# Degradação de óleo lubrificante de mancais de bombas centrífugas avaliada através da espectroscopia Raman

Raphael L. D. Barros[1], Irio Nizzoli Filho[1], Andressa C. M. Bezerra[1], Danieli O. Silva[1], Gustavo H. M. Matos[1], Josuel P. dos Santos Junior[1], Marcos T. T. Pacheco[1,2], Landulfo Silveira Jr.[1,2]

[1]Universidade Santa Cecília - UNISANTA, Santos, SP, Brasil
[2]Centro de Inovação, Tecnologia e Educação – CITE, Universidade Anhembi Morumbi – UAM, São José dos Campos, SP, Brasil

**Email:** landulfo.silveira@gmail.com

**Resumo:** Este trabalho objetivou a avaliação da degradação de óleo lubrificante de bombas centrífugas pela técnica de espectroscopia Raman. Foram avaliadas amostras de óleo lubrificante com 4 e 5 meses de uso de 12 bombas centrífugas. Os resultados mostraram diferença na intensidade do pico em 1660 $cm^{-1}$ (estiramento C=C), além de alterações menores em picos de outras faixas. Esta alteração sugere a quebra da ligação dupla em moléculas aromáticas do óleo. A espectroscopia Raman mostrou-se capaz de medir a degradação do óleo lubrificante e pode ser empregada para determinar o tempo de troca de óleo baseado na degradação.

**Palavras-chave:** espectroscopia Raman; lubrificantes; degradação; bomba centrífuga.

## Degradation of lubricating oil from centrifugal pump bearings evaluated by Raman spectroscopy

**Abstract:** This work aimed to evaluate the degradation of lubricating oil of centrifugal pumps by the technique of Raman spectroscopy. We evaluated samples of lubricating oil with 4 and 5 months of use from 12 centrifugal pumps. The results showed difference in peak intensity at 1660 $cm^{-1}$ (C=C stretch), in addition to minor changes in other peak bands. This change suggests the breakdown of the double bond in aromatic molecules of the oil. Raman spectroscopy has been shown to be able to measure the degradation of the lubricating oil and can be used to determine the time of oil change based on the degradation.

**Keywords:** Raman spectroscopy, lubricants, degradation; centrifugal pump.

## Introdução

Em sistemas mecânicos, normalmente as trocas de lubrificantes em equipamentos são baseadas no tempo de uso e não na condição de uso ou degradação que os mesmos se encontram, o que nem sempre corresponde ao critério mais adequado em termos econômicos. A metodologia atualmente empregada para a troca de óleo em bombas centrífugas de água de climatização de ambientes em um complexo administrativo é baseada no tempo de uso da bomba (6 meses), independente das condições deste lubrificante.

Uma grande variedade de técnicas espectroscópicas está disponível para a análise de materiais e produtos químicos, dentre as principais destaca-se a espectroscopia Raman. O espalhamento Raman baseia-se na dispersão inelástica da luz por um material, provocando mudanças no comprimento de onda da radiação espalhada em relação à incidente [1]. Estes comprimentos de onda fornecem informações dos níveis de energia vibracionais das moléculas, que podem ser usadas para caracterizar o material. O espectro Raman é, portanto, uma "impressão digital" das moléculas presentes nas amostras, e a sua constituição química pode ser determinada por análise do espectro e/ou por comparação com uma biblioteca de espectros para identificar as substâncias presentes na mesma.

Desde a descoberta do efeito Raman na década de 1930, a tecnologia progrediu de tal forma que a espectroscopia Raman é atualmente uma técnica poderosa com muitas aplicações na área de identificação de substâncias orgânicas e caracterização de alterações moleculares decorrentes de processos físicos e químicos. A área de lubrificação pode se beneficiar de sua aplicação visando a determinação da composição dos óleos e de sua degradação.

## Objetivos

O objetivo deste trabalho foi aplicar a técnica Raman para identificar alterações químicas decorrentes de degradação em óleos lubrificantes utilizados em mancais de bombas centrífugas em um complexo administrativo, com óleo apresentando 4 a 5 meses de uso.

## Material e Métodos

Foram obtidas 12 amostras de óleos lubrificantes da marca Lubrax Turbina 68 (Petrobras Distribuidora S/A, Duque de Caxias, RJ) de 12 bombas centrífugas de diferentes potências/vazões (modelo KSB Meganorm, KSB Bombas Hidráulicas S/A, Várzea Paulista, SP) utilizadas em um sistema de bombeamento de água para climatização. Amostras de 10 mL de óleo foram coletadas de cada bomba, sendo que o tempo de uso do óleo é apresentado na Tabela 1. Foi obtida também uma amostra de óleo novo, utilizado como padrão.

