



FAPERJ & PIUES/PUC-Rio

FÍSICA E MATEMÁTICA DO ENSINO MÉDIO APLICADAS A SISTEMAS DE ENGENHARIA

Rio de Janeiro, 05 de Maio de 2015.

1) INTRODUÇÃO

A equipe desenvolvedora deste projeto conta com:

- Prof. Mauro Speranza Neto, Eng. Mecânico, D.Sc., responsável pela concepção, modelagem, simulação e análise dos sistemas;
- Allan Nogueira de Albuquerque, Eng. Mecânico, M.Sc., responsável pelo projeto e especificação dos componentes dos sistemas;
- Lucas Maciel Ribeiro, Técnico de Laboratório, responsável pela concepção, construção, montagem e operação dos sistemas.

2) MOTORES ELÉTRICOS

Motores elétricos são usados em diversos tipos de sistemas pelo seu relativo baixo custo, alta eficiência energética, fácil miniaturização e controle. Entretanto, para controlá-los, é necessário conhecer seu comportamento, que pode ser descrito por um conjunto de curvas no domínio do torque ou da velocidade angular. São elas, quando no domínio do torque: velocidade angular (em rad/s ou rpm) x torque (em $N.m$ ou $lbf.ft$), corrente elétrica (em A) x torque, potência (em W ou HP) x torque e eficiência (adimensional) x torque.

Com o objetivo de conhecer o comportamento de motores elétricos de corrente contínua, foi construído um dinamômetro para motores de pequeno porte (Figura 2.1). O motor é fixado no suporte indicado com o número 1 na Figura 2.1. Este suporte se ajusta a motores de diferentes tamanhos. O eixo do motor é acoplado a um disco de inércia (que pode ser alterado) protegido por uma capa de acrílico (2, na Figura 2.1). Neste disco encontra-se o ímã do sensor de efeito *Hall*, responsável pela medição de velocidade angular. A alimentação



do motor pode ser feita por uma bateria ou por uma fonte regulável e um sensor de corrente é acoplado ao circuito de alimentação e comando. Este circuito fica na unidade de controle do dinamômetro, indicada com o número 3 na Figura 2.1. Nesta unidade também se encontra um microcontrolador, que processa os sinais dos sensores.

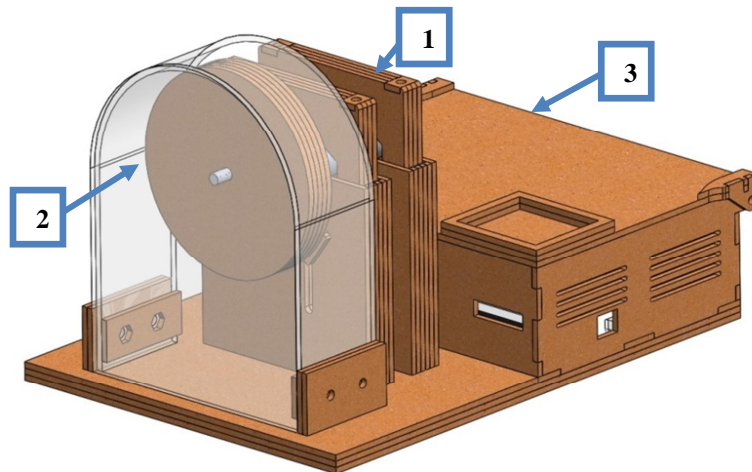


Figura 2.1: Dinamômetro para motores elétricos de pequeno porte.

O microcontrolador recebe os sinais de comando por meio de um programa de computador (*LabView*) e os envia devidamente processados ao circuito elétrico de acionamento. Com o dinamômetro em operação (eixo do motor adquire torque e velocidade angular, ou seja, potência) os sinais dos sensores (velocidade angular, tensão e corrente elétrica) são enviados ao microcontrolador que, por sua vez, os reenvia processados ao programa *MatLab*, que mostra na tela as curvas de comportamento do motor testado (exemplos destas curvas na Figura 2.2).

