

RELATÓRIO DE ENSAIO

226.935 / 2011



AMOSTRAGEM DE CHAMINÉS

ISATEC

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

PROCESSO: Caldeira IV.

DATA: 22 de Setembro de 2011.

Relatório de Ensaio N.º 226.935 / 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 IV.

DATA: 22 de Setembro de 2011.

- 1/ 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 226.935 / 2011

1. OBJETIVO

Realizar Amostragens no efluente gasoso proveniente da queima de carvão da Caldeira IV 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 226.935 / 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 226.935 / 2011

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO E SO_x

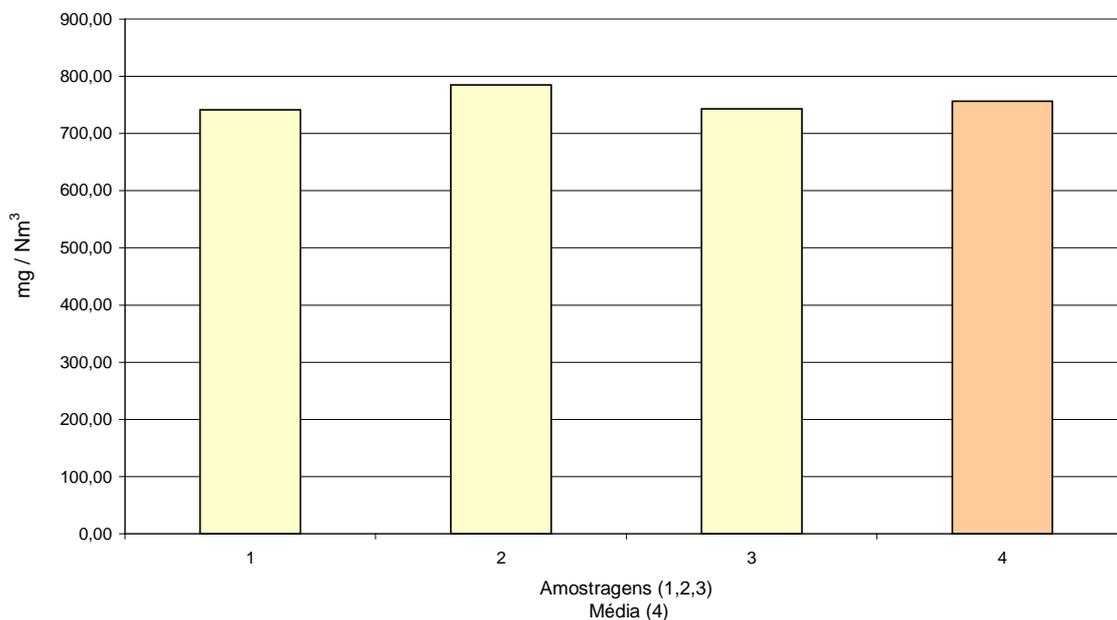
		AMOSTRAS			
		1	2	3	Média
Dia da Amostragem	d:m:a	22/09/11	22/09/11	22/09/11	-
Hora início da amostragem	h:min	13:30	15:15	17:00	-
Hora de término da amostragem	h:min	14:35	16:20	18:05	-
Tempo de amostragem	min	60	60	60	-
Temperatura da chaminé	°C	156,3	157,0	156,3	156,5
Pressão na chaminé	"Hg	29,38	29,38	29,38	29,38
Pressão no medidor de gas	"Hg	29,61	29,61	29,61	29,61
Volume agua nas condições de chaminé	ft ³	4,08	4,19	4,00	4,09
Volume gases medido nas condições chaminé	ft ³	62,43	62,54	62,16	62,38
Proporção vol. vapor d'agua nos gases chaminé		0,061	0,063	0,060	0,062
Peso molecular base úmida		29,119	29,089	29,123	29,111
Velocidade na chaminé	ft / min	4353,43	4353,07	4346,66	4351,05
Velocidade na chaminé	m / s	22,12	22,11	22,08	22,10
Área da Boquilha	ft ²	0,00026	0,00026	0,00026	0,00026
Isocinetismo	%	99,57	99,91	99,20	99,56
Área da Chaminé	m ²	17,8701	17,8701	17,8701	17,8701
Vazão do efluente nas condições da chaminé	m ³ / h	1422740,28	1422622,67	1420525,90	1421962,95
Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ / h	833982,67	831400,53	833742,00	833041,73
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm ³	1,1042	1,1046	1,0998	1,1029
Concentração de Material Particulado no efluente	mg / Nm ³	741,14	784,75	743,15	756,35
Taxa de emissão de Material Particulado	kg / h	618,096	652,444	619,598	630,046
Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	mg / Nm ³	23,30	41,30	21,54	28,715
Taxa de emissão de H ₂ SO ₄	kg / h	19,433	34,338	17,959	23,910
Concentração de SO ₂ no efluente	mg / Nm ³	1686,90	2160,98	1620,02	1822,63
Taxa de emissão de SO ₂	kg / h	1406,848	1796,636	1350,676	1518,053

