



II EACTI II Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

Análise e Levantamento de Parâmetros Hidráulicos de um Mecanismo Peristáltico

Alice Mioranza de Almeida¹ (PIBITI/CNPq/Unioeste), Wu Feng Chung¹² (Orientador),
Huei Diana Lee¹², Moacir Fontequê Jr¹. E-mail: alice.m.almeida@live.com

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Engenharias e Ciências
Exatas/ Laboratório de Bioinformática (LABI)/ Foz do Iguaçu, PR.

²Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)/Faculdade de Ciências
Médicas/Campinas, SP.

Área/subárea: Engenharias/ Engenharia Biomédica.

Palavras-chave: colonoscopia, bombeamento, fluidodinâmica.

Resumo

Este trabalho apresenta a análise fluidodinâmica de um mecanismo de bombeamento peristáltico para a lavagem de tecido cólico em procedimentos endoscópicos. A bomba peristáltica em análise é resultado de um conjunto de procedimentos de melhorias mecânicas a partir de uma versão desenvolvida e avaliada em trabalhos anteriores. Assim, foram estudadas as variáveis que caracterizam o aparelho e seus parâmetros hidráulicos foram obtidos experimentalmente. O experimento consistiu no acionamento padronizado da bomba peristáltica para valores pré-fixados de rotação do seu rotor. Para cada rotação definida, foram realizados 12 acionamentos para a determinação da vazão de instilação e da potência elétrica. A partir dos dados coletados nos experimentos, testes estatísticos para a validação dos dados foram realizados e as curvas que melhor se ajustaram aos dados obtidos foram geradas. Ao final, foi encontrado um rendimento volumétrico relativo de 90,95%, com o qual foi possível concluir que o aparelho apresentou um desempenho superior ao modelo anterior, cujo rendimento avaliado foi de 85,14%.

Introdução

A bomba peristáltica é uma máquina hidráulica que tem por finalidade o fornecimento de energia a uma massa fluidica, de modo a transportá-la de um local a outro. Esta bomba é composta por um rotor posicionado no centro de um cabeçote e o rotor possui roletes acoplados que são responsáveis pela compressão de uma mangueira por onde o fluido escoar. Esta compressão gera pressão dentro do tubo e, por consequência, o fluido é deslocado (Fox *et al.*, 2014). Estes roletes podem ser



II EACTI

II Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

posicionados de modo a variar a possibilidade do uso de mangueiras distintas no mesmo aparelho, de acordo com a necessidade.

Em trabalhos anteriores (Fonteque Jr, 2014; Maciejewski *et al.*, 2015), foi projetada e construída uma bomba peristáltica para ser utilizada em procedimentos médicos de lavagem de tecido cólico. O funcionamento de uma bomba do tipo peristáltica assemelha-se ao movimento natural do sistema digestivo, e o seu emprego é justificado por minimizar a possibilidade de contaminações, pois apenas a parede interna da mangueira entra em contato com o fluido bombeado. Além disso, a mangueira utilizada pode ser descartada ou esterilizada.

O trabalho em questão apresenta a análise do desempenho da bomba peristáltica melhorada por meio de um conjunto de testes hidráulicos que abrangem os parâmetros de vazão de instilação e de potência de acionamento em função do tempo e da velocidade angular de rotação do seu rotor. Deste modo, é possível mapear o funcionamento do aparelho, obter suas características hidráulicas e seu desempenho.

Material e Métodos

Para mensurar as variáveis que caracterizam a bomba peristáltica foi utilizado um computador Acer Aspire E1-531 com os aplicativos myPCLab (www.novus.com.br) e Excel (www.office.com) para a aquisição dos dados. A análise estatística foi realizada por meio dos aplicativos OriginPro (www.originlab.com/Origin) e GraphPad Prism (www.graphpad.com/scientific-software/prism). Além disso, utilizou-se um pedal da marca Ace Schmersal (EF-1PW) em conjunto com um datalogger Novus myPCLab para a cronometragem do experimento. Para a medição da velocidade de giro do rotor foi usado um tacômetro da marca Icel (TC-5015). O mecanismo motriz foi do tipo motorreductor (Maia G6242/203-13575-12V/238RPM). A potência foi mensurada a partir de dois multímetros da marca Fluke 117, sendo um para medir a tensão de alimentação e outro a corrente elétrica do acionamento. A bomba peristáltica estava equipada com uma mangueira Marlow Watson (Tygon) com diâmetro externo de 8,0 mm/espessura e parede de 1,6 mm. O volume do fluido foi medido por uma proveta graduada com capacidade para 250 mL e resolução de 2 mL. O controle da potência de acionamento do motor foi feito por um sinal PWM (*Pulse Width Modulation*) com *duty cycle* variável (razão entre sinal ligado e desligado) e frequência fixa de 1300 Hz, programado em uma placa de desenvolvimento Arduino (Uno R3).

