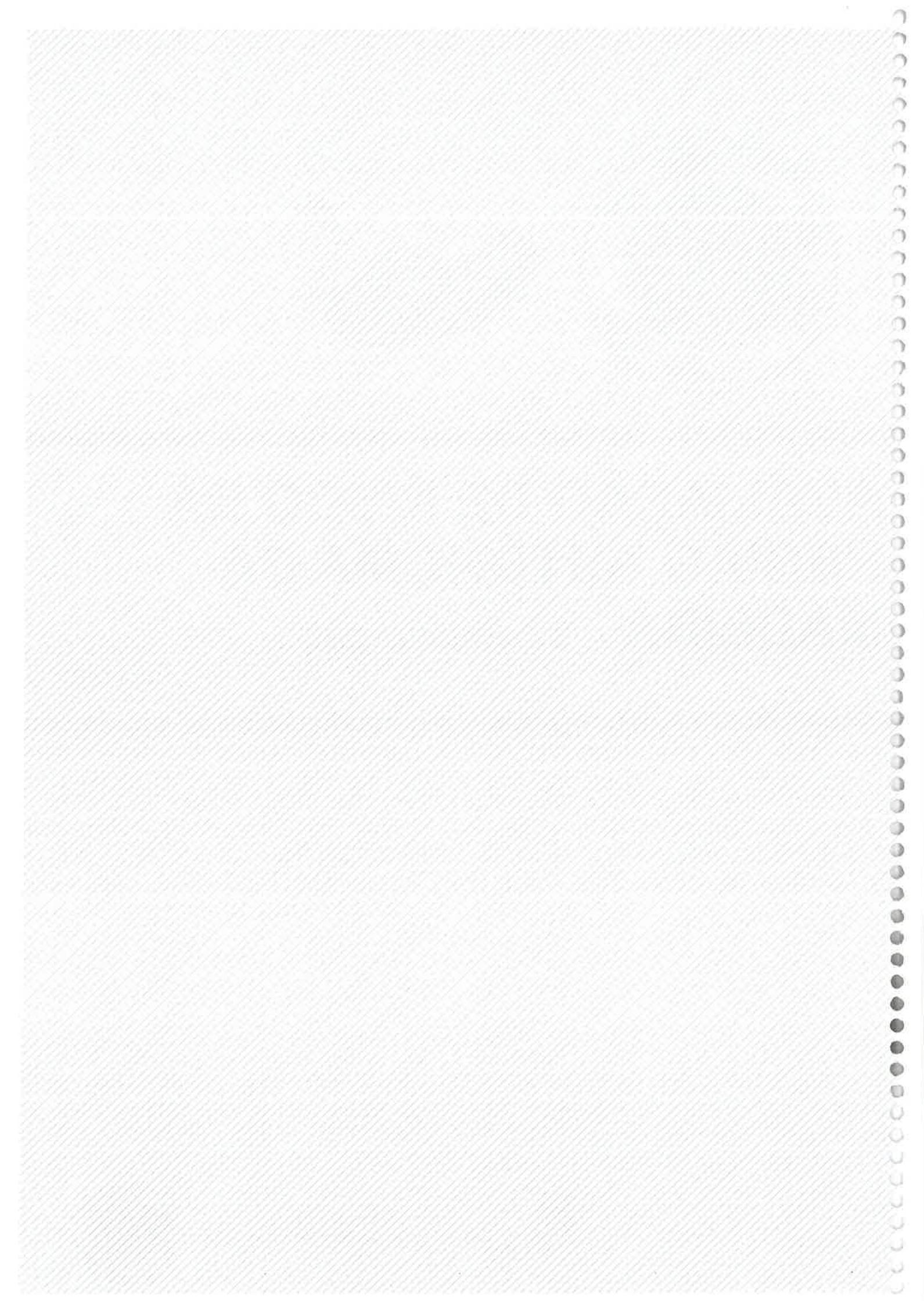




# AVALIAÇÃO DE RISCO DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA – 1.<sup>a</sup> Atualização

ACESSO PÚBLICO





## **FICHA TÉCNICA**

**Edição:** Serviço Regional de Proteção Civil, IP – RAM

**Autor:** Divisão de Análise de Riscos e Ordenamento do Território

**Aprovação:** Conselho Diretivo do Serviço Regional de Proteção Civil, IP – RAM

**Homologação:** Secretário Regional de Saúde e Proteção Civil

**Disponibilidade em pdf:** [www.procivmadeira.pt](http://www.procivmadeira.pt)

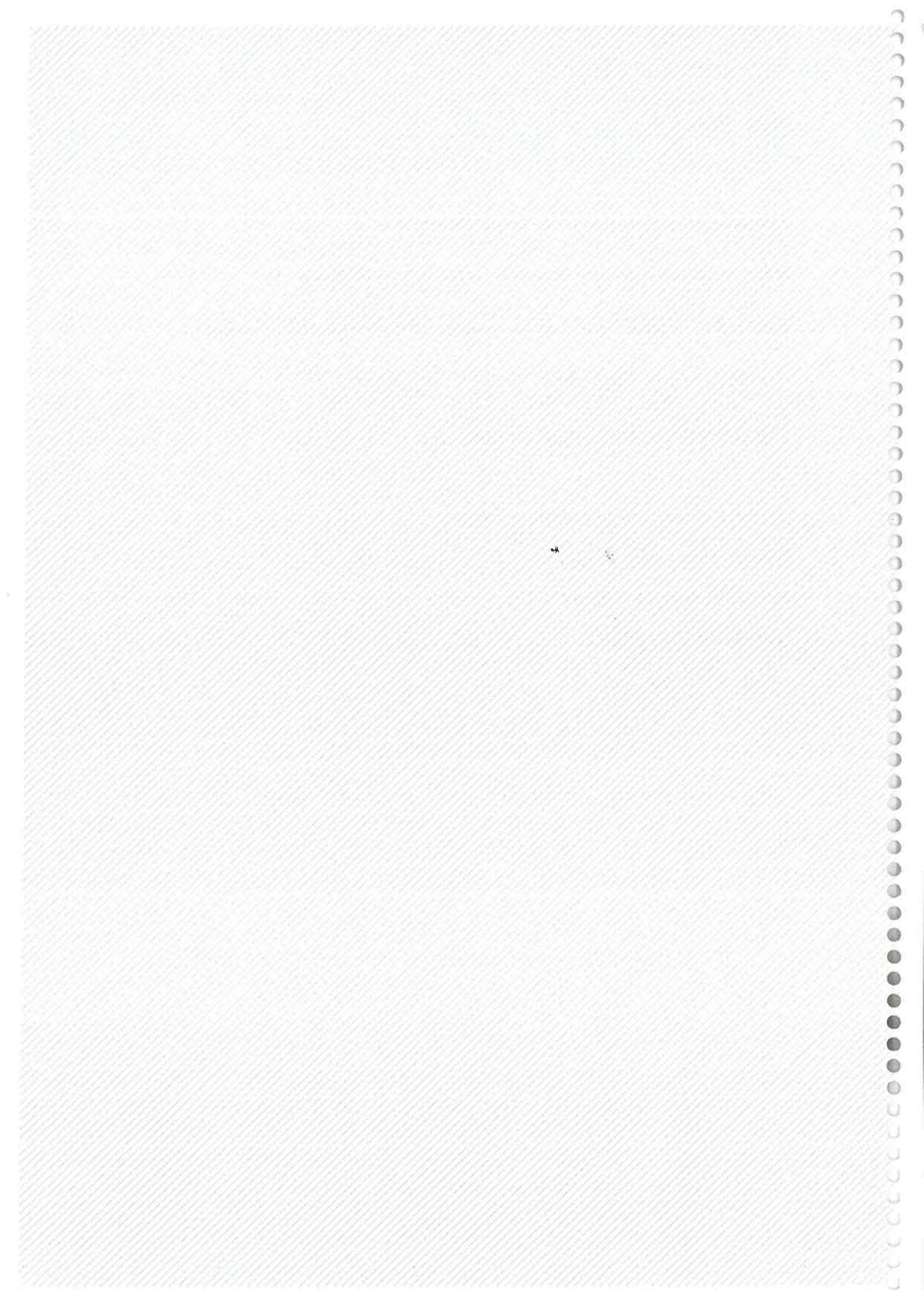
Serviço Regional de Proteção Civil, IP – RAM

Caminho do Pináculo, n.º 14

9060-236 S. Gonçalo / Funchal

Tel.: +351 291 700 112/6

[srpc@madeira.gov.pt](mailto:srpc@madeira.gov.pt)





## APROVAÇÃO

Aprovado em reunião do Conselho Diretivo do Serviço Regional de Proteção Civil, RAM, realizada na sede do SRPC, IP-RAM, a 24 de abril de 2023.

Funchal, 24 de abril de 2023

O Presidente do CD do SRPC, IP-RAM

O Vogal do CD do SRPC, IP-RAM

António José Mendes Nunes

Marco Aurélio Fernandes Lobato

## HOMOLOGAÇÃO

Após auscultação das entidades com competências nas matérias explanadas na Avaliação de Risco da Região Autónoma da Madeira (ARRAM), e após a aprovação pelo Conselho Diretivo do SRPC, IP-RAM, homologo a 1.ª atualização da ARRAM.

Funchal, 27 de abril de 2023.

