

Notas Técnicas do Laboratório Nacional de Astrofísica

Máquina de polimento curvo

Márcio Vital de Arruda

LNA/NT/2019-19

Set/2019

Máquina de polimento curvo

Márcio Vital de Arruda¹

¹*Laboratório Nacional de Astrofísica, marruda@lna.br*

Resumo: Esta nota técnica apresenta o projeto de um dispositivo para fabricar fendas de fibras ópticas alinhadas com curvatura. Um novo atuador foi proposto para resolver o requisito de alinhamento com trava forte.

Abstract: *This white paper presents a device designed to manufacture curved optical fiber slits. A new actuator was proposed to solve alignment requirement with hard fixation.*

Palavras-chave/keywords: projeto mecânico; fibras ópticas; polimento de fibras / *mechanical design; optical fibers; optical fibers polishing*

Submetido em: Set/2019.

Revisado por:

Flávio Felipe Ribeiro

José Francisco de Oliveira

José Tadeu da Silva

Sumário

Acrônimos e definições	4
Escopo do documento	4
1 Introdução	5
2 Projeto	5
2.1 Estado da arte	5
2.2 Proposta	8
2.3 Requisitos de projeto	9
2.3.1 Funcional	9
2.4 Projeto mecânico	10
2.4.1 Estrutura guia	10
2.4.2 Dispositivo de polimento	11
3 Conclusões	16
Referências	16

Lista de Figuras

2.1 Exemplo de fibras ópticas em espectroscopia multiobjeto	6
2.2 Fenda de fibras ópticas com curvatura	6
2.3 Máquina de polimento curvo – SIFS	7
2.4 Dispositivo de polimento curvo – SIFS	7
2.5 Jogo induzido pelo torque no dispositivo	8
2.6 Diferença de espessura da base de ambos os projetos	10
2.7 Detalhe da base dos trilhos laterais	11
2.8 Bloco onde as fibras	11
2.9 Placa adaptadora do bloco de fibras ópticas	12
2.10 Sistema “ <i>tip-tilt</i> ” de fixação forte	12
2.11 Atuador de mola de compressão	13
2.12 Sistema ajuste angular	13
2.13 Ajuste de rotação do dispositivo	14
2.14 Pontos para fixação de mola	14
2.15 Novo dispositivo de polimento curvo.	15

Acrônimos e definições

IPMU	<i>Institute for the Physics and Mathematics of the Universe</i>
LNA	Laboratório Nacional de Astrofísica
PFS	<i>Prime Focus Spectrograph</i>
SIFS	<i>SOAR Integral Field unit Spectrograph</i>
SOAR	<i>SOuthern Astrophysical Research telescope</i>
tip-tilt	Nome dado a um sistema mecânico de ajustes de inclinação em dois eixos ou de inclinação de planos

Escopo do documento

Este nota técnica tem por objetivo preservar a memória do projeto mecânico do dispositivo descrito no título deste documento.

1 Introdução

Esta nota técnica apresenta o desenvolvimento de uma máquina de polimento curvo, com itens totalmente inovadores, projetada para polimento de arranjos curvos de fibras ópticas.

Na seção 2.1, é apresentado o estado da arte, o projeto mecânico de máquina de polimento curvo utilizado para polimento da fenda de fibras ópticas do projeto SIFS. Esta máquina foi projeto do mesmo autor desta nota. A seção 2.2 apresenta a proposta do projeto.

Na seção 2.3, são apresentados os requisitos de projeto. Os requisitos de projeto foram pensados com base nas dificuldades encontradas no projeto similar apresentado na seção 2.1.

Na seção 2.4, o projeto propriamente dito é descrito.

Por fim, a seção 3 apresenta suas conclusões e benefícios alcançados com este projeto.

2 Projeto

2.1 Estado da arte

O projeto SIFS [1], do LNA, é um espectrógrafo alimentado por fibras ópticas instalado no telescópio SOAR. A luz que chega ao equipamento é conduzida por um cabo de fibras ópticas instalado no rotator de instrumentos do telescópio. A entrada de luz no cabo de fibras é feita por meio de uma arranjo bidimensional formando uma matriz de fibras ópticas. A saída do cabo, extremidade que é encaixada na entrada do espectrógrafo, é unidimensional, pois as fibras estão alinhadas linearmente e é comumente denominada fenda de fibras [2], como pode ser visto na Figura 2.1.

