

RELATÓRIO DE ENSAIO

223.490 / 2011



AMOSTRAGEM DE CHAMINÉS

ISATEC

EMPRESA: CIA. GERAÇÃO TÉRMICA DE ENERGIA ELÉTRICA – CGTEE
Candiota – RS

PROCESSO: Caldeira I – Chaminé – 42,2 Megawatts.

DATA: 09 de Junho de 2011.

Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011

AMOSTRAGEM E DETERMINAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO, NO_x, SO₂, NÉVOAS DE SO₃ E H₂SO₄



EMPRESA: CGTEE – COMPANHIA DE GERAÇÃO TÉRMICA
DE ENERGIA ELÉTRICA

Usina Presidente Medici
Candiota – RS

LOCAL: Caldeira I – Chaminé – 42,2 Megawatts.

DATA: 09 de Junho de 2011.

Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011

1. OBJETIVO

Realizar Amostragens no efluente gasoso proveniente da queima de carvão da Caldeira I na Chaminé para determinar a Concentração e Taxa de Emissão de Material Particulado, NO_x, SO₂, névoas de SO₃ e H₂SO₄.

2. METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE

As coletas de amostras e determinações foram executadas conforme normas da EPA (Environmental Protection Agency - USA), da CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo) e da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Os métodos observados foram os seguintes:

- Determinação de pontos de Amostragem em DCFE (Duto ou Chaminé de Fonte Estacionária)
CETESB – L9.221 – Jul/90 # EPA - Method 1 – Fev/2000 # NBR 10701 – Jul/89
- Determinação da velocidade e da vazão dos gases em DCFE
CETESB – L9.222 – Mai/92 # EPA – Method 2 – Fev/2000 # NBR 11966 – Jul/89
- Determinação da massa molecular seca do fluxo de gases em DCFE
CETESB – L9.223 – Jun/92 # EPA – Method 3 – Ago/03# NBR 10702 – Jul/89
- Determinação da umidade dos efluentes em DCFE
CETESB – L9.224 – Ago/30 # EPA – Method 4 – Fev/2000 # NBR 11967 – Jul/89
- Determinação de material particulado em DCFE
CETESB – L9.217 – Nov/89 # EPA – Method 17 – Fev/2000 # NBR 12827 – Set/93
- Determinação de SO₂ e névoas de SO₃ e H₂SO₄ em DCFE
CETESB – L9.228 – Jun / 92 # EPA – Method 8– Fev/2000 # NBR 12021 – Dez / 90
- Determinação de NO_x em DCFE
CETESB – L9.229 – Out/92 # EPA – Method 7– Fev/2000

3. EQUIPAMENTOS DE AMOSTRAGEM:

- Coletor isocinético de Poluentes Atmosféricos – CIPA – Energética
- Analisador de Combustão e Monitor Ambiental de Emissões – Tempest 50

Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011

4. DADOS DA CHAMINÉ/DUTO:

- | | |
|--|---------------|
| ➤ Formato da chaminé/duto: | Circular |
| ➤ Diâmetro da Chaminé: | 4,77 m |
| ➤ Distância após o ponto de amostragem até o acidente mais próximo | > 2 Diâmetros |
| ➤ Distância antes do ponto de amostragem até o acidente mais próximo | > 8 Diâmetros |
| ➤ Número de pontos da seção transversal: | 06 pontos |

5. CONDIÇÕES OPERACIONAIS E DE COLETA

- Durante o período das medições, a Unidade funcionou, segundo informações da Empresa, nas condições usuais de trabalho.
- As coletas e medições foram realizadas utilizando-se um equipamento completo para amostragens de gases e particulados.
- As análises químicas foram realizadas nos laboratórios da ISATEC – Rio Grande/RS.
- Os trabalhos de coleta e medição foram realizados pelos técnicos da ISATEC na presença de representantes da CGTEE.
- A preparação dos filtros e frascos lavadores, bem como a recuperação das amostras foram realizados nas dependências da CGTEE.
- Os resultados desta amostragem são válidos para o dia e condições operacionais praticados nesta ocasião.

Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011

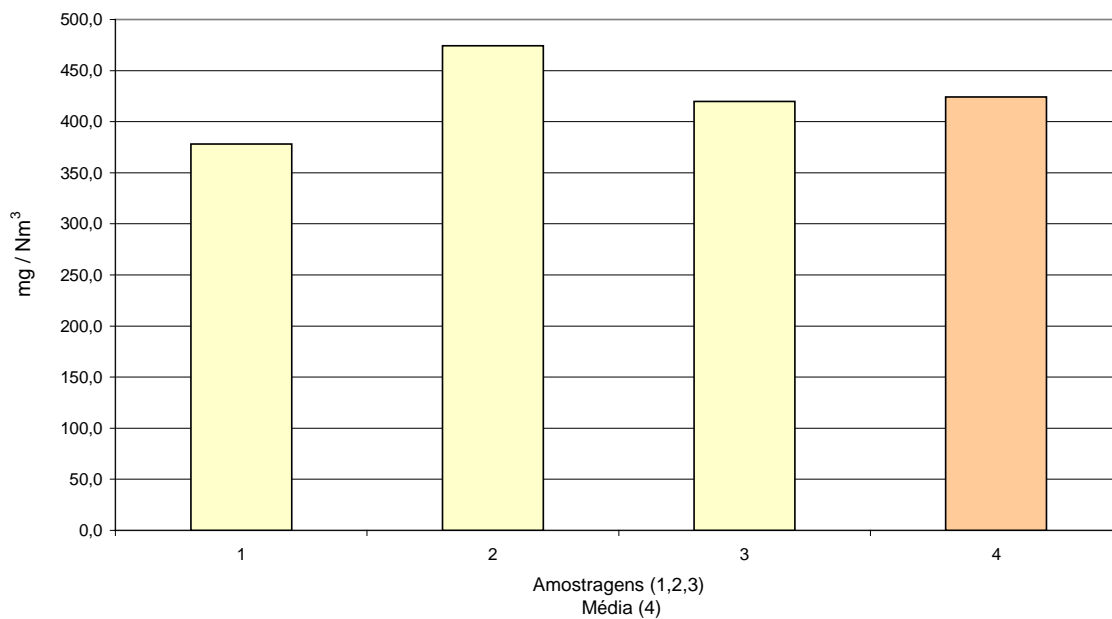
6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO E SO_x