- 4 / 10 -

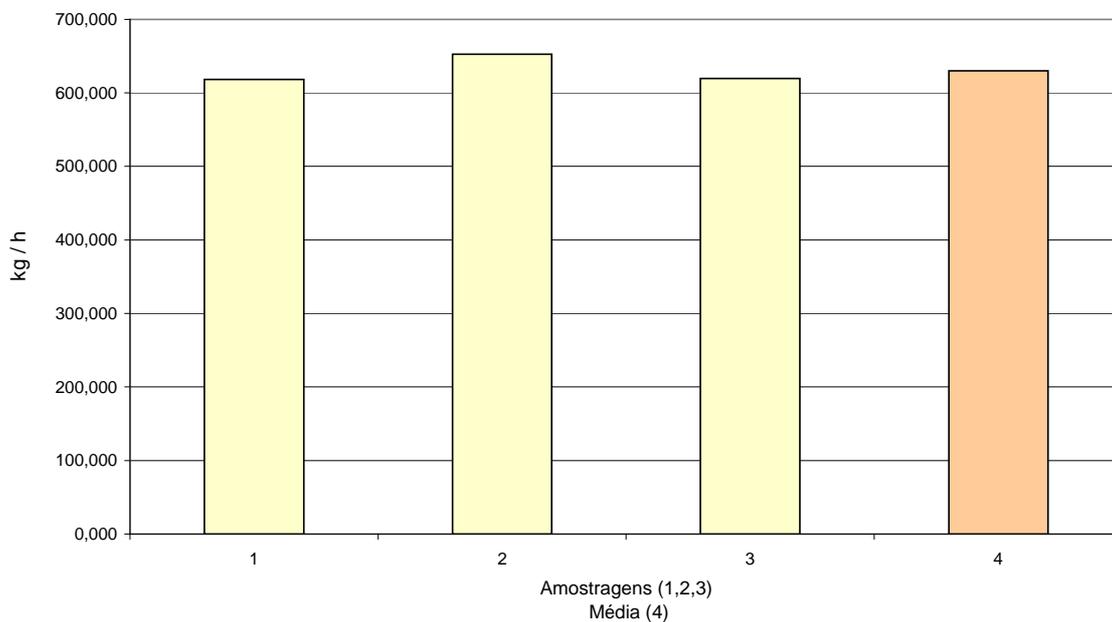
OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

