



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Ferramentas para o Monitoramento da Vida Útil de Transformadores

Power Transmission and Distribution



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

O transformador é o componente mais crítico de uma subestação

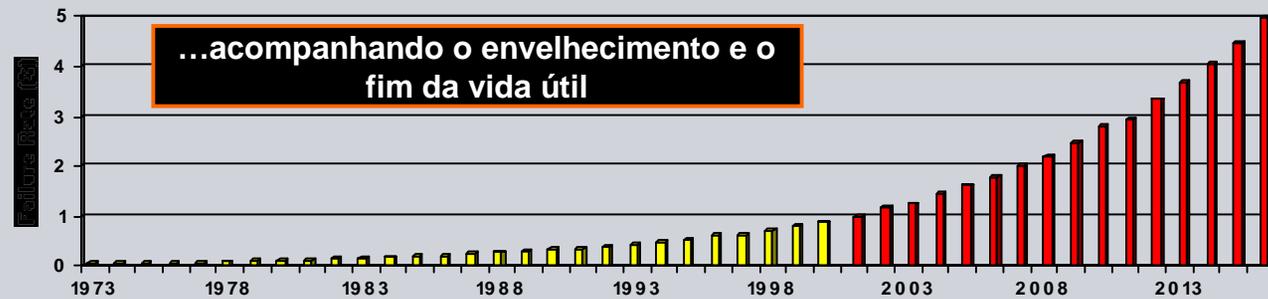




FIEE Elétrica 2007



Sergi – "Transformer Explosions in the United States"



William H. Bartley P.E., Hartford Steam Boiler Inspection & Insurance Co.,
"Life Cycle Management of Utility Transformer Assets,"

Média da idade dos transformadores dos EUA: 39 anos

Média da idade dos transformadores brasileiros: ~29 anos



Principais grupos de materiais de um transformador:

- Cobre
- Aço Silício (núcleo)
- Aço Carbono (tanque e terraços / Internas estruturais)
- Isolação Sólida (papel, papelão)
- Fluido Isolante



Envelhecimento
lento



Envelhecimento
mais acelerado



Fatores que influenciam o envelhecimento do material isolante:

Envelhecimento precoce

- Qualidade dos materiais / Fornecedores qualificados
- Estocagem e manuseio da matéria prima
- Processo de secagem durante a produção
- Preservação da parte ativa durante armazenagem e transporte



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Fatores que influenciam o envelhecimento do material isolante:

Envelhecimento no decorrer da operação

- Ar / oxigênio
- Umidade
- Temperatura
- Contaminação
- Estresses elétricos e mecânicos



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Principais objetivos do gerenciamento da vida do transformador:

- avaliar continuamente o seu estado operacional;
- aumentar a confiabilidade;
- auxiliar no planejamento da manutenção;
- reduzir custos operacionais;
- reduzir riscos;
- evitar falhas catastróficas.





Recursos utilizados:

-Criação de “fingerprints”

Testes de fábrica adicionais aos rotineiros

Gases dissolvidos no óleo DGA (antes/após dielétricos e elev. de temp.)

Propriedades Físico-químicas do óleo (antes e após ensaios)

Resposta dos ensaios dielétricos

Capacitância e fator de potência

Resistência do isolamento (núcleo e enrolamentos)

Análise da resposta em frequência

GP após o processo de secagem da parte ativa



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

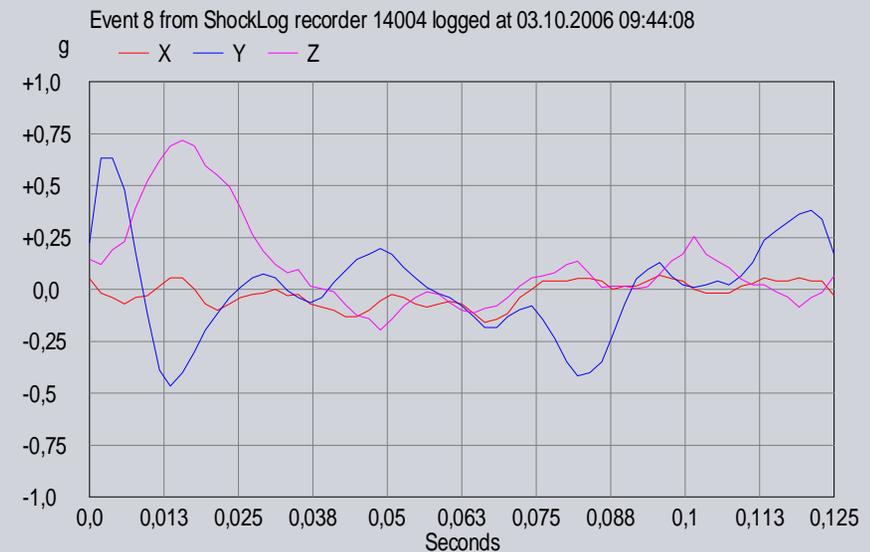
Recursos utilizados:

-Criação de “fingerprints”

Testes de comissionamento

Avaliação dos registros de impactos

Histórico dos dados





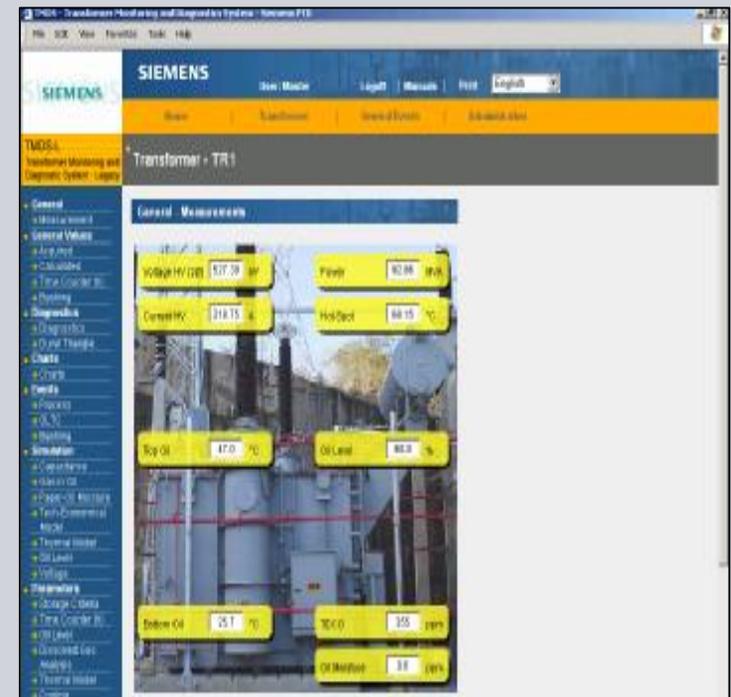
FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Recursos utilizados:

-Transformador em serviço

Monitoramento on-line detecta os primeiros sinais de uma provável falha





FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Recursos utilizados:

-Transformador em serviço

Análise do óleo isolante

Gases dissolvidos - DGA

Físico-químicos

2-Fal





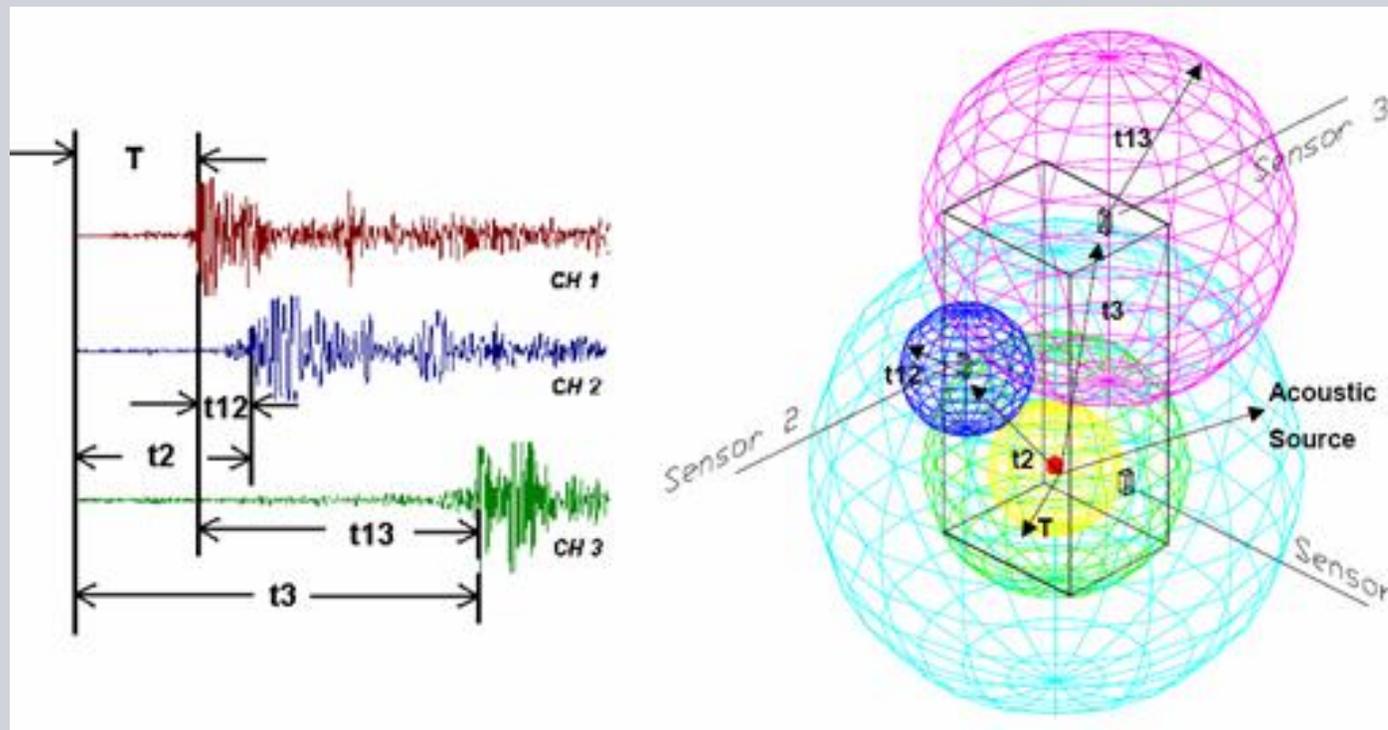
FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Recursos utilizados:

-Transformador em serviço

Emissão acústica





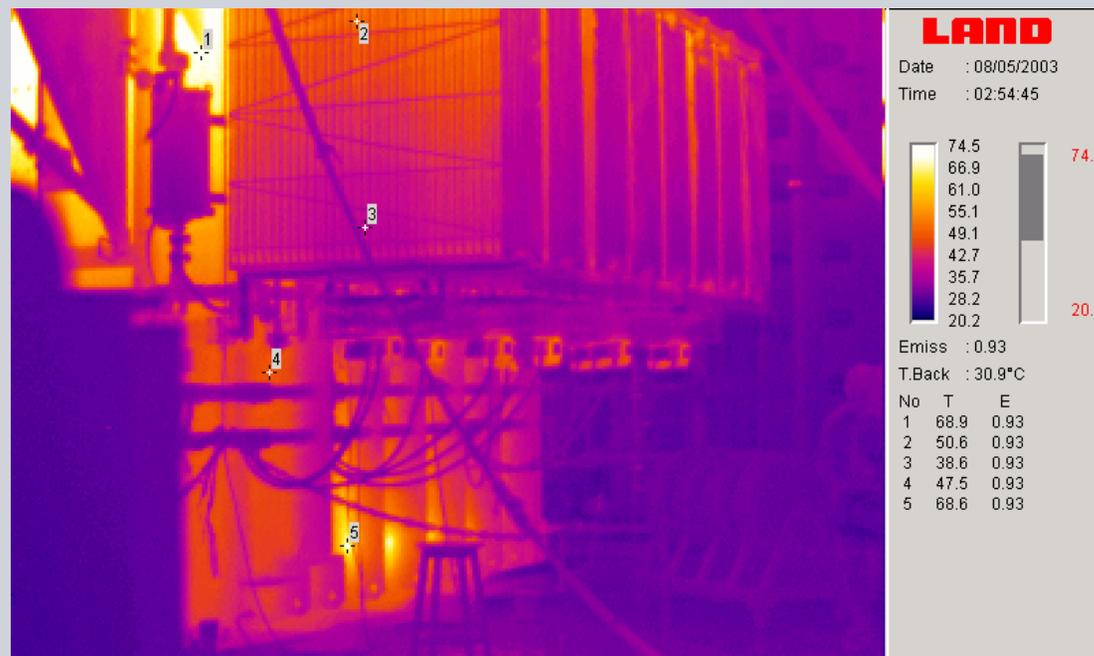
FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Recursos utilizados:

-Transformador em serviço

Termografia infravermelho





FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Recursos utilizados:

-Transformador em serviço

Principais vantagens

Redução do custo de manutenção

Evita perda de receita pela indisponibilidade

Evita riscos de danos nos equipamentos

Evita riscos de acidentes pessoais



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Recursos utilizados:

-Transformador fora de serviço

Vários testes realizados em fábrica, hoje em dia, também podem ser executados no campo, destacando:

Descargas parciais

Medição de perdas a vazio e em carga com medição da impedância

Medição da vibração e nível de ruído

Análise em frequência



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Recursos utilizados:

-Transformador fora de serviço - Unidade móvel para testes em campo





Principais análises utilizadas na avaliação da vida do transformador:

- Gases dissolvidos no óleo - DGA

▶ amplamente utilizado (métodos e diagnósticos consagrados)

▶ detecta

-pontos quentes

-descargas parciais

-degradação da celulose

-aquecimento localizado em partes metálicas

-vazamento do compartimento do comutador

-efeito de tintas e vernizes sobre o óleo

▶ não permite localização



Principais análises utilizadas na avaliação da vida do transformador:

- Gases dissolvidos no óleo - DGA

▶ avaliar tendência

vantagem para o monitoramento on-line

▶ limitações – principais efeitos que perturbam a correta avaliação

-procedimento de amostragem incorreto

-recipientes contaminados / inadequados

-tempo (vida útil) da amostra / transporte

-processamento da amostra incorreto

vantagem para o monitoramento on-line



Principais análises utilizadas na avaliação da vida do transformador:

-2-FAL

Analisado em conjunto com DGA e Físico-química é atualmente a principal fonte não invasiva de informação do envelhecimento do material isolante.

Envelhecimento da isolação sólida \equiv decomposição da celulose



Diminuição do grau de polimerização (GP)



Origem a subprodutos, entre eles compostos furânicos



Principais análises utilizadas na avaliação da vida do transformador:

-2-FAL

Existe uma correlação entre 2-Fal e GP (grau de polimerização). Esta correlação é influenciada por:

- Temperatura
- Umidade
- Oxigênio
- Ácidos
- Tipo do óleo (inibido / não-inibido)
- Tipo do papel (kraft / termo-estabilizado)
- Relação óleo/papel da parte ativa.



Principais análises utilizadas na avaliação da vida do transformador:

-2-FAL

Os procedimentos de manutenção também influenciam nos valores de 2-FAL

Tratamentos e/ou trocas de óleo reduzem os valores de 2-FAL

Novo equilíbrio dos valores 2-FAL após aprox. 6 meses

As taxas de crescimento são tão importantes quanto os valores absolutos



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Principais análises utilizadas na avaliação da vida do transformador:

-2-FAL

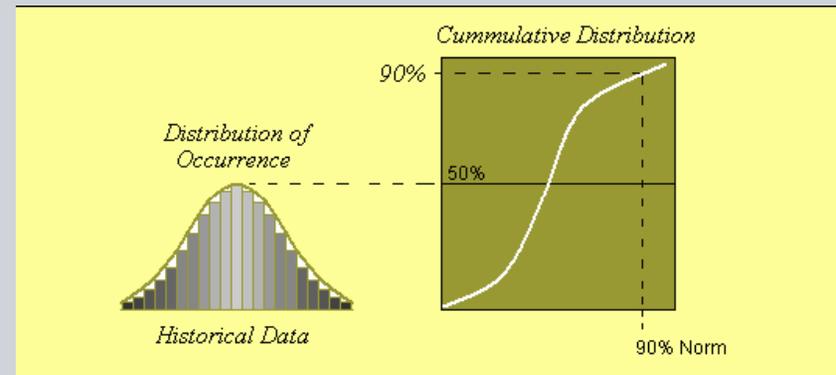
TC 10/JWG 33, Mailand, September 22nd 2005
THERMAL LIFE EVALUATION OF INSULATING PAPER
SIEMENS KONZEPT – Condition Evaluation in Respect to Life Assessment

Transformer age	2-FAL (mg/kg oil)	Increase Rates (mg/kg oil/year)	Evaluation aspects
Up to 10 years	$\leq 1,0$	$\leq 0,10$	Normal behaviour
	$> 1,0$	$\leq 0,10$	Furan content is elevated, check temperature and humidity, yearly sampling
		$> 0,10$	Furan content is elevated, check temperature and humidity, sampling in 6 months
Over 10 years	≤ 2	$\leq 0,10$	Normal behaviour
	$> 2 - \leq 4$	$\leq 0,10$	Furan content is elevated, check temperature and humidity, yearly sampling
		$> 0,10$	Furan content is elevated, check temperature and humidity, sampling in 6 months
	> 4		Furan content is high. This is an indication of a strong degradation of the solid insulation. Life assesment and maintenance should take concern of DGA and oil values as well.



Principais análises utilizadas na avaliação da vida do transformador:

- Análise estatística



Aplica de ferramentas que utilizam inteligência artificial (redes neurais e lógica fuzzy)



Correlaciona dados entre unidades idênticas ou similares.