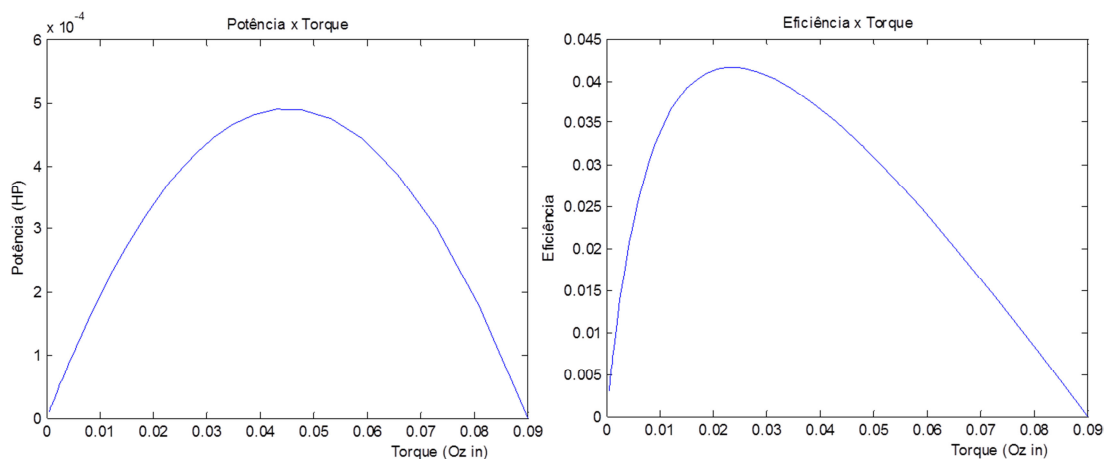


Figura 2.2: Curvas de comportamento do motor elétrico testado.

3) ELEVADOR DE TRAÇÃO

O elevador de tração em escala reduzida foi construído usando placas de fibra de madeira (tipo *MDF*) e de acrílico usinadas em uma máquina CNC de corte a laser, um pequeno motor elétrico e elementos de transmissão de movimento de plástico (Figura 3.1). Seu funcionamento segue os mesmos princípios de um elevador real: ao apertar o botão em um dos andares, o motor é acionado, movimentando o elevador no sentido do andar desejado. Para saber a posição atual do elevador e quando este deve parar (ao chegar ao andar), são usados sensores óticos em todos os andares.

O motor elétrico do elevador (1, na Figura 3.1) tem seu eixo conectado a uma engrenagem, que faz o papel da polia em sistemas reais, que está acoplada a uma pequena corrente, que substitui os cabos de aço. Em cada uma das extremidades desta corrente está a cabine a o contrapeso (2 e 3, na Figura 3.1, respectivamente). Quando o motor é acionado, o movimento de rotação é transmitido através destes elementos e se transforma em um movimento retilíneo com direção vertical e sentido que depende do sentido do movimento de rotação do motor, com cabine e contrapeso se movendo em sentidos opostos.

Diferentemente do dinamômetro, neste sistema o acionamento não necessita do uso de um programa de computador, porém, este se faz necessário para apresentar os dados processados pelo microcontrolador, que fica na unidade de controle do elevador (4, na Figura 3.1). Estes dados provêm de um acelerômetro localizado na cabine do elevador. Com estes dados, é possível conhecer o comportamento dinâmico da cabine do elevador, desde o acionamento através do botão até seu repouso. Assim, podem ser avaliadas vibrações não desejadas no sistema, provenientes de atritos nos guias e variações bruscas na rotação do motor, por exemplo.

A Figura 3.2 apresenta exemplos de gráficos que descrevem o comportamento dinâmico do elevador de tração (no caso, de aceleração e velocidade da cabine ao longo do tempo). Os dados do acelerômetro são tratados usando filtros do tipo passa-baixas e, para a obtenção da velocidade, são integrados no tempo.



