

**Relatório nº. 012 de 09/04/2012**

**Monitoramento de Chaminé**

**Campanhas de Amostragens Isocinéticas na Fase A**

**Anexo I**

**Relatório de Amostragem Isocinética Nº 232.087 de 08/03/2012**

**ISATEC Pesquisa Desenvolvimento e Análises Químicas LTDA.**

---

# RELATÓRIO DE ENSAIO

232.087 / 2012



## AMOSTRAGEM DE CHAMINÉS

**ISATEC**

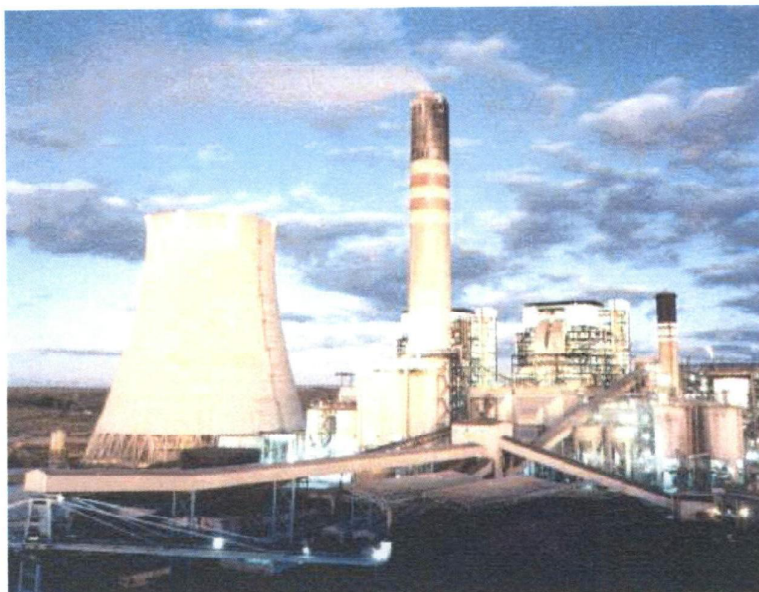
**EMPRESA:** CIA. GERAÇÃO TÉRMICA DE ENERGIA ELÉTRICA – CGTEE  
Candiota – RS

**PROCESSO:** Caldeira I com Turbogenerador II.

**DATA:** 08 de março de 2012.

**Relatório de Ensaio N.º 232.087 / 2012**

**AMOSTRAGEM E DETERMINAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO,  
NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NÉVOAS DE SO<sub>3</sub> E H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**



**EMPRESA: CGTEE – COMPANHIA DE GERAÇÃO TÉRMICA  
DE ENERGIA ELÉTRICA**

Usina Presidente Medici  
Candiota – RS

**LOCAL:** Caldeira I com Turbogenerador II.

**DATA:** 08 de março de 2012.

- 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 232.087 / 2012

### 1. OBJETIVO

Realizar Amostragens no efluente gasoso proveniente da queima de carvão da Caldeira I para determinar a Concentração e Taxa de Emissão de Material Particulado, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, névoas de SO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### 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 SO<sub>2</sub> e névoas de SO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em DCFE  
CETESB – L9.228 – Jun / 92 # EPA – Method 8– Fev/2000 # NBR 12021 – Dez / 90
- Determinação de NO<sub>x</sub> em DCFE  
CETESB – L9.229 – Out/92 # EPA – Method 7– Fev/2000

### 3. EQUIPAMENTOS DE AMOSTRAGEM:

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



## Relatório de Ensaio N.º 232.087 / 2012

### 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 232.087 / 2012

### 6. RESULTADOS

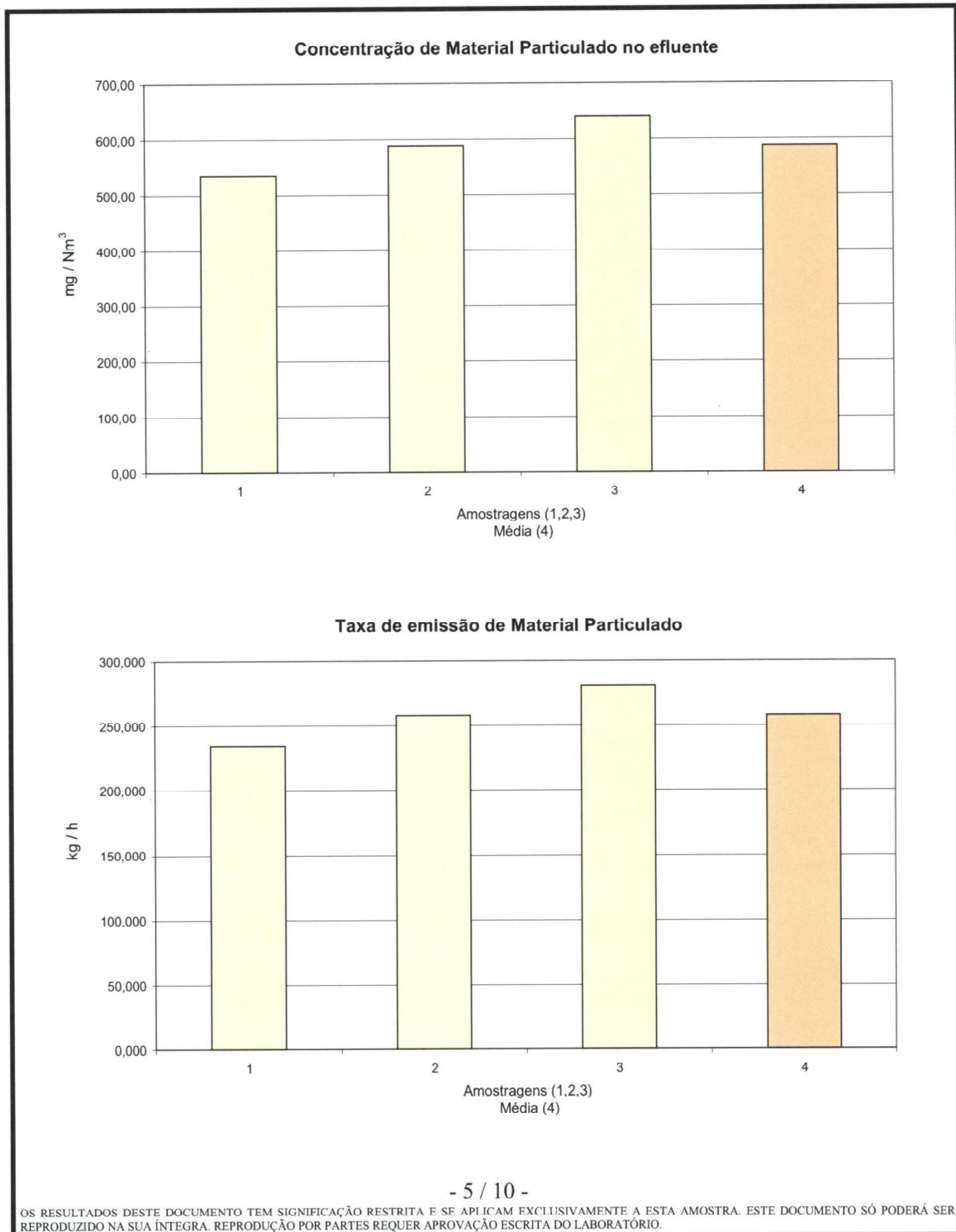
#### 6.1. RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO E SO<sub>x</sub>