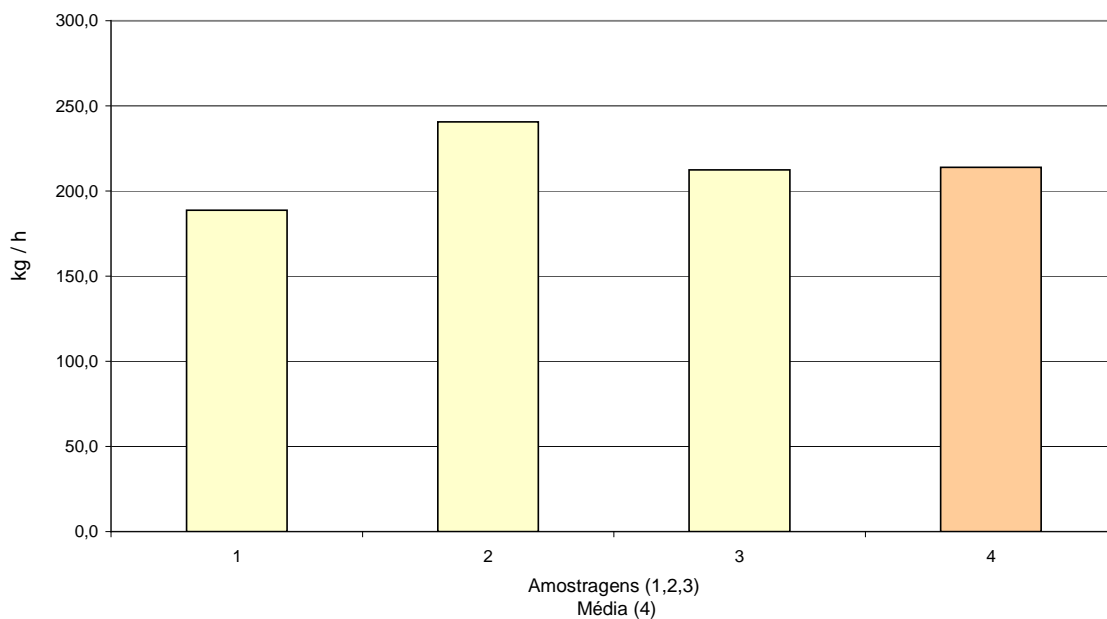
		AMOSTRAS			
		1	2	3	Média
Dia da Amostragem	d:m:a	09/06/11	09/06/11	09/06/11	-
Hora início da amostragem	h:min	13:25	15:40	17:30	-
Hora de término da amostragem	h:min	14:31	16:45	18:35	-
Tempo de amostragem	min	60	60	60	-
Temperatura da chaminé	°C	112,3	112,3	112,3	112,3
Pressão na chaminé	"Hg	29,27	29,27	29,27	29,27
Pressão no medidor de gas	"Hg	29,44	29,44	29,44	29,44
Volume agua nas condições de chaminé	ft ³	2,26	2,43	2,28	2,33
Volume gases medido nas condições chaminé	ft ³	56,10	56,03	55,88	56,00
Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé		0,039	0,042	0,039	0,040
Peso molecular base úmida		29,345	29,283	29,254	29,294
Velocidade na chaminé	ft / min	2292,30	2337,49	2322,78	2317,52
Velocidade na chaminé	m / s	11,64	11,87	11,80	11,77
Área da Boquilha	ft ²	0,00041	0,00041	0,00041	0,00041
Isocinetismo	%	102,44	100,64	100,76	101,28
Área da Chaminé	m ²	17,8701	17,8701	17,8701	17,8701
Vazão do efluente nas condições da chaminé	m ³ / h	749142,50	763912,36	759104,29	757386,38
Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ / h	499187,72	507517,73	505596,16	504100,54
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm ³	1,1015	1,1002	1,0973	1,0996
Concentração de Material Particulado no efluente	mg / Nm ³	378,30	474,20	420,03	424,18
Taxa de emissão de Material Particulado	kg / h	188,845	240,667	212,368	213,960
Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	mg / Nm ³	347,04	243,16	422,74	337,648
Taxa de emissão de H ₂ SO ₄	kg / h	173,240	123,409	213,735	170,128
Concentração de SO ₂ no efluente	mg / Nm ³	2037,70	3347,29	1803,70	2396,23
Taxa de emissão de SO ₂	kg / h	1017,194	1698,810	911,943	1209,316

Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011

Concentração de Material Particulado no efluente

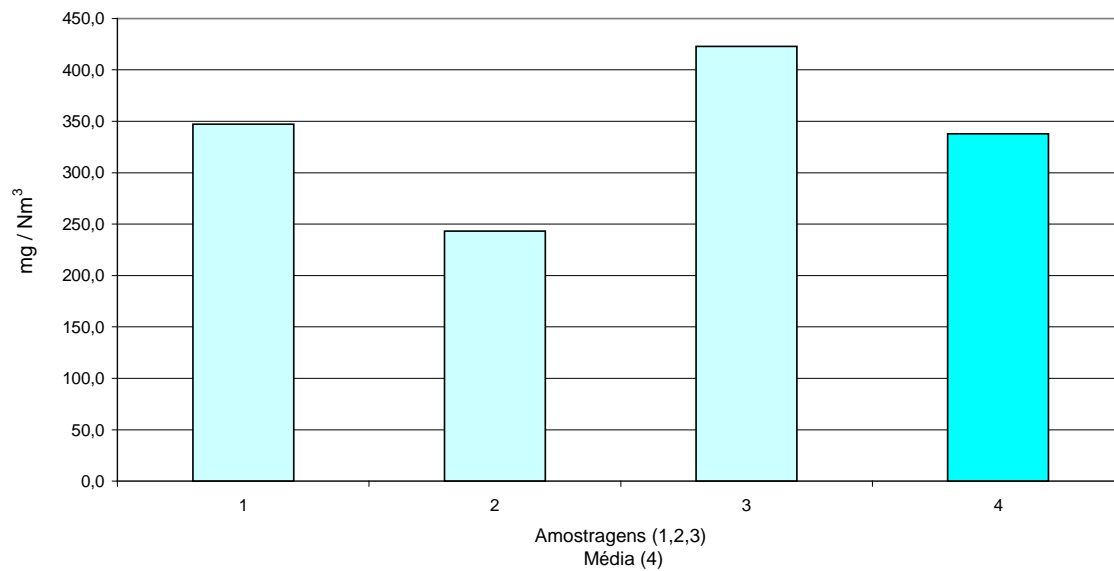


Taxa de emissão de Material Particulado

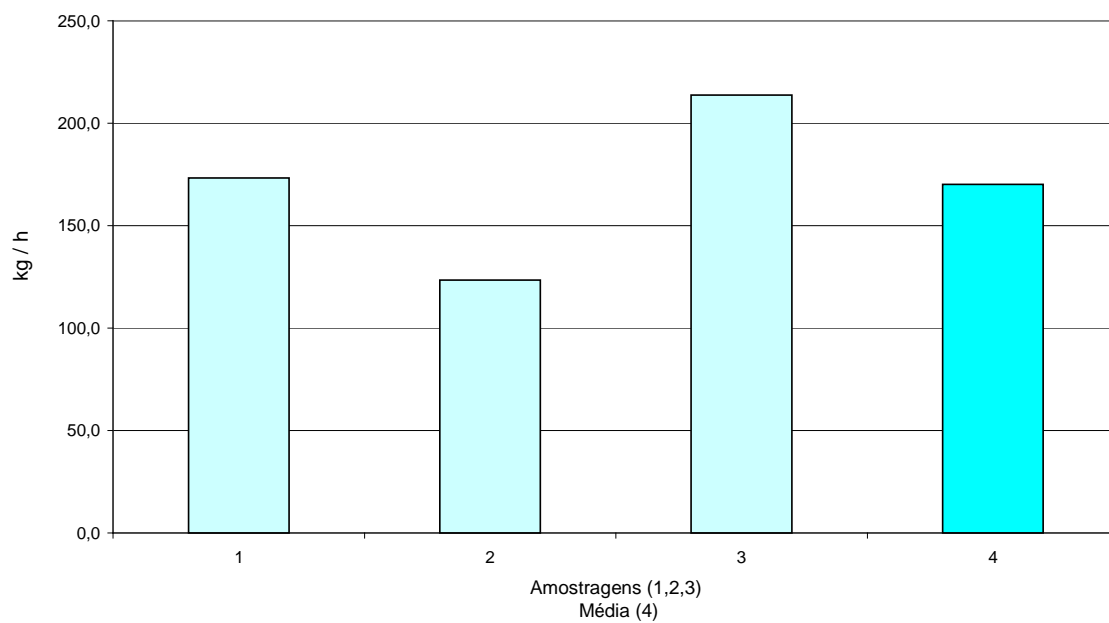


Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011

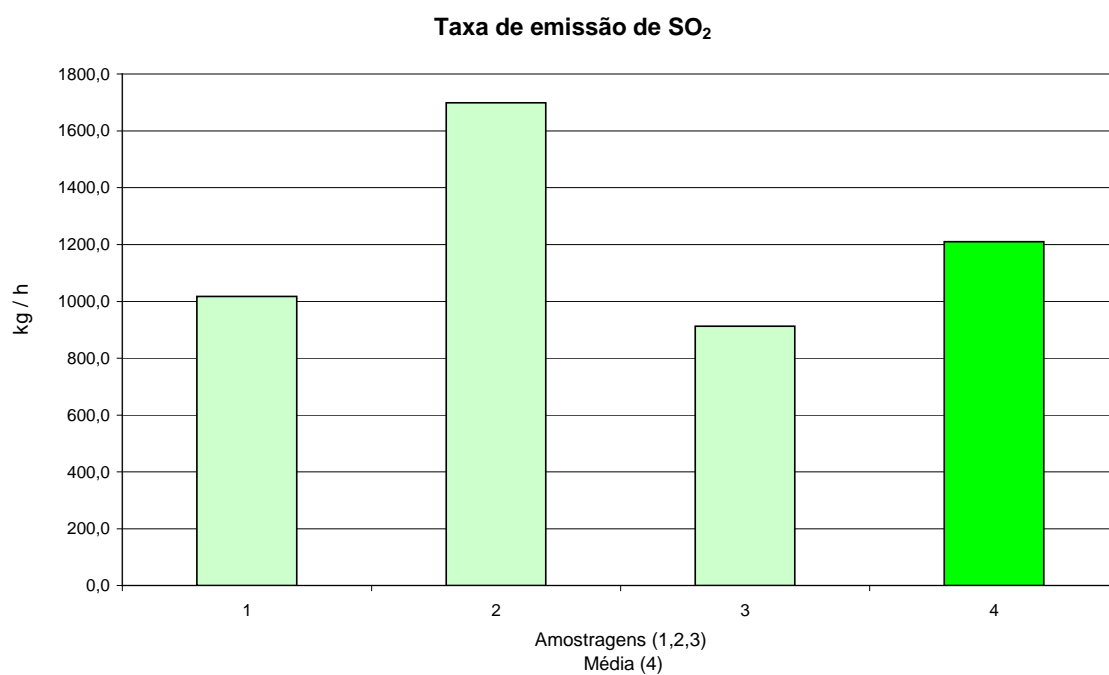
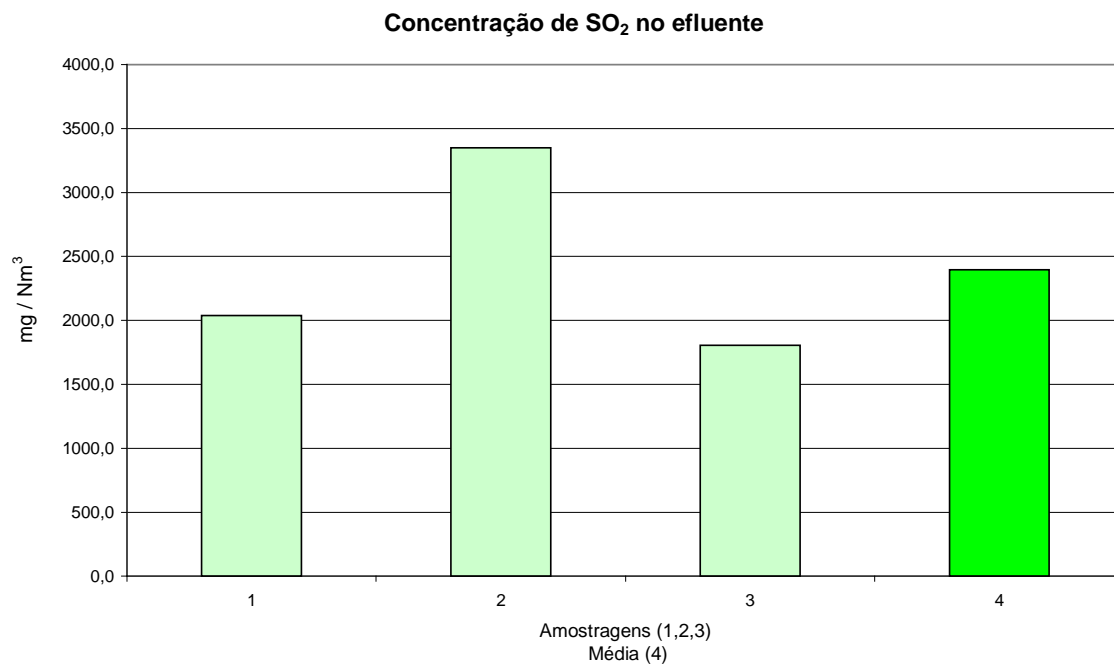
Concentração de H₂SO₄ no efluente



