

# RELATÓRIO DE ENSAIO

224.940 / 2011



## AMOSTRAGEM DE CHAMINÉS

**ISATEC**

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

**PROCESSO:** Caldeira I – Chaminé.

**DATA:** 20 de Julho de 2011.

## Relatório de Ensaio N.º 224.940 / 2011

### 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 – Chaminé.

**DATA:** 20 de Julho de 2011.

# Relatório de Ensaio N.º 224.940 / 2011

## 1. OBJETIVO

Realizar Amostragens no efluente gasoso proveniente da queima de carvão da Caldeira I na Chaminé para determinar a Concentração e Taxa de Emissão de Material Particulado, NO<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:

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

## Relatório de Ensaio N.º 224.940 / 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 224.940 / 2011

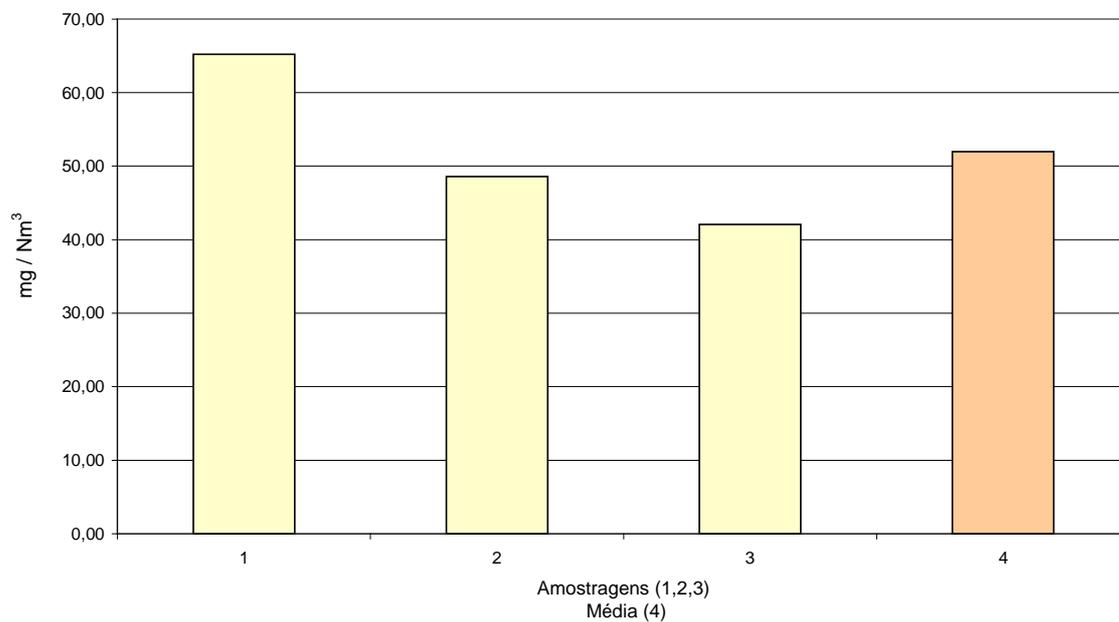
### 6. RESULTADOS

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

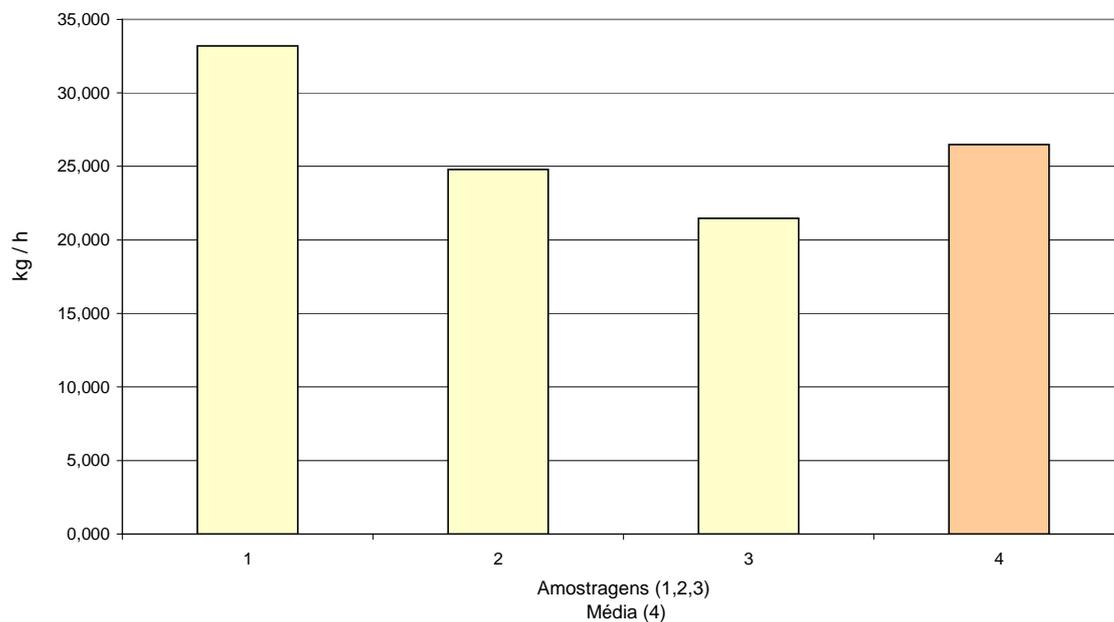
|  |                      | AMOSTRAS  |           |           |           |
|--|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  |                      | 1         | 2         | 3         | Média     |
| Dia da Amostragem  | d:m:a                | 20/07/11  | 20/07/11  | 20/07/11  | -         |
| Hora início da amostragem                                  | h:min                | 15:30     | 17:10     | 18:35     | -         |
| Hora de término da amostragem                              | h:min                | 16:48     | 18:17     | 19:51     | -         |
| Tempo de amostragem  | min                  | 60        | 60        | 60        | -         |
| Temperatura da chaminé                                     | °C                   | 106,3     | 105,2     | 107,7     | 106,4     |
| Pressão na chaminé   | "Hg                  | 29,05     | 29,05     | 29,05     | 29,05     |
| Pressão no medidor de gas                                  | "Hg                  | 29,23     | 29,23     | 29,23     | 29,23     |
| Volume agua nas condições de chaminé                       | ft <sup>3</sup>      | 3,45      | 3,65      | 3,32      | 3,47      |
| Volume gases medido nas condições chaminé                  | ft <sup>3</sup>      | 55,62     | 55,47     | 56,30     | 55,80     |
| Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé                |                      | 0,058     | 0,062     | 0,056     | 0,059     |
| Peso molecular base úmida                                  |                      | 29,164    | 29,023    | 29,220    | 29,136    |
| Velocidade na chaminé                                      | ft / min             | 2366,51   | 2374,16   | 2373,88   | 2371,52   |
| Velocidade na chaminé                                      | m / s                | 12,02     | 12,06     | 12,06     | 12,05     |
| Área da Boquilha   | ft <sup>2</sup>      | 0,00041   | 0,00041   | 0,00041   | 0,00041   |
| Isocinetismo   | %                    | 100,42    | 100,18    | 101,04    | 100,55    |
| 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   | 773397,62 | 775895,51 | 775804,35 | 775032,49 |
| Vazão do efluente nas condições normais, base seca         | Nm <sup>3</sup> / h  | 509006,91 | 510282,79 | 510099,98 | 509796,56 |
| Volume amostrado nas condições normais, base seca          | Nm <sup>3</sup>      | 1,1010    | 1,1011    | 1,1102    | 1,1041    |
| Concentração de Material Particulado no efluente           | mg / Nm <sup>3</sup> | 65,21     | 48,59     | 42,06     | 51,95     |
| Taxa de emissão de Material Particulado                    | kg / h               | 33,193    | 24,792    | 21,456    | 26,481    |
| Concentração de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> no efluente | mg / Nm <sup>3</sup> | 79,79     | 77,47     | 86,02     | 81,093    |
| Taxa de emissão de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>          | kg / h               | 40,614    | 39,530    | 43,879    | 41,341    |
| Concentração de SO <sub>2</sub> no efluente                | mg / Nm <sup>3</sup> | 2355,92   | 2642,61   | 2410,65   | 2469,72   |
| Taxa de emissão de SO <sub>2</sub>                         | kg / h               | 1199,180  | 1348,478  | 1229,670  | 1259,109  |