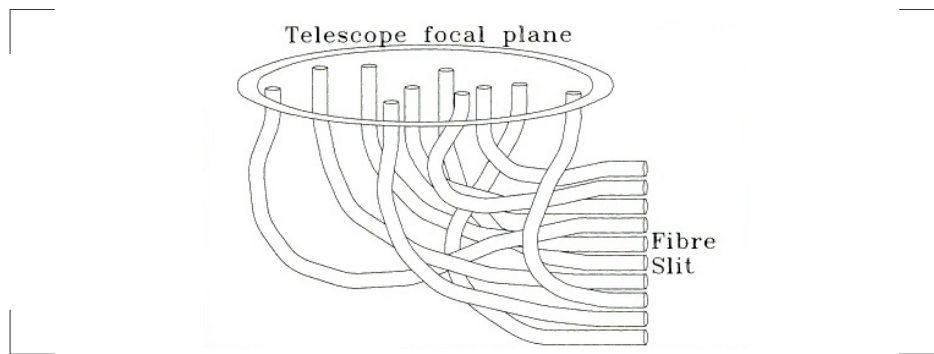


Figura 2.1: Exemplo de fibras ópticas em espectroscopia multiobjeto.
FONTE: Parry [2].

No projeto SIFS este arranjo linear, que forma a fenda, havia sido inicialmente feito com diversos blocos menores, com um determinado número de fibras alinhadas. Este processo de montagem facilitaria a fabricação do conjunto, porém alinhar diversos blocos menores, coincidindo o alinhamento entre eles, é um processo delicado. Neste processo de alinhamento havia a disposição dos blocos de fibras ópticas formando uma escada em perfil curvo, conforme mostrado na imagem da Figura 2.2 em verde, que não gerou alinhamento suficientemente satisfatório.

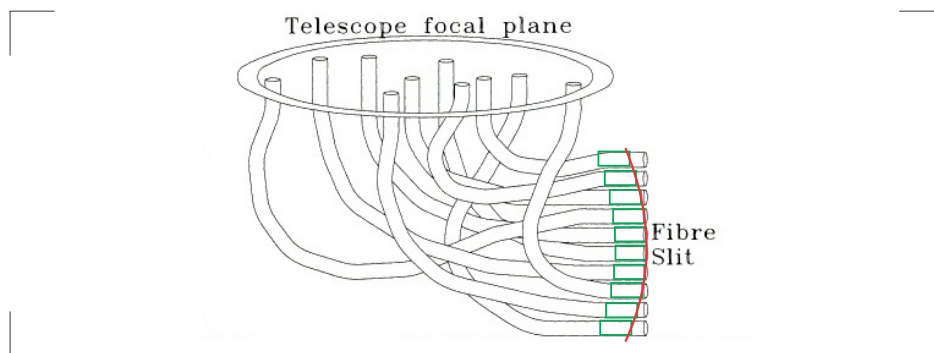


Figura 2.2: Fenda de fibras ópticas com curvatura. Perfil da curvatura em vermelho. Em verde a disposição em blocos menores de arranjos retos. **FONTE:** Adaptado de Parry [2].

Então, optou-se por desenvolver uma nova fenda de fibras ópticas de bloco único e perfil curvo, conforme linha vermelha apresentada na Figura 2.2. Para tal, foi necessário o desenvolvimento de uma máquina capaz de guiar este bloco único durante o processo de polimento manual. Assim, esta máquina era composta por uma base de polimento em perfil curvo, onde foram fixadas as lixas para polimento, e um dispositivo capaz de assegurar que o bloco de fibras não saísse de posição durante o processo de polimento,

o qual denominou-se dispositivo de polimento.

A figura 2.3 apresenta o projeto exatamente como foi produzido e utilizado para a fenda de fibras ópticas do espectrógrafo SIFS.

