

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DOUGLAS GUILHERME DOS SANTOS MACHADO

**SISTEMA PARA ABASTECIMENTO AUTOMÁTICO EM ROLO DE
PINTURA**

SÃO CARLOS
2023

DOUGLAS GUILHERME DOS SANTOS MACHADO

**SISTEMA PARA ABASTECIMENTO AUTOMÁTICO EM ROLO DE
PINTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. João Vitor de Carvalho Fontes

SÃO CARLOS
2023



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA - CCEMec/CCET

Rod. Washington Luís km 235 - SP-310, s/n - Bairro Monjolinho, São Carlos/SP, CEP 13565-905
Telefone: (16) 33519703 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-FA nº 19/2023/CCEMec/CCET

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso

Folha Aprovação (GDP-TCC-FA)

FOLHA DE APROVAÇÃO

DOUGLAS GUILHERME DOS SANTOS MACHADO

SISTEMA PARA ABASTECIMENTO AUTOMÁTICO EM ROLO DE PINTURA

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – Campus São Carlos

São Carlos, 06 de abril de 2023

ASSINATURAS E CIÊNCIAS

Cargo/Função	Nome Completo
Orientador	João Vitor de Carvalho Fontes
Membro da Banca 1	Luis Antonio Oliveira Araujo
Membro da Banca 2	Fernando Guimaraes Aguiar



Documento assinado eletronicamente por **Joao Vitor de Carvalho Fontes, Docente**, em 06/04/2023, às 11:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Guimaraes Aguiar, Docente**, em 06/04/2023, às 11:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luis Antonio Oliveira Araujo, Docente**, em 06/04/2023, às 11:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador 0999333 e o código CRC D0ABE30A.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho principalmente ao meu pai Rogério, que dentre tantos outros ensinamentos, transmitiu sua profissão aos seus filhos, profissão que sempre levarei com orgulho, como forma de eternizar as raízes de nossa infância. Dedico a minha mãe Luana, pelo incentivo de sempre lutar pelos meus sonhos e pela confiança em me deixar busca-los pelos meus próprios caminhos. Aos meus irmãos e suas famílias, pelos quais tenho profunda admiração. Dedico também ao meu professor orientador João Fontes, que me acolheu nesse desafio, à todas as amizades que construí em São Carlos durante a graduação, e também as que construí na cidade de Brotas. Por fim, aos meus companheiros da empresa Raízen, a citar o apoio de meu parceiro Luís Nascimento, que me deu apoio fundamental no meu período final da graduação.

RESUMO

A pintura residencial é um serviço primário amplamente realizado em qualquer local do mundo. O objetivo do projeto foi elaborar um equipamento voltado para facilitar essa tarefa, acrescentando certo grau de automação nas etapas do serviço, que majoritariamente é artesanal. A etapa da atividade otimizada pelo projeto foi o processo de umidificação do rolo na caçamba de tinta, que já possui algumas ferramentas disponíveis no mercado para sua execução, porém com desvantagens que foram mitigadas em relação ao presente trabalho. Essa etapa se caracteriza por ser repetitiva e consumir grande parcela do tempo da atividade. O estudo contemplou a concepção de um equipamento, de caráter inovador, que permite que o rolo seja umidificado automaticamente por um sistema de bombeamento através de uma bomba diafragma, que envia a tinta diretamente para um dispositivo situado no interior do rolo de lã. O equipamento foi projetado, e posteriormente prototipado em uma versão funcional. Como resultados, foi possível reduzir em média 50% do tempo de aplicação da tinta em comparação ao processo convencional.

Palavras-chave: Rolo de Pintura. Ferramentas. Rolo automático. Pintura. Bombas. Automação. Projeto. Bomba diafragma.

ABSTRACT

Residential painting is a primary service widely performed anywhere in the world. The objective of the project was to develop equipment aimed at facilitating this task, adding a certain degree of automation to the stages of the service, which is mostly handmade. The stage of the activity optimized by the project was the wetting process of the roller in the paint bucket, which already has some tools available on the market for its execution, but with disadvantages that were mitigated in relation to the present work. This step is characterized by being repetitive and consuming a large portion of the activity time. The study included the design of an innovative device that allows the roll to be automatically humidified by a pumping system through a diaphragm pump, which sends the paint directly to a device located inside the wool roll. The equipment was designed, and later prototyped in a functional version. As a result, it was possible to reduce, on average, 50% of the paint application time compared to the conventional process.

Keywords: Machine design. Paint roller. Painting Tools. Ink Pumping. Innovation Project. Automatic supply. Hydraulic pumps. Residential painting. Automatic tools. Automatic roller.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da Inovação Brasil 2020	19
Figura 2 – Processo de pintura	20
Figura 3 – Rolo com reservatório VONDER	21
Figura 4 – Máquina Airless VONDER	22
Figura 5 – Perdas de Carga localizadas	26
Figura 6 – Abastecimento com compressor	27
Figura 7 – Interior do rolo vazado	28
Figura 8 – POWER ROLLER ASSEMBLY	28
Figura 9 – Esquema do sistema hidráulico	29
Figura 10 – Dados do Fluido	30
Figura 11 – Mangueira de silicone	31
Figura 12 – Motor Bomba Diafragma 12V 100 PSI	31
Figura 13 – Esquema elétrico	32
Figura 14 – Flauta de Distribuição	32
Figura 15 – Interior da flauta	33
Figura 16 – Tampa da flauta	34
Figura 17 – Tampa da flauta	34
Figura 18 – Croqui flauta	34
Figura 19 – Apoio dos Rolamentos	35
Figura 20 – Catálogo SKF	35
Figura 21 – Rolo de Espuma	36
Figura 22 – Peças da flauta de distribuição	37
Figura 23 – Montagem dos rolamentos	38
Figura 24 – Montagem dos rolamentos	38
Figura 25 – Montagem do rolo	39
Figura 26 – Interruptor da bomba	40
Figura 27 – Vedação em epóxi	40
Figura 28 – Registro inicial	41
Figura 29 – Registro final	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial

LISTA DE SÍMBOLOS

γ	Peso específico do Fluido (N/m ³)
\dot{V}	Vazão volumétrica da bomba (m ³ /s)
H_b	Carga da bomba (m)
η	Rendimento da bomba
P_b	Potência da bomba (W)
ρ	Densidade (Kg/m ³)
v	Velocidade (m/s)
A	Área (m ²)
D	Diâmetro (m)
L	Comprimento Equivalente (m)
Re	Número de Reynolds