# Relatório de Ensaio N.º 224.940 / 2011

### Concentração de Material Particulado no efluente

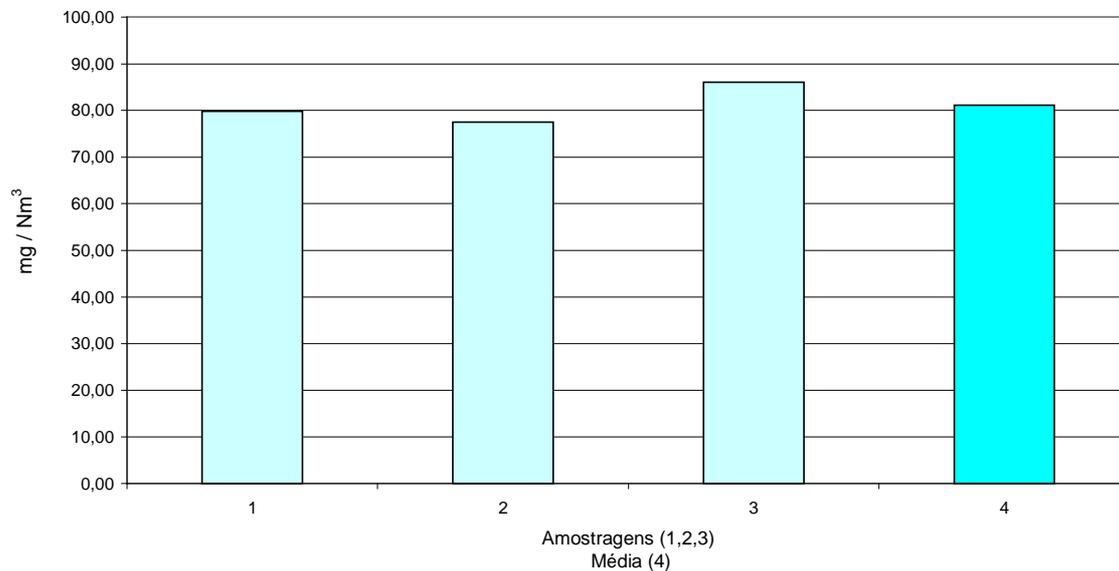


### Taxa de emissão de Material Particulado

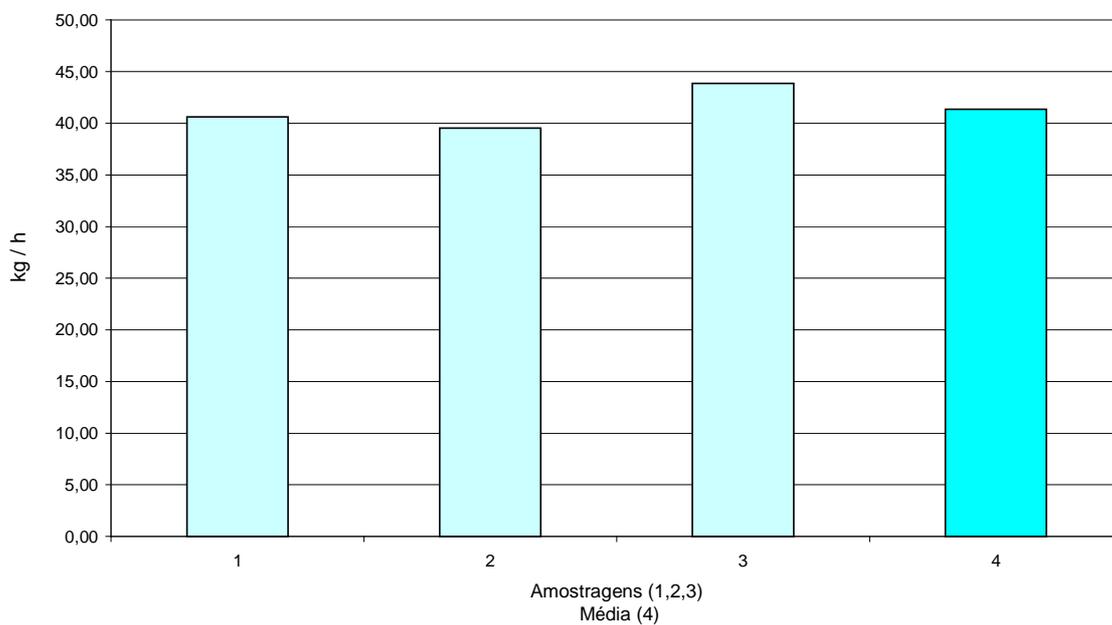


# Relatório de Ensaio N.º 224.940 / 2011

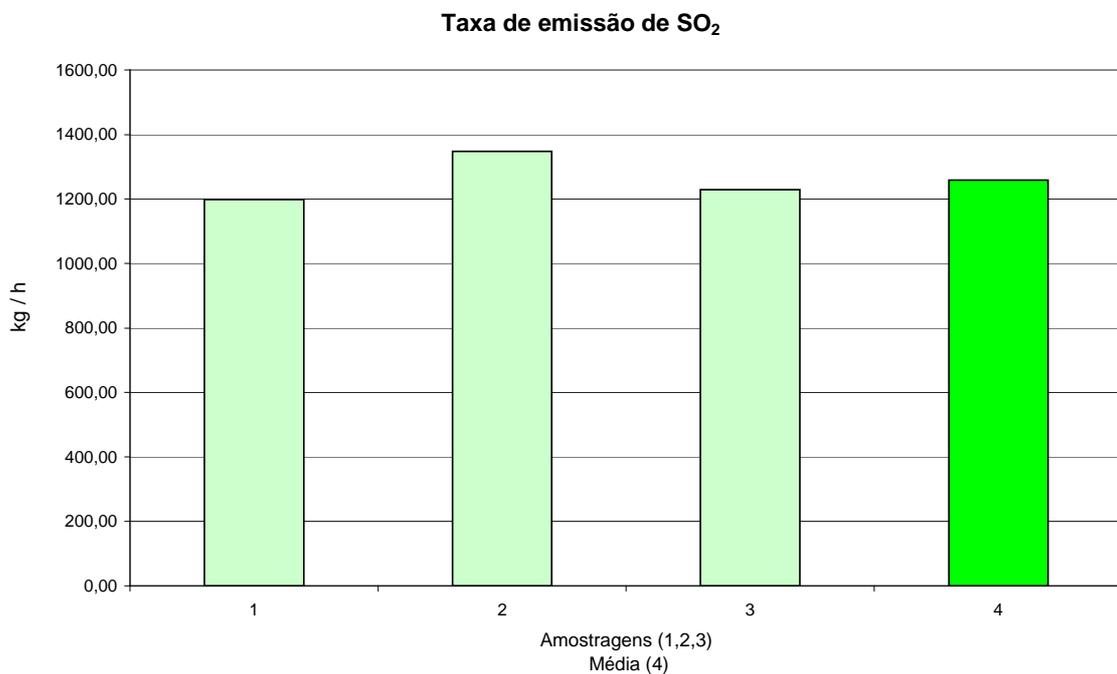
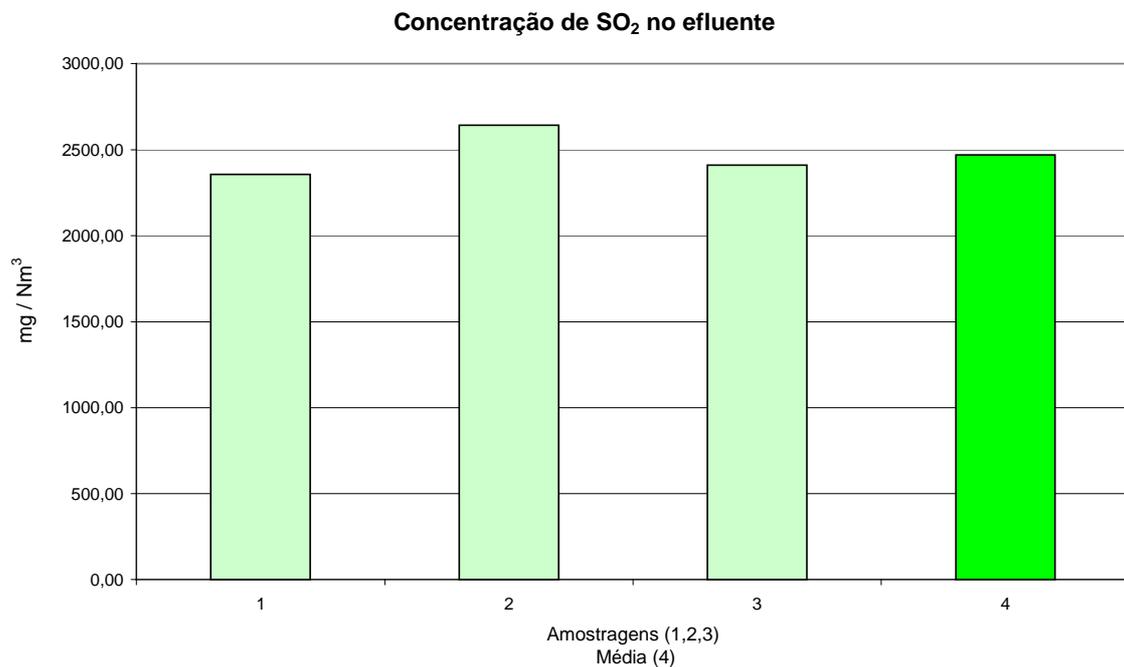
## Concentração de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> no efluente