O Secretário Regional de Saúde e Proteção Civil

Pedro Miguel Câmara Ramos

12

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1. LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS .....                   | 9  |
| 2. INTRODUÇÃO .....                                    | 11 |
| 3. CARACTERIZAÇÃO GERAL .....                          | 14 |
| 3.1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO .....                    | 14 |
| 3.2. OROGRAFIA.....                                    | 15 |
| 3.2.1. Hipsometria.....                                | 15 |
| 3.2.2. Declives .....                                  | 17 |
| 3.3. HIDROGRAFIA .....                                 | 19 |
| 3.4. GEOLOGIA.....                                     | 20 |
| 3.5. CLIMA.....  | 23 |
| 3.5.1. Temperatura .....                               | 24 |
| 3.5.2. Precipitação .....                              | 26 |
| 3.6. USO/OCUPAÇÃO DO SOLO .....                        | 27 |
| 3.7. CARACTERIZAÇÃO DEMOGRÁFICA .....                  | 30 |
| 3.7.1. Principais aspetos demográficos .....           | 30 |
| 3.7.2. Estrutura etária da população .....             | 34 |
| 3.8. CARACTERIZAÇÃO ECONÓMICA .....                    | 35 |
| 4. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA RAM.....                   | 37 |
| 4.1. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E RISCOS NATURAIS .....     | 37 |
| 4.2. CONHECIMENTO CIENTÍFICO E MONITORIZAÇÃO .....     | 38 |
| 4.3. IMPACTE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA MADEIRA..... | 39 |
| 4.4. ESTRATÉGIA CLIMA-Madeira.....                     | 43 |
| 5. AVALIAÇÃO DE RISCO .....                            | 44 |
| 5.1. METODOLOGIA ADOTADA.....                          | 44 |
| 5.2. ANÁLISE DE RISCO DE NEVOEIROS .....               | 48 |
| 5.2.1. Cenário considerado .....                       | 49 |
| 5.2.2. Impacte das alterações climáticas .....         | 49 |
| 5.3. ANÁLISE DE RISCO DE NEVÕES .....                  | 50 |
| 5.3.1. Cenário considerado .....                       | 51 |
| 5.3.2. Impacte das alterações climáticas .....         | 51 |
| 5.4. ANÁLISE DE RISCO DE ONDAS DE CALOR .....          | 52 |
| 5.4.1. Cenário considerado .....                       | 54 |



|         |  |    |
|---------|--|----|
| 5.4.2.  | Impacte das alterações climáticas .....  | 55 |
| 5.5.    | ANÁLISE DE RISCO DE ONDAS DE FRIO .....  | 56 |
| 5.5.1.  | Cenário considerado .....  | 57 |
| 5.5.2.  | Impacte das alterações climáticas .....  | 57 |
| 5.6.    | ANÁLISE DE RISCO DE SECAS .....  | 58 |
| 5.6.1.  | Cenário considerado .....  | 60 |
| 5.6.2.  | Impacte das alterações climáticas .....  | 60 |
| 5.7.    | ANÁLISE DE RISCO DE TEMPESTADES DE VENTO .....                                       | 61 |
| 5.7.1.  | Cenário considerado .....  | 62 |
| 5.7.2.  | Impacte das alterações climáticas .....  | 63 |
| 5.8.    | ANÁLISE DE RISCO DE CHEIAS E INUNDAÇÕES RÁPIDAS.....                                 | 63 |
| 5.8.1.  | Cenário considerado .....  | 66 |
| 5.8.2.  | Impacte das alterações climáticas .....  | 67 |
| 5.9.    | ANÁLISE DE RISCO DE INUNDAÇÕES E GALGAMENTOS COSTEIROS.....                          | 68 |
| 5.9.1.  | Cenário considerado .....  | 70 |
| 5.9.2.  | Impacte das alterações climáticas .....  | 70 |
| 5.10.   | ANÁLISE DE RISCO DE INUNDAÇÕES POR TSUNAMI .....                                     | 72 |
| 5.10.1. | Cenário considerado .....  | 74 |
| 5.11.   | ANÁLISE DE RISCO SÍSMICO .....   | 75 |
| 5.11.1. | Cenário considerado .....  | 77 |
| 5.12.   | ANÁLISE DE RISCO DE ATIVIDADE VULCÂNICA .....  | 78 |
| 5.13.   | ANÁLISE DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA EM VERTENTE .....                            | 81 |
| 5.13.1. | Cenário considerado .....  | 82 |
| 5.13.2. | Impacte das alterações climáticas .....  | 82 |
| 5.14.   | ANÁLISE DE RISCO DE EROSÃO COSTEIRA .....  | 83 |
| 5.14.1. | Cenário considerado .....  | 85 |
| 5.14.2. | Impacte das alterações climáticas .....  | 85 |
| 5.15.   | ANÁLISE DE RISCO DE COLAPSO DE CAVIDADES SUBTERRÂNEAS NATURAIS .....                 | 87 |
| 5.15.1. | Cenário considerado .....  | 88 |
| 5.16.   | ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES RODOVIÁRIOS, AÉREOS E MARÍTIMOS .....                  | 89 |
| 5.16.1. | Cenário considerado .....  | 97 |
| 5.17.   | ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES NO TRANSPORTE TERRESTRE DE MERCADORIAS PERIGOSAS ..... | 98 |



|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 5.17.1. | Cenário considerado .....  | 99  |
| 5.18.   | ANÁLISE DE RISCO DE COLAPSO DE TÚNEIS, PONTES E OUTRAS INFRAESTRUTURAS<br>100  |     |
| 5.18.1. | Cenário considerado .....  | 101 |
| 5.19.   | CHEIAS E INUNDAÇÕES POR ROTURA DE BARRAGENS .....  | 102 |
| 5.19.1. | Cenário considerado .....  | 104 |
| 5.20.   | ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIOS EM TÚNEIS .....  | 105 |
| 5.20.1. | Cenário considerado .....  | 107 |
| 5.21.   | ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES EM ÁREAS DE OCUPAÇÃO INDUSTRIAL E<br>PARQUES EMPRESARIAIS.....                                 | 109 |
| 5.21.1. | Cenário considerado .....  | 111 |
| 5.22.   | ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES INDUSTRIAIS QUE ENVOLVAM SUBSTÂNCIAS<br>PERIGOSAS.....   | 112 |
| 5.22.1. | Cenário considerado .....  | 113 |
| 5.23.   | DEGRADAÇÃO E CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS COM SUBSTÂNCIAS BIOLÓGICAS,<br>QUÍMICAS E RADIOLÓGICAS.....                              | 114 |
| 5.23.1. | Cenário considerado .....  | 115 |
| 5.24.   | ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES EM INSTALAÇÕES DE COMBUSTÍVEIS, ÓLEOS E<br>LUBRIFICANTES.....                                  | 116 |
| 5.24.1. | Cenário considerado .....  | 117 |
| 5.25.   | ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES EM ESTABELECIMENTOS DE ARMAZENAGEM DE<br>PRODUTOS EXPLOSIVOS.....                              | 118 |
| 5.25.1. | Cenário considerado .....  | 119 |
| 5.26.   | ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIOS E COLAPSOS EM CENTROS HISTÓRICOS E EM<br>EDIFÍCIOS COM ELEVADA CONCENTRAÇÃO POPULACIONAL ..... | 120 |
| 5.26.1. | Cenário considerado .....  | 121 |
| 5.27.   | ANÁLISE DE RISCO DE EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS .....   | 122 |
| 5.28.   | ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS .....   | 124 |
| 5.28.1. | Cenário considerado .....  | 127 |
| 5.28.2. | Impacte das alterações climáticas .....  | 127 |
| 6.      | HIERARQUIZAÇÃO DE RISCOS .....   | 129 |
| 7.      | ESTRATÉGIAS PARA A MITIGAÇÃO DE RISCOS .....   | 131 |
| 7.1.    | ESTRATÉGIAS GERAIS.....  | 131 |
| 7.2.    | ESTRATÉGIAS ESPECÍFICAS .....  | 132 |
| 8.      | ESTRATÉGIAS PARA A ADAPTAÇÃO FACE ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....  | 135 |



|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 9. CARTOGRAFIA .....            | 138 |
| 10. ENTIDADES CONSULTADAS ..... | 144 |
| 11. BIBLIOGRAFIA .....          | 145 |
| Referências Legislativas .....  | 149 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <i>Figura 1 - Enquadramento geográfico da Ilha da Madeira e da Ilha do Porto Santo</i> .....   | 15 |
| <i>Figura 2 - Carta Hipsométrica das ilhas da Madeira e Porto Santo</i> .....  | 17 |
| <i>Figura 3 - Carta de Declives das ilhas da Madeira e Porto Santo</i> .....   | 19 |
| <i>Figura 4 - Rede hidrográfica das ilhas da Madeira e Porto Santo</i> .....   | 20 |
| <i>Figura 5 - Carta Geológica Simplificada das ilhas da Madeira e Porto Santo</i> .....  | 23 |
| <i>Figura 6 - Temperatura média anual (°C) no período de referência 2000-2021</i> .....  | 25 |
| <i>Figura 7 - Precipitação média anual no período de referência 2000-2021</i> .....  | 27 |
| <i>Figura 8 - Classes de ocupação do solo na ilha da Madeira em percentagem</i> .....  | 28 |
| <i>Figura 9 - Ocupação do solo na Ilha da Madeira</i> .....  | 28 |
| <i>Figura 10 - Ocupação do solo na ilha do Porto Santo</i> .....   | 29 |
| <i>Figura 11 - Classes de ocupação do solo em percentagem na ilha do Porto Santo</i> .....   | 30 |
| <i>Figura 12 - População residente nas ilhas da Madeira e Porto Santo em 2021. Fonte: Censos 2021 (INE)</i> .....  | 33 |
| <i>Figura 13 - Densidade populacional por freguesia nas ilhas da Madeira e Porto Santo, em 2021</i> .....  | 33 |
| <i>Figura 14 – Evolução da população residente entre 1950 e 2021 nas ilhas da Madeira e Porto Santo</i> .....  | 34 |
| <i>Figura 15 - Estrutura etária da população residente por concelho em 2021. Fonte: INE – Censos 2021</i> .....  | 35 |
| <i>Figura 16 - População empregada por sector de atividade, 2011 e 2019. Fonte: DREM</i> .....   | 36 |
| <i>Figura 17 - Variação da precipitação e temperatura para a ilha da Madeira, tendo como referência o período de 1970 a 1990. Fonte: Observatório Clima Madeira</i> .....  | 39 |
| <i>Figura 18 - Distribuição sazonal da temperatura média da ilha da Madeira para o período 2070-2099. Fonte: Observatório Clima Madeira</i> .....  | 40 |
| <i>Figura 19 - Distribuição sazonal da variação média mensal da precipitação em relação à precipitação total do período de referência na ilha da Madeira para o período 2070-2099. Fonte: Observatório Clima Madeira</i> .....     | 41 |
| <i>Figura 20 - Distribuição sazonal da temperatura média da ilha do Porto Santo para o período 2070-2099. Fonte: Observatório Clima Madeira</i> .....  | 41 |
| <i>Figura 21 - Distribuição sazonal da variação média mensal da precipitação em relação à precipitação total do período de referência na ilha do Porto Santo para o período 2070-2099. Fonte: Observatório Clima Madeira</i> ..... | 42 |
| <i>Figura 22 - Carta de suscetibilidade a nevoeiros. Fonte: PREPC RAM</i> .....  | 50 |
| <i>Figura 23 - Carta de suscetibilidade a nevões</i> .....   | 52 |
| <i>Figura 24 - Comparação entre a temperatura média anual desde 2000 e a normal climatológica do Observatório Meteorológico do Funchal. Fonte: IPMA</i> .....  | 53 |