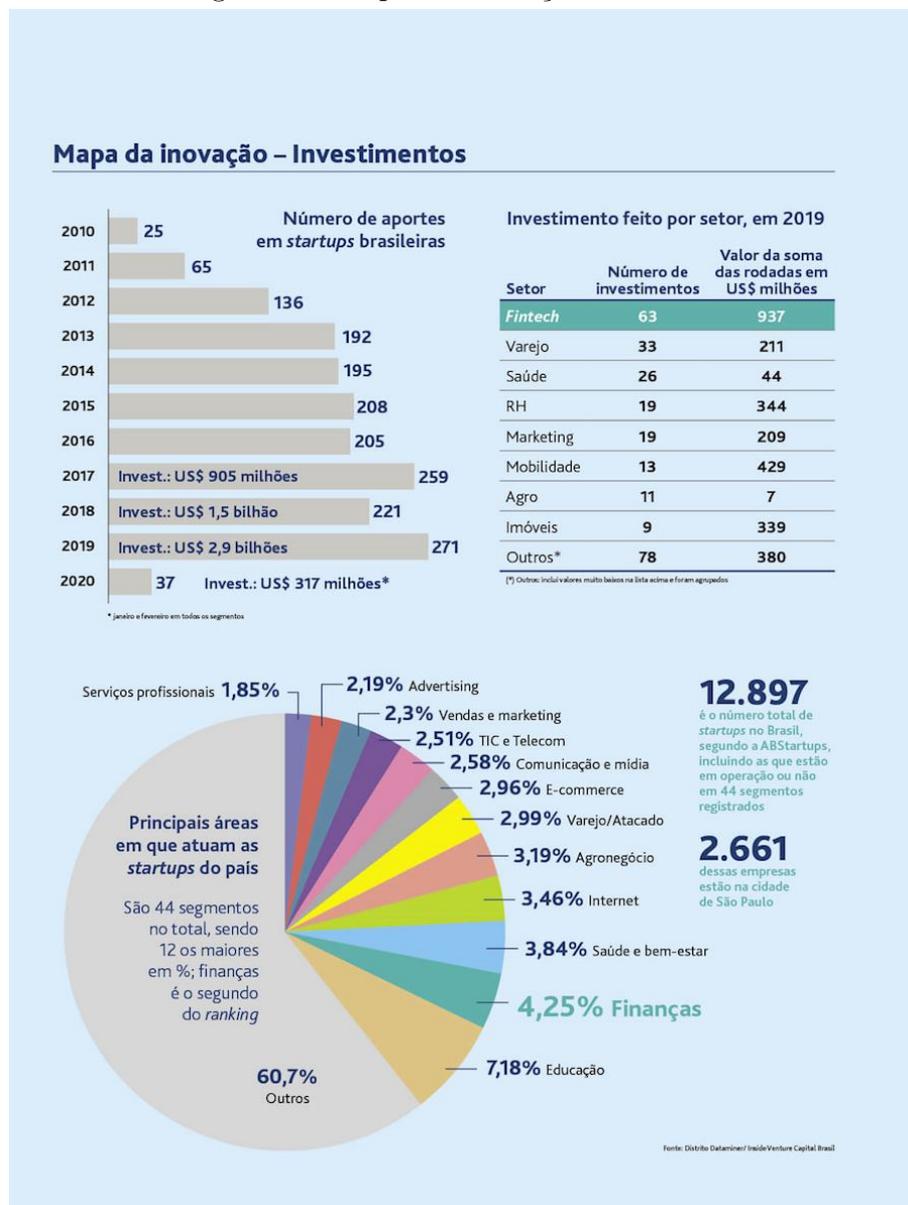
SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivos	22
1.1.1 Objetivos gerais	22
1.1.2 Objetivos Específicos	23
2 – METODOLOGIA	25
2.1 Dimensionamento da Bomba Hidráulica	25
2.2 Pesquisa de Patentes	26
3 – DESENVOLVIMENTO	29
3.1 Projeto Teórico	29
3.1.1 Mecanismo de pressurização do fluido	29
3.1.2 Sistema Elétrico	30
3.1.3 Flauta de distribuição	31
3.1.4 Rolo de espuma	36
3.2 Prototipação	36
3.2.1 Montagem da Flauta	36
3.2.2 Montagem do Rolo	37
3.2.3 Instalação da bomba	38
3.2.4 Teste com água	39
4 – RESULTADOS	41
5 – CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica é um parâmetro importante que reflete o grau de desenvolvimento de um país. Durante sua busca, algumas áreas se destacam como foco de investimentos em inovação no Brasil. Um estudo divulgado pela consultoria “Distrito” (DATAMINER, 2022), em 2020, trás um levantamento com base em 271 negociações feitas por investidores envolvendo fintechs (empresas cujo foco é produção de inovação tecnológica), e permite ter uma clara noção da distribuição dos focos de inovação separados por segmento, como mostra a Figura 1.

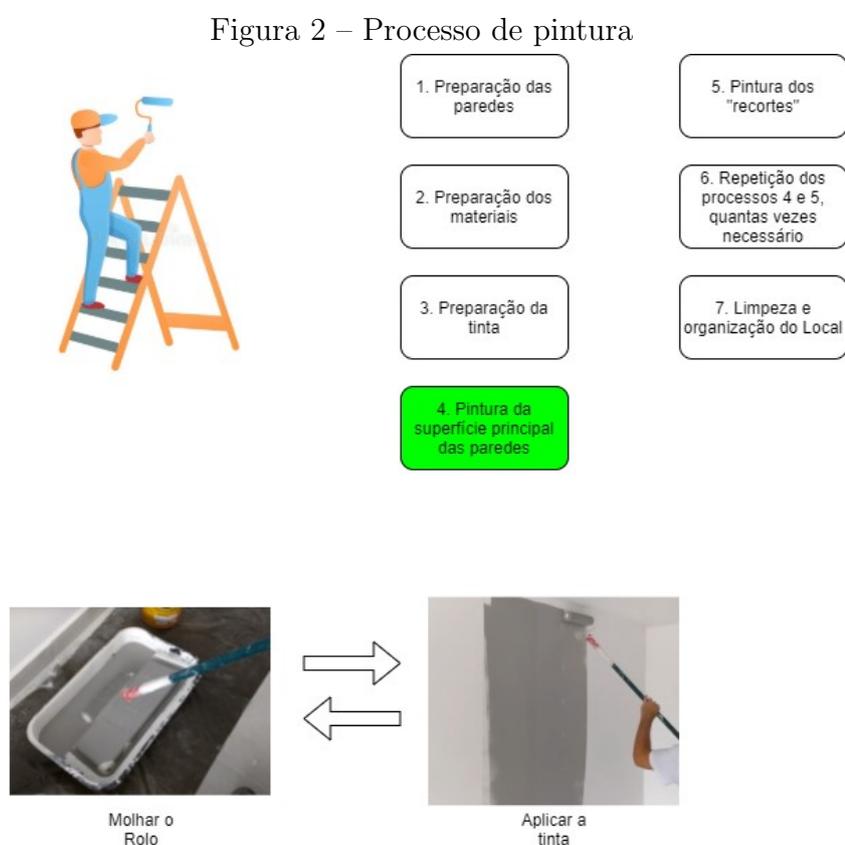
Figura 1 – Mapa da Inovação Brasil 2020



Fonte: (DATAMINER, 2022)

Como mostrado no estudo, nota-se que, na distribuição divulgada, o menor percentil de investimento é dedicado ao segmento de “Serviços Profissionais”, com percentil de 1,85 dos investimentos analisados.

Dentre esses serviços profissionais, temos a pintura residencial, identificado como “4330-4/04 - SERVIÇOS DE PINTURA DE EDIFÍCIOS EM GERAL” na tabela do CNAE (BRASIL, 2006). Nesse segmento de serviços, não há grandes avanços tecnológicos, tão pouco investimentos relacionados. Entretanto, é uma tarefa que contempla diversas etapas que podem ser otimizadas através de ferramentas mais eficientes e com novas tecnologias. Na Figura 2, temos uma simplificação de como é realizada a pintura manual de paredes, pelo método mais tradicional.



Fonte: Autor

Trazendo a tecnologia para a realidade do serviço de pintura, existem algumas ferramentas disponíveis no mercado para auxiliar na execução dessas atividades, em especial na etapa 4 da Figura 2. Dentre essas ferramentas, temos o rolo de pintura com reservatório integrado da empresa VONDER (VONDER, 2022)), que agiliza o processo de umidificação do rolo. A desvantagem desse sistema é que o abastecimento não é totalmente automatizado, uma vez que é necessário reabastecer manualmente o reservatório interno presente no rolo, além do fato de aumentar o peso da ferramenta, o que pode se tornar desgastante ao usuário.