A montagem do aparato experimental foi feita primeiramente conectando-se um voltímetro e um amperímetro à alimentação elétrica do motor. Tais aparelhos foram configurados na escala automática e mediram valores de tensão e corrente médios para cada amostra. Em seguida, um reservatório foi preenchido com água e acoplado aos terminais de sucção e escoamento da bomba por meio de duas



II EACTI

II Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

mangueiras. Um papel escuro com formato circular em conjunto com uma fita adesiva refletiva foi colado sobre o rotor da bomba para que fosse feita a medição da velocidade de giro com o tacômetro. Para controlar a velocidade angular do rotor, foi projetado e implementado um dispositivo eletrônico para controle manual de potência por meio da placa de prototipagem eletrônica Arduino. Este mecanismo foi ligado à placa de potência da bomba peristáltica por meio de um transistor atuando como chave. Por fim, a placa de aquisição de dados foi conectada ao computador e configurada como temporizador de modo que, no instante em que um pedal conectado a ela fosse pressionado, um cronômetro era acionado e ao soltar o pedal, a temporização era interrompida.

O procedimento para a coleta de dados foi feito fixando-se 12 velocidades de rotação para o rotor (rotações por minuto – RPM). Inicialmente, a velocidade foi ajustada por meio do potenciômetro e monitorada com o tacômetro. Logo após, foram ligados os modos de leitura de valor médio dos multímetros e os dados obtidos foram transcritos para uma planilha após sua estabilização. O cronômetro foi zerado e a proveta foi posicionada próxima ao reservatório. No instante em que a mangueira de escoamento foi deslocada para o bocal da proveta, o pedal do temporizador era acionado com o pé. Quando o nível da água passou pela marca de 250 mL, o pedal era solto, a mangueira devolvida ao reservatório e a proveta esvaziada. O tempo decorrido foi registrado na planilha, e, por fim, o modo de leitura de valor médio dos multímetros foi desligado a fim de remover o histórico de medidas do aparelho para o próximo ciclo experimental. Este procedimento foi repetido 12 vezes para cada velocidade, totalizando a aquisição de 144 amostras.

Resultados e Discussão

Os dados passaram pelo teste de normalidade D'Agostino & Pearson Omnibus. Sendo assim, foi aplicado o teste One-way ANOVA para dados pareados e paramétricos, obtendo-se, para as amostras de potência, um p-valor de 0,408 ($>0,05$), e para as amostras de vazão um p-valor de 0,074 ($>0,05$). Isso demonstra não haver diferenças estatisticamente significativas para todas as amostras de dados obtidos experimentalmente. A partir disso, foi possível construir a relação entre a vazão e a potência requerida pela bomba em função da velocidade de giro do rotor (Tabela 1).

O ajuste das curvas que representam estes dados considerando a velocidade mínima, de 60 RPM, e máxima, de 217 RPM, foi feito por meio do aplicativo OriginPro. Obteve-se o melhor ajuste quando utilizada uma equação polinomial de ordem dois tanto para a potência *versus* RPM ($R^2 = 0,99185$) quanto para a vazão *versus* RPM ($R^2 = 0,99895$) (Equações 1 e 2).

$$Y = 7,81553 + 0,04094*x + 4,16018E-4*x^2 \text{ (Eq.1)}$$



II EACTI II Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

$$Z = 7,33825 + 0,12454 \cdot x + 3,07863E-5 \cdot x^2 \quad (\text{Eq.2})$$

onde Y é a variável potência em Watts (W), Z é a variável de vazão em mL/min e x é a variável livre de velocidade angular em RPM.