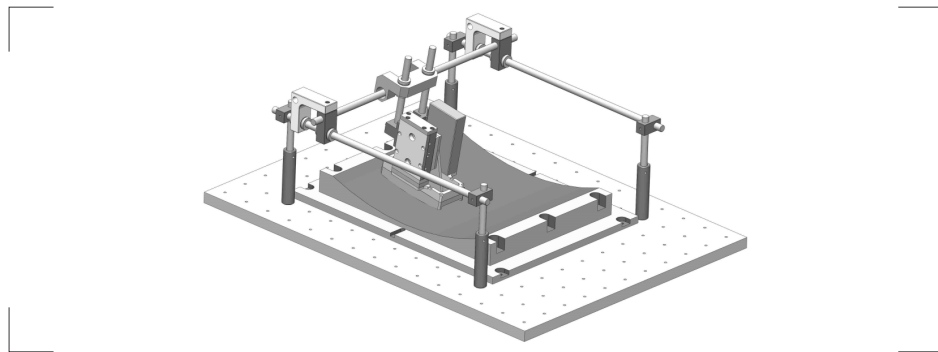


Figura 2.3: Máquina de polimento curvo usada na fabricação da fenda do espectrógrafo SIFS. **FONTE:** Arquivo do autor.

A Figura 2.4 apresenta o dispositivo de polimento que foi projetado para atender as necessidades do projeto SIFS. Nenhum tipo de ajuste foi disposto.

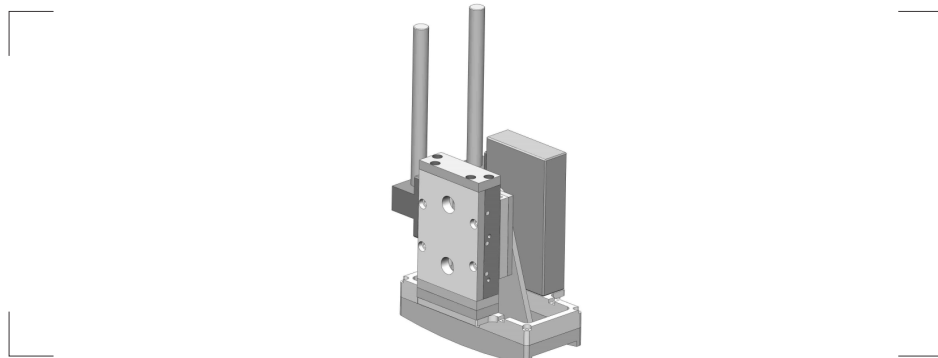


Figura 2.4: Dispositivo de polimento curvo usada na fabricação da fenda do espectrógrafo SIFS. **FONTE:** Arquivo do autor.

Tal máquina de polimento foi elaborada utilizando sistemas mecânicos de prateleira, tais como transladores, suporte de postes, castanhas, os quais são elementos muito utilizados nos laboratórios de óptica. Apenas alguns itens específicos foram produzidos para o projeto. Esta máquina foi capaz de executar o processo. Entretanto, a utilização de itens de prateleira não forneceu a robustez desejada para o sistema. O conjunto não suportava o torque imposto durante a operação de polimento e ficava ligeiramente desalinhado. Como este projeto utilizou barras finas com buchas lineares,

o torque fornecido pelo operador induziu um “jogo”¹ permitindo ao dispositivo de polimento desalinhar sua base com relação a base de polimento, Figura 2.5. O mínimo torque sofrido pelo dispositivo de polimento curvo impunha “jogo” em ambos os lados. Assim, foi acrescentado na montagem, um extensor em formato “L” com intuito de minimizar este jogo no conjunto, mas isto não foi suficiente para eliminá-lo. Entretanto, estas limitações, mesmo que indesejadas, não comprometeram os requisitos do projeto SIFS.

