

CÁLCULO DA ALTURA MÍNIMA DA CHAMINÉ DA CALDEIRA – FONTE PONTUAL FF1

ÍNDICE

1. Objetivo	2
2. Introdução	2
3. Caracterização da chaminé da caldeira	2
4. Cálculo da altura mínima da chaminé da caldeira.....	2
4.1 Cálculo de H_p	3
4.2 Cálculo de H_c	4
4.3 Cálculo de H	5
5. Conclusão.....	5
6. Anexos	5

Abril de 2026

1. Objetivo

Cálculo da altura da chaminé da caldeira da Fábrica de Papel Ponte Redonda S.A., nos termos do Decreto-Lei n.º 39/2018, de 11 de junho, que estabelece o regime da prevenção e controlo das emissões de poluentes para o ar e da Portaria n.º 190-A/2018, de 2 de julho, que estabelece as regras para o cálculo da altura de chaminés e para a realização de estudos de dispersão de poluentes atmosféricos.

2. Introdução

O Decreto-Lei n.º 39/2018, de 11 de junho, e a Portaria n.º 190-A/2018, de 2 de julho, estabelecem regras para a verificação da altura mínima regulamentar de chaminés industriais. De acordo com esta legislação a altura de uma chaminé é determinada em função do nível de emissões de poluentes atmosféricos, dos obstáculos próximos, dos parâmetros climatológicos e das condições de descarga dos efluentes gasosos.

3. Caracterização da chaminé da caldeira

A tabela 1 apresenta as características da chaminé da caldeira e os valores de emissão de poluentes tendo por base a medição realizada na data de 14/05/2024, em regime de monitorização trienal autorizado (Relatório nº 504-24-FDP-cl1 de 18/06/2024).

Tabela 1 – Caracterização da chaminé da caldeira

	FF1 - Chaminé da caldeira
Processo associado	Caldeira de vapor
Potência térmica nominal (MWth)	6.0
Combustível	Gás natural
Poluentes característicos	NOx, COV, CO
Geometria	Circular
Altura (m)	30
Diâmetro (m)	0.95
Velocidade (m/s)	8.6
Temperatura (°C)	84
Q (m³/h)	8793
qNOx (kg/h)	0.84
qCOV (kg/h)	0.071
qCO (kg/h)	<0.0076

O relatório da monitorização bem como o desenho técnico da chaminé – FF1, são apresentados em anexo ao presente relatório.

4. Cálculo da altura mínima da chaminé da caldeira

A Portaria n.º 190-A/2018, de 2 de julho, fixa as regras para o cálculo da altura das chaminés. A altura de uma chaminé – H – distância, expressa em metros, entre o seu topo e o solo – é determinada em função dos obstáculos próximos e do nível de emissão dos poluentes atmosféricos, considerando-se o maior

valor entre Hc – altura mínima da chaminé corrigida devido à presença de obstáculos próximos – e Hp – altura mínima da chaminé calculada com base nas condições de emissão de efluentes gasosos.

4.1 Cálculo de Hp

O valor de Hp, expresso em metros, deve ser, pelo menos, igual a:

$$Hp = \sqrt{S} \times \left(\frac{1}{Q \times \Delta T} \right)^{1/6}$$

em que:

$$S = \frac{F \times q}{C} \quad e \quad C = C_R - C_F$$

Q – Caudal volúmico dos gases emitidos, expresso em m³/h e calculado à temperatura de saída para a atmosfera, funcionando a instalação à potência nominal.

ΔT – diferença entre a temperatura dos gases emitidos, medida à saída da chaminé, e a temperatura média anual típica da região onde se localiza a chaminé, expressa em Kelvin. Quando ΔT ≤ 50, considera-se ΔT = 50 para o cálculo de Hp.

F – coeficiente de correcção (F = 340 para gases, F = 680 para partículas).

q – caudal mássico máximo passível de emissão do poluente considerado, expresso em kg/h.

C – diferença entre CR e CF, expressa em mg/Nm³ (293K ou 0°C e 101,3kPa ou 1 atmosfera).

CR – concentrações de referência em mg/Nm³ (PTS= 0,150 / NOx = 0,14 / SO₂ = 0,1).

CF – média anual da concentração do poluente considerado, medida no local. Na ausência de dados para a região em causa, a Portaria n.º 263/2005 apresenta uma tabela com os valores a utilizar).

Sempre que se verifique a emissão de mais de um poluente, determinam-se valores de S para cada um dos poluentes presentes no efluente. A altura Hp será determinada tomando o maior valor de S obtido.

A Portaria refere que nos casos em que não estejam fixados valores de CR para alguns dos poluentes da chaminé, não será possível determinar o parâmetro C e nesse caso, Hp = 10 metros.

A tabela 2 apresenta a altura mínima de Hp da chaminé da caldeira, devido às emissões de óxidos de azoto (NOx).