Tabela 1 – Vazão Média (VM) e Potência Média (PM) com seus respectivos desvios padrões (DP).

RPM	VM (mL/min)	DP VM	PM (W)	DP PM
60	387,08	6,67	12,09	0,22
74	479,80	6,65	12,97	0,08
88	561,34	3,23	14,50	0,05
102	654,04	10,47	16,30	0,10
116	748,33	7,68	18,19	0,10
130	830,03	10,22	19,39	1,04
144	881,83	6,20	22,71	0,10
158	965,05	10,71	25,48	0,24
172	1053,17	7,53	25,90	0,71
186	1127,65	7,16	30,90	1,47
196	1181,02	9,73	32,05	0,69
217	1273,36	12,06	35,81	0,60

A curva Figura 2 representa os valores de VM e PM obtidos experimentalmente.

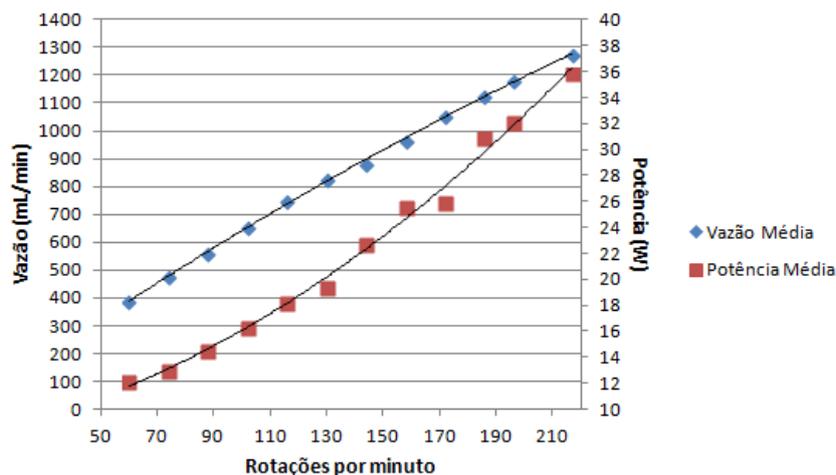


Figura 2 – Representação da vazão e da potência em relação a RPM do mecanismo peristáltico.

Admitindo-se como rendimento volumétrico máximo o valor obtido para a velocidade de rotação mais baixa (vazão de 387,08 mL/min) obteve-se, no pior caso, um rendimento volumétrico relativo de 90,95% (vazão de 1273,36 mL/min), correspondente a máxima velocidade de rotação. Em comparação com o rendimento



II EAICTI

II Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

de 85,14% obtido em análises anteriores (Fonteque, 2014), houve um aumento de 5,81% no rendimento volumétrico.

Conclusões

O mecanismo peristáltico apresentou bom desempenho quando comparado a versões anteriores do protótipo. Além disso, foi possível estabelecer as curvas que caracterizam o funcionamento do aparelho, o que será útil nas aplicações do mesmo, e também em análises de desempenho futuras. A melhoria do atual mecanismo foi obtida com o melhor acoplamento dos roletes na mangueira peristáltica em função da reformulação do projeto do rotor e da sua fabricação com equipamentos mais precisos de usinagem, com controle baseado em comando numérico computadorizado (CNC).

Agradecimentos

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica (PIBITI/CNPQ) pela concessão de bolsa de iniciação tecnológica.

Referências

Fonteque Jr., M. (2014). *Método de lavagem de tecido colorretal para colonoscópios, com controle automático dos parâmetros vazão e volume*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Sistemas Dinâmicos e Energéticos. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Fox, R. W., McDonald, A. T., Pritchard, P. J (2014). *Introdução à mecânica dos fluidos*. 8a Edição. LTC: Rio de Janeiro.

Maciejewski R. A., N., Chung F., W., Lee D., H., Fonteque Jr., M., Teixeira, R. L., J., (2015). *Desenvolvimento de um sistema de mecanismo de bombeamento peristáltico para equipamentos de controle automático de fluidos em procedimentos endoscópicos*. Trabalho apresentado no Primeiro Encontro Anual de Iniciação Científica e Tecnológica, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Santos, S. L. (2007). *Bombas e instalações hidráulicas*. São Paulo, LCTE Editora.