Classifica os transformadores analisados



FIEE Elétrica 2007

Principais análises utilizadas na avaliação da vida do transformador:

- Análise estatística

Exemplo de classificação

TRANSFORMER ID	TECHNICAL CONDITION				STRATEGIC IMPORTANCE			FUZZY RANKING				
	CVE	CIB	CIG	CVG	IMP	VIP	CRT	VRY	RKY	MRK	NRK	
	0	4	7	10	4	7	10	0	4	7	10	
	VERY BAD	BAD	GOOD	VERY GOOD	IMPORTANT	VERY IMP	CRITICAL	VERY RISKY	RISKY	MINOR	NO RISK	
	GAS	OIL QUALITY	2FAL									
T0	4	10	7	4		10					very risky	immediate action needed to mitigate risk
T1	10	0	10		10						risky	action required shortly to mitigate risk
T2	10	10	7		10						minor risk	might need some action to mitigate risk
T3	10	7	10		10						no risk	no action required
TR0	10	10	10	4		10						
TR1	4	10	10		10							
TR2	4	10	10		10							
TR3	10	10	10		10							
TRT11	10	10	10		10							
TRT12	10	7	10		10							
TRT13	10	10	4		10							
TRT14	10	10	10		10							
TRT15	10	10	10		10							
TRT16	10	10	10		10							
TRT21	10	10	10		10							
TRT22	10	10	10		10							
TRT23	10	10	10		10							
TRT24	10	10	10		10							
TRT25	10	10	10		10							
TRT26	10	10	10		10							
	10	10	10		10							
	10	10	10		10							
	10	10	10		10							
	10	10	10		10							
	10	10	10		10							
	10	10	10		10							
	10	10	10		10							
	10	10	10		10							



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Principais análises utilizadas na avaliação da vida do transformador:

- Análise estatística

Grande quantidade de dados



Monitoramento on-line com política de armazenamento de informações.

Modelos de engenharia para utilizar os dados adequadamente.



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Principal ferramenta para o gerenciamento da vida do transformador é:

Monitoramento on-line

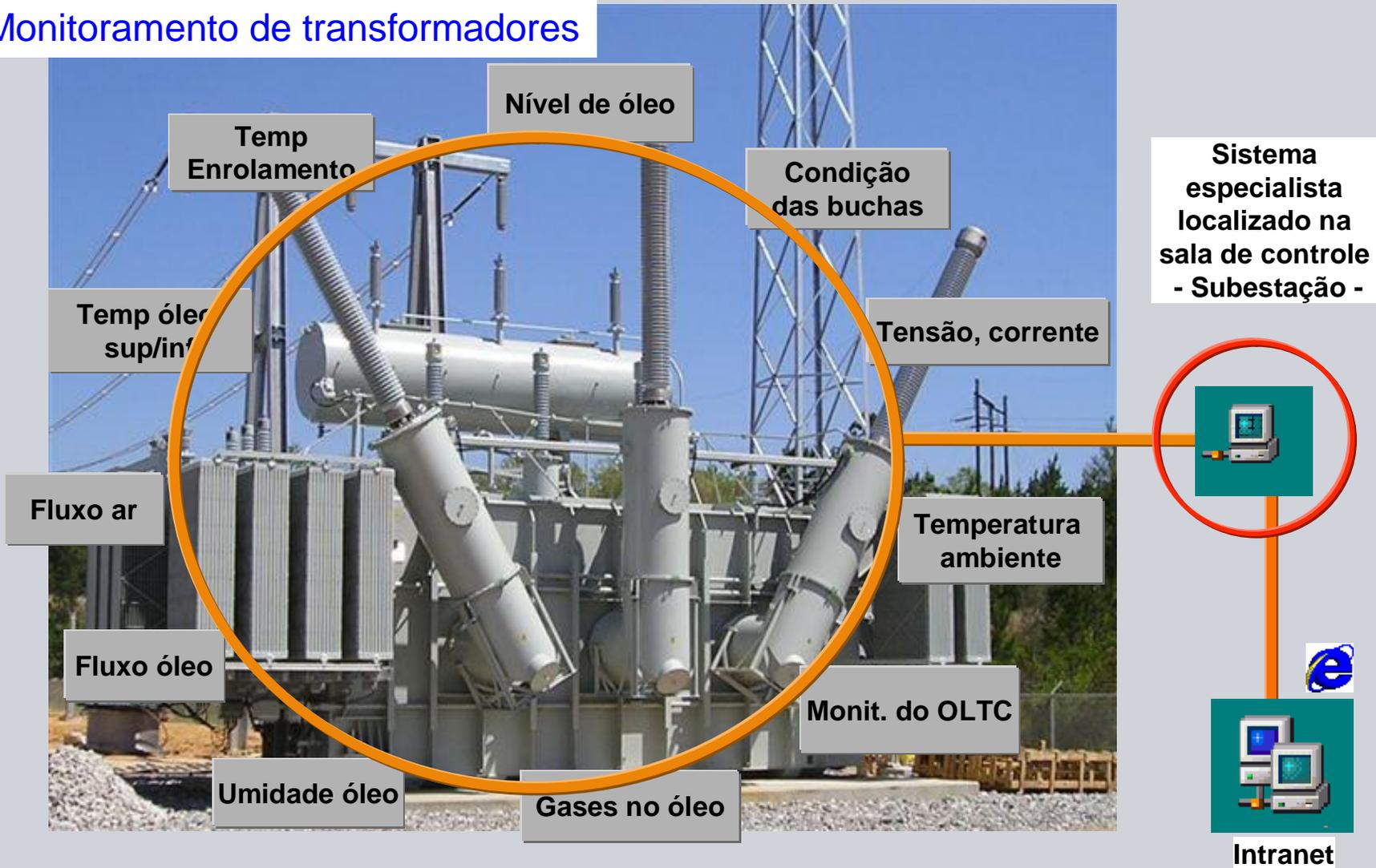
- avalia continuamente o seu estado operacional,
- aumenta a confiabilidade,
- auxilia no planejamento da manutenção,
- reduz custos operacionais,
- reduz riscos,
- evita falhas catastróficas,
- armazena adequadamente uma grande quantidade de dados.



