



Estudo de dimensionamento de chaminés

Cálculo de altura de chaminés

NAVARRA – EXTRUSÃO DE ALUMÍNIO, S.A.

grupo  **navarra**

A Marca do Alumínio

Data: 28 de dezembro de 2023

I.1.- Índice

2.-	Introdução.....	3
3.-	Definições	6
4.-	Determinação de H_p nas condições de emissão do efluente gasoso	7
5.-	Correção de H_p devido à influência de outras chaminés existentes na mesma instalação.....	11
6.-	Determinação de H	22

I.2.- Índice de Tabelas

Tabela 1:	Identificação das fontes fixas, e respetivos equipamentos.	3
Tabela 2:	Valores de C	8
Tabela 3:	Determinação dos valores de H_p	8
Tabela 4:	Distância (m) entre as chaminés da Navarra para verificação da dependência.	12
Tabela 5:	Verificação da dependência entre as chaminés.	15
Tabela 6:	Verificação da dependência.	17
Tabela 7:	Verificação do cumprimento da condição I ($h_0 \geq D/5$).	19
Tabela 8:	Verificação do cumprimento da Condição II ($L \geq l + (14D) / 300$).	20
Tabela 9:	Resumo do cálculo da altura das chaminés tendo em conta obstáculos próximos.	21
Tabela 10:	Determinação da altura das chaminés.	22

I.3.- Índice de Figuras

Figura 1:	Localização das fontes fixas de emissão na unidade industrial da NAVARRA.	5
Figura 2:	Esquema ilustrativo - Variáveis H_C , h_0 e D , para dois casos de exemplo.	18

2.- Introdução

Pretende-se, com o presente estudo, avaliar as alterações ao nível da altura das chaminés existentes face à construção do novo edifício de lacagem vertical assim como a construção de uma nova fonte fixa associada a este processo, de acordo com a legislação em vigor sobre a matéria, designadamente o Decreto-Lei n.º 39/2018, de 11 de junho, e a Portaria 190-A/2018, de 2 de julho.

O estabelecimento da Navarra dedica-se à extrusão, tratamentos de superfície, comercialização de perfis de alumínio extrudados, anodizados e termolacados e acessórios. Assegura ainda a montagem de perfis de rutura de ponte térmica e a maquinaria e corte de precisão de perfis para as mais diversas aplicações. Para além da atividade referidas também se efetuam atividades de embalagem standard ou customizada e distribuição dos produtos.

O estudo do cálculo das chaminés foi efetuado o para a determinação da altura das chaminés considerando a presença de obstáculos próximos (Hc), e considerando a altura da cumeeira mais elevada do edifício de implantação (Hp (c)).

Do processo de produtivo desenvolvido pela Navarra resulta a emissão de poluentes para a atmosfera através de chaminés, as quais se pretende dimensionar no presente documento (Tabela 1):

Tabela 1: Identificação das fontes fixas, e respetivos equipamentos.

Código interno	Fonte	Altura (m)	Diâmetro (m)	Poluentes emitidos
FF7n	Extrusora I Prensa3	11,50	0,46	COT's, NOx
FF8	Extrusora II Prensa2	14,08	0,45	COT's, NOx
FF9	Forno de maturação IV (sem prensa)	14,78	0,30	COT's, NOx
FF9n	Forno de maturação I (prensa 3)	11,62	0,30	COT's, NOx
FF10	Forno de maturação II (prensa2)	15,79	0,25	COT's, NOx
FF11	Forno de maturação III (prensa1)	11,60	0,30	COT's, NOx
FF12	Máquina de Polimentos (ciclones de polimentos)	11,60	0,35	PTS
FF13	Queimador Forno de Polimerização LH	11,60	0,30	COT's, NOx
FF14	Exaustão Forno Polimerização LH	11,60	0,30	COT's, NOx, SO2, PTS
FF15	Exaustão Decapagem (Lavador de Gases) Anodização	14,00	1,12	COT's, PTS
FF16	Exaustão da caldeira Anodização	13,00	0,40	COT's, NOx
FF17	Queimador (Estufa) LM	11,60	0,25	COT's, NOx
FF18	Queimador I da Estufa de Secagem LH	11,60	0,20	COT's, NOx
FF19	Queimador II da Estufa de Secagem LH	11,60	0,20	COT's, NOx
FF20	Máquina de Polimentos (chaminé nova)	11,60	0,35	PTS
FF21	Sala das tinas da soda Ext (lavador de gases)	12,50	0,30	PTS
FF22	Queimador do forno de polimerização LV2	16,65	0,35	COT's, NOx
FF23	Exaustão do forno de polimerização LV2	16,54	0,35	COT's, NOx, SO2, PTS