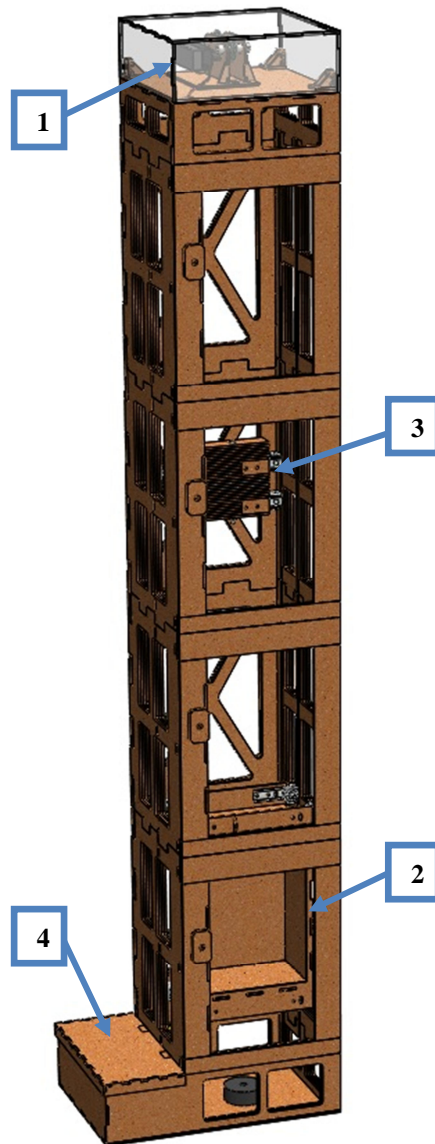


Figura 3.1: Elevador de tração em escala com acionamento via motor elétrico de corrente contínua.

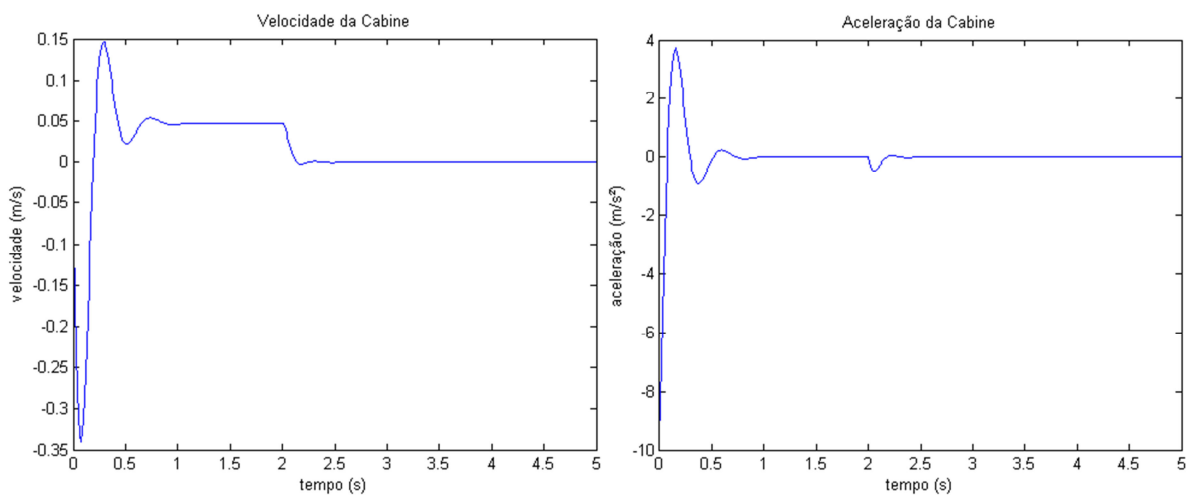


Figura 3.2: Curvas de comportamento do elevador de tração.

4) ELEVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS

O sistema de elevação e distribuição de águas foi construído usando a mesma tecnologia de fabricação dos outros dois aparatos de teste citados (dinamômetro e elevador de tração) e consiste de um reservatório inferior, um reservatório superior, um conjunto motor elétrico - bomba, colunas de distribuição e um recalque.

Para começar a usar o sistema, o primeiro passo é encher o reservatório inferior (1, na Figura 4.1), que faz o papel também da linha de alimentação externa (ramal predial). Com este cheio, a bomba deve ser acionada através de um botão no painel de comando (2, na Figura 4.1). Com isto, a água é elevada até o reservatório superior (3, na Figura 4.1). Este reservatório (ou caixa-d'água) possui um sistema de controle de nível que, após a água alcançar um nível mínimo do reservatório, mantém o nível da água entre este nível e um nível máximo. O sistema desliga a bomba automaticamente quando a água atinge o nível máximo e a liga novamente quando o nível mínimo é alcançado. As colunas de distribuição possuem nove válvulas solenoides (item 4, na Figura 4.1) dispostas em três andares que controlam a liberação de água pelas nove saídas, que representam torneiras ou chuveiros de um sistema real.

