

# **ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DO PLANALTO BEIRÃO**

Centro Integrado de Tratamento de  
Resíduos Sólidos Urbanos do  
Planalto Beirão

## **Pedido de Licenciamento de Operações de Gestão de Resíduos**

- I. Unidade de Tratamento Mecânico  
e Biológico
- II. Centro de Triagem
- III. Centro de Tratamento e Recepção  
de REEE

## **FORMULÁRIO LUA**

**- EMISSÕES PARA O AR -**

**MÓDULO V – Adequabilidade da  
altura das chaminés**

## ***Demonstração da adequabilidade das alturas das chaminés face à legislação em vigor, ou parecer de conformidade da altura, emitido para o projeto em licenciamento.***

O presente pedido de licenciamento engloba as Operações de Gestão de Resíduos desenvolvidas no Centro Integrado de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (CITRU) do Planalto Beirão, concretamente nas seguintes instalações:

- Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico;
- Centro de Triagem;
- Centro de Tratamento e Recepção de REEE.

Operacionalmente, o Centro Integrado de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos do Planalto Beirão é constituído por um aterro sanitário de resíduos não perigosos (detentor da Licença Ambiental n.º 354/0.1/2016 e do Alvará de Licença para Operação de Deposição de Resíduos em Aterro n.º 1/2019/CCDRC), pelas instalações acima elencadas (para as quais se está a instruir o presente pedido de licenciamento de OGR), bem como pelas instalações de apoio comuns.

Assim, o pedido consubstanciado pelo processo em curso, tem como objecto o licenciamento das Operações de Gestão de Resíduos associadas ao estabelecimento do CITRU do Planalto Beirão, que inclui as instalações de tratamento de resíduos em questão, concretamente, o Centro de Triagem (LOGR 27/2011, caducada), o Centro de Tratamento e Recepção de REEE (LOGR 42/2009, caducada) e a Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico (LOGR 51/2012, caducada), bem como engloba o licenciamento de exploração de ampliação do aterro do CITRU do Planalto Beirão, correspondente a uma construção de parte da Célula 2 prevista na Licença Ambiental n.º 354/0.1/2016.

Não obstante, para efeitos da presente componente *Adequabilidade da altura das chaminés*, a informação é prestada para todas as infra-estruturas do CITRU do Planalto Beirão.

Neste seguimento, apresenta-se de seguida estudo de verificação da conformidade da altura das chaminés.

De referir que a execução das novas fontes fixas e a consequente adaptação das fontes fixas existentes, quando aplicável, tomará em consideração as orientações expostas no estudo de chaminés apresentado, no sentido de assegurar a respectiva conformidade face à legislação em vigor.

# Estudo de verificação da conformidade da altura das chaminés

# RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Dimensionamento de oito chaminés da empresa  
ECOBEIRÃO face a princípios e regras relativas à  
descarga de poluentes para a atmosfera

**Cliente: ECOBEIRÃO – SOCIEDADE DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO  
PLANALTO BEIRÃO, S.A.**

**Data: 2023-08-07**

**N/ Ref.: REL.028.20230807**

#### Trabalho realizado por:

UVW – Centro de Modelação de Sistemas Ambientais, Lda.

Centro Empresarial da Gafanha da Nazaré

Rua de Goa, n.º 20, 2º Andar, Bloco C, E20

3830-702 Gafanha da Nazaré

#### Identificação do Cliente

ECOBEIRÃO – SOCIEDADE DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO PLANALTO BEIRÃO, S.A.

Vale de Margunda, Borrhal, Barreiro de Besteiros

3465-013 Barreiro de Besteiros

#### Identificação do Relatório

Título: Dimensionamento de oito chaminés da empresa ECOBEIRÃO face a princípios e regras relativas à descarga de poluentes para a atmosfera

N.º Relatório: REL.028.20230807

Âmbito do Relatório: Relatório Técnico

#### Identificação do Projeto

N.º Projeto: UVW.31.2023

N.º Proposta: UVW.092.23

## PROJETO

### Coordenação Executiva

Cristina Monteiro

---

Cristina Monteiro

### Execução

Cristina Monteiro Joana Nunes

---

Cristina Monteiro/Joana Nunes

## RELATÓRIO

### Elaboração

Cristina Monteiro Joana Nunes

---

Cristina Monteiro/ Joana Nunes

### Revisão

Cristina Monteiro

---

Cristina Monteiro

## VALIDAÇÃO



---

Carlos Pedro Ferreira

ÍNDICE

|       |  |    |
|-------|--|----|
| I     | INTRODUÇÃO .....   | 6  |
| II    | APLICAÇÃO PORTARIA N.º 190-A/2018 .....                            | 7  |
| II.1  | METODOLOGIA.....   | 7  |
| II.2  | CARACTERIZAÇÃO CONDIÇÕES OPERAÇÃO/LOCAL IMPLANTAÇÃO CHAMINÉS ..... | 8  |
| II.3  | APRESENTAÇÃO RESULTADOS .....                                      | 12 |
| III   | APLICAÇÃO DECRETO-LEI N.º 39/2018 .....                            | 20 |
| III.1 | METODOLOGIA.....   | 20 |
| III.2 | APRESENTAÇÃO RESULTADOS .....                                      | 20 |
| IV    | APLICAÇÃO NORMA PORTUGUESA 2167:2007 .....                         | 22 |
| IV.1  | METODOLOGIA.....   | 22 |
| IV.2  | APRESENTAÇÃO RESULTADOS .....                                      | 22 |
| V     | SÍNTESE CONCLUSIVA .....   | 25 |
|       | ANEXO I .....  | 27 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1 – Apresentação dos obstáculos inseridos no raio de 300 metros, a partir das fontes em estudo, incluindo os edifícios da própria instalação (Imagem do ano 2023 do *Google Earth*)..... 12

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela II-1 – Características processuais e estruturais consideradas para as fontes em estudo da ECOBEIRÃO.....   | 9  |
| Tabela II-2 – Condições de escoamento consideradas para as fontes em estudo da ECOBEIRÃO, para o cálculo de $H_p$ .....   | 10 |
| Tabela II-3 – Distância (m) entre as chaminés da ECOBEIRÃO para verificação da dependência.....   | 11 |
| Tabela II-4 – Verificação da dependência entre as chaminés da ECOBEIRÃO (condições a serem verificadas em simultâneo para se verificar dependência: $h_i > h_j/2$ , $h_j > h_i/2$ , $Dist_{hi-hj} < h_i + h_j + 10$ ), para o poluente PTS.....     | 13 |
| Tabela II-5 – Verificação da dependência entre as chaminés da ECOBEIRÃO (condições a serem verificadas em simultâneo para se verificar dependência: $h_i > h_j/2$ , $h_j > h_i/2$ , $Dist_{hi-hj} < h_i + h_j + 10$ ), para o poluente $NO_x$ ..... | 13 |
| Tabela II-6 – Verificação da dependência entre as chaminés da ECOBEIRÃO (condições a serem verificadas em simultâneo para se verificar dependência: $h_i > h_j/2$ , $h_j > h_i/2$ , $Dist_{hi-hj} < h_i + h_j + 10$ ), para o poluente $SO_2$ ..... | 14 |
| Tabela II-7 – Dimensionamento das 8 chaminés em avaliação – cálculo de $H_p$ .....  | 14 |
| Tabela II-8 – Dimensionamento das 8 chaminés em avaliação – cálculo de $H_c$ .....  | 15 |
| Tabela II-9 – Verificação do cumprimento da Portaria nº 190-A/2018 das 8 chaminés em avaliação .....  | 17 |
| Tabela III-1 – Aplicação dos requisitos do Decreto-Lei nº 39/2018.....  | 20 |
| Tabela IV-1 – Aplicação dos requisitos da NP 2167:2007 .....  | 22 |

## I INTRODUÇÃO

No presente estudo pretendeu-se dimensionar a altura adequada à dispersão dos poluentes atmosféricos libertados através das 8 chaminés da ECOBEIRÃO, com base na metodologia indicada na Portaria nº 190-A/2018, relativa às normas de descarga de efluentes gasosos.

Foi também aplicado o ponto 2 do Artigo 26º do Capítulo VI do Decreto-Lei nº 39/2018, relativamente às velocidades do efluente gasoso das 8 chaminés, e a Norma Portuguesa 2167:2007, relativamente às secções de amostragem das 8 chaminés em avaliação.