Figura 3 – Rolo com reservatório VONDER



Fonte: (VONDER, 2022)

Uma outra alternativa é a substituição do método tradicional pela pintura mecanizada, através das máquinas de Airless, que substituem a utilização de rolos por um sistema de bombeamento que pulveriza a tinta. Na Figura 4 temos o modelo do equipamento comercializado pela Vonder (VONDER, 2022). O equipamento trás uma grande agilidade para atividade, além de possibilitar uma cobertura uniforme das paredes. Entretanto, seu custo de aquisição é de em média R\$ 2.500,00, o que desencoraja os profissionais a adquirir o equipamento. Além disso, o consumo de tinta é significativamente maior em relação ao método tradicional.

Neste trabalho, foi aplicado a metodologia Lean para identificar e criar uma solução que reduzisse o desperdício de tempo na atividade de pintura (MARIZ; PICCHI, 2013). Para isso, foi desenvolvido um equipamento para automatizar o processo de umidificação

Figura 4 – Máquina Airless VONDER



Fonte: (VONDER, 2022)

do rolo, trazendo agilidade ao processo de pintura. O equipamento é uma alternativa as ferramentas disponíveis no mercado, pois possui um custo inferior as máquinas de Airless, e não possui um reservatório interno de tinta. Seu funcionamento é baseado no bombeamento de tinta, através de uma bomba diafragma, diretamente para o rolo de pintura.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos gerais

O objetivo principal do presente trabalho foi desenvolver todas as etapas de concepção de um equipamento de caráter inovador, voltado para facilitar a atividade de pintura de edifícios em geral. O equipamento tem como meta realizar o abastecimento de

tinta no Rolo de pintura de maneira automática, através de um sistema de bombeamento que utilize componentes de mercado e de baixo custo, reduzindo assim, no mínimo 20% do tempo de aplicação de tinta durante a atividade.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Dimensionar e especificar os componentes a serem utilizados no projeto;
2. Modelar, tanto em 3D quanto em 2D de todos componentes do projeto no Software NX Siemens (SIEMENS, 2022);
3. Testar e validar o funcionamento do protótipo.

2 METODOLOGIA

A seguir serão apresentadas as ferramentas que auxiliaram na elaboração do projeto, tanto em relação aos cálculos teóricos para dimensionamento dos componentes, quanto modelos de patentes que inspiraram ou serviram de comparativo para desenvolver a parte criativa do equipamento.

2.1 Dimensionamento da Bomba Hidráulica

O sistema proposto terá como componente principal uma bomba hidráulica. Para seu dimensionamento, os dados de entrada serão a vazão desejada e o comprimento da tubulação desejado. Para o dimensionamento da bomba, bem como cálculos referentes ao projeto hidráulico do equipamento, será utilizada como base os procedimentos prescritos no livro “Introdução à Mecânica dos Fluidos” (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2001), bem como em “Bombas e instalações de bombeamento” (MACINTYRE, 1982).

A vazão volumétrica esperada pode ser estimada através da Equação 1.

$$\dot{V} = \frac{V}{\Delta t} \quad (1)$$

Através da vazão, e sendo conhecida a área da mangueira, tem-se a velocidade de escoamento, pela Equação 2.

$$\dot{V} = v.A \quad (2)$$

Para converter a vazão volumétrica em vazão mássica, tem-se a Equação 3.

$$\dot{m} = \dot{V}.\rho \quad (3)$$

Para o cálculo da altura manométrica esperada da bomba, podemos utilizar a equação de Bernoulli.

$$H_b = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2} + (g(z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) + \Delta e \quad (4)$$

O número de Reynolds é obtido pela Equação 5.

$$Re = \frac{d.v.D}{\mu} \quad (5)$$

Existem diversas equações que podem ser utilizadas para cálculo da perda de carga em uma tubulação. Neste trabalho foi adotada a equação de Darcy-Weissbach, em regime laminar, definida pela Equação 4.

$$\Delta e = \left(\frac{64}{Re}\right)\left(\frac{L}{D}\right)\left(\frac{v^2}{2}\right) \quad (6)$$

A Figura 5 trás uma relação estimada para definir o comprimento equivalente 'L', que é usado na Equação 6.

Figura 5 – Perdas de Carga localizadas

Figura 2: Perdas de carga localizadas – equivalência em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem direta	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída bilateral	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canaliz.	Válvula de pé e crivo	Válvula retenção		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
DN (mm)	Ref. (pól.)																
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,5	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: Macintyre, 2017

Fonte: (MACINTYRE, 1982)

Por fim, para relacionar a altura manométrica da bomba com sua potência esperada, temos a Equação 7.

$$W_b = \frac{\gamma \dot{V} H_b}{\eta} \quad (7)$$

Vale ressaltar que para o cálculo da potência da bomba, não será considerado a perda de carga localizada dentro do rolo, apenas até a sua entrada, por critérios de simplificação.

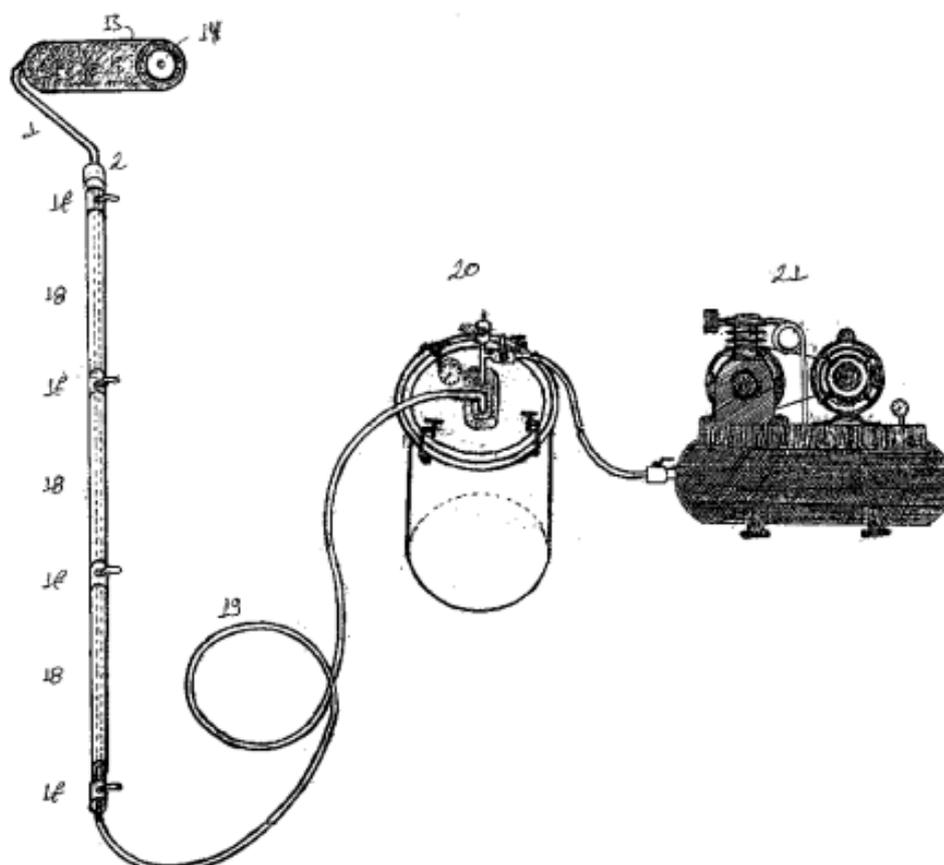
2.2 Pesquisa de Patentes

Foram analisadas patentes com mecanismos potencialmente úteis, tanto nacionais quanto internacionais, que fossem aplicáveis ao projeto. A busca foi realizada no banco de dados do INPI (ECONOMIA, 2022) e na ferramenta de busca “Google Patents”.

