

---

## DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE ATRAVÉS DE ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS

Thiago Zampar Serra (PICV), Nora Díaz Mora (Orientadora), e-mail:  
noradiaz@unioeste.br, Eduardo José Cidade Cavalcanti (Co - orientador).

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Departamento de Engenharia  
Mecânica – Foz do Iguaçu – Pr.

**Palavras-chave:** regeneração, óleo lubrificante, ensaio físico-químicos.

### Resumo:

Para diagnosticar o estado operativo do óleo lubrificante, foram analisados resultados do banco de dados do laboratório de química da Usina Hidrelétrica de Itaipu (UHI). Com os valores dos ensaios físico químico de teor de água, acidez, demulsibilidade, RBOT, DBPC e espuma, foram determinados parâmetros máximos e mínimos. Os coeficientes de decaimento dos dados de RBOT e o DBPC foram indicativos do estado de oxidação do óleo lubrificante e permitiram diagnosticar a vida útil do óleo lubrificante tipo turbina antes e após a regeneração.

### Introdução

Os óleos lubrificantes devem permanecer estáveis por longos períodos, mantendo suas propriedades e garantindo a lubrificação adequada do equipamento, durante meses ou até mesmo anos.

Com a crescente demanda da geração de energia elétrica, observa-se também o aumento das dimensões dos equipamentos das usinas hidrelétricas, sendo necessários grandes volumes de óleo lubrificante para o funcionamento adequado de equipamentos tais como: mancais dos grupos turbina-gerador, sistemas hidráulicos dos reguladores de velocidade e acionamentos hidráulicos das comportas entre outros. Atualmente existem instaladas unidades que utilizam volumes de óleo da ordem de 100.000 litros. Uma carga desse porte não pode ser substituída rotineiramente como se faz em um automóvel e desta forma, espera-se que o mesmo possa ser usado em uma máquina por mais de 20 anos (SIHVENGER, 2005).

Nas atividades rotineiras da manutenção são monitoradas as propriedades do óleo lubrificante através de ensaios físicos e químicos para verificar o teor de água, acidez, viscosidade, espuma, presença de metais, cor, sedimentos, teor de aditivo DBPC - Dibutil Para-Cresol, RBOT - Estabilidade à oxidação por bomba rotatória e demulsibilidade.

Neste trabalho é apresentada uma proposta para o controle de qualidade do óleo lubrificante, visando o desenvolvimento de uma metodologia para auxiliar a engenharia de manutenção da UHI na tomada de decisão em relação ao destino de uma carga de óleo.

## Materiais e Métodos

- Determinação de valores máximos e mínimos dos ensaios de acidez, água, espuma, DBPC (Dibutil Para Cresol), RBOT (bomba rotatória) e demulsibilidade utilizando 860 resultados das análise físico-químicas do óleo lubrificante do banco de dados do laboratório de química da UHI.
- Ajuste dos valores dos ensaios RBOT e DBPC antes e após a regeneração, numa função linear definida, para a obtenção do coeficiente de declividade da reta.
- Análise estatística, para a obtenção de uma média, através do teste t de student utilizando os coeficiente de declividade da reta das nove unidades geradoras que possuem carga de óleo regenerado.
- Determinação de equações para prever a vida útil do óleo lubrificante utilizando os valores dos ensaios do óleo em operação e do valor do ensaio do óleo lubrificante novo.

## Resultados e Discussão

Na tabela (I) são mostrados os valores máximos e mínimos dos ensaios RBOT, DBPC, acidez, demulsibilidade, espuma e água. Na figura (I) é verificado que nos períodos que antecederam a regeneração (período quatro) os dados físico-químicos se situavam fora da região de aceitação e abaixo do limite mínimo estabelecido aqui. Após o processo de regeneração observa-se que os valores de estabilidade à oxidação situam-se na região de aceitação, entretanto, é possível observar uma queda acentuada desses valores entre os períodos quatro e dez.