|   |            |
|---|------------|
| <i>Figura 25 - Carta de suscetibilidade a ondas de calor.....</i>   | <i>55</i>  |
| <i>Figura 26 - Carta de suscetibilidade a ondas de frio. ....</i>   | <i>58</i>  |
| <i>Figura 27 - Carta de suscetibilidade a secas.....</i>  | <i>61</i>  |
| <i>Figura 28 - Suscetibilidade a tempestades de vento. ....</i>   | <i>63</i>  |
| <i>Figura 29 - Zonas inundáveis das ilhas da Madeira e Porto Santo suscetíveis ao risco de cheias e inundações rápidas.....</i> | <i>68</i>  |
| <i>Figura 30 - Suscetibilidade e ocorrências de galgamentos costeiros.....</i>  | <i>71</i>  |
| <i>Figura 31 - Carta de suscetibilidade a inundações por tsunami.....</i>   | <i>75</i>  |
| <i>Figura 32 - Epicentros registados nas proximidades das ilhas da Madeira e Porto Santo .....</i>                              | <i>77</i>  |
| <i>Figura 33 - Suscetibilidade a risco sísmico na RAM.....</i>  | <i>78</i>  |
| <i>Figura 34 - Suscetibilidade ao risco de atividade vulcânica na RAM .....</i>   | <i>80</i>  |
| <i>Figura 35 - Carta de suscetibilidade a movimentos de massa em vertentes .....</i>  | <i>83</i>  |
| <i>Figura 36 - Suscetibilidade a erosão costeira em arribas.....</i>  | <i>86</i>  |
| <i>Figura 37 - Suscetibilidade a erosão costeira na base da arriba.....</i>   | <i>87</i>  |
| <i>Figura 38 - Cavidades subterrâneas naturais georreferenciadas .....</i>  | <i>89</i>  |
| <i>Figura 39: Total de acidentes rodoviários comunicados à PSP na RAM – 1976-2022. Fonte: PSP .....</i>                         | <i>90</i>  |
| <i>Figura 40: Total de vítimas causadas em acidentes rodoviários - 1976-2022. Fonte: PSP .....</i>                              | <i>91</i>  |
| <i>Figura 41: Total de vítimas mortais em acidentes rodoviários – 1976-2022. Fonte: PSP.....</i>                                | <i>92</i>  |
| <i>Figura 42 - Localização dos acidentes rodoviários no período 2009 – 2013.....</i>  | <i>95</i>  |
| <i>Figura 43 - Localização dos Portos e Aeroportos .....</i>  | <i>97</i>  |
| <i>Figura 44 - Transporte terrestre de mercadorias perigosas e respetivos estabelecimentos .</i>                                | <i>100</i> |
| <i>Figura 45 - Localização de túneis, pontes e viadutos .....</i>   | <i>102</i> |
| <i>Figura 46 - Áreas inundáveis em caso de rotura de barragem .....</i>   | <i>105</i> |
| <i>Figura 47 - Suscetibilidade a incêndios em túneis. Fonte: PREPC RAM.....</i>   | <i>108</i> |
| <i>Figura 48 - Localização dos parques empresariais.....</i>  | <i>110</i> |
| <i>Figura 49 - Suscetibilidade a acidentes que envolvam substâncias perigosas em estabelecimentos industriais .....</i>         | <i>111</i> |
| <i>Figura 50 - Suscetibilidade a acidentes que envolvam substâncias perigosas.....</i>  | <i>114</i> |
| <i>Figura 51 - Suscetibilidade à degradação e contaminação dos solos com substâncias BQR.</i>                                   | <i>116</i> |
| <i>Figura 52 - Localização dos postos de abastecimento e armazenamento de combustíveis. .</i>                                   | <i>118</i> |
| <i>Figura 53 - Localização dos estabelecimentos de armazenagem de produtos explosivos ....</i>                                  | <i>120</i> |
| <i>Figura 54 - Suscetibilidade a incêndios em centros históricos e em edifícios de elevada densidade populacional.....</i>      | <i>122</i> |



|   |            |
|---|------------|
| <i>Figura 55 - Grau de radioatividade no ambiente. Fonte: APA .....</i>   | <b>123</b> |
| <i>Figura 56 - Estabelecimentos cujas atividades se enquadram nos grupos de emergência radiológica IV e V .....</i> | <b>124</b> |
| <i>Figura 57 - Suscetibilidade a incêndios florestais.....</i>  | <b>128</b> |



## ÍNDICE DE TABELAS

|   |            |
|---|------------|
| <i>Tabela 1 - Área dos municípios da RAM. Fonte: CAOP 2020.....</i>   | <i>14</i>  |
| <i>Tabela 2 - Quadro-resumo das classes hipsométricas na ilha da Madeira.....</i>   | <i>16</i>  |
| <i>Tabela 3 - Quadro-resumo das classes hipsométricas na ilha do Porto Santo.....</i>   | <i>17</i>  |
| <i>Tabela 4 - Quadro-Resumo das Classes de Declives da ilha da Madeira .....</i>  | <i>18</i>  |
| <i>Tabela 5 - Quadro-Resumo das Classes de Declives da ilha do Porto Santo .....</i>  | <i>18</i>  |
| <i>Tabela 6 - População residente por município entre 1950 e 2021. Fonte: INE .....</i>   | <i>30</i>  |
| <i>Tabela 7 - Variação da população residente por município entre 1950 e 2021. Fonte: INE ....</i>  | <i>31</i>  |
| <i>Tabela 8 - Taxa de atividade total e por grupo etário. Fonte: INE, Anuário Estatístico de Portugal, 2020 .....</i>                       | <i>36</i>  |
| <i>Tabela 9 - Riscos analisados .....</i>   | <i>45</i>  |
| <i>Tabela 10 - Grau de probabilidade.....</i>   | <i>46</i>  |
| <i>Tabela 11 - Graus de gravidade.....</i>  | <i>47</i>  |
| <i>Tabela 12 - Matriz de Risco – Grau de Risco .....</i>  | <i>48</i>  |
| <i>Tabela 13 - Histórico de tsunamis .....</i>  | <i>74</i>  |
| <i>Tabela 14: Total de vítimas em acidentes de viação. Fonte: PSP.....</i>  | <i>92</i>  |
| <i>Tabela 15: Número total de acidentes por concelho em 2022. Fonte: PSP.....</i>   | <i>93</i>  |
| <i>Tabela 16: Número e tipologia de vítimas causadas por acidentes rodoviários em 2022. Fonte: PSP.....</i>                                 | <i>93</i>  |
| <i>Tabela 17: Distribuição das vítimas causadas em acidentes rodoviários por concelho em 2022. Fonte: PSP .....</i>                         | <i>94</i>  |
| <i>Tabela 18 - Histórico de acidentes aéreos.....</i>   | <i>96</i>  |
| <i>Tabela 19 - Histórico recente de ocorrências relacionadas com incêndios em túneis .....</i>  | <i>106</i> |
| <i>Tabela 20 - Histórico recente de incêndios em centros históricos.....</i>  | <i>121</i> |
| <i>Tabela 21 - Área ardida anualmente no arquipélago da Madeira. Fonte: Instituto das Florestas e Conservação da Natureza, IP-RAM .....</i> | <i>126</i> |
| <i>Tabela 22 - Hierarquização dos riscos analisados .....</i>   | <i>129</i> |