A primeira patente que foi utilizada para auxiliar na concepção do projeto apresenta objetivo similar ao equipamento proposto, com o diferencial no sistema de acionamento, que é dado por um compressor, como mostrado na 6 (SILVA, 2012). Para essa solução, apesar de atingir os mesmos objetivos finais esperados, uma desvantagem em relação ao equipamento desenvolvido neste trabalho é a necessidade de um compressor para seu funcionamento, componente este que tem um elevado custo de aquisição.

Uma segunda patente a ser utilizada no projeto traz uma configuração de rolo, que apesar de não contemplar um sistema de abastecimento automático, fornece uma

Figura 6 – Abastecimento com compressor

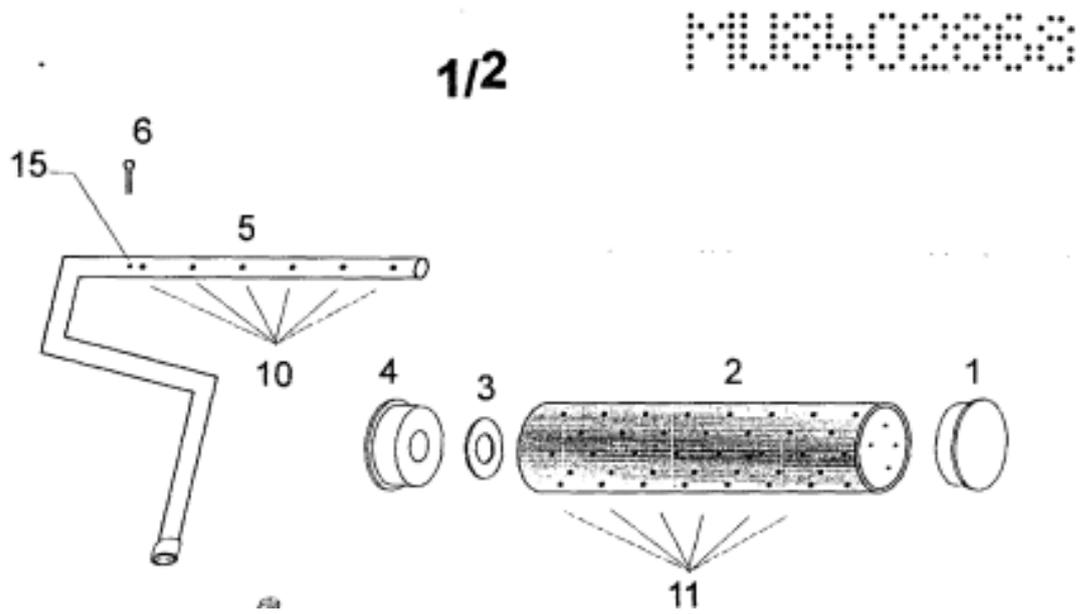


Fonte: (SILVA, 2012)

concepção do rolo com seu interior vazado, o que permite com que a tinta escoe para a superfície externa. Uma visão geral do equipamento é exibida na Figura 7 (SOUZA, 2006).

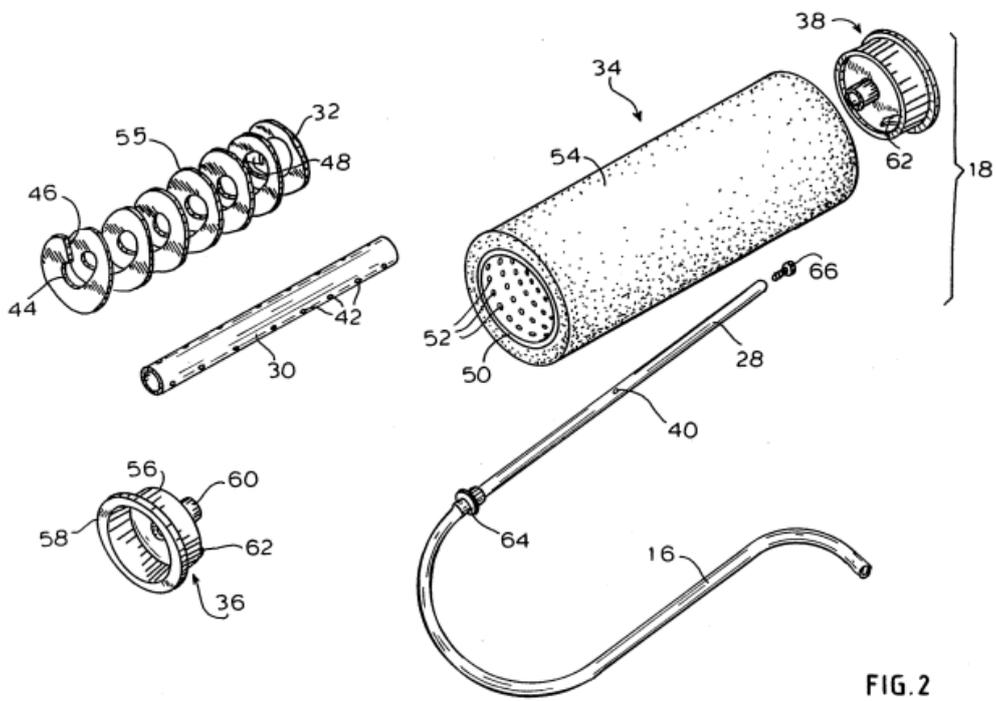
Ainda sobre a construção do dispositivo que permita que a tinta escoe do interior do rolo para sua superfície externa, uma configuração alternativa é apresentada na Figura 8, provinda de uma patente americana (GEBERTH, 1998). Essa solução é composta por um rolo vazado, que comporta em seu interior uma flauta com furações em seu comprimento para escoamento da tinta, além de uma serpentina para realizar a distribuição uniforme da tinta conforme sua utilização. A patente não contempla um sistema automático de bombeamento, ao contrário do que é proposto neste trabalho.

Figura 7 – Interior do rolo vazado



Fonte: (SOUZA, 2006)

Figura 8 – POWER ROLLER ASSEMBLY



Fonte: (GEBERTH, 1998)

3 DESENVOLVIMENTO

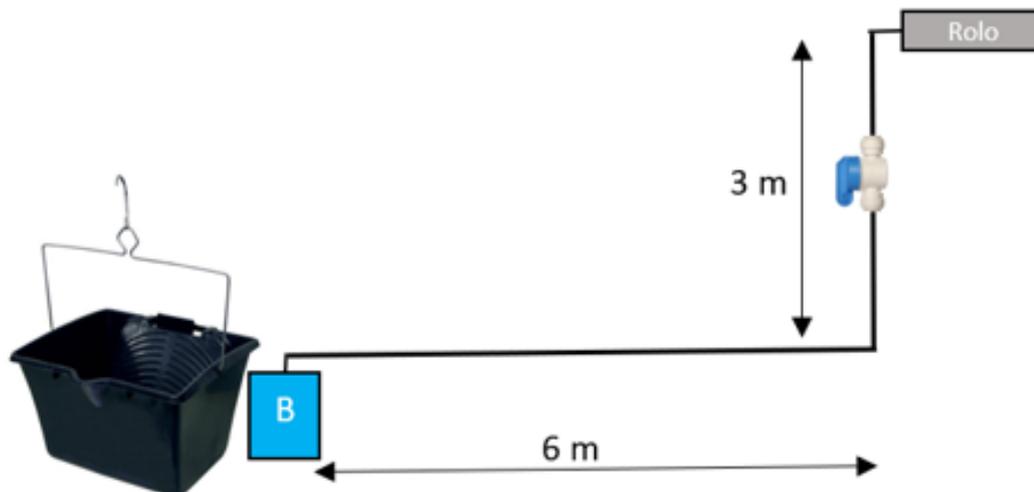
A concepção do projeto foi dividida em duas etapas, sendo a primeira o projeto teórico do equipamento, que contemplou todo dimensionamento e desenho técnico dos componentes (NBR, 1995). A segunda etapa consistiu na prototipação, ajustes e testes.