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



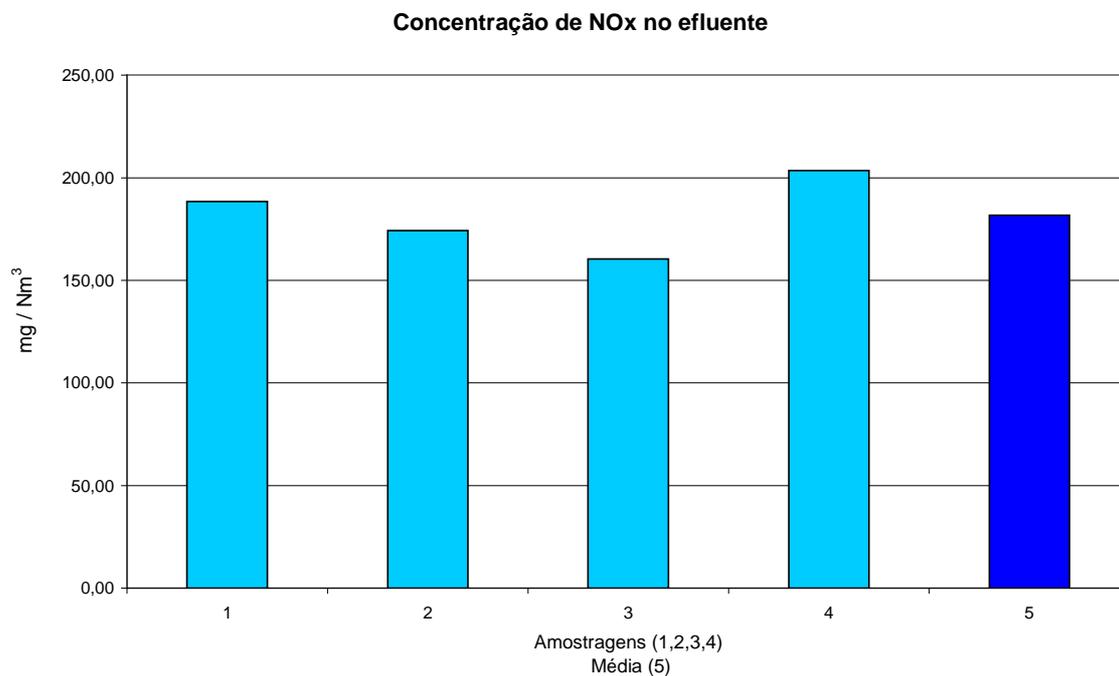
# Relatório de Ensaio N.º 224.940 / 2011



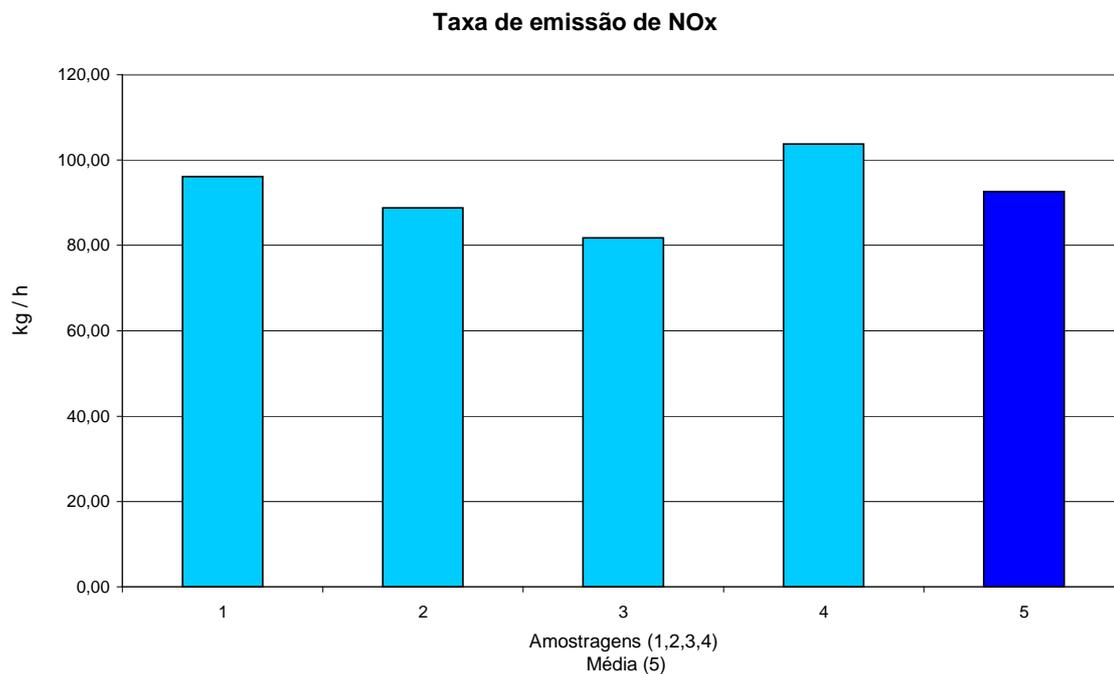
## Relatório de Ensaio N.º 224.940 / 2011

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

|   |                      | Amostras |          |          |          |          |
|---|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   |                      | 1        | 2        | 3        | 4        | Média    |
| Vazão média do efluente                     | Nm <sup>3</sup> / h  | 509796,6 |          |          |          |          |
| Concentração de NO <sub>x</sub> no efluente | mg / Nm <sup>3</sup> | 188,4962 | 174,1998 | 160,3964 | 203,6070 | 181,6749 |
| Taxa de emissão de NO <sub>x</sub>          | kg / h               | 96,0947  | 88,8065  | 81,7695  | 103,7981 | 92,6172  |



## Relatório de Ensaio N.º 224.940 / 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 224.940 / 2011**

**Rio Grande, 09 de Agosto 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. ESTES DOCUMENTOS SÓ PODERÃO SER REPRODUZIDOS NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

