

UTILIZAÇÃO DE RESERVATÓRIO HIDROPNEUMÁTICO E REDIRECIONAMENTO DA LINHA DE RETORNO DE COMBUSTÍVEL PARA MEDIÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM MOTORES A DIESEL

Arthur Vilhena Lima, arthur.lima@itec.ufpa.br¹

Hendrick Maxil Zárate Rocha, hendrick@ufpa.br¹

Amanda Cristina Ferreira Carvalho, amanda.carvalho@itec.ufpa.br¹

Sérgio Aruana Elarrat Canto, aruana@ufpa.br¹

Gabriel Assunção dos Santos, gabrielsantos.sys@gmail.com¹

Amanda Lucena de Medeiros, amandalucena@ufpa.br¹

¹ Universidade Federal do Pará

Resumo: Os grupos geradores a diesel possuem características de operação que devem ser consideradas no momento de sua análise, pois eles trabalham em rotações constantes já que seu objetivo principal é a geração de energia elétrica em uma frequência constante. O consumo específico de combustível é um parâmetro importante para verificar o desempenho dos motores de combustão interna, esse consumo é definido como a quantidade de combustível consumido pelo motor para gerar uma determinada potência. Em um grupo gerador a determinação da potência é relativamente fácil de ser obtida, mas o consumo de combustível em tempo real requer alguns cuidados na sua determinação. Um dos principais problemas encontrados na medição da vazão de combustível nos motores a diesel é ocasionado pelo sistema de injeção cíclico, no qual as bombas de injeção volumétricas ocasionam pulsos no fluido e essas pulsações provocam uma breve inversão na direção do fluxo de combustível variando em alta frequência. Essa variação afeta a correta medição dos medidores de vazão que geralmente são de deslocamento. Para evitar esse erro na medição existem equipamentos sofisticados que permitem a compensação das pulsações ocasionadas pela breve inversão do fluxo, porém estes equipamentos são de alto custo. Este trabalho analisou experimentalmente a possível atenuação da inversão do fluxo de combustível por meio de um reservatório hidropneumático instalado antes da bomba injetora de combustível. Para isso foram realizados ensaios experimentais comparando as medições do medidor de vazão de deslocamento positivo com e sem o reservatório. Os resultados encontrados demonstraram a eficácia do uso do reservatório hidropneumático que permitiu a eliminação das oscilações do fluxo de combustível e objetivando a redução dos custos.

Palavras-chave: Consumo de Combustível, Medição de Vazão, Motores de Combustão Interna

1. INTRODUÇÃO

O mercado global de combustíveis está sendo ponderado mediante a diversas possibilidades a partir de discussões que envolvam a irregularidade e propagação de preço, práticas dos preços vinculadas as oscilações da economia internacional, sistemas viáveis e de baixo custo para o consumo de combustível entre outras. Nesse sentido, segundo Silveira (2004), um dos problemas econômicos atualmente está ligado ao preço do petróleo e seus derivados, que são consumidos no mundo inteiro, uma vez que, vários países dependem dessas importações para o desenvolvimento econômico. Dessa forma, o setor de transporte é responsável por cerca de 50% do consumo de derivados do petróleo, sendo o óleo diesel o principal combustível utilizado (Guimarães, 2003).

De acordo com Wilke (2015), o consumo específico de combustível é definido como a quantidade de combustível consumido para gerar uma unidade de energia elétrica, sendo que, o conceito de consumo específico é um dos aspectos de avaliação do desempenho de motores de combustão interna.

Partindo do pressuposto, os fatores fundamentais para a medição de consumo de combustível são determinados pela potência elétrica e o consumo de combustível pelo motor. Diante disso, existem vários casos que não há complexidades para medir a potência do motor, uma vez que, este pode ser determinado em função do torque com o auxílio de um dinamômetro, ou também em alguns casos com grupos geradores que são usados como medidores de grandezas elétricas para medir o potencial elétrico. Diante disso, os grupos geradores a diesel são muito utilizados no mundo todo devido a sua fácil implementação, especificamente em sistemas isolados, pois os mesmos possuem características de operação que devem ser consideradas no momento da análise, especificamente eles trabalham em rotações constantes já que seu objetivo principal é a geração de energia elétrica em uma frequência constante de 50 ou 60 Hertz.

A medição da potência é parcialmente simples, porém o cálculo para se obter o consumo de combustível necessita de cuidados para alcançar medições corretas com um grau de precisão aprovável. Nesse sentido, a quantificação do consumo de combustível é praticada em unidade de massa por unidades de tempo, como também é estabelecida a vazão do combustível que, em seguida, com o auxílio da massa específica será transformada em unidades de massa.