3.1 Projeto Teórico

3.1.1 Mecanismo de pressurização do fluído

Para cálculos referentes ao dimensionamento do sistema, foi adotada a simplificação exposta na Figura 9. Ela reflete uma situação usual de um pintor, haja visto que paredes residenciais tem em média 3 metros de altura, e que o pintor necessita de mobilidade enquanto estiver usando o equipamento. No esquema também foi inserido uma válvula de globo, visando regular o fluxo de tinta.

Figura 9 – Esquema do sistema hidráulico



Autor

Referente ao fluído a ser utilizado, tomou-se como base a tinta acrílica da marca Suvnil (BASF, 2022), cujos dados são apresentados na Figura 10. Esses dados tem uma grande margem de erro, visto que são diferentes para cada marca de tinta, cor, e qualidade oferecida no mercado.

Não foram encontrados dados referente a viscosidade dinâmica para tintas. Sendo assim, foi adotado o valor de um líquido com densidade e comportamento físico semelhante,

Figura 10 – Dados do Fluido

Suvinil		BOLETIM TÉCNICO		BASF We create chemistry	
Suvinil Construções Acrílico Standard					
Produto					
Descrição	É uma tinta fosca destina à construção civil de fácil aplicação, secagem rápida, baixo odor e proporciona um finíssimo acabamento fosco.				
Indicação	Indicado para pintura de superfícies internas e externas de reboco, massa acrílica, texturas, concreto, fibrocimento e internas de massa corrida e gesso devidamente preparadas. Pode ser aplicado com equipamento airless*.				
Cor	Branco				
Principais Benefícios	Rende até 380 m ² por demão*.				
	Alta cobertura e durabilidade.				
REFERÊNCIAS NORMATIVAS					
CLASSIFICAÇÃO	Este produto atende à ABNT NBR 11702:2010	Tipo	Descrição	Função/Definição	
		4.5.2	Látex Standard.	Pintar superfícies de alvenaria em geral, proporcionando acabamento indicado pelo fabricante.	
INFORMAÇÕES TÉCNICAS					
Composição	Água, resina à base de dispersão aquosa de copolímero estireno-acrílico, pigmentos isentos de metais pesados, cargas minerais inertes, glicóis e diuron.				
Toxicidade	Consultar FISPQ - Ficha de Segurança do Produto Químico - disponível no site www.suvinil.com.br				
Embalagens (Cores prontas)					Lata 18 L
VOC - Compostos Orgânicos Voláteis - (Valor obtido através da Norma Européia DIN EN 11890-1)					0 - 0,2 g/L
VOC - Compostos Orgânicos Voláteis - (Valor obtido através da Norma Internacional ASTM D 3960-05)					0 - 0,2 g/L
Sólidos/Massa - (Valor obtido através da Norma ABNT NBR 15315:2005)					50 - 54 %
Sólidos/Volume - (parte que permanece no filme seco, quanto maior o valor, maior será a camada seca)					29 - 33 %
Densidade - (peso específico, quanto maior o valor mais pesado/denso será o produto)					1,40 - 1,44 g/cm ³
pH - ASTM E70 - Standard Test Method for pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode					8,0 - 12,0
Prazo de Validade - (embalagem fechada e sem uso)					36 meses

Fonte: (BASF, 2022)

no caso, o mel líquido (SILVA, 2022), com coeficiente de viscosidade dinâmica de 10 [Kg/m.s].

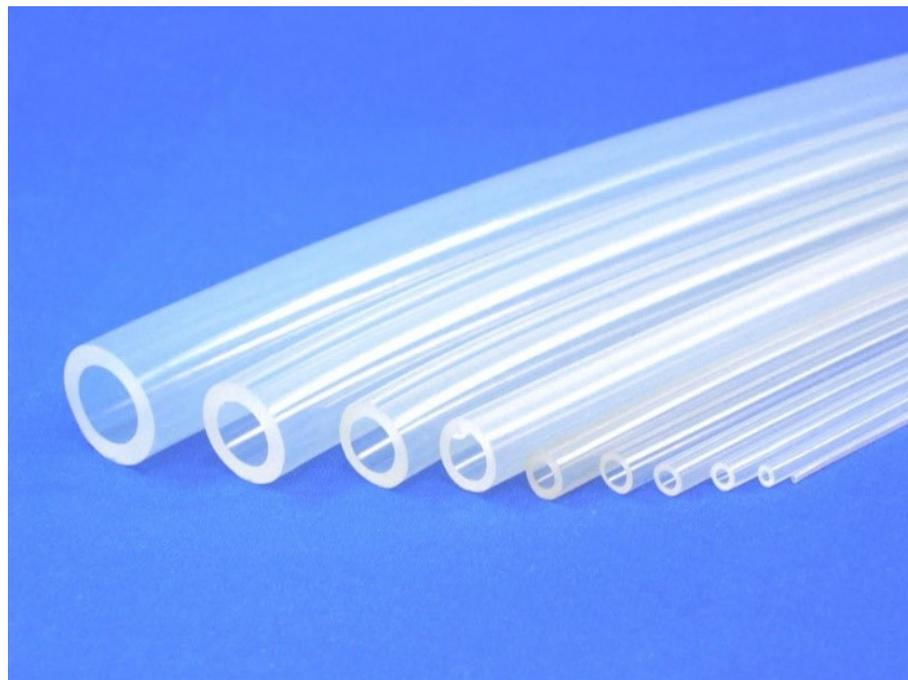
Para seleção da mangueira foram levados em consideração os seguintes aspectos: flexibilidade, custo e peso. Com isso, foi utilizado a mangueira de silicone, com diâmetro de 10mm, similar a Figura 11.

Em posse dessas informações, foi possível realizar os cálculos para definição da potência nominal da bomba. O valor encontrado foi de 1,64 [W], considerando o rendimento da bomba como 0,6. Com isso, foi adotada uma bomba do tipo Diafragma, com potência nominal de 36[W]. Esse modelo já era esperado para o projeto, pois tendo em vista os modelos comerciais de bombas, caso esse modelo não fosse aplicável, o projeto se tornaria inviável, devido ao custo de prototipação. As características da bomba adotada é apresentada na Figura 12 (SUPERAGRI, 2023).

3.1.2 Sistema Elétrico

O sistema elétrico do projeto é composto por uma bomba, uma fonte de alimentação CC 12 V, e um interruptor, para que o usuário possa ligar e desligar com facilidade o equipamento sem a necessidade de retirar o sistema da tomada. Na Figura 13 temos o esquema elétrico projetado.

Figura 11 – Mangueira de silicone



Fonte: Borrachas Moema

Figura 12 – Motor Bomba Diafragma 12V 100 PSI

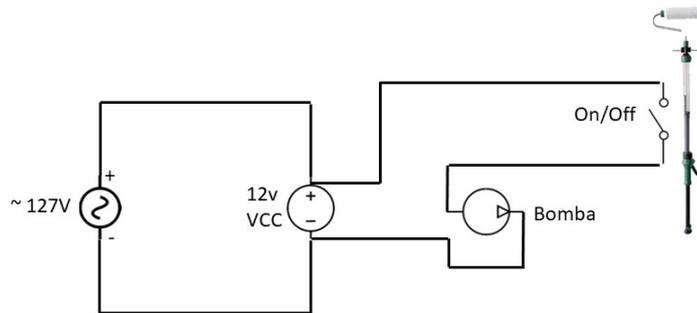


Fonte: (SUPERAGRI, 2023)

3.1.3 Flauta de distribuição

Um dos mecanismos chaves para o funcionamento do equipamento foi a flauta de distribuição. Sua função é distribuir a tinta dentro do rolo, da maneira uniforme. Para sua concepção, foi tomada como base a patente já mencionada "MU 8402868-8 U" (SOUZA, 2006), criando uma flauta com furos ao longo do seu comprimento. O projeto do componente é ilustrado na Figura 14.