Código interno	Fonte	Altura (m)	Diâmetro (m)	Poluentes emitidos
FF24	Exaustão do banho alcalino entrada LV2	18,00	0,35	COT's, H2S, Compostos inorgânicos clorados
FF25	Exaustão do banho alcalino saída LV2	18,00	0,35	COT's, H2S, Compostos inorgânicos clorados
FF26	Queimador do túnel de secagem LV2	16,30	0,35	COT's, NOx
FF28	Exaustão do despoeirador LV2	16,31	0,71	PTS
FF29	Exaustão da caldeira 2	13,18	0,40	COT's, NOx
FF30	Máquina de lavar matrizes	16,73	0,30	PTS
FF31	Forno maturação P2 (saída de ar quente)	15,9	0,20	COT's, NOx
FF32	Exaustão do forno de polimerização LV2	17,229	0,35	COT's, NOx, SO2, PTS
FF33	Exaustão Ventilador Forno Maturação I da Prensa 4	12,5	0,20	COT's, NOx
FF34	Exaustão Ventilador Forno Maturação II da Prensa 4	12,5	0,20	COT's, NOx
FF35	Exaustão Queimador Forno Maturação I da Prensa 4	12,5	0,25	COT's, NOx
FF36	Exaustão Queimador Forno Maturação II da Prensa 4	12,5	0,25	COT's, NOx
FF37	Exaustão Queimador Forno Maturação I da Prensa 4	12,72	0,25	COT's, NOx
FF38	Exaustão Queimador Forno Maturação II da Prensa 4	13,63	0,25	COT's, NOx
FF39	Forno de billetes da prensa 4	19,94	0,51	COT's, NOx
FF40	Túnel Tratamentos LV3	17,277	0,36	COT's, H2S, Compostos inorgânicos clorados
FF41	Túnel Polimerização LV3	17,467	0,35	COT's, NOx, SO2, PTS
FF42	Túnel Secagem LV3	17,947	0,35	COT's, NOx
FF43	Filtro Final LV3	17,567	0,70	PTS
FF45	Máquina de areamento	17,6	0,30	COT's, NOx

Note-se que as fontes emissoras FF18 e FF19 foram excluídas do âmbito de aplicação do DL 39/2018. Deste modo, não serão consideradas no presente estudo.

Na figura I apresenta-se uma peça desenhada da implantação dos edifícios com a identificação das fontes fixas existentes, e respetiva localização.

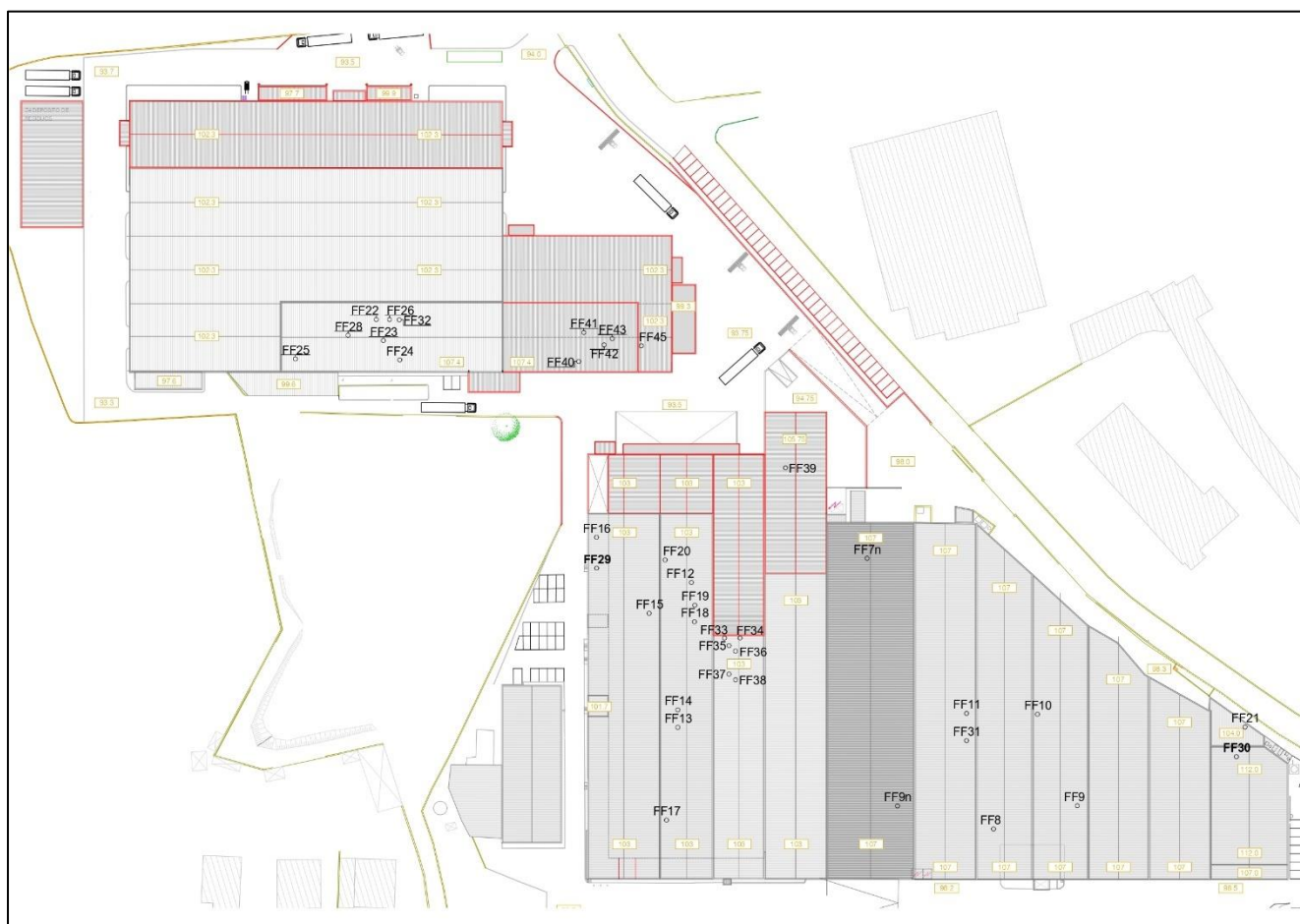


Figura I: Localização das fontes fixas de emissão na unidade industrial da NAVARRA.

3.- Definições

H — Altura a considerar para uma chaminé, expressa em metros, de acordo com o disposto no artigo 26.º do Decreto-Lei n.º 39/2018, ou seja, a distância entre o topo e o solo, medida na vertical e determinada em função do nível de emissão dos poluentes atmosféricos e dos obstáculos próximos.