Pode-se afirmar que, basicamente, os problemas identificados no instante da medição da vazão de combustível nos motores do ciclo diesel, isso se dá ao fato de o sistema de injeção seja periódico ou cíclico, pois não possuem sistema de injeção eletrônica, uma vez que, os pistões das bombas de injeção volumétricas causam pulsos no fluido, ocorrendo nas linhas de combustível de baixa pressão. Em consequência disso, esses pulsos provocam um curto período de inversão da direção do fluxo de combustível, uma vez que, verifica-se um fluxo de combustível variando em alta frequência. Nesse sentido, essa variação do fluxo de combustível torna-se imperceptível, pois, dependendo do método utilizado para medição da vazão de combustível, será adquirida medições erradas ou de baixa pressão.

Portanto, o propósito deste estudo é descobrir métodos para medição do consumo de combustível, porém evitando-se esses pulsos no fluxo de combustível utilizando equipamentos de baixo custo. Então, serão avaliadas e experimentadas várias formas para comparação, objetivando o erro realizado em cada um dos experimentos.

2. METODOLOGIA

O experimento exposto foi realizado na Universidade Federal do Pará (UFPA), pela faculdade de Engenharia Mecânica no Laboratório de Motores. Primeiramente, vale ressaltar que este método é usado para quantificar a massa de combustível consumida pelo motor a partir do uso de equipamentos de pesagens como balanças. Diante disso, o grupo gerador a diesel utilizado foi o Branco BD-6500 CF3E que possui um motor monocilíndrico de quatro tempos, resfriado a ar e injeção direta de combustível, e também para determinar a vazão mássica do combustível consumida pelo motor foi usada uma balança digital de precisão DIGIMED DG-15WT, sendo mantida sobre a mesma um reservatório de combustível que possui duas linhas de comunicação, sendo cada uma delas, uma que alimenta o motor através de uma bomba injetora e uma outra que transporta o retorno de combustível para o mesmo reservatório, como representado na figura 1.

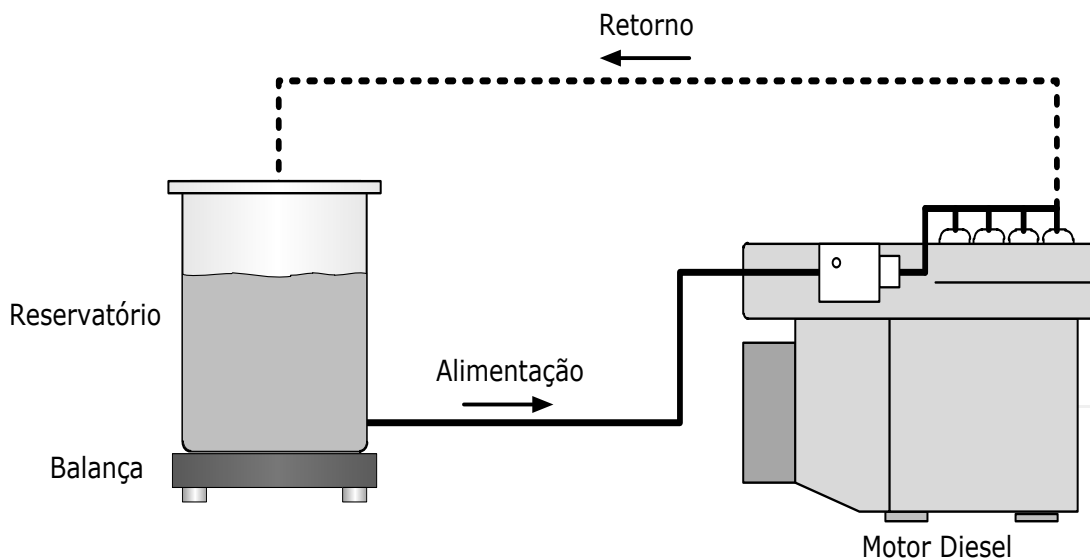


Figura 1. Desenho esquemático das linhas de alimentação e retorno em motores ciclo diesel
Fonte: Lima, 2022.