**Tabela 1.** Tempo de uso dos lubrificantes para cada uma das amostras nas diferentes bombas.

| Amostras | Tempo de uso (tempo após a última troca) |
|---|---|
| SEC15, SEC16, SEC17, SEC18, BTR01, BTR02 BTR03, BTR06 | 4 meses |
| 01, 02, 03, 04 | 5 meses |

Foram obtidos espectros Raman em um espectrômetro dispersivo (modelo Dimension P1, Lambda Solutions Inc., Wahtham, MA, EUA), que possui as seguintes características: comprimento de onda de 830 nm, potência laser de 350 mW, resolução espectral de 2 $cm^{-1}$ na faixa entre 400 e 1800 $cm^{-1}$. Estes espectros foram filtrados para retirada da fluorescência de fundo (ruído) e plotados a fim de identificar as diferenças espectrais entre as amostras e comparativamente ao óleo novo. Uma busca à literatura forneceu espectros Raman e infravermelho de óleos e suas vibrações moleculares características.

**Resultados**

A Figura 1 apresenta os espectros Raman das amostras de óleo lubrificante novo comparado às amostras de óleo das bombas identificadas como BTR03, 01 e SEC15, que são os espectros que indicam pouca alteração espectral (BTR03), maior alteração espectral (01) e alteração espectral bastante intensa (SEC15). Estes espectros apresentaram diferenças nos picos Raman nas regiões espectrais principalmente de 1660 $cm^{-1}$ e nas regiões de 1350, 850 e 550 $cm^{-1}$. O pico na região de 1660 $cm^{-1}$ pode ser atribuído à vibração estiramento C=C [2-3].

Nos espectros há um conjunto de picos que não sofreu alteração, o que sugere que não houve modificação nas estruturas químicas principais dos constituintes do óleo (hidrocarbonetos parafínicos, naftênicos, aromáticos e poliaromáticos) [4], enquanto que as alterações no pico de C=C sugere quebra de ligação química da dupla ligação (aromáticos e poliaromáticos).

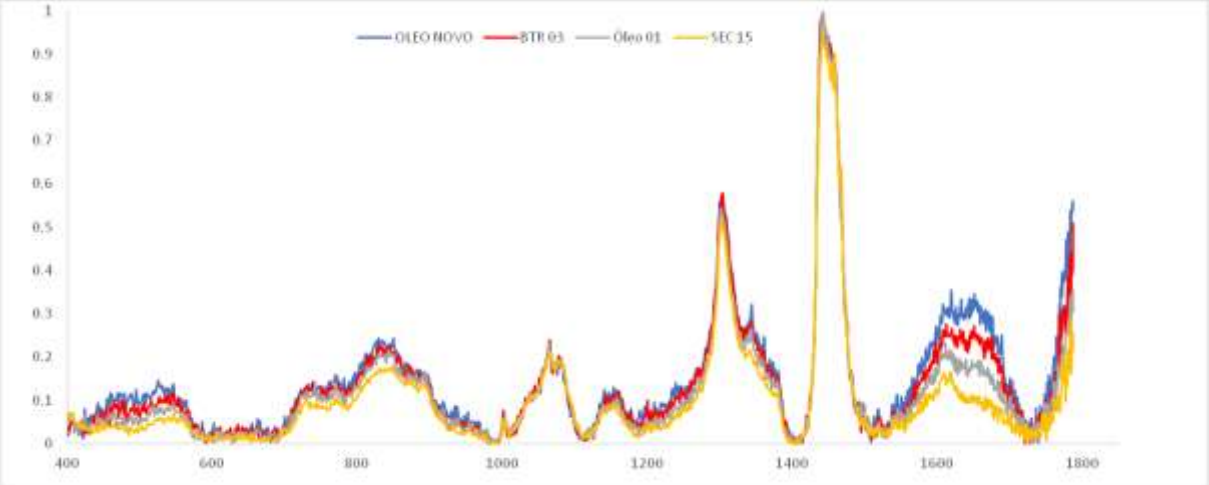



**Figura 1.** Gráfico comparativo dos espectros de amostras de óleo lubrificante novo e os obtidos das bombas (BTR03, 01 e SEC15) indicando degradação decorrente do uso.

**Discussão**

A necessidade da troca de óleo lubrificante se dá pela perda de suas propriedades devido a desgastes físicos e/ou químicos. Atualmente, na indústria em geral praticamente não existe outro parâmetro para a troca de óleo lubrificante dos equipamentos que não seja pelo tempo de uso do mesmo, contado a partir do momento em que ele é inserido, tempo este definido pelo fabricante do óleo. Assim, duas bombas que tiveram o óleo trocado no mesmo dia, farão a próxima troca juntas novamente, não importando se uma foi mais utilizada que a outra.

