

# Análise de óleo - mitigando os riscos elétricos de transformadores

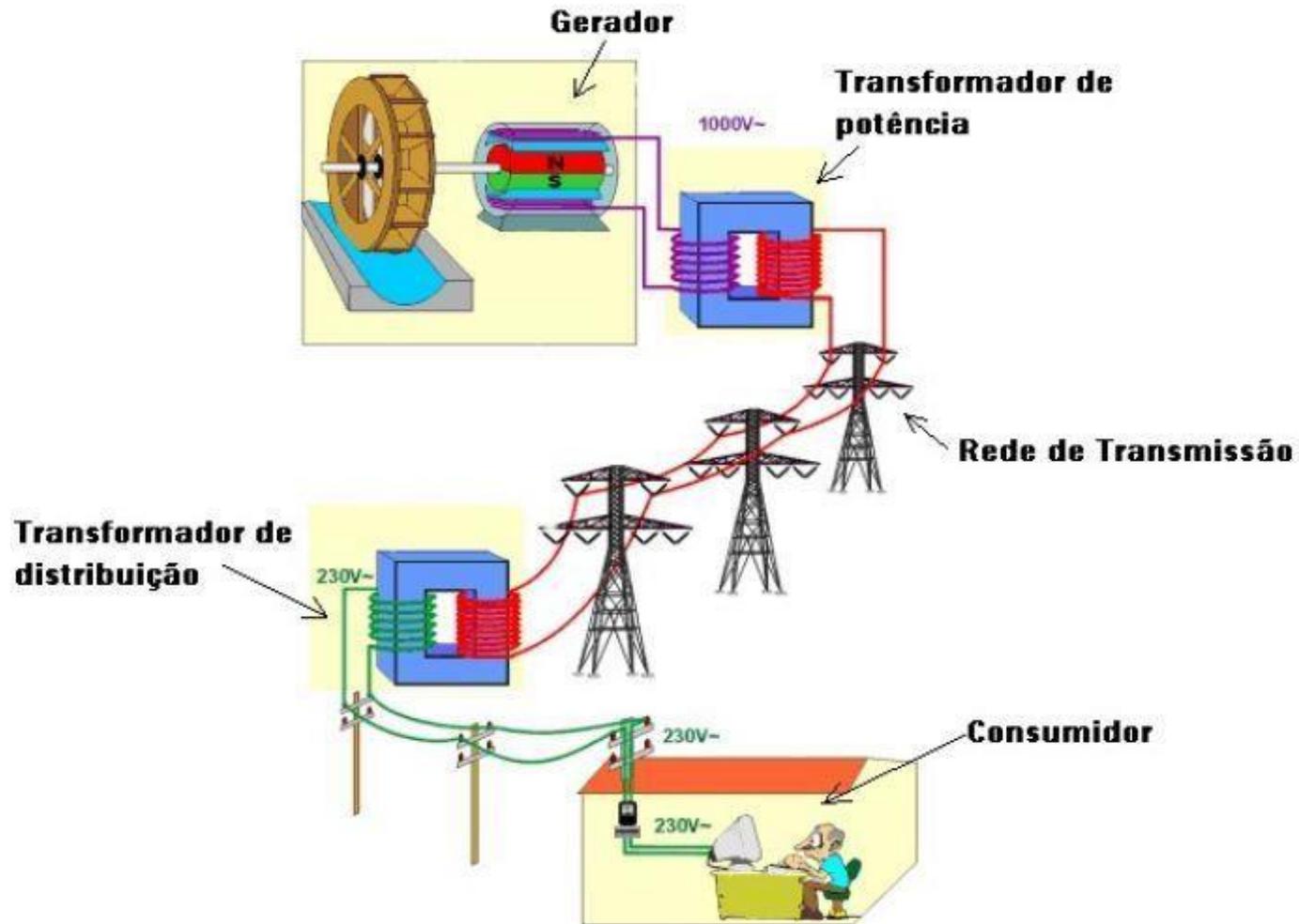
19/09/2017

Paulo Sergio Testa

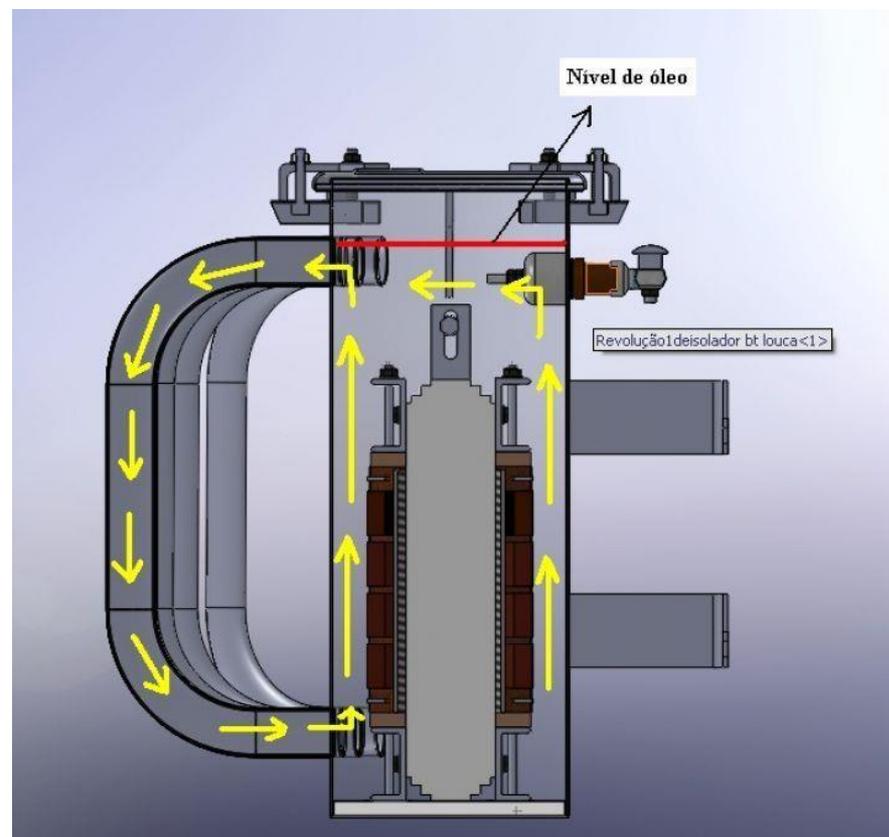
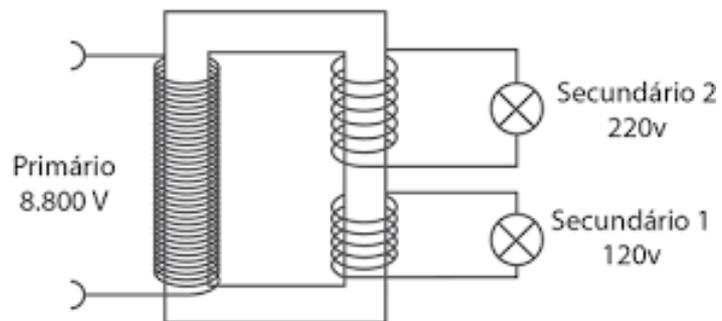
Risk Engineer



# Geração de energia elétrica

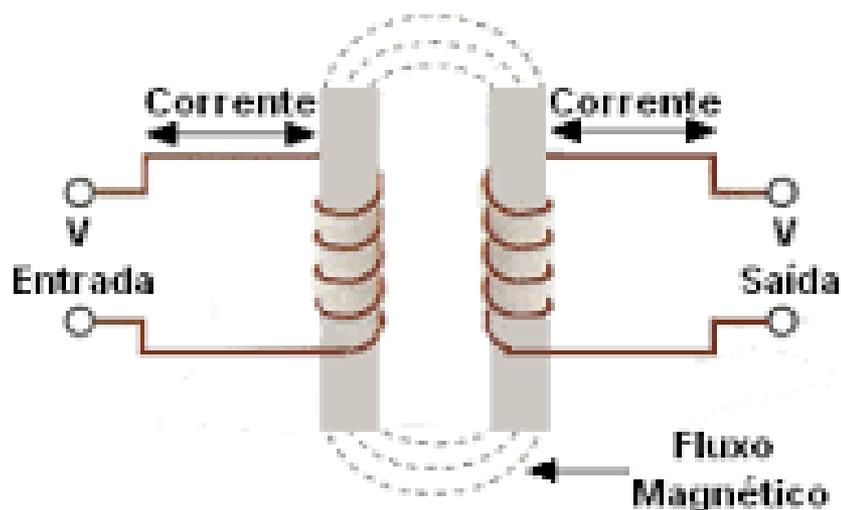


# Transformadores



Com o uso dos transformadores:

- Indução eletromagnética
- Calor interno ( Efeito Joule)
- A composição do óleo se altera
- Problemas no futuro.
- Análise é uma forma de manutenção preditiva



- Isolante e refrigerante.
- Transformadores, chaves elétricas, reatores, disjuntores, religadores
- Imerge todas as peças
- Falhas elétricas internas (idade/uso inadequado) geram:
  - sobreaquecimento,
  - arcos elétricos
  - descargas parciais (corona)