Vazão Mássica de Combustível

A princípio, este método consegue adquirir diretamente a variação de massa real no reservatório em função do tempo, conforme mostrado na Eq. (1), onde o cálculo da vazão mássica do combustível foi determinado dividindo a variação da massa medida pela balança pelo tempo transcorrido a cada aferição a partir de um medidor de fluxo volumétrico OVAL M-III modelo LSF40.

$$\dot{m} = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{m_i - m_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \quad (1)$$

Consumo Específico de Combustível

o consumo específico de combustível é um parâmetro muito usado para comparar o desempenho de motores e grupos geradores. Este consumo é inversamente proporcional a eficiência térmica do motor, sendo um tipo de método utilizado para relacionar e determinar a vazão mássica total do combustível consumido do motor pela potência elétrica, conforme mostra a Eq. (2), onde o consumo específico de combustível foi calculado em função da vazão mássica total ($\dot{m}_{comb}$), para gerar uma determinada potência elétrica ($P_{eletrica}$).

$$C_{esp.combustivel} = \frac{\dot{m}_{comb}}{P_{eletrica}} \quad (2)$$

Contudo, o problema apresentado por este método está relacionado à precisão da medição que está interligado continuamente com a precisão da balança pois, a precisão é reduzida em função do aumento da capacidade da balança, uma vez que, isso torna-se um motivo que limita o tamanho do reservatório. Diante disso, para obter resultados mais precisos será necessário à utilização de uma balança de baixa capacidade, proporcionando somente o uso de reservatórios menores que consistirá essencialmente em reabastecer várias vezes o reservatório em um mesmo ensaio, tendo como resultado medições erradas no decorrer do experimento, durante o reabastecimento no qual deveriam ser desprezadas.

Vale destacar também que, a solução para se livrar do problema de reabastecimento destaca-se a utilização de medidores de fluxo contínuos na linha de alimentação do combustível e na linha de retorno, porém continuaria o problema da variação do fluxo de combustível na linha de alimentação. Por outro lado, já podem ser encontrados medidores que corrigem as flutuações do fluxo de combustível para sanar esse problema, porém esses medidores possuem elevado custo o que torna inviável sua utilização.

Dessa forma, uma possibilidade é o uso de engrenagens como medidores de vazão que são equipamentos de baixo custo e alta precisão, porém necessita-se de algum dispositivo que centralize as flutuações, para impossibilitar a interferência delas nas leituras das medidas de fluxo.

Verifica-se ainda que os medidores de vazão por engrenagens operam utilizando duas engrenagens ovais que são deslocadas pela passagem do fluido, cujo esse movimento faz com que possuam o mesmo curso de movimentação. Nesse sentido, uma quantidade fixa do fluido é transportada pelos dutos para toda rotação das engrenagens e, como cada engrenagem possui ímãs acoplados, é admissível transformar o movimento rotativo em um sinal de pulso através de sensores elétricos instalados externamente.

É necessário observar sobretudo que o medidor de vazão por engrenagens não possui proteção contra rápidas inversões na direção do fluxo de combustível, ocasionando-se medições erradas em cada provável perturbação

Ademais, o consumo de combustível do motor é avaliado pela diferença das vazões dos medidores de alimentação e de retorno. Diante disso, para neutralizar este problema é adotado o uso de válvulas de retenção que são equipamentos de proteção do medidor de vazão pois, como não há a possibilidade de inversão do fluxo de combustível na linha de retorno, então não é necessário o uso de uma válvula de retenção para o medidor de vazão dessa linha, como representado esquematicamente na figura 2.

