

RELATÓRIO DE ENSAIO

226.952 / 2011



AMOSTRAGEM DE CHAMINÉS

ISATEC

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

PROCESSO: Caldeira IV.

DATA: 23 de Setembro de 2011.

Relatório de Ensaio N.º 226.952 / 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: 23 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 226.952 / 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 226.952 / 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 226.952 / 2011

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO E SO_x

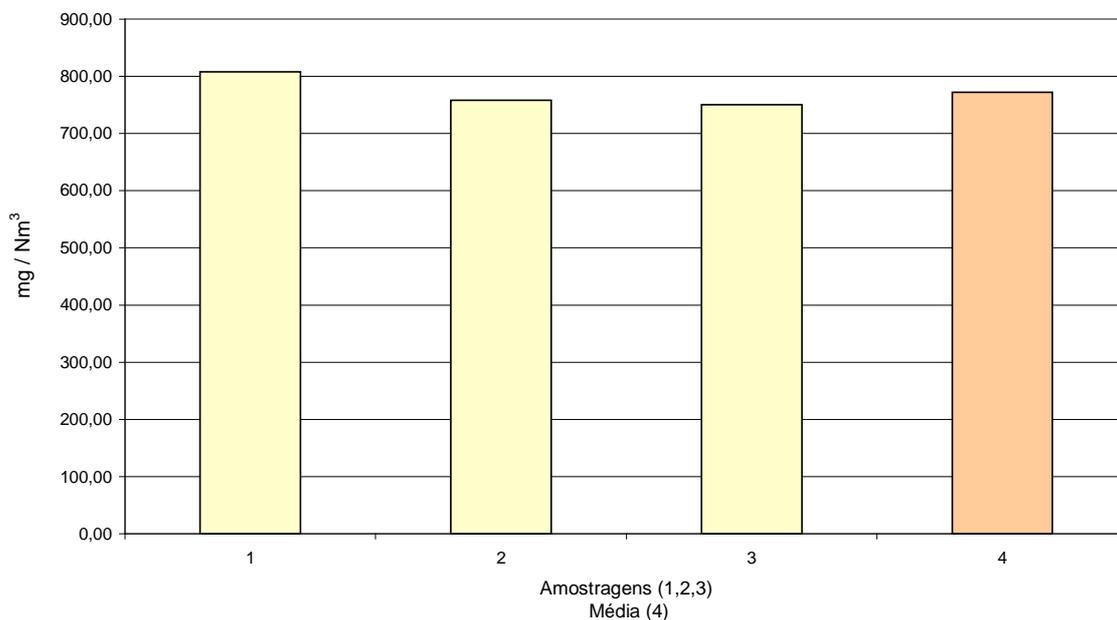
		AMOSTRAS			
		1	2	3	Média
Dia da Amostragem	d:m:a	23/09/11	23/09/11	23/09/11	-
Hora início da amostragem	h:min	12:10	13:50	15:30	-
Hora de término da amostragem	h:min	13:15	14:55	16:35	-
Tempo de amostragem	min	60	60	60	-
Temperatura da chaminé	°C	157,0	156,7	156,8	156,8
Pressão na chaminé	"Hg	29,40	29,40	29,51	29,44
Pressão no medidor de gas	"Hg	29,63	29,63	29,74	29,66
Volume agua nas condições de chaminé	ft ³	4,05	4,00	4,03	4,03
Volume gases medido nas condições chaminé	ft ³	62,37	62,51	62,43	62,44
Proporção vol. vapor d'agua nos gases chaminé		0,061	0,060	0,061	0,061
Peso molecular base úmida		29,108	29,077	29,128	29,104
Velocidade na chaminé	ft / min	4351,02	4357,71	4339,70	4349,48
Velocidade na chaminé	m / s	22,10	22,14	22,05	22,10
Área da Boquilha	ft ²	0,00026	0,00026	0,00026	0,00026
Isocinetismo	%	99,49	99,48	99,80	99,59
Área da Chaminé	m ²	17,8701	17,8701	17,8701	17,8701
Vazão do efluente nas condições da chaminé	m ³ / h	1421950,79	1424139,40	1418251,98	1421447,39
Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ / h	833139,67	835835,42	834806,25	834593,78
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm ³	1,1022	1,1057	1,1079	1,1053
Concentração de Material Particulado no efluente	mg / Nm ³	807,45	757,65	749,98	771,69
Taxa de emissão de Material Particulado	kg / h	672,715	633,268	626,091	644,025
Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	mg / Nm ³	40,93	52,79	23,22	38,981
Taxa de emissão de H ₂ SO ₄	kg / h	34,097	44,125	19,388	32,537
Concentração de SO ₂ no efluente	mg / Nm ³	1843,34	1895,12	2067,87	1935,45
Taxa de emissão de SO ₂	kg / h	1535,763	1584,009	1726,275	1615,349