Tabela 2 – Determinação da altura Hp tendo em conta o caudal de NOx

Fonte	Q (m ³ /h)	q (NOx) (kg/h)	Tch (K)	Tamb (K)	ΔT (K)	F	CR	CF	C	S	Hp (m)
F1	8793	0,84	357,15	288,15	69	340	0,140	0,04	0,100	2856	5,8

Face à inexistência de valores de C para o CO e COV, considera-se Hp igual a 10 metros devido à emissão destes poluentes.

4.1.1 – Correção de Hp devido à influência de outras chaminés existentes na mesma instalação

Se numa instalação existirem outras chaminés, para além daquela que se pretende dimensionar, e que emitam os mesmos poluentes, deve ser efetuada uma correção ao valor de Hp devido à influência dessas chaminés. Na Fábrica de Papel Ponte Redonda S.A., essa correção não é necessária uma vez que a chaminé da caldeira é a única fonte de emissão existente na instalação.

4.2 Cálculo de Hc

Se na vizinhança de uma determinada chaminé existirem obstáculos próximos, a altura Hc deve ser calculada do seguinte modo:

$$Hc = h_o + 3 - \frac{2D}{5h_o}$$

em que:

h_o – altura do obstáculo, em metros, medida a partir da cota do solo na base de implantação da chaminé.

D – distância em metros, medida na horizontal, entre a chaminé e o ponto mais elevado do obstáculo.

A Portaria define “obstáculo próximo”, qualquer obstáculo situado na vizinhança (área circundante à fonte de emissão num raio de 300 m) da fonte de emissão (incluindo o edifício de implantação da chaminé) e que obedeça, simultaneamente, às seguintes condições:

- h_o ≥ D/5 e
- L ≥ 1 + (14D)/300

Em que L corresponde à largura do obstáculo, expressa em metros.

Na tabela 3 é apresentada a altura Hc da chaminé da caldeira tendo em conta o “obstáculo próximo”, ou seja, o edifício de implantação da chaminé:

Tabela 3 – Determinação da altura Hc tendo em conta o obstáculo próximo

Fonte	Obstáculo próximo	h ₀ (m)	D (m)	L (m)	Hc (m)
FF1	Edifício fabril	15.5	0	194	18.5

Figura 1 – Obstáculos próximos num raio de 300m da fonte FF1



4.3 Cálculo de H

O valor de H é obtido considerando o maior valor entre Hc e Hp. Contudo, a diferença de cotas entre o topo de qualquer chaminé e a mais elevada das cumeeiras dos telhados do edifício em que está implantada não poderá ser inferior a 3 metros.

Atendendo ao nível de emissão de poluentes atmosféricas e aos obstáculos próximos da chaminé, determinou-se a altura mínima (H) que deverá ter a chaminé da fonte pontual FF1. A tabela 4 apresenta a altura mínima (H) que deverá ter a chaminé da caldeira da Fábrica de Papel Ponte Redonda S.A.

Tabela 4 - Altura mínima da chaminé da caldeira

Fonte	H real (m)	Hp (m)	Hc (m)	H (m)
FF1	30	10.0	18.5	18.5

5. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que a chaminé da caldeira está em conformidade legal uma vez que tem 30 m de altura e respeita os 3 m acima da mais elevada das cumeeiras do edifício em que está implantada.

6. Anexos

Anexo I – Relatório nº 504-24-FDP-cl1 de 18/06/2024

Anexo II – Desenho técnico da fonte FF1



Fábrica De Papel Ponte Redonda, S.A.

FF1 - Caldeira de vapor

Efluentes Gasosos

Amostragens realizadas em: 14/05/2024

RELATÓRIO de ENSAIO n.º 504-24-FDP-cl1 de 18/06/2024

PROPOSTA n.º 22.024-CP



Enarpur - Estudos Atmosféricos e Energia, Lda
Beco do Areeiro, n.º 6 - Moitinhos - São Salvador
3830 - 254 Ílhavo
PT 505 485 605

Telefone: +351 234 343 570

Email: mail@enarpur.pt

Relatório de Ensaio

Índice

1.	DADOS GERAIS.....	4
1.1.	IDENTIFICAÇÃO DO LABORATÓRIO DE ENSAIO.....	4
1.2.	IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE	4
1.3.	OBJETIVOS DA MEDIÇÃO	4
1.4.	PESSOAL AFECTO À AMOSTRAGEM.....	4
2.	CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO E DA FONTE FIXA MONITORIZADA	5
3.	DESCRIÇÃO DO LOCAL DE MEDIÇÃO	5
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE AMOSTRAGEM	5
3.2.	CARACTERIZAÇÃO DO PLANO DE AMOSTRAGEM	6
3.3.	DURAÇÃO ENSAIOS.....	6
4.	RESULTADOS	8
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DO ESCOAMENTO	8
4.2.	VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE LEGAL	10
5.	EQUIPAMENTO	11
6.	GARANTIA DE QUALIDADE.....	11