## 1. LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

| LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS |  |
|-----------------------------|--|
| <b>A</b>                    |  |
| ANEPC                       | Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil             |
| APA                         | Agência Portuguesa do Ambiente                                 |
| <b>B</b>                    |  |
| BQR                         | Biológicas, Químicas e Radiológicas                            |
| <b>C</b>                    |  |
| CAOP                        | Carta Administrativa Oficial de Portugal                       |
| CLCM                        | Companhia Logística de Combustíveis da Madeira                 |
| COS                         | Carta de Ocupação do Solo                                      |
| CTV                         | Central Térmica da Vitória                                     |
| CVI                         | Complexo Vulcânico Inferior                                    |
| CVM                         | Complexo Vulcânico Intermédio                                  |
| CVS                         | Complexo Vulcânico Superior                                    |
| <b>D</b>                    |  |
| DGEG                        | Direção-Geral de Energia e Geologia                            |
| DGT                         | Direção Geral do Território                                    |
| DRAAC                       | Direção Regional do Ambiente e Alterações Climáticas           |
| DREM                        | Direção Regional de Estatística da Madeira                     |
| DROTe                       | Direção Regional do Ordenamento do Território                  |
| <b>G</b>                    |  |
| GPL                         | Gás de Petróleo Liquefeito                                     |
| <b>I</b>                    |  |
| IFCN, IP - RAM              | Instituto das Florestas e da Conservação da Natureza, IP - RAM |
| INE                         | Instituto Nacional de Estatística                              |
| IPCC                        | Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas            |
| IPMA                        | Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P.                |
| iRIG                        | Infraestrutura Regional de Informação Geográfica               |
| <b>N</b>                    |  |
| NMM                         | Nível Médio das Águas do Mar                                   |
| <b>O</b>                    |  |



|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>OCM</b>            | Observatório Clima Madeira   |
| <b>OMM</b>            | Organização Meteorológica Mundial  |
| <b>P</b>              |  |
| <b>PGRH Madeira</b>   | Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Arquipélago da Madeira             |
| <b>PGRI - RAM</b>     | Plano de Gestão de Riscos de Inundações da Região Autónoma da Madeira        |
| <b>POCMAD</b>         | Programa para a Orla Costeira da Madeira                                     |
| <b>POCPS</b>          | Programa para a Orla Costeira do Porto Santo                                 |
| <b>ppmv</b>           | Partes por milhão em volume  |
| <b>PREPC RAM</b>      | Plano Regional de Emergência de Proteção Civil da Região Autónoma da Madeira |
| <b>PROF - RAM</b>     | Plano Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira        |
| <b>R</b>              |  |
| <b>RAM</b>            | Região Autónoma da Madeira   |
| <b>S</b>              |  |
| <b>SIG</b>            | Sistemas de Informação Geográfica  |
| <b>SMPC</b>           | Serviços Municipais de Proteção Civil  |
| <b>SRPC, IP - RAM</b> | Serviço Regional de Proteção Civil, IP - RAM                                 |
| <b>U</b>              |  |
| <b>UAG</b>            | Unidade Autónoma de Gás  |
| <b>V</b>              |  |
| <b>VE</b>             | Via Expresso   |
| <b>VR</b>             | Via-Rápida   |

## 2. INTRODUÇÃO

O acesso à informação sobre os riscos a que os cidadãos estão sujeitos, em cada área do território, é, mais que uma obrigação legal, uma ferramenta essencial para garantir a sensibilização da população em matéria de autoproteção e, assim, promover uma melhor aplicação do princípio da precaução, contribuindo para a adoção de medidas de diminuição do risco de acidente grave ou catástrofe inerente a cada atividade.

A Avaliação de Risco da Região Autónoma da Madeira (RAM) visa, precisamente, contribuir para esse objetivo, ao realizar a identificação e caracterização dos perigos de génese natural, tecnológica e mista, suscetíveis de afetar o território regional. Assim, são analisados os riscos: nevoeiros; nevões; ondas de calor; ondas de frio; secas; tempestades de vento; cheias e inundações rápidas; inundações e galgamentos costeiros; inundações por tsunamis; sismos; atividade vulcânica; movimentos de massa em vertentes; erosão costeira; colapso de cavidades subterrâneas naturais; acidentes rodoviários, aéreos e marítimos; acidentes no transporte terrestre de mercadorias perigosas; colapso de túneis, pontes e outras infraestruturas; cheias e inundações por rotura de barragens; incêndios em túneis; acidentes em áreas de ocupação industrial e parques empresariais; acidentes que envolvam substâncias perigosas; degradação e contaminação dos solos com substâncias biológicas, químicas e radiológicas; acidentes em instalações de combustíveis, óleos e lubrificantes; acidentes em estabelecimentos de armazenagem de produtos explosivos; incêndios e colapsos em centros históricos e em edifícios com elevada concentração populacional; emergências radiológicas; e incêndios florestais.

A Avaliação de Risco da RAM descreve, para cada risco, o processo de análise, a sua localização e potenciais cenários. A metodologia de avaliação está centrada na aferição da suscetibilidade, que resulta da estimativa do grau de gravidade dos danos potenciais e da probabilidade de ocorrência do risco, tendo em consideração, quando aplicável, o impacto das alterações climáticas e os cenários daí decorrentes, com indicação das tendências de agravamento ou atenuação dos riscos (Capítulo 4)

Paralelamente, a Avaliação de Risco da RAM hierarquiza os riscos existentes no território (Capítulo 6) e indica estratégias que concorram para realizar o objetivo de mitigação

dos mesmos (Capítulo 7), bem como apresenta outras abordagens estruturais enquadradas na Estratégia de Adaptação às Alterações Climáticas da RAM (Capítulo 8).

A Avaliação de Risco da RAM inicialmente produzida, constituiu-se como parte integrante do Plano Regional de Emergência de Proteção Civil da Região Autónoma da Madeira (PREPC RAM), encontrando-se nos seus conteúdos reservados, com base nas disposições em vigor à data. Este documento foi aprovado pela Resolução n.º 816/2015 de 7 de setembro, publicada no Jornal Oficial da Região Autónoma da Madeira, I Série, n.º 137.

De forma a dotar a RAM de um documento com orientações atualizadas para atuação na iminência ou ocorrência de acidente grave ou catástrofe, e aumentar a sua funcionalidade, o PREPC RAM foi revisto no seu todo, e aprovado pela Resolução do Conselho do Governo Regional n.º 60/2022, de 7 de fevereiro, publicada no Jornal Oficial da Região Autónoma da Madeira, I Série, n.º 20. A versão atual do PREPC RAM obedece a uma nova estrutura e conteúdos, à luz do quadro legal vigente, passando as matérias relativas aos riscos a constar de forma simplificada.

Nesta sequência, torna-se imperioso dotar a RAM de um documento necessariamente autónomo, de carácter preventivo e estruturante, que melhore o conhecimento e acesso à informação sobre os riscos, com base nas seguintes determinações:

- A avaliação de risco constitui uma etapa prévia dos instrumentos de gestão territorial e aos processos de planeamento de emergência;
- Ao nível local, compete aos serviços municipais de proteção civil elaborar e atualizar as avaliações de risco de âmbito municipal, devendo os seus conteúdos serem transmitidos, seguindo os princípios da subsidiariedade e da informação, respetivamente ao patamar regional e aos cidadãos;
- Ao nível regional, compete ao Serviço Regional de Proteção Civil, IP – RAM (SRPC, IP-RAM) elaborar e atualizar a síntese dos elementos relevantes da avaliação de risco de âmbito regional, com base nas avaliações de risco de âmbito municipal e em estudos sectoriais de riscos específicos, devendo os seus conteúdos serem transmitidos, da mesma forma, respetivamente ao patamar nacional e aos cidadãos.



A presente Avaliação de Risco, procede então, à caracterização dos riscos que possam afetar o território da RAM, em linha com as orientações estratégicas internacionais. Mantém genericamente a estrutura da Avaliação Nacional de Risco, e encontra-se elaborada de acordo com as *Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management* emitidas pela Comissão Europeia (documento SEC (2010) 1626 final, de 21.12.2010).

Complementarmente, foi incorporada nova informação resultante de trabalhos mais recentes, com destaque para:

- O PREPC RAM;
- Os estudos de identificação e caracterização de riscos às escalas municipal e regional, que sustentaram os programas e planos de gestão territorial;
- Os estudos desenvolvidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P (IPMA) que permitiram atualizar a informação meteorológica, climática, sísmica e geofísica;
- Os resultados decorrentes da implementação da Estratégia CLIMA-Madeira, designadamente os referentes ao impacte das alterações climáticas na RAM.



### 3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

#### 3.1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

A Região Autónoma da Madeira (RAM), com uma área total de aproximadamente 801 km<sup>2</sup>, constitui uma das regiões autónomas de Portugal. É um arquipélago localizado a sudoeste de Portugal Continental, no sector oriental do Atlântico Norte, entre as latitudes 30°01' e 33°08' N e longitudes 15°51' e 17°16' W ( Figura 1). O arquipélago da Madeira inclui as ilhas da Madeira (741,7 km<sup>2</sup>), Porto Santo (42,6 km<sup>2</sup>), as Desertas (14,1 km<sup>2</sup>) e as Selvagens (2,7 km<sup>2</sup>).

A ilha da Madeira, maior ilha do arquipélago, divide-se em 10 concelhos. São estes: Calheta, Câmara de Lobos, Funchal, Machico, Ponta do Sol, Porto Moniz, Ribeira Brava, Santa Cruz, Santana e São Vicente. A ilha do Porto Santo tem um único concelho, homónimo ao nome da ilha.

| Concelho            | Nº de freguesias | Área            |              |            |
|---------------------|------------------|-----------------|--------------|------------|
|                     |                  | km <sup>2</sup> | ha           | %          |
| Calheta             | 8                | 111,5           | 11150        | 14         |
| Câmara de Lobos     | 5                | 52,1            | 5210         | 6,5        |
| Funchal             | 10               | 78,8            | 7880         | 9,5        |
| Machico             | 5                | 68,2            | 6820         | 8,5        |
| Ponta do Sol        | 3                | 46,3            | 4630         | 5,8        |
| Porto Moniz         | 4                | 82,8            | 8280         | 10,4       |
| Ribeira Brava       | 4                | 65,5            | 6550         | 8,2        |
| Santa Cruz          | 5                | 81,4            | 8140         | 10,2       |
| Santana             | 6                | 93,1            | 9310         | 11,7       |
| São Vicente         | 3                | 78,8            | 7880         | 9,9        |
| Porto Santo         | 1                | 42,6            | 4260         | 5,3        |
| <b>R.A. Madeira</b> | <b>54</b>        | <b>801,1</b>    | <b>80110</b> | <b>100</b> |

Tabela 1 - Área dos municípios da RAM. Fonte: CAOP 2020

Quanto às ilhas Desertas, administrativamente, pertencem ao município e freguesia de Santa Cruz e as ilhas Selvagens ao concelho do Funchal (freguesia da Sé). A presente Avaliação de Risco incidirá apenas sobre as ilhas da Madeira e do Porto Santo.

