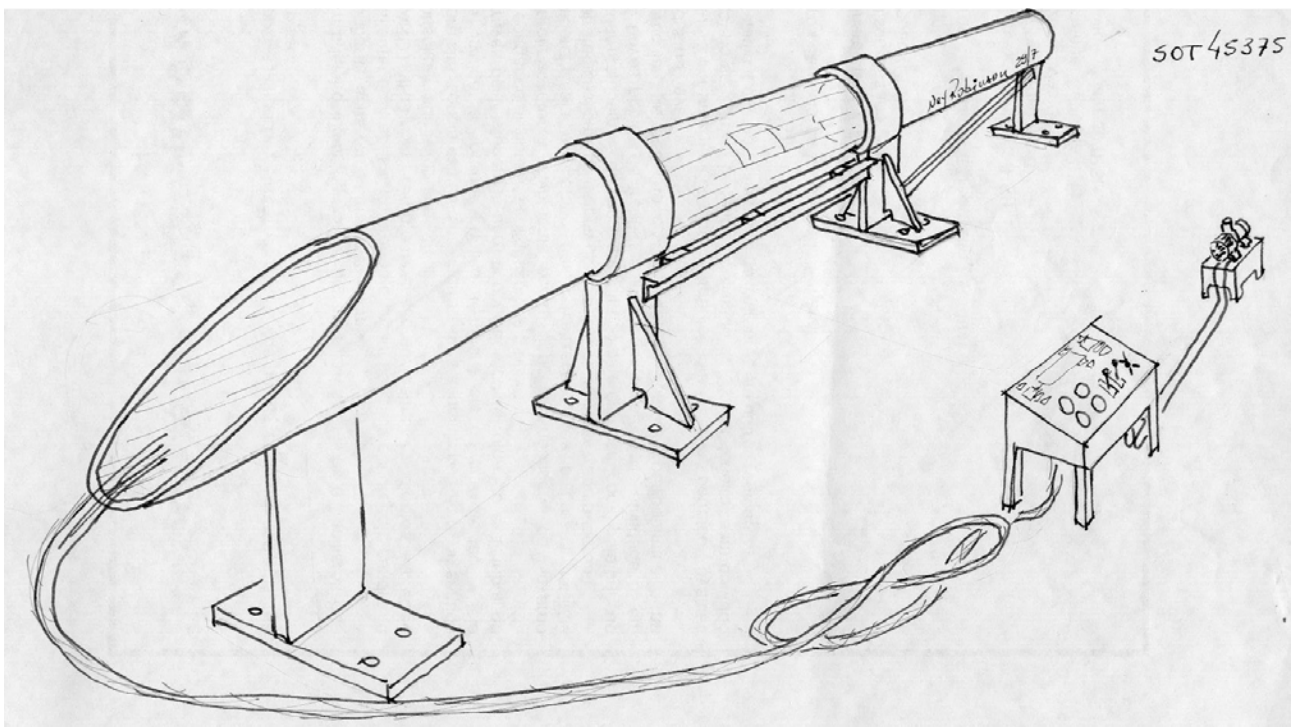


Figura 16 - Pista de testes

- De acordo com os ensaios feitos no laboratório, verificamos que a velocidade alcançada foi de 24m/h (medida com um cronômetro e trena) e a força de tração atingida foi de aproximadamente 375 Kgf (medido com célula de carga digital). Sendo que a velocidade e a carga de tração podem ser aumentadas com a utilização

de cilindros com maior capacidade de pressão hidráulica e reforço na estrutura do sistema.

- Duto atendido: diâmetro de 8" (interno 203 mm) e ovalização até 25 % do diâmetro. Isto é uma característica importante, pois os dutos podem ter ovalizações superiores a 25 % de seu diâmetro, devido a acidentes que ocorram com a superfície dos dutos
- Acionamento hidráulico utilizando válvulas hidráulicas direcionais para as funções de movimentação dos cilindros principais e o da torre.