NBR5356 – Transformadores de Potencia-  
- Temperatura operação entre 50°C a 60°C

## Vantagens e Desvantagens



- Transformador a Óleo
  - Óleo pega fogo
  - Risco Explosão
  - Manutenção óleo ( FQ/vazamentos, etc)
  - Instalação Fora de ambientes de fábricas
  - Problemas ambientais
- Transformadores Seco
  - Custo do equipamento maior
  - Custo de instalação menor
  - Menor custo de manutenção
  - Pode ser instalado dentro de fábricas
  - Sem danos ao meio ambiente

# Óleo dos Transformadores

## Condições Ideais:

- Baixa viscosidade;
- Alto poder dielétrico ( isolamento elétrico);
- Alto ponto de fulgor;
- Estar livre de ácidos, álcalis e enxofre corrosivo;
- Resiste à oxidação e à formação de borras (Baixa reatividade química);
- Não conter produtos que possam agredir o homem ou o meio ambiente (Ex: PCB).
- Estabilidade térmica

# Tipos de Óleos dos Transformadores

- **Tipos :**

- A) Óleo ascarel, bifenila policlorada (PCB)
- B) Mineral base parafínica ( mais usado)
- C) Mineral base naftênica (mais usado)
- D) Sintético – base silicone( opção)
- E) Óleo Vegetal Isolante (OVI)

Tipo A- Ascarel ( Alto teor de cloro)

Grande rigidez dielétrica,  
Alta condutividade térmica,  
Boa estabilidade química,  
Não-inflamabilidade e capacidade de resistir a altas temperaturas  
(650°C)

Desvantagem :

Tóxico

Bioacumulativo

Cancerígeno

# Tipos de Óleos dos Transformadores

## Tipo B- Óleo mineral de base Parafínico

- Parafina - ligas químicas são relativamente estáveis e resistentes
- Não podem ser modificadas facilmente com influências químicas.
- Parafinas tendem a não oxidar em temperaturas ambientes
- Se oxidam de forma lenta.
- A grande desvantagem é que em temperaturas baixas: as parafinas tendem a sedimentar-se
- Origem de borras insolúveis
- Dificultam a transferência de calor
- São Combustíveis

# Tipos de Óleos dos Transformadores

Tipo C - Óleo mineral de base naftênico ( mais usado atualmente)

- Boa condutividade térmica;
- Alto ponto de fulgor;
- Baixo custo de produção em larga escala;
- Alta capacidade de regeneração;
- Fácil manutenção - testes físico-químicos;
- Baixa toxicidade;
- Biodegradabilidades
- São usados para baixas temperaturas.
- Apesar de oxidarem mais que parafínicos as borras são mais solúveis.
- Não depositam no fundo do tanque de óleo
- Facilitam a transferência de calor
- São Combustíveis

# Tipos de Óleos dos Transformadores

## .Tipo D - Sintético

- Produto artificial de laboratorios- reações químicas
- Biodegradavel
- Muito alto ponto de fulgor
- Não possui enxofre corrosivo
- Alto custo

## ● Tipo D- Vegetais

- Bases renováveis – sementes oleaginosas
- Alto ponto de Fulgor
- Biodegradável
- Menos agressivos quando degradados
- Evitam a degradação do papel Kraft isolante
- Não possui enxofre corrosivo
- Desvantagem : mais suscetíveis à quebra cadeias carbonicas- tempo vida menor

# Óleo dos Transformadores

## Monitoramento de condições

- Programa de manutenção preditiva :



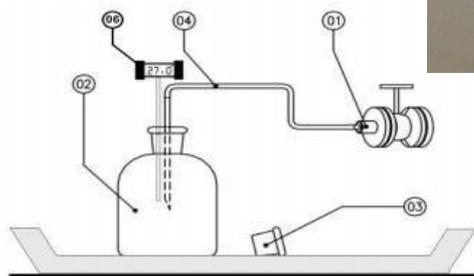
- Testes de Análise de Gases dissolvidos em óleo (Cromatografia de gases)

- Testes Físico –Químicos

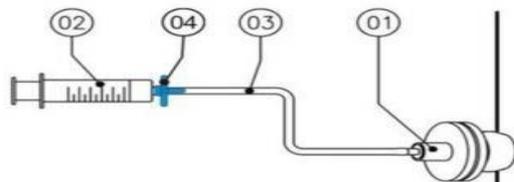
- NBR 7070- O procedimento de coleta das amostras ( Análise Cromatográfica)

- NBR 8840- O procedimento de coleta das amostras ( Ensaio Físico-Químicos.