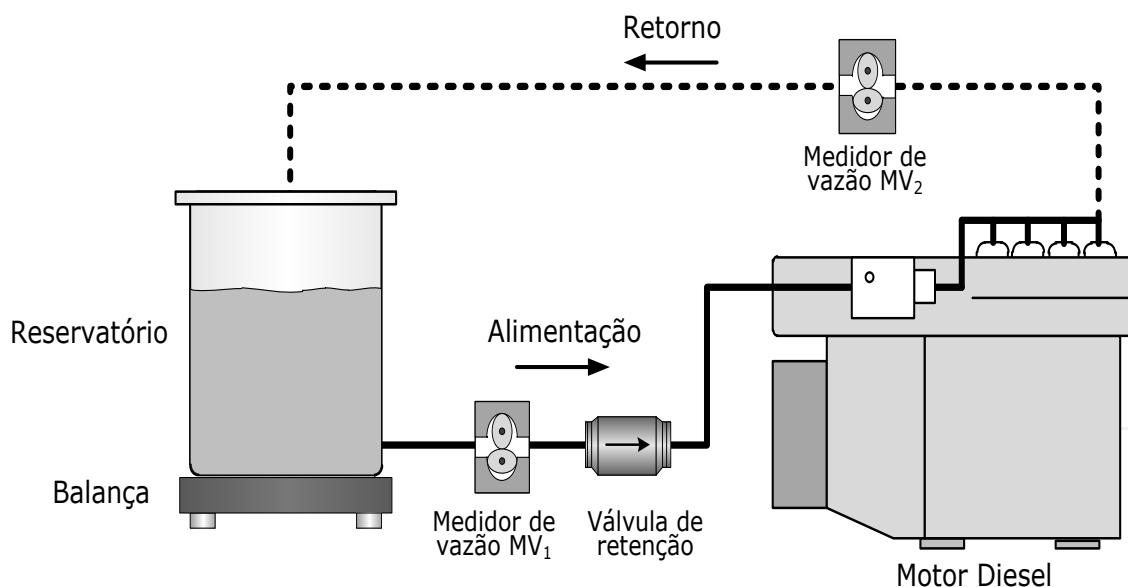


Figura 2. Desenho esquemático das linhas de alimentação e retorno com os medidores de vazão
Fonte: Lima, 2022.

Outro fator existente é que as válvulas de retenção permitem direcionar o fluxo em um sentido pois bloqueiam o refluxo, sendo que as válvulas de retenção mais convencionais usam partes metálicas para bloquear o refluxo, comumente utilizando molas e portinholas.

Outra preocupação constante ocorre devido à alta frequência na repetição das pulsações do fluido, cujos elementos metálicos sofrem atritos internos que ocasionam o desgaste das peças que são deterioradas aceleradamente, causando o mal funcionamento das válvulas. Como solução para neutralizar este problema foi utilizado um reservatório hidropneumático que consiste em um recipiente fechado contendo ar e combustível dentro. Dessa forma, o ar contido no recipiente é utilizado como um amortecedor para evitar que ocorra prováveis refluxos resultantes das variações da vazão provocadas principalmente pelo funcionamento da bomba injetora. A representação esquemática da instalação do reservatório hidropneumático na linha de alimentação de combustível é apresentada na figura 3.

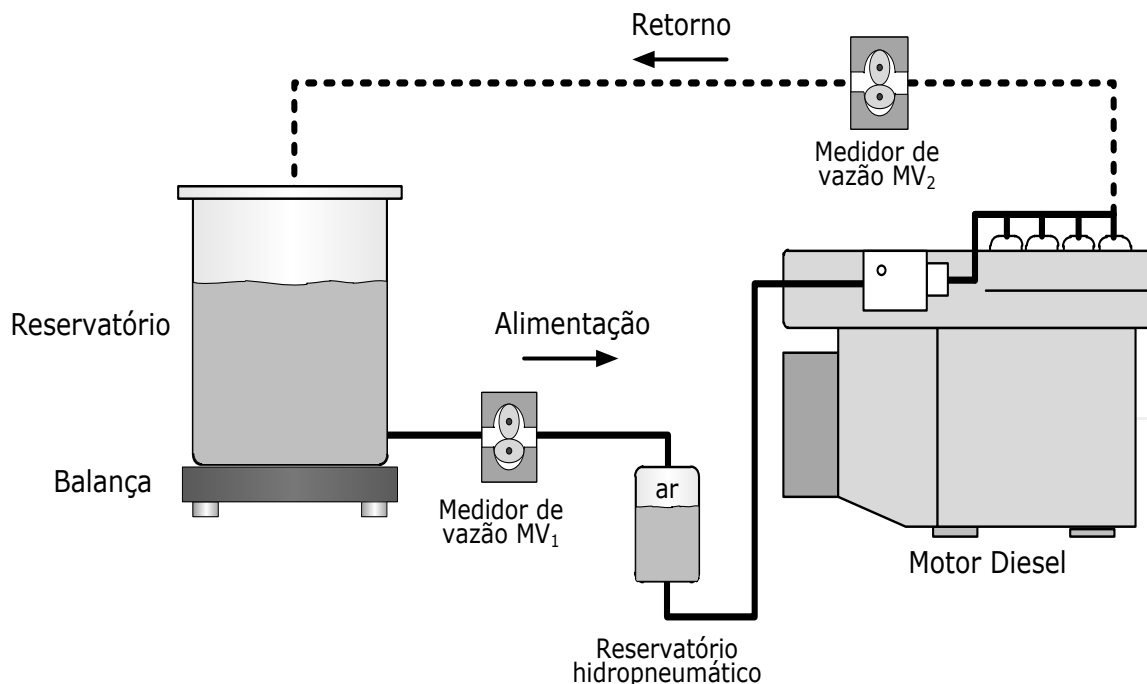


Figura 3. Representação esquemática do reservatório hidropneumático na linha de alimentação de combustível

Fonte: Lima, 2022.