Tabela 1 - Pessoal afecto ao ensaio	4
Tabela 2 - Identificação da Fonte fixa	5
Tabela 3 - Caracterização do processo.	5
Tabela 4 - Caracterização do local de amostragem	5
Tabela 5 - Localização dos pontos de amostragem métodos EN	6
Tabela 6 - Cumprimento requisitos do ponto 6.2.1 da EN 15259:2007	6
Tabela 7 - Períodos de amostragem	6
Tabela 8 - Métodos de ensaio	7
Tabela 9 - Caracterização do escoamento do efluente	8
Tabela 10 - Resultados obtidos e comparação com os VLE aplicáveis	9
Tabela 11 - Verificação conformidade legal	10
Tabela 12 - Equipamentos de medição e recolha utilizados	11
Tabela 13 - Garantia de qualidade dos resultados - Velocidade e Caudal	11
Tabela 14 - Perfil de velocidade e temperatura no plano de amostragem	11
Tabela 15 - Padrões utilizados na determinação de O ₂ , CO ₂ , CO, NO	12
Tabela 16 - Valores de ajuste do analisador pré-amostragem e pós-amostragem	12
Tabela 17 - Padrões utilizados na determinação de Compostos orgânicos voláteis totais	12
Tabela 18 - Valores de ajuste do analisador pré-amostragem e pós-amostragem de Compostos orgânicos voláteis totais	13
Tabela 19 - Garantia de qualidade e especificações de amostragem - Partículas	13
Tabela 20 - Garantia de qualidade e especificações de amostragem – Sulfureto de Hidrogénio	14
Tabela 21 - Garantia de qualidade e especificações de amostragem - Óxidos de Enxofre	14
Tabela 22 - Cumprimento do requisito definido no n.º 11 do artigo 30º do Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto.	14

1. Dados Gerais

1.1. Identificação do Laboratório de Ensaio

Laboratório de Ensaio: Enar pur - Estudos Atmosféricos e Energia, Lda

Código de acreditação IPAC: L0330-1

Pessoa Contacto: Carla Gonçalves

Cargo: Responsável Técnica

Contacto: carlagoncalves@enarpur.pt; +351 234 343 570

1.2. Identificação do Cliente

Empresa: Fábrica De Papel Ponte Redonda, S.A.

Morada: Rua de Ponte Redonda, 2700 - Silvalde - Espinho

Contacto da empresa: Isabel Mendes

1.3. Objetivos dos Ensaios

Verificação do cumprimento legal

- Decreto-Lei n.º 39/2018, de 11 de Junho;
- Portaria n.º 221/2018, de 1 de Agosto;
- Licença Ambiental nº 232/1.0/2017

1.4. Pessoal

Tabela 1 - Pessoal afecto ao ensaio

Técnico de amostragem (Responsável)	Yuriy Vasyanovych
Técnico de amostragem (Auxiliar)	Ricardo Faria
Técnica de análise laboratorial	Bruna Fernandes / Carla Gonçalves
Elaboração do Relatório	Diana Castro
Verificação do Relatório	Carla Gonçalves
Emissão do Relatório	Carla Gonçalves

2. Caracterização do processo e da fonte fixa monitorizada

Tabela 2 - Identificação da Fonte fixa

Designação Fonte Fixa	FF1 - Caldeira de vapor
Número de Cadastro	--
Código interno da Enar pur	FDP-cl1

Tabela 3 - Caracterização do processo.

Breve Descrição do Processo		
Os efluentes gasosos são provenientes do processo de produção de vapor.		
	Valor	Unidades
Capacidade Nominal (Máxima)	6,169	MW
Capacidade durante a amostragem	100	%
Capacidade utilizada no mês anterior	Não fornecido	--
Regime de Funcionamento	Contínuo	--
Combustível utilizado durante a amostragem	Gás Natural	--
Combustível consumido durante a medição	Não fornecido	--
Equipamento de redução de emissões	Inexistente	--

NOTA: Os dados foram fornecidos pelo cliente.

3. Descrição do Local de Medição

3.1. Caracterização do local de amostragem

Tabela 4 - Caracterização do local de amostragem

Características do local de amostragem		Cumprimento da NP 2167:2007 / EN 15259:2007
Conduta ou Chaminé?	Chaminé;	
Geometria da Secção	Circular;	--
Diâmetro Interno da Chaminé	$\varnothing = 0,95 \text{ m}$	--
Área da Secção de Amostragem	$A = 0,71 \text{ m}^2$	--
Número de Tomas de Amostragem Existentes / Utilizadas	2	Cumprimento NP 2167:2007 Cumprimento EN 15259:2007
Comprimento dos Segmentos Rectilíneos Livres de Perturbações e Adjacentes à Toma de Amostragem, a montante (M) e a jusante (J).	$M > 10 \text{ m}; J > 10 \text{ m}$	Cumprimento a montante Cumprimento a jusante
Cumprimento da localização das tomas de amostragem de acordo com o ponto 4.1 da norma NP2167:2007	-	Cumprimento
Plataforma de Amostragem*	Permanente	Cumprimento
Altura da Chaminé (cota máxima em relação ao solo)	30 m	

* Permite a realização, em segurança, dos procedimentos de amostragem.