		AMOSTRAS			
		1	2	3	Média
Dia da Amostragem	d:m:a	08/03/12	08/03/12	08/03/12	-
Hora início da amostragem	h:min	12:05	13:35	15:00	-
Hora de término da amostragem	h:min	13:10	14:40	16:06	-
Tempo de amostragem	min	60	60	60	-
Temperatura da chaminé	°C	127,4	127,8	127,5	127,6
Pressão na chaminé	"Hg	29,25	29,25	29,26	29,25
Pressão no medidor de gas	"Hg	29,43	29,43	29,43	29,43
Volume agua nas condições de chaminé	ft <sup>3</sup>	4,04	3,84	4,10	3,99
Volume gases medido nas condições chaminé	ft <sup>3</sup>	56,79	56,64	56,35	56,59
Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé		0,066	0,063	0,068	0,066
Peso molecular base úmida		29,143	29,163	29,119	29,142
Velocidade na chaminé	ft / min	2151,60	2151,26	2165,03	2155,96
Velocidade na chaminé	m / s	10,93	10,93	11,00	10,95
Área da Boquilha	ft <sup>2</sup>	0,00048	0,00048	0,00048	0,00048
Isocinetismo	%	99,09	98,54	97,86	98,49
Área da Chaminé	m <sup>2</sup>	17,8701	17,8701	17,8701	17,8701
Vazão do efluente nas condições da chaminé	m <sup>3</sup> / h	703162,62	703051,24	707550,59	704588,15
Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm <sup>3</sup> / h	437554,65	438499,23	439791,92	438615,26
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm <sup>3</sup>	1,0721	1,0684	1,0642	1,0682
Concentração de Material Particulado no efluente	mg / Nm <sup>3</sup>	536,16	588,43	639,34	587,98
Taxa de emissão de Material Particulado	kg / h	234,600	258,028	281,179	257,936
Concentração de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> no efluente	mg / Nm <sup>3</sup>	0,00	9,59	0,00	3,196
Taxa de emissão de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	kg / h	0,000	4,205	0,000	1,402
Concentração de SO <sub>2</sub> no efluente	mg / Nm <sup>3</sup>	679,66	706,59	717,69	701,31
Taxa de emissão de SO <sub>2</sub>	kg / h	297,387	309,841	315,634	307,621

- 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.

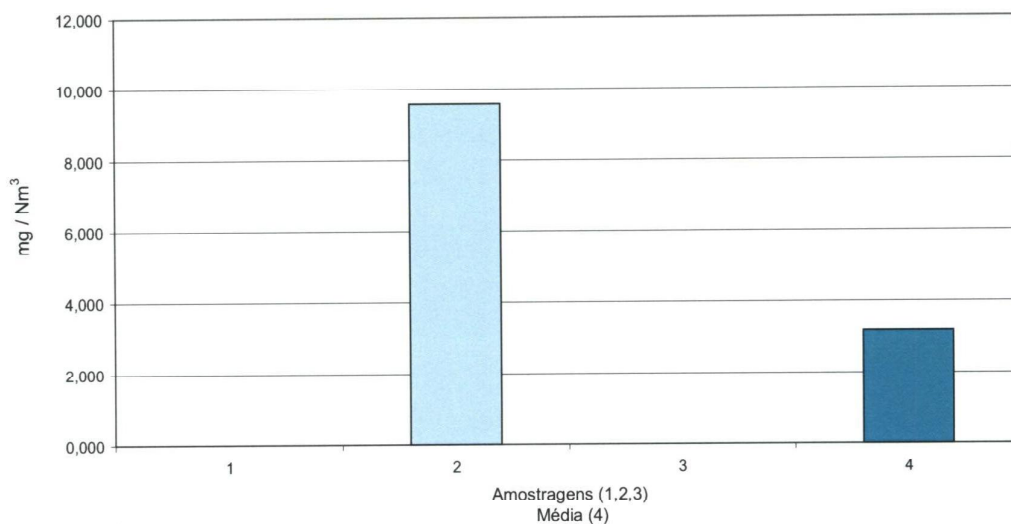
## Relatório de Ensaio N.º 232.087 / 2012