## **Relatório de Ensaio N.º 224.940 / 2011**

ANEXOS

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



**PLANILHA 1 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO - AMOSTRAGEM I**

| EMPRESA       |              |                             | LOCAL              |                               |                     | DATA                |                       | NUMERO                       |                         |
|---------------|--------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------|
| CGTEE         |              |                             | Caldeira I Chaminé |                               |                     | 20/07/11            |                       | 1                            |                         |
| Amostragem de |              |                             | Duto               |                               | Pressão Barométrica |                     | Duração da amostragem |                              |                         |
| MP            | SOx          |                             | 4,77 m             |                               | 29,10 pol Hg        |                     | 60 minutos            |                              |                         |
| Amostrador    |              |                             | Boquilha           |                               | FCM                 | Cp                  | Início                |                              |                         |
| Renan Morais  |              |                             | 7 mm               |                               | 0,99                | 0,862               | 15:30                 |                              |                         |
|               |              |                             |                    |                               |                     |                     | Fim                   |                              |                         |
|               |              |                             |                    |                               |                     |                     | 16:48                 |                              |                         |
| PONTO         | Tempo<br>min | Distância<br>do ponto<br>cm | ΔP<br>mm H2O       | Pressão<br>Estática<br>mm H2O | ΔH<br>mm H2O        | Temperatura Medidor |                       | Temperatura<br>Chaminé<br>°C | Medidor<br>Gases<br>ft3 |
|               |              |                             |                    |                               |                     | Entrada<br>°C       | Saída<br>°C           |                              |                         |
| 1             | 5            | 21,0                        | 8,00               | -                             | 40,24               | 11                  | 10                    | 104                          | 860,200                 |
| 2             | 5            | 69,6                        | 8,00               | -17,00                        | 40,24               | 12                  | 10                    | 106                          | -                       |
| 3             | 5            | 141,2                       | 9,50               | -                             | 47,79               | 13                  | 10                    | 106                          | -                       |
| 4             | 5            | 335,8                       | 10,00              | -20,00                        | 50,30               | 13                  | 11                    | 108                          | -                       |
| 5             | 5            | 407,4                       | 10,00              | -                             | 50,30               | 14                  | 11                    | 105                          | -                       |
| 6             | 5            | 456,0                       | 9,00               | -18,00                        | 45,27               | 14                  | 11                    | 104                          | 881,670                 |
| 7             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 8             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 9             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 10            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 11            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 12            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 1             | 5            | 21,0                        | 8,00               | -                             | 40,24               | 15                  | 12                    | 105                          | 881,670                 |
| 2             | 5            | 69,6                        | 8,00               | -17,00                        | 40,24               | 15                  | 12                    | 105                          | -                       |
| 3             | 5            | 141,2                       | 9,50               | -                             | 47,79               | 16                  | 12                    | 106                          | -                       |
| 4             | 5            | 335,8                       | 10,00              | -20,00                        | 50,30               | 16                  | 13                    | 108                          | -                       |
| 5             | 5            | 407,4                       | 9,50               | -                             | 47,79               | 16                  | 13                    | 110                          | -                       |
| 6             | 5            | 456,0                       | 9,00               | -18,00                        | 45,27               | 17                  | 13                    | 108                          | 902,300                 |
| 7             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 8             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 9             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 10            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 11            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 12            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| MÉDIA         | 60           | -                           | 9,042              | -18,333                       | 45,480              | 14,3                | 11,5                  | 106,3                        | 42,100                  |

**Monitoramentos**

**Identificação dos equipamentos**

|                               |   |   |   |   |                  |        |
|-------------------------------|---|---|---|---|------------------|--------|
| Temperatura do Forno (°C)     | - | - | - | - | Barômetro        | EA 065 |
| Temperatura Sonda Rígida (°C) | - | - | - | - | Cronômetro       | EA 145 |
| Temperatura borbulhadores(°C) | 9 | 9 | 9 | 9 | Sonda Rígida     | EA 026 |
|                               |   |   |   |   | Coluna U         | EA 140 |
|                               |   |   |   |   | Termopar Chaminé | EA 069 |
|                               |   |   |   |   | Aparelho         | EA 071 |
|                               |   |   |   |   | Pitot            | P 09   |
|                               |   |   |   |   | Boquilha         | 7      |

**Teste de Vazamento do trem**

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

**Teste de Vazamento do Pitot**

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

**Verificação da temperatura antes da amostragem \***

|                      |   |    |                                  |    |    |
|----------------------|---|----|----------------------------------|----|----|
| Temperatura Ambiente | 8 | °C | Temperatura no Gasometro entrada | 10 | °C |
|                      |   |    | Temperatura no Gasometro saída   | 10 | °C |

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

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

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



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

|                         |                                    |                         |                    |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| <b>EMPRESA</b><br>CGTEE | <b>LOCAL</b><br>Caldeira I Chaminé | <b>DATA</b><br>20/07/11 | <b>NUMERO</b><br>1 |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------|

**Verificação da Balança**

Responsável **Eversom Ribeiro**

|                              |        |                           |          |        |          |
|------------------------------|--------|---------------------------|----------|--------|----------|
| Identificação da Balança     | EA 016 | Peso Padrão               | 500 g    |        |          |
| Identificação do Peso Padrão | EA 067 | Valor indicado na balança | 499,9g < | 500,05 | <500,1 g |

**Borbulhadores**

Responsável **Eversom Ribeiro**

| Número dos Borbulhadores | Volume(mL) | Solução Absorvente      | Tara (g) | Final (g) | Diferença (g) |
|--------------------------|------------|-------------------------|----------|-----------|---------------|
| 1                        | -          | Álcool Isopropílico 80% | 689,45   | 715,51    | 26,06         |
| 2                        | -          | H2O2 5%                 | 715,29   | 731,10    | 15,81         |
| 3                        | -          | H2O2 5%                 | 723,96   | 731,11    | 7,15          |
| 4                        | -          | Sílica                  | 732,07   | 737,83    | 5,76          |
| 5                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| 6                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| 7                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| 8                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| <b>TOTAL</b>             |            |                         | 2860,77  | 2915,55   | 54,78         |

**Composição do Gases**

Responsável **Eversom Ribeiro**

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| Identificação do analisador de gases | EA 143 |
|--------------------------------------|--------|

| Componentes                        | AMOSTRAS |      |      |       | Peso Molecular | PM X % |
|------------------------------------|----------|------|------|-------|----------------|--------|
|                                    | 1º       | 2º   | 3º   | MÉDIA |                |        |
| O <sub>2</sub>                     | 11,0     | 11,4 | 11,2 | 11,2  | 32             | 3,6    |
| CO                                 | 0,0      | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 28             | 0,0    |
| CO <sub>2</sub>                    | 9,0      | 8,6  | 8,8  | 8,8   | 44             | 3,9    |
| N <sub>2</sub>                     | 80,0     | 80,0 | 80,0 | 80,0  | 28             | 22,4   |
| <b>PESO MOLECULAR SECO = Pms =</b> |          |      |      |       |                | 29,86  |

**Resultados dos Ensaio de Laboratório**

Responsável **LABAN**

|         |    |    |       |                |                  |
|---------|----|----|-------|----------------|------------------|
| 0,0195  | g  | de | MP    | Certificado nº | 224.940          |
| 87,85   | mg | de | H2SO4 | Certificado nº | 224.943; 224.950 |
| 2593,94 | mg | de | SO2   | Certificado nº | 224.946; 224.951 |

**Resultados das Pesagens de Material Particulado**

Responsável **Renan Moraes**

| Elemento Filtrante | Nº | Tara (g) | Final (g) | Diferença (g) |
|--------------------|----|----------|-----------|---------------|
| Capsula            | 16 | 40,832   | 40,8843   | 0,0523        |
| Filtro             | -  | -        | -         | -             |
| Ciclone            | -  | -        | -         | -             |
| <b>Total</b>       |    |          |           | 0,0523        |