O relatório apresentado está estruturado em quatro capítulos principais: Introdução, Aplicação da Portaria nº 190-A/2018, Aplicação do Decreto-Lei nº 39/2018, Aplicação da Norma Portuguesa 2167:2007 e Síntese Conclusiva.

O relatório é válido para as condições e dados fornecidos pelo cliente à data da realização do mesmo.

## II APLICAÇÃO PORTARIA Nº 190-A/2018

### II.1 METODOLOGIA

De acordo com a Portaria n.º 190-A/2018, a altura a considerar para chaminé, do solo ao topo desta, é determinada em função do nível de emissão dos poluentes atmosféricos e dos obstáculos próximos.

Com base nas condições de emissão do efluente gasoso, determina-se  $H_p$ , que deve ser, pelo menos, superior ou igual ao valor numérico calculado através da seguinte equação:

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

onde,

$$S = \frac{F \times q}{C}$$

Sendo,

Q - caudal volúmico dos gases emitidos, à temperatura de saída ( $m^3 \cdot h^{-1}$ );

q - caudal mássico máximo de emissão do poluente ( $kg \cdot h^{-1}$ );

$\Delta T$  - diferença entre a temperatura dos gases emitidos e a temperatura média anual típica da região de implantação da instalação (K)<sup>1</sup>;

F - coeficiente de correção, para gases e partículas;

C - diferença entre a concentração de referência – CR – e a concentração média anual do poluente, no local (zona urbana ou rural) – CF ( $mg \cdot m^{-3}$ ).

O parâmetro S é calculado para os poluentes NOx, Partículas e SO<sub>2</sub>, considerando os valores para os parâmetros CR e CF indicados na portaria. Para os restantes poluentes assume-se que  $H_p = 10$  m.

Quando existe mais do que uma chaminé na instalação, com emissão de poluentes comuns, é necessário verificar a sua dependência. Sendo a altura das chaminés i e j, respetivamente,  $h_i$  e  $h_j$ , as chaminés serão consideradas dependentes se forem verificadas, simultaneamente, as seguintes condições:

---

<sup>1</sup> Se a diferença de temperaturas for inferior a 50º deve ser considerado o valor de 50º.

- i. A distância entre o eixo das duas chaminés for inferior à soma  $h_i+h_j+10$ ;
- ii.  $h_i$  for superior à metade de  $h_j$ ;
- iii.  $h_j$  for superior à metade de  $h_i$ .

Caso se verifique a dependência das chaminés será necessário corrigir o  $H_p$  calculado anteriormente. Assim, este deverá ser determinado em função do caudal mássico total ( $q_i+q_j$ ) e do caudal volúmico total ( $Q_i+Q_j$ ) das chaminés dependentes.

Considerando a definição de obstáculo próximo, tal como apresentada na Portaria n.º 190-A/2018, como sendo “qualquer obstáculo situado na vizinhança da fonte de emissão (incluindo o edifício de implantação da chaminé) e que obedeça simultaneamente às seguintes condições”:

$$h_0 \geq D/5$$
$$L \geq 1 + 14D/300$$

Sendo,

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

L - largura do obstáculo, expressa em metros;

$h_0$  - altura do obstáculo, em metros, medida a partir da cota do solo na base de implantação da chaminé.

Dado existirem na vizinhança da fonte emissora obstáculos próximos, a fórmula utilizada foi:

$$H_c = h_0 + 3 - \frac{2D}{5h_0}$$

Sendo,

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

$h_0$  - altura do obstáculo, em metros, medida a partir da cota do solo na base de implantação da chaminé.

## II.2 CARACTERIZAÇÃO CONDIÇÕES OPERAÇÃO/LOCAL IMPLANTAÇÃO CHAMINÉS

A metodologia de cálculo da Portaria n.º 190-A/2018 foi aplicada a 8 chaminés da ECOBEIRÃO, 4 existentes (FF2, FF3, FF4 e FF5) e 4 novas (FF7, FF8, FF9 e FF10), associadas aos diversos processos industriais desenvolvidos na unidade, tal como discriminado na Tabela II-1. Nesta Tabela encontra-se informação acerca das características processuais e estruturais das 8 fontes emissoras em avaliação.

Na instalação, para além das 8 fontes em avaliação, verifica-se a existência de duas outras fontes emissoras, nomeadamente a FF1 (queimador auxiliar) e FF6 (biofiltro). A FF1, uma vez que se trata de uma fonte que apresenta um funcionamento esporádico e, para a qual não estão definidos VLE na Licença Ambiental, não foi considerada no presente estudo.

Relativamente à FF6, esta fonte apenas é relevante ao nível dos odores, razão pela qual também não foi considerada no presente estudo.

Tabela II-1 – Características processuais e estruturais consideradas para as fontes em estudo da ECOBEIRÃO

| Fonte | Designação            | Descrição Processo                             | Altura (m)                  | Diâmetro (m)         | Poluentes emitidos   |
|-------|-----------------------|--|-----------------------------|----------------------|--|
| FF2   | Motogerador 1         | Produção de energia elétrica e energia térmica | 13,20                       | 0,350                | PTS, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, COVNM, H <sub>2</sub> S, HF e HCl |
| FF3   | Motogerador 2         | Produção de energia elétrica e energia térmica | 13,20                       | 0,350                | PTS, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, COVNM, H <sub>2</sub> S, HF e HCl |
| FF4   | Motogerador 3         | Produção de energia elétrica e energia térmica | 13,20                       | 0,350                | PTS, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, COVNM, H <sub>2</sub> S, HF e HCl |
| FF5   | Caldeira mista        | Produção de calor para apoio à CVO             | 14,25                       | 0,450                | PTS, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, COVNM, H <sub>2</sub> S, HF e HCl |
| FF7   | Triturador primário   | Trituração de resíduos a 60 mm                 | A determinar <sup>(1)</sup> | 0,310 <sup>(2)</sup> | PTS  |
| FF8   | Triturador secundário | Trituração de resíduos a 25 mm                 | A determinar <sup>(1)</sup> | 0,310 <sup>(2)</sup> | PTS  |
| FF9   | Secador               | Secagem do CDR                                 | A determinar <sup>(1)</sup> | 1,995 <sup>(2)</sup> | PTS, COV   |
| FF10  | Secador               | Secagem do CDR                                 | A determinar <sup>(1)</sup> | 1,995 <sup>(2)</sup> | PTS, COV   |

<sup>(1)</sup> A chaminé ainda não se encontra construída.

<sup>(2)</sup> Este valor corresponde ao diâmetro da conduta de saída do equipamento da fonte emissora, dado que a chaminé ainda não se encontra construída.

Neste capítulo pretende-se apresentar as condições de funcionamento das fontes consideradas nos cálculos de H<sub>p</sub> (emissões) e H<sub>c</sub> (obstáculos).

Para efeitos do cálculo de H<sub>p</sub>, 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 Licença Ambiental n.º 354/0.1/2016, válida até 30 de setembro de 2024, para as chaminés existentes, e na Portaria n.º 190-B/2018, de 2 de julho, para as chaminés novas.

Os poluentes emitidos variam entre fontes, tal como apresentado na Tabela II-1. Tal como já foi referido anteriormente e, de acordo com a Portaria n.º 190-A/2018, o parâmetro S é apenas calculado para os poluentes PTS, NO<sub>x</sub>, e SO<sub>2</sub>, assumindo-

se um  $H_p$  de 10 m para os restantes poluentes. Assim, dos poluentes monitorizados nas fontes em estudo, apenas as PTS, o  $NO_x$  e o  $SO_2$  serão tidos em consideração para o cálculo do parâmetro S.

Verifica-se que as fontes em estudo promovem a emissão de poluentes em comum, tornando-se necessário verificar a dependência entre as mesmas.

Na Tabela II-2, são apresentados os dados de escoamento atmosférico considerados neste estudo para o cálculo de  $H_p$ , para as 8 chaminés em avaliação. Na

Tabela II-3 apresenta-se a distância entre as chaminés para a verificação da dependência entre fontes.