Relatório de Ensaio N.º 226.935 / 2011

Concentração de Material Particulado no efluente

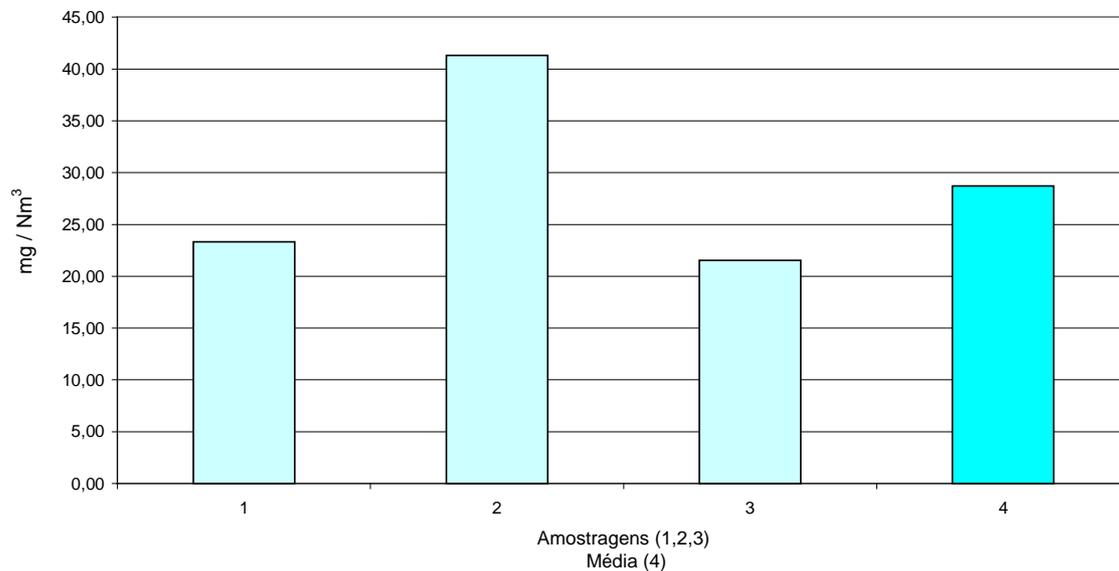


Taxa de emissão de Material Particulado

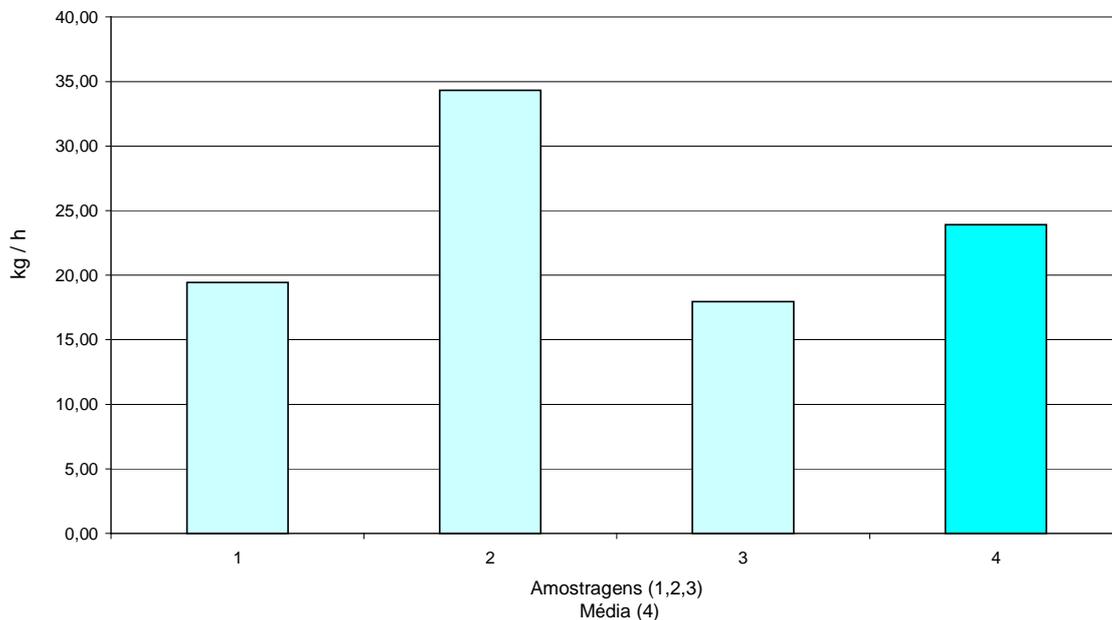


Relatório de Ensaio N.º 226.935 / 2011

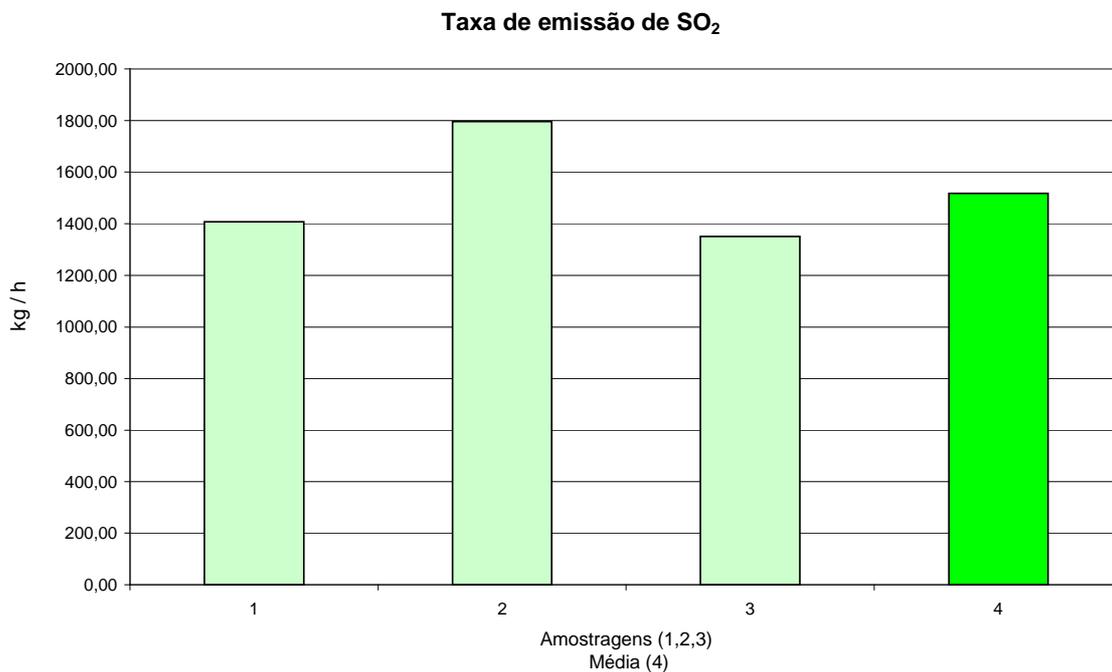
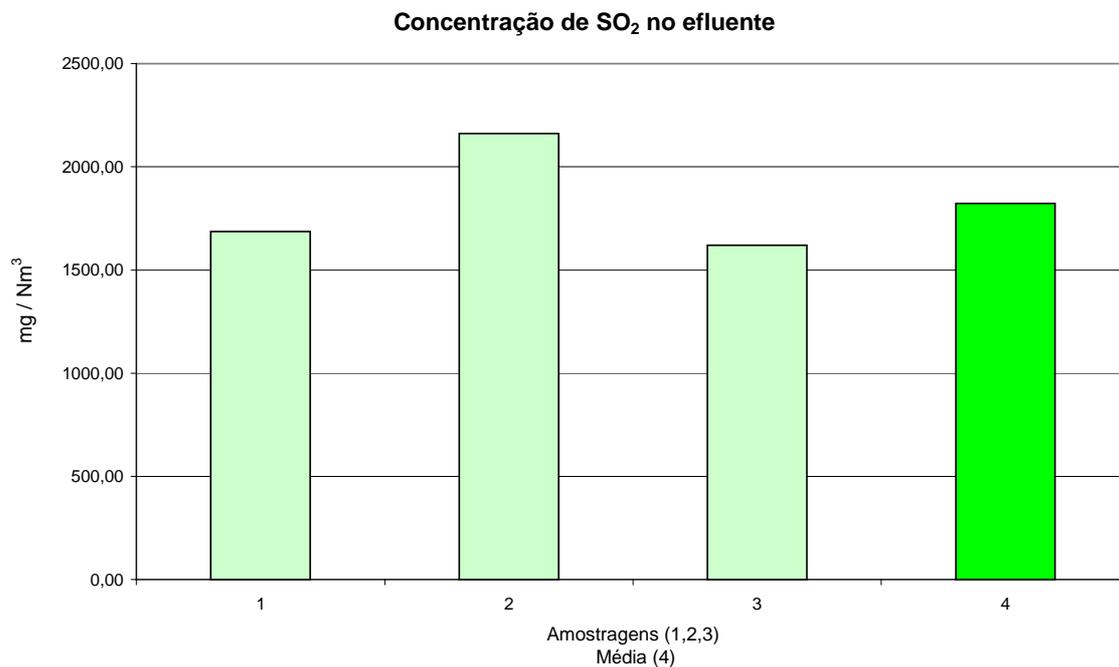
Concentração de H₂SO₄ no efluente