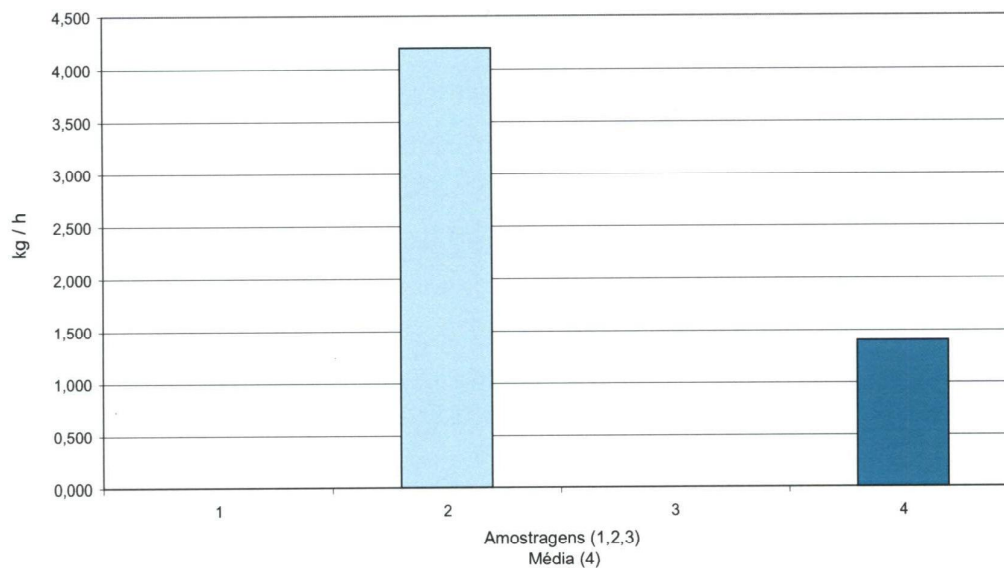


## Relatório de Ensaio N.º 232.087 / 2012

### Concentração de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> no efluente



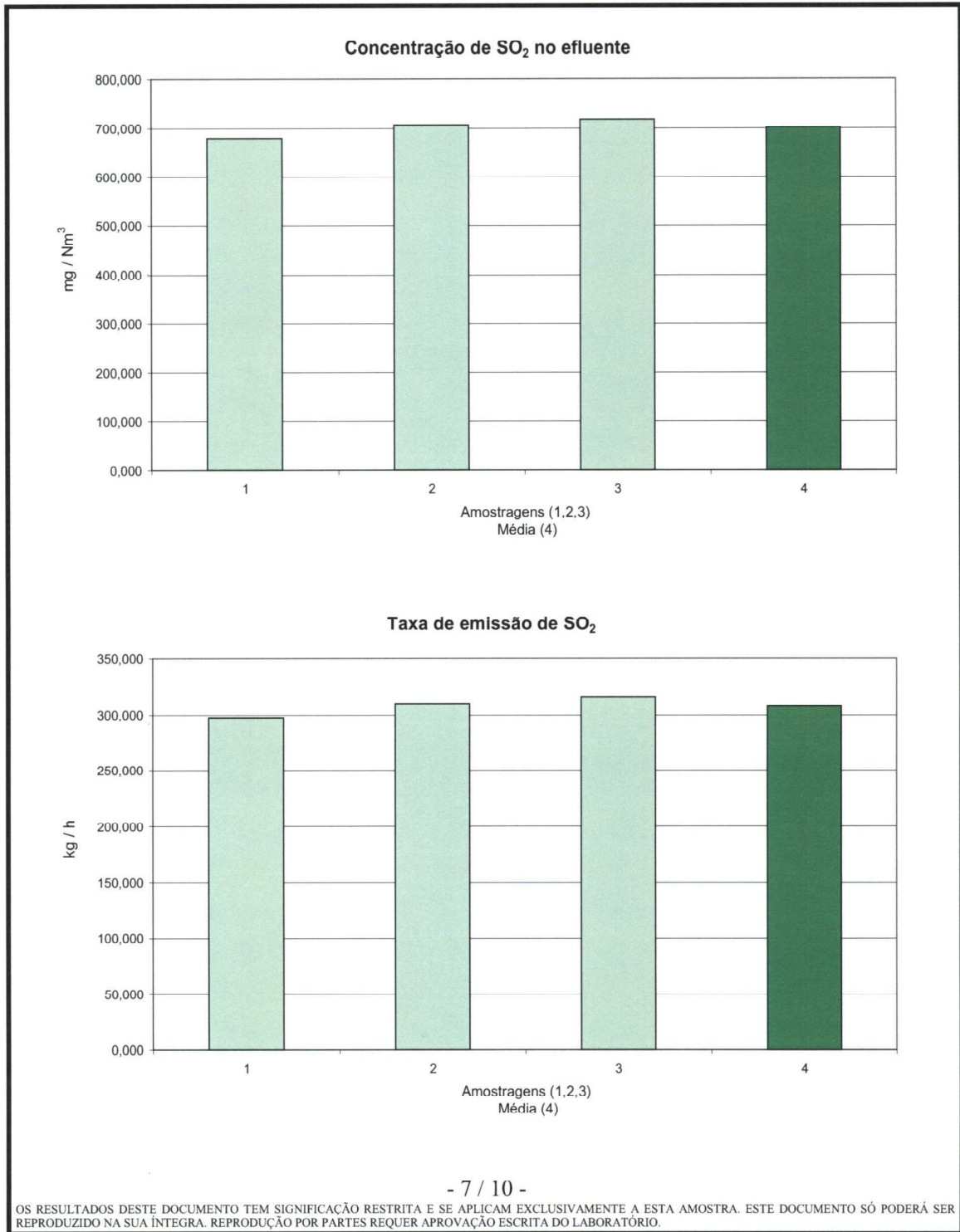
### Taxa de emissão de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



- 6 / 10 -

OS RESULTADOS DESTE DOCUMENTO 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 232.087 / 2012