Tabela II-2 – Condições de escoamento consideradas para as fontes em estudo da ECOBEIRÃO, para o cálculo de  $H_p$

| Fonte | Caudal Volúmico<br>( $m^3 \cdot h^{-1}$ ) <sup>(1)</sup> | Temperatura<br>(k) | Caudal Mássico<br>( $kg \cdot h^{-1}$ ) <sup>(2)</sup> |        |                       |
|-------|--|--------------------|--|--------|-----------------------|
|       |  |                    | PTS  | $NO_x$ | $SO_2$                |
| FF2   | 12392  | 723,2              | $7,15 \times 10^{-1}$                                  | 4,29   | $1,14 \times 10^{-1}$ |
| FF3   | 10889  | 723,2              | $6,97 \times 10^{-1}$                                  | 4,18   | $1,11 \times 10^{-1}$ |
| FF4   | 10877  | 723,2              | $7,04 \times 10^{-1}$                                  | 4,23   | $1,13 \times 10^{-1}$ |
| FF5   | 6687   | 545,2              | $2,40 \times 10^{-1}$                                  | 1,44   | $3,84 \times 10^{-2}$ |
| FF7   | 4000   | 298,2              | $5,39 \times 10^{-1}$                                  | -      | -                     |
| FF8   | 4000   | 298,2              | $5,39 \times 10^{-1}$                                  | -      | -                     |
| FF9   | 51078  | 358,2              | 5,73   | -      | -                     |
| FF10  | 51078  | 358,2              | 5,73   | -      | -                     |

<sup>(1)</sup> Corresponde ao caudal volúmico nominal, facultado pelo proponente.

<sup>(2)</sup> Corresponde ao caudal mássico calculado de acordo com a capacidade nominal do equipamento e os VLE estabelecidos na Licença Ambiental nº 354/0.1/2016, para a FF2, FF3, FF4 e FF5, e na Portaria nº 190-B/2018, para a FF7, FF8, FF9 e FF10.

Tabela II-3 – Distância (m) entre as chaminés da ECOBEIRÃO para verificação da dependência

|                  |      | Chaminé j<br>(m) |     |     |     |     |     |     |      |
|------------------|------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|                  |      | FF2              | FF3 | FF4 | FF5 | FF7 | FF8 | FF9 | FF10 |
| Chaminé i<br>(m) | FF2  | -                | 5   | 10  | 110 | 49  | 42  | 39  | 48   |
|                  | FF3  | 5                | -   | 5   | 108 | 47  | 43  | 41  | 51   |
|                  | FF4  | 10               | 5   | -   | 106 | 45  | 44  | 44  | 53   |
|                  | FF5  | 110              | 107 | 105 | -   | 141 | 150 | 149 | 158  |
|                  | FF7  | 49               | 47  | 45  | 141 | -   | 32  | 45  | 45   |
|                  | FF8  | 42               | 43  | 44  | 150 | 32  | -   | 15  | 14   |
|                  | FF9  | 39               | 41  | 44  | 149 | 45  | 15  | -   | 11   |
|                  | FF10 | 48               | 51  | 53  | 158 | 45  | 14  | 11  | -    |

Para determinar o valor de  $H_c$ , foram considerados os obstáculos que, estando inseridos num raio de 300 metros em redor das fontes emissoras em avaliação, apresentavam condições de serem considerados obstáculos próximos. Para tal, houve um processo de recolha de dados exaustivo, que resultou na obtenção de informação dos edifícios que representavam maior probabilidade de interferir na dispersão dos efluentes das chaminés.

Na Figura II-1 é apresentado o enquadramento espacial da instalação, com a localização das fontes emissoras em avaliação e com a identificação dos edifícios da instalação e da envolvente que foram considerados nos cálculos efetuados. Pelas dimensões consideráveis das chaminés da FF1 e FF6, estas fontes foram também consideradas como obstáculos (4.1 e 7.1, respetivamente). A circunferência apresentada abrange os raios individuais de 300 metros de cada uma das fontes em avaliação.

Na Tabela A.I 1 e na Tabela A.I 2 do ANEXO I apresentam-se as dimensões consideradas para os obstáculos avaliados e as respetivas distâncias às fontes emissoras em avaliação, respetivamente.



Figura II-1 – Apresentação dos obstáculos inseridos no raio de 300 metros, a partir das fontes em estudo, incluindo os edifícios da própria instalação (Imagem do ano 2023 do *Google Earth*).

### II.3 APRESENTAÇÃO RESULTADOS

Para efeitos de cálculo da dependência entre as chaminés da instalação, para além das distâncias entre as fontes (Tabela II-3), 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), para as fontes em avaliação. As condições para a dependência entre chaminés encontram-se sintetizadas na Tabela II-4, Tabela II-5 e Tabela II-6, respetivamente, para as PTS, o  $NO_x$  e o  $SO_2$ . Verifica-se, para as fontes em avaliação, que algumas são dependentes entre si sendo, por isso, necessário calcular o  $H_p$  corrigido.

Da aplicação da metodologia relativa à Portaria nº 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 (Tabela II-7) foi calculado para as PTS, o  $NO_x$  e o  $SO_2$  e assumido para os restantes poluentes ( $CO$ ,  $COVNM$ ,  $H_2S$ ,  $HF$  e  $HCl$ ), de acordo com a metodologia apresentada na secção II.1. Os caudais mássicos dos poluentes contemplados no cálculo deste parâmetro, para as fontes em avaliação, tiveram por base a capacidade nominal, facultada pelo proponente, e os VLE estabelecidos para as PTS, o  $NO_x$  e o  $SO_2$ , na Licença Ambiental 354/0.1/2016, para as fontes existentes (FF2, FF3, FF4 e FF5), e na Portaria nº 190-B/2018, para as fontes novas (FF7, FF8, FF9 e FF10).

Na Tabela II-8 apresentam-se os valores calculados para o parâmetro  $H_c$ , para as 8 chaminés em estudo.

A Tabela II-9 apresenta os resultados da aplicação da Portaria nº 190-A/2018 das 8 chaminés em avaliação.

Tabela II-4 – Verificação da dependência entre as chaminés da ECOBEIRÃO (condições a serem verificadas em simultâneo para se verificar dependência:  $h_i > h_j/2$ ,  $h_j > h_i/2$ ,  $Disthi-h_j < h_i+h_j+10$ ), para o poluente PTS

|           |      | Chaminé j |     |     |     |     |     |     |      |
|-----------|------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|           |      | FF2       | FF3 | FF4 | FF5 | FF7 | FF8 | FF9 | FF10 |
| Chaminé i | FF2  | -         | SIM | SIM | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO  |
|           | FF3  | SIM       | -   | SIM | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO  |
|           | FF4  | SIM       | SIM | -   | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO  |
|           | FF5  | NÃO       | NÃO | NÃO | -   | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO  |
|           | FF7  | NÃO       | NÃO | NÃO | NÃO | -   | NÃO | NÃO | NÃO  |
|           | FF8  | NÃO       | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | -   | NÃO | NÃO  |
|           | FF9  | NÃO       | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | -   | SIM  |
|           | FF10 | NÃO       | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | SIM | -    |

 Tabela II-5 – Verificação da dependência entre as chaminés da ECOBEIRÃO (condições a serem verificadas em simultâneo para se verificar dependência:  $h_i > h_j/2$ ,  $h_j > h_i/2$ ,  $Disthi-h_j < h_i+h_j+10$ ), para o poluente NO<sub>x</sub>

|           |     | Chaminé j |     |     |     |
|-----------|-----|-----------|-----|-----|-----|
|           |     | FF2       | FF3 | FF4 | FF5 |
| Chaminé i | FF2 | -         | SIM | SIM | NÃO |
|           | FF3 | SIM       | -   | SIM | NÃO |
|           | FF4 | SIM       | SIM | -   | NÃO |
|           | FF5 | NÃO       | NÃO | NÃO | -   |

Tabela II-6 – Verificação da dependência entre as chaminés da ECOBEIRÃO (condições a serem verificadas em simultâneo para se verificar dependência:  $h_i > h_j/2$ ,  $h_j > h_i/2$ ,  $Dist_{ij} < h_i + h_j + 10$ ), para o poluente SO<sub>2</sub>

|           |     | Chaminé j |     |     |     |
|-----------|-----|-----------|-----|-----|-----|
|           |     | FF2       | FF3 | FF4 | FF5 |
| Chaminé i | FF2 | -         | SIM | SIM | NÃO |
|           | FF3 | SIM       | -   | SIM | NÃO |
|           | FF4 | SIM       | SIM | -   | NÃO |
|           | FF5 | NÃO       | NÃO | NÃO | -   |