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

**ISATEC**

|                         |                                    |                         |                    |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| <b>EMPRESA</b><br>CGTEE | <b>LOCAL</b><br>Caldeira I Chaminé | <b>DATA</b><br>20/07/11 | <b>NÚMERO</b><br>1 |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------|

|                                |   |  |                                 |                |
|--------------------------------|---|--|---------------------------------|----------------|
| (g) MH <sub>2</sub> O = 54,780 | (R) Tc = 683,25                             | ("Hg)Patm= 29,100                            | ("H <sub>2</sub> O)Pest= -0,722 | (mm) Θb = 7,00 |
| (R) Tm = 515,25                | ("H <sub>2</sub> O)ΔH= 1,791                | (ft <sup>3</sup> ) Vm = 42,100               | Cp = 0,862                      | (m) ΘC = 4,77  |
| FCM = 0,99                     | Pms = 29,856                                | ("H <sub>2</sub> O)ΔP <sup>1/2</sup> = 0,596 | (min) @ = 60                    |                |
| (mg)MP = 71,800                | (mg)H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 87,853 | (mg)SO <sub>2</sub> = 2593,940               |                                 |                |

|   |            |                      |  |
|---|------------|----------------------|--|
| Pc = Pressão na chaminé   | 29,047     | "Hg                  | Pc = Patm + Pest / 13,6  |
| Pm = Pressão no medidor de gas  | 29,232     | "Hg                  | Pm = Patm + ΔH / 13,6  |
| Vacc = Volume agua nas condições de chaminé   | 3,445      | ft <sup>3</sup>      | Vacc = (MH <sub>2</sub> O * Tc) / (374 * Pc)   |
| Vmcc = Volume gases medido nas condições chaminé  | 55,620     | ft <sup>3</sup>      | Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)  |
| Pvva = Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé  | 0,058      |                      | Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)  |
| Pmu = Peso molecular base úmida   | 29,164     |                      | Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)   |
| Vc = Velocidade na chaminé  | 2366,513   | ft / min             | Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] <sup>1/2</sup> * ΔP <sup>1/2</sup>                  |
| Vc <sub>1</sub> = Velocidade na chaminé   | 12,022     | m / s                | Vc <sub>1</sub> = Vc * 0,00508   |
| Ab = Área da Boquilha   | 0,000414   | ft <sup>2</sup>      | Ab = (Θb / 25,4) <sup>2</sup> / 183,35   |
| I = Isocinetismo 90 < I < 110   | 100,42     | %                    | I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100  |
| Ac = Área da Chaminé  | 17,8701    | m <sup>2</sup>       | Ac = Θc <sup>2</sup> * 0,7854  |
| Vaacc = Vazão do efluente nas condições da chaminé  | 773397,616 | m <sup>3</sup> / h   | Vaacc = Ac * Vc * 18,288   |
| Vaecnbs = Vazão do efluente nas condições normais, base seca                                  | 509006,911 | Nm <sup>3</sup> / h  | Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva)] * 16,44 / Tc   |
| Vmcnbs = Volume amostrado nas condições normais, base seca                                    | 1,101      | Nm <sup>3</sup>      | Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)   |
| C MP= Concentração de Material Particulado no efluente  | 65,21      | mg / Nm <sup>3</sup> | C MP= MP / Vmcnbs  |
| Te MP= Taxa de Emissão de Material Particulado  | 33,193     | Kg / h               | Te MP=( C MP * Vaecnbs) / 1000000  |
| C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = Concentração de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> no efluente | 79,79      | mg / Nm <sup>3</sup> | C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / Vmcnbs                 |
| Te H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = Taxa de Emissão de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>         | 40,614     | kg / h               | Te H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =( C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> * Vaecnbs) / 1000000 |
| C SO <sub>2</sub> = Concentração de SO <sub>2</sub> no efluente                               | 2355,92    | mg / Nm <sup>3</sup> | C SO <sub>2</sub> = SO <sub>2</sub> / Vmcnbs   |
| Te SO <sub>2</sub> = Taxa de Emissão de SO <sub>2</sub>                                       | 1199,180   | kg / h               | Te SO <sub>2</sub> =( C SO <sub>2</sub> * Vaecnbs) / 1000000                               |

**OBSERVAÇÕES:**

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

IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan03

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



**PLANILHA 4 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO AMOSTRAGEM 2**

| EMPRESA       |              |                             | LOCAL              |                               |                     | DATA                |                       | NUMERO                       |                         |
|---------------|--------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------|
| CGTEE         |              |                             | Caldeira I Chaminé |                               |                     | 20/07/11            |                       | 2                            |                         |
| Amostragem de |              |                             | Duto               |                               | Pressão Barométrica |                     | Duração da amostragem |                              |                         |
| MP            | SOx          |                             | 4,77 m             |                               | 29,10 pol Hg        |                     | 60 minutos            |                              |                         |
| Amostrador    |              |                             | Boquilha           |                               | FCM                 | Cp                  | Início                |                              |                         |
| Renan Morais  |              |                             | 7 mm               |                               | 0,99                | 0,862               | 17:10                 |                              |                         |
|               |              |                             |                    |                               |                     |                     | Fim                   |                              |                         |
|               |              |                             |                    |                               |                     |                     | 18:17                 |                              |                         |
| PONTO         | Tempo<br>min | Distância<br>do ponto<br>cm | ΔP<br>mm H2O       | Pressão<br>Estática<br>mm H2O | ΔH<br>mm H2O        | Temperatura Medidor |                       | Temperatura<br>Chaminé<br>°C | Medidor<br>Gases<br>ft3 |
|               |              |                             |                    |                               |                     | Entrada<br>°C       | Saída<br>°C           |                              |                         |
| 1             | 5            | 21,0                        | 8,00               | -                             | 40,24               | 13                  | 12                    | 104                          | 903,120                 |
| 2             | 5            | 69,6                        | 8,00               | -17,00                        | 40,24               | 14                  | 12                    | 104                          | -                       |
| 3             | 5            | 141,2                       | 9,50               | -                             | 47,79               | 15                  | 12                    | 106                          | -                       |
| 4             | 5            | 335,8                       | 10,00              | -20,00                        | 50,30               | 16                  | 13                    | 107                          | -                       |
| 5             | 5            | 407,4                       | 10,00              | -                             | 50,30               | 16                  | 13                    | 108                          | -                       |
| 6             | 5            | 456,0                       | 9,00               | -18,00                        | 45,27               | 17                  | 13                    | 106                          | 925,040                 |
| 7             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 8             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 9             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 10            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 11            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 12            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 1             | 5            | 21,0                        | 8,00               | -                             | 40,24               | 17                  | 13                    | 103                          | 925,040                 |
| 2             | 5            | 69,6                        | 8,00               | -17,00                        | 40,24               | 18                  | 14                    | 104                          | -                       |
| 3             | 5            | 141,2                       | 9,50               | -                             | 47,79               | 18                  | 14                    | 105                          | -                       |
| 4             | 5            | 335,8                       | 10,00              | -20,00                        | 50,30               | 19                  | 14                    | 104                          | -                       |
| 5             | 5            | 407,4                       | 10,00              | -                             | 50,30               | 19                  | 14                    | 105                          | -                       |
| 6             | 5            | 456,0                       | 9,00               | -19,50                        | 45,27               | 19                  | 15                    | 106                          | 945,530                 |
| 7             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 8             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 9             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 10            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 11            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 12            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| MÉDIA         | 60           | -                           | 9,083              | -18,583                       | 45,689              | 16,8                | 13,3                  | 105,2                        | 42,410                  |

**Monitoramentos**

**Identificação dos equipamentos**

|                               |   |   |    |    |                  |        |
|-------------------------------|---|---|----|----|------------------|--------|
| Temperatura do Forno (°C)     | - | - | -  | -  | Barômetro        | EA 065 |
| Temperatura Sonda Rígida (°C) | - | - | -  | -  | Cronômetro       | EA 145 |
| Temperatura borbulhadores(°C) | 8 | 9 | 10 | 10 | Sonda Rígida     | EA 026 |
|                               |   |   |    |    | Coluna U         | EA 140 |
|                               |   |   |    |    | Termopar Chaminé | EA 069 |
|                               |   |   |    |    | Aparelho         | EA 071 |
|                               |   |   |    |    | Pitot            | P 09   |
|                               |   |   |    |    | Boquilha         | 7      |

