



Nome Doc.:

Ref:

CI

CI BR PT 06-0020

Distribuição:

ITAIPU Binacional



Sigla/Área:

PTTR/D

Data:

2006-02-03

Pág -Total

1 - 31

ABB PTPR/D, R, Q

Emitente/ramal:

Dr. JCMendes - 011 6464 8410

Assunto:

ITAIPU BINACIONAL – Brasil e Paraguai
Transf Elevador 1Ø - 60Hz, 256 MVA, 18-525/ $\sqrt{3}$ kV, ODWF
BBC, No. Série SP 15090, Ano Fabric 1982:
Reparo Completo - Ensaio Final: SobreExcitação 105%Un, 60Hz,
96horas - Gases Dissolvidos no Óleo

Resumo

O transformador em referência foi submetido a reparo completo na fábrica da **ABB** em São Paulo. Após o reparo, foram realizados os ensaios finais de aceitação em fábrica, em conformidade com Especificação Técnica [1] e as Normas aplicáveis, incluindo a monitoração regular através do ensaio de cromatografia em amostras de óleo isolante coletadas em válvulas do tanque do transformador.

Após a realização do ensaio de sobre-excitação em vazio (110%Un, 60Hz) foi observada uma alteração de alguns gases combustíveis dissolvidos no óleo isolante. Em consequência da alteração observada, um conjunto de ações foi estabelecido por **ITAIPU** e **ABB** com o objetivo de pesquisar as causas desta alteração, incluindo ensaios elétricos adicionais.

Este relatório apresenta uma descrição das ações estabelecidas, os resultados dos ensaios adicionais realizados e as conclusões fundamentadas nas análises de engenharia correspondentes. Assim, a **ABB Brasil** considera que o transformador apresentou desempenho satisfatório em todos os ensaios especificados e realizados. Estes resultados certificam o desempenho do transformador e o qualificam para a continuidade do processo de ensaios, liberação final na fábrica, transporte, montagem, comissionamento e operação confiável no campo em conformidade com os Termos do Contrato de Garantia **ABB** estabelecidos para o fornecimento do reparo deste transformador para a **ITAIPU Binacional**.

Distribution:

ITAIPU Binacional

PTPR/D, PTPR/R

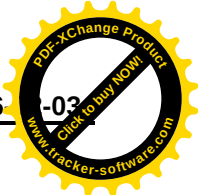
Direitos Autorais e de Reprodução:

Nenhuma parte deste relatório pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo prototipagem, fotocópias e microfilmagem, sem permissão por escrito da ©ABB Ltda. Lei 9610 de 19Fev1998. A violação do direito do autor (Lei 5988/1973) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Page 1 only:

ABB - Asea Brown Boveri

Impresso do SATEDMS em 28/8/2026



Conteúdo

1. Geral	3
2. Sistema de Resfriamento ODWF do Transformador	4
3. Ensaios Elétricos e Desempenho Comparado do Transformador	5
3.1. Ensaio Atual do Transformador SP15090	5
3.2. Ensaios Originais dos Transformadores Elevadores da UHE Itaipu	6
4. Ensaios Elétricos, Monitoração por DGA e Análises	7
4.1. Ensaios de Aquecimento e Dielétricos	8
4.2. Ensaios de SobreExcitação 110%Un	8
4.2.1. Ensaios de SobreExcitação 110%Un e Análises Preliminares	8
4.3. Ensaios de SobreExcitação 105%Un	11
4.4. Ensaios de SobreExcitação 105%Un com Tubulação Auxiliar de Resfriamento	12
5. Análise dos Resultados do Ensaio Final F de SobreExcitação	14
5.1. Análises de DGA - Média das Amostras das Válvulas Inferior e Superior do Tanque	14
6. Conclusões	17
7. Referências	18
Anexo A – Tubulação Auxiliar de Resfriamento: Justificativas	19
Anexo B – Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un, 60Hz e Análises de DGA	21
Anexo C – Ensaio de SobreExcitação e Alteração de DGA	27

1. Geral

O transformador em referência é parte do conjunto de transformadores elevadores monofásicos da **Usina Hidrelétrica de Itaipu**.

Após ocorrência envolvendo a elevação da geração de gases combustíveis dissolvidos no óleo isolante, o transformador foi removido de operação e um conjunto de verificações e análises foi realizado por **Itaipú** e **ABB**. Os resultados destas verificações e análises indicaram a alternativa de reparo completo como a alternativa técnica-econômica mais adequada para a recuperação confiável do transformador.



Após o reparo o transformador completamente montado e cheio com óleo foi submetido aos ensaios finais de aceitação em fábrica, em conformidade com Especificação Técnica [1] correspondente e as Normas aplicáveis. Estes ensaios são regularmente monitorados também através do ensaio de cromatografia e a análise de gases dissolvidos no óleo isolante (DGA), realizados em amostras de óleo específicas coletadas em válvulas do tanque do transformador.

Após a realização do ensaio de sobre-excitação em vazio (110%Un, 60Hz) foi observada alteração de alguns gases combustíveis dissolvidos no óleo isolante. Em consequência da alteração observada, um conjunto de ações foi estabelecido por ITAIPU e ABB com o objetivo de pesquisar as causas desta alteração, incluindo ensaios elétricos adicionais.

Este relatório apresenta uma descrição das ações estabelecidas, os resultados dos ensaios adicionais realizados e as conclusões correspondentes.

2. Sistema de Resfriamento ODWF do Transformador

O transformador em referência foi projetado e fabricado originalmente pela BBC Brown Boveri utilizando o conceito de núcleo tipo CORE (núcleo envolvido), com duas colunas principais, nas quais estão montados, em arranjo concêntrico, os enrolamentos de baixa tensão (BT) e alta tensão (AT) do transformador. Estes enrolamentos estão ligados eletricamente em paralelos.

O sistema de resfriamento do óleo e da Parte Ativa é do tipo ODWF, com fluxo de óleo quente forçado através dos trocadores externos de calor do tipo óleo-água, e fluxo de óleo resfriado nos trocadores dirigido para a parte inferior dos blocos de enrolamentos através de guias distribuidoras especiais, sendo este fluxo de óleo guiado dentro do enrolamento através de sistema de desviadores adequados.

A figura 1 mostra a guia distribuidora de óleo inferior, que utiliza a estrutura de uma das vigas com secção retangular, da estrutura do núcleo, como tubulação guia do fluxo de óleo frio alimentado diretamente pela saída (inferior) dos 4 trocadores de calor externos do tipo óleo-água.

Em cada um dos circuitos de fluxo de óleo dos trocadores de calor, em sua parte superior, é montada uma bomba de óleo. Esta bomba tem o objetivo de forçar o óleo quente, coletado na parte superior do tanque, para dentro dos trocadores de calor. O **fluxo total** do óleo resfriado pelo trocador é direcionado diretamente, através de tubulação específica, para dentro da guia distribuidora de óleo (viga do núcleo) e desta para a parte inferior dos blocos de enrolamentos, garantindo o resfriamento dos mesmos.

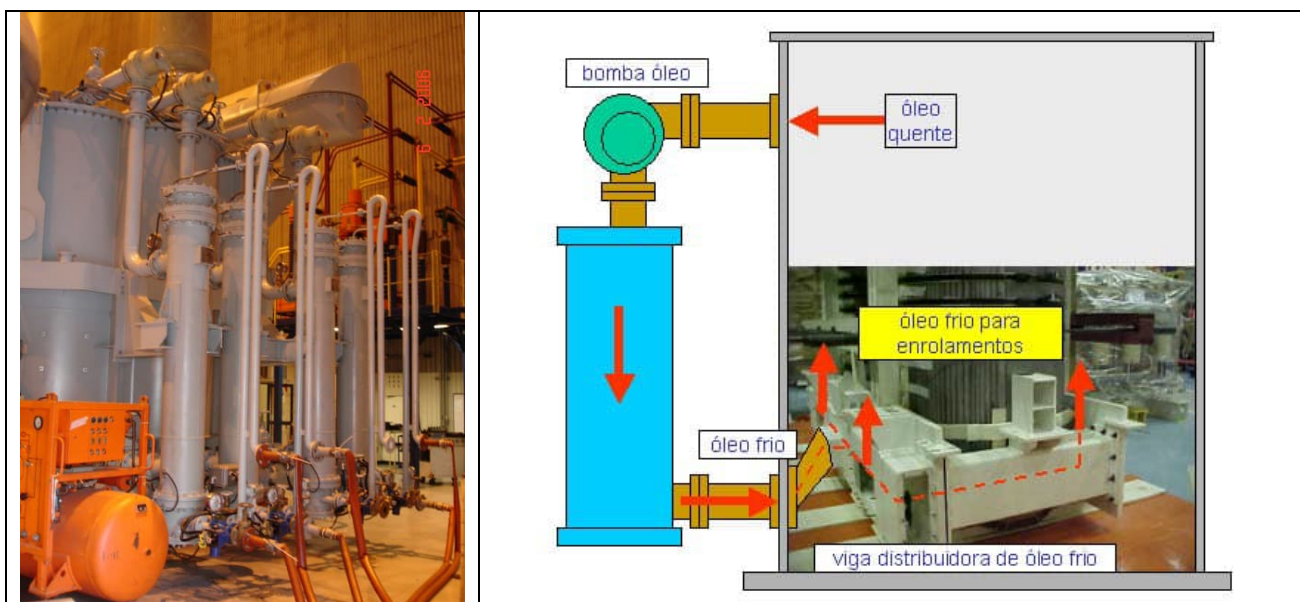


Figura 1 - Núcleo Montado: Após Reparo - Detalhes da Secção Transversal da Viga Inferior do Núcleo Utilizada como Tubulação Distribuidora de Óleo



É importante observar na figura anterior que o fluxo de óleo frio originado na parte inferior dos trocadores de calor é totalmente dirigido para dentro da guia distribuidora de óleo (viga do núcleo) e desta guia este fluxo de óleo é dirigido para dentro dos enrolamentos. Ou seja, nenhum fluxo de óleo frio é diretamente dirigido para o núcleo magnético do transformador.

3. Ensaios Elétricos e Desempenho Comparado do Transformador

Os ensaios elétricos finais do transformador certificaram o desempenho eletromagnético e térmico do transformador em referência.

3.1. Ensaio Atual do Transformador SP15090

A tabela 1A mostra os resultados do ensaio em vazio do transformador. As perdas em vazio e a corrente de excitação apresentaram resultados satisfatórios.

Tabela 1A - Ensaio em Vazio: Perdas e Corrente de Excitação

Ensaio							Garantia		
Pos	Un%	Un, kV	Io,A	Io,%	Po,kW	Io,%	Po,kW		
3	110	19,79	53,44	4,00	0,37575	184,70	1,47		
3	105	19,36	24,12	1,81	0,16959	150,40	1,20		
3	100	18,26	13,35	1,00	0,09387	125,70	1,00	0,31	160
3	95	17,27	9,20	0,69	0,06469	107,30	0,85		
3	90	16,33	7,75	0,58	0,05449	91,98	0,73		

A tabela 1B mostra os resultados do ensaio de medição perdas em carga do transformador, incluindo o valor da impedância de curto-circuito. As perdas em carga e a impedância de curto-circuito apresentaram resultados satisfatórios.

Tabela 1A - Ensaio em Curto-Circuito: Perdas em Carga e Impedâncias

Pos	S, MVA	UAT, kV	UAT, kV		UBT, kV	Resistência, Ohm, 75grC		Ensaio				Garantia	
			fase			AT H1-H0	BT X1-X2	Pcarga,kW		Imped, %	Pcarga,kW	Imped, %	
1	256	551,25	1,050	318,26	18,00	0,36235	0,00066998	485,48	0,97291	14,66	1,00137		
2	256	538,13	1,025	310,69	18,00	0,35148	0,00066998	488,84	0,97964	14,62	0,99863		
3	256	525,00	1,000	303,11	18,00	0,34066	0,00066998	499,00	1,00000	14,64	1,00000	585	14,65
4	256	511,88	0,975	295,53	18,00	0,32979	0,00066998	511,57	1,02519	14,67	1,00205		
5	256	498,75	0,950	287,95	18,00	0,31897	0,00066998	527,81	1,05774	14,78	1,00956		

A tabela 1C mostra os resultados do ensaio de aquecimento, incluindo os valores medidos das elevações de temperaturas do óleo e dos enrolamentos. As elevações de temperaturas do óleo e dos enrolamentos apresentaram resultados satisfatórios.

Tabela 1C - Ensaio em Curto-Circuito: Perdas em Carga e Impedâncias

Ens	S, MVA	Pos	UAT, kV	UAT, kV	Perdas Aplicadas		Elev Temp Óleo			Elev Enrol-Óleo		Elev Enrol-Ambiente	
					Ptot, kW	Médio, grC	Topo, grC	AT, grC	BT, grC	AT, grC	BT, grC	AT, grC	BT, grC
1	217,6	0,850	5	498,75	287,95	510,25	27,6	29,2	9,8	8,9	37,4	36,6	
2	239,9	0,937	5	498,75	287,95	633,20	34,3	36,2	15,4	10,4	49,7	44,7	
3	256,0	1,000	5	498,75	287,95	663,30	25,4	26,9	10,5	11,6	35,7	37,0	
4	282,2	1,102	5	498,75	287,95	815,30	31,2	33,0	12,3	15,9	43,5	47,1	

3.2. Ensaios Originais dos Transformadores Elevadores da UHE Itaipu

Nesta seção são apresentados valores originais medidos de algumas características de desempenho dos transformadores elevadores da UHEItaipú fornecidos pela BBC Brown Boveri.

A tabela 1D mostra os resultados comparados dos ensaios originais e atuais do transformador em referência.

Tabela 1D - Desempenho Comparado: Ensaio Original (1982) e Atual (2005)

Característica	Condição	Ensaio Original, 1982	Ensaio Atual, 2005	Relação Atual/Original
Perdas em Vazio, kW	256MVA 18/525kV	134	126 (125.7)	0.94
Perdas em Carga, kW		522	499	0.96
Perdas Totais, kW		656	625	0.95
Corrente de Excitação, %		0.1571	0.09387	0.60
Impedância CC, %		14.73	14.64	0.99
Elev Temp Óleo Médio, grC	256MVA 18/498.75kV	-	25.4	-
Elev Temp Óleo Topo, grC		-	26.9	-
Elev Temp Enrol AT-Óleo, grC		-	10.5	-
Elev Temp Enrol BT-Óleo, grC		-	11.6	-
Elev Temp Enrol AT-Ambiente, grC		-	35.7	-
Elev Temp Enrol BT-Ambiente, grC		-	37.0	-



Os resultados anteriores certificam o desempenho eletromagnético e térmico do transformador em referência. É importante notar a redução importante nos valores das perdas medidas no ensaio em vazio e no ensaio em curto-circuito.

4. Ensaios Elétricos, Monitoração por DGA e Análises

Os ensaios elétricos finais do transformador foram regularmente monitorados através do ensaio de cromatografia e a análise de gases dissolvidos no óleo isolante (DGA), realizados em amostras de óleo específicas coletadas em válvulas do tanque do transformador.

Após a realização do ensaio de sobre-excitação em vazio (110%Un, 60Hz) foi observada alteração de alguns gases combustíveis dissolvidos no óleo isolante. Em consequência desta alteração, e em conformidade com a Especificação Técnica de **ITAIPU** [1] e procedimentos internos de Engenharia e Qualidade da **ABB**, um conjunto de ações foi estabelecido e acordado por **ITAIPU** e **ABB** com o objetivo de pesquisar as causas desta alteração, incluindo ensaios elétricos adicionais. A tabela 2 mostra os ensaios realizados e sequência de monitoração por DGA.

Tabela 2 - Ensaios e Monitoração por DGA

Ensaio	Descrição	Excita- ção 60Hz	Tubo Auxiliar	Período	No. de Amostras		
					Inf	Sup	Total
A	Antes-Após Aquecimento	-	sem	2005-11-23/23	4	3	7
B	Antes-Após Dielétricos	-	sem	2005-12-13/15	3	3	6
C	Antes-Após 24h SobreExcitação	110%Un	sem	2005-12-22/23	8	8	16
D	Antes-Após 24h SobreExcitação	105%Un	sem	2006-01-23/24	5	5	10
E	Antes-Após 12h SobreExcitação	105%Un	sem	2006-01-25/26	3	3	6
F	Antes-Após 96h SobreExcitação	105%Un	com	2006-01-26/30	10	10	20
					33	32	65

4.1. Ensaios de Aquecimento e Dielétricos

Os resultados da monitoração de gases dissolvidos durante os ensaios de aquecimento e dielétricos são apresentados nas tabelas 3A e 3B correspondentes aos ensaios denominados A e B relacionados na tabela anterior.