Taxa de emissão de H₂SO₄



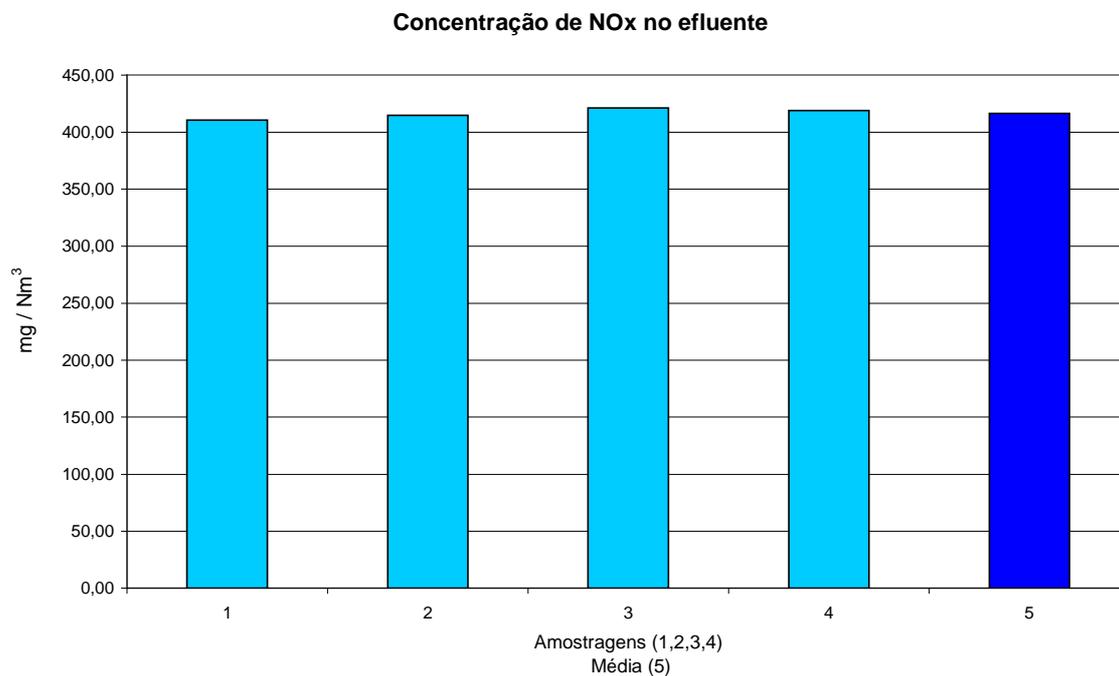
Relatório de Ensaio N.º 226.935 / 2011



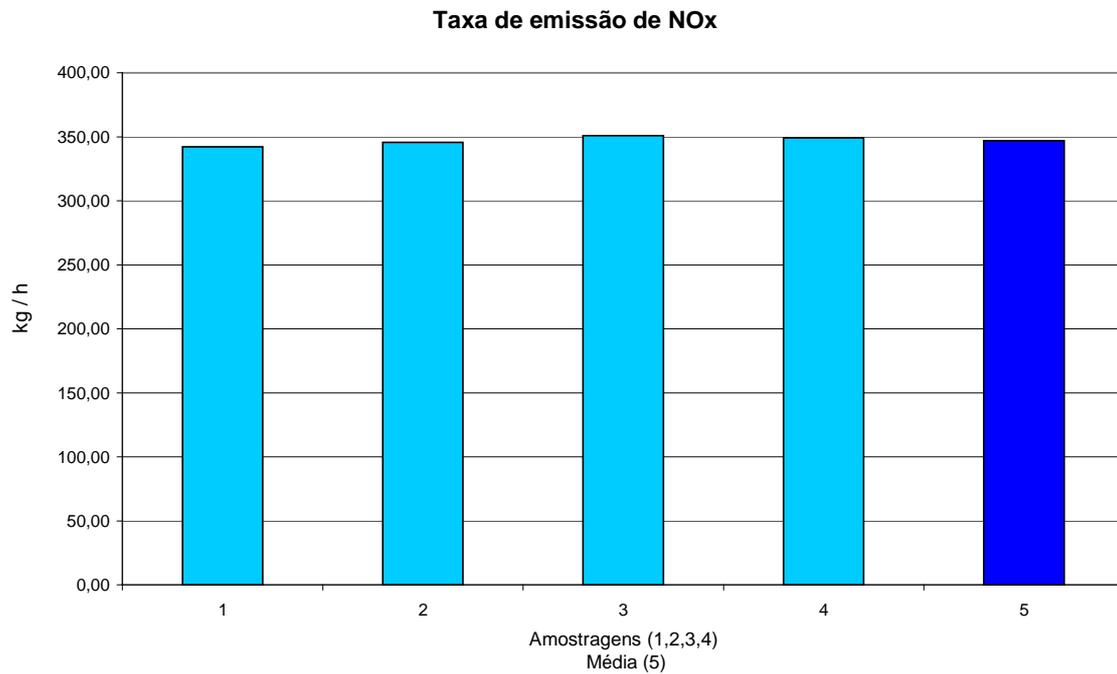
Relatório de Ensaio N.º 226.935 / 2011

6.2. RESULTADOS DE NO_x

		Amostras				
		1	2	3	4	Média
Vazão média do efluente	Nm ³ / h	833041,7				
Concentração de NO _x no efluente	mg / Nm ³	410,7140	414,8210	420,9820	418,9290	416,36
Taxa de emissão de NO _x	kg / h	342,1419	345,5632	350,6956	348,9853	346,847



Relatório de Ensaio N.º 226.935 / 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 226.935 / 2011

Rio Grande, 06 de Outubro 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 226.935 / 2011

ANEXOS

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

ISATEC

PLANILHA 1 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO - AMOSTRAGEM 1

EMPRESA CGTEE			LOCAL Caldeira 4			DATA 22/09/11		NUMERO 1		
Amostragem de MP SOx			Duto 4,77 m		Pressão Barométrica 29,47 pol Hg		Duração da amostragem 60 minutos			
Amostrador Luiz Zolair			K 1,7	Boquilha 5,5 mm	FCM 0,99	Cp 0,852	Início 13:30		Fim 14:35	
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	22,00	-	37,40	16	15	156	6972,400	
2	5	69,6	27,00	-32,00	45,90	17	16	156	-	
3	5	141,2	30,00	-	51,00	18	17	156	-	
4	5	335,8	34,00	-33,00	57,80	19	18	156	-	
5	5	407,4	30,00	-	51,00	20	19	156	-	
6	5	456,0	25,00	-30,00	42,50	21	20	156	7565,800	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	5	21,0	23,00	-	39,10	20	20	156	7565,800	
2	5	69,6	28,00	-30,00	47,60	22	21	156	-	
3	5	141,2	30,00	-	51,00	23	22	157	-	
4	5	335,8	32,00	-30,00	54,40	24	23	157	-	
5	5	407,4	30,00	-	51,00	25	23	157	-	
6	5	456,0	25,00	-32,00	42,50	26	24	157	8183,600	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MÉDIA		60	-	28,000	-31,167	47,600	20,9	19,8	156,3	1211,200

Monitoramentos

Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-
Temperatura borbulhadores(°C)	9	10	11	12

Identificação dos equipamentos

Barômetro	EA 074
Cronômetro	EA 135
Sonda Rígida	EA 026
Coluna U	EA 140
Termopar Chaminé	EA 069
Aparelho	EA 071
Pitot	P 11
Boquilha	5,5

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	18	°C	Temperatura no Gasometro entrada	15	°C