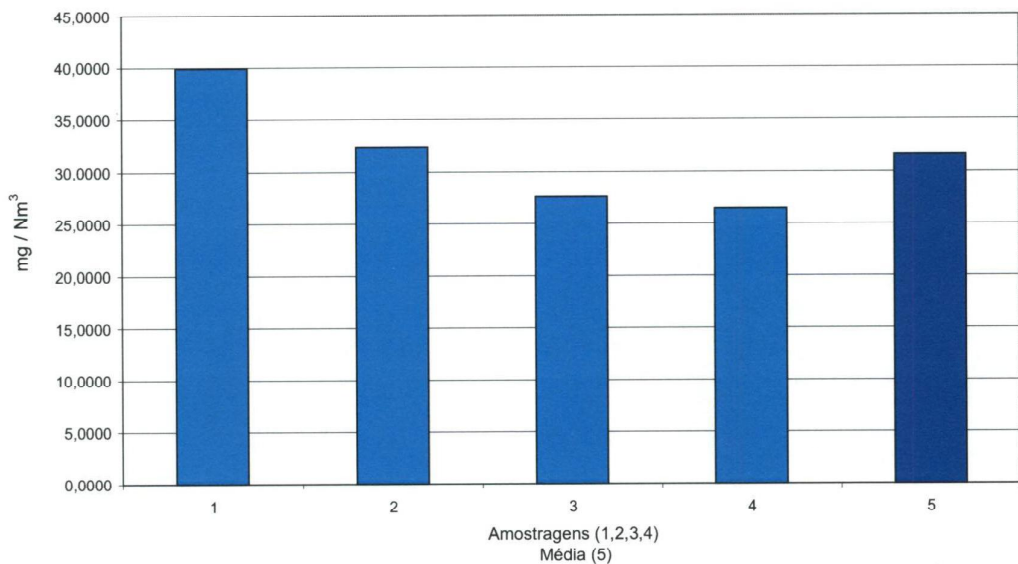


## Relatório de Ensaio N.º 232.087 / 2012

### 6.2. RESULTADOS DE NO<sub>x</sub>

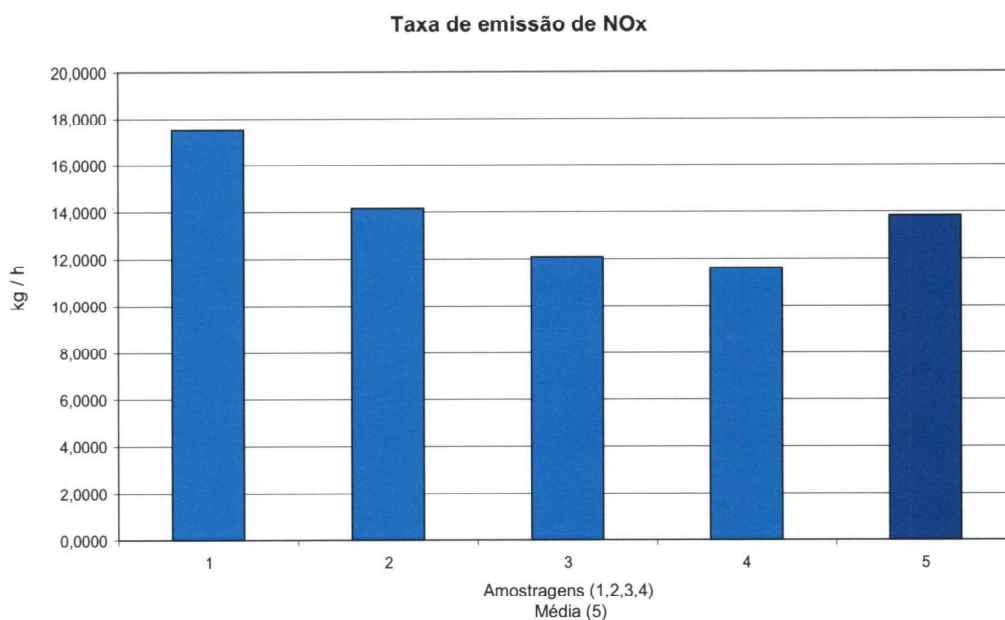
		Amostras				
		1	2	3	4	Média
Vazão média do efluente	Nm <sup>3</sup> / h	438615,3				
Concentração de NO <sub>x</sub> no efluente	mg / Nm <sup>3</sup>	39,9125	32,2865	27,5519	26,4572	31,5520
Taxa de emissão de NO <sub>x</sub>	kg / h	17,5062	14,1614	12,0847	11,6045	13,8392

Concentração de NO<sub>x</sub> no efluente





## Relatório de Ensaio N.º 232.087 / 2012



### 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

## Relatório de Ensaio N.º 232.087 / 2012

Rio Grande, 16 de março de 2012.

FILIPE B. TEIXEIRA  
Eng. Químico  
CRQ: 05303202

FABRÍCIO L. LOPES  
Eng. Químico  
CRQ: 05302015

PAULO EDUARDO CORREA  
Eng. Químico  
CRQ 04354688  
Coordenador Saybolt/Isatec  
Rio Grande

- 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 232.087 / 2012**

ANEXOS



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

EMPRESA				LOCAL			DATA		NUMERO	
CGTEE				Caldeira I			08/03/12		1	
Amostragem de				Duto		Pressão Barométrica		Duração da amostragem		
MP SOx				4,77 m		29,30 pol Hg		60 minutos		
Amostrador			K	Boquilha		FCM	Cp	Início	12:05	
Renan Morais			6,07	7,5 mm		1	0,862	Fim	13:10	
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	6,00	-	36,42	27	26	128	167185,400	
2	5	69,6	6,50	-19,00	39,46	28	26	128	-	
3	5	141,2	7,50	-	45,53	28	27	128	-	
4	5	335,8	7,50	-18,00	45,53	29	27	127	-	
5	5	407,4	7,50	-	45,53	29	27	127	-	
6	5	456,0	8,00	-19,00	48,56	29	27	127	167792,400	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	5	21,0	6,00	-	36,42	30	28	127	167792,400	
2	5	69,6	6,50	-19,00	39,46	30	28	127	-	
3	5	141,2	7,00	-	42,49	30	28	127	-	
4	5	335,8	7,50	-19,00	45,53	31	28	127	-	
5	5	407,4	7,50	-	45,53	31	29	128	-	
6	5	456,0	8,00	-19,00	48,56	31	29	128	168389,000	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MÉDIA	60	-	7,125	-18,833	43,249	29,4	27,5	127,4	1203,600	