- Na coleta para ensaios FQ o fluido deverá ser retirado dias secos, cuja umidade relativa do ar esteja abaixo de 70%.



1. Conexão metálica para registro do equipamento.
2. Frasco de 1000 ml (Âmbar).
3. Tampa do frasco
4. Mangueira plástica
5. Termômetro.



1. Conexão metálica ou redução para adaptação ao registro do equipamento.
2. Seringa de vidro 20ml para ensaios cromatográfico.
3. Mangueira plástica.
4. Válvula 03 vias.

## Propriedades físicas

- Viscosidade – dissipar calor
- Ponto de Fulgor- segurança contra incêndio
- Tensão Interfacial- condução dielétrica
- Cor- Deterioração
- Ponto de Fluidez- mínima temperatura de operação
- Densidade- condução de calor

## Propriedades Químicas

**Oxidação- degradação natural pelo uso**

**Acidez e água- condução de corrente e corrosão interna partes ferrosas**

**Compostos de enxofre (sulfatos) = corrosão Cobre e Prata**

## Propriedades elétricas

### 1 - Rigidez dielétrica:

- É a capacidade do óleo de resistir a passagem de corrente elétrica

### 2 - Fator de potência:

- O fator de potência mede a contaminação do óleo por água e contaminantes sólidos ou solúveis.

# Análise Físico-Química

Número de Série*	59081	Equipamento	Transformador
Tipo de Comutador	Não Informado	Tipo de Óleo/Fluido	Óleo Mineral Isolante
Ano de Fabricação	1992	ID	
Tensão Primária	138000	Tensão Secundária	13800 V
Tipo de Tensão	entre 69kV e 230kV	Potência (kVA)	32000 kVA
Fabricante	ABB	Identificação	Trafo 01- SEP1
Área		Instalação/Local	SE Principal
Volume	8800	Sistema de Preservação	NA
Sistema de Refrigeração	NA	TAG	Trafo 01- SEP1
Teor de PCB			

FÍSICO QUÍMICO		[ Histórico do Equipamento ]						
Data da Coleta	Método	NBR 10576:2012 entre 69kV e 230kV	01/07/2014	19/08/2013	14/08/2012	10/08/2011	27/01/2011	01/06/2010
Aprovação			Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nº O.S.	-	-	3280/14	4255/13	4510/12	4249/11	0426/11	2529/10
Teor Água Med.	-	-	4	8	5	9	9	10
Teor Água Corr.	NBR 10710	máximo 8	3	5	3	7	5	6
RD.(Calota)	NBR IEC 60156	mínimo 50	71	66	63	62	65	74
TI. 25°C	NBR 6234	mínimo 22,0	41,5	40,3	41,5	41,6	41,9	42,2
Índ. Neutr.	NBR 14248	máximo 0,15	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cor	NBR 14483	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Dens. 20/4°C	NBR 7148	-	0,875	0,875	0,876	0,877	0,875	0,876
F. Dissip. 90°C	NBR 12133	máximo 15	0,63	0,64		0,17	0,27	
F. Pot. 100°C	NBR 12133	máximo 20,00			0,68	0,25		0,83
F. Pot. 25°C	NBR 12133	máximo 0,50			0,44			
Operando	-	-	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Temp. Óleo	-	-	49	49	50	60	56	55
Temp. Amostra	-	-	29	30	33	25	35	32
Diagnóstico	-	-	002	002	002	002	002	002
Recomendação	-	-						
Sugestão	-	-	006	006	006	006	006	006
Laudos	-	-						

É a tecnologia para testes de gás dissolvido no óleo.

- Evolução de gases:
- desprendimento = valor positivo
- absorção = valor negativo

Quantidades e combinações desses gases, indicam:

- superaquecimento elétrico
- sobrecarga de isolamento,
- superaquecimento líquido,
- descarga parcial (corona) ou
- arcos elétrico dentro do transformador.