**Teste de Vazamento do trem**

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

**Teste de Vazamento do Pitot**

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

**Verificação da temperatura antes da amostragem \***

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

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

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

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



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

|                         |                                    |                         |                    |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| <b>EMPRESA</b><br>CGTEE | <b>LOCAL</b><br>Caldeira I Chaminé | <b>DATA</b><br>20/07/11 | <b>NÚMERO</b><br>2 |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------|

**Verificação da Balança**

Responsável **Eversom Ribeiro**

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

**Borbulhadores**

Responsável **Eversom Ribeiro**

| Número dos Borbulhadores | Volume(mL) | Solução Absorvente      | Tara (g) | Final (g) | Diferença (g) |
|--------------------------|------------|-------------------------|----------|-----------|---------------|
| 1                        | -          | Álcool Isopropílico 80% | 695,65   | 722,80    | 27,15         |
| 2                        | -          | H2O2 5%                 | 700,24   | 717,14    | 16,90         |
| 3                        | -          | H2O2 5%                 | 707,19   | 715,42    | 8,23          |
| 4                        | -          | Sílica                  | 731,00   | 736,85    | 5,85          |
| 5                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| 6                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| 7                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| 8                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| <b>TOTAL</b>             |            |                         | 2834,08  | 2892,21   | 58,13         |

**Composição do Gases**

Responsável **Eversom Ribeiro**

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| Identificação do analisador de gases | EA 143 |
|--------------------------------------|--------|

| Componentes                        | AMOSTRAS |      |      |       | Peso Molecular | PM X % |
|------------------------------------|----------|------|------|-------|----------------|--------|
|                                    | 1º       | 2º   | 3º   | MÉDIA |                |        |
| O <sub>2</sub>                     | 11,9     | 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>                    | 7,9      | 8,0  | 8,0  | 8,0   | 44             | 3,5    |
| N <sub>2</sub>                     | 80,2     | 80,2 | 80,2 | 80,2  | 28             | 22,5   |
| <b>PESO MOLECULAR SECO = Pms =</b> |          |      |      |       |                | 29,75  |

**Resultados dos Ensaio de Laboratório**

Responsável **LABAN**

|         |    |    |       |                |                  |
|---------|----|----|-------|----------------|------------------|
| 0,0054  | g  | de | MP    | Certificado nº | 224.941          |
| 85,30   | mg | de | H2SO4 | Certificado nº | 224.944; 224.950 |
| 2909,90 | mg | de | SO2   | Certificado nº | 224.947; 224.951 |

**Resultados das Pesagens de Material Particulado**

Responsável **Renan Moraes**

| Elemento Filtrante | Nº | Tara (g) | Final (g) | Diferença (g) |
|--------------------|----|----------|-----------|---------------|
| Capsula            | 18 | 51,5352  | 51,5833   | 0,0481        |
| Filtro             | -  | -        | -         | -             |
| Ciclone            | -  | -        | -         | -             |
| <b>Total</b>       |    |          |           | 0,0481        |

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

**ISATEC**

| EMPRESA | LOCAL              | DATA     | NÚMERO |
|---------|--------------------|----------|--------|
| CGTEE   | Caldeira I Chaminé | 20/07/11 | 2      |

|                         |        |                                      |        |  |          |                          |        |           |      |
|-------------------------|--------|--------------------------------------|--------|--|----------|--------------------------|--------|-----------|------|
| (g) MH <sub>2</sub> O = | 58,130 | (R) Tc =                             | 681,30 | ("Hg)Patm=                             | 29,100   | ("H <sub>2</sub> O)Pest= | -0,732 | (mm) Θb = | 7,00 |
| (R) Tm =                | 519,00 | ("H <sub>2</sub> O)ΔH=               | 1,799  | (ft <sup>3</sup> ) Vm =                | 42,410   | Cp =                     | 0,862  | (m) ΘC =  | 4,77 |
| FCM =                   | 0,99   | Pms =                                | 29,748 | ("H <sub>2</sub> O)ΔP <sup>1/2</sup> = | 0,597    | (min) @ =                | 60     |           |      |
| (mg)MP =                | 53,500 | (mg)H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = | 85,303 | (mg)SO <sub>2</sub> =                  | 2909,900 |                          |        |           |      |

|                                     |  |              |                      |  |
|-------------------------------------|--|--------------|----------------------|--|
| Pc =                                | Pressão na chaminé   | 29,046       | "Hg                  | Pc = Patm + Pest / 13,6  |
| Pm =                                | Pressão no medidor de gas                                  | 29,232       | "Hg                  | Pm = Patm + ΔH / 13,6  |
| Vacc =                              | Volume agua nas condições de chaminé                       | 3,646        | ft <sup>3</sup>      | Vacc = (MH <sub>2</sub> O * Tc) / (374 * Pc)   |
| Vmcc =                              | Volume gases medido nas condições chaminé                  | 55,469       | ft <sup>3</sup>      | Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)  |
| Pvva =                              | Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé                | 0,062        |                      | Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)  |
| Pmu =                               | Peso molecular base úmida                                  | 29,023       |                      | Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)   |
| Vc =                                | Velocidade na chaminé                                      | 2374,157     | ft / min             | Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] <sup>1/2</sup> * ΔP <sup>1/2</sup>                  |
| Vc <sub>1</sub> =                   | Velocidade na chaminé                                      | 12,061       | m / s                | Vc <sub>1</sub> = Vc * 0,00508   |
| Ab =                                | Área da Boquilha   | 0,000414     | ft <sup>2</sup>      | Ab = (Θb / 25,4) <sup>2</sup> / 183,35   |
| I =                                 | Isocinetismo   | 90 < I < 110 |                      | I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100  |
| Ac =                                | Área da Chaminé  | 17,8701      | m <sup>2</sup>       | Ac = Θc <sup>2</sup> * 0,7854  |
| Vaacc =                             | Vazão do efluente nas condições da chaminé                 | 775895,511   | m <sup>3</sup> / h   | Vaacc = Ac * Vc * 18,288   |
| Vaecnbs =                           | Vazão do efluente nas condições normais, base seca         | 510282,786   | Nm <sup>3</sup> / h  | Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva) * 16,44] / Tc   |
| Vmcnbs =                            | Volume amostrado nas condições normais, base seca          | 1,101        | Nm <sup>3</sup>      | Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)   |
| C MP=                               | Concentração de Material Particulado no efluente           | 48,59        | mg / Nm <sup>3</sup> | C MP= MP / Vmcnbs  |
| Te MP=                              | Taxa de Emissão de Material Particulado                    | 24,792       | Kg / h               | Te MP=( C MP * Vaecnbs) / 1000000  |
| C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =  | Concentração de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> no efluente | 77,47        | mg / Nm <sup>3</sup> | C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / Vmcnbs                 |
| Te H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = | Taxa de Emissão de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>          | 39,530       | kg / h               | Te H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =( C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> * Vaecnbs) / 1000000 |
| C SO <sub>2</sub> =                 | Concentração de SO <sub>2</sub> no efluente                | 2642,61      | mg / Nm <sup>3</sup> | C SO <sub>2</sub> = SO <sub>2</sub> / Vmcnbs   |
| Te SO <sub>2</sub> =                | Taxa de Emissão de SO <sub>2</sub>                         | 1348,478     | kg / h               | Te SO <sub>2</sub> =( C SO <sub>2</sub> * 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 Chaminé |                               |                     | 20/07/11            |                       | 3                            |                         |
| Amostragem de |              |                             | Duto               |                               | Pressão Barométrica |                     | Duração da amostragem |                              |                         |
| MP            | SOx          |                             | 4,77 m             |                               | 29,10 pol Hg        |                     | 60 minutos            |                              |                         |
| Amostrador    |              |                             | Boquilha           |                               | FCM                 |                     | Cp                    |                              | Início                  |
| Renan Morais  |              |                             | 7 mm               |                               | 0,99                |                     | 0,862                 |                              | Fim                     |
|               |              |                             |                    |                               |                     |                     |                       |                              | 18:35                   |
|               |              |                             |                    |                               |                     |                     |                       |                              | 19:51                   |
| PONTO         | Tempo<br>min | Distância<br>do ponto<br>cm | ΔP<br>mm H2O       | Pressão<br>Estática<br>mm H2O | ΔH<br>mm H2O        | Temperatura Medidor |                       | Temperatura<br>Chaminé<br>°C | Medidor<br>Gases<br>ft3 |
|               |              |                             |                    |                               |                     | Entrada<br>°C       | Saída<br>°C           |                              |                         |
| 1             | 5            | 21,0                        | 8,00               | -                             | 40,24               | 16                  | 14                    | 105                          | 946,340                 |
| 2             | 5            | 69,6                        | 8,00               | -18,00                        | 40,24               | 17                  | 14                    | 106                          | -                       |
| 3             | 5            | 141,2                       | 10,00              | -                             | 50,30               | 17                  | 15                    | 108                          | -                       |
| 4             | 5            | 335,8                       | 10,00              | -20,00                        | 50,30               | 18                  | 15                    | 108                          | -                       |
| 5             | 5            | 407,4                       | 10,00              | -                             | 50,30               | 18                  | 15                    | 108                          | -                       |
| 6             | 5            | 456,0                       | 8,50               | -18,50                        | 42,76               | 19                  | 16                    | 108                          | 967,910                 |
| 7             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 8             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 9             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 10            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 11            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 12            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 1             | 5            | 21,0                        | 8,00               | -                             | 40,24               | 19                  | 16                    | 106                          | 967,910                 |
| 2             | 5            | 69,6                        | 8,50               | -18,00                        | 42,76               | 20                  | 16                    | 106                          | -                       |
| 3             | 5            | 141,2                       | 10,00              | -                             | 50,30               | 20                  | 16                    | 108                          | -                       |
| 4             | 5            | 335,8                       | 9,50               | -20,00                        | 47,79               | 21                  | 17                    | 110                          | -                       |
| 5             | 5            | 407,4                       | 10,00              | -                             | 50,30               | 21                  | 17                    | 110                          | -                       |
| 6             | 5            | 456,0                       | 8,50               | -19,00                        | 42,76               | 21                  | 17                    | 109                          | 989,440                 |
| 7             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 8             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 9             | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 10            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 11            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| 12            | -            | -                           | -                  | -                             | -                   | -                   | -                     | -                            | -                       |
| MÉDIA         | 60           | -                           | 9,083              | -18,917                       | 45,689              | 18,9                | 15,7                  | 107,7                        | 43,100                  |