Monitoramentos						Identificação dos equipamentos	
Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	-	Barômetro	EA 074
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-	-	Cronômetro	EA 145
Temperatura borbulhadores(°C)	9	10	10	11		Sonda Rígida	EA 026
						Coluna U	EA 140
						Termopar Chaminé	EA 069
						Aparelho	EA 071
						Pitot	P 09
						Boquilha	7,5

**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	27	°C	Temperatura no Gasometro entrada	27	°C
			Temperatura no Gasometro saída	26	°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

<b>EMPRESA</b> CGTEE	<b>LOCAL</b> Caldeira 1	<b>DATA</b> 08/03/12	<b>NÚMERO</b> 1
-------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------

**Verificação da Balança**

Responsável

Alan Telles

Identificação da Balança	EA 016	Peso Padrão	500 g		
Identificação do Peso Padrão	EA 067	Valor indicado na balança	499,9g <	499,96	<500,1 g

**Borbulhadores**

Responsável

Alan Telles

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Álcool Isopropílico 80%	708,57	740,61	32,04
2	200	H2O2 5%	681,22	698,02	16,80
3	200	H2O2 5%	697,73	704,42	6,69
4	-	Sílica	733,19	738,90	5,71
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			2820,71	2881,95	61,24

**Composição do Gases**

Responsável

Alan Telles

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

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1º	2º	3º	MÉDIA		
O <sub>2</sub>	11,7	11,7	11,8	11,7	32	3,8
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO <sub>2</sub>	9,2	9,2	9,1	9,2	44	4,0
N <sub>2</sub>	79,1	79,1	79,1	79,1	28	22,1
<b>PESO MOLECULAR SECO = Pms =</b>						29,94

**Resultados dos Ensaio de Laboratório**

Responsável

LABAN

0,0506	g	de	MP	Certificado nº	232.087 / 232.081
0,00	mg	de	H2SO4	Certificado nº	232.090 / 232.079
728,64	mg	de	SO2	Certificado nº	232.093 / 232.080

**Resultados das Pesagens de Material Particulado**

Responsável

Renan Morais

Elemento Filtrante	Nº	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	23	42,5215	43,0457	0,5242
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
<b>Total</b>				0,5242

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 I

ISATEC

EMPRESA	LOCAL	DATA	NÚMERO
CGTEE	Caldeira I	08/03/12	1

(g) $MH_2O =$	61,240	(R) $T_c =$	721,35	("Hg) $Patm =$	29,300	("H <sub>2</sub> O) $Pest =$	-0,741	(mm) $\Theta_b =$	7,50
(R) $T_m =$	543,23	("H <sub>2</sub> O) $\Delta H =$	1,703	(ft <sup>3</sup> ) $V_m =$	42,504	$C_p =$	0,862	(m) $\Theta_c =$	4,77
FCM =	1,00	$P_{ms} =$	29,936	("H <sub>2</sub> O) $\Delta P^{1/2} =$	0,529	(min) $@ =$	60		
(mg) $MP =$	574,800	(mg) $H_2SO_4 =$	0,000	(mg) $SO_2 =$	728,635				

$P_c =$	Pressão na chaminé	29,245	"Hg	$P_c = Patm + Pest / 13,6$	
$P_m =$	Pressão no medidor de gas	29,425	"Hg	$P_m = Patm + \Delta H / 13,6$	
$V_{acc} =$	Volume agua nas condições de chaminé	4,039	ft <sup>3</sup>	$V_{acc} = (MH_2O * T_c) / (374 * P_c)$	
$V_{mcc} =$	Volume gases medido nas condições chaminé	56,789	ft <sup>3</sup>	$V_{mcc} = (V_m * T_c * P_m * FCM) / (T_m * P_c)$	
$P_{vva} =$	Proporção vol. vapor/agua nos gases chaminé	0,066		$P_{vva} = V_{acc} / (V_{acc} + V_{mcc})$	
$P_{mu} =$	Peso molecular base úmida	29,143		$P_{mu} = P_{ms} * (1 - P_{vva}) + (18 * P_{vva})$	
$V_c =$	Velocidade na chaminé	2151,602	ft / min	$V_c = 5128,8 * C_p * [(T_c) / (P_c * P_{mu})]^{1/2} * \Delta P^{1/2}$	
$V_{c1} =$	Velocidade na chaminé	10,930	m / s	$V_{c1} = V_c * 0,00508$	
$A_b =$	Área da Boquilha	0,000476	ft <sup>2</sup>	$A_b = (\Theta_b / 25,4)^2 / 183,35$	
$I =$	Isocinetismo	90 < I < 110	99,09	%	$I = [(V_{mcc} + V_{acc}) / (@ * A_b * V_c)] * 100$
$A_c =$	Área da Chaminé	17,8701	m <sup>2</sup>	$A_c = \Theta_c^2 * 0,7854$	
$V_{acc} =$	Vazão do efluente nas condições da chaminé	703162,620	m <sup>3</sup> / h	$V_{acc} = A_c * V_c * 18,288$	
$V_{accnbs} =$	Vazão do efluente nas condições normais, base seca	437554,649	Nm <sup>3</sup> / h	$V_{accnbs} = [V_{acc} * P_c * (1 - P_{vva}) * 16,44] / T_c$	
$V_{mcbns} =$	Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,072	Nm <sup>3</sup>	$V_{mcbns} = (V_m * P_m * FCM) / (T_m * 2,1476)$	
$C_{MP} =$	Concentração de Material Particulado no efluente	536,16	mg / Nm <sup>3</sup>	$C_{MP} = MP / V_{mcbns}$	
$T_e MP =$	Taxa de Emissão de Material Particulado	234,600	Kg / h	$T_e MP = (C_{MP} * V_{accnbs}) / 1000000$	
$C_{H_2SO_4} =$	Concentração de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> no efluente	0,00	mg / Nm <sup>3</sup>	$C_{H_2SO_4} = H_2SO_4 / V_{mcbns}$	
$T_e H_2SO_4 =$	Taxa de Emissão de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,000	kg / h	$T_e H_2SO_4 = (C_{H_2SO_4} * V_{accnbs}) / 1000000$	
$C_{SO_2} =$	Concentração de SO <sub>2</sub> no efluente	679,66	mg / Nm <sup>3</sup>	$C_{SO_2} = SO_2 / V_{mcbns}$	
$T_e SO_2 =$	Taxa de Emissão de SO <sub>2</sub>	297,387	kg / h	$T_e SO_2 = (C_{SO_2} * V_{accnbs}) / 1000000$	