- 4 / 10 -

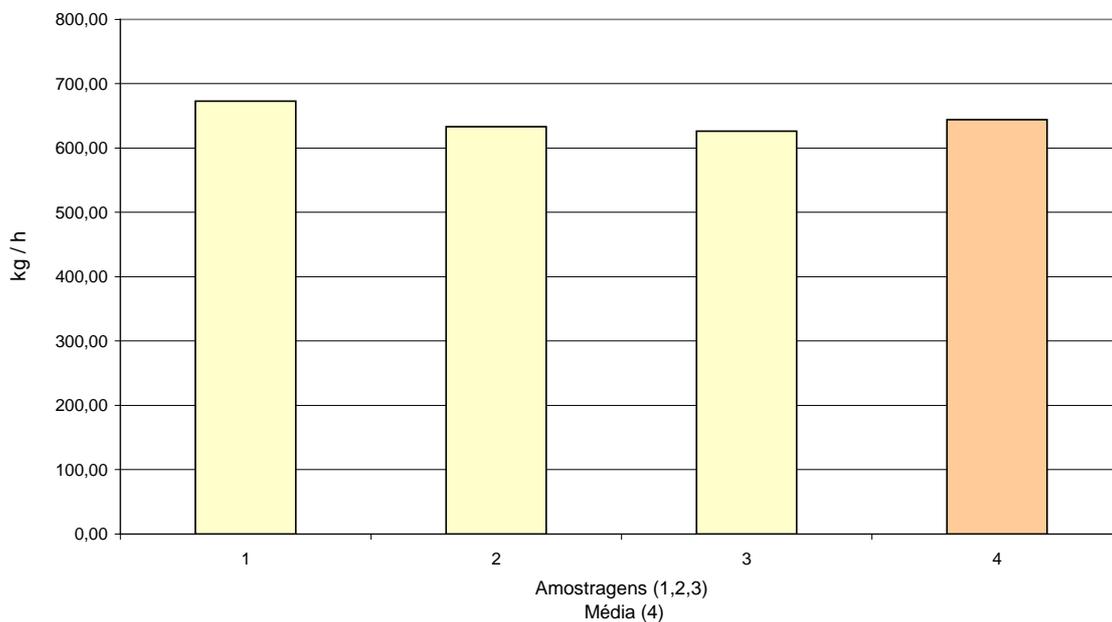
OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