Ao longo das colunas de distribuição, sensores de pressão e vazão (um em cada andar; itens 5 e 6 da Figura 4.1, respectivamente) foram acoplados para a verificação do comportamento do sistema, lembrando que, em sistemas fluidos, este é o par de variáveis que determina a potência. Todos os circuitos eletrônicos estão na unidade de controle indicada pelo número 7 na Figura 4.1.



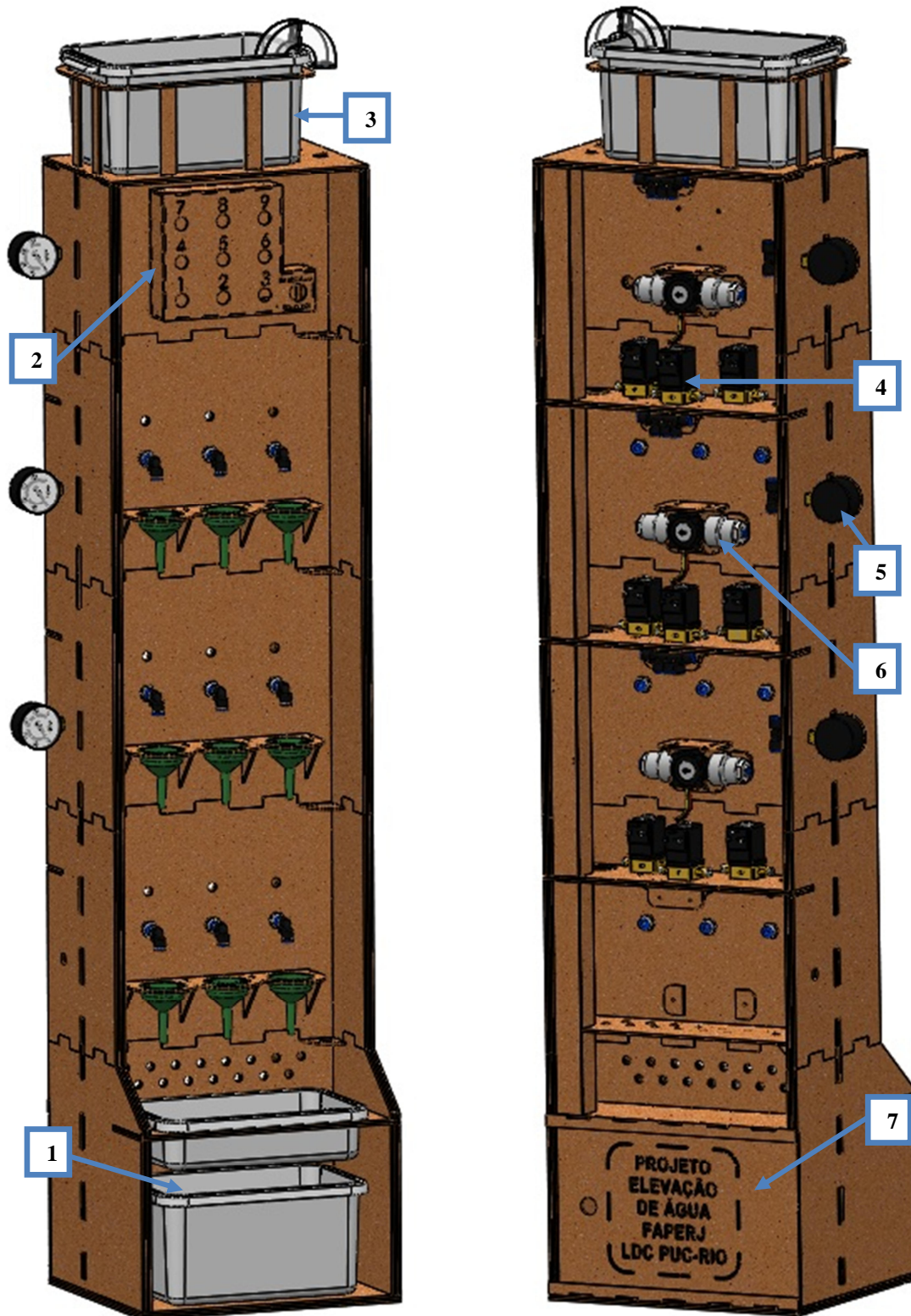


Figura 4.1: Sistema de elevação e distribuição de águas.