

Financiamento



Execução



## Relatório de Infraestrutura para Testes Finais

16 de novembro de 2015

# 1 Objetivo

Esse documento tem como objetivo descrever os requisitos mínimos para a realização dos testes finais para a análise de viabilidade técnica para o processo de metalização de turbinas *in situ*, como parte final do projeto EMMA. Serão descritos os critérios mínimos que os testes devem cobrir e avaliar, assim como possíveis cenários de teste e o espaço e a infraestrutura disponíveis e necessários para a realização dos mesmos.

## 2 Critérios

### 2.1 Cobertura da pá

Um dos principais requisitos é a capacidade do sistema de posicionar corretamente o efetuator em toda a superfície da pá utilizando o manipulador escolhido (Motoman MH12) e o sistema mecânico composto por trilho e base, garantindo assim uma total cobertura da superfície a ser revestida. Caso contrário, o processo de metalização não pode ser finalizado utilizando a solução proposta como único método de revestimento. Portanto, um dos critérios a ser analisado é o alcance do manipulador em todos os pontos ou pontos chave previamente selecionados, obedecendo a restrição de um ângulo de até  $30^\circ$  em relação à superfície da pá e uma distância entre  $0.23m$  e  $0.24m$ , até a ponta da pistola de metalização (ou peça representando a mesma).

### 2.2 Payload e vibrações

O processo de metalização utiliza, atualmente, uma pistola com peso aproximado de  $8,5kg$  e necessita de cabeamento até o sistema auxiliar externo. Para assegurar a qualidade final do revestimento, o processo tem como requisito uma velocidade constante de  $40m/min$  durante o jateamento. Portanto, o sistema base e manipulador deverá ser capaz de realizar uma trajetória pré-estabelecida com um payload de  $8,5kg$ , na velocidade especificada, e sofrendo a ação de um empuxo no sentido contrário à ponta do efetuator.

### 2.3 Calibração

A posição relativa entre o manipulador e ao modelo em escala 1:1 da pá deve ser calculada a partir da nuvem de pontos gerada pelo sensor Faro Focus X330. O sistema de calibração também deve ser capaz de identificar e posicionar as pás do modelo em escala 5:1 em diversas posições do rotor e ângulo de ataque das pás.

## 2.4 Estrutura mecânica

Deverão ser verificadas a capacidade de montagem da estrutura mecânica, a robustez do sistema e seu nível de vibrações, quando aplicados as forças e torques máximos especificados no *datasheet* do manipulador MH12. A capacidade de posicionamento da base do robô, assim como o pivoteamento entre o trilho primário e secundário.

## 2.5 Shutter

A capacidade de desvio do fluxo de particulado, antes da queima, deve ser avaliado, assim como as alterações na pressão no sistema de alimentação.

# 3 Espaço disponível

Atualmente, o único espaço disponível para a realização dos testes é a área adjacente ao LEAD, dentro do terreno do laboratório. A utilização desse espaço é restringida por normas e qualquer estrutura a ser construída no local deve ser aprovada pela arquiteta da UFRJ.

Foi realizada uma medição do espaço, obedecendo a distância mínima de  $1,5m$  da parede e sem obstruir a rampa de acesso da porta de emergência. O espaço disponível ocupa uma área retangular de  $5,40 \times 3,00m$ . O limite de altura não foi aferido, entretanto a ventilação e a entrada de luz do galpão e prédios vizinhos devem ser mantidas.

# 4 Infraestrutura

Não existe, no momento, nenhuma infraestrutura no local para as realização dos testes, sendo necessário a implementação da infraestrutura civil, elétrica e de suporte para os testes.

Primeiramente, o objetivo principal dos testes consistia em realizar um processo de pintura automática, simulando o processo de metalização e com forte apelo visual para o cliente. Entretanto, como será exposto a seguir, a infraestrutura necessária para o processo é extensa e os parâmetros realmente testados não são explícitos.

## 4.1 Pintura

Sistema de Pintura: para a utilização de um sistema de pintura é necessária a utilização de sistemas de: compressão de ar, purificação de ar, compressão de tinta, isolamento e exaustão.

Compressão de ar: O ar necessário para o sistema deve ser limpo e seco. Para isso é

necessário utilizar um compressor de diafragma, no qual não existe contato do pistão com o ar a ser comprimido ou um filtro de óleo. A umidade também afeta o sistema e é necessário a utilização de filtros desumidificadores e condensadores de água. Entretanto para o propósito em questão, acredito que apenas um compressor de diafragma seria suficiente, pois não há necessidade de uma pintura de qualidade.