Taxa de emissão de H₂SO₄



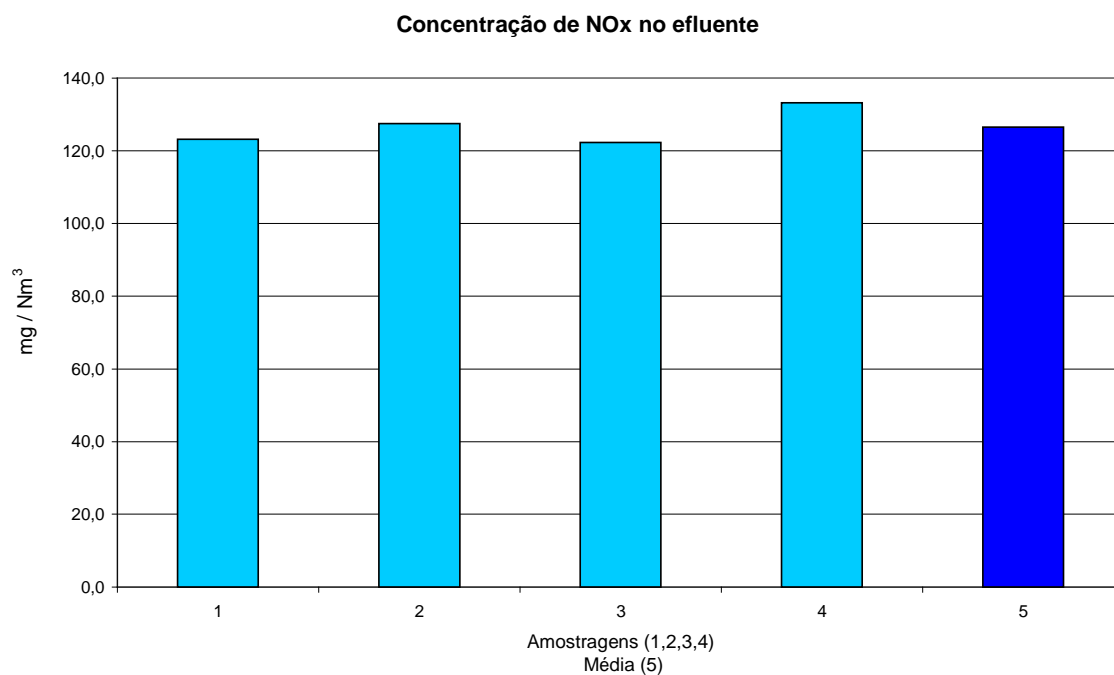
Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011



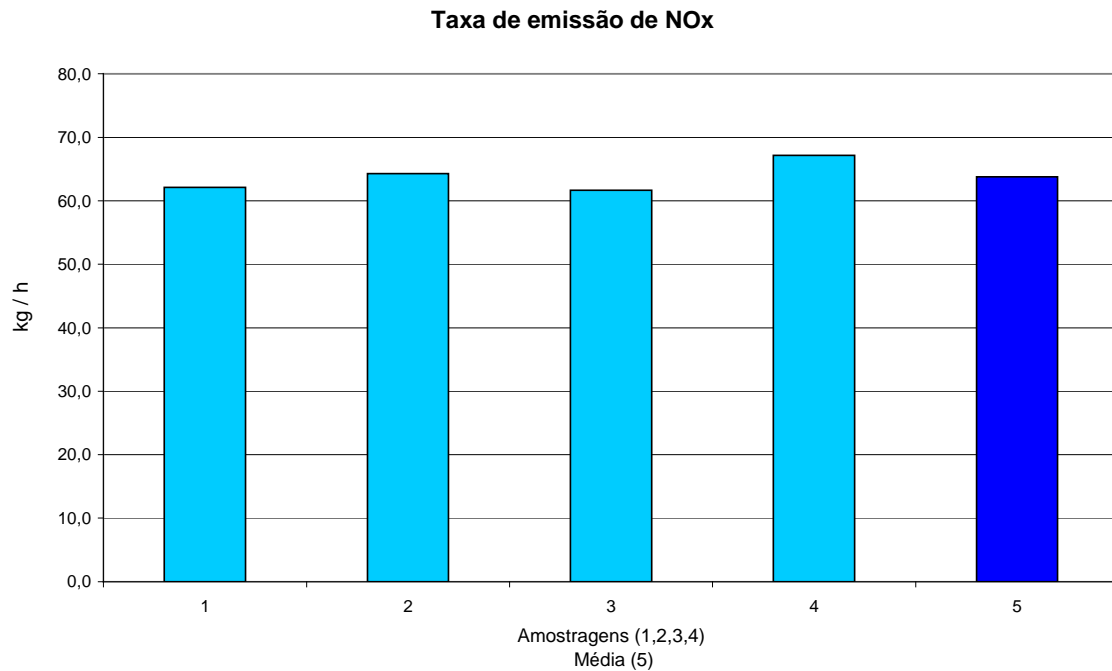
Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011

6.2. RESULTADOS DE NO_x

		Amostras				
		1	2	3	4	Média
Vazão média do efluente	Nm ³ / h	504100,5				
Concentração de NO _x no efluente	mg / Nm ³	123,1855	127,4998	122,3285	133,2004	126,5536
Taxa de emissão de NO _x	kg / h	62,0979	64,2727	61,6659	67,1464	63,7957



Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011



ANEXOS

Em anexo se encontram as seguintes folhas:

- Planilhas de Preparação e Retomada do Material de Coleta
- Folhas de Amostragem de Campo
- Planilhas de Cálculo das amostragens de chaminé
- AFT –Anotação de função técnica do responsável.

Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011

Rio Grande, 01 de Julho de 2011.

RODRIGO R. DAVESAC D.Sc
CRQ nº 05301819
Gerente

- 10 / 10 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

Relatório de Ensaio N.º 223.490 / 2011

ANEXOS

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS

ISATEC

PLANILHA 1 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO - AMOSTRAGEM I

EMPRESA			LOCAL			DATA		NUMERO	
CGTEE			Caldeira I Chaminé			09/06/11		1	
Amostragem de			Duto		Pressão Barométrica		Duração da amostragem		
MP	SOx		4,77 m		29,33 pol Hg		60 minutos		
Amostrador			Boquilha		FCM		Cp		Início
Renan Morais			7 mm		0,99		0,836		Fim
									13:25
									14:31
PONTO	Tempo min	Distância do ponto cm	ΔP mm H2O	Pressão Estática mm H2O	ΔH mm H2O	Temperatura Medidor		Temperatura Chaminé °C	Medidor Gases litros
						Entrada °C	Saída °C		
1	5	21,0	8,00	-	32,48	16	16	109	359480,600
2	5	69,6	8,50	-20,00	34,51	17	16	111	-
3	5	141,2	9,00	-	36,54	18	17	114	-
4	5	335,8	10,00	-19,50	40,60	19	17	114	-
5	5	407,4	9,50	-	38,57	19	17	113	-
6	5	456,0	9,00	-19,00	36,54	20	18	113	360099,800
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	5	21,0	7,50	-	30,45	20	18	108	360099,800
2	5	69,6	8,50	-20,00	34,51	20	18	109	-
3	5	141,2	9,00	-	36,54	21	19	113	-
4	5	335,8	10,00	-19,00	40,60	21	19	115	-
5	5	407,4	10,00	-	40,60	21	19	115	-
6	5	456,0	9,00	-20,00	36,54	22	19	114	360688,600
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA	60	-	9,000	-19,583	36,540	19,5	17,8	112,3	1208,000

Monitoramentos

Identificação dos equipamentos

Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	Barômetro	EA 065
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-	Cronômetro	EA 145
Temperatura borbulhadores(°C)	9	9	10	10	Sonda Rígida	EA 026
					Coluna U	EA 140
					Termopar Chaminé	EA 096
					Aparelho	EA 071
					Pitot	P 09
					Boquilha	7

Teste de Vazamento do trem

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Teste de Vazamento do Pitot

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Verificação da temperatura antes da amostragem *

Temperatura Ambiente	17	°C	Temperatura no Gasometro entrada	16	°C
			Temperatura no Gasometro saída	16	°C

* Diferença entre a temperatura ambiente e temperatura no gasômetro seco entrada: Máximo 6°C

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA
IST/ENAM - E-0004 Rev 02-Plan01

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS



PLANILHA 2 - PLANILHA DE PREPARAÇÃO E RETOMADA DE AMOSTRAS COMPOSIÇÃO DE GASES E RESULTADOS DE LABORATÓRIO - AMOSTRAGEM 1

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira I Chaminé	DATA 09/06/11	NUMERO 1
-------------------------	------------------------------------	-------------------------	--------------------

Verificação da Balança

Responsável **Everson Ribeiro**

Identificação da Balança	EA 016	Peso Padrão	500 g
Identificação do Peso Padrão	EA 067	Valor indicado na balança	499,9g < 500,02 < 500,1 g

Borbulhadores

Responsável **Everson Ribeiro**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Álcool Isopropílico 80%	572,93	577,55	4,62
2	200	H2O2 5%	751,51	769,61	18,10
3	200	H2O2 5%	754,56	761,95	7,39
4	-	Sílica	667,91	673,52	5,61
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2746,91	2782,63	35,72

Composição do Gases

Responsável **Everson Ribeiro**

Identificação do analisador de gases	EA 018
--------------------------------------	--------

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1º	2º	3º	MÉDIA		
O ₂	11,3	12,1	11,4	11,6	32	3,7
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	8,7	7,8	8,6	8,4	44	3,7
N ₂	80,0	80,1	80,0	80,0	28	22,4
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,80

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,0525	g	de	MP	Certificado nº	223.486; 223.467
382,27	mg	de	H2SO4	Certificado nº	223.489; 223.465
2244,52	mg	de	SO2	Certificado nº	223.492; 223.466

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Renan Morais**

Elemento Filtrante	Nº	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	66	64,4195	64,7837	0,3642
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,3642

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS
PLANILHA 3 - PLANILHA DE CÁLCULO DE AMOSTRAGEM - AMOSTRAGEM 1

ISATEC

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira I Chaminé	DATA 09/06/11	NÚMERO 1
-------------------------	------------------------------------	-------------------------	--------------------

(g) MH ₂ O = 35,720	(R) Tc = 694,20	("Hg)Patm= 29,330	("H ₂ O)Pest= -0,771	(mm) Θb = 7,00
(R) Tm = 525,53	("H ₂ O)ΔH= 1,439	(ft ³) Vm = 42,660	Cp = 0,836	(m) ΘC = 4,77
FCM = 0,99	Pms = 29,803	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} = 0,595	(min) @ = 60	
(mg)MP = 416,700	(mg)H ₂ SO ₄ = 382,268	(mg)SO ₂ = 2244,515		