HP — Altura mínima da chaminé a dimensionar, expressa em metros e medida a partir do solo, calculada com base nas condições de emissão de efluentes gasosos.

HC — Altura mínima da chaminé a dimensionar, expressa em metros e medida a partir do solo, corrigida devido à presença de obstáculos próximos.

h0 — Altura do obstáculo, em metros, medida a partir da cota do solo na base de implantação da chaminé.

Obstáculo próximo — Qualquer obstáculo situado na vizinhança da fonte de emissão (incluindo o edifício de implantação da chaminé) e que obedeça, simultaneamente, às seguintes condições:

- i. $h0 \geq D/5$;
- ii. $L \geq l + (lD)/300$.

D — A distância, expressa em metros, medida na horizontal, entre a fonte de emissão e o ponto mais elevado do obstáculo.

L — Largura do obstáculo, expressa em metros.

Vizinhança — Área circundante à fonte de emissão num raio de 300 m.

4.- Determinação de H_p nas condições de emissão do efluente gasoso

A determinação das alturas das chaminés corresponde à primeira etapa da determinação da altura, tendo em consideração as condições e características do efluente gasoso emitido por cada chaminé.

O valor de H_p , expresso em metros, deve ser, pelo menos, igual ao valor numérico calculado através da seguinte equação:

$$H_p = \sqrt{S} \cdot \left(\frac{1}{Q \cdot \Delta T} \right)^{1/6} \quad (\text{eq. 1})$$

$$S = \frac{F \times q}{C} \quad (\text{eq. 2})$$

sendo:

Q — caudal volúmico dos gases emitidos, expresso em metros cúbicos por hora 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 $\Delta T \leq 50$, considera -se $\Delta T = 50$ para o cálculo de H_p ;

F — coeficiente de correção ($F = 340$ para gases, $F = 680$ para partículas);

q — caudal mássico máximo passível de emissão do poluente considerado, expresso em quilogramas por hora;

C — diferença entre C_R e C_F , expressa em miligramas por metro cúbico, normalizada à temperatura 293K e à pressão de 101,3 kPa.

$$C = C_R - C_F \quad (\text{eq. 3})$$

em que:

C_R — concentração de referência cujos valores a utilizar são:

- C_R (Partículas) = 0,150 mg.m⁻³
- C_R (NOX) = 0,140 mg.m⁻³
- C_R (SO₂) = 0,100 mg.m⁻³

C_F — média anual da concentração do poluente considerado, medida no local. Na ausência de dados de avaliação da qualidade do ar para essa região, devem usar -se os seguintes valores:

Zona Rural	Zona Urbana/Industrial
C_F (Partículas) = 0,030 mg.m ⁻³	C_F (Partículas) = 0,050 mg.m ⁻³
C_F (NOX) = 0,020 mg.m ⁻³	C_F (NOX) = 0,040 mg.m ⁻³
C_F (SO ₂) = 0,015 mg.m ⁻³	C_F (SO ₂) = 0,030 mg.m ⁻³

Atendendo à zona na qual se localiza a Navarra, considera-se que é enquadrável na tipologia de “Zona urbana / industrial”, pelo que se assumem os valores de CF correspondentes (Tabela 2):

Tabela 2: Valores de C.

Poluente	C _R	C _F	C
Partículas (mg/m ³)	0,15	0,050	0,1
SO ₂ (mg/m ³)	0,1	0,030	0,07
NO _x (mg/m ³)	0,14	0,040	0,1

O parâmetro S assume então, para cada chaminé, o maior dos valores determinados para cada um dos poluentes principais. A altura HP será determinada tomando o maior valor de S obtido.

Pressupostos de cálculo:

- Para efeitos de avaliação da qualidade do ar na região de implementação da fonte pontual, consideraram-se os valores de concentração médios anuais (CF) para uma zona industrial conforme determinados na Portaria n.º 190-A/2018. Nos casos em que não estejam fixados valores CR para alguns poluentes emitidos pela chaminé, não sendo possível determinar o parâmetro C (diferença entre a concentração de referência e a concentração anual), considera-se HP igual a 10 metros;
- A temperatura média anual típica da região onde se localiza a chaminé corresponde a 15,0 °C;
- A determinação da altura mínima da chaminé (calculada com base nas condições de emissão de efluentes gasosos) é feita considerando os caudais mássicos e de emissão correspondentes a concentrações iguais às dos Valores Limite de Emissão, conforme determinados na Portaria n.º 190-B/2018.

Note-se que, para o cálculo de Hp, os caudais mássicos foram determinados com base na capacidade nominal das fontes em estudo, facultada pelo proponente, e no Valor Limite de Emissão (VLE) definido na legislação aplicável atualmente em vigor.

Para as chaminés em avaliação, os poluentes emitidos foram compostos orgânicos totais (COT's), óxidos de azoto (NOX), partículas em suspensão (PTS), dióxido de enxofre (SO₂), sulfeto de hidrogénio (H₂S) e compostos inorgânicos clorados. Tal como já foi referido anteriormente, e considerando o exposto na Portaria n.º 190-A/2018, o parâmetro S é apenas calculado para os poluentes PTS, NOX, e SO₂, assumindo-se um Hp de 10 m para os restantes poluentes. Assim, dos poluentes previstos para as fontes em estudo, apenas as PTS, o NOX e o SO₂ foram tidos em consideração para o cálculo do parâmetro S.

Na Tabela 3 apresentam-se as condições atuais de emissão dos efluentes gasosos nas fontes fixas em análise:

Tabela 3: Determinação dos valores de Hp.