Figura 13 – Esquema elétrico



Fonte: Autor

Figura 14 – Flauta de Distribuição



Fonte: Autor

Durante seu desenvolvimento, foi pensado em uma solução que atendesse todos os critérios abaixo.

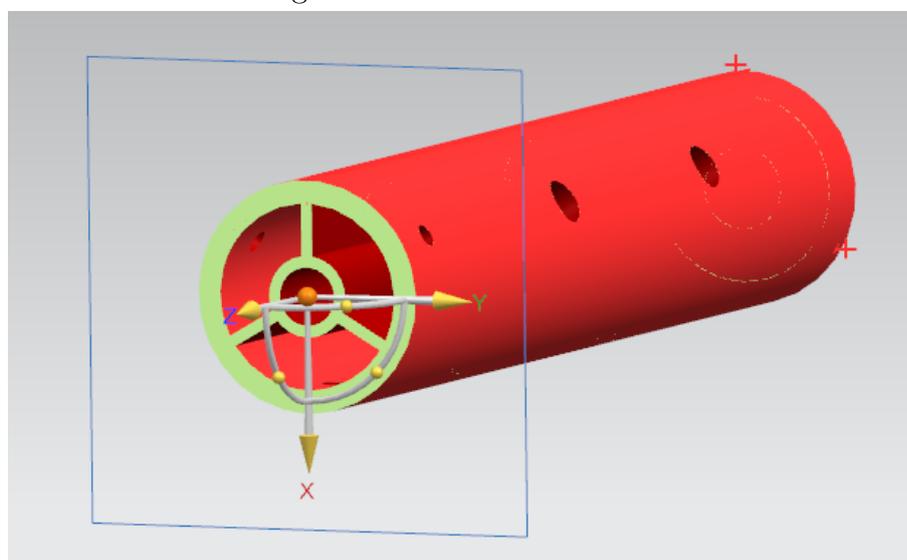
1. Não ter movimento relativo, uma vez que ao ser fixa a tampa do reservatório, caso a

flauta rotacionasse em torno de seu próprio centro, esse movimento acarretaria no giro da mangueira, que acabaria sendo contorcida e travaria o sistema.

2. Possibilitar a fixação do eixo do garfo de pintura em sua linha de centro.
3. Propiciar a distribuição da tinta de maneira uniforme ao longo de seu comprimento.
4. Possibilitar o acoplamento do rolo de espuma, de modo a possibilitar que ele gire livremente em relação a sua linha de centro.
5. Evitar vazamentos de tinta em suas extremidades e em suas conexões.

A solução proposta para sua estrutura central é apresentada na Figura 15, onde vemos a furação na qual será fixo eixo do garfo de pintura.

Figura 15 – Interior da flauta



Fonte: Autor

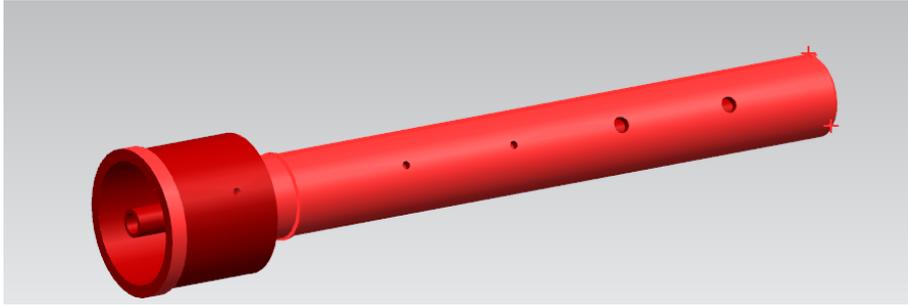
Para a distribuição uniforme da tinta ao longo de seu comprimento, tendo como base as patentes estudadas, foram feitas furações com diâmetros crescentes à medida que o comprimento se distância do ponto de entrada da tinta. Isso porque, como a pressão da tinta é maior na entrada do que no comprimento máximo da flauta, a diferença de vazão em cada orifício será compensada pela diferença de área do orifício. Essa solução é apresentada na Figura 16.

Parte integrante da flauta, também foi desenvolvido uma tampa, incumbida de vedar seu interior, e possibilitar a conexão da mangueira de silicone. A conexão proposta foi do tipo espigão, simples e funcional. O desenho do componente é ilustrado na Figura 17, elaborada no Software NX Siemens 12.

O croqui 2D completo da flauta de distribuição é apresentado na Figura 18, elaborada no Software NX Siemens.

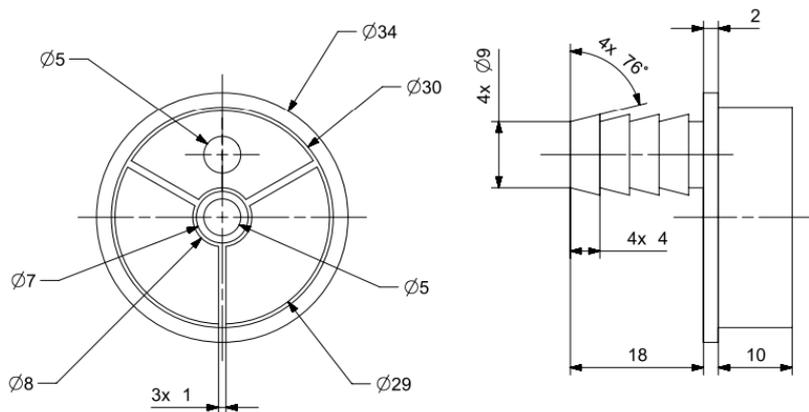
A solução proposta para a fixação do rolo de espuma foi utilizar dois rolamentos axiais, um em cada extremidade da flauta, de modo que o rolo será apoiado nesses