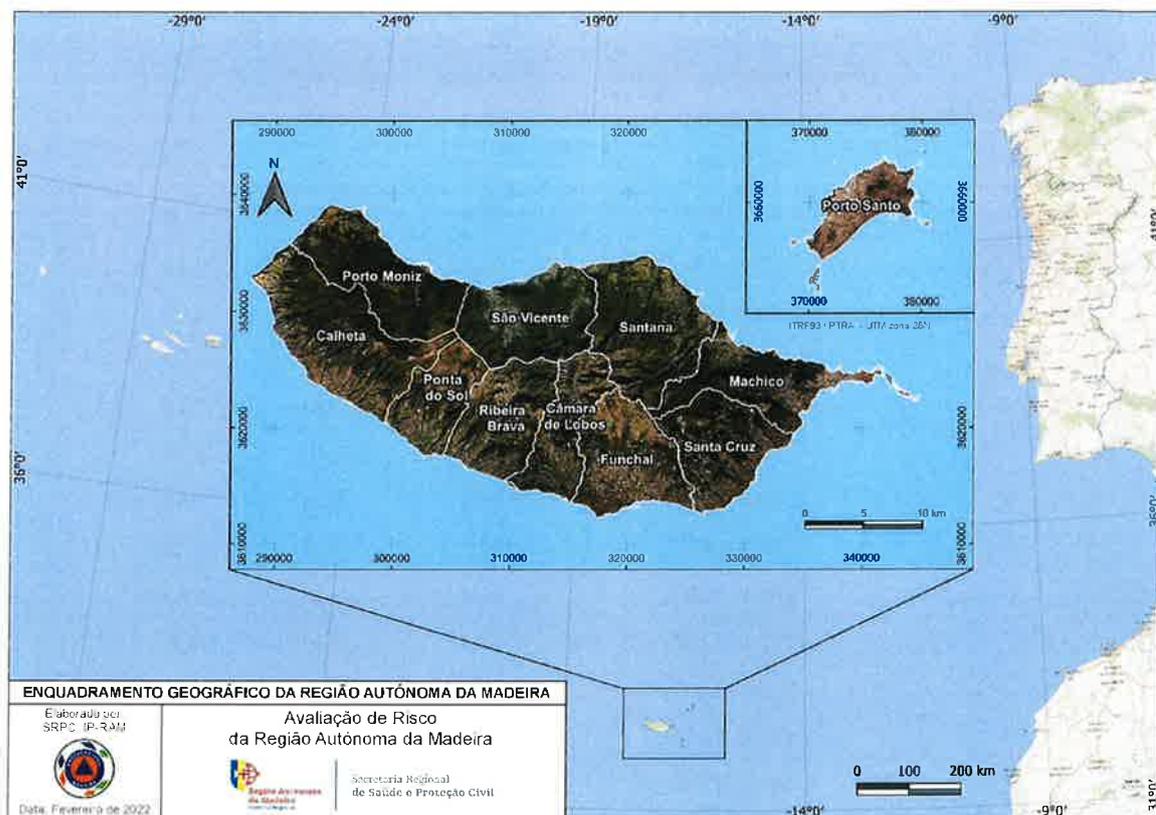


Figura 1 - Enquadramento geográfico da Ilha da Madeira e da Ilha do Porto Santo

## 3.2. OROGRAFIA

### 3.2.1. Hipsometria

A orografia da ilha da Madeira é caracterizada por montanhas com vales encaixados e profundos, serras e planaltos com altitudes elevadas. A sua cordilheira montanhosa central possui uma altitude média de 1200 m, sendo vários os picos que ultrapassam os 1600 m, onde se incluem o Pico Ruivo (1861 m) e o Pico do Arieiro (1810 m). A oeste dominam os planaltos com altitudes médias de 1400 m, onde sobressai o Paúl da Serra com 1620 m. Através da Tabela 2, verifica-se que apenas 4,9% da área total da ilha se encontra abaixo dos 100 m e



abaixo dos 200 m encontra-se cerca de 11% da área total. De destacar, que cerca de 64% da área total da ilha situa-se acima dos 500 m de altitude.

| Classe Hipsométrica (m) | Área (km <sup>2</sup> ) | Área (ha) | %    |
|-------------------------|-------------------------|-----------|------|
| 0 - 100                 | 36,1                    | 3610      | 4,88 |
| 100 - 200               | 45,4                    | 4540      | 6,15 |
| 200 - 300               | 54,7                    | 5470      | 7,4  |
| 300 - 400               | 61,5                    | 6150      | 8,33 |
| 400 - 500               | 67                      | 6700      | 9,07 |
| 500 - 600               | 68,5                    | 6850      | 9,27 |
| 600 - 700               | 67,9                    | 6790      | 9,18 |
| 700 - 800               | 61,4                    | 6140      | 8,31 |
| 800 - 900               | 56,1                    | 5610      | 7,59 |
| 900 - 1000              | 47,2                    | 4720      | 6,39 |
| 1000 - 1100             | 41,1                    | 4110      | 5,57 |
| 1100 - 1200             | 36,2                    | 3620      | 4,9  |
| 1200 - 1300             | 30                      | 3000      | 4,06 |
| 1300 - 1400             | 22,1                    | 2210      | 2,99 |
| 1400 - 1500             | 23,5                    | 2350      | 3,17 |
| 1500 - 1600             | 15,1                    | 1510      | 2,05 |
| 1600 - 1700             | 3,7                     | 370       | 0,5  |
| 1700 - 1800             | 1,4                     | 140       | 0,19 |
| 1800 - 1900             | 0,1                     | 10        | 0,01 |

Tabela 2 - Quadro-resumo das classes hipsométricas na ilha da Madeira

Em relação à ilha do Porto Santo, verificam-se dois picos que se evidenciam face à área central da ilha, o Pico do Funcho (516 m) situado a oeste, e o Pico Ana Ferreira (283 m) a este. Observando a Tabela 3, verifica-se que 51,7% da área de Porto Santo (21,7 km<sup>2</sup>) encontra-se a uma altitude inferior a 100 m, correspondendo às áreas central e sul da ilha. A área compreendida entre os 100 e os 200 m contempla 36,9% (15,7 km<sup>2</sup>) da área total, sendo que apenas 12% da área se situa acima dos 200 m.



| Classe Hipsométrica (m) | Área (km <sup>2</sup> ) | Área (ha) | %    |
|-------------------------|-------------------------|-----------|------|
| 0 - 100                 | 21,7                    | 2170      | 51,7 |
| 100 - 200               | 15,7                    | 1570      | 36,9 |
| 200 - 300               | 3,5                     | 350       | 8,2  |
| 300 - 400               | 1,3                     | 130       | 3,1  |
| > 400                   | 0,3                     | 30        | 0,7  |