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			08/03/12		2	
Amostragem de				Duto	Pressão Barométrica		Duração da amostragem			
MP	SOx			4,77	m	29,30	pol Hg		60 minutos	
Amostrador				K	Boquilha	FCM	Cp	Início		13:35
Renan Moraes				6,07	7,5	1	0,862	Fim		14:40
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	6,00	-	36,42	29	28	129	168392,400	
2	5	69,6	6,00	-19,00	36,42	30	28	129	-	
3	5	141,2	7,50	-	45,53	30	29	128	-	
4	5	335,8	7,50	-18,50	45,53	31	29	128	-	
5	5	407,4	7,50	-	45,53	31	29	128	-	
6	5	456,0	8,00	-19,50	48,56	31	30	128	168998,200	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	5	21,0	6,00	-	36,42	32	30	128	168998,200	
2	5	69,6	6,50	-19,00	39,46	32	30	127	-	
3	5	141,2	7,50	-	45,53	32	30	127	-	
4	5	335,8	7,50	-18,00	45,53	33	31	127	-	
5	5	407,4	7,50	-	45,53	33	31	127	-	
6	5	456,0	8,00	-18,00	48,56	33	31	127	169600,200	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MÉDIA	60	-	7,125	-18,667	43,249	31,4	29,7	127,8	1207,800	

Monitoramentos					Identificação dos equipamentos	
Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	Barômetro	EA 074
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 069
					Aparelho	EA 071
					Pitot	P 09
					Boquilha	7,5

**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

<b>EMPRESA</b> CGTEE	<b>LOCAL</b> Caldeira I	<b>DATA</b> 08/03/12	<b>NUMERO</b> 2
-------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------

**Verificação da Balança**

Responsável **Alan Telles**

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

**Borbulhadores**

Responsável **Alan Telles**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Álcool Isopropílico 80%	714,65	744,90	30,25
2	200	H2O2 5%	710,83	724,76	13,93
3	200	H2O2 5%	680,44	688,03	7,59
4	-	Silica	741,10	747,49	6,39
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			2847,02	2905,18	58,16

**Composição do Gases**

Responsável **Alan Telles**

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

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1º	2º	3º	MÉDIA		
O <sub>2</sub>	11,9	11,9	11,8	11,9	32	3,8
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO <sub>2</sub>	9,0	9,0	9,1	9,0	44	4,0
N <sub>2</sub>	79,1	79,1	79,1	79,1	28	22,1
<b>PESO MOLECULAR SECO = Pms =</b>						29,92

**Resultados dos Ensaio de Laboratório**

Responsável **LABAN**

0,1273	g	de	MP	Certificado nº	232.088 / 232.081
10,25	mg	de	H2SO4	Certificado nº	232.091 / 232.079
754,95	mg	de	SO2	Certificado nº	232.094 / 232.080

**Resultados das Pesagens de Material Particulado**

Responsável **Renan Morais**

Elemento Filtrante	Nº	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	7	78,3614	78,8628	0,5014
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
<b>Total</b>				0,5014

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	08/03/12	2

(g) $MH_2O =$ 58,160	(R) $Tc =$ 721,95	("Hg) $Patm =$ 29,300	("H <sub>2</sub> O) $Pest =$ -0,735	(mm) $\Theta b =$ 7,50
(R) $Tm =$ 546,98	("H <sub>2</sub> O) $\Delta H =$ 1,703	(ft <sup>3</sup> ) $Vm =$ 42,653	$Cp =$ 0,862	(m) $\Theta c =$ 4,77
FCM = 1,00	$Pms =$ 29,920	("H <sub>2</sub> O) $\Delta P^{1/2} =$ 0,529	(min) $@ =$ 60	
(mg) $MP =$ 628,700	(mg) $H_2SO_4 =$ 10,245	(mg) $SO_2 =$ 754,945		