Portanto, para melhorar ainda mais o sistema, é possível reduzir o número de medidores de vazão direcionando a linha de retorno diretamente no reservatório hidropneumático, uma vez que qualquer possível oscilação do fluxo em sentido inverso será contida no reservatório. O esquema de instalação é representado na figura 4.

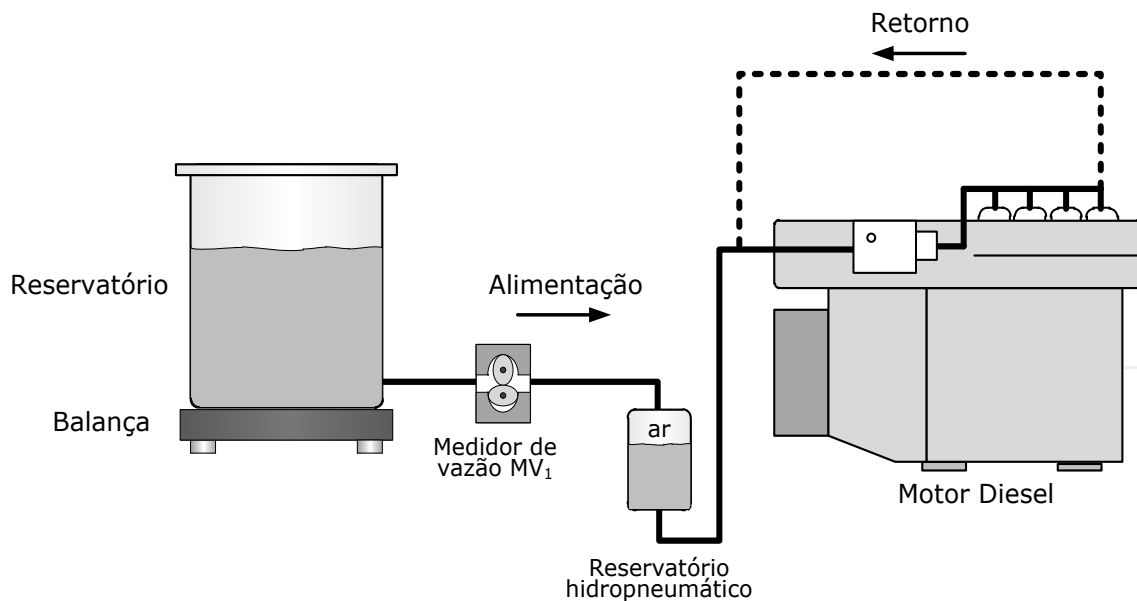


Figura 4. Representação esquemática da linha de retorno utilizada diretamente no reservatório hidropneumático
Fonte: Lima, 2022.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para constatar o problema da inversão do fluxo foram realizados ensaios experimentais demonstrando que a vazão de combustível medida sem o uso de válvulas de retenção proporcionam resultados insatisfatórios por conta da elevada oscilação do fluxo como se mostra na figura 5, onde a vazão de combustível foi medida usando um medidor de fluxo volumétrico de deslocamento positivo.