 Tabela II-7 – Dimensionamento das 8 chaminés em avaliação – cálculo de H<sub>p</sub>

| Fonte | Poluente              | Caudal Mássico (kg·h <sup>-1</sup> ) | Caudal Volúmico (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> ) | ΔT (K) | S <sup>(1)</sup> | H <sub>p</sub> <sup>(1)</sup> (m) | S corrigido <sup>(2)</sup> | H <sub>p</sub> corrigido (m) <sup>(2)</sup> | H <sub>p</sub> final (m) |
|-------|-----------------------|--------------------------------------|--|--------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|---|--------------------------|
| FF2   | PTS                   | 7,15x10 <sup>-1</sup>                | 12392  | 437    | 4862             | 5,3                               | 14389                      | 7,6   | 13,2                     |
|       | NO <sub>x</sub>       | 4,29                                 |  |        | 14586            | 9,1                               | 43180                      | 13,2  |                          |
|       | SO <sub>2</sub>       | 1,14x10 <sup>-1</sup>                |  |        | 554              | 1,8                               | 1642                       | 2,6   |                          |
|       | Outros <sup>(3)</sup> | -                                    |  |        | -                | -                                 | 10,0                       | -   |                          |
| FF3   | PTS                   | 6,97x10 <sup>-1</sup>                | 10889  | 437    | 4740             | 5,3                               | 14389                      | 7,6   | 13,2                     |
|       | NO <sub>x</sub>       | 4,18                                 |  |        | 14212            | 9,2                               | 43180                      | 13,2  |                          |
|       | SO <sub>2</sub>       | 1,11x10 <sup>-1</sup>                |  |        | 539              | 1,8                               | 1642                       | 2,6   |                          |
|       | Outros <sup>(3)</sup> | -                                    |  |        | -                | -                                 | 10,0                       | -   |                          |
| FF4   | PTS                   | 7,04x10 <sup>-1</sup>                | 10877  | 437    | 4787             | 5,3                               | 14389                      | 7,6   | 13,2                     |
|       | NO <sub>x</sub>       | 4,23                                 |  |        | 14382            | 9,3                               | 43180                      | 13,2  |                          |
|       | SO <sub>2</sub>       | 1,13x10 <sup>-1</sup>                |  |        | 549              | 1,8                               | 1642                       | 2,6   |                          |
|       | Outros <sup>(3)</sup> | -                                    |  |        | -                | -                                 | 10,0                       | -   |                          |
| FF5   | PTS                   | 2,40x10 <sup>-1</sup>                | 6687   | 259    | 1632             | 3,7                               | -                          | -   | 10,0                     |

| Fonte | Poluente              | Caudal Mássico (kg·h <sup>-1</sup> ) | Caudal Volúmico (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> ) | ΔT (K) | S <sup>(1)</sup> | H <sub>p</sub> <sup>(1)</sup> (m) | S corrigido <sup>(2)</sup> | H <sub>p</sub> corrigido (m) <sup>(2)</sup> | H <sub>p</sub> final (m) |
|-------|-----------------------|--------------------------------------|--|--------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|---|--------------------------|
|       | NO <sub>x</sub>       | 1,44                                 |  |        | 4896             | 6,4                               | -                          | -   |                          |
|       | SO <sub>2</sub>       | 3,84x10 <sup>-2</sup>                |  |        | 187              | 1,3                               | -                          | -   |                          |
|       | Outros <sup>(3)</sup> |                                      |  | -      | -                | 10,0                              | -                          | -   |                          |
| FF7   | PTS                   | 5,39x10 <sup>-1</sup>                | 4000   | 50     | 3663             | 7,9                               | -                          | -   | 7,9                      |
| FF8   | PTS                   | 5,39x10 <sup>-1</sup>                | 4000   | 50     | 3663             | 7,9                               | -                          | -   | 7,9                      |
| FF9   | PTS                   | 5,73                                 | 51078  | 72     | 38941            | 15,9                              | 77881                      | 20,0  | 20,0                     |
|       | COV                   | -                                    |  | -      |                  |                                   |                            |   |                          |
| FF10  | PTS                   | 5,73                                 | 51078  | 72     | 38941            | 15,9                              | 77881                      | 20,0  | 20,0                     |
|       | COV                   | -                                    |  | -      |                  |                                   |                            |   |                          |

<sup>(1)</sup> Corresponde ao S/H<sub>p</sub> sem estar corrigido.

<sup>(2)</sup> Corresponde ao S/H<sub>p</sub> corrigido, uma vez que ocorre dependência de fontes entre si.

<sup>(3)</sup> CO, COVNM, H<sub>2</sub>S, HF e HCl.

Tabela II-8 – Dimensionamento das 8 chaminés em avaliação – cálculo de H<sub>c</sub>

| Fonte | Obstáculo Próximo <sup>(1)</sup> | H <sub>c</sub> calculado (m) |
|-------|----------------------------------|------------------------------|
| FF2   | 1                                | 6,0                          |
|       | 2                                | 6,5                          |
|       | 3 (Ed. Implantação)              | 7,0                          |
|       | 4                                | 6,4                          |
|       | 4.1                              | 11,2                         |
|       | 5                                | 7,0                          |
|       | 22                               | 14,8                         |
|       | 23                               | 24,3                         |
|       | 24                               | 12,9                         |

| Fonte | Obstáculo Próximo <sup>(1)</sup> | H <sub>c</sub> calculado (m) |
|-------|----------------------------------|------------------------------|
| FF3   | 1                                | 6,5                          |
|       | 2 (Ed. Implantação)              | 7,0                          |
|       | 3                                | 6,9                          |
|       | 4                                | 6,4                          |
|       | 4.1                              | 11,2                         |
|       | 5                                | 6,6                          |
|       | 22                               | 14,8                         |
|       | 23                               | 24,4                         |
|       | 24                               | 12,8                         |
|       | FF4                              | 1 (Ed. Implantação)          |
| 2     |                                  | 6,6                          |
| 3     |                                  | 6,3                          |
| 4     |                                  | 6,4                          |
| 4.1   |                                  | 11,2                         |
| 5     |                                  | 6,1                          |
| 22    |                                  | 14,8                         |
| 23    |                                  | 24,4                         |
| 24    |                                  | 12,8                         |
| FF5   |                                  | 7 (Ed. Implantação)          |
|       | 7.1                              | 16,0                         |
|       | 8.1                              | 12,3                         |
|       | 9                                | 30,8                         |
|       | 10                               | 14,2                         |

| Fonte | Obstáculo Próximo <sup>(1)</sup> | H <sub>c</sub> calculado (m) |
|-------|----------------------------------|------------------------------|
| FF7   | 8.2                              | 11,8                         |
|       | 22 (Ed. Implantação)             | 15,0                         |
|       | 23                               | 24,6                         |
| FF8   | 22 (Ed. Implantação)             | 15,0                         |
|       | 23                               | 24,3                         |
|       | 27                               | 5,5                          |
| FF9   | 4                                | 5,8                          |
|       | 4.1                              | 11,2                         |
|       | 22                               | 15,8                         |
|       | 23                               | 25,1                         |
|       | 27 (Ed. Implantação)             | 7,7                          |
| FF10  | 22                               | 15,9                         |
|       | 23                               | 25,2                         |
|       | 27 (Ed. Implantação)             | 7,7                          |

<sup>(1)</sup> Dos obstáculos identificados desde a Tabela A.I 3 à Tabela A.I 10 do ANEXO I, estes correspondem aos obstáculos, inseridos num raio de 300 metros, que cumprem ambas as preposições da metodologia ( $h_0 \geq D/5$  e  $L \geq 1 + (14D)/300$ ).

Tabela II-9 – Verificação do cumprimento da Portaria nº 190-A/2018 das 8 chaminés em avaliação

| Fonte | Altura Atual Chaminé (m) | H <sub>p</sub> (m) | H <sub>c</sub> (m)                    | H Final (m) | Cumprimento Portaria nº 190-A/2018 |
|-------|--------------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------|------------------------------------|
| FF2   | 13,20                    | 13,2               | 7,0 (Ob. 3 – edifício de implantação) | 13,2        | Cumpre                             |
| FF3   | 13,20                    | 13,2               | 7,0 (Ob. 2 – edifício de implantação) | 13,2        | Cumpre                             |
| FF4   | 13,20                    | 13,2               | 7,0 (Ob. 1 – edifício de implantação) | 13,2        | Cumpre                             |

| Fonte | Altura Atual Chaminé (m)    | H <sub>p</sub> (m) | H <sub>c</sub> (m)                      | H Final (m) | Cumprimento Portaria nº 190-A/2018 |
|-------|-----------------------------|--------------------|---|-------------|------------------------------------|
| FF5   | 14,25                       | 10,0               | 16,3 (Ob. 7 – edifício de implantação)  | 16,3        | Não cumpre                         |
| FF7   | A determinar <sup>(1)</sup> | 7,9                | 15,0 (Ob. 22 – edifício de implantação) | 15,0        | - <sup>(1)</sup>                   |
| FF8   | A determinar <sup>(1)</sup> | 7,9                | 15,0 (Ob. 22 – edifício de implantação) | 15,0        | - <sup>(1)</sup>                   |
| FF9   | A determinar <sup>(1)</sup> | 20,0               | 7,7 (Ob. 27 – edifício de implantação)  | 20,0        | - <sup>(1)</sup>                   |
| FF10  | A determinar <sup>(1)</sup> | 20,0               | 7,7 (Ob. 27 – edifício de implantação)  | 20,0        | - <sup>(1)</sup>                   |

<sup>(1)</sup> A chaminé ainda não se encontra construída.