Tabela 3A - Ensaio **A** - DGA: Antes e Após Ensaio de Aquecimento

Ensaio	AMOSTRAS	Excitação	Tubo	Bombas	Válvula	AMOSTRA	HIDROG.	OXIG.	NITROG.	METANO	M.CARB.	D.CARB	ETILENO	ETANO	ACETIL	TGC	TGC
	UHE Itaipu SP15090 256MVA 525kV reparo na ABB		Auxiliar				H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	sem CO	com CO
1	A Antes do ensaio		sem Tubo Aux	desligadas	inferior	2005-11-23	2	3924	9294	0,4	15	99	0,0	0,0	0,0	2,4	17,4
2	A Antes do aquecimento		sem Tubo Aux	desligadas	inferior	2005-11-24	2	1697	4203	1,0	13	60	0,4	0,1	0,0	3,5	16,5
3	A Após o aquecimento		sem Tubo Aux	ligadas	inferior	2005-11-28	4	1865	4987	0,1	21	76	0,4	0,1	0,0	4,6	25,6
4	A Após o aquecimento		sem Tubo Aux	ligadas	inferior	2005-11-28	4	4880	11451	1,1	18	64	0,5	0,1	0,0	5,7	23,7
5	A Antes do ensaio		sem Tubo Aux	desligadas	superior	2005-11-23	2	2463	6407	0,1	14	92	0,0	0,0	0,0	2,1	16,1
6	A Antes do aquecimento		sem Tubo Aux	desligadas	superior	2005-11-24	4	3243	10063	1,4	18	84	0,5	0,1	0,0	6,0	24,0
7	A Após o aquecimento		sem Tubo Aux	ligadas	superior	2005-11-28	5	4299	11128	1,1	21	88	0,5	0,1	0,0	6,7	27,7

Tabela 3B - Ensaio **B** - DGA: Antes e Após Ensaios Dielétricos

Ensaio	AMOSTRAS	Excitação	Tubo	Bombas	Válvula	AMOSTRA	HIDROG.	OXIG.	NITROG.	METANO	M.CARB.	D.CARB	ETILENO	ETANO	ACETIL	TGC	TGC
	UHE Itaipu SP15090 256MVA 525kV reparo na ABB		Auxiliar				H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	sem CO	com CO
8	B Antes dos dielétricos		sem Tubo Aux	desligadas	inferior	2005-12-13	0	1208	2968	0	3	29	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
9	B Após os dielétricos		sem Tubo Aux	desligadas	inferior	2005-12-14	0	2066	4763	2,5	5	49	1,8	0,2	0,0	4,5	9,5
10	B Após os dielétricos, 24 horas após fim ensaio		sem Tubo Aux	desligadas	inferior	2005-12-15	1	1623	3957	2,5	5	44	1,9	0,2	0,0	5,6	10,6
11	B Antes dos dielétricos		sem Tubo Aux	desligadas	superior	2005-12-13	0	1045	2519	0,1	3	34	0,0	0,0	0,0	0,1	3,1
12	B Após os dielétricos		sem Tubo Aux	desligadas	superior	2005-12-14	2	1046	2417	2,6	5	34	1,6	0,3	0,0	6,5	11,5
13	B Após os dielétricos, 24 horas após fim ensaio		sem Tubo Aux	desligadas	superior	2005-12-15	2	1028	2603	2,5	5	31	1,5	0,2	0,0	6,2	11,2

4.2. Ensaios de SobreExcitação 110%Un

Os resultados da monitoração de gases dissolvidos durante o ensaio de sobreexcitação são apresentados na tabela 3C correspondentes ao ensaio C.

Tabela 3C - Ensaio **C** - DGA: Ensaio de SobreExcitação 24h,110%Un,60Hz sem Tubo Auxiliar

Ensaio	AMOSTRAS	Excitação	Tubo	Bombas	Válvula	AMOSTRA	HIDROG.	OXIG.	NITROG.	METANO	M.CARB.	D.CARB	ETILENO	ETANO	ACETIL	TGC	TGC
	UHE Itaipu SP15090 256MVA 525kV reparo na ABB		Auxiliar				H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	sem CO	com CO
14	C Antes sobreexcitação	-	sem Tubo Aux	desligadas	inferior	2005-12-22	2	3441	7229	2,4	8	110	1,7	0,2	0,1	6,4	14,4
15	C Após 1 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	inferior	2005-12-22	0	4336	8966	2,1	7	101	1,5	0,0	0,1	3,7	10,7
16	C Após 4 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	inferior	2005-12-22	2	1938	4584	2,3	9	61	1,9	0,3	0,1	6,6	15,6
17	C Após 8 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	inferior	2005-12-22	2	1661	4466	2,6	10	51	1,9	0,2	0,1	6,8	16,8
18	C Após 12 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	inferior	2005-12-23	2	1345	3648	3,2	12	58	2,1	0,2	0,1	7,6	19,6
19	C Após 16 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	inferior	2005-12-23	2	3183	7887	3,4	11	87	1,7	0,1	0,0	7,2	18,2
20	C Após 20 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	inferior	2005-12-23	2	1913	4876	2,7	10	61	1,7	0,1	0,0	6,5	16,5
21	C Após 24 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	inferior	2005-12-23	2	3252	8387	3,1	12	103	2,6	0,5	0,2	8,4	20,4
22	C Antes sobreexcitação	-	sem Tubo Aux	desligadas	superior	2005-12-22	1	1151	2614	2,0	8	49	1,6	0,2	0,0	4,8	12,8
23	C Após 1 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	superior	2005-12-22	2	2100	4549	2,1	8	70	1,5	0,0	0,0	5,6	13,6
24	C Após 4 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	superior	2005-12-22	1	2333	5370	2,1	8	62	1,8	0,2	0,1	5,2	13,2
25	C Após 8 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	superior	2005-12-22	3	1636	4466	2,6	10	51	1,9	0,2	0,1	7,8	17,8
26	C Após 12 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	superior	2005-12-23	3	1352	3306	3,0	12	55	2,0	0,2	0,2	8,4	20,4
27	C Após 16 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	superior	2005-12-23	3	2003	4792	3,6	13	73	2,4	0,3	0,2	9,5	22,5
28	C Após 20 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	superior	2005-12-23	2	3045	6874	3,8	13	99	2,4	0,3	0,1	8,6	21,6
29	C Após 24 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	110%Un	sem Tubo Aux	ligadas	superior	2005-12-23	2	1286	3086	2,7	11	63	2,2	0,4	0,1	7,4	18,4

Após a realização do ensaio C (Ensaio de SobreExcitação 24h,110%Un,60Hz) e considerando a variação observada de gases combustíveis (em particular CH4 e C2H4), foi acordado entre **ABB** e **ITAIPU**, a realização pela **ABB** de uma análise preliminar dos resultados e posterior definição de plano de ações de pesquisa.

4.2.1. Ensaios de SobreExcitação 110%Un e Análises Preliminares

Os resultados das análises preliminares foram apresentados pela **ABB** em reunião com o representante de **ITAIPU** em 2006-01-20, sendo que um documento contendo os resultados destas análises foi emitido pela **ABB** na mesma data [2]. Os resultados principais destas análises foram:

- desempenho eletromagnético e térmico do transformador apresentou conformidade com o projeto, considerando os resultados dos ensaios:
 - perdas em vazio até 110%Un;
 - corrente de excitação até 100%Un;
 - perdas em carga;
 - elevações de temperaturas (óleo, média e ponto+quente do enrolamento, superfície e ponto+quente do núcleo);

- joelho da curva de saturação do núcleo:
 - material do núcleo (RGO Grão-Orientado Regular em conformidade projeto original);
 - curva de saturação medida até 110%Un com joelho no ponto 102.4%Un e 8.8Aef;

As figuras 2A (geral) e 2B (detalhe do joelho de saturação) mostram a curva de excitação medida durante os ensaios do transformador em referência.

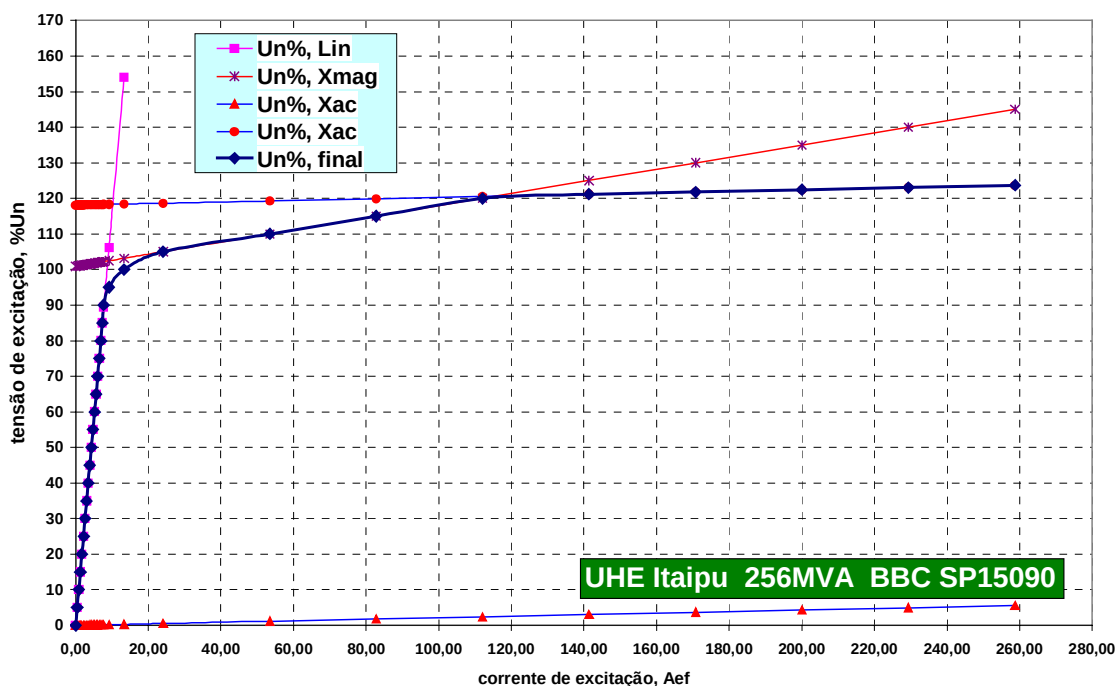


Figura 2A - Curva de Excitação $U_o = f(I_o)$: Ensaio 2005-Nov-25 - Geral

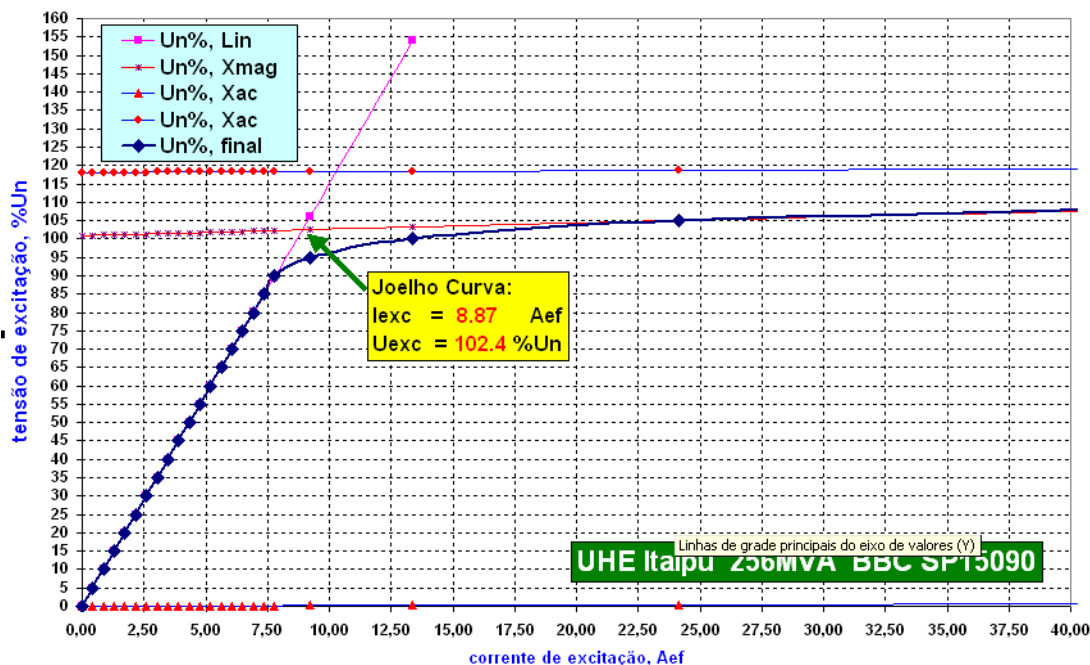


Figura 2B - Curva de Excitação $U_o = f(I_o)$: Ensaio 2005-Nov-25 - Detalhe

- possíveis consequências de ensaios de sobre-excitação com tensão de excitação acima (>102.4%Un) do do baixo Joelho (102.4%Un e 8.8Aef) da curva de saturação do núcleo combinado com características do sistema de resfriamento ODWF:
 - modificação da distribuição de fluxo magnético;
 - sistema de resfriamento ODWF (óleo frio dirigido para enrolamentos, núcleo sem fluxo direto de óleo frio, possível elevação maior de temperatura no núcleo);
 - eventual saturação local nas juntas núcleo (eleva perdas localizadas; eleva componentes harmônicas com consequente aumento local de perdas; eleva temperaturas locais);
 - eventual de formação incipiente de gases (contato metal aquecido com óleo adjacente, CH₄, C₂H₄, C₂H₆ e CO) em baixas concentrações
- resultados do desempenho do transformador no ensaio de SobreExcitação 24h,60Hz,110%Un realizado em 22-23 Dezembro 2005:
 - elevação de gases combustíveis (CH₄: 0.7ppm, C₂H₄: 0.6ppm, C₂H₆: 0.2ppm, CO: 3ppm). Estas alterações de gases resultaram inferiores aos limites conhecidos para Ensaio de SobreExcitação 110%Un (Norma IEEE Std PC57.130/D14, Especificações USA: LCRA, SRP, MidAmerican, Cigré Electra 82 Maio 1982) que estabelecem os seguintes valores: máximo C₂H₄ 1ppm, máximo CH₄, máximo C₂H₆ 2ppm e máximo CO 10...15ppm.
 - temperatura estimada do núcleo (ensaio e DGA: 120...145 grC, projeto: 116 grC para 30grC de temperatura da água do ambiente de resfriamento);
- análise da Especificação Técnica [1] quanto a condição de operação do transformador elevador em condição de SobreExcitação:
 - sobreexcitação 110%Un, porém com limites (tensão AT máxima: 550kV, faixa de regulação AT: 525 kV ±2x2.5%);
 - operação em regime permanente (tap 3, 525kV e máxima sobre-excitação: 105%Un).

Assim, fundamentados nos resultados destas avaliações preliminares foram acordados por ITAIPU e ABB e as seguintes ações:

- realizar ensaio adicional de verificação com condição de SobreExcitação com a seguinte especificação
 - limitar tensão a 105%Un, 60Hz, devido ao baixo Joelho da curva de excitação;
 - duração para 24h;
 - monitorar por DGA;
 - utilizar critérios de DGA conforme experiência EUA: (máximo: C₂H₄ 1ppm, máximo CH₄ 2ppm, máximo C₂H₆ 2ppm e máximo CO 10...15ppm).

	Durante esta reunião a ABB recomendou também, que devido às características do sistema de resfriamento do projeto original do transformador sob reparo, deveria ser incluído uma tubulação auxiliar entre o tubo inferior (óleo resfriado) de um dos trocadores de calor e o fundo do tanque do transformador (utilizando a válvula de drenagem adjacente ao fundo do tanque). O objetivo da inclusão desta tubulação auxiliar é melhorar as condições de resfriamento do núcleo, em particular para os primeiros minutos/horas de ensaio de sobre-excitação, quando a massa de óleo de resfriamento do núcleo está praticamente sem movimento já que o fluxo de óleo frio retornando dos trocadores de calor é dirigido para dentro dos enrolamentos. Assim, a alteração de gases combustíveis poderia continuar sendo observada mesmo a 105%Un. Caso isso se verificasse a ABB não poderia ainda estabelecer conclusões e que novas pesquisas deveriam ser realizadas.
---	---

4.3. Ensaios de SobreExcitação 105%Un

Assim, na sequência foi realizado o ensaio D, cujos resultados da monitoração de gases dissolvidos óleo são apresentados na tabela 3D.

Tabela 3D - Ensaio **D** - DGA: Ensaio de SobreExcitação 24h,105%Un,60Hz **sem** Tubo Auxiliar

Ensaio	AMOSTRAS	Excitação	Tubo	Bombas	Válvula	AMOSTRA	HIDROG.	OXIG.	NITROG.	METANO	M.CARB.	D.CARB.	ETILENO	ETANO	ACETIL	TGC	TGC
UHE Itaipu SP15090	256MVA 525kV reparo na ABB		Auxiliar				H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	sem CO	com CO
30	D Antes sobreexcitação	-	sem Tubo Aux	desligadas	inferior	2006-01-23	3	2466	6395	3,0	30	152	1,9	0,3	0,0	8,2	38,2
31	D Após 6 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (1)	inferior	2006-01-23	6	2415	6218	8,6	35	152	7,4	1,2	0,1	23,3	58,3
32	D Após 12 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-24	6	2416	6487	7,1	28	133	5,9	0,8	0,0	19,8	47,8
33	D Após 18 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-24	6	2615	6936	8,5	36	158	7,7	1,0	0,0	23,2	59,2
34	D Após 24 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-24	6	2359	6511	7,0	29	124	6,4	0,9	0,1	20,4	49,4
35	D Antes sobreexcitação	-	sem Tubo Aux	desligadas	superior	2006-01-23	3	2507	6378	3,0	33	160	1,8	0,3	0,0	8,1	41,1
36	D Após 6 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (1)	superior	2006-01-23	6	2534	6640	7,9	33	146	7,0	0,8	0,1	21,8	54,8
37	D Após 12 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-24	6	2677	7001	8,6	35	155	7,4	1,1	0,3	23,4	58,4
38	D Após 18 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-24	6	2643	6981	7,9	33	142	6,6	0,9	0,1	21,5	54,5
39	D Após 24 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-24	6	2348	6254	7,8	32	142	7,1	1,1	0,1	22,1	54,1

Após a realização do ensaio **D** (Ensaio de SobreExcitação 24h,105%Un,60Hz), considerando a variação observada de gases combustíveis (em particular CH4 e C2H4) nas primeiras 6 horas de ensaio e a estabilização dos mesmos nas horas seguintes do ensaio, uma nova reunião de avaliação foi realizada entre **ABB** e **ITAIPU** em 2006-01-25, sendo acordadas as seguintes ações adicionais:

- elaboração de documento [3] contendo as justificativas da ABB para a inclusão da tubulação auxiliar (ver **Anexo A**);
- realização de ensaios adicionais:
 - ensaio **E** de SobreExcitação **12h, 105%Un, 60Hz** ainda sem a montagem Tubulação Auxiliar de resfriamento;
 - ensaio **F** de SobreExcitação **96h, 105%Un, 60Hz** com Tubulação Auxiliar de resfriamento montada e operando;

Assim, na sequência foi realizado o ensaio **E**, cujos resultados da monitoração de gases dissolvidos óleo são apresentados na tabela 3E.