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

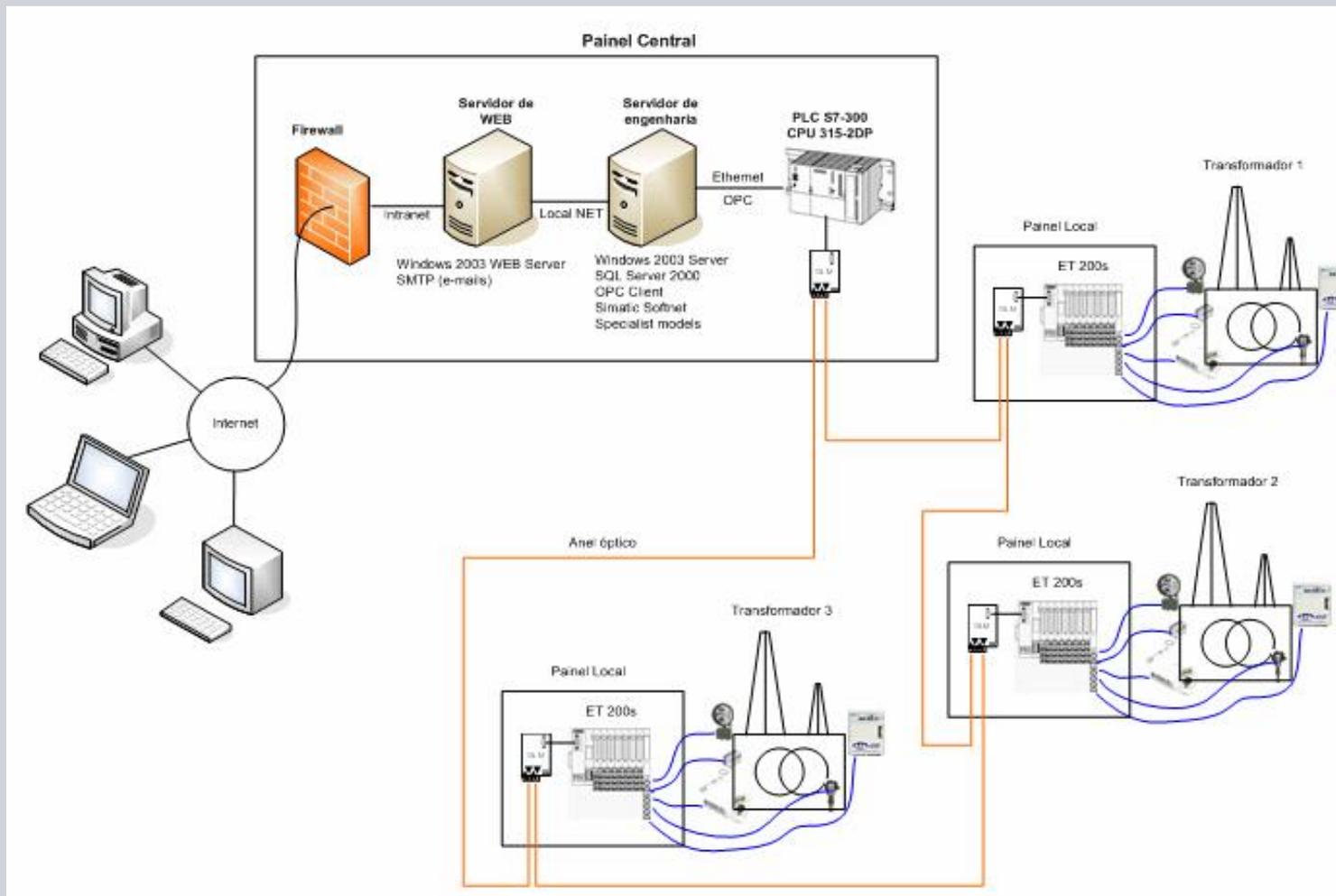
Monitoramento de transformadores





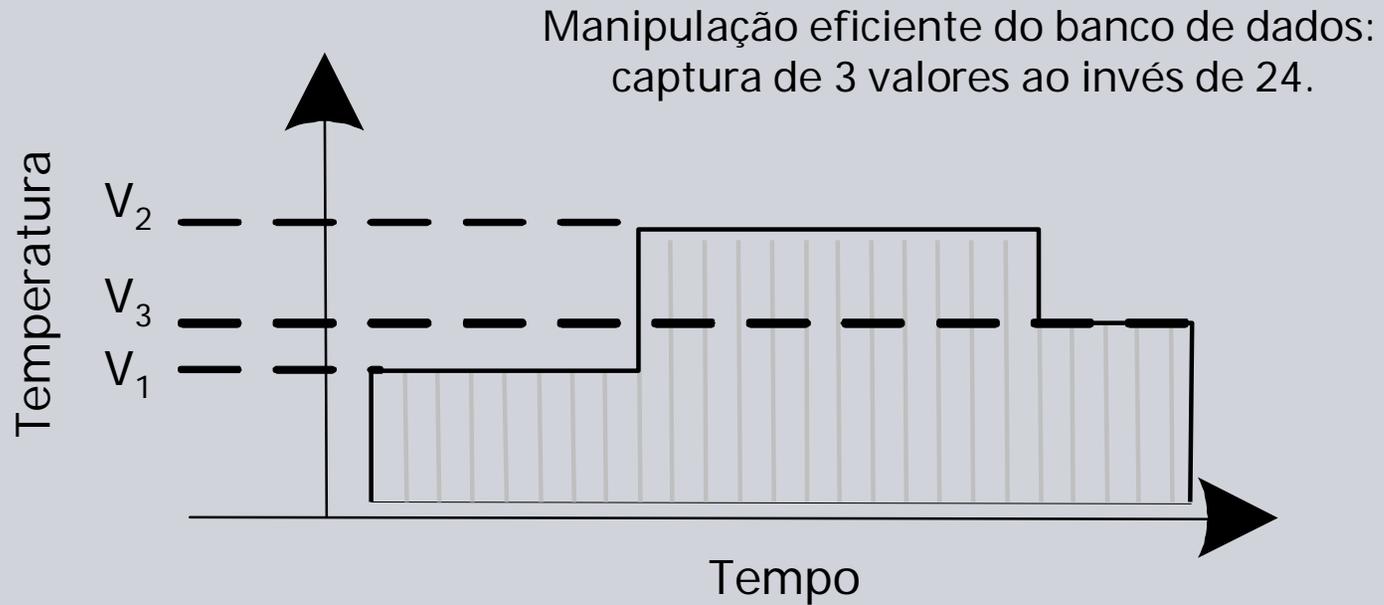
FIEE Elétrica 2007

Arquitetura





Estratégia de Armazenamento de Dados



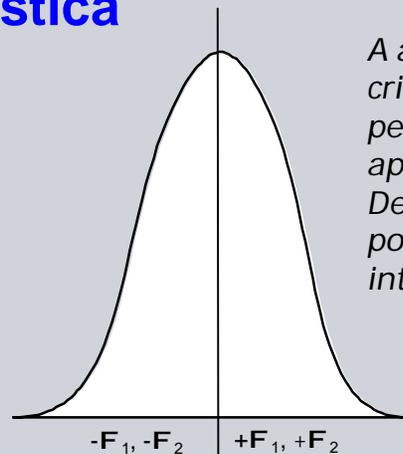
Apenas dados significantes são capturados



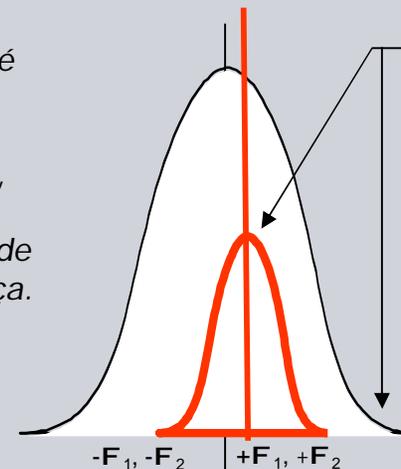
FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

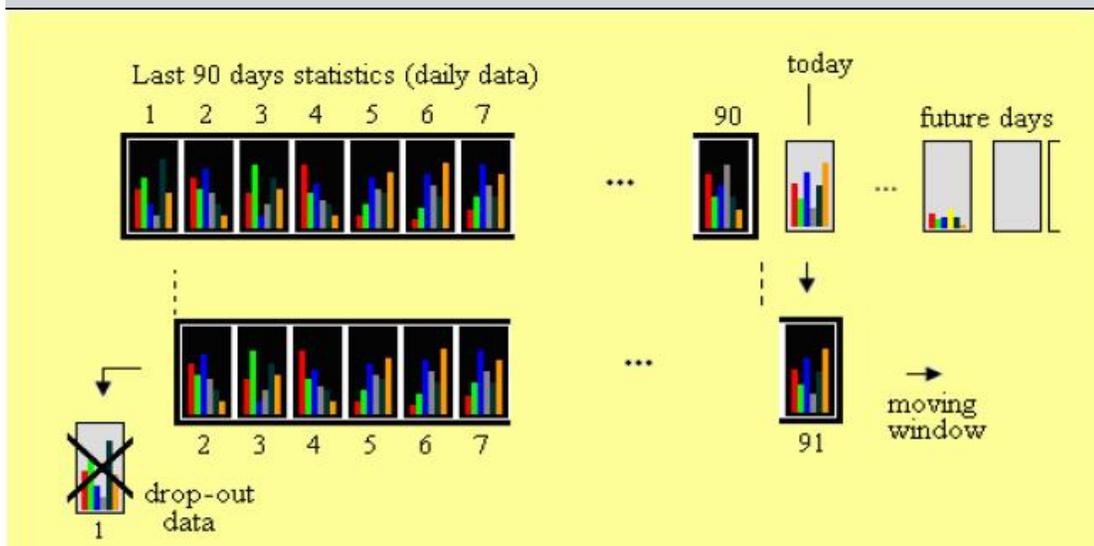
Análise Estatística



A análise estatística é criada durante um período definido de aprendizado - Média, Desvio Padrão da população com 95% de intervalo de confiança.



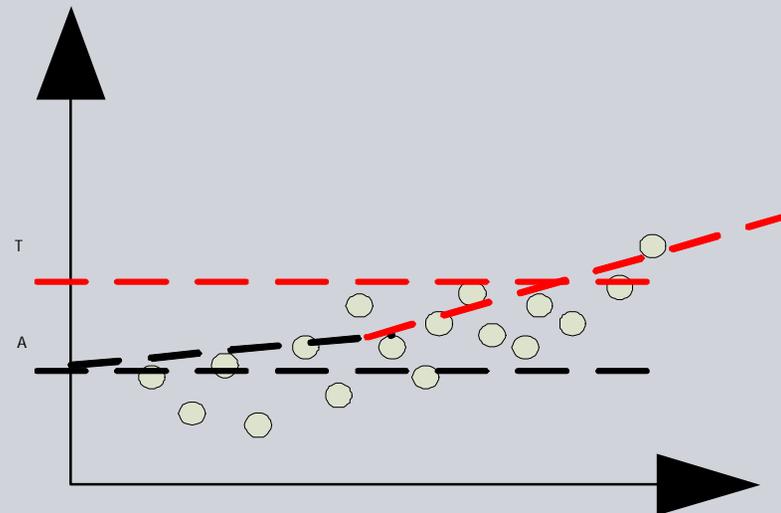
Alterações bruscas nos valores da média e do desvio padrão são monitoradas com o objetivo de detectar mudanças de comportamento.