### Síntese Interpretativa

- Os resultados apresentados na Tabela II-7 mostram que o valor de H<sub>p</sub> é determinado:
  - FF2, FF3 e FF4: pelo poluente para o qual se calcula o parâmetro S, nomeadamente o NO<sub>x</sub>, que impõe uma altura de 13,2 metros.
  - FF5: pelos poluentes para os quais se calcula o parâmetro S, nomeadamente CO, COVNM, H<sub>2</sub>S, HF e HCl, que impõem uma altura de 10,0 metros.
  - FF7, FF8, FF9 e FF10: pelo poluente para o qual se calcula o parâmetro S, nomeadamente as PTS, que impõe uma altura de 7,9 metros, 7,9 metros, 20,0 metros, 20,0 metros, respetivamente.
- Em relação ao parâmetro H<sub>c</sub> (Tabela II-8), o obstáculo preponderante para a sua determinação corresponde:
  - FF2, FF3, FF4, FF7, FF8, FF9 e FF10: obstáculo 23 (pertencente à instalação da ECOBEIRÃO), que impõe altura de 24,3 metros, 24,4 metros, 24,4 metros, 24,6 metros, 24,3 metros, 25,1 metros, 25,2 metros, respetivamente.
  - FF5: obstáculo 9 (pertencente à instalação da ECOBEIRÃO), que impõe uma altura de 30,8 metros.
- Tendo em consideração as alterações estruturais necessárias efetuar nos próprios edifícios de implantação (inerentes a condições de segurança) para suporte das chaminés com alturas elevadas (entre os 24 metros e os 31 metros), considera-se inviável o alteamento das chaminés para os valores determinados. Verifica-se ainda que no raio de 300 metros identificado em redor das chaminés em avaliação não foi identificado nenhum recetor sensível (habitação, escola, unidade de saúde, entre outros). Desta forma, julga-se adequado

considerar, como obstáculo determinante, o próprio edifício de implantação, nomeadamente o obstáculo 1, o obstáculo 2, o obstáculo 3, o obstáculo 7, o obstáculo 22 e o obstáculo 27, que impõe uma altura de 7,0 metros, 7,0 metros, 7,0 metros, 16,3 metros, 15,0 metros, 15,0 metros, 7,7 metros e 7,7 metros, para as chaminés FF2, FF3, FF4, FF5, FF7, FF8, FF9 e FF10, respetivamente.

- Analisando a Tabela II-9, e tendo em consideração a justificação apresentada no ponto anterior, verifica-se que a altura final das oito chaminés em avaliação é determinada pelo parâmetro  $H_p$ , para as chaminés FF2, FF3, FF4, FF9 e FF10 obtendo-se, respetivamente, uma altura final de 13,2 metros, 13,2 metros, 13,2 metros, 20,0 metros, 20,0 metros, e pelo parâmetro  $H_c$ , para as chaminés FF5, FF7, FF8, obtendo-se, respetivamente, uma altura final de 16,3 metros, 15,0 metros e 15,0 metros.
- Verifica-se assim situação de cumprimento do prescrito na Portaria nº 190-A/2018, com exceção da FF5, que deve ser alvo de alteamento para o valor determinado (16,3 metros). Quanto às chaminés novas, nomeadamente a FF7, FF8, FF9 e FF10, estas devem apresentar uma altura final de 15,0 metros, 15,0 metros, 20,0 metros e 20,0 metros, respetivamente.
- Ressalva-se ainda que as alturas finais determinadas para as chaminés em avaliação permitem o cumprimento do indicado no nº 6 do Artigo 26º do Decreto-Lei nº 39/2018, dado que apresentam alturas superiores a 10 metros e garantem que a cota máxima seja superior, em três metros, à cota máxima do próprio edifício de implantação.

### III APLICAÇÃO DECRETO-LEI Nº 39/2018

#### III.1 METODOLOGIA

O Decreto-Lei n 39/2018 estabelece o regime de prevenção e controlo das emissões de poluentes para o ar.

No Artigo 26º do Capítulo VI (descarga de poluentes atmosféricos), do Decreto-Lei n 39/2018, é referido no nº 2 que sempre que tecnicamente viável, a velocidade de saída dos gases, em regime de funcionamento normal da instalação, deve ser, pelo menos,  $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  se o caudal ultrapassar  $5000 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ , ou  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  se o caudal for inferior ou igual a  $5000 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ .

No Artigo 27º (requisitos relativos à construção de chaminés) é referido que a chaminé deve ter uma secção circular, o seu contorno não deve ter pontos angulosos e a variação da secção em altura deve ser contínua e gradual. É ainda referido que no topo das chaminés associadas a processos de combustão não é permitida a colocação de chapéus ou outros dispositivos similares que condicionem a boa dispersão dos poluentes. Para chaminés associadas a processos onde não ocorre combustão, podem ser colocados dispositivos, desde que não diminuam a dispersão vertical ascendente dos gases.

#### III.2 APRESENTAÇÃO RESULTADOS

A Tabela III-1 apresenta a aplicação do Decreto-Lei nº 39/2018, relativamente à velocidade de escoamento de saída dos gases (nº 2 do artigo 26º do Capítulo VI), para as chaminés em avaliação FF2, FF3, FF4, FF5, FF7, FF8, FF9 e FF10.

Tabela III-1 – Aplicação dos requisitos do Decreto-Lei nº 39/2018

| Fonte | Caudal Volúmico<br>( $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ) | Diâmetro (m)         | Velocidade Escoamento<br>( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup> | Cumprimento DL<br>39/2018 |
|-------|---|----------------------|--|---------------------------|
| FF2   | 12392   | 0,350                | 35,8   | Cumpre                    |
| FF3   | 10889   | 0,350                | 31,4   | Cumpre                    |
| FF4   | 10877   | 0,350                | 31,4   | Cumpre                    |
| FF5   | 6687  | 0,450                | 11,7   | Cumpre                    |
| FF7   | 4000  | 0,310 <sup>(2)</sup> | 14,7   | Cumpre                    |
| FF8   | 4000  | 0,310 <sup>(2)</sup> | 14,7   | Cumpre                    |
| FF9   | 51078   | 1,995 <sup>(2)</sup> | 4,5  | Não Cumpre                |
| FF10  | 51078   | 1,995 <sup>(2)</sup> | 4,5  | Não Cumpre                |

<sup>(1)</sup> A velocidade de escoamento foi determinada tendo em consideração o caudal volúmico e a área de secção da chaminé.

<sup>(2)</sup> Este valor corresponde ao diâmetro da conduta de saída do equipamento da fonte emissora, dado que a chaminé ainda não se encontra construída.

### Síntese Interpretativa

- Pela análise da Tabela III-1, verifica-se que as 4 chaminés já existentes, FF2, FF3, FF4 e FF5, cumprem os requisitos do DL nº 39/2018, uma vez que para caudais volúnicos superiores a  $5000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , apresentam velocidades de escoamento superiores a  $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Para as chaminés a implementar, FF7 e FF8, existe cumprimento dos requisitos do DL nº 39/2018, uma vez que para caudais volúnicos previstos inferiores a  $5000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , apresentam velocidades de escoamento teóricas superiores a  $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . No entanto, para as chaminés a implementar, FF9 e FF10, para caudais volúnicos previstos superiores a  $5000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , a velocidade de escoamento teórico deveria ser superior a  $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , o que não acontece. Considerando-se a operação do equipamento a máxima capacidade ( $51078 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) e a metade da capacidade ( $25539 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ), as chaminés da FF9 e da FF10 devem apresentar um diâmetro máximo de 1,20 metros.
- De acordo com o estipulado no Artigo 27º, recomenda-se para as chaminés novas (FF7, FF8, FF9 e FF10) o seguinte: devem possuir uma secção circular, o seu contorno não deve ter pontos angulosos e a variação da secção em altura deve ser contínua e gradual. No topo da chaminé podem ser colocados dispositivos, desde que não diminuam a dispersão vertical ascendente dos gases.