Pc = Pressão na chaminé	29,273	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm = Pressão no medidor de gas	29,436	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc = Volume agua nas condições de chaminé	2,265	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc = Volume gases medido nas condições chaminé	56,098	ft ³	Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)
Pvva = Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé	0,039		Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)
Pmu = Peso molecular base úmida	29,345		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc = Velocidade na chaminé	2292,295	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ = Velocidade na chaminé	11,645	m / s	Vc ₁ = Vc * 0,00508
Ab = Área da Boquilha	0,000414	ft ²	Ab = (Θb / 25,4) ² / 183,35
I = Isocinetismo 90 < I < 110	102,44	%	I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100
Ac = Área da Chaminé	17,8701	m ²	Ac = Θc ² * 0,7854
Vaacc = Vazão do efluente nas condições da chaminé	749142,498	m ³ / h	Vaacc = Ac * Vc * 18,288
Vaecnbs = Vazão do efluente nas condições normais, base seca	499187,715	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva)] * 16,44 / Tc
Vmcnbs = Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,101	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP= Concentração de Material Particulado no efluente	378,30	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP= Taxa de Emissão de Material Particulado	188,845	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ = Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	347,04	mg / Nm ³	C H ₂ SO ₄ = H ₂ SO ₄ / Vmcnbs
Te H ₂ SO ₄ = Taxa de Emissão de H ₂ SO ₄	173,240	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ = Concentração de SO ₂ no efluente	2037,70	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ = Taxa de Emissão de SO ₂	1017,194	kg / h	Te SO ₂ =(C SO ₂ * Vaecnbs) / 1000000

OBSERVAÇÕES:

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA

IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan03

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS



PLANILHA 4 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO AMOSTRAGEM 2

EMPRESA			LOCAL			DATA		NUMERO		
CGTEE			Caldeira I Chaminé			09/06/11		2		
Amostragem de			Duto		Pressão Barométrica		Duração da amostragem			
MP	SOx		4,77 m		29,33 pol Hg		60 minutos			
Amostrador			K		Boquilha		FCM		Cp	
Renan Morais			4,06		7 mm		0,99		0,836	
							Início		15:40	
							Fim		16:45	
PONTO	Tempo min	Distância do ponto cm	ΔP mm H2O	Pressão Estática mm H2O	ΔH mm H2O	Temperatura Medidor		Temperatura Chaminé °C	Medidor Gases litros	
						Entrada °C	Saída °C			
1	5	21,0	8,00	-	32,48	18	17	109	360696,400	
2	5	69,6	8,50	-20,00	34,51	19	17	112	-	
3	5	141,2	9,50	-	38,57	20	18	114	-	
4	5	335,8	10,00	-20,50	40,60	20	18	114	-	
5	5	407,4	10,00	-	40,60	21	18	115	-	
6	5	456,0	9,50	-19,00	38,57	21	19	113	361311,000	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	5	21,0	8,50	-	34,51	22	19	108	361311,000	
2	5	69,6	9,00	-20,00	36,54	22	19	109	-	
3	5	141,2	9,50	-	38,57	23	20	113	-	
4	5	335,8	10,00	-19,00	40,60	23	20	114	-	
5	5	407,4	10,00	-	40,60	23	20	114	-	
6	5	456,0	9,50	-20,00	38,57	24	21	113	361908,800	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MÉDIA	60	-	9,333	-19,750	37,893	21,3	18,8	112,3	1212,400	

Monitoramentos

Identificação dos equipamentos

Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	Barômetro	EA 065
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-	Cronômetro	EA 145
Temperatura borbulhadores(°C)	10	10	10	10	Sonda Rígida	EA 026
					Coluna U	EA 140
					Termopar Chaminé	EA 096
					Aparelho	EA 071
					Pitot	P 09
					Boquilha	7

Teste de Vazamento do trem

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Teste de Vazamento do Pitot

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Verificação da temperatura antes da amostragem *

Temperatura Ambiente	-	°C	Temperatura no Gasometro entrada	-	°C
			Temperatura no Gasometro saída	-	°C

* Diferença entre a temperatura ambiente e temperatura no gasômetro seco entrada: Máximo 6°C

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA
IST/ENAM - E-0004 Rev 02-Plan04

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS



PLANILHA 5 - PLANILHA DE PREPARAÇÃO E RETOMADA DE AMOSTRAS COMPOSIÇÃO DE GASES E RESULTADOS DE LABORATÓRIO - AMOSTRAGEM 2

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira I Chaminé	DATA 09/06/11	NUMERO 2
-------------------------	------------------------------------	-------------------------	--------------------

Verificação da Balança

Responsável **Everson Ribeiro**

Identificação da Balança	EA 016	Peso Padrão	500 g
Identificação do Peso Padrão	-	Valor indicado na balança	499,9g < - <500,1 g

Borbulhadores

Responsável **Everson Ribeiro**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Álcool Isopropílico 80%	669,78	674,87	5,09
2	200	H2O2 5%	725,43	744,36	18,93
3	200	H2O2 5%	738,40	747,21	8,81
4	-	Sílica	756,32	761,89	5,57
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2889,93	2928,33	38,40

Composição do Gases

Responsável **Everson Ribeiro**

Identificação do analisador de gases	EA 018
--------------------------------------	--------

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1º	2º	3º	MÉDIA		
O ₂	12,4	12,4	11,4	12,1	32	3,9
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	7,8	7,8	8,6	8,1	44	3,5
N ₂	79,8	79,8	80,0	79,9	28	22,4
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,77

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,1121	g	de	MP	Certificado nº	223.487; 223.467
267,52	mg	de	H2SO4	Certificado nº	223.490; 223.465
3682,56	mg	de	SO2	Certificado nº	223.493; 223.466

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Renan Moraes**

Elemento Filtrante	Nº	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	58	66,1373	66,5469	0,4096
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,4096

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS
PLANILHA 6 - PLANILHA DE CÁLCULO DE AMOSTRAGEM - AMOSTRAGEM 2

ISATEC

EMPRESA	LOCAL	DATA	NÚMERO
CGTEE	Caldeira I Chaminé	09/06/11	2

(g) MH ₂ O = 38,400	(R) Tc = 694,20	("Hg)Patm= 29,330	("H ₂ O)Pest= -0,778	(mm) Θb = 7,00
(R) Tm = 528,15	("H ₂ O)ΔH= 1,492	(ft ³) Vm = 42,815	Cp = 0,836	(m) ΘC = 4,77
FCM = 0,99	Pms = 29,773	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} = 0,606	(min) @ = 60	
(mg)MP = 521,700	(mg)H ₂ SO ₄ = 267,518	(mg)SO ₂ = 3682,555		