			Temperatura no Gasometro saída	15	°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 **ISATEC**

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

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira 4	DATA 22/09/11	NÚMERO 1
-------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------

Verificação da Balança

Responsável **Renato Soares**

Identificação da Balança	EA 015	Peso Padrão	500 g		
Identificação do Peso Padrão	EA 073	Valor indicado na balança	499,9g <	499,96	<500,1 g

Borbulhadores

Responsável **Renato Soares**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Alccol isopropilico 80%	669,04	675,79	6,75
2	200	H2O2 5%	716,12	753,22	37,10
3	200	H2O2 5%	715,57	718,54	2,97
4	-	Silica Gel	681,89	693,08	11,19
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2782,62	2840,63	58,01

Composição do Gases

Responsável **Renato Soares**

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

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1°	2°	3°	MÉDIA		
O ₂	10,8	10,8	10,9	10,8	32	3,5
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	8,8	8,9	8,8	8,8	44	3,9
N ₂	80,4	80,3	80,3	80,3	28	22,5
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,85

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,0380	g	de	MP	Certificado nº	226.935
25,73	mg	de	H2SO4	Certificado nº	226.938; 226.944
1862,76	mg	de	SO2	Certificado nº	226.941; 226.945

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Luiz Zolair**

Elemento Filtrante	N°	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	23	43,1422	43,9226	0,7804
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,7804

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan02

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 4	DATA 22/09/11	NÚMERO 1
-------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------

(g) MH ₂ O = 58,010	(R) Tc = 773,40	("Hg)Patm= 29,470	("H ₂ O)Pest= -1,227	(mm) Θb = 5,50
(R) Tm = 528,68	("H ₂ O)ΔH= 1,874	(ft ³) Vm = 42,773	Cp = 0,852	(m) ΘC = 4,77
FCM = 0,99	Pms = 29,847	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} = 1,048	(min) @ = 60	
(mg)MP = 818,400	(mg)H ₂ SO ₄ = 25,730	(mg)SO ₂ = 1862,760		