Pressão do sistema hidráulico do cilindro principal - 100 Bar

Pressão do sistema hidráulico do cilindro da torre - 70 Bar

- Possibilidade de inversão de sentido (vai e volta);
- Tração positiva: contra-recuo atuando normalmente à parede do duto;
- Inclinação de operação: até 90° (vertical);
- Articulado: curvas de 90° até cinco vezes o diâmetro do duto (em 360°);

## 5. Conclusões e Sugestões de aplicações futuras

O aumento da malha tubular para atender a complexidade do sistema de distribuição de matéria-prima e derivados, bem como, o envelhecimento das instalações e condições de operação presentes e por vir na indústria do petróleo, tendem a provocar um substancial crescimento no número de intervenções, sejam elas de rotina ou emergenciais.

Com alguma experiência adquirida pela PETROBRAS nesse tipo de operação é possível verificar que em determinados casos a denominada tecnologia disponível e/ou "produtos de prateleira" quando não inadequados, e necessitando de adaptações, operam com deficiência quando submetidos a determinados cenários. Isso demonstra ser fundamental uma pesquisa contínua do tema.

O robô ora proposto, G.I.R.I.N.O. vem somar nesse esforço e tem por principal objetivo atender a movimentação interna e operações em tubulações industriais.

À medida que os resultados vêm sendo divulgados e técnicos e empresas ligadas às áreas de inspeção, manutenção e reparos, tomam contato com a nova ferramenta, novos potenciais aplicações vêm sendo sugeridos.

Funcionando principalmente como um porta ferramentas, o G.I.R.I.N.O. pode portar, movimentar, instalar e cooperar entre outros com as seguintes atividades intra-dutos:

- Sistemas de inspeção e NDT
  - cabeçotes de ultra-som
  - cabeçotes de Raio-X
- Sistema de jateamento químico
- Sistema de geração de Nitrogênio (SGN).

- Sistemas de captação e envio de imagens.
- Rebocador de Pigs em linhas não pigáveis.

Outro exemplo, colocado a seguir, ilustra bem o campo que se abre com o inovador sistema, ora proposto.

Dutos com falha estrutural e conseqüente perda de fluido para o ambiente, tem como característica a instabilidade operacional. Em recentes eventos envolvendo rompimentos de dutos, verificou-se a necessidade de um equipamento que pudesse se deslocar no interior do mesmo sem que fosse necessária a movimentação do fluido nele contido, garantindo com isso a menor perda possível de produto para o meio ambiente.

A necessidade de limpar o duto para que melhor sejam analisadas e conhecidas as causas do acidente passa obrigatoriamente por uma série de medidas de segurança e precauções. Atualmente, para que se retire o fluido é necessária à utilização de bombeio. O vazamento é inevitável.

Para isso ser contornado, luvas de instalação provisória são colocadas, o que demanda projeto e detalhamento de luvas e abraçadeiras com formas e arquiteturas complexas, envolvendo grande quantidade de recursos humanos e materiais, e que, via de regra, não se adaptam completamente à arquitetura especial da região, e vazam.

Com a disponibilidade de uma ferramenta que se movimenta no interior do duto sem necessitar de diferencial de pressão, pode-se atingir a região da falha com um dispositivo de reparo que proceda a vedação internamente e, ao contrário da situação atual, descrita acima, se

beneficie do diferencial de pressão, que trabalhando favoravelmente, faça o reparo aderir com mais eficiência, já que a força decorrente desse diferencial atua de dentro para fora.

Por não estar contido no tema do presente trabalho, este tópico não será agora desenvolvido, mas já se encontra em fase de estudos.

A aplicação do novo conceito não fica, porém, restrita a tais ramos de atividade, podendo, por extensão, ser utilizado em atividades classificadas (indústria nuclear, regiões insalubres) e meio ambientes, aplicações urbanas tais como saneamento básico (redes de esgoto, redes pluviais) áreas também bastante carentes de cuidados.

## 6. Bibliografia

- Patente de invenção no PI 9904364-5.
- G.I.R.I.N.O. - GABARITO INTERNO ROBÓTICO COM INCIDÊNCIA NORMAL AO OLEODUTO. RT TS 034/2001. Relatório Único.
- IBP 231 00-GABARITO INTERNO ROBÓTICO-COM INCIDÊNCIA NORMAL AO OLEODUTO - Ney Robinson Salvi dos Reis, Ubirajara Rodrigues, Rodrigo Carvalho Ferreira, Jose Valentin Cobas Bugallo.
- [www.welltractor.com](http://www.welltractor.com).
- [www.halliburton.com/cat.jsp](http://www.halliburton.com/cat.jsp) .
- [www.slb.com](http://www.slb.com)- Schlumberger.
- [www.festo.com](http://www.festo.com).
- [www.inuktun.com](http://www.inuktun.com).
- [www.tector.com.br](http://www.tector.com.br)
- [www2.petrobras.com.br/portugues/index.asp](http://www2.petrobras.com.br/portugues/index.asp)