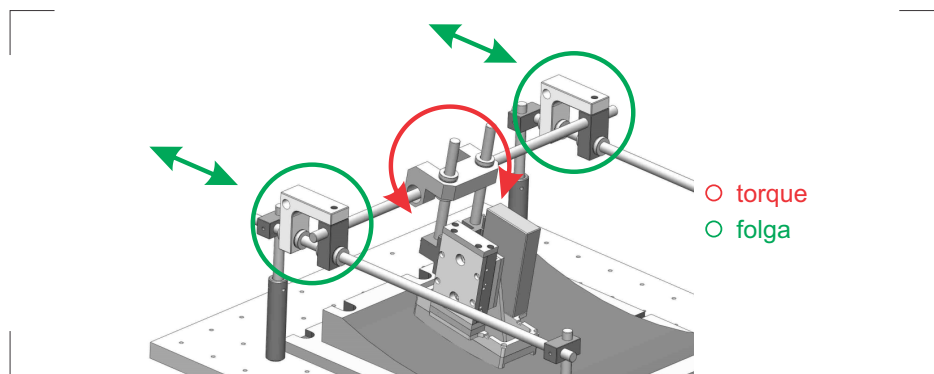


Figura 2.5: Jogo induzido pelo torque no dispositivo. **FONTE:** Arquivo do autor.

2.2 Proposta

O projeto da máquina de polimento curvo desta nota foi proposto para a fabricação de fendas de fibras ópticas em formato curvo para o projeto PFS - *Prime Focus Spectrograph*, uma colaboração internacional entre LNA e IPMU – *Institute for the Physics and Mathematics of the Universe*. A precisão de fabricação da fenda de fibras ópticas exigida pelo projeto PFS não seria alcançada com a utilização da máquina de polimento curvo desenvolvida para o projeto SIFS. Assim, foi necessário o desenvolvimento de uma nova máquina mais robusta e precisa, abaixo apresentada.

¹Folga na direção do movimento da guia linear.

2.3 Requisitos de projeto

Esta máquina seguiu os seguintes requisitos descritos abaixo.

2.3.1 Funcional

REQ-1: Robustez

Análise Racional: O projeto deve ser robusto suficiente para não haver desalinhamento devido ao atrito do dispositivo de polimento com a base de polimento.
--

Método de validação: Inspeção do projeto e testes
--

REQ-2: Movimento suave

Análise Racional: A máquina deve diminuir a força despendida pelo operador durante um procedimento de polimento.

Método de validação: Testes

REQ-3: Ajustes para alinhamento

Análise Racional: O dispositivo de polimento deve ter diversos ajustes para alinhar o bloco de fenda com a base de polimento. Estes ajustes devem possuir uma fixação forte para evitar desalinhamentos, conforme REQ-1.

Método de validação: Inspeção do projeto e testes
--

REQ-4: Molas para aumentar a pressão do polimento

Análise Racional: O dispositivo de polimento deve possuir pontos para instalação de molas que permitem maior pressão do bloco de fibras ópticas na base de polimento.
--

Método de validação: Inspeção do projeto e testes
--

2.4 Projeto mecânico

Abaixo, são descritos o projeto da estrutura guia e o projeto do dispositivo de polimento, separadamente.

2.4.1 Estrutura guia

O novo projeto da máquina de polimento curvo seguiu o mesmo *design* do projeto anterior porém com diversas melhorias. Assim, o desenvolvimento foi iniciado pela base de polimento. A base de polimento do novo projeto é 20 *mm* mais alta que a base de alumínio do projeto anterior, que era susceptível a empenos, modificando a curvatura final da fenda durante o processo de polimento. A Figura 2.6 mostra a diferença entre as espessuras das bases de polimento da base fabricada.

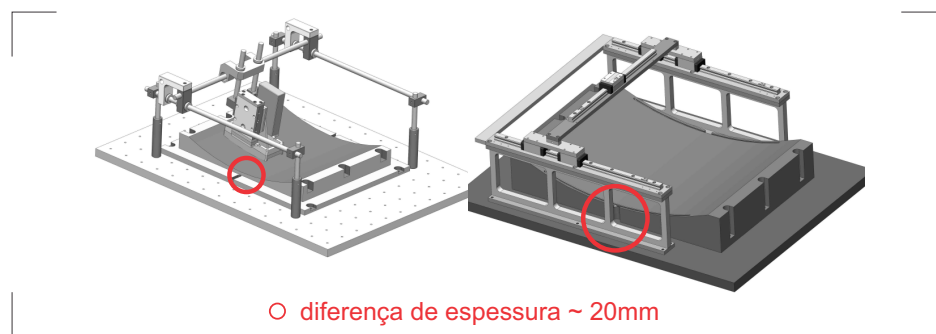


Figura 2.6: Diferença de espessura da base de ambos os projetos.
FONTE: Arquivo do autor.