Pc = Pressão na chaminé	29,380	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm = Pressão no medidor de gas	29,608	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc = Volume agua nas condições de chaminé	4,083	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc = Volume gases medido nas condições chaminé	62,427	ft ³	Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)
Pvva = Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé	0,061		Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)
Pmu = Peso molecular base úmida	29,119		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc = Velocidade na chaminé	4353,432	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ = Velocidade na chaminé	22,115	m / s	Vc ₁ = Vc * 0,00508
Ab = Área da Boquilha	0,000256	ft ²	Ab = (Θb / 25,4) ² / 183,35
I = Isocinetismo 90 < I < 110	99,57	%	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	#####	m ³ / h	Vaacc = Ac * Vc * 18,288
Vaecnbs = Vazão do efluente nas condições normais, base seca	833982,672	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva) * 16,44] / Tc
Vmcnbs = Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,104	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP= Concentração de Material Particulado no efluente	741,14	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP= Taxa de Emissão de Material Particulado	618,096	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ = Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	23,30	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	19,433	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ = Concentração de SO ₂ no efluente	1686,90	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ = Taxa de Emissão de SO ₂	1406,848	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 ESTACIONÁ



PLANILHA 4 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO AMOSTRAGEM 2

EMPRESA CGTEE			LOCAL Caldeira 4			DATA 22/09/11		NUMERO 2	
Amostragem de MP SOx			Duto 4,77 m		Pressão Barométrica 29,47 pol Hg		Duração da amostragem 60 minutos		
Amostrador Luiz Zolair			K 1,7	Boquilha 5,5 mm	FCM 0,99	Cp 0,852	Início 15:15	Fim 16:20	
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	23,00	-	39,10	18	17	157	8192,800
2	5	69,6	27,00	-30,00	45,90	19	18	157	-
3	5	141,2	30,00	-	51,00	20	19	157	-
4	5	335,8	34,00	-32,00	57,80	21	20	157	-
5	5	407,4	28,00	-	47,60	22	21	157	-
6	5	456,0	25,00	-30,00	42,50	23	22	157	8797,800
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	5	21,0	22,00	-	37,40	22	22	157	8797,800
2	5	69,6	28,00	-32,00	47,60	24	23	157	-
3	5	141,2	30,00	-	51,00	25	24	157	-
4	5	335,8	32,00	-30,00	54,40	26	25	157	-
5	5	407,4	30,00	-	51,00	27	25	157	-
6	5	456,0	26,00	-32,00	44,20	28	26	157	9412,600
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA	60	-	27,917	-31,000	47,458	22,9	21,8	157,0	1219,800

Monitoramentos

Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-
Temperatura borbulhadores(°C)	10	10	11	12

Identificação dos equipamentos

Barômetro	EA 074
Cronômetro	EA 135
Sonda Rígida	EA 026
Coluna U	EA 140
Termopar Chaminé	EA 069
Aparelho	EA 071
Pitot	P 11
Boquilha	5,5

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 **ISATEC**

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

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira 4	DATA 22/09/11	NÚMERO 2
-------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------

Verificação da Balança

Responsável **Renato Soares**

Identificação da Balança	EA 015	Peso Padrão	500 g
Identificação do Peso Padrão	-	Valor indicado na balança	499,9g < - <500,1 g

Borbulhadores

Responsável **Renato Soares**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Alccol isopropilico 80%	666,83	673,12	6,29
2	200	H2O2 5%	761,20	800,49	39,29
3	200	H2O2 5%	720,98	724,06	3,08
4	-	Silica Gel	753,57	764,34	10,77
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2902,58	2962,01	59,43

Composição do Gases

Responsável **Renato Soares**

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

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1º	2º	3º	MÉDIA		
O ₂	10,9	10,8	10,9	10,9	32	3,5
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	8,7	8,8	8,7	8,7	44	3,8
N ₂	80,4	80,4	80,4	80,4	28	22,5
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,83

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,1651	g	de	MP	Certificado nº	226.936
45,62	mg	de	H2SO4	Certificado nº	226.939; 226.944
2386,91	mg	de	SO2	Certificado nº	226.942; 226.945

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Luiz Zolair**

Elemento Filtrante	Nº	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	24	44,802	45,5037	0,7017
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,7017

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan05

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 4	22/09/11	2

(g) MH ₂ O =	59,430	(R) Tc =	774,60	("Hg)Patm=	29,470	("H ₂ O)Pest=	-1,220	(mm) Θb =	5,50
(R) Tm =	532,28	("H ₂ O)ΔH=	1,868	(ft ³) Vm =	43,077	Cp =	0,852	(m) ΘC =	4,77
FCM =	0,99	Pms =	29,832	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} =	1,046	(min) @ =	60		
(mg)MP =	866,800	(mg)H ₂ SO ₄ =	45,620	(mg)SO ₂ =	2386,910				