Tabela 3E - Ensaio **E** - DGA: Ensaio de SobreExcitação 12h,105%Un,60Hz **sem** Tubo Auxiliar

Ensaio	AMOSTRAS	Excitação	Tubo	Bombas	Válvula	AMOSTRA	HIDROG.	OXIG.	NITROG.	METANO	M.CARB.	D.CARB.	ETILENO	ETANO	ACETIL	TGC	TGC
UHE Itaipu SP15090	256MVA 525kV reparo na ABB		Auxiliar				H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	sem CO	com CO
40	E Antes sobreexcitação	-	sem Tubo Aux	desligadas	inferior	2006-01-25	6	2391	6119	7,3	32	146	6,6	0,9	0,0	20,8	52,8
41	E Após 6 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (1)	inferior	2006-01-25	8	2622	6919	10,9	37	158	10,0	1,4	0,1	30,4	67,4
42	E Após 12 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-26	8	2429	6136	9,4	29	139	8,0	1,3	0,2	26,9	55,9
43	E Antes sobreexcitação	-	sem Tubo Aux	desligadas	superior	2006-01-25	6	2587	7216	8,3	35	152	7,1	1,1	0,2	22,7	57,7
44	E Após 6 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (1)	superior	2006-01-25	8	2840	7824	11,5	38	168	10,3	1,5	0,1	31,4	69,4
45	E Após 12 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-26	8	2655	6880	11,3	34	166	10,3	1,6	0,0	31,2	65,2



Conforme esperado, os resultados do ensaio **E** (Ensaio de SobreExcitação 12h,105%Un,60Hz) confirmou o fenômeno observado anteriormente de alteração de gases combustíveis (em particular CH4 e C2H4) nas primeiras 6 horas de ensaio e a estabilização dos mesmos nas horas seguintes do ensaio.

4.4. Ensaios de SobreExcitação 105%Un com Tubulação Auxiliar de Resfriamento

Assim, na sequência foi realizada a montagem da Tubulação Auxiliar de resfriamento. A figura 3 mostra um esquema da montagem e função da Tubulação Auxiliar de resfriamento.

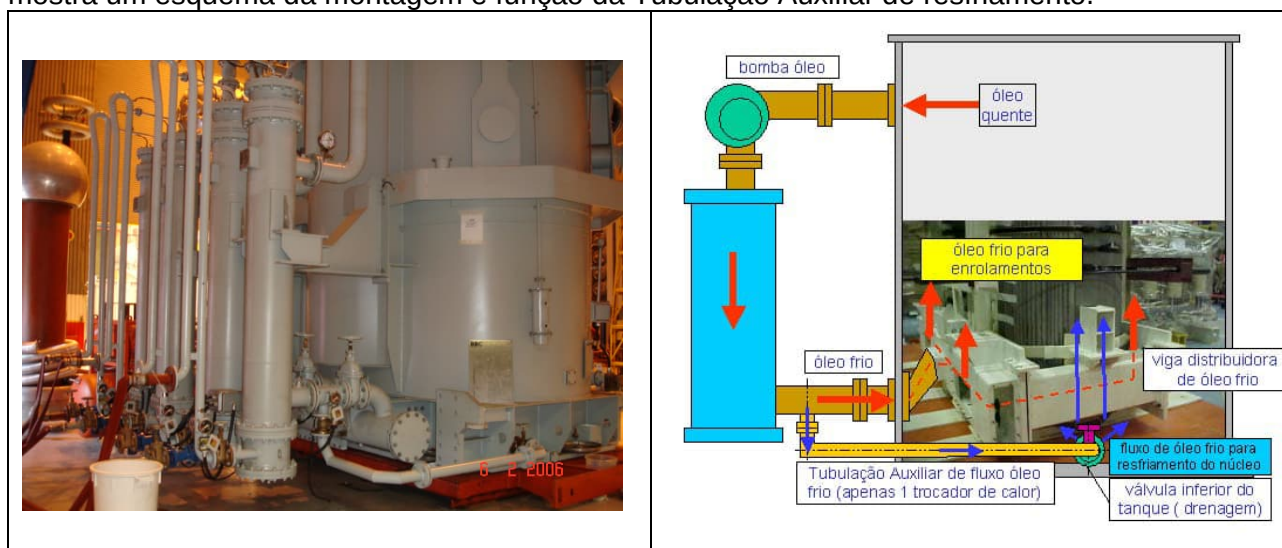


Figura 3 - Sistema de Resfriamento: Tubulação Auxiliar de Resfriamento do Núcleo

Na sequência foi realizado o ensaio **F**, cujos resultados da monitoração de gases dissolvidos óleo são apresentados na tabela 3F.

Tabela 3F - Ensaio **F** - DGA: Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar

Ensaio	AMOSTRAS	Excitação	Tubo Auxiliar	Bombas	Válvula	AMOSTRA	HIDROG.	OXIG.	NITROG.	METANO	M.CARB.	D.CARB	ETILENO	ETANO	ACETIL	TGC sem CO	TGC com CO
46	F Antes sobreexcitação	-	com Tubo Aux	desligadas	inferior	2006-01-26	8	2630	6888	10,4	34	146	9,1	1,4	0,1	29,0	63,0
47	F Após 6 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (1)	inferior	2006-01-26	7	2453	6652	9,7	30	128	7,7	1,1	0,1	25,6	55,6
48	F Após 12 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-27	7	2646	7334	10,5	32	133	8,4	1,2	0,0	27,1	59,1
49	F Após 24 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-27	7	1968	4791	7,7	24	113	6,9	1,1	0,0	22,7	46,7
50	F Após 36 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-28	7	2181	5291	9,5	29	15	8,4	1,3	0,1	26,3	55,3
51	F Após 48 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-28	7	2367	6321	10,6	32	147	8,9	1,3	0,1	27,9	59,9
52	F Após 60 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-29	9	2638	7040	11,3	33	175	9,5	1,5	0,0	31,3	64,3
53	F Após 72 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-29	8	2391	6186	11,1	35	151	8,9	1,3	0,1	29,4	64,4
54	F Após 84 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-30	7	2393	6135	11,6	35	155	9,7	1,5	0,2	30,0	65,0
55	F Após 84 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	inferior	2006-01-30	8	2327	6083	11,2	40	231	9,4	1,7	0,2	30,5	70,5
56	F Antes sobreexcitação	-	com Tubo Aux	desligadas	superior	2006-01-26	7	2626	6977	10,8	34	147	8,9	1,5	0,0	28,2	62,2
57	F Após 6 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (1)	superior	2006-01-26	8	2791	7781	10,1	31	143	9,1	1,3	0,1	28,6	59,6
58	F Após 12 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-27	9	2615	7005	10,2	32	125	8,0	2,0	0,1	29,3	61,3
59	F Após 24 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-27	6	2413	6647	9,4	29	129	8,0	1,1	0,1	24,6	53,6
60	F Após 36 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-28	7	2444	6285	11,9	37	161	10,2	1,5	0,1	30,7	67,7
61	F Após 48 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-28	7	2181	5453	9,4	30	141	8,3	1,3	0,0	26,0	56,0
62	F Após 60 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-29	8	2421	6200	11,2	35	164	9,1	1,4	0,2	29,9	64,9
63	F Após 72 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-29	8	2508	6374	10,5	32	143	8,3	1,2	0,2	28,2	60,2
64	F Após 84 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-30	8	2365	6339	9,4	27	144	7,7	1,1	0,1	26,3	53,3
65	F Após 84 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	com Tubo Aux	ligadas (3)	superior	2006-01-30	7	2153	5473	9,9	34	155	8,3	2,3	0,1	27,6	61,6

Adicionalmente a tabela 3G mostra a evolução da variação das concentrações de gases dissolvidos no óleo isolante do transformador, em relação à amostra inicial (antes do ensaio) e considerando o valor médio das concentrações medidas nas amostras coletadas nas válvulas inferior e superior do tanque. As concentrações de O₂ e N₂ foram assumidas constantes e igual ao valor médio inicial.

Tabela 3G - Ensaio **F** - DGA: Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar
Variação de Concentrações de Gases Relativas a Amostra Inicial (antes do ensaio)

Análise de Gases Dissolvidos em Óleo Isolante de Transformador (antes do ensaio)															
Ensaio F - SobreExcitação 60Hz,110%Un, 96horas							Concentrações de Gases - Amostra 1 como referência							ppm	
	Valv	%Un	Horas	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TGC-CO	TGC-CO-H2	
1	med inf+sup	105%, 525kV	6	0,0	2628	6933	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,05	0,05	
2	med inf+sup	105%, 525kV	12	0,5	2628	6933	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,65	0,15	
3	med inf+sup	105%, 525kV	24	0,0	2628	6933	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	
4	med inf+sup	105%, 525kV	36	0,0	2628	6933	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,45	0,45	
5	med inf+sup	105%, 525kV	48	0,0	2628	6933	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	
6	med inf+sup	105%, 525kV	60	1,0	2628	6933	0,7	0,0	23,0	0,3	0,0	0,1	2,00	1,00	
7	med inf+sup	105%, 525kV	72	0,5	2628	6933	0,2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,1	0,80	0,30	
8	med inf+sup	105%, 525kV	84	0,0	2628	6933	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,1	0,10	0,10	
9	med inf+sup	105%, 525kV	96	0,0	2628	6933	0,0	3,0	46,5	0,0	0,6	0,1	0,65	0,65	



Os resultados da monitoração por gases dissolvidos no óleo isolante do transformador, realizados durante o tempo do ensaio **F** (Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com Tubulação Auxiliar de Resfriamento**) indicam que, ao contrário dos resultados ensaios anteriores, **não foi observada alteração importante de gases combustíveis** (em particular CH₄ e C₂H₄) nas primeiras 6 horas de ensaio e nas horas seguintes.

Adicionalmente o **Anexo C** apresenta uma avaliação qualitativa associada a variação de gases combustíveis em ensaios de SobreExcitação e eventuais fontes de faltas internas associadas.

5. Análise dos Resultados do Ensaio Final F de SobreExcitação

As análises dos resultados dos ensaios de cromatografia de gases dissolvidos, em amostras de óleo do transformador, coletadas durante o período de realização do ensaio F (Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz com Tubo Auxiliar) são apresentadas.

Nesta seção são analisados os valores médios (aritméticos) das concentrações medidas em amostras coletadas, respectivamente das válvulas inferior e superior do tanque, durante o ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un, 60Hz. Adicionalmente, no Anexo B, são apresentados os resultados detalhados e individuais das análises correspondentes aos valores medidos das concentrações dos gases dissolvidos nas amostras de óleo coletadas na válvula superior e na válvula inferior do tanque do transformador.

5.1. Análises de DGA - Média das Amostras das Válvulas Inferior e Superior do Tanque

a) Concentração de Gases - ppm

A tabela 4A mostra o valor médio (amostra na válvula inferior e superior do tanque) das concentrações (ppm) de gases dissolvidos no óleo isolante do transformador durante o ensaio.

Tabela 4A - Ensaio F - DGA: SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz com Tubo Auxiliar
Valor Médio das Concentrações de Gases, ppm

Ensaio F - SobreExcitação 60Hz,105%Un, 96horas				Concentrações de Gases										ppm	
	Valv	%Un	Horas	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TGC-CO	TGC-CO-H2	
1	média sup+inf	105%, 525kV	0	7,5	2628,0	6932,5	10,60	34,0	146,5	9,00	1,45	0,05	28,60	21,10	
2	média sup+inf	105%, 525kV	6	7,5	2622,0	7216,5	9,90	30,5	135,5	8,40	1,20	0,10	27,10	19,60	
3	média sup+inf	105%, 525kV	12	8,0	2630,5	7169,5	10,35	32,0	129,0	8,20	1,60	0,05	28,20	20,20	
4	média sup+inf	105%, 525kV	24	6,5	2190,5	5719,0	8,55	26,5	121,0	7,45	1,10	0,05	23,65	17,15	
5	média sup+inf	105%, 525kV	36	7,0	2312,5	5788,0	10,70	33,0	88,0	9,30	1,40	0,10	28,50	21,50	
6	média sup+inf	105%, 525kV	48	7,0	2274,0	5887,0	10,00	31,0	144,0	8,60	1,30	0,05	26,95	19,95	
7	média sup+inf	105%, 525kV	60	8,5	2529,5	6620,0	11,25	34,0	169,5	9,30	1,45	0,10	30,60	22,10	
8	média sup+inf	105%, 525kV	72	8,0	2449,5	6280,0	10,80	33,5	147,0	8,60	1,25	0,15	28,80	20,80	
9	média sup+inf	105%, 525kV	84	7,5	2389,0	6237,0	10,50	31,0	149,5	8,70	1,30	0,15	28,15	20,65	
10	média sup+inf	105%, 525kV	96	7,5	2240,0	5778,0	10,55	37,0	193,0	8,85	2,00	0,15	29,05	21,55	

A figura 4A mostra a evolução do valor médio (amostra na válvula inferior e superior do tanque) das concentrações de gases combustíveis ao longo das 96 horas do ensaio F.

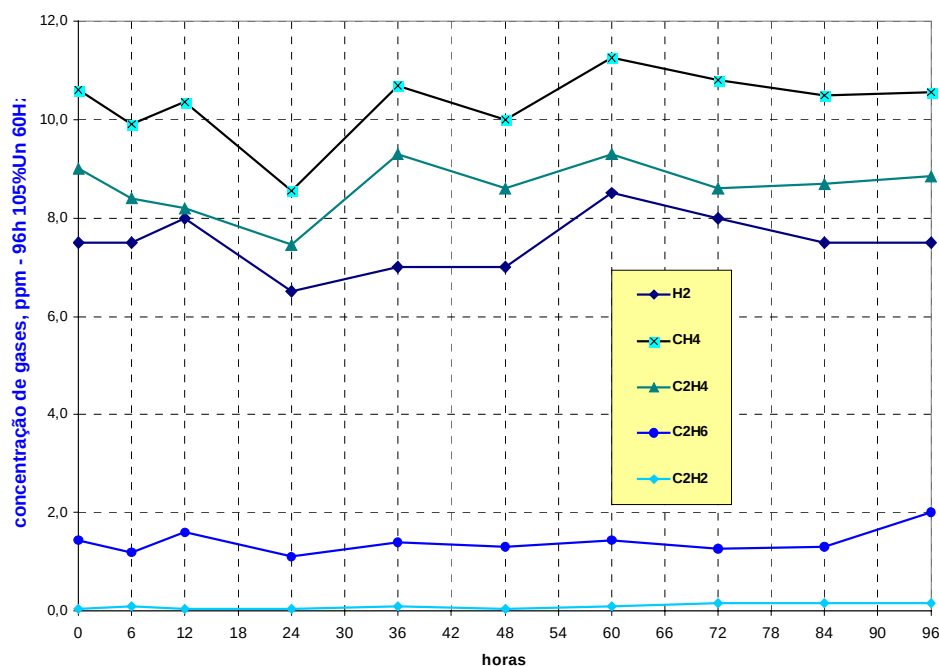


Figura 4A - Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz com Tubo Auxiliar:
Evolução das Concentrações Médias de Gases Combustíveis

b) Evolução Entre Amostras das Concentrações de Gases, ppm

A tabela 4B mostra o valor médio (amostra na válvula inferior e superior do tanque) da variação entre amostras sucessivas das concentrações (ppm) de gases dissolvidos no óleo isolante do transformador durante o ensaio.

Tabela 4B - Ensaio **F** - DGA: SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar
Variação Entre Amostras dos Valores Médios das Concentrações de Gases, ppm

Ensaio F - SobreExcitação 60Hz,105%Un, 96horas				Variações das Concentrações de Gases - entre Amostras										ppm
	Valv	%Un	Horas	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TGC-CO	TGC-CO-H2
1	média sup+inf	105%, 525kV	6	0,0	-6,0	284,0	-0,70	-3,5	-11,0	-0,80	-0,25	0,05	-1,50	-1,50
2	média sup+inf	105%, 525kV	12	0,5	8,5	-47,0	0,45	1,5	-6,5	-0,20	0,40	-0,05	1,10	0,60
3	média sup+inf	105%, 525kV	24	-1,5	-440,0	-1450,5	-1,80	-5,5	-8,0	-0,75	-0,50	0,00	4,55	3,05
4	média sup+inf	105%, 525kV	36	0,5	122,0	69,0	2,15	6,5	-33,0	1,85	0,30	0,05	4,85	4,35
5	média sup+inf	105%, 525kV	48	0,0	-38,5	99,0	-0,70	-2,0	56,0	-0,70	-0,10	-0,05	-1,55	-1,55
6	média sup+inf	105%, 525kV	60	1,5	255,5	733,0	1,25	3,0	25,5	0,70	0,15	0,05	3,65	2,15
7	média sup+inf	105%, 525kV	72	-0,5	-80,0	-340,0	-0,45	-0,5	-22,5	-0,70	-0,20	0,05	-1,80	-1,30
8	média sup+inf	105%, 525kV	84	-0,5	-60,5	-43,0	-0,30	-2,5	2,5	0,10	0,05	0,00	0,65	0,15
9	média sup+inf	105%, 525kV	96	0,0	-149,0	-459,0	0,05	6,0	43,5	0,15	0,70	0,00	0,90	0,90
	ppm, fim-inicial		96	0,0	-388,0	-1154,5	-0,05	3,0	46,5	-0,15	0,55	0,10	0,45	0,45

A figura 4B mostra a variação entre a amostra **final** e **inicial** do valor médio das concentrações de gases combustíveis ao longo das 96horas do ensaio **F**.