## IV APLICAÇÃO NORMA PORTUGUESA 2167:2007

### IV.1 METODOLOGIA

A Norma Portuguesa 2167:2007 destina-se a estabelecer e uniformizar as condições que uma secção de amostragem deve cumprir.

A NP 2167:2007 define que a secção de amostragem deverá estar localizada o mais afastada possível de qualquer perturbação que possa produzir mudanças na direção do escoamento. A mesma norma recomenda, no requisito “4.1 – Localização da Secção de Amostragem”, de modo a garantir o cumprimento dos requisitos para a caracterização do escoamento, que a secção de amostragem se localize a uma distância de pelo menos 5 diâmetros hidráulicos<sup>2</sup>, após a última perturbação que exista, e a uma distância de pelo menos 2 diâmetros hidráulicos antes da perturbação seguinte (ou 5 diâmetros hidráulicos, se a perturbação seguinte coincidir com o topo da chaminé).

No requisito técnico da Norma “4.3.2 – Número de tomas de amostragem”, a Norma refere que, em condutas circulares com diâmetro igual ou inferior a 0,35 metros, é necessária apenas uma toma de amostragem, enquanto para condutas circulares com diâmetro interno superior a 0,35 metros devem existir, no mínimo, duas tomas de amostragem, desfasadas de 90°.

### IV.2 APRESENTAÇÃO RESULTADOS

A Tabela IV-1 apresenta a aplicação da Norma Portuguesa 2167:2007, relativamente à localização e ao número de tomas de amostragem, para as chaminés em avaliação.

Tabela IV-1 – Aplicação dos requisitos da NP 2167:2007

| Fonte | Forma    | Diâmetro Chaminé (m) | Nº Tomas Amostragem | Nº Tomas Amostragem, de acordo com NP 2167:2007 (m) | Distância da secção de amostragem à perturbação montante / jusante (m) | Distância da secção de amostragem à perturbação montante / jusante, de acordo com NP 2167:2007 (m) |
|-------|----------|----------------------|---------------------|---|--|--|
| FF2   | Circular | 0,35                 | 1                   | 2 <sup>(5)</sup>                                    | 1,07 / 0,30  | 1,75 <sup>(7)</sup> / 1,75 <sup>(8)</sup>  |
| FF3   | Circular | 0,35                 | 1                   | 2 <sup>(5)</sup>                                    | 1,07 / 0,30  | 1,75 <sup>(7)</sup> / 1,75 <sup>(8)</sup>  |
| FF4   | Circular | 0,35                 | 1                   | 2 <sup>(5)</sup>                                    | 1,07 / 0,30  | 1,75 <sup>(7)</sup> / 1,75 <sup>(8)</sup>  |
| FF5   | Circular | 0,45                 | 2                   | 2 <sup>(5)</sup>                                    | 2,25 / 2,50  | 2,25 <sup>(7)</sup> / 2,25 <sup>(8)</sup>  |

<sup>2</sup>No caso de chaminés circulares, o diâmetro hidráulico coincide com o diâmetro interno.

| Fonte | Forma                   | Diâmetro Chaminé (m) | Nº Tomas Amostragem | Nº Tomas Amostragem, de acordo com NP 2167:2007 (m) | Distância da secção de amostragem à perturbação montante / jusante (m) | Distância da secção de amostragem à perturbação montante / jusante, de acordo com NP 2167:2007 (m) |
|-------|-------------------------|----------------------|---------------------|---|--|--|
| FF7   | Circular <sup>(1)</sup> | 0,31 <sup>(2)</sup>  | - <sup>(4)</sup>    | 1 <sup>(6)</sup>                                    | - <sup>(4)</sup>   | 1,55 <sup>(7)</sup> / 1,55 <sup>(8)</sup> ou 0,62 <sup>(9)</sup>                                   |
| FF8   | Circular <sup>(1)</sup> | 0,31 <sup>(2)</sup>  | - <sup>(4)</sup>    | 1 <sup>(6)</sup>                                    | - <sup>(4)</sup>   | 1,55 <sup>(7)</sup> / 1,55 <sup>(8)</sup> ou 0,62 <sup>(9)</sup>                                   |
| FF9   | Circular <sup>(1)</sup> | 1,20 <sup>(3)</sup>  | - <sup>(4)</sup>    | 2 <sup>(5)</sup>                                    | - <sup>(4)</sup>   | 6,00 <sup>(7)</sup> / 6,00 <sup>(8)</sup> ou 2,40 <sup>(9)</sup>                                   |
| FF10  | Circular <sup>(1)</sup> | 1,20 <sup>(3)</sup>  | - <sup>(4)</sup>    | 2 <sup>(5)</sup>                                    | - <sup>(4)</sup>   | 6,00 <sup>(7)</sup> / 6,00 <sup>(8)</sup> ou 2,40 <sup>(9)</sup>                                   |

<sup>(1)</sup> A chaminé ainda não se encontra construída, mas deve apresentar secção circular.

<sup>(2)</sup> Este valor corresponde ao diâmetro da conduta de saída do equipamento da fonte emissora, dado que a chaminé ainda não se encontra construída.

<sup>(3)</sup> Dado que esta chaminé ainda não se encontra construída, este valor corresponde ao diâmetro teórico calculado de acordo com a recomendação apresentada no item III APLICAÇÃO DECRETO-LEI Nº 39/2018.

<sup>(4)</sup> A chaminé ainda não se encontra construída.

<sup>(5)</sup> Diâmetro igual ou superior a 0,35 metros implica a colocação de duas tomas de amostragem, desfasadas de 90º (de acordo com NP 2167:2007 e EN 15259:2007).

<sup>(6)</sup> Diâmetro inferior a 0,35 metros implica apenas a colocação de uma toma de amostragem.

<sup>(7)</sup> Distância de pelo menos 5 diâmetros hidráulicos a montante.

<sup>(8)</sup> Distância de pelo menos 5 diâmetros hidráulicos, no caso do topo de uma chaminé.

<sup>(9)</sup> Distância de pelo menos 2 diâmetros hidráulicos, antes da perturbação seguinte.

### Síntese Interpretativa

- Pela análise da Tabela IV-1, verifica-se que as chaminés FF2, FF3 e FF4 não cumprem as recomendações da NP 2167:2007, no que se refere ao requisito “4.1 – Localização da Secção de Amostragem”, devendo proceder-se à alteração da respetiva localização, de forma a garantir uma distância a montante e a jusante das perturbações de 1,75 metros. Para a FF5 observa-se o cumprimento das recomendações da NP 2167:2007, referente ao requisito 4.1. No que diz respeito às chaminés previstas de implementar (FF7, FF8, FF9 e FF10), as distâncias a montante e a jusante das perturbações devem corresponder às apresentadas na Tabela IV-1. Ressalva-se que a distância a jusante, pode apresentar um valor mínimo de 2 diâmetros hidráulicos, caso esteja prevista a colocação de um dispositivo para proteção das águas da chuva, como por exemplo, o “chapéu holandês”, ou um valor mínimo de 5 diâmetros hidráulicos, caso a perturbação seguinte coincida com o topo da chaminé.
- Relativamente ao requisito técnico do número de tomas de amostragem e tendo em consideração não só a NP 2167:2007 mas também a EN 15259:2007, para condutas circulares com diâmetro inferior a 0,35 metros,

é necessária apenas uma toma de amostragem e, com diâmetros iguais ou superiores a 0,35 metros, são necessárias duas tomas de amostragem, desfasadas de 90°. Desta forma, as chaminés existentes devem possuir 2 tomas de amostragem, o que implica alterações ao nível da FF2, FF3 e FF4, dado que apenas apresentam uma toma de amostragem. Por fim, para as chaminés previstas FF7 e FF8, estas devem apresentar apenas 1 toma de amostragem, e as chaminés previstas FF9 e FF10, devem apresentar duas tomas de amostragem desfasadas de 90°.