Relatório de Ensaio N.º 226.952 / 2011

Concentração de Material Particulado no efluente

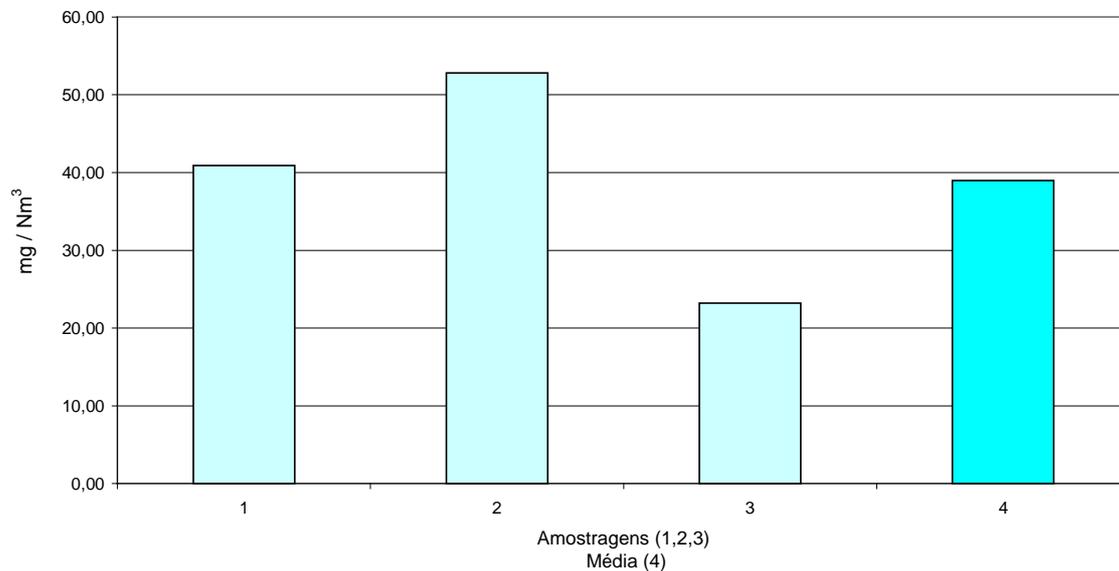


Taxa de emissão de Material Particulado