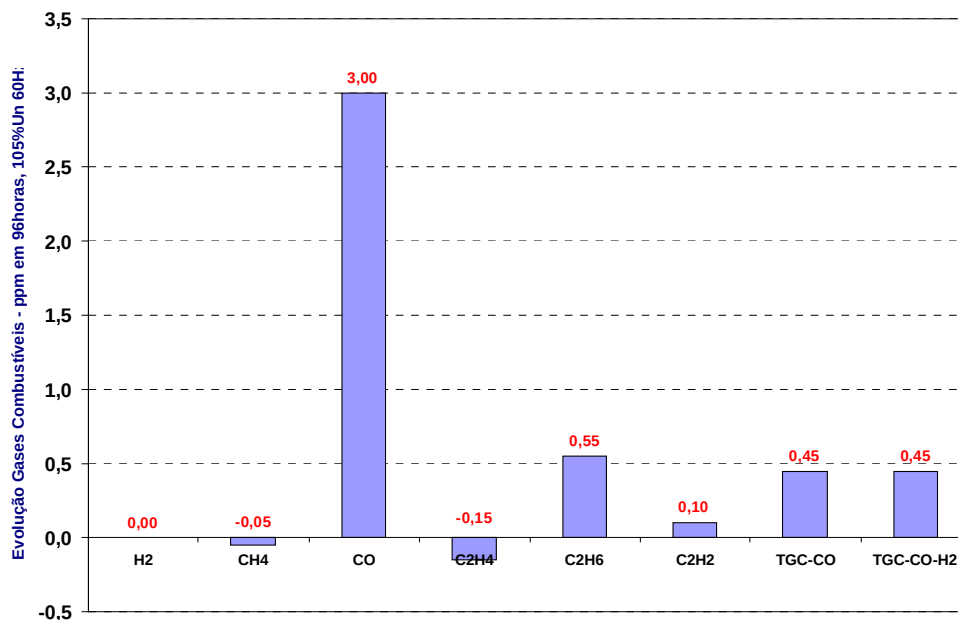


Figura 4B - Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar:
Variação do Valor Médio das Concentrações de Gases Combustíveis entre Amostras **Final** e **Inicial**

	Os resultados indicam que não foram observadas alterações importantes de gases combustíveis dissolvidos no óleo isolante do transformador, mesmo durante este ensaio de longa duração (96horas) e estando o núcleo do transformador sobre-excitado. As seguintes variações foram observadas para os gases:					
	■ CH4:	-0.05 ppm	<	critério limite CH4:	2 ppm	
	■ C2H4:	-0.15 ppm	<	critério limite C2H4:	1 ppm	
	■ C2H6:	0.55 ppm	<	critério limite C2H6:	2 ppm	
	■ CO:	3 ppm	<	critério limite CO:	10...15 ppm	
que são inferiores ao critério acordado por ITAIPU e ABB, fundamentado na experiência de concessionárias dos EUA em ensaios de SobreExcitação (máximo: C2H4 1ppm, máximo CH4 2ppm, máximo C2H6 2ppm e máximo CO 10...15ppm).						

c) Taxa de Geração Entre Amostras das Concentrações de Gases, ppm/hora

A tabela 4C mostra o valor médio (amostra na válvula inferior e superior do tanque) da variação da taxa de geração (ppm/hora) entre amostras sucessivas das concentrações de gases dissolvidos no óleo isolante do transformador durante o ensaio.

Tabela 4C - Ensaio **F** - DGA: SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar
- Variação entre Amostras do Valor Médio da Taxa de Geração de Gases, ppm/hora

Ensaio F - SobreExcitação 60Hz,105%Un, 96horas						Taxa de Geração de Gases - entre Amostras										ppm/hora
	Valv	%Un	Horas	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TGC-CO	TGC-CO-H2		
1	média sup+inf	105%, 525kV	6	0,000	-1,0	47,3	-0,117	-0,58	-1,83	-0,100	-0,042	0,008	-0,25	-0,25		
2	média sup+inf	105%, 525kV	12	0,083	1,4	-7,8	0,075	0,25	-1,08	-0,033	0,067	-0,008	0,18	0,10		
3	média sup+inf	105%, 525kV	24	-0,125	-36,7	-120,9	-0,150	-0,46	-0,67	-0,062	-0,042	0,000	-0,38	-0,25		
4	média sup+inf	105%, 525kV	36	0,042	10,2	5,8	0,179	0,54	-2,75	0,154	0,025	0,004	0,40	0,36		
5	média sup+inf	105%, 525kV	48	0,000	-3,2	8,3	-0,058	-0,17	4,67	-0,058	-0,008	-0,004	-0,13	-0,13		
6	média sup+inf	105%, 525kV	60	0,125	21,3	61,1	0,104	0,25	2,13	0,058	0,013	0,004	0,30	0,18		
7	média sup+inf	105%, 525kV	72	-0,042	-6,7	-28,3	-0,037	-0,04	-1,88	-0,058	-0,017	0,004	-0,15	-0,11		
8	média sup+inf	105%, 525kV	84	-0,042	-5,0	-3,6	-0,025	-0,21	0,21	0,008	0,004	0,000	-0,05	-0,01		
9	média sup+inf	105%, 525kV	96	0,000	-12,4	-38,3	0,004	0,50	3,63	0,013	0,058	0,000	0,07	0,07		
	ppm/hora, fim-inicial		96	0,000	-4,04	-12,03	-0,001	0,03	0,48	-0,002	0,006	0,001	0,00	0,00		

A figura 4C mostra o valor médio da taxa de geração, entre amostras sucessivas, do valor médio (amostra na válvula inferior e superior do tanque) de gases combustíveis ao longo das 96 horas do ensaio F.

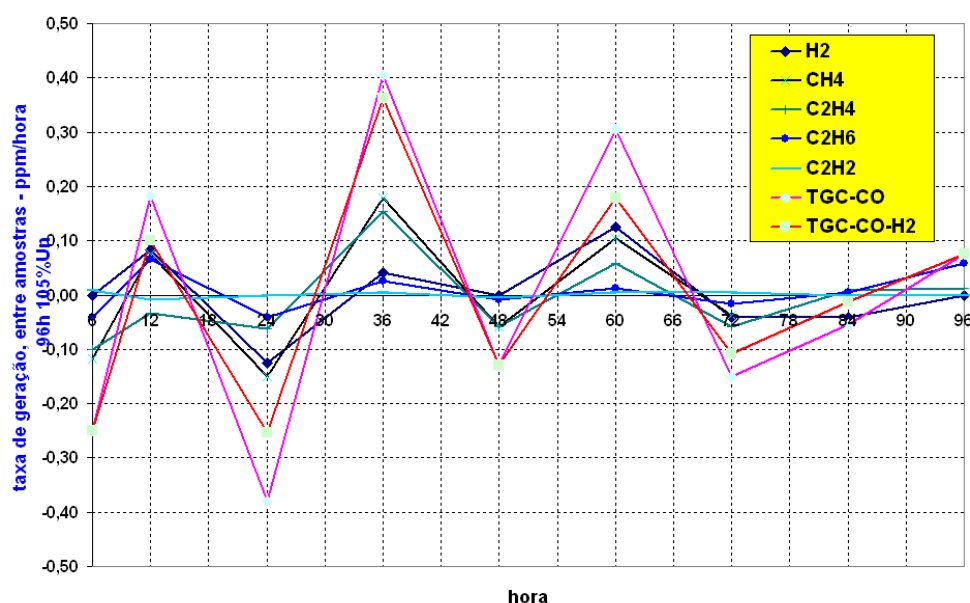


Figura 4C - Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar:
Valor Médio da Taxa de Geração entre Amostras Sucessivas de Gases Combustíveis



A taxa de geração de gases combustíveis HidroCarbonos (TGC menos CO: H2, CH4, C2H4, C2H6 e C2H2) resultou **0,00ppm/hora**, sendo o limite tipicamente utilizado para a monitoração de transformadores em operação (sobreexcitação 100%Un) de 1ppm/dia ou seja 0.04ppm/hora.

6. Conclusões

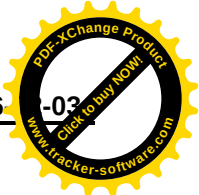
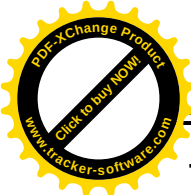
Considerando:

- resultados do ensaio de aquecimento;
- resultados dos ensaios dielétricos;
- resultados dos vários ensaios de sobre-excitação;
- resultados dos ensaios de cromatografia de gases dissolvidos, em amostras do óleo isolante do transformador, utilizada como monitoração adicional do desempenho do transformador nos diversos ensaios;
- as alterações observadas nos valores de concentrações de gases dissolvidos no óleo quando do ensaio de sobre-excitação 24h,110%Un, 60Hz;
- resultados das análises preliminares, realizadas pela ABB, dos resultados dos ensaios elétricos do transformador incluindo os resultados de DGA associados à monitoração do ensaio de sobre-excitação 24h,110%Un, 60Hz [2];
- as ações adicionais de verificação do desempenho do transformador quanto a alteração de gases dissolvidos no óleo sob ensaio de sobre-excitação, incluindo ensaios e requisito de inclusão de tubulação auxiliar de resfriamento trocador de calor-tanque como meio alternativo de resfriamento do núcleo durante o período de tempo inicial do ensaio de sobre-excitação [3];
- resultados dos ensaios adicionais de sobre-excitação 105%Un, 60Hz sem a inclusão de tubulação auxiliar de resfriamento, quanto à variação de gases dissolvidos no óleo;
- resultados do ensaio adicional de sobre-excitação de longa duração 96h, 105%Un, 60Hz **com a inclusão de tubulação auxiliar de resfriamento**, quanto à variação de gases dissolvidos no óleo;

a **ABB Brasil** Divisão de Transformadores estabelece as seguintes conclusões:

- o desempenho eletromagnético e térmico do transformador reparado é superior àquele do transformador original fornecido em 1982. As perdas em vazio apresentam redução de ~6%, as perdas em carga de 5%. Os valores medidos das elevações de temperatura do óleo-ambiente e enrolamento-ambiente são também inferiores;
- o joelho da curva de excitação do núcleo deste transformador é inferior a 105%Un (102.4%Un, 8.8Aef) devido às seguintes características selecionadas quando do projeto original:
 - elevada indução magnética nominal; e
 - chapa magnética de FeSi utilizada (RGO chapa de grão-orientado regular);
- o desempenho do transformador durante o ensaio de sobreexcitação a 110%Un, 60Hz e a 105%Un, 60Hz foi satisfatório. Em ambos os ensaios os resultados de variações de gases combustíveis dissolvidos no óleo isolante do transformador foram inferiores aos valores limites estabelecidos em Normas Internacionais e também inferiores aos valores limites utilizados por concessionárias de energia dos EUA na monitoração deste tipo de ensaio de transformador;
- a adição de tubulação auxiliar de resfriamento entre a saída de óleo resfriado do trocador de calor e a parte inferior do tanque do transformador é importante para minimizar a variação de gases combustíveis observadas no óleo do transformador nas horas (ou minutos) iniciais do ensaio de sobre-excitação a 110%Un e/ou a 105%Un. A eficiência do benefício da adição desta tubulação auxiliar de resfriamento pode ser comprovada:
 - pela análise comparada das variações das concentrações de gases combustíveis antes e após as primeiras horas de ensaio de sobreexcitação a 105%Un;
 - pela variação reduzida de gases combustíveis dissolvidas no óleo isolante do transformador ao longo do ensaio de sobreexcitação de longa duração realizado 96h, 105%Un, 60Hz;

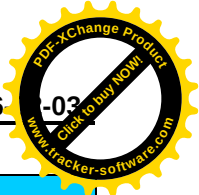
Assim, a **ABB Brasil** considera que o transformador apresentou desempenho satisfatório em todos os ensaios especificados e realizados. Estes resultados certificam o desempenho do transformador e o qualificam para a continuidade do processo de ensaios, liberação final na fábrica, transporte, montagem, comissionamento e operação confiável no campo em conformidade com os Termos do Contrato de Garantia ABB estabelecidos para o fornecimento do reparo deste transformador.



7. Referências

1. ITAIPU BINACIONAL. Especificação Técnica - Transformador Principal dos Geradores No. SP15090, 256MVA, Ocorrência de Junho/2003 do TU15. Serviços de Recuperação de um Transformador Elevador Monofásico, 256 MVA, 18-525/ $\sqrt{3}$ kV, 60Hz.. Depto SMI.DT, Div SMIE.DT. **Especificação Técnica No. 6330.50.19578.P.R0, ref SSA 2003/07642A.** ITAIPU, Fóz do Iguaçu 08/09/2003.
2. MENDES, J.C. ABB Brazil - Divisão de Transformadores: UHE Itaipú Transf Elev SP15090 1Ø, 256MVA, 18/525kV SobreExcitação e DGA. **Relatório Preliminar na Forma de Arquivo Eletrônico PDF.** ABB Asea Brown Boveri. São Paulo, 2006-01-09 (Emitido para Itaipu em 2006-01-20), 46pág.
3. MENDES, J.C. ITAIPU Binacional: Transf Elevador SP15090 - Ensaaios. **Correio Eletrônico (Email).** ABB Asea Brown Boveri, São Paulo, 2006-01-25, 19h18.
 **Jose-Carlos Mendes/BRABB/ABB**
2006-01-25 19:18 (Phone: +55 11 6464-8410 +55 11 8354 5358 mobile, Dept.: PTPT/D)
To: pradenas@itaipu.gov.py
Subject: ITAIPU Binacional: Transf Elevador SP15090 - Ensaaios
4. IEC 60599. Mineral Oil-Impregnated Electrical Equipment in Service: Guide to Interpretation of Dissolved and Free Gases Analysis. **International Standard, IEC 60599.** IEC, Geneve, Switzerland, 1999-03.
5. IEEE C57.104-1991. IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers. IEEE Transformers Committee. **IEEE C57.104-1991, revision of IEEE C57.104-1978.** New York, 1991-11-20.

C:\A-Brabb\Report\Itaipu\SP15090-UT15-256MVA\EnsaioFabrica-96h105%Un\ABB-BRPT06-0020-Itaipul-SP15090-Ensaio96h105%Un-01.doc

**Anexo A – Tubulação Auxiliar de Resfriamento: Justificativas**

ITAIPU BINACIONAL – Brasil e Paraguai
Transf Elevador 1Ø - 60Hz, 256 MVA, 18-525/√3 kV, ODWF
BBC, No. Série SP 15090, Ano Fabric 1982:
Reparo Completo - Ensaio Final: SobreExcitação 105%Un, 60Hz,
96horas - Gases Dissolvidos no Óleo

A1. Referência

MENDES, J.C. ITAIPU Binacional: Transf Elevador SP15090 - Ensaio. **Correio Eletrônico (Email).**
ABB Asea Brown Boveri, São Paulo, 2006-01-25, 19h18.



Jose-Carlos Mendes/BRABB/ABB

2006-01-25 19:18 (Phone: +55 11 6464-8410 +55 11 8354 5358 mobile, Dept.: PTPT/D)

To: pradenas@itaipu.gov.py

Subject: ITAIPU Binacional: Transf Elevador SP15090 - Ensaio

A2. Ensaio Adicionais

Seguinte a nossa reunião de hoje na ABB, na qual foi avaliado o desempenho do transformador quanto a geração de gases dissolvidos no óleo isolante, quando submetido ao ensaio de sobre-excitação de 24h, 105%Un-60Hz e as alternativas para a continuidade dos ensaios de investigação, as seguintes ações foram propostas pela ABB:

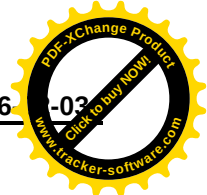
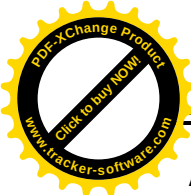
Etapa A:

- Energizar o transformador por um período adicional de 12h, 105%Un-60Hz, sendo as 6 horas iniciais com 1trocador+1bomba e as 6 horas finais com 3trocadores+3bombas ligadas;
- Monitorar por amostragem de óleo e ensaio de DGA antes, após 6horas e após 12 horas de energização
- Analisar resultados

Etapa B:

Montar tubulação de óleo auxiliar e temporária para o ensaio, ligando a parte inferior do trocador de calor e a válvula inferior (válvula de dreno) do tanque principal do transformador (ver justificativa abaixo);

- Energizar o transformador por um período adicional de 96horas, 105%Un-60Hz, sendo as 6 horas iniciais com 1trocador+1bomba e as 90 horas finais com 3trocadores+3bombas ligadas;
- Monitorar por amostragem de óleo e ensaio de DGA antes, e a cada 6horas após a energização
- Analisar resultados a cada 24horas de ensaio (naturalmente, dependente dos resultados destas análises parciais, podem ser avaliadas necessidades de ações adicionais).



A3. Tubulação Auxiliar de Óleo Trocador de Calor - Tanque Principal e Justificativas Técnicas

No projeto do transformador **SP15090** em referência o sistema de resfriamento do óleo utilizado é o do tipo OD (óleo dirigido). Assim o fluxo de óleo frio que retorna dos trocadores de calor é guiado para dentro das vigas inferiores do núcleo e, à partir das vigas, o fluxo de óleo frio é então distribuído diretamente a parte inferior dos enrolamentos através de canais especiais de resfriamento. Naturalmente o objetivo é resfriar o enrolamento que é a fonte principal de perdas do transformador.

Desta forma o óleo frio não é dirigido diretamente para dentro do núcleo magnético do transformador. Apenas uma fração pequena do óleo que resfria os enrolamentos é perdida (por fuga) para o volume de óleo adjacente ao bloco de enrolamento, incluindo o núcleo magnético. O núcleo magnético é então resfriado de forma natural pelo volume de óleo do tanque do transformador através de transferência de calor para o óleo e para o tanque do mesmo e movimento lento do óleo por efeito sifão (alteração de densidade em função de variação de temperatura). Em consequência o fator de convecção global do núcleo nestas condições é baixo.