Esse sistema é capaz de aprender, baseado nos dados históricos, evitando falsos alarmes e podendo detectar mudanças estatísticas significativas, a tempo de que limites severos sejam alcançados



Critério de avaliação por tendências



Esses parâmetros podem ser estabelecidos usando:

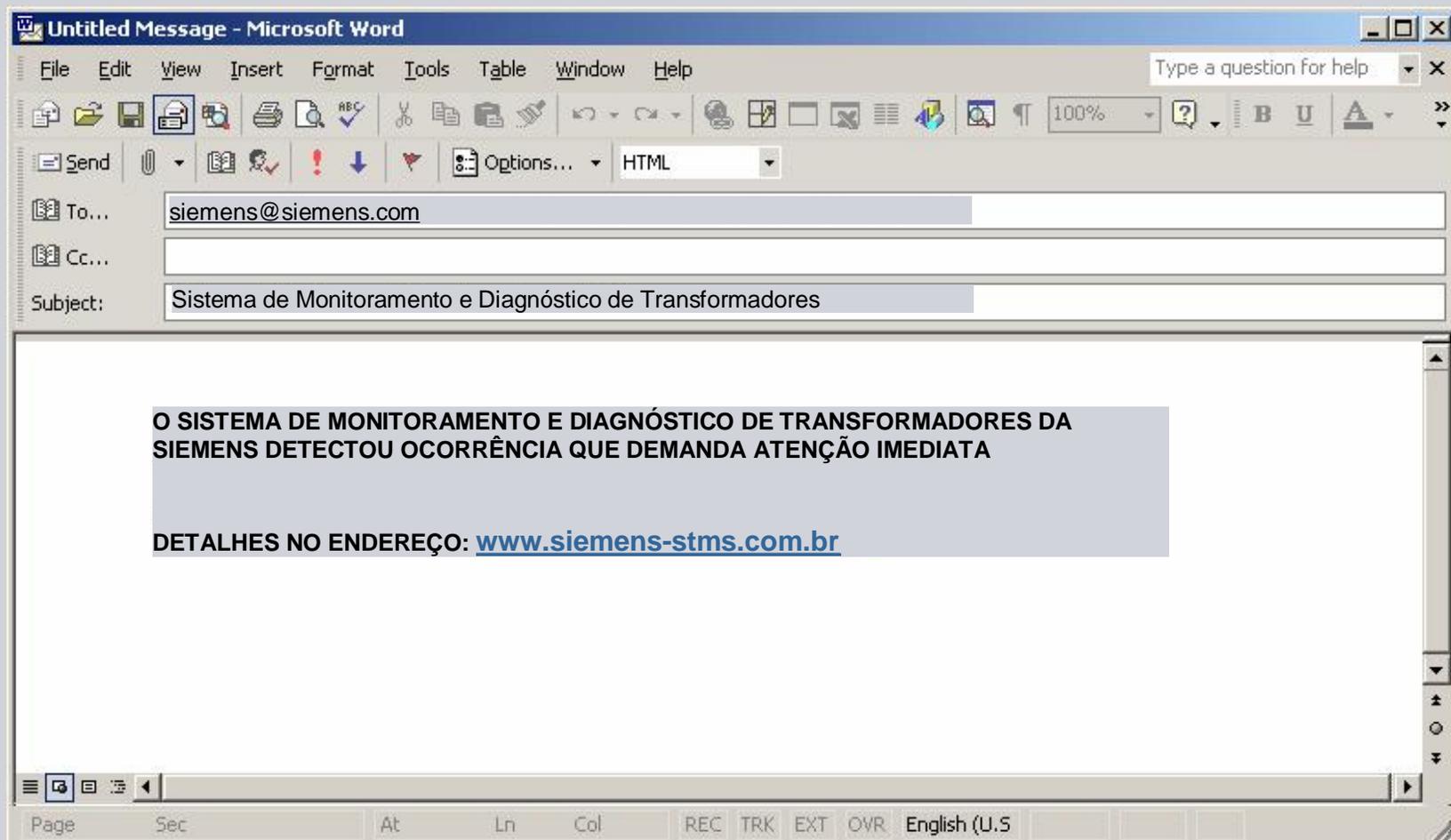
- 1. Normas reconhecidas pela indústria, tais como os padrões IEEE / ANSI.*
- 2. Cálculos baseados na avaliação off-line das condições ou na história da unidade, como DGAs anteriores ou resultados de testes.*
- 3. Níveis definidos pelo usuário*



FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Envio de e-mails





FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Diagnósticos

SIEMENS Usuário: master Logoff | Manuais | Imprimir Português

Home | Transformador | Eventos | Parâmetros | Administração

Transformador - TUSA

Diagnóstico

Umidade da Isolação
Data do Evento - 05/05/2006 12:02

Diagnóstico	Ação Recomendada
< Umidade do óleo > Umidade excessiva no óleo isolante do transformador. Oil: 42.7 %, 32.6 ppm, Paper: 5.4 ppm . há evidência de degradação importante da isolação por sobrecarga que é fonte de umidade. Transformador Não foi desenergizado no período de 12 meses.	< Umidade do óleo > Realizar amostragem off-line do óleo para confirmar nível de umidade. Checar vazamento na bolsa de borracha, no secador de ar, fissuras em soldas, conexões e válvulas. Realizar secagem. Reduzir Nível de carregamento do transformador por redistribuição de carga.

Prognóstico

< Umidade do óleo > Umidade reduz a capacidade de carga do transformador devido ao risco de emissão de bolhas, podendo ocasionar descargas parciais e assim falha do transformador. Redução de rigidez dielétrica isolação. Além disso é um importante fator d

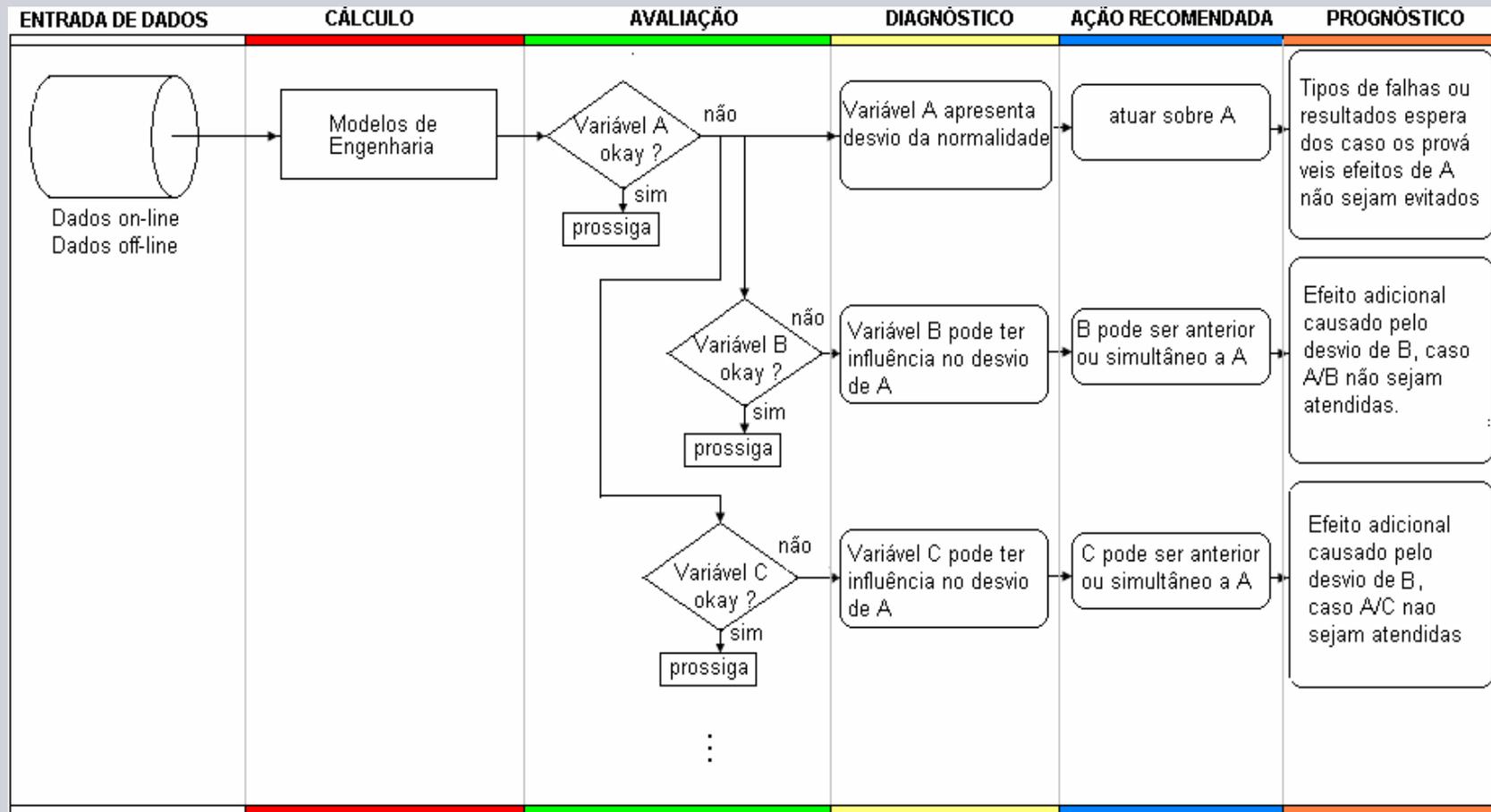
Tendência

Somente aplicável até o valor limite, que já foi ultrapassado.