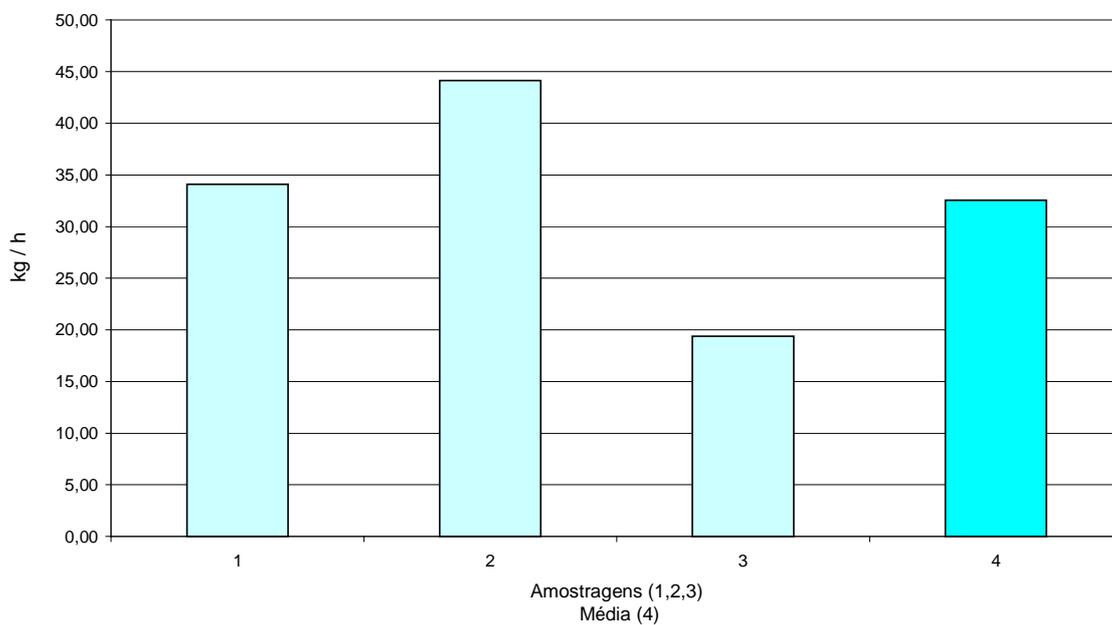


Relatório de Ensaio N.º 226.952 / 2011

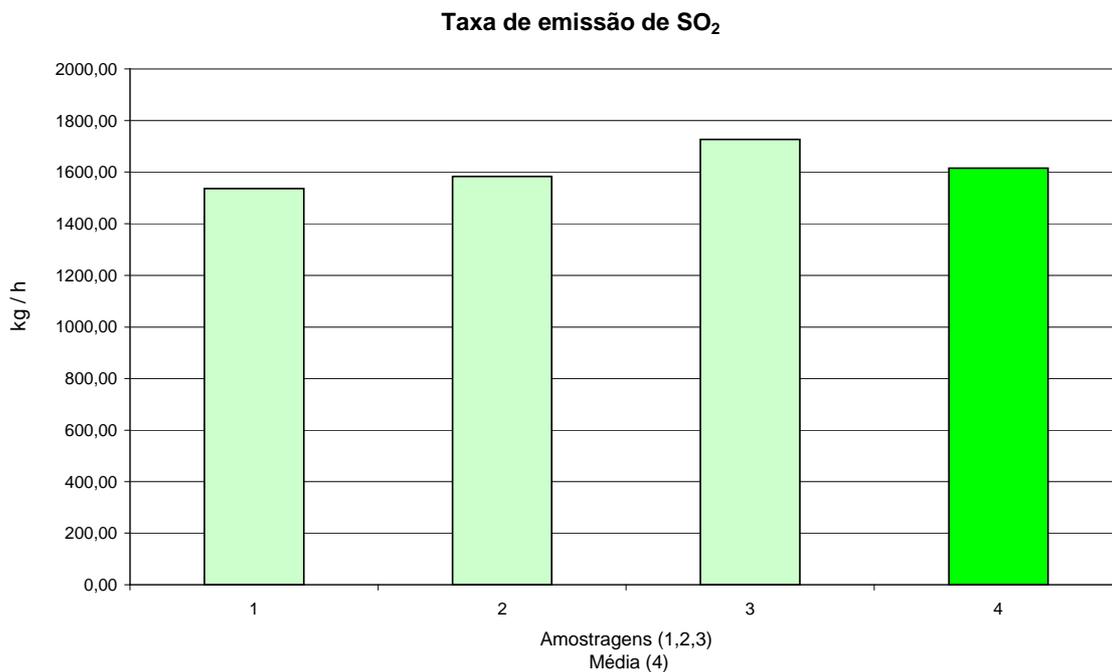
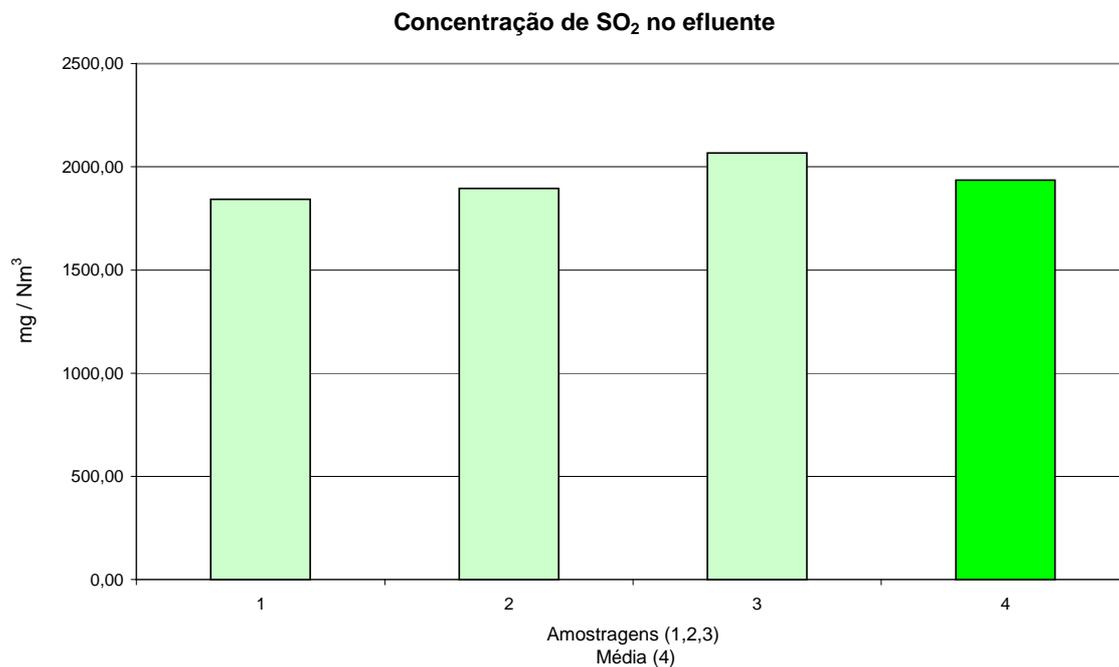
Concentração de H₂SO₄ no efluente