3.2. Caracterização do plano de amostragem

Tabela 5 - Localização dos pontos de amostragem métodos EN

Linhas de amostragem		2
Pontos de amostragem por linha de amostragem		3 + 2
Localização dos pontos de amostragem	linha de amostragem 1	0,11 m; 0,48m; 0,84m
	linha de amostragem 2	0,11 m; 0,84m

Cumprimento dos requisitos do ponto 6.2.1 da EN 15259:2007, relativamente à adequabilidade da localização da secção de amostragem para caracterização do efluente gasoso:

Tabela 6 - Cumprimento requisitos do ponto 6.2.1 da EN 15259:2007

Requisito	Valor	Cumprimento
O ângulo do desvio máximo do escoamento, em relação ao eixo longitudinal da conduta, é inferior a 15°	$\alpha \leq 5^\circ$	Cumpre
Sentido do efluente	Positivo	Cumpre
A menor pressão diferencial é superior a 5 Pa	8 Pa	Cumpre
A razão entre as velocidades mínima e máxima do efluente, é inferior a 3	$V_{\max}/V_{\min} = 1,1$	Cumpre

Conclusão:

Sim, há cumprimento da localização das tomas de amostragem de acordo com a alínea c) do n.º 6.2.1 da norma EN 15259:2007;

3.3. Duração ensaios

Tabela 7 - Períodos de amostragem

Amostragem (parâmetro)	Início do período de medição (hora)	Fim do período de medição (hora)	Duração da Amostragem (horas)
Velocidade e caudal	14/05/2024 15:03	14/05/2024 15:33	0:30
CO, CO ₂ , O ₂ , NO _x	14/05/2024 15:00	14/05/2024 15:30	0:30
Humidade	14/05/2024 15:03	14/05/2024 15:33	0:30
Partículas	14/05/2024 15:03	14/05/2024 15:33	0:30
Compostos de carbono orgânico gasoso total	14/05/2024 15:04	14/05/2024 15:34	0:30
Óxidos de Enxofre (SO ₂)	14/05/2024 15:47	14/05/2024 16:17	0:30
Sulfuretos de Hidrogénio (H ₂ S)	14/05/2024 15:14	14/05/2024 16:04	0:50

Os ensaios e respectivos métodos, associados à determinação dos parâmetros requeridos, são os seguintes:

Tabela 8 - Métodos de ensaio

Ensaio ^{a)}	Metodologia		Acreditação		Período de análise
	Técnica de Análise	Método de Amostragem / Análise	Amostragem	Análise	
Determinação da velocidade e Caudal Volumétrico. Método de referência manual.	Diferença de Pressão Diferencial Sensor de Pressão / Pitot tipo S	EN ISO 16911-1:2013	A ¹⁾		14/05/2024
Amostragem e determinação de dióxido de carbono. CO ₂	NDIR (Detector de infravermelhos não-dispersivo)	ITT33 (D):20-11-2020	A ¹⁾		
Amostragem e determinação de oxigénio. O ₂	Paramagnetismo	EN 14789:2017	A ¹⁾		
Amostragem e determinação de monóxido de carbono. CO	NDIR (Detector de infravermelhos não-dispersivo)	EN 15058:2017	A ¹⁾		
Amostragem e determinação de humidade. Condensação / Adsorção.	Gravimetria	EN 14790:2017	A ¹⁾		
Amostragem e determinação de óxidos de azoto. NO _x	Quimiluminescência	EN 14792: 2017	A ¹⁾		
Amostragem e determinação da concentração de carbono orgânico gasoso total, COVT.	FID Detector de ionização de Chama	EN 12619:2013	A ¹⁾		
Amostragem e determinação da concentração mássica de partículas para gamas baixas.	Gravimetria	EN 13284-1:2017	A ²⁾		06/05/2024 a 16/05/2024
Amostragem e determinação da concentração de dióxido de enxofre. SO ₂	Titulometria Método de Thorin	EN 14791:2017	A ²⁾		17/05/2024 a 17/05/2024
Amostragem e determinação de sulfureto de hidrogénio. H ₂ S	Titulometria Iodometria	VDI 3486-2:1979	A ²⁾		17/05/2024 a 17/05/2024

Legenda:

A: Acreditado;

- 1) – Determinação analítica efectuada no local de amostragem.
- 2) - Determinação analítica efectuada nas instalações permanentes da Enarpur.
- 3) – Determinação analítica efectuada nas instalações do laboratório externo.