Em condições de operação normal do transformador sob carga, os enrolamentos são a fonte principal de perdas. Assim, em consequência da energia térmica transferida dos enrolamentos para o fluxo de óleo que os resfria, ocorre uma elevação do fluxo de óleo (por fuga) para o volume adjacente ao bloco, elevando também o fator de dissipação de calor do núcleo para o óleo.

Considerando que o ensaio de sobre-excitação é realizado em vazio (ou seja, enrolamentos sem carga e praticamente sem perdas), as condições de resfriamento do núcleo são aquelas indicadas acima, e processa-se de forma praticamente natural. Naturalmente este efeito é mais intenso nas horas iniciais do ensaio de sobre-excitação, quando praticamente todo o volume de óleo está em equilíbrio térmico com o núcleo e praticamente sem movimento (já que o fluxo de óleo está guiado para dentro dos enrolamentos). Após algumas horas de energização, o óleo interno ao tanque (fora dos enrolamentos) vai ganhando mobilidade (por efeito sifão/variação de densidade). Deve-se também observar, conforme mostrado anteriormente pela ABB na reunião de 20Janeiro2006, o Joelho da curva de saturação do núcleo deste transformador é ainda inferior a 105%Un, que contribui para elevar a criticidade deste ensaio devido a possível elevação de perdas localizadas (juntas do núcleo, etc).

Assim a montagem da tubulação auxiliar de óleo durante a realização deste ensaio de sobre-excitação, ligando o tubo de retorno (óleo frio) do trocador de calor e a válvula inferior do tanque, permite criar um fluxo de óleo diretamente para dentro do tanque do transformador que contribui para movimentar o volume de óleo do tanque e consequentemente melhorar a convecção térmica entre o núcleo magnético e o volume de óleo (em movimento) adjacente. **Naturalmente o grupo trocador de calor+bomba de óleo que é ligado no início do ensaio deve ser o grupo no qual é montada esta tubulação de óleo auxiliar.**

Certo do entendimento da **ITAIPU** Binacional quanto aos objetivos da **ABB** que visam garantir a integridade, o desempenho confiável a longo prazo e a Qualidade do transformador em referência, observamos que estamos a disposição para qualquer esclarecimento adicional que se fizer necessário.

Anexo B – Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un, 60Hz e Análises de DGA

ITAIPU BINACIONAL – Brasil e Paraguai
Transf Elevador 1Ø - 60Hz, 256 MVA, 18-525/√3 kV, ODWF
BBC, No. Série SP 15090, Ano Fabric 1982:
Reparo Completo - Ensaio Final: SobreExcitação 105%Un, 60Hz,
96horas - Gases Dissolvidos no Óleo

B1. Análises de DGA - Amostras da Válvula Superior do Tanque

a) Concentração de Gases - ppm

A tabela B1A mostra o valor das concentrações (ppm) de gases dissolvidos no óleo isolante do transformador durante o ensaio.

Tabela B1A - Ensaio **F** - DGA: SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar
 - Concentrações de Gases, ppm

Ensaio F - SobreExcitação 60Hz,105%Un, 96horas				Concentrações de Gases										ppm	
	Valv	%Un	Horas	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TGC-CO	TGC-CO-H2	
1	superior	105%, 525kV	0	7	2626	6977	10,8	34	147	8,9	1,5	0,0	28,20	21,20	
2	superior	105%, 525kV	6	8	2791	7781	10,1	31	143	9,1	1,3	0,1	28,60	20,60	
3	superior	105%, 525kV	12	9	2615	7005	10,2	32	125	8,0	2,0	0,1	29,30	20,30	
4	superior	105%, 525kV	24	6	2413	6647	9,4	29	129	8,0	1,1	0,1	24,60	18,60	
5	superior	105%, 525kV	36	7	2444	6285	11,9	37	161	10,2	1,5	0,1	30,70	23,70	
6	superior	105%, 525kV	48	7	2181	5453	9,4	30	141	8,3	1,3	0,0	26,00	19,00	
7	superior	105%, 525kV	60	8	2421	6200	11,2	35	164	9,1	1,4	0,2	29,90	21,90	
8	superior	105%, 525kV	72	8	2508	6374	10,5	32	143	8,3	1,2	0,2	28,20	20,20	
9	superior	105%, 525kV	84	8	2385	6339	9,4	27	144	7,7	1,1	0,1	26,30	18,30	
10	superior	105%, 525kV	96	7	2153	5473	9,9	34	155	8,3	2,3	0,1	27,60	20,60	

A figura B1A mostra a evolução das concentrações de gases combustíveis ao longo das 96 horas do ensaio F.

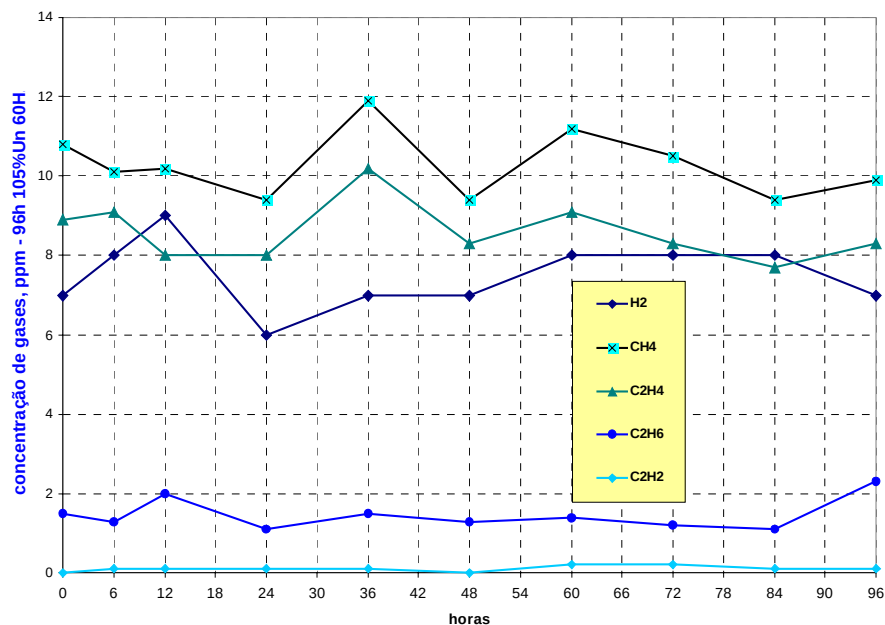


Figura B1A - Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar:
 Evolução das Concentrações de Gases Combustíveis

b) Evolução Entre Amostras das Concentrações de Gases, ppm

A tabela B1B mostra a variação entre amostras sucessivas das concentrações (ppm) de gases dissolvidos no óleo isolante do transformador durante o ensaio.

Tabela B1B - Ensaio **F** - DGA: SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar
- Variação Entre Amostras das Concentrações de Gases, ppm

Ensaio F - SobreExcitação 60Hz,105%Un, 96horas				Variações das Concentrações de Gases - entre Amostras										ppm
	Valv	%Un	Horas	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TGC-CO	TGC-CO-H2
1	superior	105%, 525kV	6	1	165	804	-0,7	-3	-4	0,2	-0,2	0,1	0,40	-0,60
2	superior	105%, 525kV	12	1	-176	-776	0,1	1	-18	-1,1	0,7	0,0	0,70	-0,30
3	superior	105%, 525kV	24	-3	-202	-358	-0,8	-3	4	0	-0,9	0,0	-4,70	-1,70
4	superior	105%, 525kV	36	1	31	-362	2,5	8	32	2,2	0,4	0,0	6,10	5,10
5	superior	105%, 525kV	48	0	-263	-832	-2,5	-7	-20	-1,9	-0,2	-0,1	-4,70	-4,70
6	superior	105%, 525kV	60	1	240	747	1,8	5	23	0,8	0,1	0,2	3,90	2,90
7	superior	105%, 525kV	72	0	87	174	-0,7	-3	-21	-0,8	-0,2	0,0	-1,70	-1,70
8	superior	105%, 525kV	84	0	-123	-35	-1,1	-5	1	-0,6	-0,1	-0,1	-1,90	-1,90
9	superior	105%, 525kV	96	-1	-232	-866	0,5	7	11	0,6	1,2	0,0	1,30	2,30
	ppm, fim-inicial			96	0	-473	-1504	-0,9	0	8	-0,6	0,8	-0,60	-0,60

A figura B1B mostra a variação entre a amostra **final** e **inicial** das concentrações de gases combustíveis ao longo das 96horas do ensaio **F**.

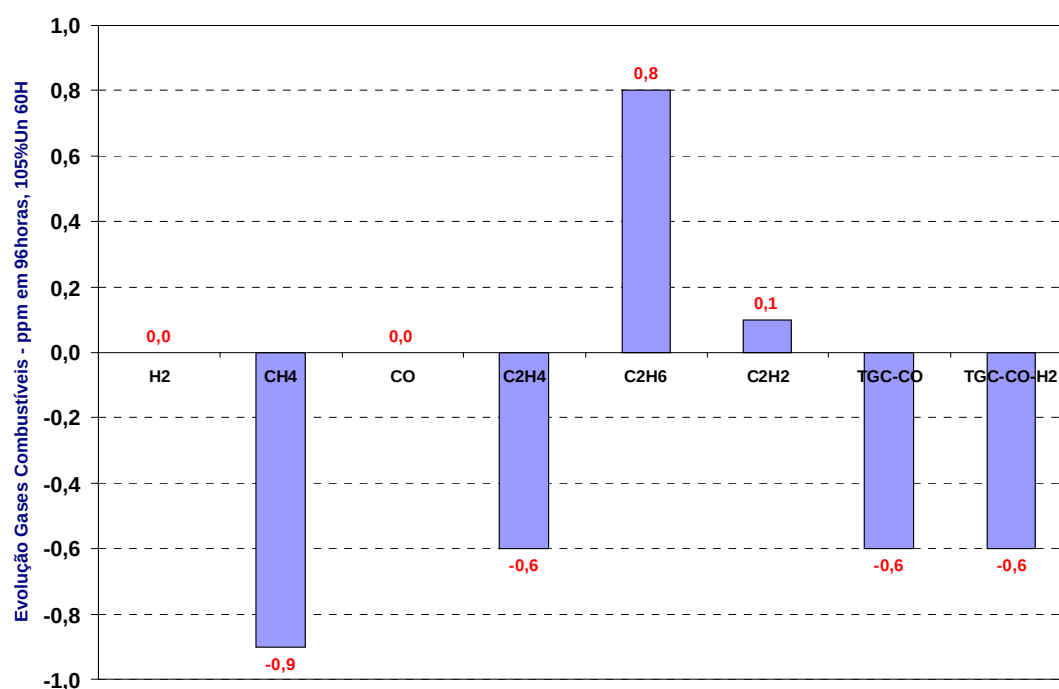


Figura B1B - Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar:
Variação das Concentrações de Gases Combustíveis entre Amostras **Final** e **Inicial**

	Os resultados indicam que não foram observadas alterações importantes de gases combustíveis dissolvidos no óleo isolante do transformador, mesmo durante este ensaio de longa duração (96horas) e estando o núcleo do transformador sobre-excitado. As seguintes variações foram observadas para os gases:					
	■ CH4:	-0.9 ppm	<	critério limite CH4:	2 ppm	
	■ C2H4:	-0.6 ppm	<	critério limite C2H4:	1 ppm	
	■ C2H6:	0.8 ppm	<	critério limite C2H6:	2 ppm	
	■ CO:	0 ppm	<	critério limite CO:	10...15 ppm	
que são inferiores ao critério acordado por ITAIPU e ABB, fundamentado na experiência de concessionárias dos EUA em ensaios de SobreExcitação (máximo: C2H4 1ppm, máximo CH4 2ppm, máximo C2H6 2ppm e máximo CO 10...15ppm).						

c) Taxa de Geração Entre Amostras das Concentrações de Gases, ppm/hora

A tabela B1C mostra a taxa de geração (ppm/hora) entre amostras sucessivas das concentrações de gases dissolvidos no óleo isolante do transformador durante o ensaio.

Tabela B1C - Ensaio **F** - DGA: SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar
- Variação entre Amostras da Taxa de Geração de Gases, ppm/hora

Ensaio F - SobreExcitação 60Hz,105%Un, 96horas				Taxa de Geração de Gases - entre Amostras										ppm/hora	
	Valv	%Un	Horas	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TGC-CO	TGC-CO-H2	
1	superior	105%, 525kV	6	0,17	27,5	134,0	-0,12	-0,50	-0,67	0,03	-0,03	0,02	0,07	-0,10	
2	superior	105%, 525kV	12	0,17	-29,3	-129,3	0,02	0,17	-3,00	-0,18	0,12	0,00	0,12	-0,05	
3	superior	105%, 525kV	24	-0,25	-16,8	-29,8	-0,07	-0,25	0,33	0,00	-0,08	0,00	-0,39	-0,14	
4	superior	105%, 525kV	36	0,08	2,6	-30,2	0,21	0,67	2,67	0,18	0,03	0,00	0,51	0,43	
5	superior	105%, 525kV	48	0,00	-21,9	-69,3	-0,21	-0,58	-1,67	-0,16	-0,02	-0,01	-0,39	-0,39	
6	superior	105%, 525kV	60	0,08	20,0	62,3	0,15	0,42	1,92	0,07	0,01	0,02	0,33	0,24	
7	superior	105%, 525kV	72	0,00	7,3	14,5	-0,06	-0,25	-1,75	-0,07	-0,02	0,00	-0,14	-0,14	
8	superior	105%, 525kV	84	0,00	-10,3	-2,9	-0,09	-0,42	0,08	-0,05	-0,01	-0,01	-0,16	-0,16	
9	superior	105%, 525kV	96	-0,08	-19,3	-72,2	0,04	0,58	0,92	0,05	0,10	0,00	0,11	0,19	
	ppm/hora, fim-inicial			96	0,00	-4,93	-15,67	-0,01	0,00	0,08	-0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,01

A figura B1C mostra a taxa de geração, entre amostras sucessivas, de gases combustíveis ao longo das 96 horas do ensaio **F**.

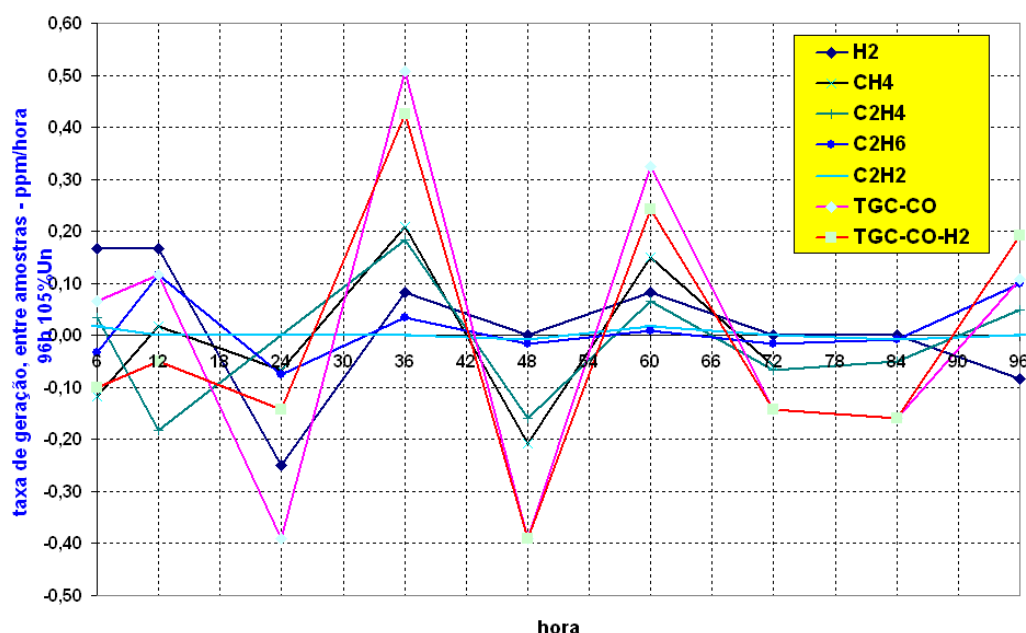


Figura B1C - Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar:
Variação da Taxa de Geração entre Amostras Sucessivas de Gases Combustíveis



A taxa de geração de gases combustíveis HidroCarbonos (TGC menos CO: H2, CH4, C2H4, C2H6 e C2H2) resultou **-0,01ppm/hora**, que é inferior até mesmo ao limite tipicamente utilizado para a monitoração de transformadores em operação (sobreexcitação 100%Un) de 1ppm/dia ou seja 0.04ppm/hora.

B2. Análises de DGA - Amostras da Válvula Inferior do Tanque

a) Concentração de Gases - ppm

A tabela B2A mostra o valor as concentrações (ppm) de gases dissolvidos no óleo isolante do transformador durante o ensaio.

Tabela B2A - Ensaio **F** - DGA: SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar
- Concentrações de Gases, ppm

Ensaio F - SobreExcitação 60Hz,105%Un, 96horas				Concentrações de Gases									ppm	
	Valv	%Un	Horas	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TGC-CO	TGC-CO-H2
1	inferior	105%, 525kV	0	8	2630	6888	10,4	34	146	9,1	1,4	0,1	29,00	21,00
2	inferior	105%, 525kV	6	7	2453	6652	9,7	30	128	7,7	1,1	0,1	25,60	18,60
3	inferior	105%, 525kV	12	7	2646	7334	10,5	32	133	8,4	1,2	0,0	27,10	20,10
4	inferior	105%, 525kV	24	7	1968	4791	7,7	24	113	6,9	1,1	0,0	22,70	15,70
5	inferior	105%, 525kV	36	7	2181	5291	9,5	29	15	8,4	1,3	0,1	26,30	19,30
6	inferior	105%, 525kV	48	7	2367	6321	10,6	32	147	8,9	1,3	0,1	27,90	20,90
7	inferior	105%, 525kV	60	9	2638	7040	11,3	33	175	9,5	1,5	0,0	31,30	22,30
8	inferior	105%, 525kV	72	8	2391	6186	11,1	35	151	8,9	1,3	0,1	29,40	21,40
9	inferior	105%, 525kV	84	7	2393	6135	11,6	35	155	9,7	1,5	0,2	30,00	23,00
10	inferior	105%, 525kV	96	8	2327	6083	11,2	40	231	9,4	1,7	0,2	30,50	22,50

A figura B2A mostra a evolução das concentrações de gases combustíveis ao longo das 96horas do ensaio F.