$Pc =$ Pressão na chaminé	29,246	"Hg	$Pc = Patm + Pest / 13,6$
$Pm =$ Pressão no medidor de gas	29,425	"Hg	$Pm = Patm + \Delta H / 13,6$
$Vacc =$ Volume agua nas condições de chaminé	3,839	ft <sup>3</sup>	$Vacc = (MH_2O * Tc) / (374 * Pc)$
$Vmcc =$ Volume gases medido nas condições chaminé	56,642	ft <sup>3</sup>	$Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)$
$Pvva =$ Proporção vol. vapor/agua nos gases chaminé	0,063		$Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)$
$Pmu =$ Peso molecular base úmida	29,163		$Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)$
$Vc =$ Velocidade na chaminé	2151,261	ft / min	$Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)]^{1/2} * \Delta P^{1/2}$
$Vc_1 =$ Velocidade na chaminé	10,928	m / s	$Vc_1 = Vc * 0,00508$
$Ab =$ Área da Boquilha	0,000476	ft <sup>2</sup>	$Ab = (\Theta b / 25,4)^2 / 183,35$
$I =$ Isocinetismo 90 < I < 110	98,54	%	$I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100$
$Ac =$ Área da Chaminé	17,8701	m <sup>2</sup>	$Ac = \Theta c^2 * 0,7854$
$Vaacc =$ Vazão do efluente nas condições da chaminé	703051,243	m <sup>3</sup> / h	$Vaacc = Ac * Vc * 18,288$
$Vaecnbs =$ Vazão do efluente nas condições normais, base seca	438499,225	Nm <sup>3</sup> / h	$Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva) * 16,44] / Tc$
$Vmcnbs =$ Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,068	Nm <sup>3</sup>	$Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)$
$C MP =$ Concentração de Material Particulado no efluente	588,43	mg / Nm <sup>3</sup>	$C MP = MP / Vmcnbs$
$Te MP =$ Taxa de Emissão de Material Particulado	258,028	Kg / h	$Te MP = (C MP * Vaecnbs) / 1000000$
$C H_2SO_4 =$ Concentração de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> no efluente	9,59	mg / Nm <sup>3</sup>	$C H_2SO_4 = H_2SO_4 / Vmcnbs$
$Te H_2SO_4 =$ Taxa de Emissão de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,205	kg / h	$Te H_2SO_4 = (C H_2SO_4 * Vaecnbs) / 1000000$
$C SO_2 =$ Concentração de SO <sub>2</sub> no efluente	706,59	mg / Nm <sup>3</sup>	$C SO_2 = SO_2 / Vmcnbs$
$Te SO_2 =$ Taxa de Emissão de SO <sub>2</sub>	309,841	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

ISATEC

PLANILHA 7 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO AMOSTRAGEM 3

EMPRESA				LOCAL			DATA		NUMERO	
CGTEE				Caldeira I			08/03/12		3	
Amostragem de				Duto		Pressão Barométrica		Duração da amostragem		
MP SOx				4,77 m		29,30 pol Hg		60 minutos		
Amostrador			K	Boquilha		FCM	Cp	Início	15:00	
Renan Morais			6,07	7,5 mm		1	0,862	Fim	16:06	
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	6,50	-	39,46	31	30	127	169604,000	
2	5	69,6	6,50	19,50	39,46	32	30	128	-	
3	5	141,2	7,50	-	45,53	32	31	128	-	
4	5	335,8	7,50	-18,00	45,53	33	31	128	-	
5	5	407,4	7,50	-	45,53	33	31	127	-	
6	5	456,0	8,00	-19,50	48,56	33	31	127	170212,600	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	5	21,0	6,00	-	36,42	34	32	127	170212,600	
2	5	69,6	6,50	-19,50	39,46	34	32	128	-	
3	5	141,2	7,50	-	45,53	34	32	128	-	
4	5	335,8	7,50	-18,00	45,53	34	32	128	-	
5	5	407,4	7,50	-	45,53	35	33	127	-	
6	5	456,0	8,00	-19,00	48,56	35	33	127	170814,400	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MÉDIA	60	-	7,208	-12,417	43,755	33,3	31,5	127,5	1210,400	

Monitoramentos

Identificação dos equipamentos

Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	Barômetro	EA 074
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-	Cronômetro	EA 145
Temperatura borbulhadores(°C)	9	10	11	11	Sonda Rígida	EA 026

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 ESTACIONÁRI **ISATEC**

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

<b>EMPRESA</b> CGTEE	<b>LOCAL</b> Caldeira I	<b>DATA</b> 08/03/12	<b>NÚMERO</b> 3
-------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------

**Verificação da Balança**

Responsável **Alan Telles**

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

**Borbulhadores**

Responsável **Alan Telles**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Álcool Isopropílico 80%	703,24	737,60	34,36
2	200	H2O2 5%	690,62	706,73	16,11
3	200	H2O2 5%	699,40	706,81	7,41
4	-	Sílica	719,55	723,88	4,33
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			2812,81	2875,02	62,21

**Composição do Gases**

Responsável **Alan Telles**

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

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1º	2º	3º	MÉDIA		
O <sub>2</sub>	11,8	11,8	11,8	11,8	32	3,8
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO <sub>2</sub>	9,1	9,1	9,1	9,1	44	4,0
N <sub>2</sub>	79,1	79,1	79,1	79,1	28	22,1
<b>PESO MOLECULAR SECO = Pms =</b>						29,93

**Resultados dos Ensaios de Laboratório**

Responsável **LABAN**

0,0626	g	de	MP	Certificado nº	232.089 / 232.081
0,00	mg	de	H2SO4	Certificado nº	232.092 / 232.079
763,78	mg	de	SO2	Certificado nº	232.095 / 232.080

**Resultados das Pesagens de Material Particulado**

Responsável **Renan Morais**

Elemento Filtrante	Nº	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	78	64,472	65,0898	0,6178
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
<b>Total</b>				0,6178

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

ISATEC

EMPRESA	LOCAL	DATA	NÚMERO
CGTEE	Caldeira I	08/03/12	3

(g) $MH_2O = 62,210$	(R) $Tc = 721,50$	("Hg) $Patm = 29,300$	("H <sub>2</sub> O) $Pest = -0,489$	(mm) $\Theta b = 7,50$
(R) $Tm = 550,35$	("H <sub>2</sub> O) $\Delta H = 1,723$	(ft <sup>3</sup> ) $Vm = 42,745$	$Cp = 0,862$	(m) $\Theta C = 4,77$
$FCM = 1,00$	$Pms = 29,928$	("H <sub>2</sub> O) $\Delta P^{1/2} = 0,532$	(min) $@ = 60$	
(mg) $MP = 680,400$	(mg) $H_2SO_4 = 0,000$	(mg) $SO_2 = 763,775$		