Uma espessura maior na base de polimento, eliminou o problema de empenamento na mesma. Entretanto, gerou uma altura maior para o sistema como um todo, induzindo um maior torque no processo de polimento, que por sua vez poderia gerar flexões indesejadas nas guias laterais, diminuindo a precisão do sistema. Uma forma de aumentar a resistência a flexão das guias laterais foi implementar trilhos e patins lineares semelhantes aos utilizados em máquinas CNC – Comando Numérico Computadorizado. Foram utilizadas guias lineares com esferas recirculantes, atendendo assim o requisito de movimento suave. A Figura 2.7 apresenta um detalhe da base dos trilhos laterais.

Até aqui foram atendidos os requisitos **REQ-1** e **REQ-2**.

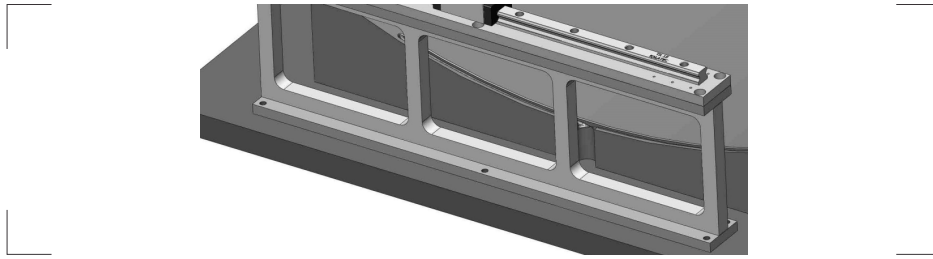


Figura 2.7: Detalhe da base dos trilhos laterais. **FONTE:** Arquivo do autor.

2.4.2 Dispositivo de polimento

O dispositivo de polimento é o mais complexo subconjunto da máquina de polimento curvo. Este subconjunto é responsável por aplicar pressão no bloco de fibras, alinhar o bloco de fibras com a base de polimento e também manter o bloco de fibras alinhado durante o processo de polimento. O bloco de fibras, como descrito aqui, é uma peça metálica onde as fibras ópticas são montadas e alinhadas, conforme imagem da Figura 2.8. É esta peça metálica que se fixa ao dispositivo de polimento.

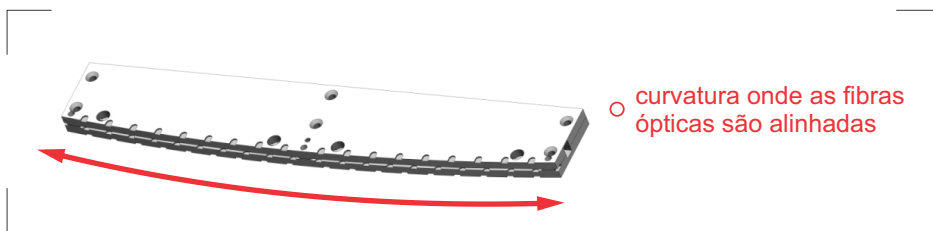


Figura 2.8: Bloco onde as fibras ópticas são montadas e alinhadas para polimento. **FONTE:** Arquivo do autor.

Diversos pontos de fixação foram criados para que o bloco de fibras ópticas fique perfeitamente preso à placa adaptadora do dispositivo de polimento, Figura 2.9. Para que esta máquina de polimento seja utilizada em diferentes projetos, esta placa adaptadora é intercambiável, de modo que, para diferentes projetos, pode-se desenvolver diferentes placas.

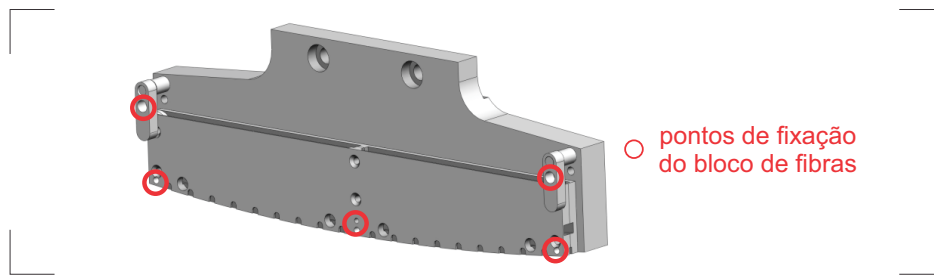


Figura 2.9: Placa adaptadora do bloco de fibras ópticas no dispositivo.
FONTE: Arquivo do autor.