Figura 16 – Tampa da flauta



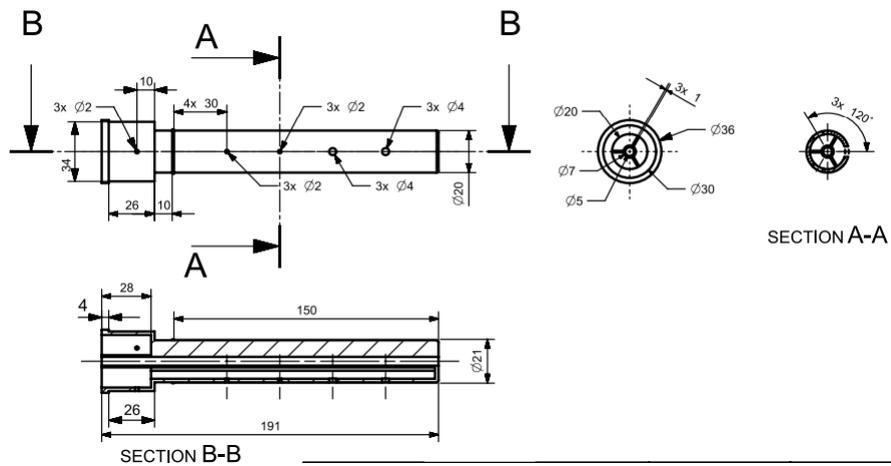
Fonte: Autor

Figura 17 – Tampa da flauta



Fonte: Autor

Figura 18 – Croqui flauta

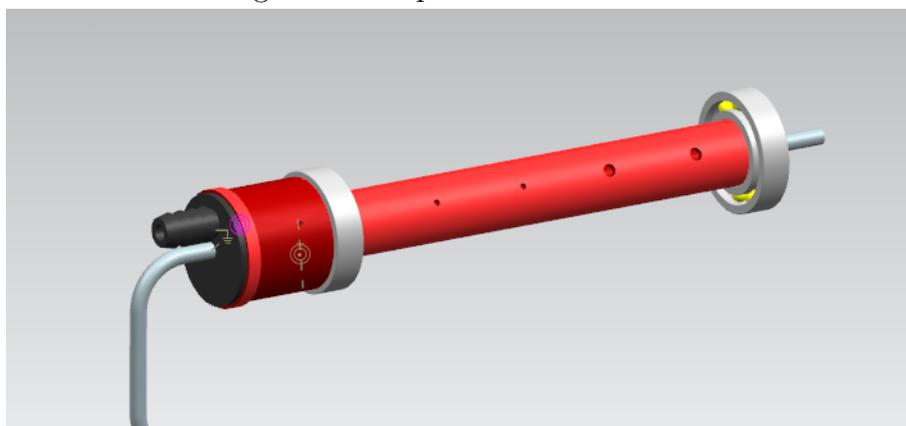


Fonte: Autor

rolamentos. Dessa forma, a pista interna do rolamento será fixa à flauta, por ajuste interferente, e a pista externa, na qual o rolo estará instalado, terá giro livre, como mostra

a Figura 19. A eficiência dessa solução foi testada após a construção do protótipo, pois oferecia o risco de não fornecer a vedação adequada para que a tinta não vazze pelos rolamentos.

Figura 19 – Apoio dos Rolamentos



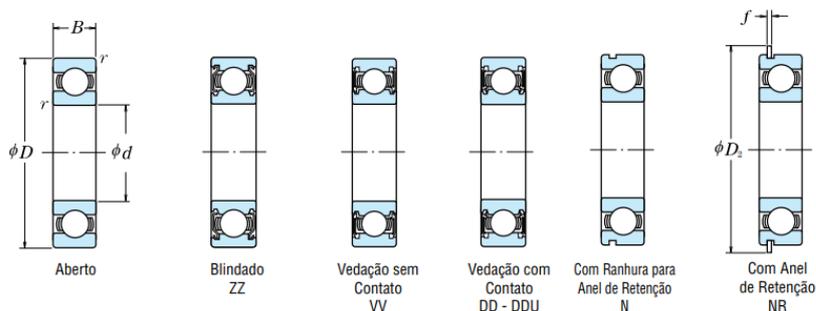
Fonte: Autor

O rolamento escolhido foi selecionado no catálogo da SKF (), modelo fixo de uma carreira de esferas, uma vez que não se trata de uma aplicação que exige um modelo resistente. Para a seleção, foi levado em conta principalmente o diâmetro interno do rolo de espuma de 37mm (medida obtida após a aquisição do produto), que resultou no rolamento SKF 6805, conforme Figura 20.

Figura 20 – Catálogo SKF

ROLAMENTOS FIXOS DE UMA CARREIRA DE ESFERAS

Diâmetro do Furo 25 – 45 mm



Dimensões (mm)	Capacidade de Carga Básica (N)				Capacidade de Carga Básica (kgf)		Fator f_0	Limite de Rotação (rpm)			Número do Rolamento					
	d	D	B	r min.	C_r	C_{0r}		C_r	C_{0r}	Graxa	Óleo	Aberto	Blindado	Vedado		
25	37	7	0,3		4 500	3 150	455	320	16,1	18 000	10 000	22 000	6805	ZZ	VV	DD
	42	9	0,3		7 050	4 550	715	460	15,4	16 000	10 000	19 000	6905	ZZ	VV	DDU
	47	8	0,3		8 850	5 600	905	570	15,1	15 000	—	18 000	16005	—	—	—
	47	12	0,6		10 100	5 850	1 020	595	14,8	15 000	9 500	18 000	6005	ZZ	VV	DDU

Fonte: SKF

3.1.4 Rolo de espuma

O rolo de espuma que foi instalado no equipamento teve a necessidade de ser vazado, bem como na patente americana apresentada (GEBERTH, 1998), para que a tinta escoasse de seu interior, e umidificasse a espuma. Como o processo para fabricar esse rolo a partir de um rolo comercial comum é complexo, foi selecionado um modelo já disponível em mercado, da empresa Vonder (VONDER, 2022), usado em seu modelo clássico de rolo de pintura com reservatório manual, conforme Figura 21.

Figura 21 – Rolo de Espuma



Fonte: Vonder

3.2 Prototipação

3.2.1 Montagem da Flauta

Todos os componentes com fabricação específica para o projeto foram construídos através de impressão 3D, com apoio de uma empresa especializada (PRINTER, 2022) As peças em sua condição original são apresentadas na Figura 22.

Durante a montagem, os ajustes e tolerâncias se mostraram um grande desafio. Devido ao caráter experimental da impressão 3D, nem todas as medidas enviadas no desenho de fabricação foram respeitadas. Para solucionar esse problema, foi necessário ajustar o diâmetro externo da flauta em um esmeriladeira, até que os rolamentos de apoio se encaixassem com o ajuste adequado. O encaixe do rolo de espuma também apresentou problemas dimensionais, resultando em folga entre o rolo e os rolamentos. Como medida corretiva, para este protótipo, a pista externa do rolamento foi envolvida com fita Veda rosca, até que o ponto em que o encaixe do rolo de espuma ficasse interferente o suficiente, como mostra a Figura 23.

Figura 22 – Peças da flauta de distribuição



Fonte: Autor

3.2.2 Montagem do Rolo

O garfo de pintura utilizado foi um modelo comercial, similar ao apresentado na Figura 24. Esse garfo foi desmontado, descartando as peças de apoio superiores, e mantendo apenas seu eixo metálico. Esse eixo também foi usinado em um esmeril, até que fosse possível monta-lo no furo central da flauta.

O rolo montado é apresentado na Figura 25. Devido a fatores de investimento, nem todos os componentes propostos no projeto inicial foram implementados.

Figura 23 – Montagem dos rolamentos



Fonte: Autor

Figura 24 – Montagem dos rolamentos



Fonte: Autor

3.2.3 Instalação da bomba

Como já mencionado no projeto, para a alimentação da Bomba diafragma foi utilizada uma fonte 12V. Foi instalado um interruptor próximo a bomba, como mostra a Figura 26. Ainda durante a montagem, os encaixes das mangueiras na bomba apresentaram

Figura 25 – Montagem do rolo



Fonte: Autor

folga, e como medida corretiva, foram fixadas com arame recozido liso.

3.2.4 Teste com água

Após a montagem do conjunto, inicialmente foram realizados testes bombeando água para o sistema. Como resultado dos testes, o maior problema identificado foram vazamentos na flauta de distribuição. Para não inviabilizar o protótipo, a solução adotada foi revestir os locais de vazamento com adesivo Epóxi, conforme Figura 27. A medida adotada apresentou bons resultados, reduzindo os vazamento quase que por completos.

Figura 26 – Interruptor da bomba



Fonte: Autor

Figura 27 – Vedação em epóxi



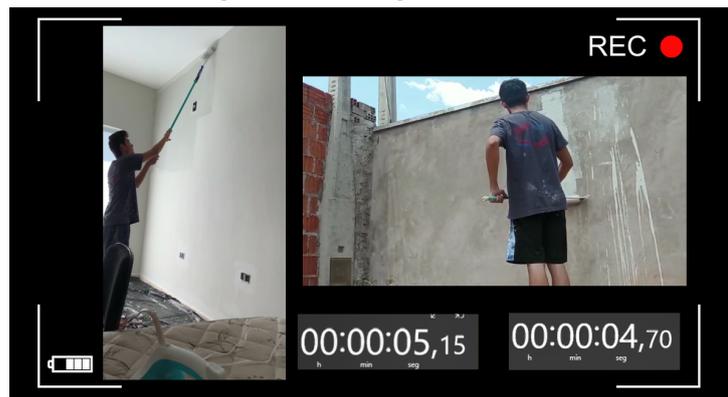
Fonte: Autor

4 RESULTADOS

Após a montagem e testes com água, foi feito o teste de funcionamento do equipamento. O equipamento apresentou um bom funcionamento, cumprindo com todos seus objetivos propostos.