$Pc =$ Pressão na chaminé	29,264	"Hg	$Pc = Patm + Pest / 13,6$
$Pm =$ Pressão no medidor de gas	29,427	"Hg	$Pm = Patm + \Delta H / 13,6$
$Vacc =$ Volume agua nas condições de chaminé	4,101	ft <sup>3</sup>	$Vacc = (MH_2O * Tc) / (374 * Pc)$
$Vmcc =$ Volume gases medido nas condições chaminé	56,349	ft <sup>3</sup>	$Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)$
$Pvva =$ Proporção vol. vapor/agua nos gases chaminé	0,068		$Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)$
$Pmu =$ Peso molecular base úmida	29,119		$Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)$
$Vc =$ Velocidade na chaminé	2165,029	ft / min	$Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)]^{1/2} * \Delta P^{1/2}$
$Vc_1 =$ Velocidade na chaminé	10,998	m / s	$Vc_1 = Vc * 0,00508$
$Ab =$ Área da Boquilha	0,000476	ft <sup>2</sup>	$Ab = (\Theta b / 25,4)^2 / 183,35$
$I =$ Isocinetismo 90 < I < 110	97,86	%	$I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100$
$Ac =$ Área da Chaminé	17,8701	m <sup>2</sup>	$Ac = \Theta c^2 * 0,7854$
$Vaacc =$ Vazão do efluente nas condições da chaminé	707550,591	m <sup>3</sup> / h	$Vaacc = Ac * Vc * 18,288$
$Vaecnbs =$ Vazão do efluente nas condições normais, base seca	439791,917	Nm <sup>3</sup> / h	$Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva) * 16,44] / Tc$
$Vmcnbs =$ Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,064	Nm <sup>3</sup>	$Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)$
$C MP =$ Concentração de Material Particulado no efluente	639,34	mg / Nm <sup>3</sup>	$C MP = MP / Vmcnbs$
$Tc MP =$ Taxa de Emissão de Material Particulado	281,179	Kg / h	$Tc MP = (C MP * Vaecnbs) / 1000000$
$C H_2SO_4 =$ Concentração de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> no efluente	0,00	mg / Nm <sup>3</sup>	$C H_2SO_4 = H_2SO_4 / Vmcnbs$
$Tc H_2SO_4 =$ Taxa de Emissão de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,000	kg / h	$Tc H_2SO_4 = (C H_2SO_4 * Vaecnbs) / 1000000$
$C SO_2 =$ Concentração de SO <sub>2</sub> no efluente	717,69	mg / Nm <sup>3</sup>	$C SO_2 = SO_2 / Vmcnbs$
$Tc SO_2 =$ Taxa de Emissão de SO <sub>2</sub>	315,634	kg / h	$Tc SO_2 = (C SO_2 * Vaecnbs) / 1000000$

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**

<b>EMPRESA</b> CGTEE	<b>LOCAL</b> Caldeira 1	<b>DATA</b> 08/03/12	<b>Responsável</b> Renan Moraes
-------------------------	----------------------------	-------------------------	------------------------------------

Vacuômetro		Barômetro	Termômetro	Pipeta
EA 138		EA 074	204620/03	M 007
<b>Amostra 01</b>				
Identificação do Frasco	M 001	M 003	M 004	EA 053
Volume do Frasco (Vf)	2229,1 mL	2234,2 mL	2277,1 mL	2250,9 mL
Volume Absorvente (Va)	2,5 mL	2,5 mL	2,5 mL	2,5 mL
Condições Iniciais				
Data	08/03/2012	08/03/2012	08/03/2012	08/03/2012
Hora	16:15	16:20	16:25	16:30
Pressão Atmosférica inicial	744,22 mmHg	744,22 mmHg	744,22 mmHg	744,22 mmHg
Pressão inicial do Frasco	400 mmHg	400 mmHg	400 mmHg	400 mmHg
Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	344,22 mmHg	344,22 mmHg	344,22 mmHg	344,22 mmHg
Temperatura inicial do Frasco	26 °C	26 °C	26 °C	26 °C
Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	299 K	299 K	299 K	299 K
Condições Finais				
Data	09/03/2012	09/03/2012	09/03/2012	09/03/2012
Hora	10:10	10:15	10:20	10:25
Pressão Atmosférica Final	744,98 mmHg	744,98 mmHg	744,98 mmHg	744,98 mmHg
Pressão final do Frasco	20 mmHg	20 mmHg	20 mmHg	5 mmHg
Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	724,98 mmHg	724,98 mmHg	724,98 mmHg	739,98 mmHg
Temperatura final do Frasco	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C
Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	295 K	295 K	295 K	295 K
Resultados de Análise				
Massa Total de NOx (m <sub>NOx</sub> )	41,28 µg	33,47 µg	28,47 µg	28,71 µg
Cert Ensaio N°	232.096 / 232.086	232.097 / 232.086	232.098 / 232.086	28,71 µg
Cálculo do Volume amostrado				
Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1034,26 mL	1036,66 mL	1033,32 mL	1085,15 mL
Cálculo da Concentração de NOx				
Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C <sub>NOx</sub> )	39,913 mg/Nm <sup>3</sup>	32,287 mg/Nm <sup>3</sup>	27,552 mg/Nm <sup>3</sup>	26,457 mg/Nm <sup>3</sup>
Cálculo da Taxa de Emissão de NOx				
Vazão (V <sub>acnbs</sub> )	438615 Nm <sup>3</sup> /h	438615 Nm <sup>3</sup> /h	438615 Nm <sup>3</sup> /h	438615 Nm <sup>3</sup> /h
Taxa de Emissão de NOx (T <sub>NOx</sub> )	17,506 Kg/h	14,161 Kg/h	12,085 Kg/h	11,605 Kg/h

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

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

Limite de detecção do método: 1,32µg  
OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICACAO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA  
IS/ENAM-E-0004 Rev.02-Plan10