Tabela 3 - Quadro-resumo das classes hipsométricas na ilha do Porto Santo

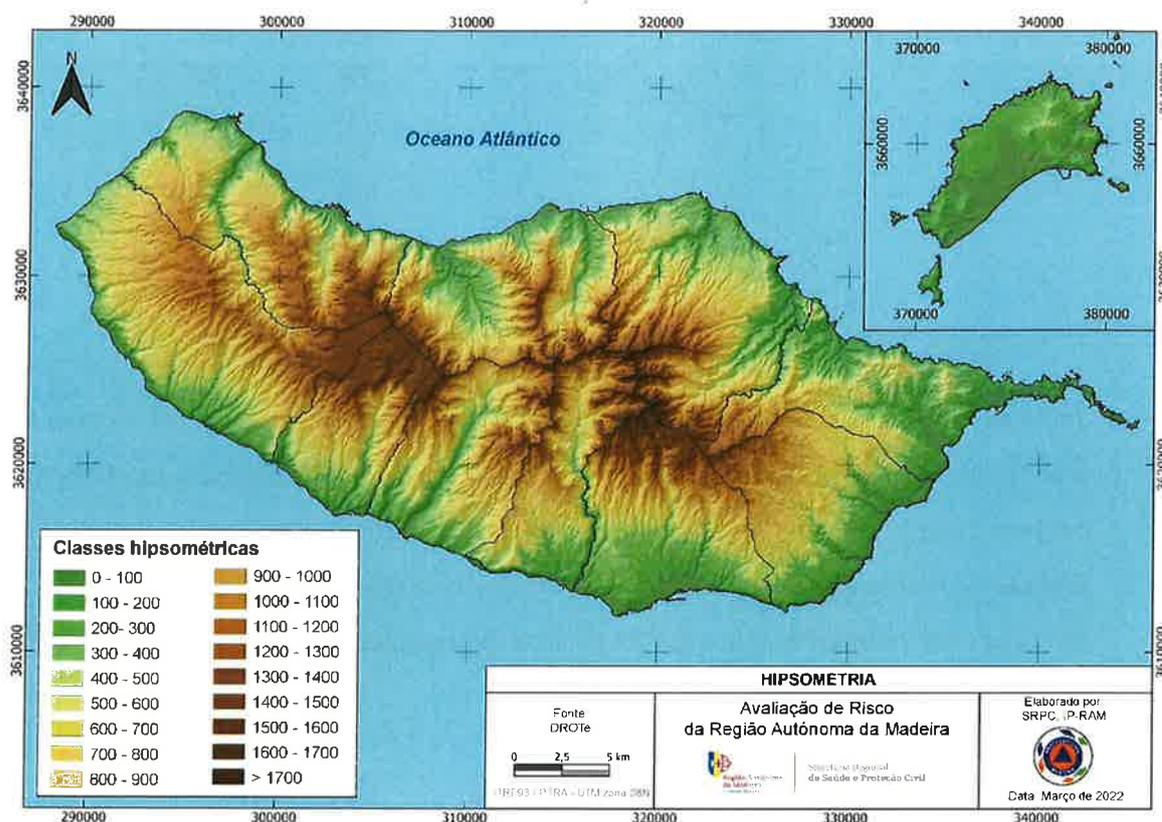


Figura 2 - Carta Hipsométrica das ilhas da Madeira e Porto Santo

### 3.2.2. Declives

A Madeira caracteriza-se pelos seus declives bastante acentuados distribuídos por toda a ilha, mas principalmente ao redor das suas áreas montanhosas, consequência dos seus vales profundos e bastante encaixados. Os declives mais elevados têm também uma grande prevalência no sector norte da ilha. A Tabela 4 permite verificar que apenas 3,9% (28,6 km<sup>2</sup>) da área total apresenta declives inferiores a 5º, situados maioritariamente no planalto do Paúl da Serra e na cidade do Funchal (Figura 3) correspondendo à classe de declive com menor



representatividade em toda a ilha. Por outro lado, a classe de declive entre os 30 e os 50 °, ocupa a maior área (257,4 km<sup>2</sup>, cerca de 35%). Acima dos 50º de declive apresenta-se uma área considerável de 61,9 km<sup>2</sup> correspondendo a 8,3% da área total da ilha.

| Classes de Declive (°) | Área (km <sup>2</sup> ) | Área (ha) | Área (%) |
|------------------------|-------------------------|-----------|----------|
| 0 - 5                  | 10,2                    | 1020      | 24       |
| 5 - 10                 | 9,1                     | 910       | 21,6     |
| 10 - 20                | 9,6                     | 960       | 22,7     |
| 20 - 30                | 7,3                     | 730       | 17,2     |
| 30 - 50                | 5,3                     | 530       | 12,5     |
| > 50                   | 0,8                     | 80        | 2        |

*Tabela 4 - Quadro-Resumo das Classes de Declives da ilha da Madeira*

Neste aspeto, a ilha do Porto Santo distingue-se da ilha da Madeira por apresentar declives inferiores a 10º na parte central e sul da ilha, que ocupam 45,6% da área total, ou seja, 19,3 km<sup>2</sup> (Tabela 5). Os declives entre os 10 e os 20º representam também uma área considerável (cerca de 23%), sendo que as classes de declives mais acentuados vão perdendo progressivamente expressão em relação às já mencionadas. Importa salientar que os declives acima dos 50º representam apenas 2% da área total da ilha, e encontram-se maioritariamente nas arribas voltadas a noroeste.

| Classes de Declive (°) | Área (km <sup>2</sup> ) | Área (ha) | Área (%) |
|------------------------|-------------------------|-----------|----------|
| 0 - 5                  | 28,6                    | 2860      | 3,9      |
| 5 - 10                 | 58,2                    | 5820      | 7,8      |
| 10 - 20                | 167,5                   | 16750     | 22,6     |
| 20 - 30                | 167,7                   | 16770     | 22,6     |
| 30 - 50                | 257,4                   | 25740     | 34,7     |
| > 50                   | 61,9                    | 6190      | 8,3      |

*Tabela 5 - Quadro-Resumo das Classes de Declives da ilha do Porto Santo*

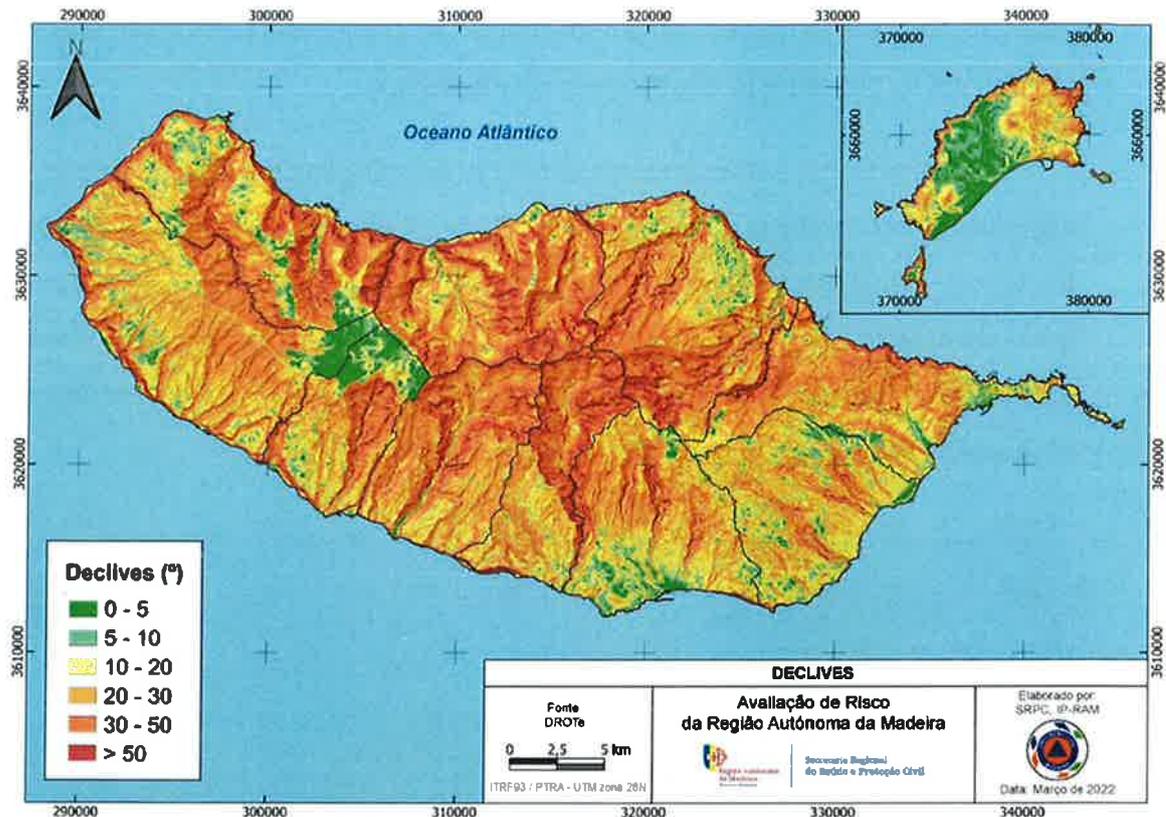


Figura 3 - Carta de Declives das ilhas da Madeira e Porto Santo

### 3.3. HIDROGRAFIA

A rede hidrográfica da ilha da Madeira (Figura 4) é composta por ribeiras que têm as suas nascentes na cordilheira montanhosa central que se desenvolvem em vales profundos e estreitos com declives acentuados. Quase todas as principais ribeiras apresentam desníveis superiores a 1200 m e raramente ultrapassam os 20 km de extensão. Em relação à sua composição material, os leitos são compostos na sua generalidade, por sedimentos rochosos, onde muito raramente se pode observar deposição de sedimentos finos.

Pelas suas características específicas, compostas por pequenas bacias hidrográficas que atingem no máximo 52 km<sup>2</sup> (Ribeira da Janela) e declives muito acentuados, resultam tempos de concentração muito curtos, apresentando um regime de escoamento intermitente e torrencial. A ilha da Madeira é particularmente propícia à ocorrência de cheias repentinas,



a que se associam elevados caudais de ponta de cheia, como resultado das elevadas intensidades da precipitação que ocorrem no arquipélago.

No Porto Santo, as bacias hidrográficas são de reduzida dimensão. Estão identificadas quinze bacias hidrográficas, com uma área média de 2 km<sup>2</sup>, inseridas em vales abertos, pouco declivosos e com perfis longitudinais pouco acentuados. A Ribeira do Tanque integra a maior bacia hidrográfica da ilha, com cerca de 7 km<sup>2</sup>. Estas características permitem que a capacidade de transporte das ribeiras seja reduzida, que por sua vez revelam uma reduzida vulnerabilidade a cheias e inundações rápidas.