**Monitoramentos**

**Identificação dos equipamentos**

|                               |   |   |    |    |                  |        |
|-------------------------------|---|---|----|----|------------------|--------|
| Temperatura do Forno (°C)     | - | - | -  | -  | Barômetro        | EA 065 |
| Temperatura Sonda Rígida (°C) | - | - | -  | -  | Cronômetro       | EA 145 |
| Temperatura borbulhadores(°C) | 9 | 9 | 10 | 10 | Sonda Rígida     | EA 026 |
|                               |   |   |    |    | Coluna U         | EA 140 |
|                               |   |   |    |    | Termopar Chaminé | EA 069 |
|                               |   |   |    |    | Aparelho         | EA 071 |
|                               |   |   |    |    | Pitot            | P 09   |
|                               |   |   |    |    | Boquilha         | 7      |

**Teste de Vazamento do trem**

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

**Teste de Vazamento do Pitot**

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

**Verificação da temperatura antes da amostragem \***

|                      |   |    |                                  |   |    |
|----------------------|---|----|----------------------------------|---|----|
| Temperatura Ambiente | - | °C | Temperatura no Gasômetro entrada | - | °C |
|                      |   |    | Temperatura no Gasômetro 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**



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

|                         |                                    |                         |                    |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| <b>EMPRESA</b><br>CGTEE | <b>LOCAL</b><br>Caldeira I Chaminé | <b>DATA</b><br>20/07/11 | <b>NÚMERO</b><br>3 |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------|

**Verificação da Balança**

Responsável **Eversom Ribeiro**

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

**Borbulhadores**

Responsável **Eversom Ribeiro**

| Número dos Borbulhadores | Volume(mL) | Solução Absorvente      | Tara (g) | Final (g) | Diferença (g) |
|--------------------------|------------|-------------------------|----------|-----------|---------------|
| 1                        | -          | Álcool Isopropílico 80% | 703,62   | 728,70    | 25,08         |
| 2                        | -          | H2O2 5%                 | 708,39   | 724,53    | 16,14         |
| 3                        | -          | H2O2 5%                 | 715,61   | 723,00    | 7,39          |
| 4                        | -          | Sílica                  | 745,90   | 749,86    | 3,96          |
| 5                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| 6                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| 7                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| 8                        | -          | -                       | -        | -         | -             |
| <b>TOTAL</b>             |            |                         | 2873,52  | 2926,09   | 52,57         |

**Composição do Gases**

Responsável **Eversom Ribeiro**

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| Identificação do analisador de gases | EA 143 |
|--------------------------------------|--------|

| Componentes                        | AMOSTRAS |      |      |       | Peso Molecular | PM X % |
|------------------------------------|----------|------|------|-------|----------------|--------|
|                                    | 1º       | 2º   | 3º   | MÉDIA |                |        |
| O <sub>2</sub>                     | 11,0     | 11,1 | 11,0 | 11,0  | 32             | 3,5    |
| CO                                 | 0,0      | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 28             | 0,0    |
| CO <sub>2</sub>                    | 9,0      | 9,0  | 9,0  | 9,0   | 44             | 4,0    |
| N <sub>2</sub>                     | 80,0     | 79,9 | 80,0 | 80,0  | 28             | 22,4   |
| <b>PESO MOLECULAR SECO = Pms =</b> |          |      |      |       |                | 29,88  |

**Resultados dos Ensaio de Laboratório**

Responsável **LABAN**

|         |    |    |       |                |                  |
|---------|----|----|-------|----------------|------------------|
| 0,0025  | g  | de | MP    | Certificado n° | 224.942          |
| 95,50   | mg | de | H2SO4 | Certificado n° | 224.945; 224.950 |
| 2676,39 | mg | de | SO2   | Certificado n° | 224.948; 224.951 |

**Resultados das Pesagens de Material Particulado**

Responsável **Renan Moraes**

| Elemento Filtrante | Nº | Tara (g) | Final (g) | Diferença (g) |
|--------------------|----|----------|-----------|---------------|
| Capsula            | 11 | 81,9423  | 81,9865   | 0,0442        |
| Filtro             | -  | -        | -         | -             |
| Ciclone            | -  | -        | -         | -             |
| <b>Total</b>       |    |          |           | 0,0442        |

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



| EMPRESA | LOCAL              | DATA     | NÚMERO |
|---------|--------------------|----------|--------|
| CGTEE   | Caldeira I Chaminé | 20/07/11 | 3      |

|                         |        |                                      |        |  |          |                          |        |           |      |
|-------------------------|--------|--------------------------------------|--------|--|----------|--------------------------|--------|-----------|------|
| (g) MH <sub>2</sub> O = | 52,570 | (R) Tc =                             | 685,80 | ("Hg)Patm=                             | 29,100   | ("H <sub>2</sub> O)Pest= | -0,745 | (mm) Θb = | 7,00 |
| (R) Tm =                | 523,13 | ("H <sub>2</sub> O)ΔH=               | 1,799  | (ft <sup>3</sup> ) Vm =                | 43,100   | Cp =                     | 0,862  | (m) ΘC =  | 4,77 |
| FCM =                   | 0,99   | Pms =                                | 29,881 | ("H <sub>2</sub> O)ΔP <sup>1/2</sup> = | 0,597    | (min) @ =                | 60     |           |      |
| (mg)MP =                | 46,700 | (mg)H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = | 95,503 | (mg)SO <sub>2</sub> =                  | 2676,390 |                          |        |           |      |