Para medição do desempenho do equipamento, dois registros foram realizados, o primeiro com a ferramenta normal de pintura, em que é necessário molhar o rolo. A segunda, foi registrada com o uso do equipamento desenvolvido neste trabalho. Conforme mostram as figuras 28 e 29, em um tempo aproximado de 1:00 minuto, o trabalhador passa cerca de 40 segundos efetivamente pintando a parede (20 segundos umidificando o rolo), enquanto que com o rolo automatizado, não há necessidade de parar a operação. Ou seja, levando em conta um mesmo trabalhador, realizando a pintura da parede no mesmo ritmo de trabalho, há um ganho de eficiência de, em média, 50%.

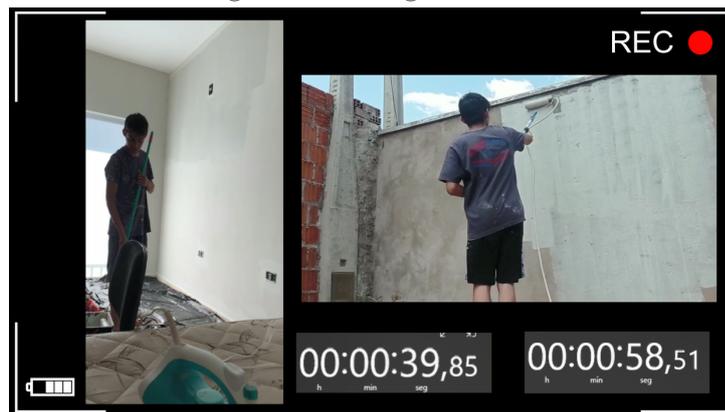
Figura 28 – Registro inicial



Fonte: Autor

Entretanto, com o uso regular do equipamento, algumas falhas foram identificadas. A primeira delas é em relação aos rolamentos de esferas, que devido a umidade, sofreram corrosão e criaram ferrugem. A limpeza do equipamento também foi um fator crucial. Em um caso em que o equipamento não foi lavado corretamente após o uso, sem bombear água em abundância até limpar a tinta do sistema, a flauta após algumas horas ficou obstruída pela tinta seca, e houve dificuldade em realizar o reparo.

Figura 29 – Registro final



Fonte: Autor

5 CONCLUSÃO

A ideia de equipamento proposto se mostrou possível e promissora. Como um protótipo, cumpriu seus requisitos, aumentando a eficiência da atividade de pintura manual, além das expectativas. Como um produto, o projeto ainda precisa passar por ajustes antes de estar pronto para o mercado.

Dentre as principais problemáticas, destaca-se a vedação do equipamento, que não teve um bom desempenho. Para uma nova versão, os desenhos precisam ser revisados, de forma a limitar com exatidão os ajustes e tolerâncias para montagem da flauta. Além disso, um novo material deve ser estudado para a fabricação das peças, visto que a impressão 3D teve suas limitações. Uma alternativa já mencionada, seria a confecção das peças utilizando plásticos de engenharia usinados, o que permite um maior controle sobre as dimensões.

Em relação aos custos para prototipação, o total de gastos envolvidos foi de R\$483,15. Ainda que dentro da margem esperada, para uma nova versão é necessário reduzir seu custo de produção. A aquisição dos componentes em lotes maiores, e a substituição da impressão 3D, se mostra uma solução viável.

Componente principal do projeto, a bomba diafragma foi a grande vitória do equipamento. Sua potência foi suficiente para realizar o bombeamento, necessitando até de um regulador de vazão para uma próxima versão, pois a vazão de tinta no rolo foi maior do que a necessária para a atividade.

Em relação ao uso do equipamento, o *feedback* também foi positivo, principalmente pelo fato de que o rolo ficou fácil de manusear, sem ficar pesado como em outras alternativas de mercado. O incomodo maior foi notado em relação a limpeza e desmontagem do equipamento, que levou em média 20 minutos.

De modo geral, o projeto teve resultados positivos, porém necessita de um investimento maior para que atinja uma versão de excelência. A prototipação foi realizada com poucos recursos, com alguns componentes improvisados, mas que poderiam facilmente serem substituídos por soluções já existentes e disponíveis no mercado.

REFERÊNCIAS

- BASF. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: SUVINIL CONSTRUÇOES ACRILICO STANDA RD FOSCO BRANCO**. 2022. Disponível em: <<https://www.suvinil.com.br/upload/8e0cf46f-ccc1-418d-a3b9-c6842fa0bffd-v-18-0-suvinil-construcoes-acrilico-standard.PDF>>. Acesso em: 11.7.2022.
- BRASIL. Lei complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2006. ISSN 1677-7042. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp123.htm>.
- DATAMINER, D. **Mapa da Inovação - Investimentos**. 2022. Disponível em: <<https://noomis.febraban.org.br/temas/fintechs-e-startups/guia-completo-das-fintechs-brasileiras-mostra-expansao-de-investimentos-e-negocios-veja>>. Acesso em: 11.7.2022.
- ECONOMIA, I. N. da Propriedade Industrial Ministério da. **Consulta Base de Dados do INPI**. 2022. Disponível em: <<https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/LoginController?action=login>>. Acesso em: 11.7.2022.
- FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. Introdução à mecânica dos fluidos, 5ª edição. **LTC Editora**, 2001.
- GEBERTH, J. D. **"RPOWER ROLLER ASSEMBLY", US 4,728,213**. 1998.
- MACINTYRE, A. J. Bombas e instalações de bombeamento. **Rio de Janeiro: Guanabara Dois**, 1982.
- MARIZ, R. N.; PICCHI, F. A. Método para aplicação do trabalho padronizado. **Ambiente Construído**, SciELO Brasil, v. 13, p. 7-27, 2013.
- NBR, A. 10067: Princípios gerais de representação em desenho técnico. **Rio de Janeiro**, 1995.
- PRINTER, A. D. **AJ 3D Printer - Serviço De Impressão 3D**. 2022.
- SIEMENS. **Siemens NX CAD Software: NX 12**. 2022. <<https://www.plm.automation.siemens.com/global/pt/products/nx/>>.
- SILVA, N. R. da. **"ROLO DE PINTURA PARA PAREDES QUE NÃO NECESSITA MOLHAR O ROLO", BR 20 2012 030853-9 U2**. 2012.
- SILVA, P. P. A. da. **Fluidos Conceitos fundamentais**. 2022. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1645373/mod_resource/content/1/Primeira\%\protect\T1\textdollar20aula\%20-%20fluido.pdf>. Acesso em: 11.7.2022.
- SOUZA, J. de O. **"ROLO DE PINTURA DE CARGA CONTÍNUA", MU 8402868-8 U**. 2006.
- SUPERAGRI. **Motor Bomba Diafragma 12V 100 PSI SuperAgri**. 2023. Disponível em: <<https://www.superagri.com.br/peças/pulverizador-eletrico-16-litros-sh16rp/motor-bomba-diafragma-12v-100-psi-superagri>>. Acesso em: 12.01.2023.

VONDER, G. O. **Rolo de pintura com reservatório VONDER 62.41.000.540**. 2022. Disponível em: <https://www.vonder.com.br/produto/rolo_de_pintura_com_reservatorio_vonder/28382>. Acesso em: 10.08.2022.