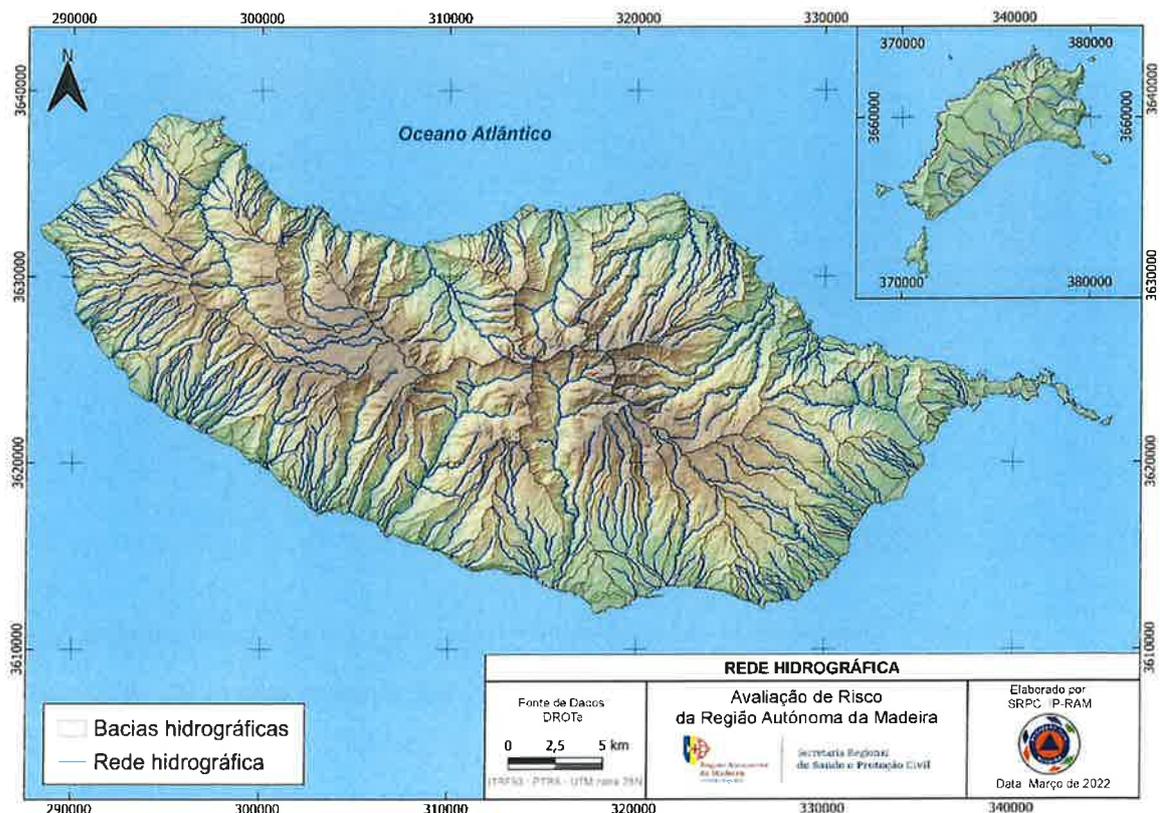


Figura 4 - Rede hidrográfica das ilhas da Madeira e Porto Santo

### 3.4. GEOLOGIA

Do ponto de vista geodinâmico, o arquipélago da Madeira situa-se no sector noroeste da placa africana, a cerca de 500 km a sul da zona de falha Açores-Gibraltar, 1600 km a este da Crista Média Atlântica e 640 km a oeste da margem continental africana.

A edificação da ilha da Madeira ocorreu através da atividade vulcânica submarina e, posteriormente, por empilhamento de erupções subaéreas, que, correspondem à parte emersa de um grande edifício vulcânico de tipo escudo, de idade miocénica a holocénica (5,7 a 7 milhões de anos), construído sobre crosta oceânica de idade cretácica, na Placa Africana (Núbia). A origem do vulcanismo que está na génese deste relevo submarino é consensualmente atribuída a um ponto quente – *hotspot* (Silveira, A., *et al.*, 2010).

Tendo por base a notícia explicativa da carta geológica da ilha da Madeira, da autoria de Silveira *et al.* (2010), a ilha comporta uma estratigrafia composta por três complexos vulcânicos principais: o Complexo Vulcânico Inferior (CVI) (> 5,57 Ma), o Complexo Vulcânico Intermédio (CVM) (5,57 - 1,8 Ma) e o Complexo Vulcânico Superior (CVS) (1,8 - 0,007 Ma).

A "Unidade do Porto da Cruz - CVI1", compreende os materiais mais antigos da ilha da Madeira e surgem apenas em duas regiões situadas na metade setentrional insular, na área do Porto da Cruz e no interior do vale de São Vicente.

De acordo com a Carta Geológica Simplificada da Região Autónoma da Madeira (Figura 5), verifica-se que os materiais do CVM e do CVS cobrem 75,8% da área da ilha da Madeira, (32,1% e 43,7% respetivamente). Dentro do CVM destaca-se a "Unidade da Penha d'Águia - CVM2" representando 15,5% da área, aflora em quase toda a ilha, em particular, nos taludes das arribas litorais e nas vertentes abruptas dos vales mais encaixados.

A "Unidade do Curral das Freiras - CVM3" representa 16,6% da área, e aflora em quase toda a extensão da costa ocidental, nas arribas do litoral norte e nas encostas dos vales mais profundos do interior da ilha. Esta unidade é constituída, no geral, por sequências lávicas resultantes de atividade predominantemente efusiva subaérea. Com uma menor expressão, a "Unidade da Encumeada - CVM1" aflora com boa exposição na região da Encumeada, nas áreas de cabeceira da Ribeira de Serra de Água e da Ribeira de São Vicente. Nesta unidade reconhecem-se numerosos depósitos sedimentares grosseiros e conglomeráticas relacionadas com fluxos detríticos ou fluxos de lama que traduzem, no geral, importantes eventos de enxurrada.



No CVS, destaca-se a “Unidade dos Lombos (CVS1)” com 31,9% da área total. Este complexo é composto por lavas maioritariamente alcalinas que deram origem a basanitos e basaltos provenientes de centros eruptivos situados predominantemente nas regiões altas da ilha, que correram em direção ao litoral. Esta unidade materializa o período em que a atividade vulcânica terá revestido, quase totalmente, o edifício vulcânico insular construído durante as fases eruptivas anteriores, aumentando a dimensão da ilha e colmatando a maior parte das formas erosivas desenvolvidas até então. Posteriormente, durante o CVS2, ocorreu a fase erosiva que entalhou a maioria dos grandes vales atuais da ilha.

A unidade CVS2, encontra-se distribuída um pouco por toda a ilha e representa 11,8% da área total, também ela originada por derrames lávicos de composição máfica (basaltos), com intercalações ocasionais de piroclastos de queda (escórias, lapili e cinzas basálticas).

Na região do Porto da Cruz, nomeadamente nos vales das ribeiras de Massapez e das Voltas, ocorrem afloramentos de rochas intrusivas granulares com dimensão reduzida. As litologias presentes variam desde gabros com feldspatoides a essexitos, apresentando evidências de processos metassomáticos.

Relativamente à ilha do Porto Santo, de um modo genérico, é formado por um conjunto de complexos vulcânicos de composição diferenciada, que se desenvolvem nas áreas nordeste e sudoeste, e por rochas sedimentares que ocupam a parte central e a costa sul. Segundo Silva (2003), a atividade vulcânica da ilha teve início no Miocénico em meio submarino, com produção de rochas básicas e intermédias e, prolongou-se até ao Quaternário, constituindo estas formações o substrato e as áreas de topografia mais acidentada como visível na Fonte da Areia.

No Porto Santo, ocorreram três fases de vulcanismo distintas, seguidas, cada uma delas por episódios sedimentares correspondentes a períodos de acalmia. A primeira fase é caracterizada por derrames lávicos de basaltos, materiais piroclásticos, entre outros. Seguiu-se a deposição de formações marinhas de calcáriosossilíferos. A segunda fase, de natureza fissural cortou e metamorizou os complexos vulcânicos anteriores. A terceira fase, do tipo intrusivo deu origem a numerosos filões e diques que cortaram as formações calcárias e as

formações vulcânicas, sendo de origem variada, basáltica, andesítica, entre outras, a que se seguiu a deposição de calcoarenitos com camadas argilo-detríticas.

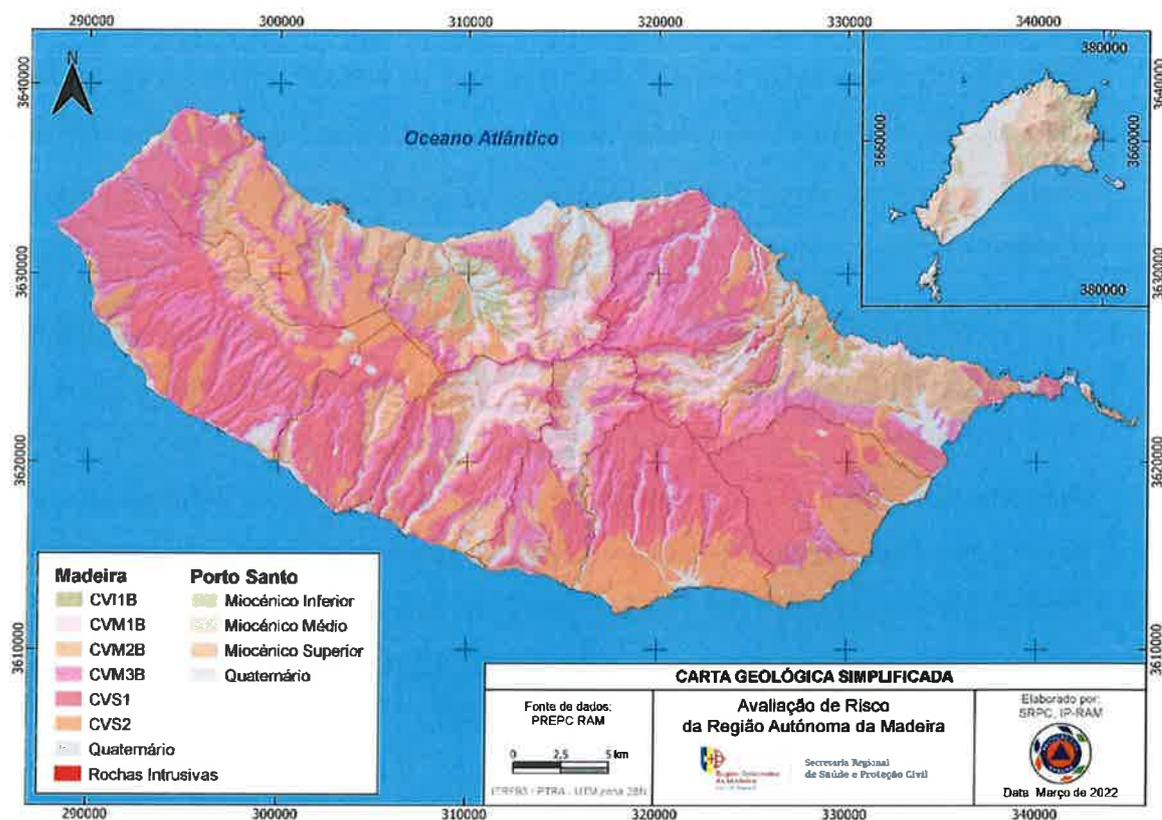


Figura 5 - Carta Geológica Simplificada das ilhas da Madeira e Porto Santo

### 3.5. CLIMA

O arquipélago da Madeira situa-se geograficamente numa região subtropical, apresentando um clima ameno ao longo de todo o ano, exceto nas áreas mais elevadas, onde se observam temperaturas mais baixas. O efeito moderador do mar tem um papel fundamental na reduzida amplitude térmica anual. O clima é condicionado principalmente pela intensidade e localização do anticiclone dos Açores, onde o relevo, a configuração e a orientação da ilha desempenham papéis importantes. É nas zonas altas onde são observadas as temperaturas mais baixas e os valores de precipitação mais elevados, que diminuem à medida que se avança para o litoral.