Tabela I – Valores máximos e mínimos dos ensaios físicos químicos analisados

Ensaio	Limite Máximo	Limite Mínimo
RBOT	$21 \times 10^3$ s	$6 \times 10^3$ s
DBPC	0,45%	0,10%
Acidez	$4 \times 10^{-4}$ KgKOH/Kg	$1 \times 10^{-4}$ KgKOH/Kg
Demulsibilidade	$3 \times 10^{-5}$ m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
Espuma	$45 \times 10^{-5}$ m <sup>3</sup>	$1 \times 10^{-5}$ m <sup>3</sup>
Água	0,2%	0,0%

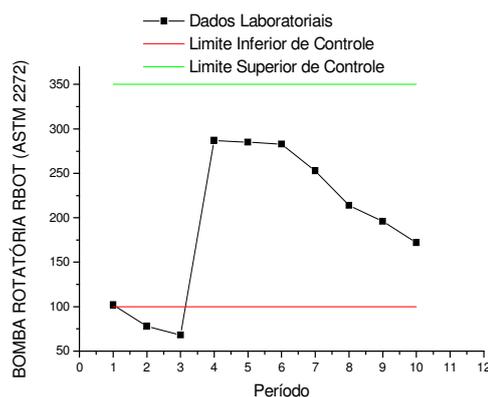
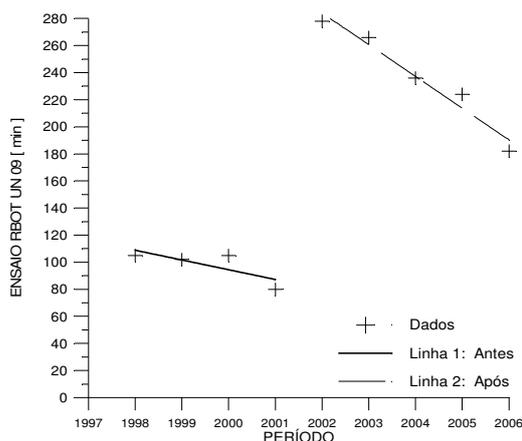
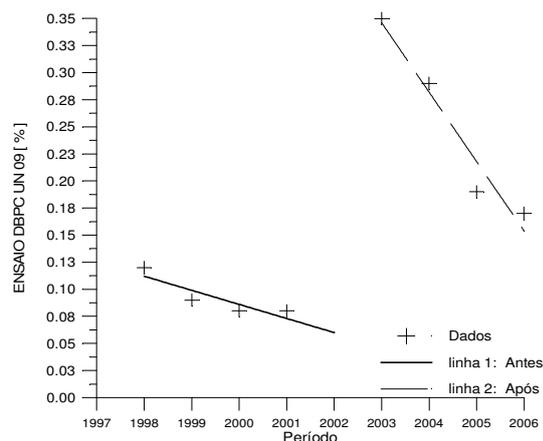


Figura I –Valores máximos e mínimos do ensaio RBOT para a unidade 05

Das figuras (II) e (III) foram obtidos os coeficientes angulares das retas com base dados nos dos ensaios de RBOT e DBPC antes e após a regeneração. Nessas figuras, na abscissa estão indicados os parâmetros DBPC e RBOT e na ordenada os anos em que foram realizadas as análises (1998 a 2006). Análise semelhante foi aplicada aos dados de todas as nove unidades que possuíam óleo regenerado.



**Figura II** - Efeito da regeneração no parâmetro RBOT na unidade 09



**Figura III** - Efeito da regeneração no parâmetro DBPC na unidade 09

Uma vez que os ensaios físicos químicos de RBOT e DBPC conferem características importantes sobre o estado de oxidação dos óleos lubrificantes, de uma análise qualitativa das figuras II e III verifica-se que o óleo regenerado em ambos os casos degrada mais rapidamente do que o óleo sem regeneração, e através de uma extrapolação, é possível determinar o tempo provável que a carga de óleo continuará exercendo sua função corretamente.

De uma análise quantitativa é possível obter-se equações que verificam o tempo de vida útil do óleo lubrificante através de dados do ensaio do óleo lubrificante novo, e o valor do ensaio do óleo em utilização. A equação mostrada abaixo é do ensaio DPBC para o óleo regenerado.

$$DBPC = -0,07322 \times t + DBPC_i$$

## Conclusões

O método desenvolvido aqui poderia ser utilizado, pelos engenheiros de manutenção, como uma ferramenta parcial no diagnóstico das condições operativas do óleo lubrificante e prever a vida útil do óleo lubrificante para que possam ser tomadas medidas preventivas ou corretivas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a UHI pela disponibilização do banco de dados e ao PDTA/PTI pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

## Referências

SIHVENGER, J.C.; MOREIRA, E. GRANATO, R.C. Experiência da Itaipu na utilização de óleos lubrificantes regenerados. In: XI ERIAC. Comité Nacional Paraguayo del Cigré, Ciudad Del Este, 2005.

HINES, W.W., Probabilidade e estatística na engenharia. LTC, Rio de Janeiro, 2006.