Cód.	Q (m ³ /h)	T (K)	Partículas (PTS)		Óxidos de Azoto (NO _x)		Dióxido de Enxofre (SO ₂)		Hp (m)
			q	S	q	S	q	S	
FF7n	2799	388	n.a	n.a	0,023	78	n.a	n.a	1,09
FF8	3125	439	n.a	n.a	0,038	129	n.a	n.a	1,29
FF9	886	328	n.a	n.a	0,031	105	n.a	n.a	1,73

Cód.	Q (m³/h)	T (K)	Partículas (PTS)		Óxidos de Azoto (No _x)		Dióxido de Enxofre (SO ₂)		Hp (m)
			q	S	q	S	q	S	
FF9n	968	373	n.a	n.a	0,043	146	n.a	n.a	1,83
FF10	2178	377	n.a	n.a	0,075	255	n.a	n.a	2,10
FF11	851	362	n.a	n.a	0,038	129	n.a	n.a	1,80
FF12	8549	307	0,100	680	n.a	n.a	n.a	n.a	3,00
FF13	1040	511	n.a	n.a	0,051	173	n.a	n.a	1,68
FF14	1035	388	0,003	23	0,009	30	0,014	68	1,20
FF15	47992	303	0,340	2312	n.a	n.a	n.a	n.a	4,16
FF16	1177	423	n.a	n.a	0,082	279	n.a	n.a	2,27
FF17	278	460	n.a	n.a	0,018	61	n.a	n.a	1,30
FF20	7082	316	0,041	279	n.a	n.a	n.a	n.a	1,99
FF21	6536	300	0,040	272	n.a	n.a	n.a	n.a	1,99
FF22	990	384	n.a	n.a	0,056	190	n.a	n.a	2,04
FF23	1448	331	0,013	88	0,014	48	0,010	46	1,46
FF24	2379	321	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	10
FF25	3112	323	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	10
FF26	1216	448	n.a	n.a	0,060	204	n.a	n.a	1,88
FF28	21486	307	0,200	1360	n.a	n.a	n.a	n.a	3,64
FF29	1611	440	n.a	n.a	0,100	340	n.a	n.a	2,33
FF30	667	286	0,002	11	n.a	n.a	n.a	n.a	0,65
FF31	1013	364	n.a	n.a	0,009	31	n.a	n.a	0,85
FF32	7041	297	0,120	816	0,078	265	0,054	262	3,40
FF33	708	369	n.a	n.a	0,006	21	n.a	n.a	0,73
FF34	470	417	n.a	n.a	0,004	13	n.a	n.a	0,59
FF35	695	425	n.a	n.a	0,036	122	n.a	n.a	1,64
FF36	1062	462	n.a	n.a	0,073	248	n.a	n.a	2,09
FF37	966	458	n.a	n.a	0,040	136	n.a	n.a	1,58
FF38	756	398	n.a	n.a	0,003	11	n.a	n.a	0,48
FF39	3975	381	n.a	n.a	0,033	112	n.a	n.a	1,25
FF40	1350	303	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	10

Cód.	Q (m³/h)	T (K)	Partículas (PTS)		Óxidos de Azoto (No _x)		Dióxido de Enxofre (SO ₂)		Hp (m)
			q	S	q	S	q	S	
FF41	2029	402	0,019	129	0,016	54	0,013	0,070	1,45
FF42	2234	567	n.a	n.a	0,015	51	n.a	n.a	0,77
FF43	17778	301	0,120	816	n.a	n.a	n.a	n.a	2,91
FF45	1000*	300*	0,003	23	n.a	n.a	n.a	n.a	0,74

*Considerando a instalação recente da fonte fixa em apreço, até ao momento, não foram realizadas monitorizações. Por este motivo, os valores indicados dizem respeito a estimativas de acordo com os valores de referência indicados pelo fabricante.

5.- Correção de H_p devido à influência de outras chaminés existentes na mesma instalação

Uma vez que na presente instalação existem outras chaminés, para além daquela que se pretende dimensionar, e que emitem os mesmos poluentes, o cálculo de H_p é efetuado do seguinte modo:

- A. Verificação da dependência
- B. Determinação de H_p corrigido
- C. Determinação de H_c

Na tabela seguinte apresenta-se a distância entre as chaminés para verificação da dependência entre fontes:



Tabela 4: Distância (m) entre as chaminés da Navarra para verificação da dependência.