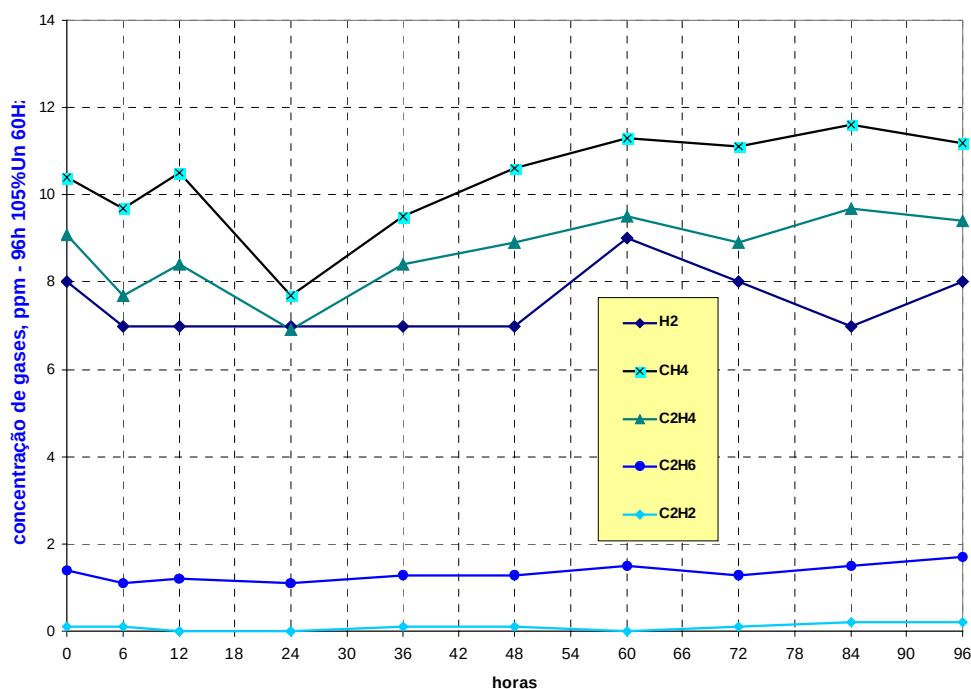


Figura B2A - Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar:
Evolução das Concentrações de Gases Combustíveis

b) Evolução Entre Amostras das Concentrações de Gases, ppm

A tabela B2B mostra a variação entre amostras sucessivas das concentrações (ppm) de gases dissolvidos no óleo isolante do transformador durante o ensaio.

Tabela B2B - Ensaio **F** - DGA: SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar
- Variação Entre Amostras das Concentrações de Gases, ppm

Ensaio F - SobreExcitação 60Hz,105%Un, 96horas				Variações das Concentrações de Gases - entre Amostras										ppm
	Valv	%Un	Horas	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TGC-CO	TGC-CO-H2
1	inferior	105%, 525kV	6	-1	-177	-236	-0,7	-4	-18	-1,4	-0,3	0,0	3,40	-2,40
2	inferior	105%, 525kV	12	0	193	682	0,8	2	5	0,7	0,1	-0,1	1,50	1,50
3	inferior	105%, 525kV	24	0	-678	-2543	-2,8	-8	-20	-1,5	-0,1	0,0	4,40	-4,40
4	inferior	105%, 525kV	36	0	213	500	1,8	5	-98	1,5	0,2	0,1	3,60	3,60
5	inferior	105%, 525kV	48	0	186	1030	1,1	3	132	0,5	0	0,0	1,60	1,60
6	inferior	105%, 525kV	60	2	271	719	0,7	1	28	0,6	0,2	-0,1	3,40	1,40
7	inferior	105%, 525kV	72	-1	-247	-854	-0,2	2	-24	-0,6	-0,2	0,1	-1,90	-0,90
8	inferior	105%, 525kV	84	-1	2	-51	0,5	0	4	0,8	0,2	0,1	0,60	1,60
9	inferior	105%, 525kV	96	1	-66	-52	-0,4	5	76	-0,3	0,2	0,0	0,50	-0,50
	ppm, fim-inicial			96	0	-303	-805	0,8	6	85	0,3	0,3	1,50	1,50

A figura B2B mostra a variação entre a amostra **final** e **inicial** das concentrações de gases combustíveis ao longo das 96horas do ensaio **F**.

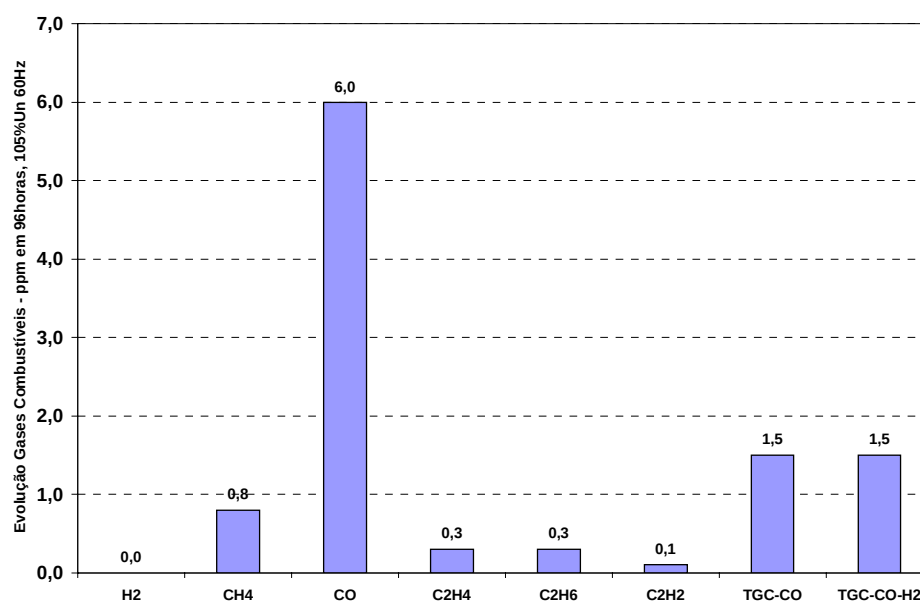


Figura B2B - Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar:
Variação das Concentrações de Gases Combustíveis entre Amostras **Final** e **Inicial**

	Os resultados indicam que não foram observadas alterações importantes de gases combustíveis dissolvidos no óleo isolante do transformador, mesmo durante este ensaio de longa duração (96horas) e estando o núcleo do transformador sobre-excitado. As seguintes variações foram observadas para os gases:					
	■ CH4:	0.8 ppm	<	critério limite CH4:	2 ppm	
	■ C2H4:	0.3 ppm	<	critério limite C2H4:	1 ppm	
	■ C2H6:	0.3 ppm	<	critério limite C2H6:	2 ppm	
	■ CO:	6 ppm	<	critério limite CO:	10...15 ppm	
que são inferiores ao critério acordado por ITAIPU e ABB, fundamentado na experiência de concessionárias dos EUA em ensaios de SobreExcitação (máximo: C2H4 1ppm, máximo CH4 2ppm, máximo C2H6 2ppm e máximo CO 10...15ppm).						

c) Taxa de Geração Entre Amostras das Concentrações de Gases, ppm/hora

A tabela B2C mostra a variação da taxa de geração (ppm/hora) entre amostras sucessivas das concentrações de gases dissolvidos no óleo isolante do transformador durante o ensaio.

Tabela B2C - Ensaio **F** - DGA: SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar
- Variação da Amostras da Taxa de Geração de Gases, ppm/hora

Ensaio F - SobreExcitação 60Hz,105%Un, 96horas				Taxa de Geração de Gases - entre Amostras										ppm/hora	
	Valv	%Un	Horas	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TGC-CO	TGC-CO-H2	
1	inferior	105%, 525kV	6	-0,17	-29,5	-39,3	-0,12	-0,67	-3,00	-0,23	-0,05	0,00	-0,57	-0,40	
2	inferior	105%, 525kV	12	0,00	32,2	113,7	0,13	0,33	0,83	0,12	0,02	-0,02	0,25	0,25	
3	inferior	105%, 525kV	24	0,00	-56,5	-211,9	-0,23	-0,67	-1,67	-0,13	-0,01	0,00	-0,37	-0,37	
4	inferior	105%, 525kV	36	0,00	17,8	41,7	0,15	0,42	-8,17	0,13	0,02	0,01	0,30	0,30	
5	inferior	105%, 525kV	48	0,00	15,5	85,8	0,09	0,25	11,00	0,04	0,00	0,00	0,13	0,13	
6	inferior	105%, 525kV	60	0,17	22,6	59,9	0,06	0,08	2,33	0,05	0,02	-0,01	0,28	0,12	
7	inferior	105%, 525kV	72	-0,08	-20,6	-71,2	-0,02	0,17	-2,00	-0,05	-0,02	0,01	-0,16	-0,07	
8	inferior	105%, 525kV	84	-0,08	0,2	-4,3	0,04	0,00	0,33	0,07	0,02	0,01	0,05	0,13	
9	inferior	105%, 525kV	96	0,08	-5,5	-4,3	-0,03	0,42	6,33	-0,02	0,02	0,00	0,04	-0,04	
	ppm/hora, fim-inicial			96	0,00	-3,16	-8,39	0,01	0,06	0,89	0,00	0,00	0,02	0,02	

A figura B2C mostra a variação da taxa de geração, entre amostras sucessivas, de gases combustíveis ao longo das 96 horas do ensaio **F**.

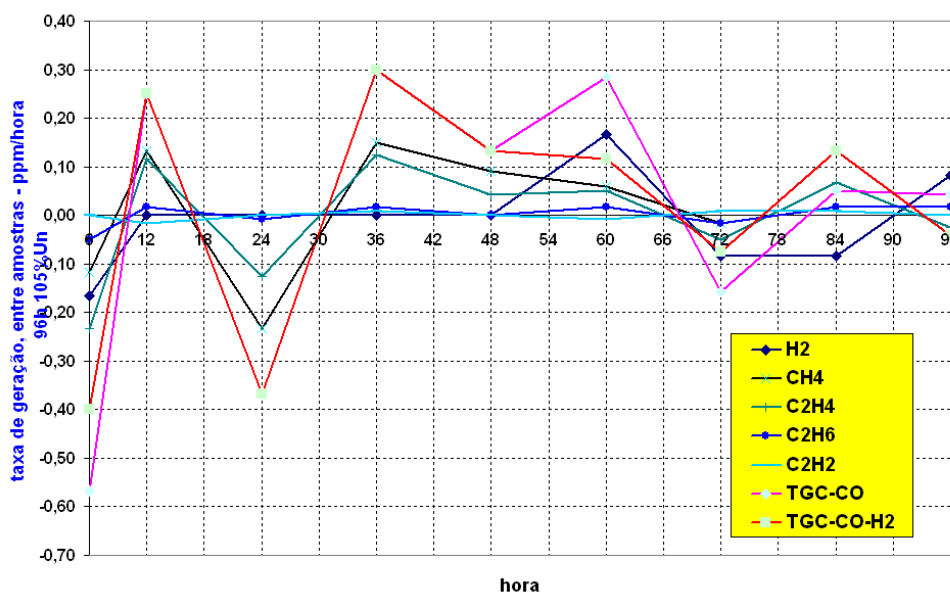


Figura B2C - Ensaio de SobreExcitação 96h,105%Un,60Hz **com** Tubo Auxiliar:
Variação da Taxa de Geração entre Amostras Sucessivas de Gases Combustíveis



A taxa de geração de gases combustíveis HidroCarbonos (TGC menos CO: H2, CH4, C2H4, C2H6 e C2H2) resultou **0,02ppm/hora**, que é inferior até mesmo ao limite tipicamente utilizado para a monitoração de transformadores em operação (sobreexcitação 100%Un) de 1ppm/dia ou seja 0.04ppm/hora.

Anexo C – Ensaio de SobreExcitação e Alteração de DGA

ITAIPU BINACIONAL – Brasil e Paraguai
Transf Elevador 1Ø - 60Hz, 256 MVA, 18-525/√3 kV, ODWF
BBC, No. Série SP 15090, Ano Fabric 1982:
Reparo Completo - Ensaio Final: SobreExcitação 105%Un, 60Hz,
96horas - Gases Dissolvidos no Óleo

C1. Geral

Naturalmente durante as análises preliminares realizadas pela **ABB** também foram avaliadas qualitativamente outras fontes possíveis para a alteração observada das concentrações de gases combustíveis durante o ensaio de SobreExcitação.

C2. Ensaio de SobreExcitação e Fluxos Magnéticos

O ensaio de SobreExcitação é um ensaio em vazio, no qual o transformador é alimentado, durante o tempo do ensaio, com tensão senoidal de 110%Un e frequência nominal 60Hz através dos terminais externos do enrolamento BT, sendo os terminais do enrolamento AT mantidos abertos.

A tabela C1 mostra os parâmetros característicos associados ao ensaio de SobreExcitação no transformador em referência.

Tabela C1 - Ensaio de SobreExcitação e Parâmetros Elétricos

Sobre-Excitação	Frequência	Tensão Enrol. BT	Indução Núcleo	Corrente Enrolamento	Tensão Enrolamento AT, kVef - tap 3	
					fase	linha
100%Un	60	18.0	1.7189	13.4	303.0	525
105%Un	60	18.9	1.8048	24.1	318.3	551
110%Un	60	19.8	1.8908	53.4	333.4	577

No ensaio de SobreExcitação em vazio o fluxo magnético presente é apenas o fluxo magnético principal no núcleo do transformador. Durante este ensaio, a corrente de excitação em vazio é estabelecida no enrolamento BT sendo nula a corrente no enrolamento AT (em vazio). O valor desta corrente no enrolamento BT, a 110%Un, é de apenas 53.4Aef a qual corresponde apenas a 0.38% da corrente de carga nominal. Assim, durante este ensaio, o fluxo magnético de dispersão associado à corrente nos enrolamentos é desprezível.

C3. Ensaio de SobreExcitação, Alteração de DGA e Hipóteses em Fontes de Gases

Nestas condições, as eventuais fontes hipotéticas de alterações de gases combustíveis relacionam-se à:

a) Corrente de Circulação Induzidas nos Condutores Paralelos do Enrolamento BT e/ou AT

Nesta hipótese, a tensão aplicada (enrolamento BT) e/ou induzida (enrolamento AT) pode estabelecer correntes de circulação interna ao enrolamento associada a tensão induzida em condutores paralelos (espiras fechadas) desequilibrados por eventual erro de transposição.

Todavia os resultados dos ensaios desqualificam esta hipótese:

- as perdas medidas nos ensaios em vazio e em carga estão em conformidade com o projeto e são até mesmo inferior aos valores medidos no transformador original; e
- nenhuma alteração anormal foi observada na evolução das concentrações de gases típicos (CO, CO₂) resultantes de eventual sobreaquecimento de isolamento de celulose. A variação máxima de CO foi de 3ppm durante as 24horas de ensaio.

b) Corrente de Circulação Induzida na Estrutura do Núcleo

Nesta hipótese, o fluxo magnético principal estabelecido no núcleo do transformador, concatena uma espira fechada indevidamente (por exemplo: duplo aterramento de componentes metálicos da estrutura do núcleo, em geral não bons condutores de corrente, etc) durante o processo de montagem, resultando em sobreaquecimento.

Em geral, nas condições de ocorrência deste tipo de falta, podem ocorrer flutuações de potencial induzido em locais de contato com superfícies inadequadas de resistência elevada de contato.

Todavia a experiência com ocorrências similares (com transformadores sob ensaio onde este tipo de falta foi comprovado) mostra, evoluções significativas das concentrações de gases combustíveis H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 da ordem de algumas dezenas de ppms e C_2H_2 da ordem de alguns ppms (em 24 horas), com perfil de evolução crescente no período de tempo de ensaio e relações distintas daquelas observadas no caso do transformador em referência **SP15090** (H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 da ordem de alguns ppms e C_2H_2 da ordem de décimos de ppms em 24 horas). A figura C1 mostra um exemplo de transformador com falta interna do tipo "corrente de circulação induzida na estrutura do núcleo combinada com descarga intermitente devido a potencial flutuante".