## V SÍNTESE CONCLUSIVA

O estudo a que este relatório diz respeito consistiu no dimensionamento das 8 chaminés da ECOBEIRÃO, 4 existentes (FF2, FF3, FF4 e FF5) e 4 novas (FF7, FF8, FF9 e FF10), face aos princípios e regras de descarga de poluentes para a atmosfera, de acordo com a aplicação dos documentos legais atualmente em vigor, nomeadamente:

1. Portaria nº 190-A/2018, relativa à altura de chaminés;
2. Decreto-Lei nº 39/2018 (Artigo 26º - ponto 2 e Artigo 27º - pontos 1 a 3), relativa à velocidade de escoamento e forma secção saída).
3. Norma Portuguesa 2167:2007, relativa ao número e localização de tomas de amostragem.

Da aplicação da metodologia definida na **Portaria nº 190-A/2018**, para as 8 chaminés em avaliação, a altura é determinada pelo parâmetro  $H_c$ , nomeadamente o obstáculo 9 e o obstáculo 23. Tendo em consideração as alterações estruturais necessárias efetuar nos próprios edifícios de implantação (inerentes a condições de segurança) para suporte das chaminés com alturas elevadas (entre os 24 metros e os 31 metros), considera-se inviável o alteamento das chaminés para os valores determinados. Verifica-se ainda que no raio de 300 metros identificado em redor das chaminés em avaliação não foi identificado nenhum recetor sensível (habitação, escola, unidade de saúde, entre outros). Desta forma, julga-se adequado considerar, como obstáculo determinante, o próprio edifício de implantação, nomeadamente o obstáculo 1, o obstáculo 2, o obstáculo 3, o obstáculo 7, o obstáculo 22 e o obstáculo 27, que impõe uma altura de 7,0 metros, 7,0 metros, 7,0 metros, 16,3 metros, 15,0 metros, 15,0 metros, 7,7 metros e 7,7 metros, para as chaminés FF2, FF3, FF4, FF5, FF7, FF8, FF9 e FF10, respetivamente.

Conclui-se, assim, que a altura final das oito chaminés em avaliação é determinada pelo parâmetro  $H_p$ , para as chaminés FF2, FF3, FF4, FF9 e FF10 obtendo-se, respetivamente, uma altura final de 13,2 metros, 13,2 metros, 13,2 metros, 20,0 metros, 20,0 metros, e pelo parâmetro  $H_c$ , para as chaminés FF5, FF7, FF8, obtendo-se, respetivamente, uma altura final de 16,3 metros, 15,0 metros e 15,0 metros.

Verifica-se assim situação de cumprimento do prescrito na Portaria nº 190-A/2018, com exceção da FF5, que deve ser alvo de alteamento para o valor determinado (16,3 metros). Quanto às chaminés novas, nomeadamente a FF7, FF8, FF9 e FF10, estas devem apresentar uma altura final de 15,0 metros, 15,0 metros, 20,0 metros e 20,0 metros, respetivamente.

Ressalva-se ainda que as alturas finais determinadas para as chaminés em avaliação permitem o cumprimento do indicado no nº 6 do Artigo 26º do Decreto-Lei nº 39/2018, dado que apresentam alturas superiores a 10 metros e garantem que a cota máxima seja superior, em três metros, à cota máxima do próprio edifício de implantação.

Da aplicação do nº 2 do Artigo 26º do Decreto-Lei nº 39/2018, verifica-se o cumprimento dos requisitos legais para as chaminés FF2, FF3, FF4, FF5, FF7 e FF8. No entanto, para as chaminés a implementar, FF9 e FF10, para caudais volúmicos previstos superiores a  $5000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , a velocidade de escoamento teórico deveria ser superior a  $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , o que não acontece.

Considerando-se a operação do equipamento a máxima capacidade ( $51078 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) e a metade da capacidade ( $25539 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ), as chaminés da FF9 e da FF10 devem apresentar um diâmetro máximo de 1,20 metros.

Da aplicação da NP 2167:2007 e tendo em consideração a EN 15259:2007, observa-se que as chaminés existentes (FF2, FF3, FF4 e FF5) devem possuir 2 tomas de amostragem, o que implica alterações ao nível da FF2, FF3 e FF4, dado que apenas apresentam uma toma de amostragem. Para as chaminés previstas FF7 e FF8, estas devem apresentar apenas 1 toma de amostragem, e as chaminés previstas FF9 e FF10, devem apresentar duas tomas de amostragem desfasadas de 90°.

Para se observar o cumprimento da localização da secção de amostragem, de acordo com a NP 2167:2007, conclui-se que as chaminés FF2, FF3 e FF4 devem proceder à alteração da respetiva localização de acordo com os valores indicados. Por fim, para a FF5 observa-se o cumprimento das recomendações da NP 2167:2007, referente ao requisito 4.1 e, no que diz respeito às chaminés previstas de implementar (FF7, FF8, FF9 e FF10), as distâncias a montante e a jusante das perturbações devem corresponder às apresentadas anteriormente.

Por fim, ressalva-se que no topo das chaminés não é permitida a colocação de “chapéus” ou outros dispositivos similares (formato “bico de pato”) que condicionem a boa dispersão de poluentes atmosféricos (ponto 2 do artigo 27º do Capítulo VI do Decreto-Lei nº 39/2018), devendo assim ser selecionados, como sistemas de proteção da pluviosidade de difusão vertical, sistemas que não condicionem a dispersão (por exemplo “chapéu holandês”).

## ANEXO I

Tabela A.I.1 – Dimensões dos obstáculos considerados no presente estudo

| Obstáculo | Largura (m) | Altura ( $h_0$ ) <sup>(1)</sup> (m) |     |     |     |     |     |     |      |
|-----------|-------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|           |             | FF2                                 | FF3 | FF4 | FF5 | FF7 | FF8 | FF9 | FF10 |
| 1         | 12          | 4                                   | 4   | 4   | 7   | 3   | 3   | 4   | 4    |
| 2         | 12          | 4                                   | 4   | 4   | 7   | 3   | 3   | 4   | 4    |
| 3         | 12          | 4                                   | 4   | 4   | 7   | 3   | 3   | 4   | 4    |
| 4         | 26          | 4                                   | 4   | 4   | 7   | 4   | 4   | 5   | 5    |
| 4.1       | 2           | 9                                   | 9   | 9   | 12  | 8   | 8   | 9   | 9    |
| 5         | 12          | 5                                   | 5   | 5   | 8   | 4   | 4   | 5   | 5    |
| 6         | 57          | 5                                   | 5   | 5   | 8   | 4   | 4   | 5   | 5    |
| 7         | 73          | 10                                  | 10  | 10  | 13  | 10  | 10  | 11  | 11   |
| 7.1       | 2           | 10                                  | 10  | 10  | 13  | 10  | 10  | 11  | 11   |
| 8.1       | 78          | 7                                   | 7   | 7   | 10  | 7   | 7   | 8   | 8    |
| 8.2       | 58          | 11                                  | 11  | 11  | 14  | 11  | 11  | 12  | 12   |
| 9         | 18          | 25                                  | 25  | 25  | 28  | 25  | 25  | 26  | 26   |
| 10        | 13          | 9                                   | 9   | 9   | 12  | 9   | 9   | 10  | 10   |
| 11        | 26          | 5                                   | 5   | 5   | 8   | 5   | 5   | 6   | 6    |
| 12        | 12          | 1                                   | 1   | 1   | 4   | 0   | 0   | 1   | 1    |
| 13        | 68          | 6                                   | 6   | 6   | 9   | 5   | 5   | 6   | 6    |
| 14        | 9           | 2                                   | 2   | 2   | 5   | 1   | 1   | 2   | 2    |
| 15        | 35          | 2                                   | 2   | 2   | 5   | 1   | 1   | 2   | 2    |
| 16        | 95          | 9                                   | 9   | 9   | 12  | 9   | 9   | 10  | 10   |
| 17        | 82          | 5                                   | 5   | 5   | 8   | 5   | 5   | 6   | 6    |

| Obstáculo | Largura (m) | Altura ( $h_0$ ) <sup>(1)</sup> (m) |     |     |     |     |     |     |      |
|-----------|-------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|           |             | FF2                                 | FF3 | FF4 | FF5 | FF7 | FF8 | FF9 | FF10 |
| 18        | 15          | -5                                  | -5  | -5  | -2  | -5  | -5  | -4  | -4   |
| 19        | 15          | 0                                   | 0   | 0   | 3   | -1  | -1  | 0   | 0    |
| 20        | 13          | 0                                   | 0   | 0   | 3   | -1  | -1  | 1   | 1    |
| 21        | 15          | -3                                  | -3  | -3  | 1   | -3  | -3  | -2  | -2   |
| 22        | 52          | 13                                  | 13  | 13  | 16  | 12  | 12  | 13  | 13   |
| 23        | 20          | 22                                  | 22  | 22  | 25  | 22  | 22  | 23  | 23   |
| 24        | 17          | 12                                  | 12  | 12  | 15  | 11  | 11  | 12  | 12   |
| 25        | 31          | 2                                   | 2   | 2   | 5   | 2   | 2   | 3   | 3    |
| 26        | 15          | 1                                   | 1   | 1   | 4   | 0   | 0   | 1   | 1    |
| 27        | 13          | 4                                   | 4   | 4   | 7   | 4   | 4   | 5   | 5    |
| 28        | 69          | 12                                  | 12  | 12  | 15  | 11  | 11  | 12  | 12   |

<sup>(1)</sup> Medida a partir da cota do solo na base de implantação da chaminé. Os valores negativos significam que os edifícios se encontram a uma cota inferior à cota do solo do edifício onde se encontra implantada a chaminé.