Evento(s) não reconhecido(s): 2 **Reconhecer Evento**



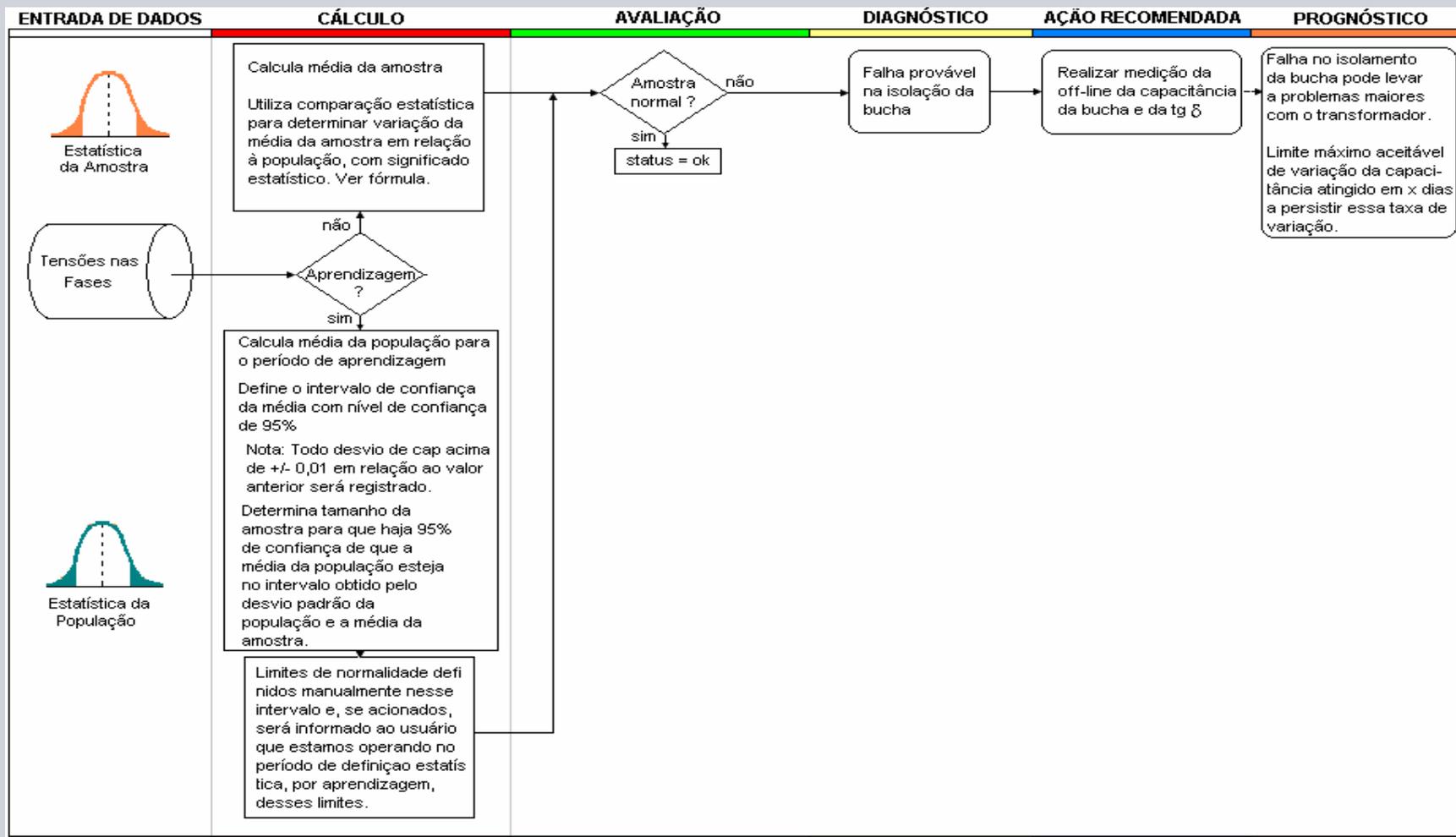
Fluxograma de dados





FIEE Elétrica 2007

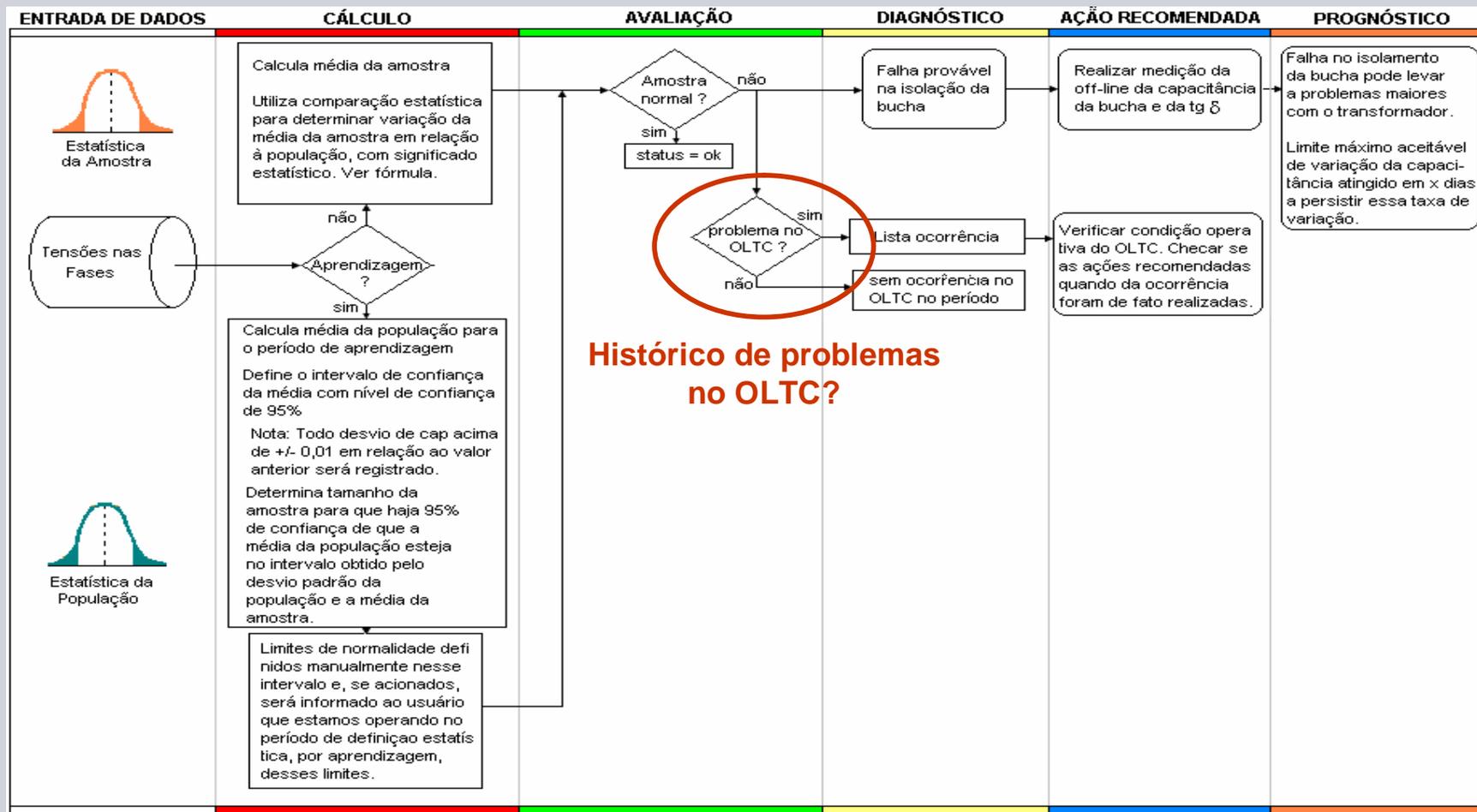
Exemplo: Modelo de capacitância de buchas