Desvios:

Na realização da amostragem não se verificaram desvios aos métodos/normas utilizadas.

4. Resultados

4.1. Caracterização do escoamento

Os valores obtidos para a caracterização do escoamento na secção de amostragem são:

Tabela 9 - Caracterização do escoamento do efluente

Parâmetro	Média
Temperatura Média [°C]	84 ± 8
Temperatura Média [K]	357 ± 8
Pressão Absoluta Efluente [kPa]	100,8 ± 1,2
Pressão Absoluta Efluente [hPa]	1008 ± 12
O ₂ [%]	5,1 ± 0,5
CO ₂ [%] / [mg/m ³] / [kg/h]	9,0 ± 0,6 [%] / 177192 ± 11240 [mg/m ³] / 1080 ± 91 [kg/h]
CO [mg/m ³] _{PTN}	< 1,3 ^{a)}
Humidade [%]	9,0 ± 0,2
Pressão Diferencial [Pa]	8,3 ± 0,5
Velocidade do Escoamento [m/s]	3,4 ± 0,2 ^{b)}
Caudal Efectivo [m ³ /h]	8793 ± 479
Caudal Volúmico Seco [m ³ /h] _{PTN}	6093 ± 339
Massa Molecular Húmida [g/mol]	28,7 ± 0,1
Densidade (kg/m ³)	0,977 ± 0,026

a) Limite de detecção.

b) Tendo em conta que o diâmetro da saída da Fonte Fixa é de 0,60 m, logo pode-se concluir que a velocidade de saída dos gases é de aproximadamente 8,6 m/s.

NOTA:

Para verificação do cumprimento do Ponto 2, do Artigo 26.º, do capítulo VI do Decreto-Lei n.º 39/2018, de 11 de junho, o valor da média da velocidade deve ser arredondado às unidades.

Sempre que tecnicamente viável, a velocidade de saída dos gases, em regime de funcionamento normal da instalação, deve ser, pelo menos, 6 m/s se o caudal ultrapassar os 5000 m³/h ou 4 m/s se o caudal for inferior ou igual a 5000 m³/h.

NOTA: Quando identificado, o valor foi corrigido, para as condições de **Pressão e Temperatura Normais** (PTN): **P = 101,325 kPa; T = 273,15 K**

Condições Ambientais:

Temperatura Ambiente: 24 °C

Pressão Ambiente: 100,71 kPa

Os resultados, em base seca, para os parâmetros requeridos, são:

Tabela 10 - Resultados obtidos e comparação com os VLE aplicáveis

Parâmetro	Concentração (mg/m ³) _{PTN}	Concentração (mg/m ³ .3%O ₂) _{PTN}	Valores Limite ^{a)} (mg/m ³ .3%O ₂) _{PTN}	Caudal Mássico (kg/h)	Limites Mássicos ^{b)} (kg/h)		
					Mínimo	Médio	Máximo
Monóxido de Carbono, CO	< 1,3 ^{c)}	< 1,4	500	< 0,0076	1	5	100
Óxidos de enxofre, SO_x/SO₂ , expresso em SO ₂	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1	35	0,0085 ± 0,0007	0,5	2	50
Óxidos de azoto, NO_x , expresso em NO ₂	137 ± 7	155 ± 9	300	0,84 ± 0,06	0,5	2	30
Ácido Sulfídrico, H₂S	< 0,18 ^{d)}	< 0,21	5	< 0,0011	0,01	0,05	1
Partículas Totais	3,1 ± 0,3	3,5 ± 0,4	50	0,019 ± 0,002	0,1	0,5	5
Compostos de carbono orgânico gasoso total , Expresso em C Total	11,7 ± 0,5	13,2 ± 0,7	200	0,071 ± 0,005	1	2	30

a) De acordo com a Licença Ambiental n.º 232/1.0/2017.

b) De acordo com o Quadro 1 do Decreto-Lei n.º 39/2018, de 11 de Junho.

c) A concentração medida é inferior ao limite de detecção.

d) A concentração medida é inferior ao limite de quantificação.

Observações:

Quando a concentração medida se encontra assinalada com o símbolo "<", significa que se encontra abaixo do limite de detecção ou do limite de quantificação (ver legenda anterior). Nestes casos, a resposta às alíneas ii) e iii) da Parte 1) do Anexo III da Portaria n.º 221/2018, de 1 de agosto é **SIM**.

4.2. Verificação da conformidade legal

Regra de Decisão:

De acordo com a alínea *ee)* da parte 1, do Anexo III da Portaria 221/2018, de 1 de Agosto, a concentração ou concentração corrigida para o teor de O₂ de referência (se aplicável) é comparada com o VLE subtraindo o valor da incerteza de medição ao valor da concentração, salvo se o Cliente decidir outra forma de abordagem no Contrato de Prestação de Serviço.