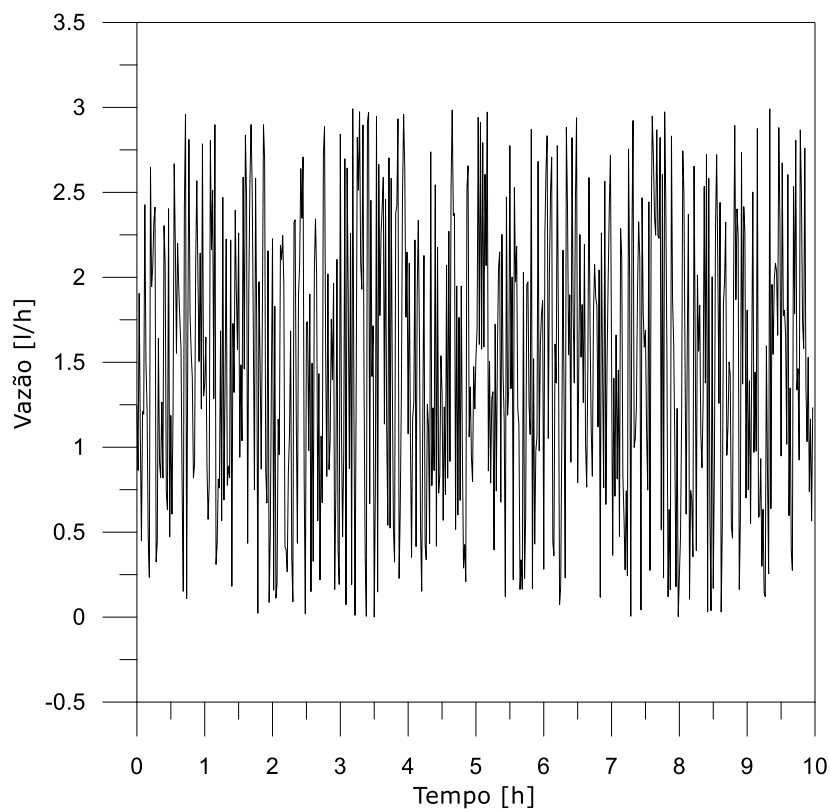


Figura 5. Gráfico da vazão de combustível usando medidores de fluxo volumétrico
Fonte: Lima, 2022.

Para tentar solucionar o problema foram testados diversos modelos de válvulas de retenção que foram instalados entre o medidor de vazão e a bomba injetora. Na figura 6, observa-se que foi reduzida a oscilação nas medições realizadas, porém continua apresentando picos nos resultados que aumentam em função do tempo de uso, muito provável que eles sejam provocados pelo desgaste dos elementos metálicos da válvula trabalhando com uma elevada frequência.

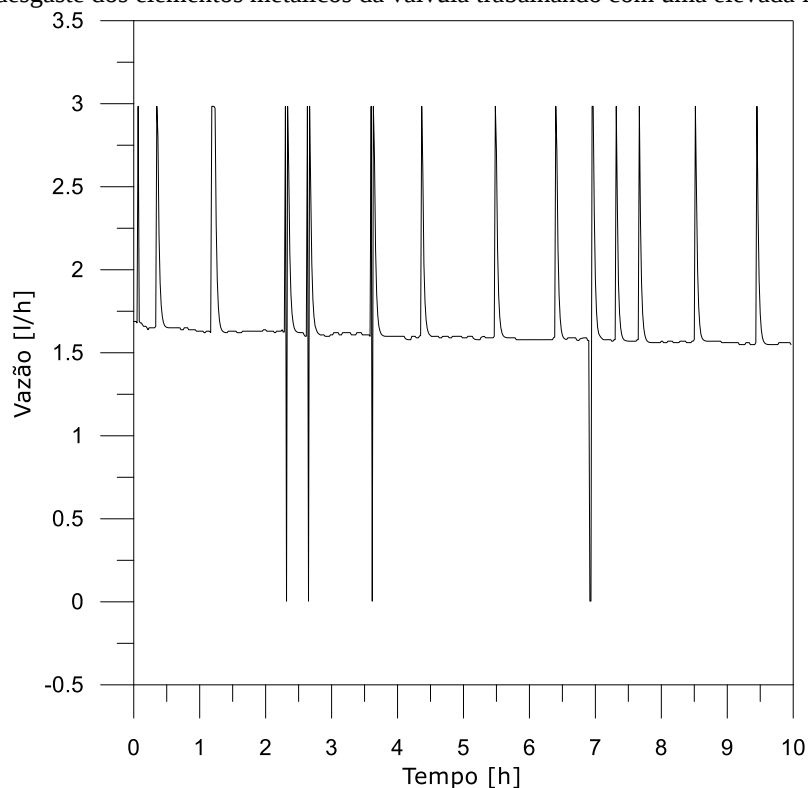


Figura 6. Gráfico da vazão de combustível com o uso de uma válvula de retenção entre o medidor de vazão e a bomba injetora

Fonte: Lima, 2022.

Na figura 7 são apresentadas as medições realizadas com o uso do reservatório hidropneumático, observa-se que os picos ocasionados pela oscilação do fluxo na linha de alimentação do combustível foram eliminados por completo.