	FF7n	FF8	FF9	FF9n	FF10	FF11	FF12	FF13	FF14	FF15	FF16	FF17	FF20	FF21	FF22	FF23	FF24	FF25	FF26	FF28	FF29	FF30	FF31	FF32	FF33	FF34	FF35	FF36	FF37	FF38	FF39	FF40	FF41	FF42	FF43	FF45
FF7n		88,36	96	73,81	68,31	54,49	52,44	75,08	71,73	66,51	80,28	97,58	59,76	122,39	161,42	156,88	150,44	179,05	157,89	167,05	80,05	123,94	73,8	155,29	48,36	44,38	49,03	47,65	53,33	52,99	36,03	103,27	107,13	100,18	99,52	91,7
FF8			25,67	29,23	36,31	35,09	115,3	98,08	99,79	120,18	145,7	96,76	125,56	80,24	132,42	231,14	223,77	248,88	233,66	240,3	140,45	74,91	29,18	231,42	97,55	93,86	95,2	92,68	90,64	88,13	123,26	184,86	190,35	183,75	183,71	176,83
FF9				53,17	29,49	42,63	131,81	120,36	121,55	138,8	162,83	121,54	141,91	54,82	252,32	247,04	239,82	266,29	249,05	256,6	158,53	49,25	22,57	246,67	115,51	111,37	113,35	110,92	110,08	107,68	132,02	197,49	202,17	195,34	194,93	187,41
FF9n					49,51	34,17	89,89	68,97	70,89	92,95	119,31	68,42	100,08	105,42	210,83	205,08	197,63	221,74	207,97	113,92	113,39	101,28	45,71	205,85	71,3	68,08	68,79	66,26	63,25	60,69	105,34	161,78	167,94	161,63	161,93	155,76
FF10						20,99	109,5	106,43	106,37	18,67	140,52	114,1	119,21	61,49	242,76	222,79	215,74	243,78	224,37	232,64	137,34	60,13	7,79	221,87	95,28	90,81	93,47	91,24	91,99	89,87	104,24	171,17	175,34	168,42	167,81	160,01
FF11							90,64	85,47	85,38	98,42	121,18	94,18	100,03	82,47	193,18	204,69	197,52	224,44	206,59	114,35	117,51	80,81	22,48	204,17	74,97	70,59	73,05	70,75	71,19	69,02	90,22	154,89	159,67	152,87	152,53	145,15
FF12								43,06	37,9	15,51	31,1	70,7	10,26	142,47	121,39	115,84	108,5	134,48	118,39	125,11	28,37	169,16	112,51	116,19	19,12	21,82	21,72	24,13	29,3	31,62	43,83	73,39	80,46	74,87	75,83	71,54
FF13									5,19	34,79	61,6	7,64	49,66	167,74	150,01	143,78	136,28	157,04	147,7	151,5	53,23	165,39	106,43	45,94	29,8	32,21	28,54	28,28	21,84	22,11	83,1	112,15	120,03	115,22	116,61	113,77
FF14										29,78	56,42	32,8	44,49	167,81	145,87	139,69	132,18	153,48	143,15	147,57	48,24	165,74	106,75	141,75	25,32	28,1	24,49	24,34	18,45	19,23	78,34	107,15	114,99	110,13	111,41	108,21
FF15											27,35	61,39	16,47	140	118,57	112,62	115,13	128,83	115,93	121,17	20,47	178,76	120,87	113,99	23,45	27,86	25,47	27,89	29,07	32,25	58,97	77,37	85,25	80,51	81,97	79,15
FF16												86,19	21,36	206,54	91,59	85,77	78,33	103,48	88,83	94,67	9,15	200,03	143,61	86,82	48,16	51,85	50,6	53,14	56,34	58,89	59,75	52,28	60,65	56,94	58,93	58,15
FF17													76,96	173,3	171,13	164,71	157,32	175,06	169,19	171,54	77,33	169,57	112,21	167,76	56,52	58,1	54,85	54	46,98	46,5	109,98	138,03	146,26	141,78	143,32	140,89
FF20														187,86	111,13	105,6	98,26	124,43	108,14	114,89	20,38	178,67	122,41	105,93	29,01	32,01	31,48	34,07	38,07	41,12	44,84	64,04	71,42	66,13	67,31	63,73
FF21															283,78	279,26	276,98	301,18	281,87	289,44	256,5	9,13	61,51	281,84	138,42	151,65	154,5	152,34	153,4	151,32	156,03	279,27	227,7	222,58	220,53	211,16
FF22																6,55	13,82	26,2	3,94	9,54	98,26	285,31	231,82	6,82	134,72	138,28	135,75	137,24	153,76	137,24	128,72	61,14	61,49	67,78	70	78,76
FF23																	7,51	26,58	6,46	10,55	92,25	280,66	226,75	7,73	133,84	137,34	136,32	138,85	142,06	144,62	124,72	58,09	59,31	65,26	67,66	76,28
FF24																		30,87	12,31	16,93	84,75	273,8	219,63	11,87	126,42	129,95	128,89	131,43	134,59	137,15	118,43	52,91	55,01	60,56	63,12	71,53
FF25																			30,18	17,08	108,46	302,89	246,37	22,88	151,35	155,23	153,7	156,21	158,52	161,07	148,45	83,78	85,63	91,36	93,87	102,35
FF26																				31,12	95,69	281,78	228,52	2,88	136,67	140,04	139,18	141,71	145,7	147,72	125,02	57,29	57,57	63,87	66,07	74,84
FF28																					100,72	290,73	236,49	15,83	142,83	146,44	145,27	147,81	150,76	153,32	135,15	68,63	69,7	75,74	87,01	86,76
FF29																						197,21	139,99	93,82	43,07	47,16	45,34	47,83	50,14	52,7	63,24	61,39	69,79	66,08	68,05	67,09
FF30																							59	279,22	155,39	150,91	153,59	151,36	152	149,83	158,34	226,9	230,15	223,15	222,16	213,84
FF31																								226,07	97,42	93,05	95,46	93,14	93,32	91,08	109,83	176,02	180,45	173,57	173,07	165,41



	FF7n	FF8	FF9	FF9n	FF10	FF11	FF12	FF13	FF14	FF15	FF16	FF17	FF20	FF21	FF22	FF23	FF24	FF25	FF26	FF28	FF29	FF30	FF31	FF32	FF33	FF34	FF35	FF36	FF37	FF38	FF39	FF40	FF41	FF42	FF43	FF45		
FF32																									134,55	137,87	137,07	139,06	143,14	145,69	122,3	54,46	54,69	60,99	63,02	71,97		
FF33																										4,61	2,6	5,07	10,76	12,79	53,48	92,48	99,46	93,73	94,57	89,86		
FF34																											3,96	3,9	11,18	12,44	52,09	55,6	56,19	63,26	64,42	91,92		
FF35																												2,54	8,45	10,32	95,05	97,43	102,63	104,98	68,77	92,37		
FF36																													7,08	8,49	56,19	97,43	104,35	98,57	99,36	94,5		
FF37																														2,56	63,26	102,63	109,77	104,16	105,08	100,52		
FF38																																64,42	104,98	112,08	106,43	107,38	102,65	
FF39																																		68,77	71,82	64,82	63,93	55,86
FF40																																			8,65	8,94	11,97	19,07
FF41																																				7	8,58	17,45
FF42																																					3,03	11,02
FF43																																						8,87
FF45																																						

5.1.- Verificação da dependência

Sendo a altura de duas chaminés (i) e (j) respetivamente h_i e h_j , calculadas de acordo com a equação I, serão consideradas dependentes se se verificar em simultâneo as três seguintes condições:

1. a distância entre os eixos das duas chaminés for inferior à soma $h_i + h_j + 10$ (em metros);
2. h_i for superior à metade de h_j ;
3. h_j for superior à metade de h_i .