Taxa de emissão de H₂SO₄



Relatório de Ensaio N.º 226.952 / 2011

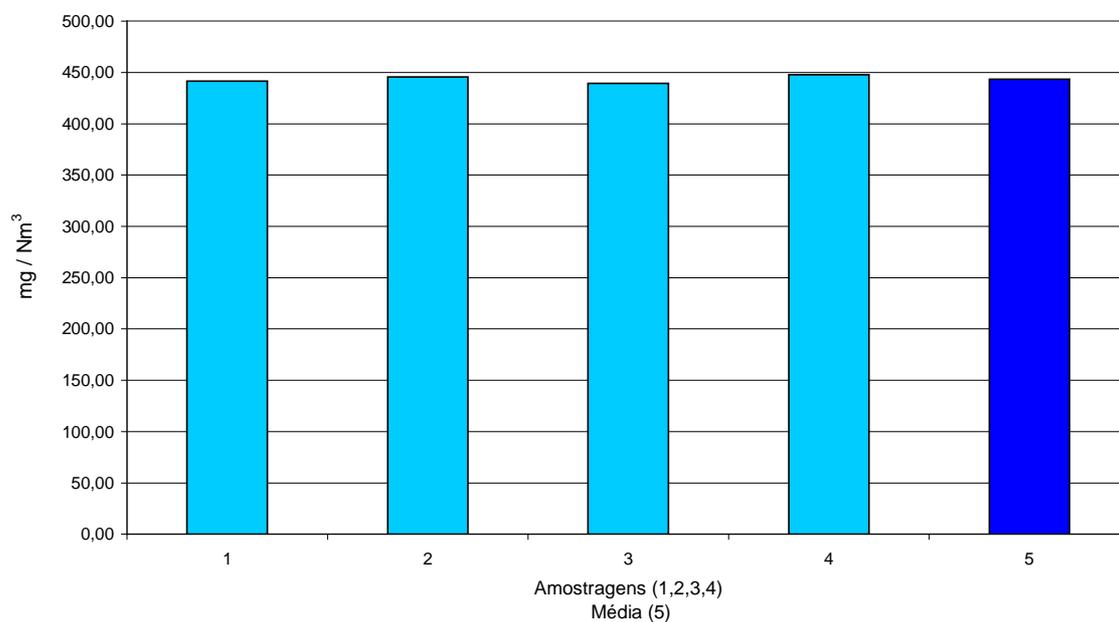


Relatório de Ensaio N.º 226.952 / 2011

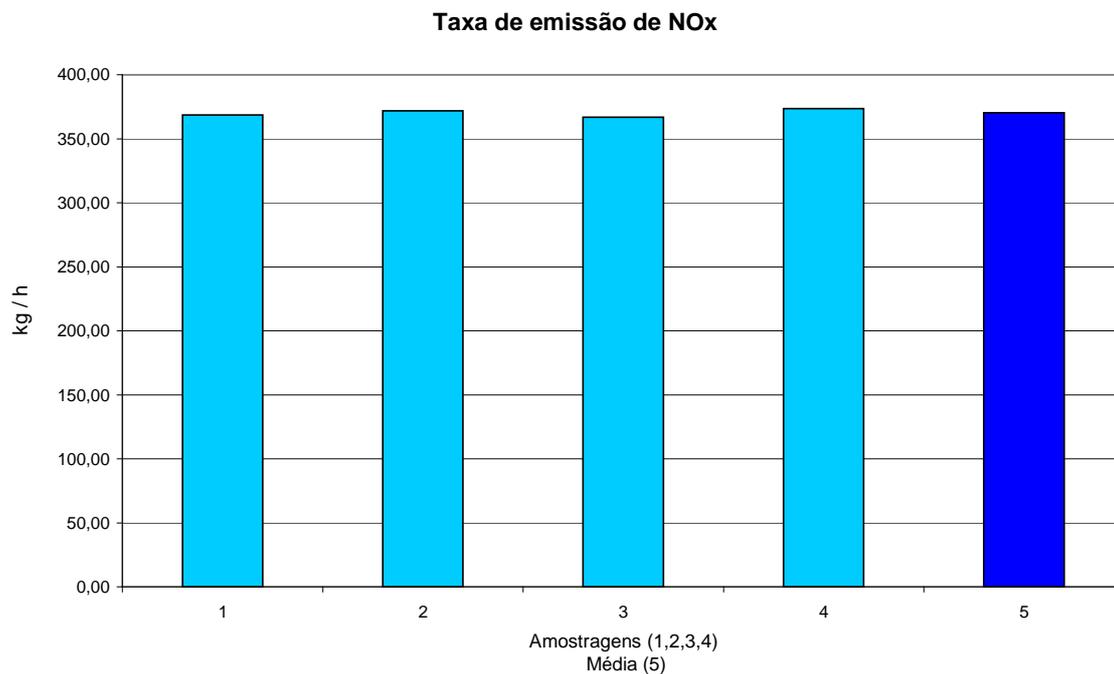
6.2. RESULTADOS DE NO_x

		Amostras				
		1	2	3	4	Média
Vazão média do efluente	Nm ³ / h	834593,8				
Concentração de NO _x no efluente	mg / Nm ³	441,5180	445,6250	439,4640	447,6790	443,57
Taxa de emissão de NO _x	kg / h	368,4882	371,9159	366,7739	373,6301	370,202