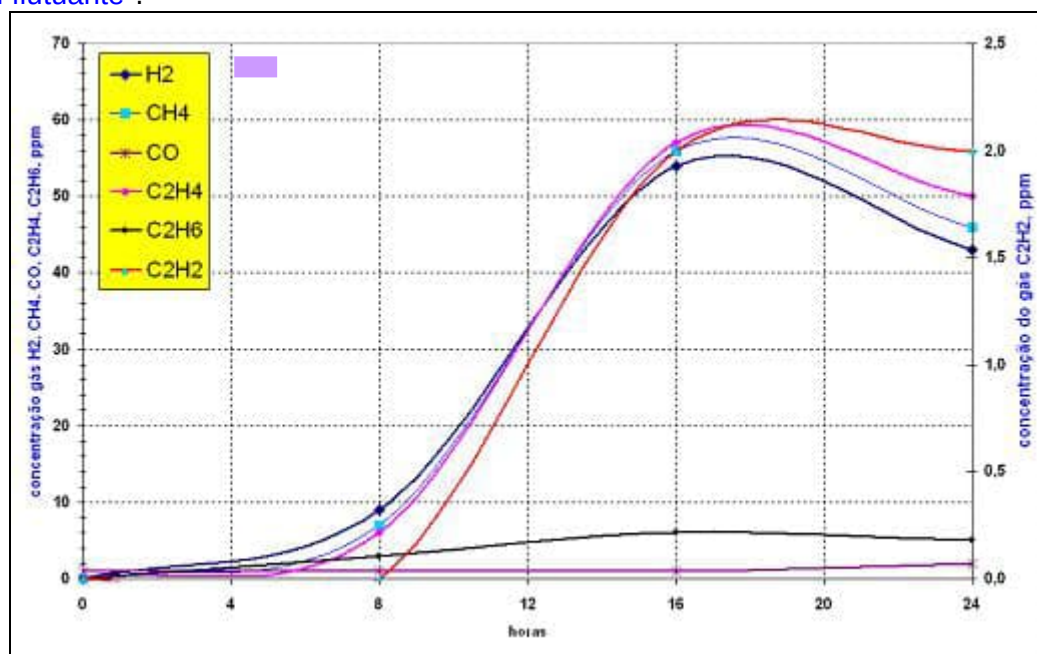


Figura C1 - Evolução de Gases no Óleo: Falta Interna - Corrente de Circulação em Estrutura do Núcleo e com Flutuação de Potencial

A figura C2 mostra a evolução das relações entre gases (CH_4/H_2 e C_2H_2/C_2H_4), associadas a concentrações médias (médias aritméticas relativas as amostras coletadas nas válvulas inferior e superior) medidas durante o ensaio de sobreexcitação de longa duração de 96h, 105%Un, 60Hz do transformador em referência.

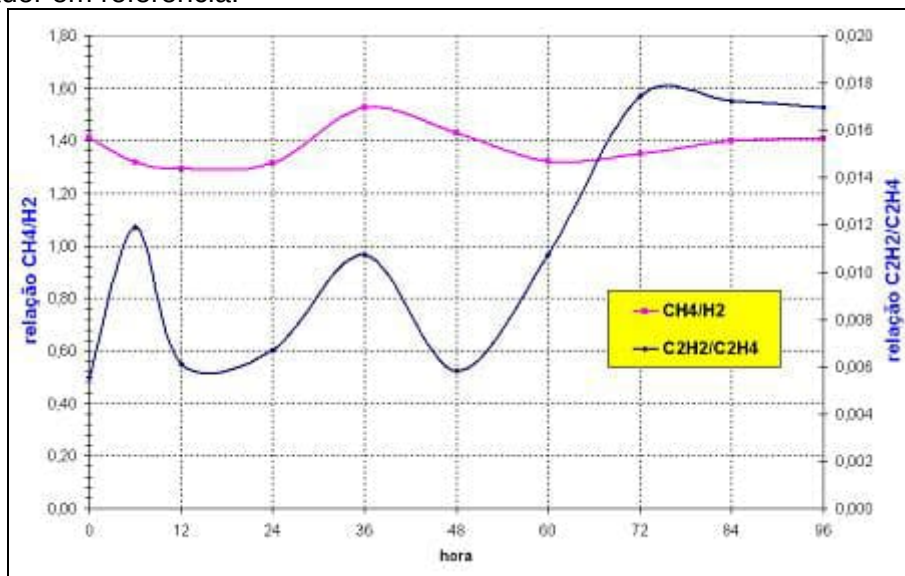


Figura C2 - Evolução da Relação Entre Gases: Valor Médio Medido
Ensaio de SobreExcitação 96h, 105%Un, 60Hz

Todavia estes resultados também desqualificam a ocorrência de "[descarga intermitente devido a potencial flutuante](#)" já que:

- descargas elétricas, de baixa ou alta energia, são caracterizadas tipicamente valores de $0.1 < CH_4/H_2 < 1.0$ e $C_2H_2/C_2H_4 > 0.1$; e
- $CH_4/H_2 > 1.0$ e $C_2H_2/C_2H_4 < 0.1$ ao longo de todo o ensaio.

c) SobreAquecimento Localizado em Núcleo

Nesta hipótese, em volumes específicos do núcleo magnético, ocorre uma concentração da indução magnética estabelecida no núcleo e consequente saturação local do mesmo. Em particular em ensaios de sobreexcitação onde a indução nominal (que correspondem a distribuição uniforme, ou seja, sem nenhum efeito de concentração) aproxima-se do valor de saturação da chapa de FeSi do núcleo.

Normalmente estes volumes são das junções coluna-jugo do núcleo, onde ocorre uma concentração de indução magnética devido à característica de anisotropia da lâmina de FeSi e as diferentes relutâncias das rotas das linhas de fluxo magnético naqueles volumes influenciados pelo comprimento da rota e à variação local da permeabilidade magnética da rota (gaps de ar). A figura C3 ilustra este fenômeno.

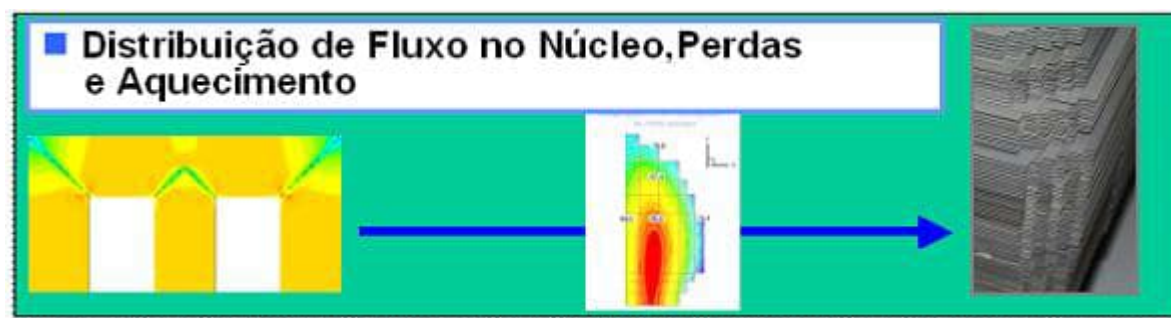


Figura C3 - Distribuição de Fluxo Magnético em Núcleo Magnético
Concentração Local de Fluxo em Juntas Coluna-Jugo

Nestas condições, podem ser estabelecidos sobreaquecimento localizado (ponto quente) no núcleo, em particular nos volumes parciais dos pacotes centrais das juntas colunas-jugo. Em consequência, variações na formação de concentrações de gases combustíveis (em particular CH₄, C₂H₄ e C₂H₆) podem ser observadas. Naturalmente a elevação local de temperatura núcleo (ponto quente) - óleo depende da condição de resfriamento local do núcleo.

A Tabela C2 mostra as concentrações de gases medidas nas primeiras 6 horas do ensaio **D** de SobreExcitação 24h, 105%Un, 60Hz sem Tubulação Auxiliar de Resfriamento.

Tabela C2 - Ensaio **D**: SobreExcitação 24h, 105%Un, 60Hz e Concentrações de Gases, ppm

Ensaio	AMOSTRAS	Excitação	Tubo	Bombas	Válvula	AMOSTRA	HIDRÓG.	OXIG.	NITRÓG.	METANO	M.CARB.	D.CARB.	ETILENO	ETANO	ACETIL.	TGC	TGC
	UHE Itaipu SP15090 256MVA 525kV reparo na ABB		Auxiliar				H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	sem CO	com CO
30	D Antes sobreexcitação	-	sem Tubo Aux	desligadas	inferior	2006-01-23	3	2466	6395	3,0	30	152	1,9	0,3	0,0	8,2	38,2
31	D Após 6 horas sobreexcitação - tap 3 525kV	105%Un	sem Tubo Aux	ligadas (1)	inferior	2006-01-23	6	2415	6218	8,6	35	152	7,4	1,2	0,1	23,3	58,3

Nestas condições as evoluções das relações entre gases resultam:

- $C_2H_2/C_2H_4 = (0.1-0)/(7.4-1.9) = 0.018$;
- $CH_4/H_2 = (8.6-3.0)/(6.0-3.0) = 1.86$; e
- $C_2H_4/C_2H_6 = (7.4-1.9)/(1.2-0.3) = 6.11$
- assim $C_2H_2/C_2H_4 = 0.018 < 0.1$, $1 < CH_4/H_2 = 1.86 < 3$ e $C_2H_4/C_2H_6 = 6.11 > 3$, que caracteriza falta térmica localizada de alta temperatura.

Utilizando técnicas de reconhecimento de faltas típicas, é possível correlacionar estas relações com a eventual fonte de geração de gás. A figura C4 mostra o resultado deste reconhecimento de falta.

Figura C4 - Ensaio **D**: SobreExcitação 24h, 105%Un, 60Hz e Concentrações de Gases
Reconhecimento de Falta Típica

O ensaio de sobre-excitação é um ensaio em vazio (ou seja, enrolamentos sem carga e praticamente sem perdas), sendo o resfriamento do núcleo estabelecido por processo natural. Nas horas iniciais deste, quando todo o volume de óleo está praticamente em equilíbrio térmico com o núcleo e sem movimento (já que em ODAF o fluxo de óleo dos trocadores de calor está guiado para dentro dos enrolamentos). Após algumas horas de energização, o óleo interno ao tanque (fora dos enrolamentos) vai ganhando mobilidade (por efeito sifão/variação de densidade).

Assim a montagem da tubulação auxiliar de resfriamento, durante a realização deste ensaio de sobre-excitação, permite criar um fluxo de óleo diretamente para dentro do tanque do transformador que contribui para movimentar o volume de óleo do tanque e consequentemente melhorar a convecção térmica entre o núcleo magnético e o volume de óleo (em movimento) adjacente minimizando o risco de alterações na formação de gases combustíveis.



*As análises, opiniões ou interpretações contidas neste relatório são fundamentadas nas informações e materiais fornecidos pelo **Cliente**. A **ABB** não infere que o conteúdo das amostras analisadas por seu laboratório representa a totalidade do material presente no ambiente do equipamento do qual as amostras foram coletadas. Os resultados dos ensaios referem-se unicamente à amostra ou amostras ensaiadas. Qualquer interpretação ou opinião expressa representa a melhor avaliação da **ABB**. A **ABB** não assume nenhuma responsabilidade e não fornece nenhuma garantia ou representação, expressa ou implícita, relacionada ao estado, produtividade, operação adequada ou lucro-cessante de qualquer equipamento ou outra propriedade para a qual este relatório seja utilizado ou relacionado por qualquer razão.*

ABB Ltda Brasil

Divisão de Transformadores
Av Monteiro Lobato, 3285
07190-904 Guarulhos SP
São Paulo
Brasil
Telef: +55 11 6464 8768
Fax: +55 11 6464 8399
Email:
abb.atende@br.abb.com
Web Site: www.abb.com/br





ANEXO II



Transformador SP 15090 (ex TU 15, FASE B) acompanhamento da Cromatografia

DAT_ANA	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TCOM
23/11/2005	2,0	3924,0	9294,0	0,4	15,0	99,0	0,0	0,0	0,0	
23/11/2005	2,0	2463,0	6407,0	0,1	14,0	92,0	0,0	0,0	0,0	
24/11/2005	2,0	1697,0	4203,0	1,0	13,0	60,0	0,4	0,1	0,0	
24/11/2005	4,0	3243,0	10063,0	1,4	18,0	84,0	0,5	0,1	0,0	
28/11/2005	4,0	1865,0	4987,0	0,1	21,0	76,0	0,4	0,1	0,0	
28/11/2005	4,0	4880,0	11451,0	1,1	18,0	64,0	0,5	0,1	0,0	
28/11/2005	5,0	4299,0	11128,0	1,1	21,0	88,0	0,5	0,1	0,0	
13/12/2005	0,0	1208,0	2968,0	0,0	3,0	29,0	0,0	0,0	0,0	
13/12/2005	0,0	1045,0	2519,0	0,1	3,0	34,0	0,0	0,0	0,0	
14/12/2005	0,0	2066,0	4763,0	2,5	5,0	49,0	1,8	0,2	0,0	
14/12/2005	2,0	1046,0	2417,0	2,6	5,0	34,0	1,6	0,3	0,0	
15/12/2005	1,0	1623,0	3957,0	2,5	5,0	44,0	1,9	0,2	0,0	
15/12/2005	2,0	1028,0	2603,0	2,5	5,0	31,0	1,5	0,2	0,0	
22/12/2005	2,0	3441,0	7229,0	2,4	8,0	110,0	1,7	0,2	0,1	
22/12/2005	1,0	1151,0	2614,0	2,0	8,0	49,0	1,6	0,2	0,0	
22/12/2005	0,0	4336,0	8966,0	2,1	7,0	101,0	1,5	0,0	0,1	
22/12/2005	2,0	2100,0	4549,0	2,1	8,0	70,0	1,5	0,0	0,0	
22/12/2005	2,0	1938,0	4584,0	2,3	9,0	61,0	1,9	0,3	0,1	
22/12/2005	1,0	2333,0	5370,0	2,1	8,0	62,0	1,8	0,2	0,1	
22/12/2005	2,0	1661,0	4466,0	2,6	10,0	51,0	1,9	0,2	0,1	
22/12/2005	3,0	1636,0	4466,0	2,6	10,0	51,0	1,9	0,2	0,1	
23/12/2005	2,0	1345,0	3648,0	3,2	12,0	58,0	2,1	0,2	0,1	
23/12/2005	3,0	1352,0	3306,0	3,0	12,0	55,0	2,0	0,2	0,2	
23/12/2005	2,0	3183,0	7887,0	3,4	11,0	87,0	1,7	0,1	0,0	
23/12/2005	3,0	2003,0	4792,0	3,6	13,0	73,0	2,4	0,3	0,2	
23/12/2005	2,0	1913,0	4876,0	2,7	10,0	61,0	1,7	0,1	0,0	
23/12/2005	2,0	3045,0	6874,0	3,8	13,0	99,0	2,4	0,3	0,1	
23/12/2005	2,0	3252,0	8387,0	3,1	12,0	103,0	2,6	0,5	0,2	
23/12/2005	2,0	1286,0	3086,0	2,7	11,0	63,0	2,2	0,4	0,1	
23/1/2006	3,0	2466,0	6395,0	3,0	30,0	152,0	1,9	0,3	0,0	
23/1/2006	3,0	2507,0	6378,0	3,0	33,0	150,0	1,8	0,3	0,0	
23/1/2006	6,0	2415,0	6218,0	8,6	35,0	152,0	7,4	1,2	0,1	
23/1/2006	6,0	2534,0	6640,0	7,9	33,0	146,0	7,0	0,8	0,1	
24/1/2006	6,0	2416,0	6487,0	7,1	28,0	133,0	5,9	0,8	0,0	
24/1/2006	6,0	2677,0	7001,0	8,6	35,0	155,0	7,4	1,1	0,3	
24/1/2006	6,0	2615,0	6936,0	8,5	36,0	158,0	7,7	1,0	0,0	
24/1/2006	6,0	2643,0	6981,0	7,9	33,0	142,0	6,6	0,9	0,1	
25/1/2006	6,0	2391,0	6119,0	7,3	32,0	146,0	6,6	0,9	0,0	
25/1/2006	6,0	2587,0	7216,0	8,3	35,0	152,0	7,1	1,1	0,2	
25/1/2006	8,0	2622,0	6919,0	10,9	37,0	158,0	10,0	1,4	0,1	
25/1/2006	8,0	2840,0	7824,0	11,5	38,0	168,0	10,3	1,5	0,1	
26/1/2006	8,0	2429,0	6136,0	9,4	29,0	139,0	8,0	1,3	0,2	
26/1/2006	8,0	2655,0	6880,0	11,3	34,0	166,0	10,3	1,6	0,0	
26/1/2006	8,0	2630,0	6888,0	10,4	34,0	146,0	9,1	1,4	0,1	
26/1/2006	7,0	2626,0	6977,0	10,8	34,0	147,0	8,9	1,5	0,0	
26/1/2006	7,0	2453,0	6652,0	9,7	30,0	128,0	7,7	1,1	0,1	
26/1/2006	8,0	2791,0	7781,0	10,1	31,0	143,0	9,1	1,3	0,1	
27/1/2006	7,0	2646,0	7334,0	10,5	32,0	133,0	8,4	1,2	0,0	
27/1/2006	0,0	2615,0	7005,0	10,2	32,0	125,0	8,0	1,2	0,1	



Transformador SP 15090 (ex TU 15, FASE B) acompanhamento da Cromatografia

DAT_ANA	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TCOM	T
23/11/2005	2,0	3924,0	9294,0	0,4	15,0	99,0	0,0	0,0	0,0		
24/11/2005	2,0	1697,0	4203,0	1,0	13,0	60,0	0,4	0,1	0,0		
28/11/2005	4,0	1865,0	4987,0	0,1	21,0	76,0	0,4	0,1	0,0		
28/11/2005	4,0	4880,0	11451,0	1,1	18,0	64,0	0,5	0,1	0,0		
13/12/2005	0,0	1208,0	2968,0	0,0	3,0	29,0	0,0	0,0	0,0		
14/12/2005	0,0	2066,0	4763,0	2,5	5,0	49,0	1,8	0,2	0,0		
15/12/2005	1,0	1623,0	3957,0	2,5	5,0	44,0	1,9	0,2	0,0		
22/12/2005	2,0	3441,0	7229,0	2,4	8,0	110,0	1,7	0,2	0,1		
22/12/2005	0,0	4336,0	8966,0	2,1	7,0	101,0	1,5	0,0	0,1		
22/12/2005	2,0	1938,0	4584,0	2,3	9,0	61,0	1,9	0,3	0,1		
22/12/2005	2,0	1661,0	4466,0	2,6	10,0	51,0	1,9	0,2	0,1		
23/12/2005	2,0	1345,0	3648,0	3,2	12,0	58,0	2,1	0,2	0,1		
23/12/2005	2,0	3183,0	7887,0	3,4	11,0	87,0	1,7	0,1	0,0		
23/12/2005	2,0	1913,0	4876,0	2,7	10,0	61,0	1,7	0,1	0,0		
23/12/2005	2,0	3252,0	8387,0	3,1	12,0	103,0	2,6	0,5	0,2		
23/1/2006	3,0	2466,0	6395,0	3,0	30,0	152,0	1,9	0,3	0,0		
23/1/2006	6,0	2415,0	6218,0	8,6	35,0	152,0	7,4	1,2	0,1		
24/1/2006	6,0	2416,0	6487,0	7,1	28,0	133,0	5,9	0,8	0,0		
24/1/2006	6,0	2615,0	6936,0	8,5	36,0	158,0	7,7	1,0	0,0		
25/1/2006	6,0	2391,0	6119,0	7,3	32,0	146,0	6,6	0,9	0,0		
25/1/2006	8,0	2622,0	6919,0	10,9	37,0	158,0	10,0	1,4	0,1		
26/1/2006	8,0	2429,0	6136,0	9,4	29,0	139,0	8,0	1,3	0,2		
26/1/2006	8,0	2630,0	6888,0	10,4	34,0	146,0	9,1	1,4	0,1		
26/1/2006	7,0	2453,0	6652,0	9,7	30,0	128,0	7,7	1,1	0,1		
27/1/2006	7,0	2646,0	7334,0	10,5	32,0	133,0	8,4	1,2	0,0		
27/1/2006	7,0	1968,0	4791,0	7,7	24,0	113,0	6,9	1,1	0,0		
28/1/2006	7,0	2181,0	5291,0	9,5	29,0	152,0	8,4	1,3	0,1		
28/1/2006	7,0	2367,0	6321,0	10,6	32,0	147,0	8,9	1,3	0,1		
29/1/2006	9,0	2638,0	7040,0	11,3	33,0	175,0	9,5	1,5	0,0		
29/1/2006	8,0	2391,0	6186,0	11,1	35,0	151,0	8,9	1,3	0,1		
30/1/2006	7,0	2393,0	6135,0	11,6	35,0	155,0	9,7	1,5	0,2		
30/1/2006	8,0	2327,0	6083,0	11,2	40,0	231,0	9,4	1,7	0,2		

AI = Amostra Inferior

* Desgaseificação do óleo isolante após troca de TC da bucha H1.