A placa adaptadora por sua vez fixa-se ao dispositivo de polimento, o qual possui diversos sistemas de ajustes para alinhamento. Vários atuadores de fixação forte foram desenvolvidos para que a força de arrasto do bloco de fibras não prejudicasse o polimento e a precisão da curvatura final do bloco de fibras ópticas. Um destes atuadores, foi objeto de pedido de patente, em conjunto com a Dra. Vanessa Macanhan, também do LNA. [5].

A Figura 2.10 apresenta o *tip-tilt* de fixação forte. Este atuador trabalha com uma mola de compressão e um sistema de esferas que permite alinhamento linear e angular. Sistemas *tip-tilt* são muito comuns em bancadas ópticas, porém trabalham com mola de tração e não possuem trava, que permite saírem de posição caso haja forças no elemento óptico.

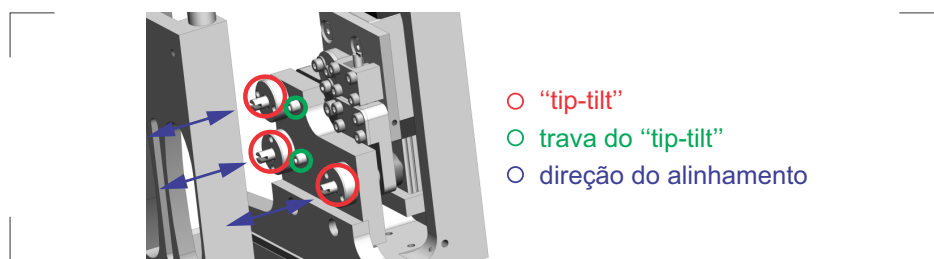


Figura 2.10: Sistema “*tip-tilt*” de fixação forte. Desenvolvimento conjunto com a tecnóloga Vanessa B. Macanhan [5].
FONTE: Arquivo do autor.

O conjunto que originou o pedido de patente é apresentado na Figura 2.11.

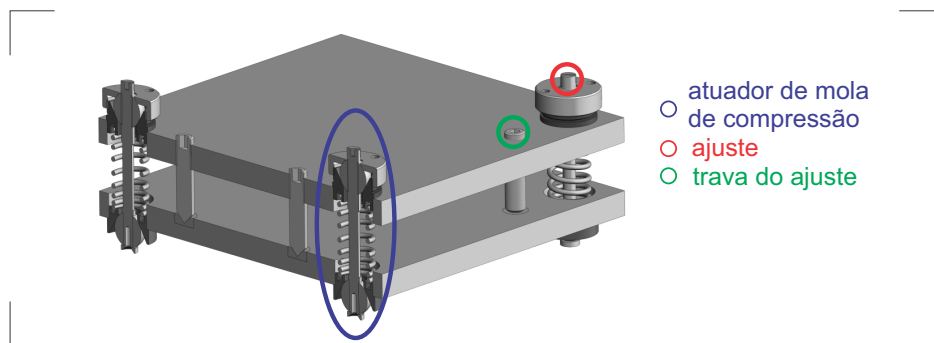


Figura 2.11: Atuador de mola de compressão. Sistema protótipo para o pedido de patente[5].

Um ajuste angular permite rotação do bloco de fibras com relação ao dispositivo de polimento. A Figura 2.12 apresenta a direção do ajuste e o ponto de fixação/trava.