**Compressão de tinta:** As pistolas de tinta podem ser divididas, basicamente, em dois grandes grupos: pistolas a gravidade e pistolas automáticas. A primeira classe possui um recipiente onde é armazenada a tinta e é acoplada à pistola. Essa característica restringe o movimento do conjunto, forçando que o efetuator fique orientado sempre com o recipiente na vertical. Essa restrição adicional é desnecessária para o nosso teste e, por isso, desclassifica esse tipo de pistola como um possível dispositivo para a realização do mesmo. A segunda categoria utiliza, além da alimentação de ar comprimido, uma alimentação de tinta proveniente de um tanque de pressão de tinta.

Outro fator importante é o isolamento da "cabine de pintura" e a correta exaustão do ar do particulado em suspensão. A pistola de tinta pulveriza a tinta em direção à peça a ser pintada e parte dessa tinta fica em suspensão no ambiente, impregnando as paredes e objetos próximos. A presença humana nesse ambiente requer máscaras de respiração e proteção para olhos e roupas, e qualquer equipamento eletrônico próximo seria danificado, incluindo computadores e o próprio controlador e manipulador. Sendo assim, é necessário o isolamento da área onde será realizada a pintura e proteção do manipulador. Outro ponto a ser considerado é a realização de exaustão, filtragem e descarte corretos da tinta, para que não se danifique nenhuma estrutura adjacente ao local de testes (LEAD e prédios vizinhos).

A área útil de metalização realizada pela pistola é de 3mm e as pistolas automáticas são para pinturas de grandes superfícies, não sendo possível uma cobertura tão precisa. Portanto, o propósito do teste é prejudicado e a pintura serviria apenas como um indicativo visual, não representando a real trajetória do efetuator e nem a real cobertura realizada.

Portanto, não acredito que o investimento de capital, tempo e mão de obra para a construção de uma infraestrutura de pintura para o teste de viabilidade técnica para o projeto EMMA 1 justifique os benefícios alcançados por esse tipo de procedimento. Outro fator limitante é o espaço ocupado por todos os equipamentos em comparação com o espaço disponível no momento, como será apresentado a seguir. Também serão apresentadas alternativas de testes possíveis para ser realizados com o espaço e tempo disponíveis, que consigam avaliar os requisitos mínimos para a viabilidade técnica do processo de metalização realizado pelo sistema proposto.

## 4.2 Configuração mínima

A partir do espaço disponível, foi realizado um esboço de uma configuração mínima de testes. Como pode ser observado na figura 1, a acomodação dos itens necessários se dá de maneira

apertada. A configuração mínima necessária foi considerada como: uma pá em escala 1:1, uma seção do trilho primário servindo apenas como ponto de apoio e pivoteamento, trilho secundário de 2,75m, manipulador MH12 e seu controlador NX200.