Concentração de NO_x no efluente



Relatório de Ensaio N.º 226.952 / 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 226.952 / 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 226.952 / 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			LOCAL			DATA		NUMERO	
CGTEE			Caldeira 4 - Chaminé			23/09/11		1	
Amostragem de			Duto		Pressão Barométrica		Duração da amostragem		
MP	SOx		4,77 m		29,49 pol Hg		60 minutos		
Amostrador			K		Boquilha		FCM		Cp
Luiz Zolair			1,7		5,5 mm		0,99		0,852
PONTO	Tempo	Distância do ponto	ΔP	Pressão Estática	ΔH	Temperatura Medidor		Temperatura Chaminé	Medidor Gases
						Entrada	Saída		
	min	cm	mm H2O	mm H2O	mm H2O	°C	°C	°C	litros
1	5	21,0	23,00	-	39,10	15	14	157	10656,600
2	5	69,6	27,00	-32,00	45,90	16	15	157	-
3	5	141,2	30,00	-	51,00	17	16	157	-
4	5	335,8	32,00	-30,00	54,40	18	17	157	-
5	5	407,4	30,00	-	51,00	19	18	157	-
6	5	456,0	26,00	-32,00	44,20	20	19	157	11256,400
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	5	21,0	22,00	-	37,40	20	19	157	11256,400
2	5	69,6	28,00	-30,00	47,60	21	20	157	-
3	5	141,2	30,00	-	51,00	22	21	157	-
4	5	335,8	32,00	-30,00	54,40	23	22	157	-
5	5	407,4	30,00	-	51,00	24	23	157	-
6	5	456,0	25,00	-32,00	42,50	25	24	157	11861,200
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA	60	-	27,917	-31,000	47,458	20,0	19,0	157,0	1204,600

Monitoramentos

Monitoramentos				Identificação dos equipamentos			
Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	Barômetro	EA 074		
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	Cronômetro	EA 135		
Temperatura borbulhadores(°C)	10	10	11	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	17	°C	Temperatura no Gasometro entrada	14	°C
			Temperatura no Gasometro saída	14	°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 - Chaminé	DATA 23/09/11	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 < 499,93 < 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%	670,11	676,08	5,97
2	200	H2O2 5%	715,83	753,41	37,58
3	200	H2O2 5%	714,97	718,13	3,16
4	-	Silica Gel	685,39	696,21	10,82
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2786,30	2843,83	57,53

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	11,1	11,1	11,0	11,1	32	3,5
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	8,6	8,7	8,7	8,7	44	3,8
N ₂	80,3	80,2	80,3	80,3	28	22,5
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,83

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,1199	g	de	MP	Certificado nº	226.952
45,11	mg	de	H2SO4	Certificado nº	226.955; 226.944
2031,81	mg	de	SO2	Certificado nº	226.958; 226.945

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Luiz Zolair**

Elemento Filtrante	N°	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	28	37,2859	38,056	0,7701
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,7701

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 - Chaminé	DATA 23/09/11	NÚMERO 1
-------------------------	--------------------------------------	-------------------------	--------------------

(g) MH ₂ O = 57,530	(R) Tc = 774,60	("Hg)Patm= 29,490	("H ₂ O)Pest= -1,220	(mm) Θb = 5,50
(R) Tm = 527,10	("H ₂ O)ΔH= 1,868	(ft ³) Vm = 42,540	Cp = 0,852	(m) ΘC = 4,77
FCM = 0,99	Pms = 29,829	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} = 1,047	(min) @ = 60	
(mg)MP = 890,000	(mg)H ₂ SO ₄ = 45,110	(mg)SO ₂ = 2031,810		

Pc = Pressão na chaminé	29,400	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm = Pressão no medidor de gas	29,627	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc = Volume agua nas condições de chaminé	4,053	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc = Volume gases medido nas condições chaminé	62,367	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	29,108		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc = Velocidade na chaminé	4351,016	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ = Velocidade na chaminé	22,103	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	99,49	%	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	833139,667	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva)] * 16,44 / Tc
Vmcnbs = Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,102	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP= Concentração de Material Particulado no efluente	807,45	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP= Taxa de Emissão de Material Particulado	672,715	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ = Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	40,93	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	34,097	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ = Concentração de SO ₂ no efluente	1843,34	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ = Taxa de Emissão de SO ₂	1535,763	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 CHAMINÉ DE FONTES ESTACIONÁ