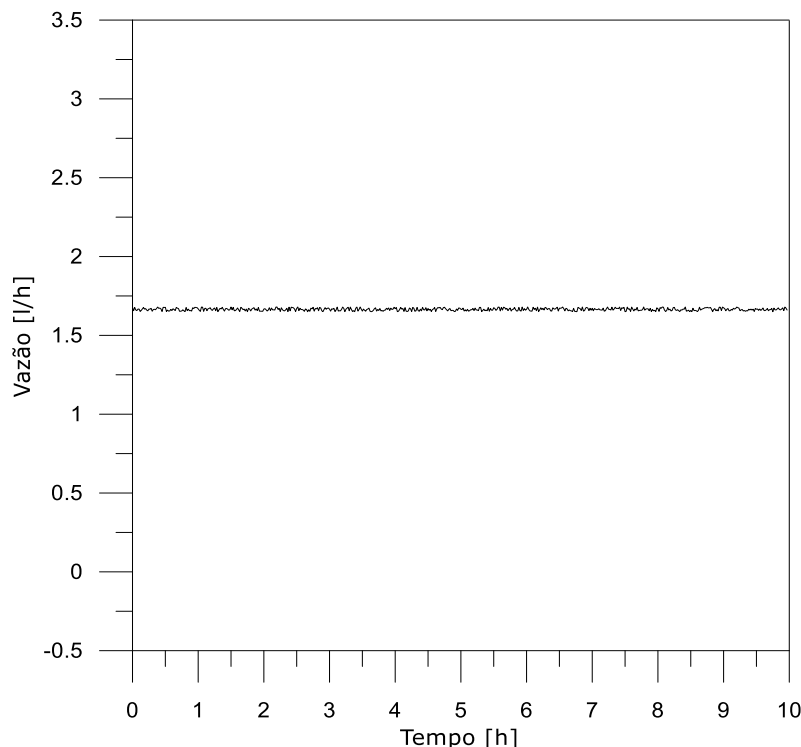


Figura 7. Gráfico da vazão de combustível com o uso de um reservatório hidropneumático na linha de alimentação de combustível

Fonte: Lima, 2022.

4. CONCLUSÃO

Portanto, em todos os ensaios foram utilizados uma balança de precisão como parâmetro de comparação pois seria possível averiguar o consumo real do combustível empregado pelo motor. Diante disso, o consumo real de combustível poderá ser comparado com o consumo determinado pelo medidor de vazão, pois também será instalado outro medidor de vazão para verificar-se o balanço mássico no reservatório hidropneumático e consecutivamente em todo o sistema. Então, foram testadas três alternativas para conexão, primeiramente utilizando dois medidores de vazão e válvulas de retenção, onde o retorno será direcionado ao tanque de combustível. A segunda alternativa foi a utilização de dois medidores de vazão e um reservatório hidropneumático, direcionando também a linha de retorno para o tanque principal e a terceira tentativa foi utilizar apenas um medidor de vazão e um reservatório hidropneumático, porém redirecionando a linha de retorno para a linha de alimentação onde está instalado o medidor de vazão e o reservatório hidropneumático.

Conclui-se, então, que as análises verificadas a partir da vazão em função do tempo de consumo do combustível com a utilização de um reservatório hidropneumático apresentaram resultados positivos, pois proporcionaram a eliminação das oscilações do fluxo de combustível assim como a redução dos custos para a aprovação do experimento.

5. REFERÊNCIAS

- Brunetti, f. “motores de combustão interna: volume i”. São paulo: blucher, 2012.
- Almeida, e.t. et al. “uma análise da demanda por combustíveis através do modelo almost ideal demand system para pernambuco”. Brasília-df, 2016.
- Silveira, g.l. et al. “avaliação de parâmetros de consumo de combustível do tritem no transporte de madeira”. Viçosa-mg, 2004.
- Guimarães, n.v. *reduzindo o consumo*. Disponível em: <<http://www.revistaocarreteiro.com.br/ano2000/edicao316/frota.htm>>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- Wilke, h. “diagnóstico das usinas termelétricas dos sistemas isolados do ponto de vista de adequação aos limites de consumo específico de combustível estabelecidos pela agência nacional de energia elétrica (aneel) e proposição de alternativas para redução dos mesmos”. Itajubá-mg, 2015.
- Rocha, h.m.z. “determinação dos efeitos da utilização de hidrogênio em grupos geradores a diesel operando com diferentes misturas diesel-óleo vegetal”. Rio de janeiro, 2016.
- Masters, t. “neural network recipes in c++”. New york: academic press, 1993.