 Ciclo de 110 % Vn

Amostras coletadas no registro inferior



Transformador SP 15090 (ex TU 15, FASE B) acompanhamento da Cromatografia

DAT_ANA	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TCOM	T
23/11/2005	2,0	2463,0	6407,0	0,1	14,0	92,0	0,0	0,0	0,0		
24/11/2005	4,0	3243,0	10063,0	1,4	18,0	84,0	0,5	0,1	0,0		
28/11/2005	5,0	4299,0	11128,0	1,1	21,0	88,0	0,5	0,1	0,0		
13/12/2005	0,0	1045,0	2519,0	0,1	3,0	34,0	0,0	0,0	0,0		
14/12/2005	2,0	1046,0	2417,0	2,6	5,0	34,0	1,6	0,3	0,0		
15/12/2005	2,0	1028,0	2603,0	2,5	5,0	31,0	1,5	0,2	0,0		
22/12/2005	1,0	1151,0	2614,0	2,0	8,0	49,0	1,6	0,2	0,0		
22/12/2005	2,0	2100,0	4549,0	2,1	8,0	70,0	1,5	0,0	0,0		
22/12/2005	1,0	2333,0	5370,0	2,1	8,0	62,0	1,8	0,2	0,1		
22/12/2005	3,0	1636,0	4466,0	2,6	10,0	51,0	1,9	0,2	0,1		
23/12/2005	3,0	1352,0	3306,0	3,0	12,0	55,0	2,0	0,2	0,2		
23/12/2005	3,0	2003,0	4792,0	3,6	13,0	73,0	2,4	0,3	0,2		
23/12/2005	2,0	3045,0	6874,0	3,8	13,0	99,0	2,4	0,3	0,1		
23/12/2005	2,0	1286,0	3086,0	2,7	11,0	63,0	2,2	0,4	0,1		
23/1/2006	3,0	2507,0	6378,0	3,0	33,0	150,0	1,8	0,3	0,0		
23/1/2006	6,0	2534,0	6640,0	7,9	33,0	146,0	7,0	0,8	0,1		
24/1/2006	6,0	2677,0	7001,0	8,6	35,0	155,0	7,4	1,1	0,3		
24/1/2006	6,0	2643,0	6981,0	7,9	33,0	142,0	6,6	0,9	0,1		
25/1/2006	6,0	2587,0	7216,0	8,3	35,0	152,0	7,1	1,1	0,2		
25/1/2006	8,0	2840,0	7824,0	11,5	38,0	168,0	10,3	1,5	0,1		
26/1/2006	8,0	2655,0	6880,0	11,3	34,0	166,0	10,3	1,6	0,0		
26/1/2006	7,0	2626,0	6977,0	10,8	34,0	147,0	8,9	1,5	0,0		
26/1/2006	8,0	2791,0	7781,0	10,1	31,0	143,0	9,1	1,3	0,1		
27/1/2006	9,0	2615,0	7005,0	10,2	32,0	125,0	8,0	1,2	0,1		
27/1/2006	6,0	2413,0	6647,0	9,4	29,0	129,0	8,0	1,1	0,1		
28/1/2006	7,0	2444,0	6285,0	11,9	37,0	161,0	10,2	1,5	0,1		
28/1/2006	7,0	2181,0	5453,0	9,4	30,0	141,0	8,3	1,3	0,0		
29/1/2006	8,0	2421,0	6200,0	11,2	35,0	164,0	9,1	1,4	0,2		
29/1/2006	8,0	2508,0	6374,0	10,5	32,0	143,0	8,3	1,2	0,2		
30/1/2006	8,0	2385,0	6339,0	9,4	27,0	144,0	7,7	1,1	0,1		
30/1/2006	7,0	2153,0	5473,0	9,9	34,0	155,0	8,3	2,3	0,1		

AI = Amostra Inferior
AS = Amostra Superior

* Desgazeificação do óleo isolante após troca de TC da bucha H1.

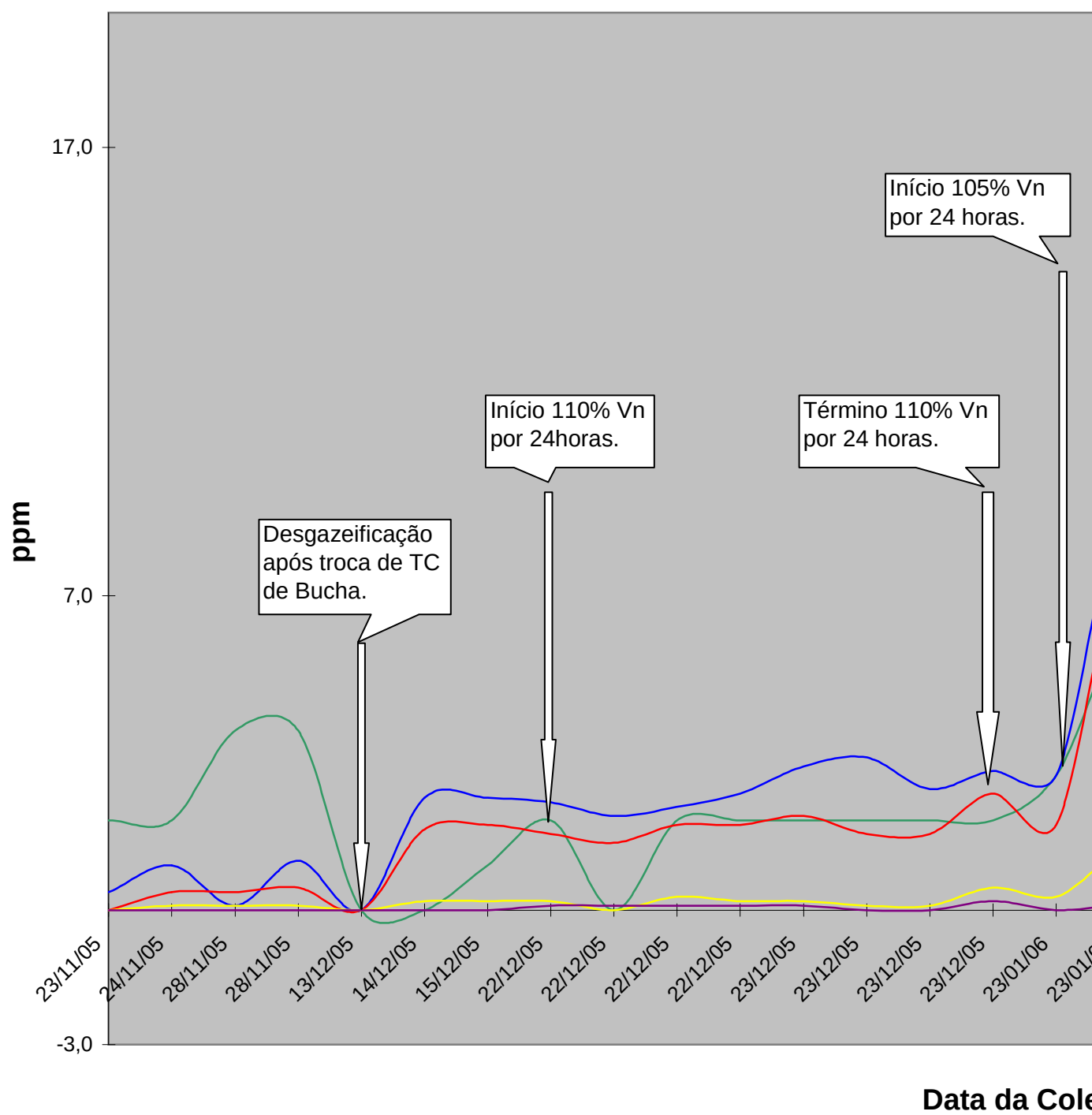
 Ciclo de 110 % Vn

Amostras coletadas no registro superior

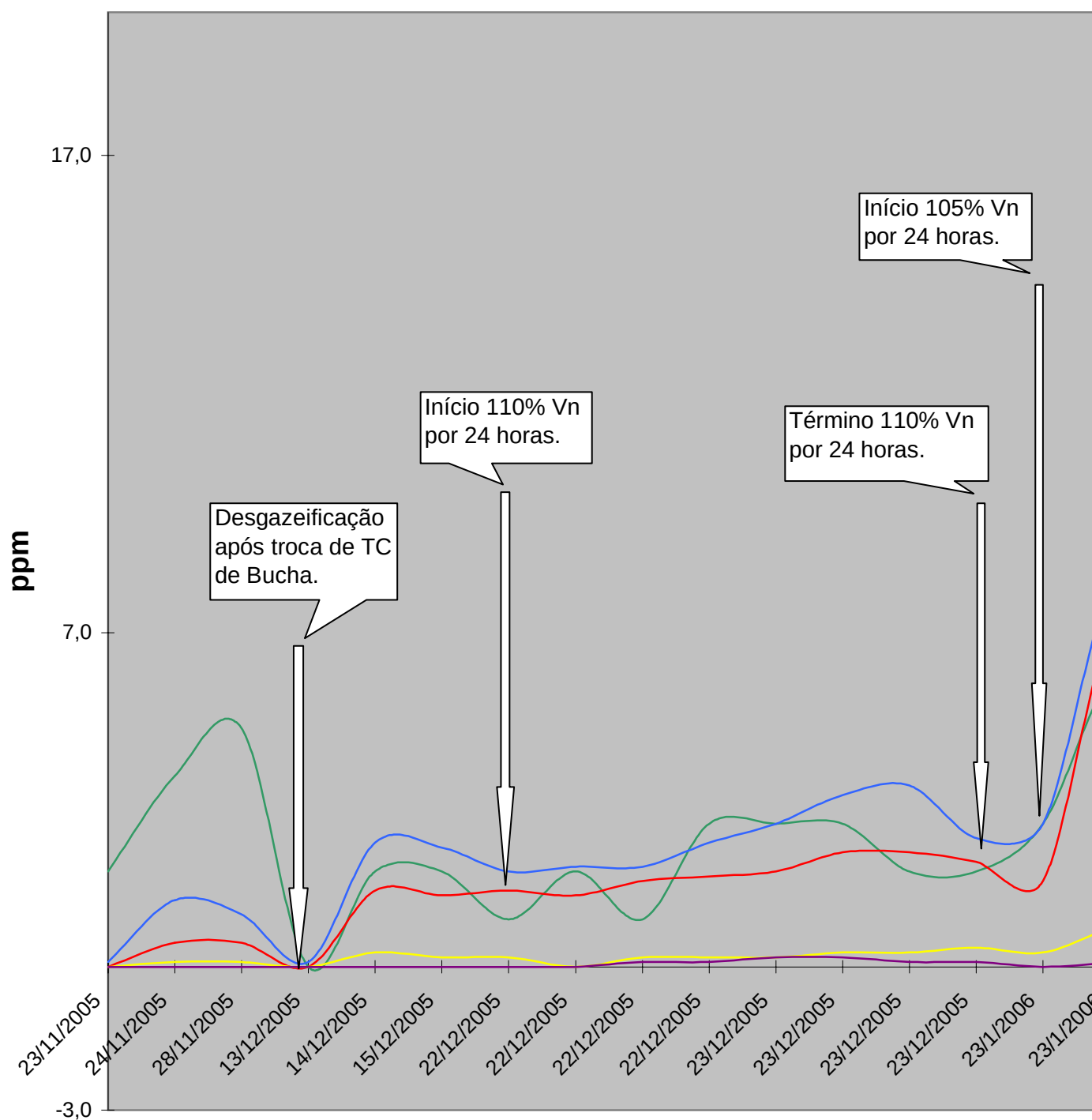


ANEXO III

Trafo SP 15090 - A



Trafo SP 15090 - A



Data da co



ANEXO IV



Num. Série do Trafo	Análises Cromatográficas em Trafos Elevadores BBC (ABB) em 1987										
	DAT_ANA	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TOC
SP 15089 TU 15 - C	04/10/82	0,0	XX	XX	LT	1,0	6,0	0,0	0,0	0,0	
	22/10/82	0,0	XX	XX	LT	3,0	24,0	0,0	0,0	0,0	
SP 15090 TU 15 - Fábr											
SP 15091 TU 15 - A	22/11/83	0,0	370,0	1586,0	LT	5,1	11,0	0,0	LT	0,0	
	25/11/83	0,0	168,0	1403,0	LT	3,4	7,7	0,0	LT	0,0	
SP 15092 TU 14 - C	06/12/82	2,0	XX	XX	2,0	12,0	25,0	0,0	LT	0,0	
	21/12/82	LT	XX	XX	LT	16,0	30,0	LT	LT	0,0	
SP 15093 TU 14 - B	14/12/82	0,0	XX	XX	0,0	1,0	16,0	0,0	LT	0,0	
	20/12/82	LT	XX	XX	0,0	7,0	15,0	0,0	LT	0,0	
SP 15094 TU 14 - A	18/01/83	3,0	3563,0	14560,0	LT	7,0	27,0	0,0	LT	0,0	
	27/01/83	1,4	712,0	2568,0	LT	8,2	16,0	0,0	LT	0,0	
SP 15095 TU 13 - C	18/01/83	LT	672,0	4292,0	LT	6,0	15,0	0,0	1,0	0,0	
	27/01/83	LT	1932,0	6755,0	LT	10,0	24,0	0,0	2,0	0,0	
SP 15096 TU 13 - B	10/09/84	1,5	317,0	3003,0	LT	4,0	11,0	0,0	LT	0,0	
	14/09/84	1,7	474,0	5924,0	1,2	7,4	25,0	LT	1,0	0,0	
SP 15097 TU 13 - A	07/08/84	0,6	178,0	1121,0	LT	1,9	5,9	0,0	LT	0,0	
	10/08/84	1,7	165,0	1680,0	LT	1,6	8,1	0,0	0,0	0,0	
SP 15098 TU 12 - C	10/09/84	3,0	330,0	7300,0	1,0	10,0	24,0	LT	LT	0,0	
	14/09/84	2,2	374,0	3353,0	LT	5,7	12,0	0,0	LT	0,0	
SP 15099 TU 12 - B	23/10/84	9,0	725,0	3372,0	1,0	2,5	6,0	LT	0,0	0,0	
	24/10/84	3,8	460,0	2940,0	LT	2,0	5,0	0,0	0,0	0,0	
SP 15100 TU 12 - A	18/12/84	2,0	2300,0	8400,0	2,0	9,0	30,0	2,0	2,0	0,0	1
	18/12/84	3,0	1000,0	7600,0	2,0	12,0	75,0	2,0	1,0	0,0	2
SP 15101 TU 11 - C	13/02/87	0,0	319,0	1757,0	LT	3,0	11,0	0,0	LT	0,0	
	09/03/87	LT	348,0	6855,0	2,0	9,0	42,0	LT	3,0	0,0	
SP 15102 TU 11 - B	07/05/85	2,0	371,0	2432,0	LT	2,0	5,0	0,0	LT	0,0	
	22/05/85	2,1	514,0	2901,0	LT	3,7	7,9	0,0	LT	0,0	
SP 15103 TU 11 - A	28/06/85	2,0	231,0	2464,0	1,0	4,0	11,0	LT	1,0	0,0	
	05/07/85	4,0	626,0	24558,0	5,0	15,0	49,0	LT	5,0	0,0	
SP 15104 TU 10 - C											
SP 15105 TU 10 - B	21/07/87	LT	337,0	4509,0	LT	9,0	27,0	LT	LT	0,0	
	22/08/87	1,0	242,0	2277,0	LT	12,0	22,0	LT	LT	0,0	