PLANILHA 4 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO AMOSTRAGEM 2

EMPRESA			LOCAL			DATA		NUMERO		
CGTEE			Caldeira 4 - Chaminé			23/09/11		2		
Amostragem de			Duto		Pressão Barométrica		Duração da amostragem			
MP	SOx		4,77 m		29,49 pol Hg		60 minutos			
Amostrador			K		Boquilha		FCM		Cp	
Luiz Zolair			1,7		5,5 mm		0,99		0,852	
PONTO	Tempo	Distância do ponto	ΔP	Pressão Estática	ΔH	Temperatura Medidor		Temperatura Chaminé	Medidor Gases	
						Entrada	Saída			
	min	cm	mm H2O	mm H2O	mm H2O	°C	°C	°C	litros	
1	5	21,0	22,00	-	37,40	17	16	157	11873,800	
2	5	69,6	28,00	-30,00	47,60	18	17	157	-	
3	5	141,2	30,00	-	51,00	19	18	157	-	
4	5	335,8	32,00	-32,00	54,40	20	19	157	-	
5	5	407,4	28,00	-	47,60	21	20	157	-	
6	5	456,0	26,00	-30,00	44,20	22	21	157	12477,200	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	5	21,0	23,00	-	39,10	21	21	157	12477,200	
2	5	69,6	27,00	-32,00	45,90	23	22	157	-	
3	5	141,2	30,00	-	51,00	24	23	156	-	
4	5	335,8	34,00	-32,00	57,80	25	24	156	-	
5	5	407,4	30,00	-	51,00	26	25	156	-	
6	5	456,0	26,00	-32,00	44,20	27	26	156	13090,200	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MÉDIA	60	-	28,000	-31,333	47,600	21,9	21,0	156,7	1216,400	

Monitoramentos

Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	Barômetro	EA 074
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-	Cronômetro	EA 135
Temperatura borbulhadores(°C)	10	10	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-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 - Chaminé	DATA 23/09/11	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%	667,23	673,61	6,38
2	200	H2O2 5%	760,43	796,94	36,51
3	200	H2O2 5%	715,29	718,15	2,86
4	-	Silica Gel	734,98	746,04	11,06
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2877,93	2934,74	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	11,3	11,3	11,3	11,3	32	3,6
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	8,4	8,3	8,3	8,3	44	3,7
N ₂	80,3	80,4	80,4	80,4	28	22,5
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,79

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,0814	g	de	MP	Certificado nº	226.953
58,37	mg	de	H2SO4	Certificado nº	226.956; 226.944
2095,36	mg	de	SO2	Certificado nº	226.959; 226.945

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Luiz Zolair**

Elemento Filtrante	N°	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	29	41,6636	42,4199	0,7563
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,7563

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 - Chaminé	23/09/11	2

(g) MH ₂ O =	56,810	(R) Tc =	774,00	("Hg)Patm=	29,490	("H ₂ O)Pest=	-1,234	(mm) Øb =	5,50
(R) Tm =	530,63	("H ₂ O)ΔH=	1,874	(ft ³) Vm =	42,956	Cp =	0,852	(m) ØC =	4,77
FCM =	0,99	Pms =	29,785	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} =	1,048	(min) @ =	60		
(mg)MP =	837,700	(mg)H ₂ SO ₄ =	58,370	(mg)SO ₂ =	2095,360				

Pc =	Pressão na chaminé	29,399	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm =	Pressão no medidor de gas	29,628	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc =	Volume agua nas condições de chaminé	3,999	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc =	Volume gases medido nas condições chaminé	62,514	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	29,077		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc =	Velocidade na chaminé	4357,713	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ =	Velocidade na chaminé	22,137	m / s	Vc ₁ = Vc * 0,00508
Ab =	Área da Boquilha	0,000256	ft ²	Ab = (Øb / 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 = Øc 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	835835,424	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva) * 16,44] / Tc
Vmcnbs =	Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,106	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP=	Concentração de Material Particulado no efluente	757,65	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP=	Taxa de Emissão de Material Particulado	633,268	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ =	Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	52,79	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	44,125	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ =	Concentração de SO ₂ no efluente	1895,12	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ =	Taxa de Emissão de SO ₂	1584,009	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 CHAMINÉIS DE FONTES ESTACIONÁRIAS



PLANILHA 7 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO AMOSTRAGEM 3

EMPRESA			LOCAL			DATA		NUMERO	
CGTEE			Caldeira 4 - Chaminé			23/09/11		3	
Amostragem de			Duto		Pressão Barométrica		Duração da amostragem		
MP	SOx		4,77 m		29,60 pol Hg		60 minutos		
Amostrador			Boquilha		FCM		Cp		Início
Luiz Zolair			5,5 mm		0,99		0,852		Fim
			K						15:30
			1,7						16:35
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	23,00	-	39,10	19	18	157	13101,200
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	157	-
5	5	407,4	28,00	-	47,60	23	22	157	-
6	5	456,0	25,00	-32,00	42,50	24	23	157	13698,600
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	5	21,0	22,00	-	37,40	24	23	157	13698,600
2	5	69,6	27,00	-30,00	45,90	25	24	157	-
3	5	141,2	30,00	-	51,00	26	24	157	-
4	5	335,8	34,00	-30,00	57,80	27	25	157	-
5	5	407,4	30,00	-	51,00	27	25	156	-
6	5	456,0	26,00	-30,00	44,20	28	26	156	14322,600
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA	60	-	27,917	-30,667	47,458	23,8	22,5	156,8	1221,400