Visando reduzir as trocas de óleo lubrificante e ainda garantir seu bom funcionamento, é necessário medir as propriedades deste óleo para verificar se o mesmo ainda atende às especificações depois de determinado tempo, substituindo o mesmo apenas quando não mais apresentar as suas propriedades originais ou não atender às especificações. Uma metodologia baseada no espectro Raman poderia ser empregada para medir a degradação do óleo, de maneira não destrutiva e que requer uma quantidade pequena de amostra, avaliando a influência da quebra da ligação dupla (C=C) dos hidrocarbonetos aromáticos nas propriedades do óleo lubrificante, bem como alterações em outras bandas relacionadas à degradação.

Nesse trabalho foram analisadas 12 amostras de óleo de bombas diferentes que tiveram sua troca de óleo por volta de 4 a 5 meses anteriores à coleta, comparando-as com uma amostra de óleo novo. Observou-se praticamente 3 grupos distintos de amostras: que sofreram muita alterações - Grupo I (SEC15, SEC16, SEC17); que sofreram alterações significativas - Grupo II (01, 02, 03, 04, BTR01, BTR02); as que praticamente não sofreram alterações - Grupo III (BTR03, BTR06, SEC18). As 4 bombas SEC, além de serem maiores (maior potência) que as outras também operavam em um revezamento onde pelo menos 2 delas ficavam ligadas ao mesmo tempo, enquanto que as BTRs operavam uma por vez, assim como as 01, 02, 03 e 04.

A maior diferença entre o espectro do óleo novo e das amostras ocorreu em 1660 $cm^{-1}$ (estiramento C=C), essa diferença é ainda maior nas amostras do Grupo I, onde a degradação é tão grande que o pico quase desaparece. Essa diferença do Grupo I para os demais grupos pode ser devido ao fato das bombas desse grupo ficar em funcionamento mais tempo que as outras, o fato que a bomba SEC18 não está no Grupo I pode ser decorrido que no período avaliado ela estivesse passando por uma manutenção e, portanto não operou o mesmo tempo que as outras bombas SECs.

A análise do espectro mostrou quanto o óleo degradou, porém ainda não foram obtidos os parâmetros para avaliar até que grau de degradação ainda mantém as propriedades do óleo sem prejudicar o funcionamento do equipamento. Serão necessários ensaios futuros visando determinar qual variável Raman está ligada com o tempo máximo de utilização do óleo (variável esta ligada à degradação química), resultando assim em uma troca mais precisa e reduzindo trocas desnecessárias. Isto coloca em prática a Manutenção Preditiva, que é baseada na condição de utilização ótima do equipamento. Este tipo de manutenção é a mais econômica.

Cada vez mais a indústria busca reduzir os custos e aumentar a produtividade, e a troca de óleo baseada nos dados da espectroscopia Raman pode contribuir não apenas reduzindo gastos, mas também produzindo menos resíduo industrial.

## Conclusões

A espectroscopia Raman demonstrou-se válida para a análise de óleo lubrificante, visto que ela fornece a caracterização do mesmo e indica seus principais componentes. Notou-se que as amostras identificadas como BTR03, 01 e SEC15 possuíram alterações características, como a diminuição do pico em 1660 $cm^{-1}$ (vibração C=C) causada pela degradação em função do tempo de uso. Conclui-se que a análise de óleos lubrificantes usados a partir da técnica de espectroscopia Raman traz inúmeros benefícios se comparada com os métodos tradicionais. Sua utilização nesse setor trará um grande avanço nesse tipo de análise, já que, é uma técnica simples, rápida, não destrutiva e evita a troca desnecessária do óleo, resultando em economia e confiabilidade para a empresa que adotar esta técnica.

**Agradecimentos:** L. Silveira Jr. agradece o suporte financeiro da FAPESP (Processo No. 2009/01788-5).

## Referências bibliográficas

1. Smith, E; Dent, G (2005). Modern Raman Spectroscopy: A Practical Approach. West Sussex, England: John Wiley & Sons. 224p.
2. Ahmadjian, M; Brown, CW (1976). Petroleum Identification by Laser Raman Spectroscopy. Department of Chemistry University of Rhode Island Kingston. Analytical Chemistry, Vol. 48.
3. Yang, H; Irudayaraj, J; Paradkar, MM (2005). Discriminant analysis of edible oils and fats by FTIR, FT-NIR and FT-Raman spectroscopy. Department of Human Environment and Family Sciences, North Carolina A&T State University; Department of Agricultural and Biological Engineering, The Pennsylvania State University; Agricultural Engineering Building, University Park. Food Chemistry 93 25-32.
4. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ (2011). Produto Lubrax Turbina 68, Petrobras Distribuidora S/A.