Os gases analisados são:

- 1- Hidrogênio (H<sub>2</sub>)
- 2- Oxigênio ( O<sub>2</sub>)
- 3- Nitrogênio ( N<sub>2</sub>)
- 4- Monóxido de carbono (CO)
- 5- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- 6- Metano (CH<sub>4</sub>),
- 7- Etano ( C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)
- 8- Etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>):
- 9- Acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>):

# Inspeções- Falhas Associadas

<b>Gás</b>	<b>Resultado – Efeito/Causa</b>	<b>Valor Referencia</b>
<b>*Hidrogênio (H2)</b>	Descarga Parcial ( corona)	100 PPM
<b>*Monóxido de carbono (CO)</b>	Celulose exposta calor excessivo-sobrecarga do transformador	120 PPM
<b>Dióxido de carbono (CO2)</b>	Celulose exposta calor excessivo-sobrecarga do transformador	50 PPM
<b>Metano (CH4),</b>	Óleo contato calor excessivo de metal quente	65 PPM
<b>Etano ( C2H6)</b>	Óleo contato calor excessivo de metal quente (maior)	200 PPM
<b>Etileno (C2H4):</b>	Óleo contato calor excessivo de metal quente (maior)	500 PPM
<b>*Acetileno (C2H2):</b>	Arco elétrico	35 PPM

Outros gases: níveis de nitrogênio (N2), oxigênio (O2) também devem ser relatados e analisados.

\* Gases Explosivos

# Análise Cromatográfica

CROMATOGRAFIA [ Histórico do Equipamento ]						
Data da Coleta	20/11/2014	01/07/2014	19/08/2013	26/02/2013	14/08/2012	10/02/2012
Aprovação	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nº O.S.	6198/14	3566/14	4541/13	1299/13	4764/12	0735/12
Hidrogênio	47	ND	55	61	64	71
Oxigênio	5260	4790	13540	15630	15530	10810
Nitrogênio	23240	21540	53740	48060	53740	52450
Mon. Carbono	274	241	274	283	268	255
Metano	12	8	14	12	14	12
Dióx. Carbono	2465	2385	2945	2994	2589	2469
Etileno	ND	ND	8	10	3	2
Etano	ND	ND	5	4	6	6
Acetileno	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sat. Óleo/Gás	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Volume de Gás	1,6	1,5	1,8	1,7	1,6	1,3
Gases Combust.	333	249	356	370	355	346
Total de Gases	31298	28964	70581	67054	72214	66075
Diagnóstico	001	001	001	001	001	001
Recomendação						
Sugestão	005	005	005	005	005	005
Laudos						

# Análise Furfuraldeídos

## Análise Furanosa ou Furfuraldeídos

- Teste útil para determinar a quantidade de vida da celulose.
- Correlacionado com degradação do isolamento sólido (Grau de polimerização –GP ) com base de cinco compostos furânicos:
  - -5-hidroxi-metil-furaldeído,
  - -2-Furaldeído ( 2 Fal)
  - - 2-acetilfurano,
  - - 5-Metil-2-furaldeído,
  - - Álcool 2-furílico.

O 2 Fal – composto derivado de furanos é formado pela degradação da celulose

Degradação da Celulose = diminuição vida útil

Transformadores de Grande Potencia- acima 15 anos operação

# Mitigação de Risco

- Taxa de crescimento linear
- Taxa exponencial
- Gestão de risco
- Seletividade de cargas
- Regeneração/filtração de óleo.
- Repontencialização
- Modernização
- Verificação de substituição do equipamento

ENSAIO REALIZADO CONFORME NBR 15349/06

## RESULTADO DO ENSAIO

ANÁLISES 2-FAL	HISTÓRICO DE RESULTADOS			RESULTADO
	.	.	.	06/05/2009
2-Furfuraldeído (2-FAL)	.	.	0544/07 12/04/2007	0,66 ppm
GP por Correlação	.	.	0,03	522 monômeros
Perda de Vida Estimada	.	.	774	54 %
	.	.	22	

## DIAGNÓSTICO

**Limites para Grau de Polimerização  
Conforme Norma NBR 5416-97**

Papel Novo

Papel Após Secagem

Papel Fim de Vida

1.000 a 1.200 Monômeros

mínimo 800 Monômeros

+/- 150 Monômeros

## Perguntas Interativas

1) A análise de óleo do transformador serve para aumentar a vida útil do equipamento?

a) Correto b) **Incorreto** c) Depende do óleo

2) O óleo em um transformador, serve para?

a) Lubrificação e isolamento b) Arrefecimento e lubrificação  
c) **Isolação e Arrefecimento**

3) A análise do óleo dos transformadores é um tipo de manutenção?

a) **preditiva** b) preventiva c) corretiva

# Conclusão

- Equipamento Essencial – Industrial- Comercial
- Maioria com óleo interno
- Maioria internos em área produtiva
- Necessidade de isolar passagens de cabos elétricos ( Fire Stopping)
- Manutenção Preditiva anual
- Deficiências dos testes é um potencial de incêndio para a fabrica
- Gestão de risco
- Perdas de Danos Materiais e Lucros Cessantes

# Obrigado

**RISK ENGINEERING  
ZURICH BRASIL SEGUROS SA**