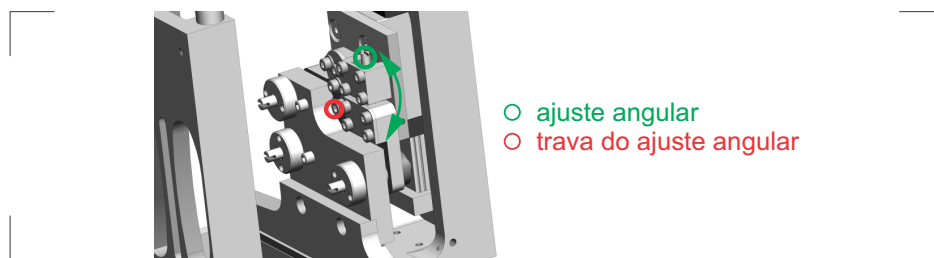


Figura 2.12: Sistema de ajuste angular e trava do ajuste. **FONTE:** Arquivo do autor.

Há ainda o alinhamento do dispositivo em relação à base de polimento, que garante a coincidência do plano de curvatura da base com o plano de curvatura do dispositivo de polimento, conseqüentemente do bloco de fibras, previamente alinhado em relação ao dispositivo. A Figura 2.13, apresenta o atuador que permite rotacionar o dispositivo e o eixo onde o dispositivo é rotacionado.

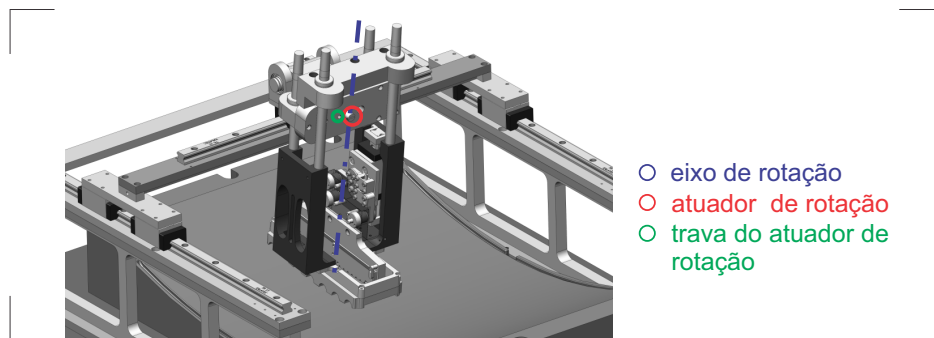


Figura 2.13: Detalhe do ajuste de rotação do dispositivo de polimento e a trava do ajuste. **FONTE:** Arquivo do autor.

Todos os ajustes descritos acima atendem ao **REQ-3**. Para o último requisito, **REQ-4**, foram introduzidos dois pontos com rosca para a instalação de molas: um onde o dispositivo de polimento realiza o movimento vertical e o outro na lateral fixa do dispositivo. A imagem da Figura 2.14 apresenta a direção do movimento vertical e os pontos de fixação das molas necessárias para comprimir ainda mais o bloco de fibras. Note que as molas só devem ser utilizadas caso haja necessidade, pois o peso próprio do conjunto móvel do dispositivo já realiza pressão no bloco de fibras ópticas.

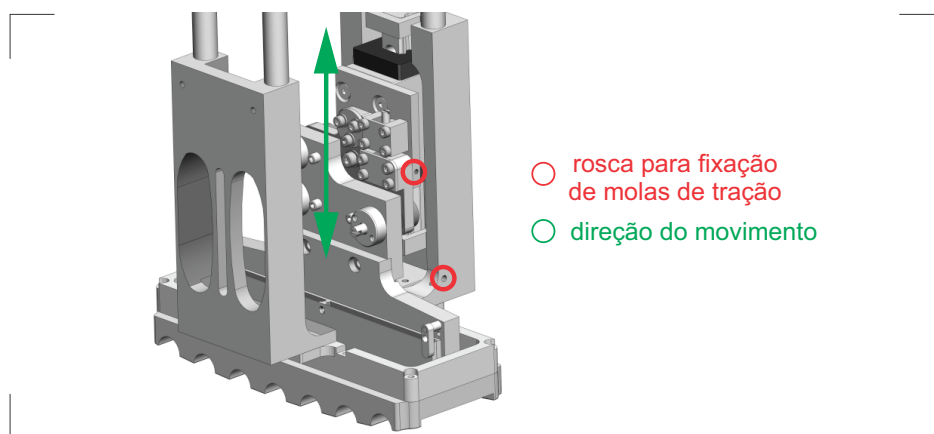


Figura 2.14: Ponto para fixação de mola de tração. **FONTE:** Arquivo do autor.