Pc =	Pressão na chaminé	29,380	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm =	Pressão no medidor de gas	29,607	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc =	Volume agua nas condições de chaminé	4,189	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc =	Volume gases medido nas condições chaminé	62,541	ft ³	Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)
Pvva =	Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé	0,063		Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)
Pmu =	Peso molecular base úmida	29,089		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc =	Velocidade na chaminé	4353,072	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ =	Velocidade na chaminé	22,114	m / s	Vc ₁ = Vc * 0,00508
Ab =	Área da Boquilha	0,000256	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	#####	m ³ / h	Vaacc = Ac * Vc * 18,288
Vaecnbs =	Vazão do efluente nas condições normais, base seca	831400,527	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva) ^{16,44}] / Tc
Vmcnbs =	Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,105	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP=	Concentração de Material Particulado no efluente	784,75	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP=	Taxa de Emissão de Material Particulado	652,444	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ =	Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	41,30	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	34,338	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ =	Concentração de SO ₂ no efluente	2160,98	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ =	Taxa de Emissão de SO ₂	1796,636	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 4			DATA 22/09/11		NUMERO 3	
Amostragem de MP SOx			Duto 4,77 m		Pressão Barométrica 29,47 pol Hg		Duração da amostragem 60 minutos		
Amostrador Luiz Zolair			K 1,7	Boquilha 5,5 mm	FCM 0,99	Cp 0,852	Início 17:00	Fim 18:05	
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	23,00	-	39,10	19	18	157	9423,400
2	5	69,6	28,00	-32,00	47,60	20	19	157	-
3	5	141,2	30,00	-	51,00	21	20	157	-
4	5	335,8	32,00	-30,00	54,40	22	21	156	-
5	5	407,4	28,00	-	47,60	23	22	156	-
6	5	456,0	25,00	-32,00	42,50	24	23	156	10028,000
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	5	21,0	22,00	-	37,40	24	23	156	10028,000
2	5	69,6	27,00	-30,00	45,90	25	24	156	-
3	5	141,2	30,00	-	51,00	26	25	156	-
4	5	335,8	34,00	-30,00	57,80	27	26	156	-
5	5	407,4	30,00	-	51,00	28	26	156	-
6	5	456,0	26,00	-30,00	44,20	29	27	156	10642,200
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA	60	-	27,917	-30,667	47,458	24,0	22,8	156,3	1218,800

Monitoramentos

Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	Barômetro	EA 074
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-	Cronômetro	EA 135
Temperatura borbulhadores(°C)	10	11	11	12	Sonda Rígida	EA 026

Identificação dos equipamentos

Coluna U	EA 140
Termopar Chaminé	EA 069
Aparelho	EA 071
Pitot	P 11
Boquilha	5,5

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 ESTACIONÁ **ISATEC**

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

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira 4	DATA 22/09/11	NÚMERO 3
-------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------

Verificação da Balança

Responsável **Renato Soares**

Identificação da Balança	EA 015	Peso Padrão	500 g
Identificação do Peso Padrão	-	Valor indicado na balança	499,9g < - <500,1 g

Borbulhadores

Responsável **Renato Soares**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Alccol isopropilico 80%	670,23	676,40	6,17
2	200	H2O2 5%	718,06	755,08	37,02
3	200	H2O2 5%	714,85	717,68	2,83
4	-	Silica Gel	700,39	711,18	10,79
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2803,53	2860,34	56,81

Composição do Gases

Responsável **Renato Soares**

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

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1°	2°	3°	MÉDIA		
O ₂	10,8	10,8	10,7	10,8	32	3,4
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	8,8	8,8	8,8	8,8	44	3,9
N ₂	80,4	80,4	80,5	80,4	28	22,5
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,84

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,0347	g	de	MP	Certificado nº	226.937
23,69	mg	de	H2SO4	Certificado nº	226.940; 226.944
1781,65	mg	de	SO2	Certificado nº	226.943; 226.945

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Luiz Zolair**

Elemento Filtrante	N°	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	25	43,58	44,3626	0,7826
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,7826

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan08

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



EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira 4	DATA 22/09/11	NÚMERO 3
-------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------

(g) MH ₂ O = 56,810	(R) Tc = 773,25	("Hg)Patm= 29,470	("H ₂ O)Pest= -1,207	(mm) Θb = 5,50
(R) Tm = 534,15	("H ₂ O)ΔH= 1,868	(ft ³) Vm = 43,041	Cp = 0,852	(m) ΘC = 4,77
FCM = 0,99	Pms = 29,839	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} = 1,046	(min) @ = 60	
(mg)MP = 817,300	(mg)H ₂ SO ₄ = 23,690	(mg)SO ₂ = 1781,650		

Pc = Pressão na chaminé	29,381	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm = Pressão no medidor de gas	29,607	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc = Volume agua nas condições de chaminé	3,998	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc = Volume gases medido nas condições chaminé	62,159	ft ³	Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)
Pvva = Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé	0,060		Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)
Pmu = Peso molecular base úmida	29,123		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc = Velocidade na chaminé	4346,656	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ = Velocidade na chaminé	22,081	m / s	Vc ₁ = Vc * 0,00508
Ab = Área da Boquilha	0,000256	ft ²	Ab = (Θb / 25,4) ² / 183,35
I = Isocinetismo 90 < I < 110	99,20	%	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	#####	m ³ / h	Vaacc = Ac * Vc * 18,288
Vaecnbs = Vazão do efluente nas condições normais, base seca	833741,996	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	743,15	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP= Taxa de Emissão de Material Particulado	619,598	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ = Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	21,54	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	17,959	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ = Concentração de SO ₂ no efluente	1620,02	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ = Taxa de Emissão de SO ₂	1350,676	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