Nota: No caso da dependência com chaminés existentes, considera-se a altura real das mesmas.

Para a determinação da dependência entre as chaminés da instalação, para além das distâncias entre as fontes, foi usado o valor da altura teórica das chaminés em avaliação (H_p) determinada para as PTS, o NO_x , e o SO_2 (poluentes emitidos em comum). Deste modo, considerem-se as condições para a dependência entre chaminés que se encontram na Tabela 5.

Caso se verifique que, das fontes avaliadas, alguma destas seja dependente entre si, é necessário proceder ao cálculo de H_p corrigido para as mesmas. Por aplicação da metodologia imposta pela Portaria n.º 190-A/2018 foram obtidos os valores mínimos de altura, correspondentes a H_p e H_c , para uma correta dispersão dos poluentes atmosféricos. O H_p apresentado no ponto seguinte foi calculado para as PTS, NO_x e SO_2 , e assumido para os restantes poluentes, de acordo com a metodologia apresentada na secção II.1.

Determina-se assim o conjunto de chaminés dependentes da chaminé considerada, devendo, nesta situação, a altura da chaminé ser igual, pelo menos, ao valor de H_p calculado para o caudal total de poluente e caudal de gases de exaustão emitido pelo conjunto das chaminés em causa.



Tabela 5: Verificação da dependência entre as chaminés.

	FF7n	FF8	FF9	FF9n	FF10	FF11	FF12	FF13	FF14	FF15	FF16	FF17	FF20	FF21	FF22	FF23	FF24	FF25	FF26	FF28	FF29	FF30	FF31	FF32	FF33	FF34	FF35	FF36	FF37	FF38	FF39	FF40	FF41	FF42	FF43	FF45	
FF7n		NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF8			NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF9				NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF9n					NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF10						NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF11							NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF12								NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF13									SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF14										NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF15											NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF16												NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF17													NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF20														NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF21															NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF22																SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF23																	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF24																		NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF25																			NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF26																				NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF28																					NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF29																						NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF30																								NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
FF31																									NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO



	FF7n	FF8	FF9	FF9n	FF10	FF11	FF12	FF13	FF14	FF15	FF16	FF17	FF20	FF21	FF22	FF23	FF24	FF25	FF26	FF28	FF29	FF30	FF31	FF32	FF33	FF34	FF35	FF36	FF37	FF38	FF39	FF40	FF41	FF42	FF43	FF45
FF32																									NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
FF33																										SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
FF34																											NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
FF35																												SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
FF36																													SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
FF37																														NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
FF38																															NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
FF39																																NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
FF40																																	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
FF41																																		SIM	NÃO	NÃO
FF42																																			NÃO	SIM
FF43																																				NÃO
FF45																																				

5.2.- Determinação de H_p corrigido

Caso se verifique existência de dependência, de acordo com a alínea anterior, o H_p da chaminé que se pretende calcular (h_i) deverá ser determinado considerando o caudal mássico total ($q_i + q_j$) e um caudal volúmico total ($Q_i + Q_j$) dos gases emitidos pelas fontes dependentes, aplicando de novo a equação 1.

Considere-se a informação constante na seguinte tabela:

Tabela 6: Verificação da dependência.

Fonte	Verifica-se pelo menos um dos pressupostos?	H_p	$H_p (c)$
FF7n	Não	1,09	1,09
FF8	Não	1,29	1,29
FF9	Não	1,73	1,73
FF9n	Não	1,83	1,83
FF10	Não	2,10	2,10
FF11	Não	1,80	1,80
FF12	Não	3,00	3,00
FF13	Sim	1,68	1,62
FF14	Sim	1,20	1,86
FF15	Não	4,16	4,16
FF16	Sim	2,27	2,93
FF17	Não	1,30	1,30
FF20	Não	1,99	1,99
FF21	Não	1,99	1,99
FF22	Sim	2,04	3,25
FF23	Sim	1,46	2,22
FF24	Não	10	10
FF25	Não	10	10
FF26	Sim	1,88	2,73
FF28	Sim	3,64	4,40
FF29	Sim	2,33	2,87
FF30	Não	0,65	0,65
FF31	Não	0,85	0,85
FF32	Sim	3,40	4,40
FF33	Sim	0,73	0,86
FF34	Sim	0,59	0,80
FF35	Sim	1,64	2,44
FF36	Sim	2,09	2,35
FF37	Sim	1,58	2,34
FF38	Não	0,48	0,48
FF39	Não	1,25	1,25
FF41	Sim	1,45	1,28
FF42	Sim	0,77	1,10
FF43	Não	2,91	2,91
FF45	Sim	0,74	0,97

5.3.- Determinação H_c (devido à presença de obstáculos próximos)

Para determinar o valor de H_c , foram considerados os obstáculos que, estando inseridos num raio de 300 metros das fontes emissoras, apresentavam condições de serem considerados obstáculos próximos.

Assim, se na vizinhança de uma determinada chaminé existirem obstáculos próximos, a altura H_c deve ser calculada do seguinte modo:

$$H_c = h_0 + 3 - \frac{2D}{5h_0} \quad (\text{eq. 4})$$

sendo:

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

h_0 — a altura do obstáculo, em metros, medida a partir da cota do solo na base de implantação da chaminé, de acordo com os esquemas da Figura 1.