|                                     |  |              |                      |  |
|-------------------------------------|--|--------------|----------------------|--|
| Pc =                                | Pressão na chaminé   | 29,045       | "Hg                  | Pc = Patm + Pest / 13,6  |
| Pm =                                | Pressão no medidor de gas                                  | 29,232       | "Hg                  | Pm = Patm + ΔH / 13,6  |
| Vacc =                              | Volume agua nas condições de chaminé                       | 3,319        | ft <sup>3</sup>      | Vacc = (MH <sub>2</sub> O * Tc) / (374 * Pc)   |
| Vmcc =                              | Volume gases medido nas condições chaminé                  | 56,298       | ft <sup>3</sup>      | Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)  |
| Pvva =                              | Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé                | 0,056        |                      | Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)  |
| Pmu =                               | Peso molecular base úmida                                  | 29,220       |                      | Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)   |
| Vc =                                | Velocidade na chaminé                                      | 2373,878     | ft / min             | Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] <sup>1/2</sup> * ΔP <sup>1/2</sup>                  |
| Vc <sub>1</sub> =                   | Velocidade na chaminé                                      | 12,059       | m / s                | Vc <sub>1</sub> = Vc * 0,00508   |
| Ab =                                | Área da Boquilha   | 0,000414     | ft <sup>2</sup>      | Ab = (Θb / 25,4) <sup>2</sup> / 183,35   |
| I =                                 | Isocinetismo   | 90 < I < 110 | %                    | I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100  |
| Ac =                                | Área da Chaminé  | 17,8701      | m <sup>2</sup>       | Ac = Θc <sup>2</sup> * 0,7854  |
| Vaacc =                             | Vazão do efluente nas condições da chaminé                 | 775804,348   | m <sup>3</sup> / h   | Vaacc = Ac * Vc * 18,288   |
| Vaecnbs =                           | Vazão do efluente nas condições normais, base seca         | 510099,984   | Nm <sup>3</sup> / h  | Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva) * 16,44] / Tc   |
| Vmcnbs =                            | Volume amostrado nas condições normais, base seca          | 1,110        | Nm <sup>3</sup>      | Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)   |
| C MP=                               | Concentração de Material Particulado no efluente           | 42,06        | mg / Nm <sup>3</sup> | C MP= MP / Vmcnbs  |
| Te MP=                              | Taxa de Emissão de Material Particulado                    | 21,456       | Kg / h               | Te MP=( C MP * Vaecnbs) / 1000000  |
| C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =  | Concentração de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> no efluente | 86,02        | mg / Nm <sup>3</sup> | C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / Vmcnbs                 |
| Te H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = | Taxa de Emissão de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>          | 43,879       | kg / h               | Te H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =( C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> * Vaecnbs) / 1000000 |
| C SO <sub>2</sub> =                 | Concentração de SO <sub>2</sub> no efluente                | 2410,65      | mg / Nm <sup>3</sup> | C SO <sub>2</sub> = SO <sub>2</sub> / Vmcnbs   |
| Te SO <sub>2</sub> =                | Taxa de Emissão de SO <sub>2</sub>                         | 1229,670     | kg / h               | Te SO <sub>2</sub> =( C SO <sub>2</sub> * 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**

**ISATEC**

|                         |                                    |                         |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| <b>EMPRESA</b><br>CGIEE | <b>LOCAL</b><br>Caldeira I Chaminé | <b>DATA</b><br>20/07/11 |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|

Responsável Renan Moraes

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

| Amostra 01   |                            | Amostra 02   |                            | Amostra 03   |                            | Amostra 04   |                            |
|--|----------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------|
| Identificação do Frasco  | EA 53                      | Identificação do Frasco  | M 003                      | Identificação do Frasco  | M 001                      | Identificação do Frasco  | M 004                      |
| Volume do Frasco (Vf)  | 2242,8 mL                  | Volume do Frasco (Vf)  | 2234,2 mL                  | Volume do Frasco (Vf)  | 2229,1 mL                  | Volume do Frasco (Vf)  | 2227,1 mL                  |
| Volume Absorvente (Va)   | 25 mL                      |
| Condições Iniciais   |                            | Condições Iniciais   |                            | Condições Iniciais   |                            | Condições Iniciais   |                            |
| Data   | 20/07/2011                 | Data   | 20/07/2011                 | Data   | 20/07/2011                 | Data   | 20/07/2011                 |
| Hora   | 17:50                      | Hora   | 17:55                      | Hora   | 18:00                      | Hora   | 18:05                      |
| Pressão Atmosférica inicial  | 739,14 mmHg                |
| Pressão inicial do Frasco  | 400 mmHg                   |
| Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)                                  | 339,14 mmHg                | Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)                                  | 339,14 mmHg                | Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)                                  | 339,14 mmHg                | Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)                                  | 339,14 mmHg                |
| Temperatura inicial do Frasco  | 9 °C                       |
| Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)                              | 282 K                      | Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)                              | 282 K                      | Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)                              | 282 K                      | Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)                              | 282 K                      |
| Condições Finais   |                            | Condições Finais   |                            | Condições Finais   |                            | Condições Finais   |                            |
| Data   | 21/07/2011                 | Data   | 21/07/2011                 | Data   | 21/07/2011                 | Data   | 21/07/2011                 |
| Hora   | 16:10                      | Hora   | 16:15                      | Hora   | 16:20                      | Hora   | 16:25                      |
| Pressão Atmosférica Final  | 741,17 mmHg                |
| Pressão final do Frasco  | 15 mmHg                    | Pressão final do Frasco  | 15 mmHg                    | Pressão final do Frasco  | 20 mmHg                    | Pressão final do Frasco  | 10 mmHg                    |
| Pressão absoluta final do Frasco (Pf)                                    | 726,17 mmHg                | Pressão absoluta final do Frasco (Pf)                                    | 726,17 mmHg                | Pressão absoluta final do Frasco (Pf)                                    | 721,17 mmHg                | Pressão absoluta final do Frasco (Pf)                                    | 731,17 mmHg                |
| Temperatura final do Frasco  | 15 °C                      | Temperatura final do Frasco  | 15 °C                      | Temperatura final do Frasco  | 10 °C                      | Temperatura final do Frasco  | 20 °C                      |
| Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)                                | 288 K                      | Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)                                | 288 K                      | Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)                                | 283 K                      | Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)                                | 293 K                      |
| Resultados de Análise  |                            | Resultados de Análise  |                            | Resultados de Análise  |                            | Resultados de Análise  |                            |
| Massa Total de NOx (m <sub>NOx</sub> )                                   | 198,04 µg                  | Massa Total de NOx (m <sub>NOx</sub> )                                   | 182,31 µg                  | Massa Total de NOx (m <sub>NOx</sub> )                                   | 170,89 µg                  | Massa Total de NOx (m <sub>NOx</sub> )                                   | 208,22 µg                  |
| Cert Ensaio N°   | 224.952                    | Cert Ensaio N°   | 224.953                    | Cert Ensaio N°   | 224.954                    | Cert Ensaio N°   | 224.955                    |
| 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)                 | 1050,63 mL                 | Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)                 | 1046,56 mL                 | Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)                 | 1065,42 mL                 | Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)                 | 1022,66 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 <sub>NOx</sub> ) | 188,496 mg/Nm <sup>3</sup> | Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C <sub>NOx</sub> ) | 174,200 mg/Nm <sup>3</sup> | Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C <sub>NOx</sub> ) | 160,396 mg/Nm <sup>3</sup> | Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C <sub>NOx</sub> ) | 203,607 mg/Nm <sup>3</sup> |
| 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 <sub>aecnbs</sub> )   | 509797 Nm <sup>3</sup> /h  | Vazão (V <sub>aecnbs</sub> )   | 509797 Nm <sup>3</sup> /h  | Vazão (V <sub>aecnbs</sub> )   | 509797 Nm <sup>3</sup> /h  | Vazão (V <sub>aecnbs</sub> )   | 509797 Nm <sup>3</sup> /h  |
| Taxa de Emissão de NOx (T <sub>eNOx</sub> )                              | 96,095 Kg/h                | Taxa de Emissão de NOx (T <sub>eNOx</sub> )                              | 88,806 Kg/h                | Taxa de Emissão de NOx (T <sub>eNOx</sub> )                              | 81,770 Kg/h                | Taxa de Emissão de NOx (T <sub>eNOx</sub> )                              | 103,798 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