Tabela A.I.2 – Distâncias entre os obstáculos considerados e as chaminés em estudo

| Obstáculo | Distância (m) |     |     |     |     |     |     |      |
|-----------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|           | FF2           | FF3 | FF4 | FF5 | FF7 | FF8 | FF9 | FF10 |
| 1         | 10            | 5   | 0   | 94  | 41  | 42  | 42  | 50   |
| 2         | 5             | 0   | 4   | 97  | 44  | 41  | 39  | 48   |
| 3         | 0             | 1   | 6   | 100 | 46  | 40  | 35  | 45   |
| 4         | 6             | 6   | 6   | 112 | 26  | 24  | 19  | 28   |
| 4.1       | 6             | 6   | 6   | 112 | 26  | 24  | 19  | 28   |
| 5         | 12            | 17  | 22  | 107 | 59  | 45  | 37  | 48   |
| 6         | 59            | 61  | 63  | 46  | 106 | 98  | 90  | 101  |

| Obstáculo | Distância (m) |     |     |     |     |     |     |      |
|-----------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|           | FF2           | FF3 | FF4 | FF5 | FF7 | FF8 | FF9 | FF10 |
| 7         | 64            | 62  | 61  | 0   | 98  | 103 | 101 | 111  |
| 7.1       | 64            | 62  | 61  | 0   | 98  | 103 | 101 | 111  |
| 8.1       | 80            | 76  | 71  | 28  | 85  | 106 | 111 | 118  |
| 8.2       | 72            | 67  | 61  | 73  | 53  | 82  | 91  | 95   |
| 9         | 132           | 130 | 127 | 24  | 156 | 169 | 169 | 178  |
| 10        | 143           | 141 | 140 | 33  | 174 | 182 | 180 | 190  |
| 11        | 150           | 146 | 142 | 56  | 162 | 181 | 185 | 193  |
| 12        | 158           | 154 | 149 | 82  | 164 | 187 | 191 | 198  |
| 13        | 179           | 175 | 171 | 91  | 188 | 209 | 213 | 220  |
| 14        | 299           | 294 | 289 | 223 | 294 | 321 | 329 | 334  |
| 15        | 223           | 218 | 212 | 177 | 206 | 237 | 247 | 250  |
| 16        | 225           | 220 | 215 | 204 | 196 | 228 | 241 | 241  |
| 17        | 156           | 151 | 146 | 178 | 121 | 153 | 166 | 166  |
| 18        | 126           | 121 | 116 | 161 | 89  | 121 | 134 | 134  |
| 19        | 87            | 83  | 79  | 155 | 44  | 75  | 89  | 87   |
| 20        | 19            | 14  | 9   | 86  | 46  | 51  | 52  | 60   |
| 21        | 35            | 31  | 27  | 77  | 58  | 67  | 69  | 78   |
| 22        | 21            | 22  | 23  | 128 | 0   | 0   | 6   | 5    |
| 23        | 64            | 62  | 60  | 157 | 17  | 35  | 50  | 45   |
| 24        | 46            | 48  | 50  | 76  | 93  | 85  | 77  | 88   |
| 25        | 164           | 159 | 153 | 139 | 140 | 171 | 183 | 185  |
| 26        | 214           | 209 | 204 | 169 | 199 | 229 | 238 | 242  |
| 27        | 35            | 37  | 40  | 147 | 43  | 11  | 0   | 0    |

| Obstáculo | Distância (m) |     |     |     |     |     |     |      |
|-----------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|           | FF2           | FF3 | FF4 | FF5 | FF7 | FF8 | FF9 | FF10 |
| 28        | 323           | 318 | 312 | 275 | 304 | 335 | 346 | 348  |

Tabela A.I 3 – Determinação dos obstáculos próximos para a fonte FF2

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 1         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 2         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 3         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 4         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 4.1       | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 5         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 6         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7.1       | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 8.1       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 8.2       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 9         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 10        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 11        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 12        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 13        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 14        | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 15        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 16        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 17        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 18        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 19        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 20        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 21        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 22        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 23        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 24        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 25        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 26        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 27        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 28        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

Tabela A.I 4 – Determinação dos obstáculos próximos para a fonte FF3

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 1         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 2         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 3         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 4         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 4.1       | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 5         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 6         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 7         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7.1       | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 8.1       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 8.2       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 9         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 10        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 11        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 12        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 13        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 14        | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 15        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 16        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 17        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 18        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 19        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 20        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 21        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 22        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 23        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 24        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 25        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 26        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 27        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 28        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

Tabela A.I 5 – Determinação dos obstáculos próximos para a fonte FF4

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 1         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 2         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 3         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 4         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 4.1       | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 5         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 6         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7.1       | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 8.1       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 8.2       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 9         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 10        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 11        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 12        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 13        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 14        | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 15        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 16        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 17        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 18        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 19        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 20        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 21        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 22        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 23        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 24        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 25        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 26        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 27        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 28        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

Tabela A.I 6 – Determinação dos obstáculos próximos para a fonte FF5

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 1         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 2         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 3         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 4         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 4.1       | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 5         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 6         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 7.1       | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 8.1       | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 8.2       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 9         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 10        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 11        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 12        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 13        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 14        | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 15        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 16        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 17        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 18        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 19        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 20        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 21        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 22        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 23        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 24        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 25        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 26        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 27        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 28        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

Tabela A.I 7 – Determinação dos obstáculos próximos para a fonte FF7

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 1         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 2         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 3         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 4         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 4.1       | SIM                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 5         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 6         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7.1       | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 8.1       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 8.2       | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 9         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 10        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 11        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 12        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 13        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 14        | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 15        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 16        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 17        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 18        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 19        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 20        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 21        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 22        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 23        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 24        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 25        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 26        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 27        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 28        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

Tabela A.I 8 – Determinação dos obstáculos próximos para a fonte FF8

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 1         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 2         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 3         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 4         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 4.1       | SIM                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 5         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 6         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7.1       | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 8.1       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 8.2       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 9         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 10        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 11        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 12        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 13        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 14        | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 15        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 16        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 17        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 18        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 19        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 20        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 21        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 22        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 23        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 24        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 25        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 26        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 27        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 28        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

Tabela A.I 9 – Determinação dos obstáculos próximos para a fonte FF9

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 1         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 2         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 3         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 4         | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 4.1       | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 5         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 6         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7.1       | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 8.1       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 8.2       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 9         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 10        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 11        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 12        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 13        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 14        | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 15        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 16        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 17        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 18        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 19        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 20        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 21        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 22        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 23        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 24        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 25        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 26        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 27        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 28        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

Tabela A.I 10 – Determinação dos obstáculos próximos para a fonte FF10

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 1         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 2         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 3         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 4         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 4.1       | SIM                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 5         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 6         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 7.1       | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 8.1       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 8.2       | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 9         | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 10        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |

| Obstáculo | Proposição 1<br>( $h_0 \geq D/5$ ) | Proposição 2<br>( $L \geq 1+(14D)/300$ ) | Veredicto (obstáculo próximo) |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| 11        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 12        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 13        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 14        | NÃO                                | NÃO                                      | NÃO                           |
| 15        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 16        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 17        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 18        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 19        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 20        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 21        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 22        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 23        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 24        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 25        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 26        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |
| 27        | SIM                                | SIM                                      | <b>SIM</b>                    |
| 28        | NÃO                                | SIM                                      | NÃO                           |