No projeto do dispositivo de polimento para a fenda de fibras ópticas do espectrógrafo *SIFS*, não havia nenhum ajuste para correção da fenda em relação à base de polimento. Neste novo dispositivo há várias possibilidades de ajustes para o correto alinhamento da curvatura do dispositivo com a base de polimento, garantindo os requisitos do projeto *PFS*. A lista abaixo apresenta as melhorias consideradas importantes do novo projeto em relação ao anterior:

- Ajuste do tipo *tip-tilt* com fixação forte para alinhamento da *slit* e parafusos de rosca diferencial ²;
- Base de fixação da “slit” intercambiável que torna possível adaptá-la para atender qualquer necessidade de fenda, em polimento curvo, desde que se respeite o limite máximo de 160mm de comprimento;
- Patins e guia linear na parte interna auxiliando na suavidade do movimento;
- Atuadores com rosca diferencial e trava de movimento;
- 4 pinos responsáveis por guiar o dispositivo na máquina (o projeto anterior possuía apenas 2 pinos);
- Rolamentos para auxiliar no movimento de curvatura;

O dispositivo de polimento completo é apresentado na Figura 2.15.

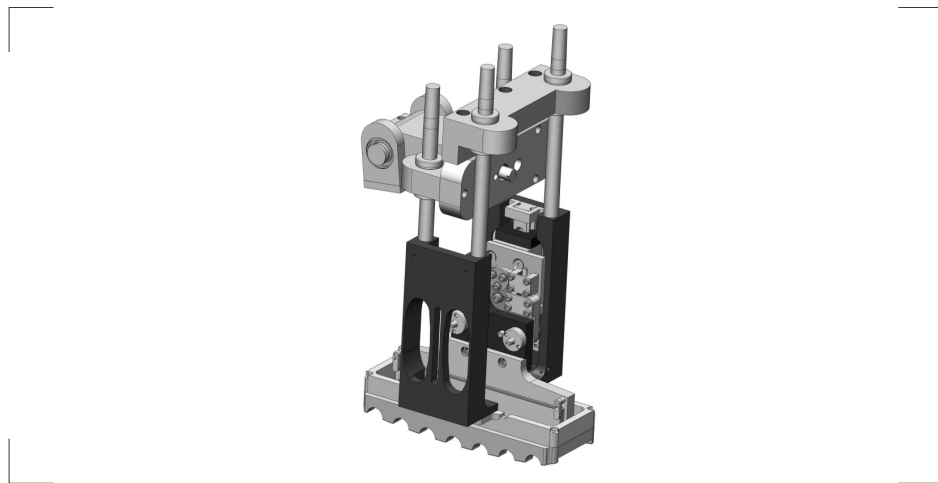


Figura 2.15: Novo dispositivo de polimento curvo.

²Agradecimentos a Vanessa B Macanhan pelo desenvolvimento deste sistema em conjunto com o autor

3 Conclusões

Esta nota apresentou o projeto de uma máquina de polimento curvo para o desenvolvimento da fenda de fibras ópticas do projeto PFS. Seu desenvolvimento permitiu implementar diversos requisitos de alinhamento e contornou as dificuldades encontradas em um projeto similar anterior.

Vale ressaltar que este projeto gerou um pedido de patente.

Referências

- [1] Laboratório Nacional de Astrofísica, *SIFS*, <http://www.lna.br/~sifs/index.html>, acessado em: novembro de 2016.
- [2] Parry, I.R., *The Astronomical Uses of Optical Fiber*, Fiber optics in Astronomy III, ASP Conference Series, Vol. 152, 1998.
- [3] Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, *Prime Focus Spectrograph - PFS*, <http://pfs.ipmu.jp/index.html>, acessado em: agosto de 2019.
- [4] Engis Corporation, <http://www.engis.com/>, acessado em: novembro de 2019.
- [5] Macanhan, V. B. P.; Arruda, M. V., Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020180754114, título: “Atuador de precisão com mola de compressão”, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 07/12/2018