- Dvorak, r. And ferraz-mello, s., eds., “a comparison of the dynamical evolution of planetary systems”, austria, springer, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4466-6#sthash.tmez8asq.dpuf>. Acessado em: 28 mar. 2022.
- Moyor m.a. “evaluación del lenguaje de ingeniería, en verdugo – alonso j. Evaluación curricular: una guía para la intervención del ingeniero”, 2a ed., madrid, salvat, 1994. Pp. 324-344.
- Hoyle, c. And noss, r., “what can digital technologies take from and bring to research in mathematics education?” In bishop, a.j. et al. Second international handbook of mathematics education, 2nd edition, dordrecht, kluwer academic, 2003, pp. 323-349. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-010-0273-8_11. Acessado em: 28 mar. 2022.
- Jeng, j.-t., chuang, c.-c. And chuang, c.-t., “support vector regression based lts-cpbum neural networks”, proceedings of sice annual conference (sice), 2011. Pp. 215-220.
- Kobus, m.; guerrero, c.d.; labrador, m.a.; and péres, r.a., cstep: “transferring computer science community college students to four-year universities. Asee annual conference and exposition”, (asee 2009), austin, tx., 2009. Disponível em: <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=12459>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- Pumarino a.” La propiedad intelectual en ambientes digitales educativos”, revisión sistemática, santiago, hile. Disponível em: <http://www.uca.es/dept/psicologia/bvsss/csalud/memoria/pdf/tecnologia.html>. Acesso em: 5 out. 2005.
- Anderson, s. “multimedia en internet”, california, agencia de evaluación de tecnologías multimedia, 1998. Disponível em: <http://www.usu.edu/sanderso/multinet.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- Kawasaki, n. “parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow”, msc. Thesis, department of electronic engineering, osaka university, osaka, japan, 1993.
- Williams, j. O. “narrow-band analyzer”, phd dissertation, department of electrical engineering, harvard university, cambridge, ma, 1993.
- Ghiassi, m.; saidane, h. And zimbra, d. K. “a dynamic artificial neural network for forecasting time series events”. International journal of forecasting, 21 (2), pp. 341-362, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijforecast.2004.10.008>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- Velásquez, h. J. D. And branch, b. J. W. Examples in the classroom: “pattern classification using the r language”, dyna, 79 (173), pp. 81-88, 2012.
- Velasquez, h. J. D., rueda, m. V. M. And franco, c. J. D.” Electricity demand forecasting using a sarima- multiplicative single neuron hybrid model”, dyna, 80 (180), pp. 4-8, 2013.
- Omega, e. “positive displacement (pd) flow meters”. Macnaught usa. Disponível em: https://br.omega.com/artigos-tecnicos/pdfs/positivedisplacementflowmeter_whitepaper.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.
- Ganesan, v. Internal combustion engine. 3rd edition. Tata mcgraw hill, 2007.
- ANP. Resolução ANP N° 50, de 23.12.2013. Brasília, 2013. Disponível em: http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/dezembro/ranp%2050%20-%202013.xml. Acesso em: 10 mar.2022.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

PERFORMANCE ANALYSIS OF A DIESEL GENERATOR SET OPERATING WITH MIXTURES OF REFINED SOYBEAN OIL WITH DIESEL

Arthur Vilhena Lima, arthur.lima@itec.ufpa.br¹

Hendrick Maxil Zárate Rocha, hendrick@ufpa.br¹

Amanda Cristina Ferreira Carvalho, amanda.carvalho@itec.ufpa.br¹

Sérgio Aruana Elarrat Canto, aruana@ufpa.br¹

Gabriel Assunção dos Santos, gabrielsantos.sys@gmail.com¹

Amanda Lucena de Medeiros, amandalucena@ufpa.br¹

¹ Universidade Federal do Pará

Abstract: Generator sets the operating characteristics they must be, since they do not have a moment of their analysis, since their main objective is a constant electric power generation. The fuel specific is a parameter to check the performance of engines important for internal efficiency, this consumption is defined for the amount of fuel consumption by the engine for a given consumption. In a horsepower determination group, it is relatively easy to use, but real-time fuel care requires its determination. One of the main problems found in the same volumetric of the fuel flow in diesel engines caused by the cyclic injection system, not like the fuel injection pumps in the fluid and these pulsations cause a brief reversal in the direction of the fuel flow varying in high frequency. This change affects the correctness of the resolution meters that are displacement. To prevent them from working in the flow version of equipment, always equipment that allows occasional compensation of the flow version of high cost equipment. This operation of the hydropneumatic pump in the possible version of the fuel flow through a hydropneumatic reservoir previously installed from the fuel source. For this, tests were carried out comparing the positive measurements with the reservoir prediction experiments. The results found and the oscillation of the effectiveness of the use were summarized to the pneumatic flow that became the reduction of costs.

Keywords: Fuel Consumption, Flow Measurement, Internal Combustion Engines