FIEE Elétrica 2007

Exemplo: Modelo de capacitância de buchas

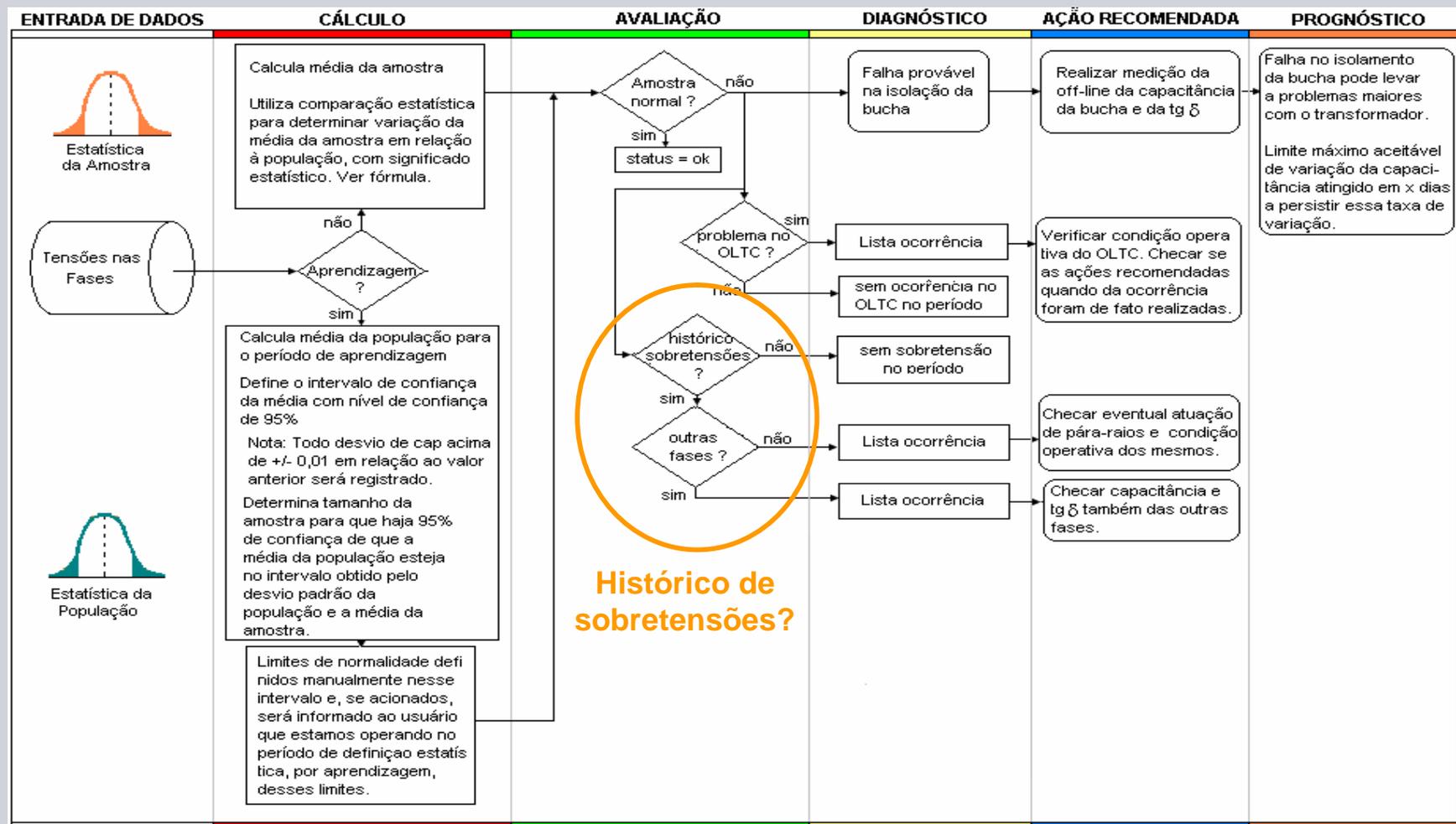


Histórico de problemas no OLTC?



FIEE Elétrica 2007

Exemplo: Modelo de capacitância de buchas

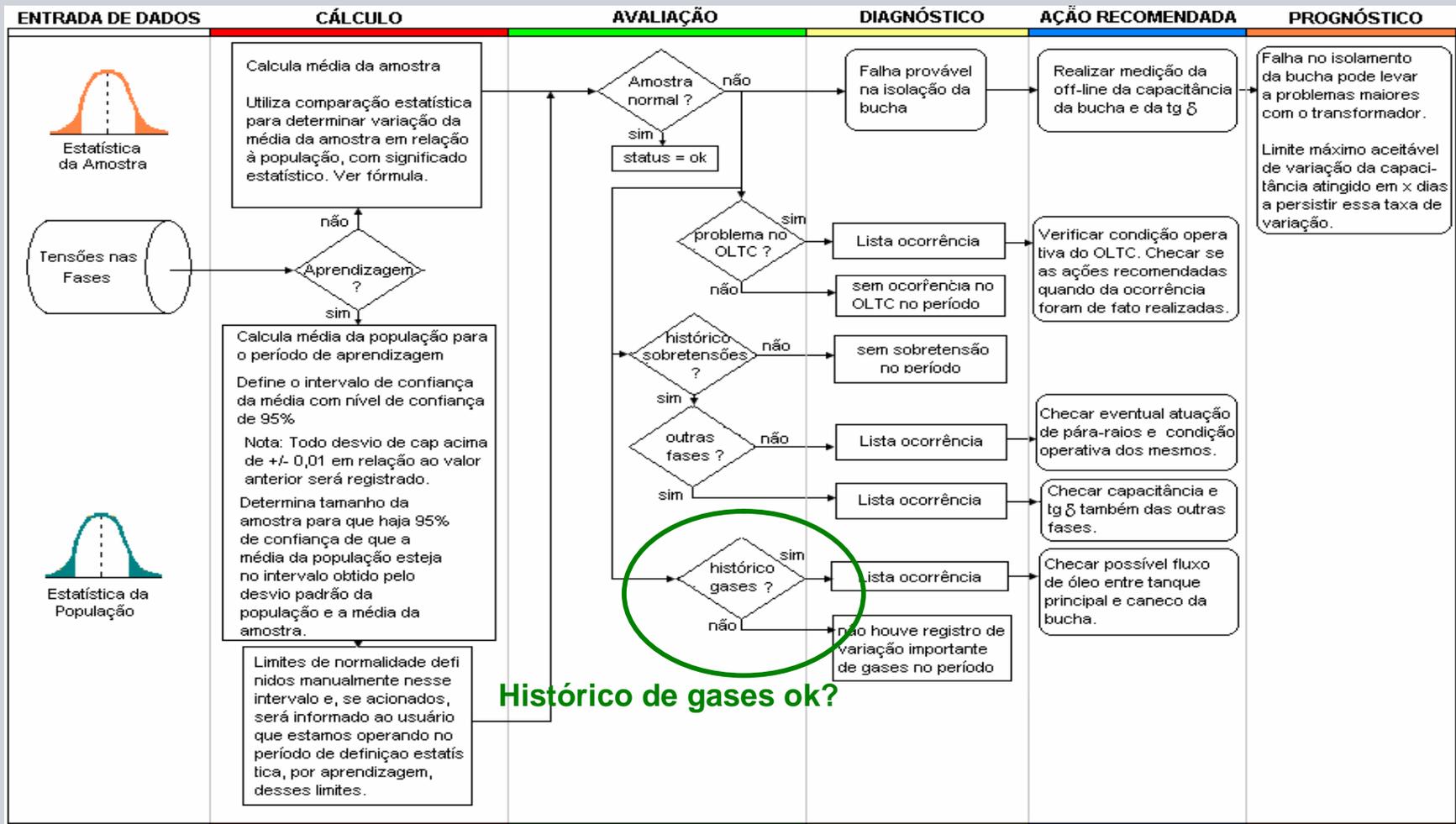


Histórico de sobretensões?



FIEE Elétrica 2007

Exemplo: Modelo de capacitância de buchas

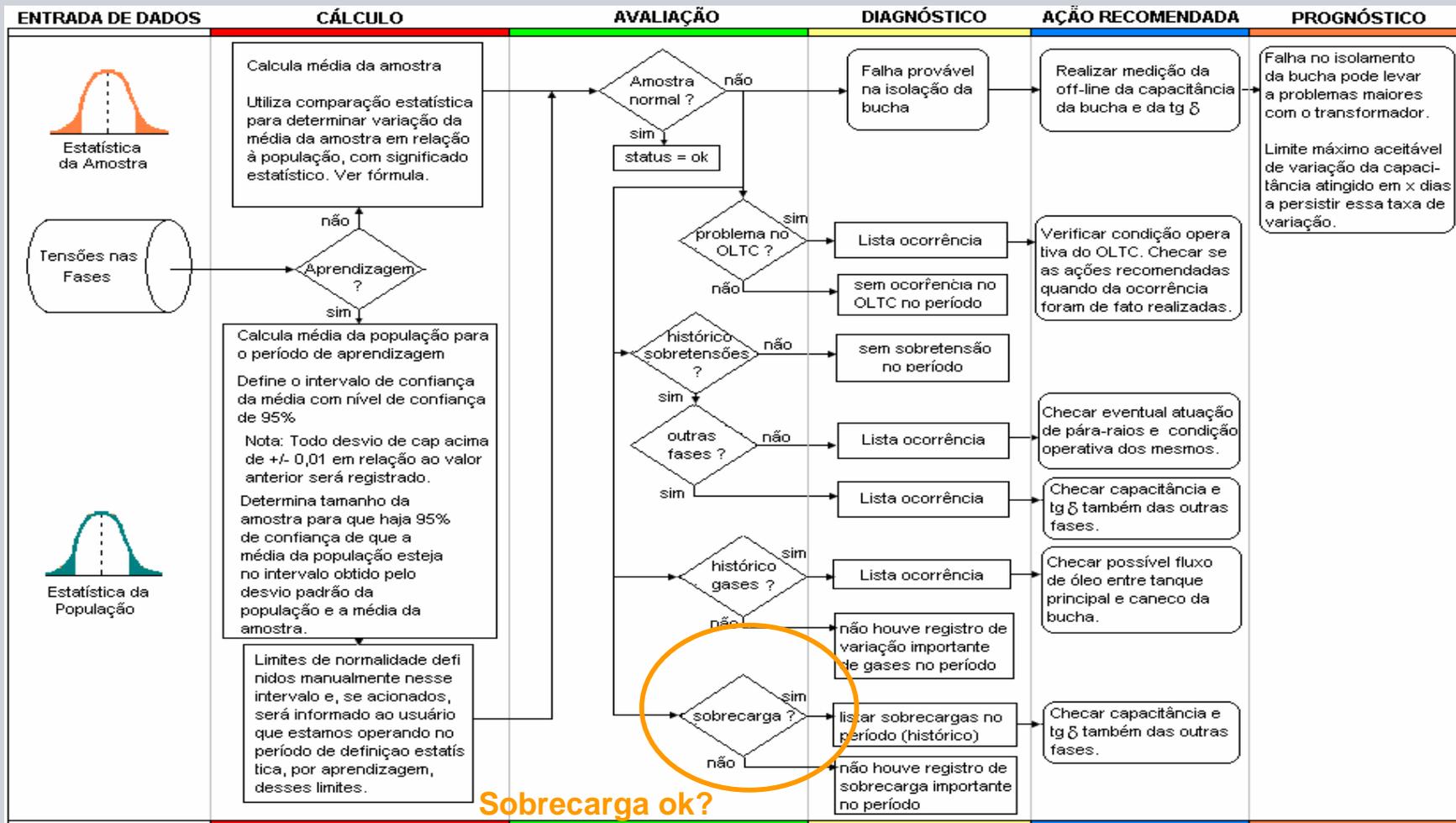


Histórico de gases ok?