Todos os parâmetros cumprem os valores limite de emissão e os caudais mássicos estão abaixo dos limiares mássicos mínimos, com excepção dos casos identificados na **Tabela 11**.

Tabela 11 - Verificação conformidade legal

Parâmetro (s) com concentração (ões) acima do VLE (subtraindo o valor da incerteza à concentração da medição) ^{a)}	--
Parâmetro (s) com concentração (ões) acima do VLE (não contemplando a incerteza) ^{b)}	--
Parâmetro (s) com caudal mássico entre caudal mássico mínimo e caudal mássico médio	NOx
Parâmetro (s) com caudal mássico entre caudal mássico médio e caudal mássico máximo	--
Parâmetro (s) com caudal mássico acima do caudal mássico máximo	--

a) De acordo com a alínea *ee)* da parte 1, do Anexo III da Portaria 221/2018, de 1 de Agosto, a concentração ou concentração corrigida para o teor de O₂ de referência (se aplicável) é comparada com o VLE subtraindo o valor da incerteza de medição ao valor da concentração.

b) De acordo com o contrato de prestação de serviços.

NOTAS:

1 - O valor apresentado na forma de ($\pm xx$), representa a incerteza expandida da medição, obtida a partir da incerteza padrão combinada multiplicada pela factor de expansão $K=2$, o que para uma distribuição estatística normal corresponde a uma probabilidade de $\approx 95\%$.

2 - Os resultados referem-se apenas aos itens ensaiados.

5. Equipamento

Os equipamentos utilizados nestes ensaios foram:

Tabela 12 - Equipamentos de medição e recolha utilizados

Parâmetro	Marca	Modelo	Número de Série	Certificado Calibração
$\vec{v}, T$ / H ₂ O / Partículas / SO ₂	Dadolab	ST5	ST5 4A 32018 0286	Certificado 4
CO, NO _x , O ₂ e CO ₂	Horiba	PG 250 A	TKOUVK3G	Certificado 6
COV	Sick Maihak	3006	005344	Certificado 11
Partículas	Mettler Toledo	XS 105 Dual Range	B028051758	Certificado 15
H ₂ O	Baxtran	ANG 2000C	9100004	Certificado 18
H ₂ S	Paul Gothe GmbH	BK-G4 M #3	10120137	Certificado 28

6. Garantia de Qualidade

Tabela 13 - Garantia de qualidade dos resultados - Velocidade e Caudal

Parâmetro	Valor obtido	Critério de Aceitação	Conformidade
Repetibilidade em campo	0,037	≤ 5 % velocidade	Conforme
Ângulo do sensor relativamente ao fluxo gasosos	5 °	≤ 15 °	Conforme
Ângulo da sonda relativamente ao plano de amostragem	< 15 °	≤ 15 ° do plano de medição	Conforme
Precisão da localização do sensor na chaminé / Conduta	< 10 °	≤ 10 % da distância entre pontos de medição adjacentes	Conforme
Incerteza da Calibração – velocidade	< 1%	≤ 1 % valor	Conforme
Incerteza da Calibração - Sensor de Pressão	< 1%	≤ 1 % valor	Conforme
Incerteza na densidade do efluente gasosos	0,026	≤ 0,05 kg/m ³	Conforme

Tabela 14 - Perfil de velocidade e temperatura no plano de amostragem

Resultados obtidos durante a amostragem			
Localização plano de amostragem (Toma 1)		Velocidade (m/s)	Temperatura (°C)
Ponto 1	0,11 m	3,41	83,77
Ponto 2	0,48 m	3,54	83,79
Ponto 3	0,84 m	3,32	84,01
Localização plano de amostragem (Toma 2)		Velocidade (m/s)	Temperatura (°C)
Ponto 1	0,11 m	3,55	84,30
Ponto 3	0,84 m	3,41	83,32

Tabela 15 - Padrões utilizados na determinação de O₂, CO₂, CO, NO

Componente	Concentração	Incerteza (±)
O ₂	5,025 %	0,020 %
CO ₂	10,007 %	0,050 %
CO	99,72 ppm	0,50 ppm
NO	100,18 ppm	0,7 ppm
Gás Zero (N ₂)	Pureza > 99,9999 %	--

Tabela 16 - Valores de ajuste do analisador pré-amostragem e pós-amostragem

Componente	O ₂	CO ₂	CO	NO
Pré- amostragem - Equipamento				
Zero	0,11	0,06	0	1
Span	5,01	9,97	100	101
Zero	0,07	0,12	1	0
Pré- amostragem - Linha				
Zero	0,07	0,08	1	1
Span	4,96	9,95	99	100
Pós- amostragem				
Zero	0,05	0,12	1	2
Span	5,02	10,04	101	100
Conformidade (Zero e Span ≤ 2% valor do padrão)				
Pré-amostragem	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Pós-amostragem	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme

Tabela 17 - Padrões utilizados na determinação de Compostos orgânicos voláteis totais

COV	Concentração (ppm)	Incerteza (±)
C ₃ H ₈	50,69 ppm	0,51 ppm
Gás Zero (Ar especial)	Pureza > 99,9999 %	Pureza > 99,9999 %

Tabela 18 - Valores de ajuste do analisador pré-amostragem e pós-amostragem de Compostos orgânicos voláteis totais

Componente	C ₃ H ₈
Pré- amostragem	
Zero	0
Span	51
Zero	1
Pós- amostragem	
Zero	0
Span	51
Conformidade (Zero e Span ≤ 2% valor do padrão)	
Pré-amostragem	Conforme
Pós-amostragem	Conforme

Tabela 19 - Garantia de qualidade e especificações de amostragem - Partículas

Parâmetro	Resultado	Critério de Aceitação	Conformidade
Taxa de Isocinetismo (%)	105,7	[95 - 115]%	Conforme
Volumes Amostrados (m ³) _{PTN}	0,565	-	-
Massa de Partículas no Filtro da amostra (mg)	1,74	-	-
Massa de Partículas na Solução de Lavagem da amostra (mg)	-	-	-
Massa de Partículas no Filtro Branco (mg)	0,22	-	-
Massa de Partículas na Solução de Lavagem Branco (mg)	-	-	-
Branco de Amostragem (mg/m ³) _{PTN}	<1,12 ^{a)}	≤ 10 % VLE (50 mg/m ³)	Conforme
Branco de Amostragem (mg/m ³) _{PTN} . O _{2,ref}	<1,27 ^{a)}	≤ 10 % VLE (50 mg/m ³)	Conforme
Filtro	Filtro de Fibra de Vidro, Marca Whatman, 47 mm, GF/A Eficiência ao teste aerosol de 0,3 µm 99,99 %;		
Resultado do teste às fugas (L/min)	0,07	≤ 2 % caudal aspiração (L/min)	Conforme
Tipo de Filtragem	In-Stack	-	-
Diâmetro do Bocal (mm)	11	-	-
Temperatura de acondicionamento do Filtro (excicador)	Temperatura Pré - Amostragem: 20,2 °C Temperatura Pós - Amostragem: 21,5 °C		
Temperatura de acondicionamento do Filtro (estufa)	Temperatura Pré - Amostragem: 180 °C Temperatura Pós - Amostragem: 160 °C		
Temperatura filtragem (amostragem)	84 °C		

a) Limite de quantificação.

Tabela 20 - Garantia de qualidade e especificações de amostragem – Sulfureto de Hidrogénio

Parâmetro	Resultado	Critério de Aceitação	Conformidade
Amostragem	Não Isocinética	-	-
Volumes Amostrados (m ³) _{PTN}	0,273	-	-
Branco de Amostragem (mg/m ³) _{PTN}	< 0,18 ^{a)}	≤ 10 % VLE (5 mg/m ³)	Conforme
Branco de Amostragem (mg/m ³) _{PTN} . O _{2,ref}	<0,21 ^{a)}	≤ 10 % VLE (5 mg/m ³)	Conforme

a) Limite de detecção

Tabela 21 - Garantia de qualidade e especificações de amostragem - Óxidos de Enxofre

Parâmetro	Resultado	Critério de Aceitação	Conformidade
Amostragem	Isocinética	-	-
Taxa de Isocinetismo (%)	102,0	[95 – 115]%	Conforme
Massa SO ₂ na amostra (mg)	0,8	--	--
Massa SO ₂ no Branco (mg)	0,30	--	--
Volumes Amostrados (m ³) _{PTN}	0,545	--	--
Branco de Amostragem (mg/m ³) _{PTN}	<0,55 ^{a)}	≤ 10 % VLE (35 mg/m ³)	Conforme
Branco de Amostragem (mg/m ³) _{PTN} . O _{2,ref}	<0,62 ^{a)}	≤ 10 % VLE (35 mg/m ³)	Conforme
Eficiência de absorção	100 %	Massa primeiro borbulhador ≥ 95 % massa total	Conforme

a) Limite de quantificação.

b) LQ-Valor inferior ao limite de quantificação.

Tabela 22 - Cumprimento do requisito definido no n.º 11 do artigo 30º do Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto.