## **7. Apêndice A – Premiações e Patentes**

Devido ao ineditismo do equipamento, alguns destaques vêm sendo conseguidos junto à comunidade técnica, tais como:

- Agraciado com menção honrosa pelo Instituto Brasileiro de Petróleo, no Congresso Internacional de Óleo & Gás realizado em Outubro/2000.
- Patente de invenção nº PI 9904364-5 de 28/09/99 sob a denominação “Veículo telecomandado para operações no interior de dutos”.
- Parceria com empresas internacionais interessadas em usar esta tecnologia.
- Agraciado com o Prêmio Plínio Cantanhede 2004, premiação ocorrida no encerramento do congresso da Rio Oil & Gas 2004.



## 8. Apêndice B – Desenhos esquemáticos do sistema

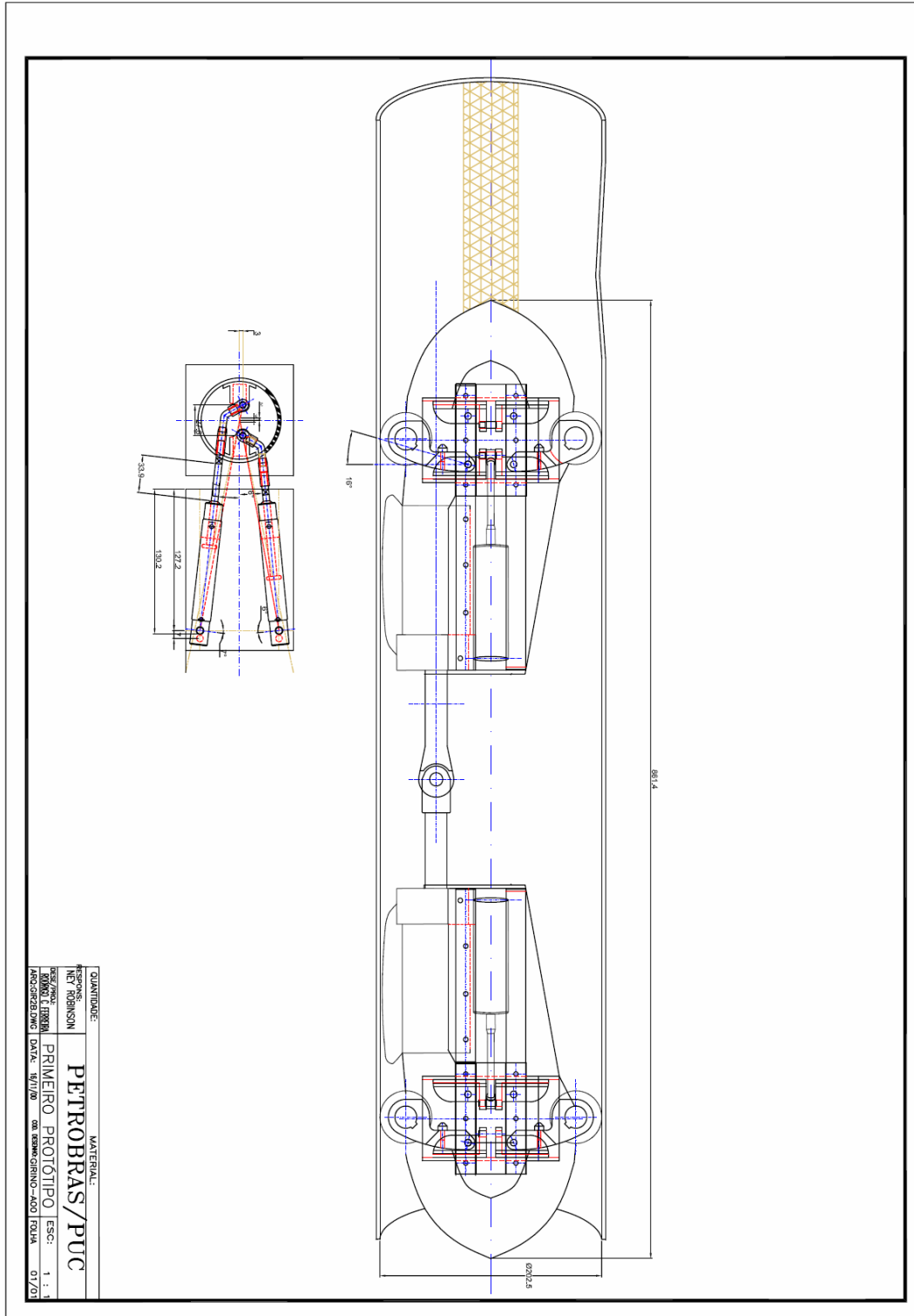


Figura 17 - Primeiro protótipo

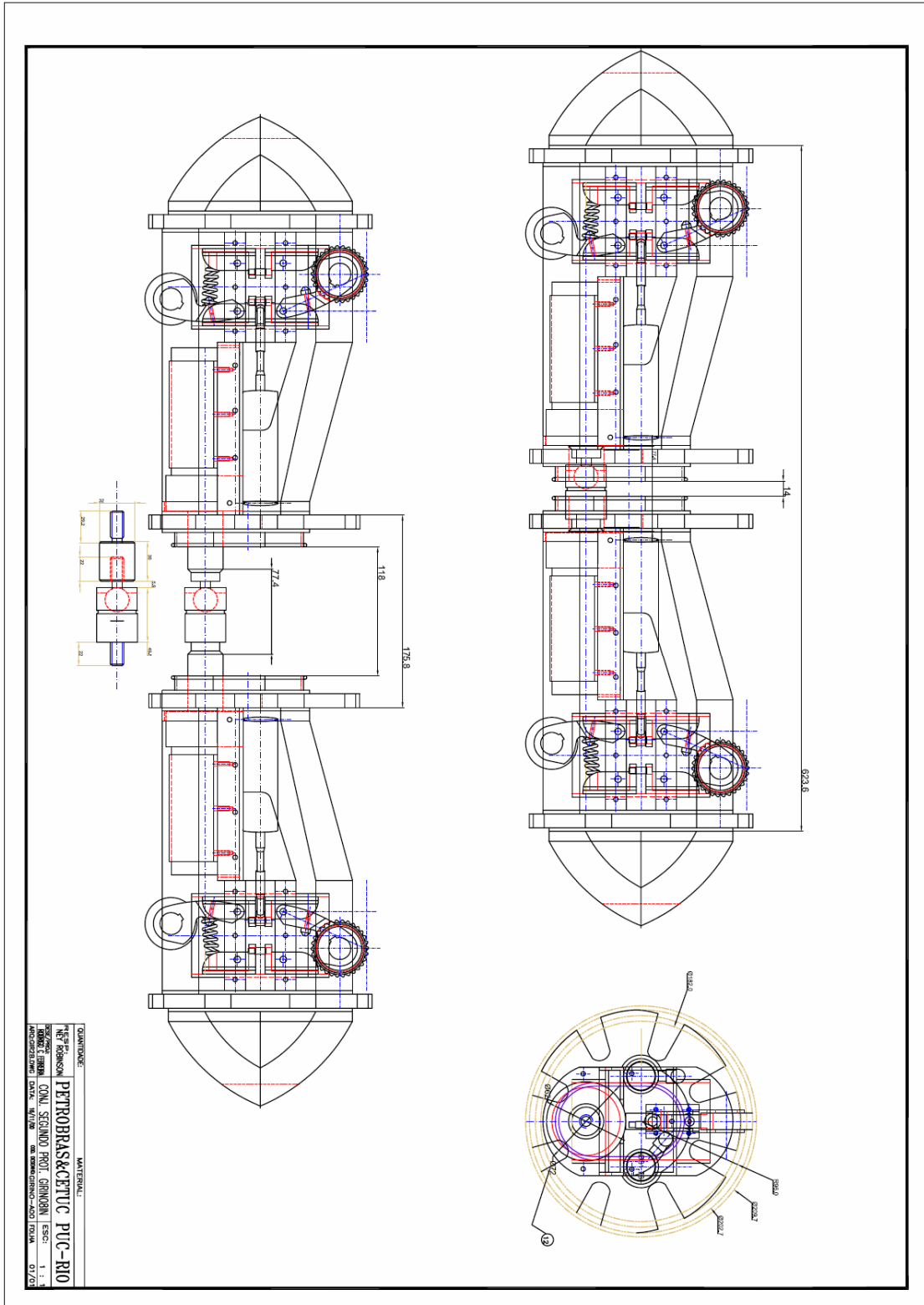


Figura 18 - Segundo Protótipo

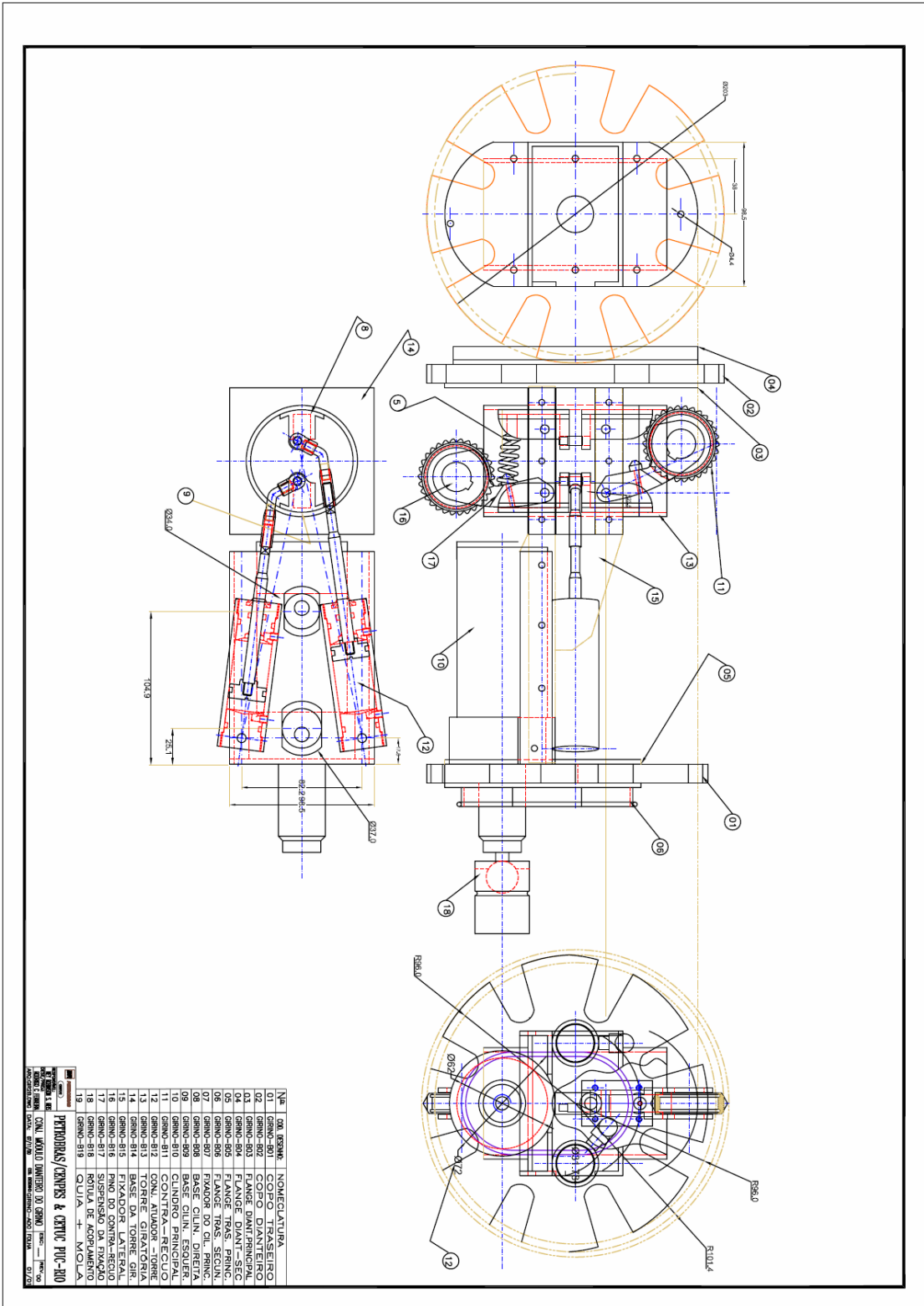


Figura 19 - Detalhe do primeiro módulo