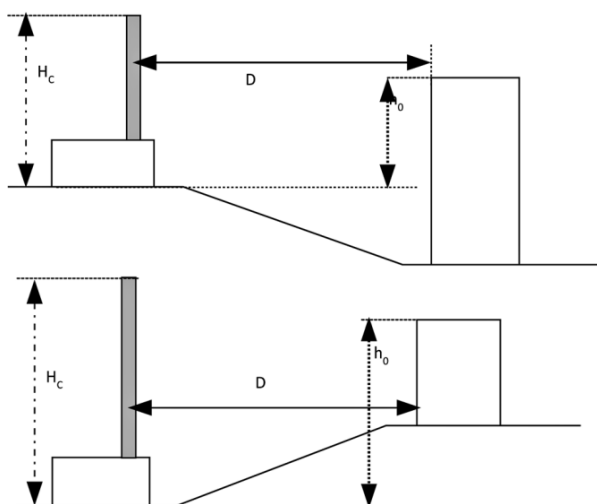


Figura 2: Esquema ilustrativo - Variáveis H_c , h_0 e D , para dois casos de exemplo.

As instalações da RNM consistem em diversos edifícios, constituídos por diversas infraestruturas, nomeadamente:

- Matrizaria; e
- Lacagem vertical II.

Deste modo, considera-se obstáculo próximo, aquele que se situa na vizinhança da fonte de emissão (incluindo o edifício de implantação da chaminé) e que obedeça, simultaneamente, às seguintes condições:

- I. $h_0 \geq D/5$
- II. $L \geq I + (14D) / 300$

Considere-se a seguinte verificação do cumprimento dos pressupostos:

Tabela 7: Verificação do cumprimento da condição I ($h_0 \geq D/5$).

Fonte Fixa	Obstáculo próximo	h_0	$D/5$	Verifica-se?
FF7n	Matrizaria	11,86	24,788	FALSO
FF8	Matrizaria	11,86	14,982	FALSO
FF9	Matrizaria	11,86	9,85	VERDADEIRO
FF9n	Matrizaria	11,86	20,256	FALSO
FF10	Matrizaria	11,86	12,026	FALSO
FF11	Matrizaria	11,86	16,162	FALSO
FF12	Lacagem Vertical II	12,04	14,678	FALSO
FF13	Lacagem Vertical II	12,04	22,43	FALSO
FF14	Lacagem Vertical II	12,04	21,43	FALSO
FF15	Lacagem Vertical II	12,04	15,474	FALSO
FF16	Lacagem Vertical II	12,04	10,456	VERDADEIRO
FF17	Lacagem Vertical II	12,04	27,606	FALSO
FF18	Lacagem Vertical II	12,04	16,856	FALSO
FF19	Lacagem Vertical II	12,04	15,972	FALSO
FF20	Lacagem Vertical II	12,04	12,808	FALSO
FF21	Matrizaria	11,86	1,826	VERDADEIRO
FF22	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF23	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF24	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF25	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF26	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF28	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF29	Lacagem Vertical II	12,04	12,278	FALSO
FF30	Matrizaria	11,86	0	VERDADEIRO
FF31	Matrizaria	11,86	11,8	VERDADEIRO
FF32	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF33	Lacagem Vertical II	12,04	18,496	FALSO
FF34	Lacagem Vertical II	12,04	11,12	VERDADEIRO
FF35	Lacagem Vertical II	12,04	19,486	FALSO
FF36	Lacagem Vertical II	12,04	19,486	FALSO
FF37	Lacagem Vertical II	12,04	20,526	FALSO
FF38	Lacagem Vertical II	12,04	20,996	FALSO
FF39	Lacagem Vertical II	12,04	13,754	FALSO
FF40	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF41	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF42	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF43	Lacagem Vertical II	12,04	0	VERDADEIRO
FF45	Lacagem Vertical II	12,04	3,814	VERDADEIRO

Tabela 8: Verificação do cumprimento da Condição II ($L \geq I + (14D) / 300$).

Fonte Fixa	Obstáculo próximo	L	$I + (14D) / 300$	Verifica-se?
FF7n	Matrizaria	22,5	6,78	VERDADEIRO
FF8	Matrizaria	22,5	4,50	VERDADEIRO
FF9	Matrizaria	22,5	3,30	VERDADEIRO
FF9n	Matrizaria	22,5	5,73	VERDADEIRO
FF10	Matrizaria	22,5	3,81	VERDADEIRO
FF11	Matrizaria	22,5	4,77	VERDADEIRO
FF12	Lacagem Vertical II	20	4,42	VERDADEIRO
FF13	Lacagem Vertical II	20	6,23	VERDADEIRO
FF14	Lacagem Vertical II	20	6,00	VERDADEIRO
FF15	Lacagem Vertical II	20	4,61	VERDADEIRO
FF16	Lacagem Vertical II	20	3,44	VERDADEIRO
FF17	Lacagem Vertical II	20	7,44	VERDADEIRO
FF18	Lacagem Vertical II	20	4,93	VERDADEIRO
FF19	Lacagem Vertical II	20	4,73	VERDADEIRO
FF20	Lacagem Vertical II	20	3,99	VERDADEIRO
FF21	Matrizaria	22,5	1,43	VERDADEIRO
FF22	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF23	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF24	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF25	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF26	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF28	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF29	Lacagem Vertical II	20	3,86	VERDADEIRO
FF30	Matrizaria	22,5	1,00	VERDADEIRO
FF31	Matrizaria	22,5	3,75	VERDADEIRO
FF32	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF33	Lacagem Vertical II	20	5,32	VERDADEIRO
FF34	Lacagem Vertical II	20	3,59	VERDADEIRO
FF35	Lacagem Vertical II	20	5,55	VERDADEIRO
FF36	Lacagem Vertical II	20	5,55	VERDADEIRO
FF37	Lacagem Vertical II	20	5,79	VERDADEIRO
FF38	Lacagem Vertical II	20	5,90	VERDADEIRO
FF39	Lacagem Vertical II	20	4,21	VERDADEIRO
FF40	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF41	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF42	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF43	Lacagem Vertical II	20	1,00	VERDADEIRO
FF45	Lacagem Vertical II	20	1,89	VERDADEIRO