Monitoramentos

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

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-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 4 - Chaminé	DATA 23/09/11	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%	669,64	676,05	6,41
2	200	H2O2 5%	717,52	754,81	37,29
3	200	H2O2 5%	716,35	719,18	2,83
4	-	Silica Gel	707,78	718,65	10,87
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2811,29	2868,69	57,40

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	11,0	11,2	11,0	11,1	32	3,5
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	8,7	8,8	8,8	8,8	44	3,9
N ₂	80,3	80,0	80,2	80,2	28	22,4
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,85

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,1103	g	de	MP	Certificado nº	226.954
25,73	mg	de	H2SO4	Certificado nº	226.957; 226.944
2290,98	mg	de	SO2	Certificado nº	226.960; 226.945

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Luiz Zolair**

Elemento Filtrante	N°	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	30	40,7981	41,5187	0,7206
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,7206

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	LOCAL	DATA	NÚMERO
CGTEE	Caldeira 4 - Chaminé	23/09/11	3

(g) MH ₂ O =	57,400	(R) Tc =	774,30	("Hg)Patm=	29,600	("H ₂ O)Pest=	-1,207	(mm) Θb =	5,50
(R) Tm =	533,70	("H ₂ O)ΔH=	1,868	(ft ³) Vm =	43,133	Cp =	0,852	(m) ΘC =	4,77
FCM =	0,99	Pms =	29,845	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} =	1,046	(min) @ =	60		
(mg)MP =	830,900	(mg)H ₂ SO ₄ =	25,730	(mg)SO ₂ =	2290,980				

Pc =	Pressão na chaminé	29,511	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm =	Pressão no medidor de gas	29,737	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc =	Volume agua nas condições de chaminé	4,027	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	29,128		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc =	Velocidade na chaminé	4339,698	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ =	Velocidade na chaminé	22,046	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	834806,253	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva) * 16,44] / Tc
Vmcnbs =	Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,108	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP=	Concentração de Material Particulado no efluente	749,98	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP=	Taxa de Emissão de Material Particulado	626,091	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ =	Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	23,22	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	19,388	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ =	Concentração de SO ₂ no efluente	2067,87	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ =	Taxa de Emissão de SO ₂	1726,275	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 4 - Chaminé	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	749 mmHg						
Pressão inicial do Frasco	400 mmHg						
Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	349 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	349 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	349 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	349 mmHg
Temperatura inicial do Frasco	17 °C						
Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	290 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	290 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	290 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	290 K
Condições Finais		Condições Finais		Condições Finais		Condições Finais	
Data	24/09/2011	Data	24/09/2011	Data	24/09/2011	Data	24/09/2011
Hora	10:30	Hora	10:35	Hora	10:40	Hora	10:45
Pressão Atmosférica Final	760,4 mmHg						
Pressão final do Frasco	5 mmHg	Pressão final do Frasco	10 mmHg	Pressão final do Frasco	10 mmHg	Pressão final do Frasco	10 mmHg
Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	755,4 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	750,4 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	750,4 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	750,4 mmHg
Temperatura final do Frasco	14 °C						
Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	287 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	287 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	287 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	287 K
Resultados de Análise		Resultados de Análise		Resultados de Análise		Resultados de Análise	
Massa Total de NOx (m _{NOx})	499,392 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	499,043 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	490,562 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	505,133 µg
Cert Ensaio N°	226.961	Cert Ensaio N°	226.962	Cert Ensaio N°	226.963	Cert Ensaio N°	226.964
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)	1131,08 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1119,87 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1116,27 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1128,34 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})	441,518 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	445,625 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	439,464 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	447,679 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 (Vaecnbs)	834594 Nm ³ /h						
Taxa de Emissão de NOx (Te _{NOx})	368,488 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (Te _{NOx})	371,916 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (Te _{NOx})	366,774 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (Te _{NOx})	373,630 Kg/h

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

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

$$Te_{NOx} = C_{NOx} * Vaecnbs * 10^{-6}$$

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