Pc = Pressão na chaminé	29,273	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm = Pressão no medidor de gas	29,440	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc = Volume agua nas condições de chaminé	2,435	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc = Volume gases medido nas condições chaminé	56,031	ft ³	Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)
Pvva = Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé	0,042		Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)
Pmu = Peso molecular base úmida	29,283		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc = Velocidade na chaminé	2337,489	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ = Velocidade na chaminé	11,874	m / s	Vc ₁ = Vc * 0,00508
Ab = Área da Boquilha	0,000414	ft ²	Ab = (Θb / 25,4) ² / 183,35
I = Isocinetismo	90 < I < 110		I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100
Ac = Área da Chaminé	17,8701	m ²	Ac = Θc ² * 0,7854
Vaacc = Vazão do efluente nas condições da chaminé	763912,359	m ³ / h	Vaacc = Ac * Vc * 18,288
Vaecnbs = Vazão do efluente nas condições normais, base seca	507517,734	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva) * 16,44] / Tc
Vmcnbs = Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,100	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP= Concentração de Material Particulado no efluente	474,20	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP= Taxa de Emissão de Material Particulado	240,667	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ = Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	243,16	mg / Nm ³	C H ₂ SO ₄ = H ₂ SO ₄ / Vmcnbs
Te H ₂ SO ₄ = Taxa de Emissão de H ₂ SO ₄	123,409	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ = Concentração de SO ₂ no efluente	3347,29	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ = Taxa de Emissão de SO ₂	1698,810	kg / h	Te SO ₂ =(C SO ₂ * Vaecnbs) / 1000000

OBSERVAÇÕES:

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA

IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan06

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS



PLANILHA 7 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO AMOSTRAGEM 3

EMPRESA CGTEE			LOCAL Caldeira I Chaminé			DATA 09/06/11		NUMERO 3	
Amostragem de MP SOx			Duto 4,77 m		Pressão Barométrica 29,33 pol Hg		Duração da amostragem 60 minutos		
Amostrador Renan Morais		K 4,06	Boquilha 7 mm		FCM 0,99	Cp 0,836	Início 17:30	Fim 18:35	
PONTO	Tempo min	Distância do ponto cm	ΔP mm H2O	Pressão Estática mm H2O	ΔH mm H2O	Temperatura Medidor		Temperatura Chaminé °C	Medidor Gases litros
						Entrada °C	Saída °C		
1	5	21,0	8,50	-	34,51	20	18	107	361915,800
2	5	69,6	8,50	-19,00	34,51	21	19	109	-
3	5	141,2	9,00	-	36,54	22	19	112	-
4	5	335,8	10,00	-20,00	40,60	23	20	114	-
5	5	407,4	10,00	-	40,60	23	20	114	-
6	5	456,0	8,50	-20,50	34,51	24	20	114	362526,600
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	5	21,0	8,50	-	34,51	24	21	110	362526,600
2	5	69,6	8,50	-19,50	34,51	25	21	111	-
3	5	141,2	10,00	-	40,60	25	21	114	-
4	5	335,8	10,00	-20,50	40,60	25	21	115	-
5	5	407,4	10,00	-	40,60	26	22	115	-
6	5	456,0	9,00	-18,00	36,54	26	22	113	363133,000
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA	60	-	9,208	-19,583	37,386	23,7	20,3	112,3	1217,200

Monitoramentos

Identificação dos equipamentos

Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	Barômetro	EA 065
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-	Cronômetro	EA 145
Temperatura borbulhadores(°C)	9	10	10	10	Sonda Rígida	EA 026
					Coluna U	EA 140
					Termopar Chaminé	EA 096
					Aparelho	EA 071
					Pitot	P 09
					Boquilha	7

Teste de Vazamento do trem

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Teste de Vazamento do Pitot

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Verificação da temperatura antes da amostragem *

Temperatura Ambiente	-	°C	Temperatura no Gasometro entrada	-	°C
			Temperatura no Gasometro saída	-	°C

* Diferença entre a temperatura ambiente e temperatura no gasômetro seco entrada: Máximo 6°C

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA
IST/ENAM - E-0004 Rev 02-Plan07

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS

ISATEC

PLANILHA 8 - PLANILHA DE PREPARAÇÃO E RETOMADA DE AMOSTRAS COMPOSIÇÃO DE GASES E RESULTADOS DE LABORATÓRIO - AMOSTRAGEM 3

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira I Chaminé	DATA 09/06/11	NÚMERO 3
-------------------------	------------------------------------	-------------------------	--------------------

Verificação da Balança

Responsável **Everson Ribeiro**

Identificação da Balança	EA 016	Peso Padrão	500 g
Identificação do Peso Padrão	-	Valor indicado na balança	499,9g < - <500,1 g

Borbulhadores

Responsável **Everson Ribeiro**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Álcool Isopropílico 80%	706,87	710,89	4,02
2	200	H2O2 5%	743,23	761,43	18,20
3	200	H2O2 5%	725,10	733,06	7,96
4	-	Sílica	749,04	754,86	5,82
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2924,24	2960,24	36,00

Composição do Gases

Responsável **Everson Ribeiro**

Identificação do analisador de gases	EA 018
--------------------------------------	--------

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1º	2º	3º	MÉDIA		
O ₂	12,1	12,4	12,4	12,3	32	3,9
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	7,9	7,5	7,5	7,6	44	3,4
N ₂	80,0	80,1	80,1	80,1	28	22,4
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,71

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,0450	g	de	MP	Certificado nº	223.488; 223.467
463,87	mg	de	H2SO4	Certificado nº	223.491; 223.465
1979,19	mg	de	SO2	Certificado nº	223.494; 223.466

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Renan Moraes**

Elemento Filtrante	Nº	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	31	45,9938	46,4097	0,4159
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,4159

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS
PLANILHA 9 - PLANILHA DE CÁLCULO DE AMOSTRAGEM - AMOSTRAGEM 3



EMPRESA	LOCAL	DATA	NÚMERO
CGTEE	Caldeira I Chaminé	09/06/11	3

(g) MH ₂ O = 36,000	(R) Tc = 694,20	("Hg)Patm= 29,330	("H ₂ O)Pest= -0,771	(mm) Θb = 7,00
(R) Tm = 531,60	("H ₂ O)ΔH= 1,472	(ft ³) Vm = 42,985	Cp = 0,836	(m) ΘC = 4,77
FCM = 0,99	Pms = 29,713	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} = 0,602	(min) @ = 60	
(mg)MP = 460,900	(mg)H ₂ SO ₄ = 463,868	(mg)SO ₂ = 1979,185		