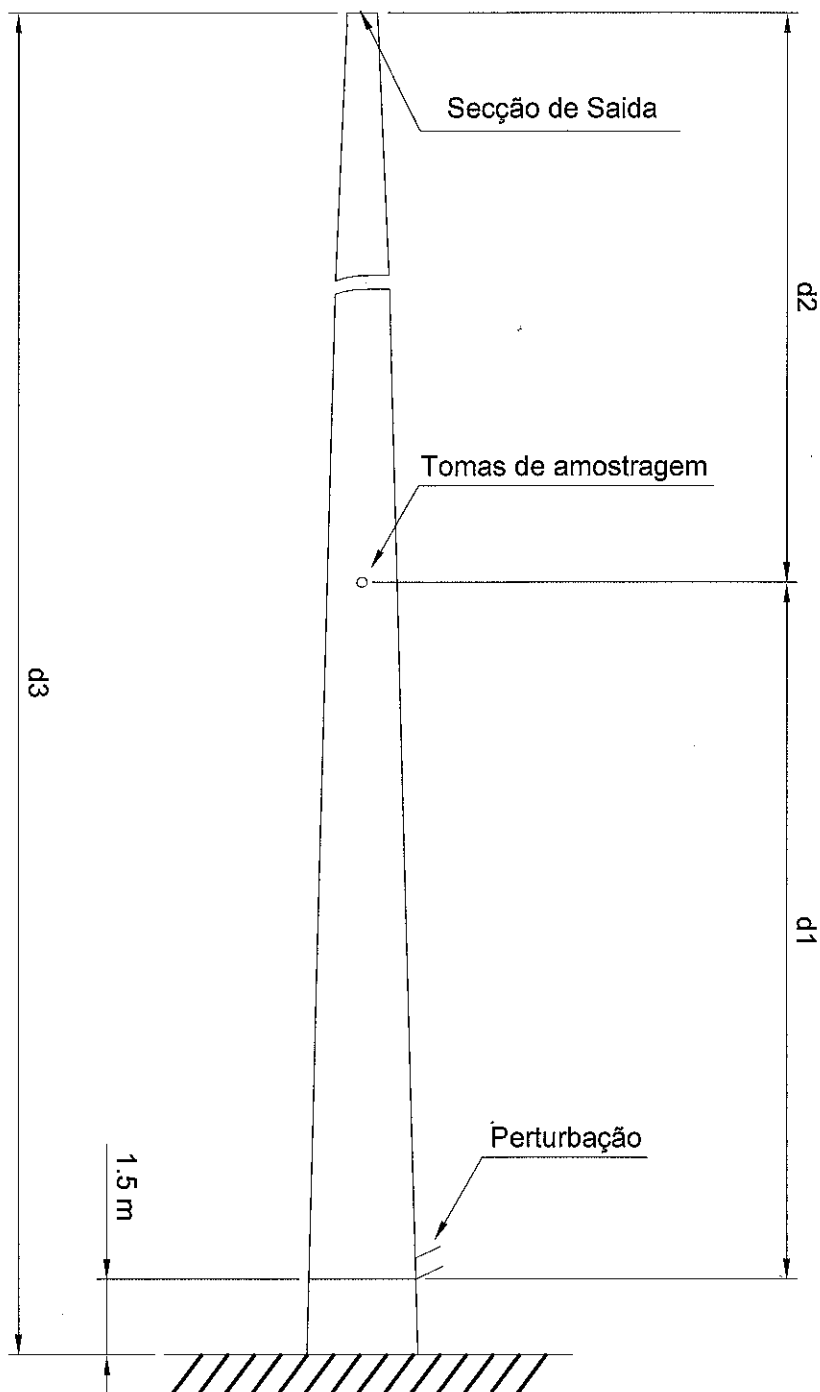
Parâmetro	Limite de detecção (mg/m ³) _{PTN}	Limite de detecção do método é inferior a 10 % do VLE	Observações
Monóxido de Carbono, CO	1	Conforme	
Óxidos de enxofre, SO _x / SO ₂ , expresso em SO ₂	0,18	Conforme	a)
Óxidos de azoto, NO _x expresso em NO ₂	1	Conforme	
Ácido Sulfídrico, H ₂ S	0,06	Conforme	a)
Partículas Totais	0,37	Conforme	a)
Compostos de carbono orgânico gasoso total, Expresso em C Total	1	Conforme	

a) Valor calculado com base no volume da amostragem

Os resultados obtidos são representativos dos parâmetros requeridos para o período em que a amostragem foi efectuada.



Emitido por
(Carla Gonçalves)
Responsável Técnica



d1 (Distância da toma à perturbação do ponto mais próximo) = 13,8 m
 d2 (Distância da toma no topo da chaminé) = 14,7 m
 d3 (Distância do solo ao topo da chaminé) = 30 m
 $\varnothing$ da chaminé (na secção de amostragem) = 1,18 m
 $\varnothing$ da tomas = 10 cm
 $\varnothing$ da secção de saída = 60 cm

PROJECTOU		DESIGNAÇÃO:	 Desenho da Chaminé FF1						
DESENHOU									
VERIFICOU									
ALTEROU									
OBSERVAÇÕES:			DESENHO Nº: PR-08						
ESCALAS:			REPRESENTAÇÕES: Vista Principal						
1 : 150			A	B	C	D	E	F	G
			SUBSTITUI O DESENHO Nº: SUBSTITUIDO POR:						