FIEE Elétrica 2007

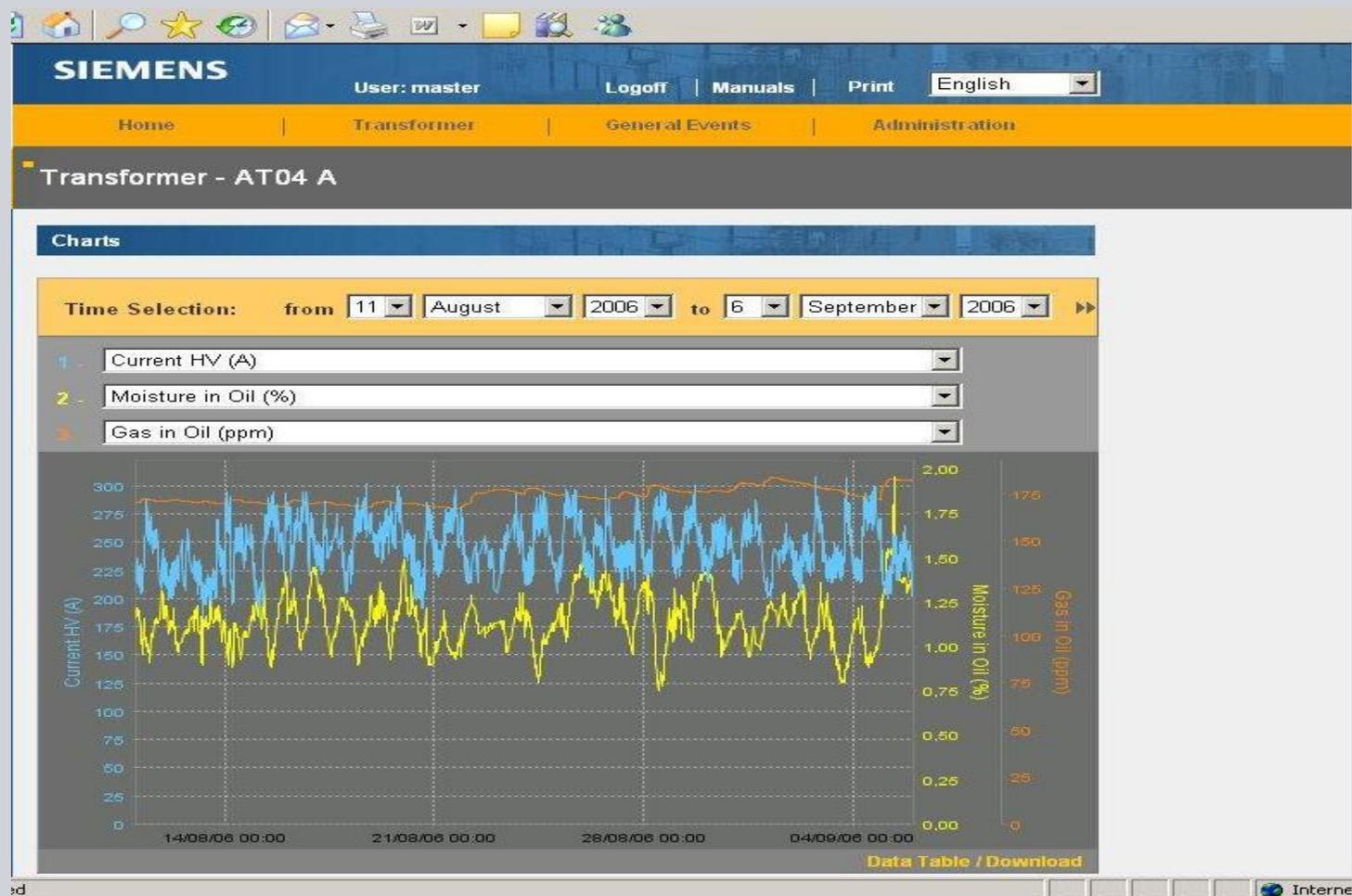
Exemplo: Modelo de capacitância de buchas

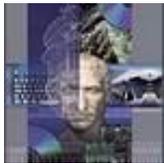


Sobrecarga ok?



Visualização de gráficos múltiplos

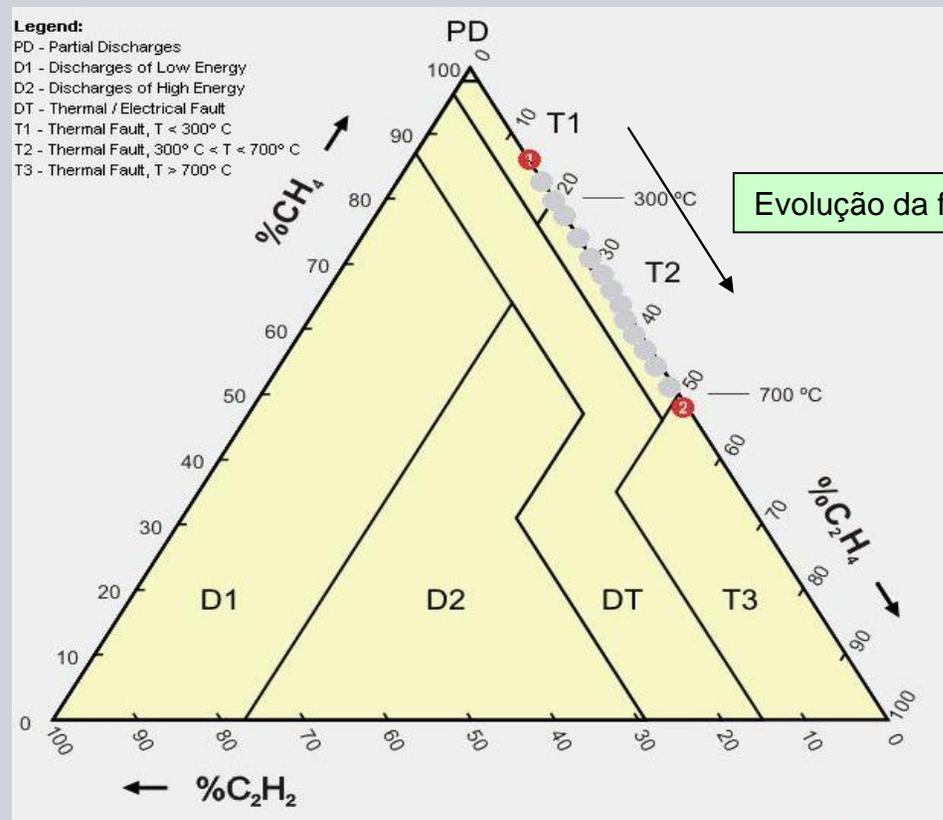




FIEE Elétrica 2007

Visualização de gráficos específicos

Análise de gases on-line:





FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Modelos de engenharia implementados

- Umidade na isolação
- Desvio relativo da capacitância das buchas
- Sobretensão
- Modelo técnico-econômico
- Modelo térmico
- Modelo LOAD-GUIDE
- Modelo de perda de vida e envelhecimento relativos
- Monitoramento do OLTC
- Modelo para taxa de hidrogênio dissolvido no óleo (Hydran)
- Modelo para cromatografia on-line (8 gases ou 3 gases – Triângulo de Duval)
- Volume de óleo

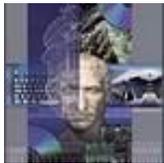


FIEE Eléctrica 2007

SIEMENS

Sensores - Gases





FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Sensores - Umidade





FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Sensores – Temperatura (óleo, ambiente e enrolamento)





FIEE Eléctrica 2007

SIEMENS

Sensores - Buchas





FIEE Elétrica 2007

SIEMENS

Muito obrigado pela atenção

alaor.scardazzi@siemens.com