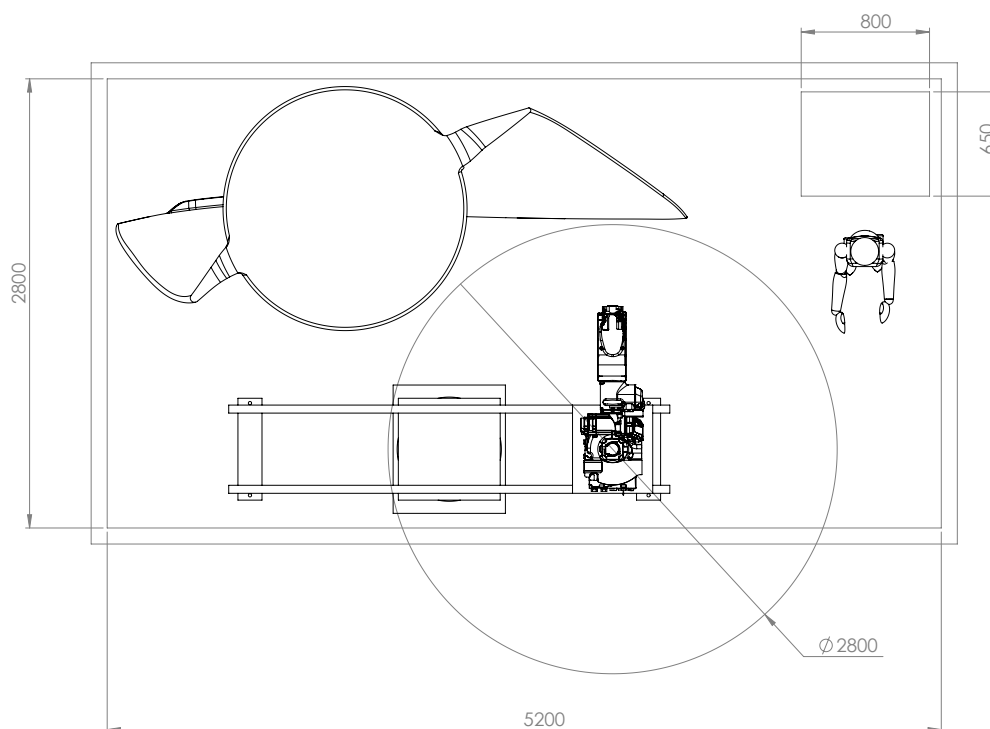


Figura 1: Espaço disponível e possível disposição dos elementos necessários para os testes.

Pode-se observar que o robô não tem seu espaço de trabalho totalmente livre. As paredes ficam dentro de seu alcance, representando um perigo estrutural para o ambiente, existindo apenas uma posição para a sua base que possibilita um espaço livre no semi círculo frontal do robô, essa seria a única área que teríamos para realizar testes antes de simular o coating da pá. Esse cenário não é o ideal, uma vez que até o teste final, é necessário um espaço para livre movimentação sem risco de colisões.

## 5 Testes

Essa seção apresentará propostas de testes afim de contemplar os critérios apresentados na seção 2

## 5.1 Teste da base

Devido ao espaço limitado e as configurações possíveis de fixação, foi analisado que uma possibilidade de testes é avaliar a rigidez estrutural do trilho secundário, considerando uma única posição de fixação e sem a necessidade da presença de bases magnéticas. O teste contemplaria apenas a rigidez entre o ponto de pivoteamento e o trilho secundário e entre o trilho secundário e a base do robô. Assim como a necessidade e possibilidade de uma fixação da base do robô diretamente a superfície de apoio.

## 5.2 Teste de cobertura da pá

Visto que uma infraestrutura de pintura não apresentou um custo benefício interessante, outros métodos devem ser propostos.

- **Toque em pontos específicos:** para avaliar a cobertura, seria possível um cenário de testes no qual, com o auxílio de um efetuador, o manipulador realizaria toques nas partes extremas da pá. A cobertura total seria assumida a partir da hipótese que os pontos amostrados são pontos críticos e suficientes.
- **Pintura com caneta:** afim de garantir o apelo visual para o cliente, seria possível realizar um cenário no qual o manipulador realizaria a pintura da pá com a ajuda de uma caneta e um efetuador com um sistema de molas para garantir uma tolerância em relação à distância da pá. A caneta teria uma espessura mais próxima à área útil de metalização da chama, oferecendo uma medida mais realista da cobertura da pá se comparada a um sistema de pintura.
- **Pintura por *light painting*:** seguindo o mesmo raciocínio da pintura com caneta, o robô realizaria uma pintura virtual da pá, utilizando um laser e uma câmera para sobrepor toda a trajetória. Esse cenário retira a complexidade mecânica e o risco de danificação tanto da pá, quanto da caneta, porém adiciona complexidade de implementação e integração do sistema.

## 5.3 Teste de Calibração

A partir da infraestrutura proposta, os cenários de testes da calibração seriam a calibração em escala 1:1 com a pá em posição fixa e o manipulador sendo movimentado. A calibração pode ser realizada com o sensor sendo posicionado de maneiras diferentes, com a presença ou não de oclusão. Para a identificação do cone e diversos posicionamentos da pá, é possível a utilização da maquete 5:1.

## 5.4 Payload e vibrações

Para os testes de payload e vibrações é proposto a utilização de um lastro simulando o peso da pistola e um compressor de ar para simular o empuxo gerado pelo processo. Esse compressor pode ser simples e o laboratório já possui um de dimensões que não atrapalhariam a configuração proposta. É preciso apenas uma especificação correta das forças geradas pelo processo para o dimensionamento da vazão de ar necessária e verificação da conformidade do atual compressor.

## 6 Shutter

O estudo do Shutter ainda está em aberto e necessita de mais discussões com a empresa parceira Rijeza. É possível que os testes desse dispositivos sejam realizados nas instalações da Rijeza no sul do país ou na própria usina de Jirau.