Conforme indicado na Tabela 9, apresenta-se a identificação das estruturas próximas, e respetivo cálculo da altura da chaminé:

Tabela 9: Resumo do cálculo da altura das chaminés tendo em conta obstáculos próximos.

Fonte Fixa	Altura do edifício de implantação da chaminé (m)	(L) Largura do Obstáculo (m)	(ho) Altura do obstáculo medida a partir da cota do solo na base de implantação da chaminé (m)	(D) Distância medida na horizontal, entre a fonte de emissão e o ponto mais elevado do obstáculo (m)	Obstáculo próximo	Hc (m)
FF7n	5,56	22,5	11,86	123,94	Matrizaria	10,7
FF8	5,77	22,5	11,86	74,91	Matrizaria	12,3
FF9	5,77	22,5	11,86	49,25	Matrizaria	13,2
FF9n	5,56	22,5	11,86	101,28	Matrizaria	11,4
FF10	5,77	22,5	11,86	60,13	Matrizaria	12,8
FF11	5,49	22,5	11,86	80,81	Matrizaria	12,1
FF12	4,57	20	12,04	73,39	Lacagem vertical II	12,6
FF13	4,57	20	12,04	112,15	Lacagem vertical II	11,3
FF14	4,57	20	12,04	107,15	Lacagem vertical II	11,5
FF15	4,57	20	12,04	77,37	Lacagem vertical II	12,5
FF16	4,57	20	12,04	52,28	Lacagem vertical II	13,3
FF17	4,57	20	12,04	138,03	Lacagem vertical II	10,5
FF18	4,57	20	12,04	84,28	Lacagem vertical II	12,2
FF19	4,57	20	12,04	79,86	Lacagem vertical II	12,4
FF20	4,57	20	12,04	64,04	Lacagem vertical II	12,9
FF21	11,86	22,5	11,86	9,13	Matrizaria	14,9
FF22	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
FF23	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
FF24	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
FF25	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
FF26	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
FF28	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
I3,0FF29	4,57	20	12,04	61,39	Lacagem vertical II	13,0
FF30I4,9	11,86	22,5	11,86	0	Matrizaria	14,9
FF31I2,9	5,77	22,5	11,86	59	Matrizaria	12,9
FF32	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
FF33	4,57	20	12,04	92,48	Lacagem vertical II	12,0
FF34	4,57	20	12,04	55,6	Lacagem vertical II	13,2
FF35	4,57	20	12,04	97,43	Lacagem vertical II	11,8
FF36	4,57	20	12,04	97,43	Lacagem vertical II	11,8
FF37	4,57	20	12,04	102,63	Lacagem vertical II	11,6
FF38	4,57	20	12,04	104,98	Lacagem vertical II	11,6
FF39	6	20	12,04	68,77	Lacagem vertical II	12,8
FF40	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
FF41	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
FF42	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
FF43	12,04	20	12,04	0	Lacagem vertical II	15,0
FF45	6	20	12,04	19,07	Lacagem vertical II	14,4

6.- Determinação de H

O valor de H (altura das chaminés - distância entre o topo e o solo, medida na vertical e determinada em função do nível de emissão dos poluentes atmosféricos e dos obstáculos próximos) é obtido considerando o maior valor entre HP e HC.

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.

Deste modo, considere-se a informação disposta na tabela

Tabela 10: Determinação da altura das chaminés.

Fonte Fixa	Hp final	Altura atual (m)	Cumpre?
FF7n	10,7	11,50	Sim
FF8	12,3	14,08	Sim
FF9	13,2	14,78	Sim
FF9n	11,4	11,62	Sim
FF10	12,8	15,79	Sim
FF11	12,1	11,60	Não
FF12	12,6	11,60	Não
FF13	11,3	11,60	Sim
FF14	11,5	11,60	Sim
FF15	12,5	14,00	Sim
FF16	13,3	13,00	Não
FF17	10,5	11,60	Sim
FF18	12,2	11,60	Não
FF19	12,4	11,60	Não
FF20	12,9	11,60	Não
FF21	14,9	12,50	Não
FF22	15,0	16,65	Sim
FF23	15,0	16,54	Sim
FF24	15,0	18,00	Sim
FF25	15,0	18,00	Sim
FF26	15,0	16,30	Sim
FF28	15,0	16,31	Sim
FF29	13,0	13,18	Sim
FF30	14,9	16,73	Sim
FF31	12,9	15,9	Sim
FF32	15,0	17,229	Sim
FF33	12,0	12,5	Sim
FF34	13,2	12,5	Não
FF35	11,8	12,5	Sim
FF36	11,8	12,5	Sim
FF37	11,6	12,72	Sim
FF38	11,6	13,63	Sim
FF39	12,8	19,94	Sim
FF40	15,0	17,277	Sim
FF41	15,0	17,467	Sim

Fonte Fixa	Hp final	Altura atual (m)	Cumpre?
FF42	15,0	17,947	Sim
FF43	15,0	17,567	Sim
FF45	14,4	17,6	Sim