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 4	DATA 22/09/11
-------------------------	----------------------------	-------------------------

Responsável Luiz Zolair

Identificação dos Equipamentos							
Vacuômetro	EA 138	Barômetro	EA 074	Termômetro	81194/04	Pipeta	M 007

Amostra 01		Amostra 02		Amostra 03		Amostra 04	
Identificação do Frasco	M 001	Identificação do Frasco	M 003	Identificação do Frasco	M 004	Identificação do Frasco	EA 053
Volume do Frasco (Vf)	2229,1 mL	Volume do Frasco (Vf)	2234,2 mL	Volume do Frasco (Vf)	2227,1 mL	Volume do Frasco (Vf)	2250,9 mL
Volume Absorvente (Va)	25 mL						
Condições Iniciais		Condições Iniciais		Condições Iniciais		Condições Iniciais	
Data	22/09/2011	Data	22/09/2011	Data	22/09/2011	Data	22/09/2011
Hora	11:00	Hora	11:05	Hora	11:10	Hora	11:10
Pressão Atmosférica inicial	748,5 mmHg						
Pressão inicial do Frasco	400 mmHg						
Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	348,5 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	348,5 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	348,5 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	348,5 mmHg
Temperatura inicial do Frasco	18 °C						
Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	291 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	291 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	291 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	291 K
Condições Finais		Condições Finais		Condições Finais		Condições Finais	
Data	23/09/2011	Data	23/09/2011	Data	23/09/2011	Data	23/09/2011
Hora	09:40	Hora	09:45	Hora	09:50	Hora	09:55
Pressão Atmosférica Final	749 mmHg						
Pressão final do Frasco	10 mmHg	Pressão final do Frasco	10 mmHg	Pressão final do Frasco	5 mmHg	Pressão final do Frasco	5 mmHg
Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	739 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	739 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	744 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	744 mmHg
Temperatura final do Frasco	17 °C						
Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	290 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	290 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	290 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	290 K
Resultados de Análise		Resultados de Análise		Resultados de Análise		Resultados de Análise	
Massa Total de NOx (m _{NOx})	439,211 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	444,629 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	455,524 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	458,202 µg
Cert Ensaio N°	226.947	Cert Ensaio N°	226.948	Cert Ensaio N°	226.949	Cert Ensaio N°	226.950
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)	1069,38 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1071,86 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1082,05 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1093,75 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})	410,714 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	414,821 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	420,982 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	418,929 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})	833042 Nm ³ /h	Vazão (V _{aecnbs})	833042 Nm ³ /h	Vazão (V _{aecnbs})	833042 Nm ³ /h	Vazão (V _{aecnbs})	833042 Nm ³ /h
Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	342,142 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	345,563 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	350,696 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	348,985 Kg/h

$$Van = (273 * (Vf - Va) / 760) * ((Pf / Tf) - (Pi / Ti))$$

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

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

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



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA - 5ª REGIÃO

RIO GRANDE DO SUL
Av. Itaqui, 45 - Fone/Fax:(51) 3330-5659
CEP 90.460-140 - Porto Alegre - Rio Grande do Sul
e-mail: crqv@crqv.org.br
www.crqv.org.br

**CERTIFICADO DE
ANOTAÇÃO DE FUNÇÃO TÉCNICA
- AFT -**

Nº 72994

Certifico, conforme despacho do Senhor Presidente do Conselho Regional de Química da 5ª Região, que foi procedida a Anotação de Função Técnica do profissional **RODRIGO ROCHA DAVESAC**, inscrito no C.P.F. sob o número 610.510.470-72, registrado como **ENGENHEIRO QUÍMICO** sob o número **05301819**, neste Conselho, relativamente as análises químicas e físico-químicas realizadas no laboratório, pela assessoria técnica, emissão de laudos e pareceres, pesquisa e desenvolvimento de projetos e equipamentos, na empresa ISATEC - PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E ANÁLISES QUÍMICAS LTDA., localizada à Avenida FRANCISCO MARTINS BASTOS, 202, RIO GRANDE/RS, em conformidade com o art. 1º da Lei nº 6.839, de 30 de outubro de 1980; arts. 334, alínea "b", 335, alínea "b", 337 e 341, do Decreto-Lei nº 5.452 (Consolidação das Leis do Trabalho - CLT), de 01 de maio de 1943; art. 27, da Lei nº 2.800, de 18 de junho de 1956; art. 1º, incisos II e IV e 2º, inciso IV, alínea "a", do Decreto nº 85.877, de 07 de abril de 1981 e Resoluções Normativas de nºs 51, de 12 de dezembro de 1980, 105, de 17 de setembro de 1987 e 122, de 09 de novembro de 1990, do Conselho Federal de Química

Certificado de Anotação de Função Técnica válido de **25/06/2011** até **23/06/2012**.

Taxa de AFT no valor de R\$ 144,67, recolhida conforme o recibo nº 201.697.

Porto Alegre, 14 de junho de 2011.

Visto: Julian Bobbarello

MARISTELA MENDES DALMÁS
CHEFE DO DEPARTAMENTO