Pc = Pressão na chaminé	29,273	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm = Pressão no medidor de gas	29,438	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc = Volume agua nas condições de chaminé	2,283	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc = Volume gases medido nas condições chaminé	55,884	ft ³	Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)
Pvva = Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé	0,039		Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)
Pmu = Peso molecular base úmida	29,254		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc = Velocidade na chaminé	2322,777	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ = Velocidade na chaminé	11,800	m / s	Vc ₁ = Vc * 0,00508
Ab = Área da Boquilha	0,000414	ft ²	Ab = (Θb / 25,4) ² / 183,35
I = Isocinetismo	90 < I < 110		I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100
Ac = Área da Chaminé	17,8701	m ²	Ac = Θc ² * 0,7854
Vaacc = Vazão do efluente nas condições da chaminé	759104,292	m ³ / h	Vaacc = Ac * Vc * 18,288
Vaecnbs = Vazão do efluente nas condições normais, base seca	505596,159	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva)] * 16,44 / Tc
Vmcnbs = Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,097	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP= Concentração de Material Particulado no efluente	420,03	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP= Taxa de Emissão de Material Particulado	212,368	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ = Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	422,74	mg / Nm ³	C H ₂ SO ₄ = H ₂ SO ₄ / Vmcnbs
Te H ₂ SO ₄ = Taxa de Emissão de H ₂ SO ₄	213,735	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ = Concentração de SO ₂ no efluente	1803,70	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ = Taxa de Emissão de SO ₂	911,943	kg / h	Te SO ₂ =(C SO ₂ * Vaecnbs) / 1000000

OBSERVAÇÕES:

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA

IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan09

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS
PLANILHA 10 - PLANILHA DE CÁLCULO DE CONCENTRAÇÃO E TAXA DE EMISSÃO DE NOx



EMPRESA CGIEE	LOCAL Caldeira I Chaminé	DATA 09/06/11
-------------------------	------------------------------------	-------------------------

Responsável

Renan Moraes

Identificação dos Equipamentos							
Vacuômetro	EA 138	Barômetro	EA 065	Termômetro	204620/03	Pipeta	EA 134

Amostra 01		Amostra 02		Amostra 03		Amostra 04	
Identificação do Frasco	EA 051	Identificação do Frasco	EA 052	Identificação do Frasco	EA 054	Identificação do Frasco	M 002
Volume do Frasco (Vf)	2234,9 mL	Volume do Frasco (Vf)	2244,5 mL	Volume do Frasco (Vf)	2242,8 mL	Volume do Frasco (Vf)	2213,9 mL
Volume Absorvente (Va)	25 mL	Volume Absorvente (Va)	25 mL	Volume Absorvente (Va)	25 mL	Volume Absorvente (Va)	25 mL
Condições Iniciais		Condições Iniciais		Condições Iniciais		Condições Iniciais	
Data	09/06/2011	Data	09/06/2011	Data	09/06/2011	Data	09/06/2011
Hora	18:55	Hora	19:00	Hora	19:05	Hora	19:10
Pressão Atmosférica inicial	744,9 mmHg	Pressão Atmosférica inicial	744,9 mmHg	Pressão Atmosférica inicial	744,9 mmHg	Pressão Atmosférica inicial	744,9 mmHg
Pressão inicial do Frasco	400 mmHg	Pressão inicial do Frasco	400 mmHg	Pressão inicial do Frasco	400 mmHg	Pressão inicial do Frasco	400 mmHg
Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	344,9 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	344,9 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	344,9 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	344,9 mmHg
Temperatura inicial do Frasco	19 °C	Temperatura inicial do Frasco	19 °C	Temperatura inicial do Frasco	19 °C	Temperatura inicial do Frasco	19 °C
Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	292 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	292 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	292 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	292 K
Condições Finais		Condições Finais		Condições Finais		Condições Finais	
Data	10/06/2011	Data	10/06/2011	Data	10/06/2011	Data	10/06/2011
Hora	12:15	Hora	12:20	Hora	12:25	Hora	12:30
Pressão Atmosférica Final	746,5 mmHg	Pressão Atmosférica Final	746,5 mmHg	Pressão Atmosférica Final	746,5 mmHg	Pressão Atmosférica Final	746,5 mmHg
Pressão final do Frasco	10 mmHg	Pressão final do Frasco	20 mmHg	Pressão final do Frasco	20 mmHg	Pressão final do Frasco	20 mmHg
Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	736,5 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	726,5 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	726,5 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	726,5 mmHg
Temperatura final do Frasco	20 °C	Temperatura final do Frasco	20 °C	Temperatura final do Frasco	20 °C	Temperatura final do Frasco	20 °C
Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	293 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	293 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	293 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	293 K
Resultados de Análise		Resultados de Análise		Resultados de Análise		Resultados de Análise	
Massa Total de NOx (m _{NOx})	130,3 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	131,98 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	126,53 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	135,98 µg
Cert Ensaio N°	223.495; 223.472	Cert Ensaio N°	223.496; 223.472	Cert Ensaio N°	223.497; 223.472	Cert Ensaio N°	223.498; 223.472
Cálculo do Volume amostrado		Cálculo do Volume amostrado		Cálculo do Volume amostrado		Cálculo do Volume amostrado	
Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1057,75 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1035,14 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1034,35 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1020,87 mL
Cálculo da Concentração de NOx		Cálculo da Concentração de NOx		Cálculo da Concentração de NOx		Cálculo da Concentração de NOx	
Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	123,186 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	127,500 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	122,329 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	133,200 mg/Nm ³
Cálculo da Taxa de Emissão de NOx		Cálculo da Taxa de Emissão de NOx		Cálculo da Taxa de Emissão de NOx		Cálculo da Taxa de Emissão de NOx	
Vazão (V _{aecnbs})	504101 Nm ³ /h	Vazão (V _{aecnbs})	504101 Nm ³ /h	Vazão (V _{aecnbs})	504101 Nm ³ /h	Vazão (V _{aecnbs})	504101 Nm ³ /h
Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	62,098 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	64,273 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	61,666 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	67,146 Kg/h

$$V_{an} = (273 * (V_f - V_a) / 760) * ((P_f / T_f) - (P_i / T_i))$$

$$C_{NOx} = (m_{NOx} / V_{an}) * 1000$$

$$T_{eNOx} = C_{NOx} * V_{aecnbs} * 10^{-6}$$

Limite de detecção do método: 1,32µg

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA
 IST/ENAM - E-0004 Rev 02-Plan10