Durante os meses de inverno, é comum a ilha da Madeira ser atingida por sistemas depressionários provenientes de norte que atravessam o Atlântico, que podem dar origem a precipitações intensas. Nos meses de verão predominam os ventos provenientes do quadrante norte que estão associados ao ramo leste do anticiclone dos Açores (Observatório Clima Madeira). Merecem ainda atenção os contrastes climáticos que resultam diretamente de alguns elementos do relevo, nomeadamente a altitude e os acentuados declives na ilha da Madeira.

A orografia da ilha favorece a ocorrência de precipitação orográfica, tornando algumas áreas bastante húmidas e permitindo a existência de recursos hídricos significativos. O relevo, além do efeito da altitude, induz diferenciação climática local, consequência da configuração alongada da Madeira e da sua orientação segundo a direção E-O, perpendicular à direção dominante do vento. Estes condicionamentos produzem temperaturas do ar e precipitações distintas à mesma cota em encostas com diferente exposição aos ventos dominantes (Silveira *et al.*, 2010). Estas características topográficas da Madeira dificultam a produção de cartografia climática representativa em escalas finas.

De acordo com o sistema de classificação climática de *Köppen-Geiger*, a ilha de Porto Santo caracteriza-se sumariamente por apresentar um clima semiárido do tipo estepário, devido ao clima seco, precipitações anuais inferiores a 500 mm e evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual, bem como ventos secos e baixa variação térmica anual (POCPS).

### 3.5.1. Temperatura

Segundo a normal climatológica relativa ao período de 1961-1990 na ilha da Madeira, a temperatura média anual mínima varia entre os 8°C nas áreas de maior altitude, e 19°C nas zonas costeiras. Nos meses de verão estes valores atingem os 16°C nas regiões montanhosas e os 23°C nas áreas costeiras. No inverno as temperaturas mínimas médias aproximam-se dos 4°C nas terras altas, e junto à costa ultrapassam ligeiramente os 13°C. A temperatura média no Funchal é de 18,7°C.

Relativamente à ilha do Porto Santo, é nos meses de janeiro e fevereiro que se verificam as temperaturas mais baixas, sendo que temperatura mínima absoluta registada é de 7,4°C. Quanto à temperatura máxima que há registo, é de 35,3°C, e é referente ao mês de agosto. A ilha apresenta uma temperatura média anual de 18,4°C.

Os dados climáticos para o período de referência 2000-2021 indicam um aumento da temperatura média anual nas ilhas da Madeira e Porto Santo. Nas regiões montanhosas, nomeadamente na estação meteorológica do Chão do Arieiro, a temperatura média anual é de 10,3°C e no Funchal (Observatório Meteorológico) de 20,2°C. A estação meteorológica que regista a temperatura média anual mais elevada no arquipélago é a do Lugar de Baixo (Ponta do Sol) com 20,7°C. No Porto Santo o valor médio da temperatura anual para o mesmo período de referência é de 19,2°C.

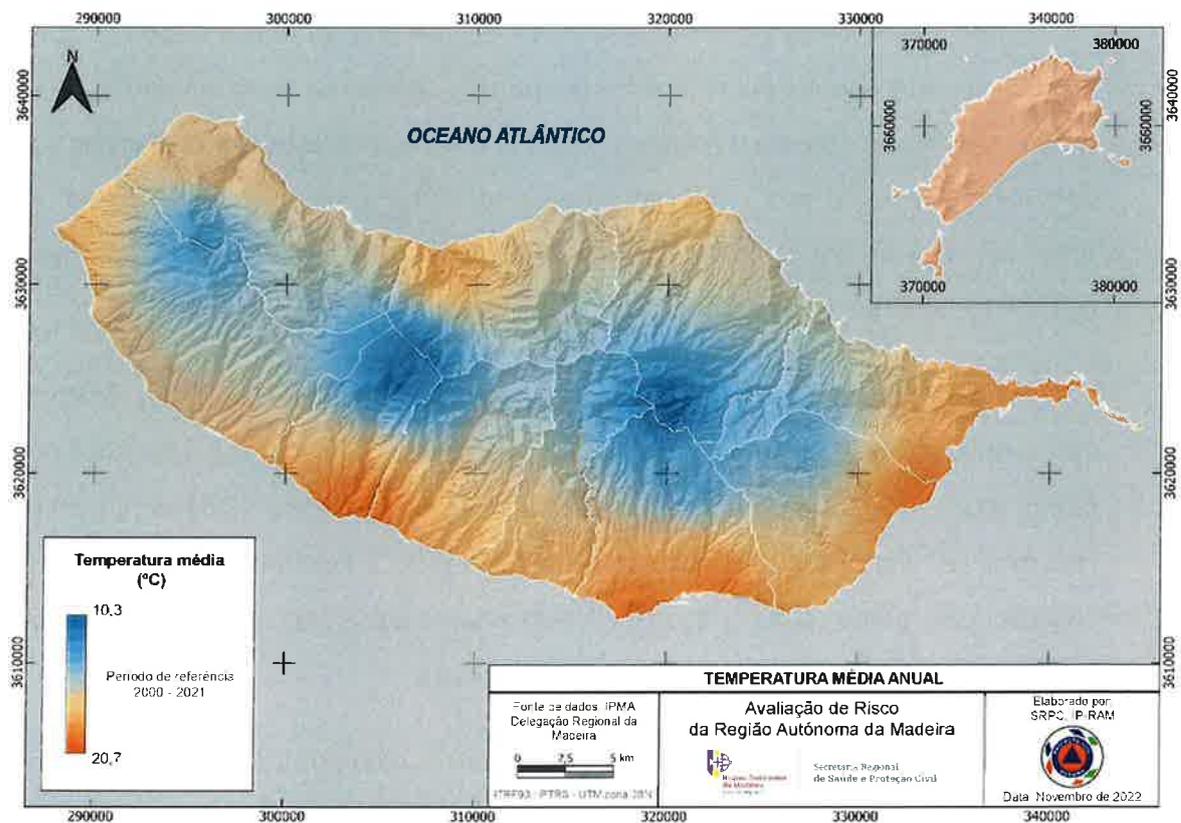


Figura 6 - Temperatura média anual (°C) no período de referência 2000-2021



### 3.5.2. Precipitação

A média da precipitação acumulada anualmente na ilha da Madeira segundo a normal climatológica (1961 – 1990) atinge um máximo próximo dos 3000 mm nas regiões montanhosas, e um mínimo no Funchal de 641 mm.

A assimetria N-S da distribuição da precipitação acumulada não é tão acentuada no inverno comparando com a escala anual, embora continue a ser uma das características significativas da distribuição espacial. Os valores anuais médios da precipitação aumentam com a altitude sendo, em regra, superiores na encosta norte do que na encosta sul, para a mesma altitude. Em termos médios, segundo a normal climatológica, as maiores precipitações anuais ocorrem na Bica da Cana e no Areeiro com um máximo próximo de 3000 mm/ano.

Nos meses de verão, observa-se cerca de 150 mm de precipitação nas zonas altas (exceto Areeiro) e valores ligeiramente inferiores a 50 mm na costa sul da ilha. O facto de chover mais a norte da ilha da Madeira durante o verão está claramente associado ao rumo dominante do vento nesta estação (quadrante norte) e ao facto de a precipitação ser essencialmente orográfica. A ilha da Madeira apresenta 61 dias com precipitação significativa (> 1 mm) e cerca de 20 dias com precipitação elevada (> 10 mm).

Apesar de ser afetada pelos mesmos sistemas meteorológicos, a ilha do Porto Santo apresenta um clima muito mais seco, com uma precipitação média anual de 386,4 mm o que demonstra a influência da orografia na precipitação da ilha da Madeira. Os meses mais chuvosos são dezembro (59,4 mm), janeiro (58,9 mm) e novembro (54,4 mm). Os menos chuvosos são junho, julho e agosto. O Porto Santo apresenta 65 dias com precipitação significativa e cerca de 9 dias com precipitação elevada.

De salientar que para o período de referência 2000-2021, os valores da precipitação acumulada na ilha da Madeira têm diminuído relativamente à normal climatológica. Na Bica da Cana e Chão do Areeiro a precipitação anual acumulada diminuiu para cerca de 2300 mm e 2066 mm, respetivamente. No Funchal a tendência de diminuição é igualmente confirmada, registando uma média anual de 589 mm. Por outro lado, na ilha do Porto Santo têm sido registados valores médios de precipitação superiores aos da normal climatológica (413 mm).

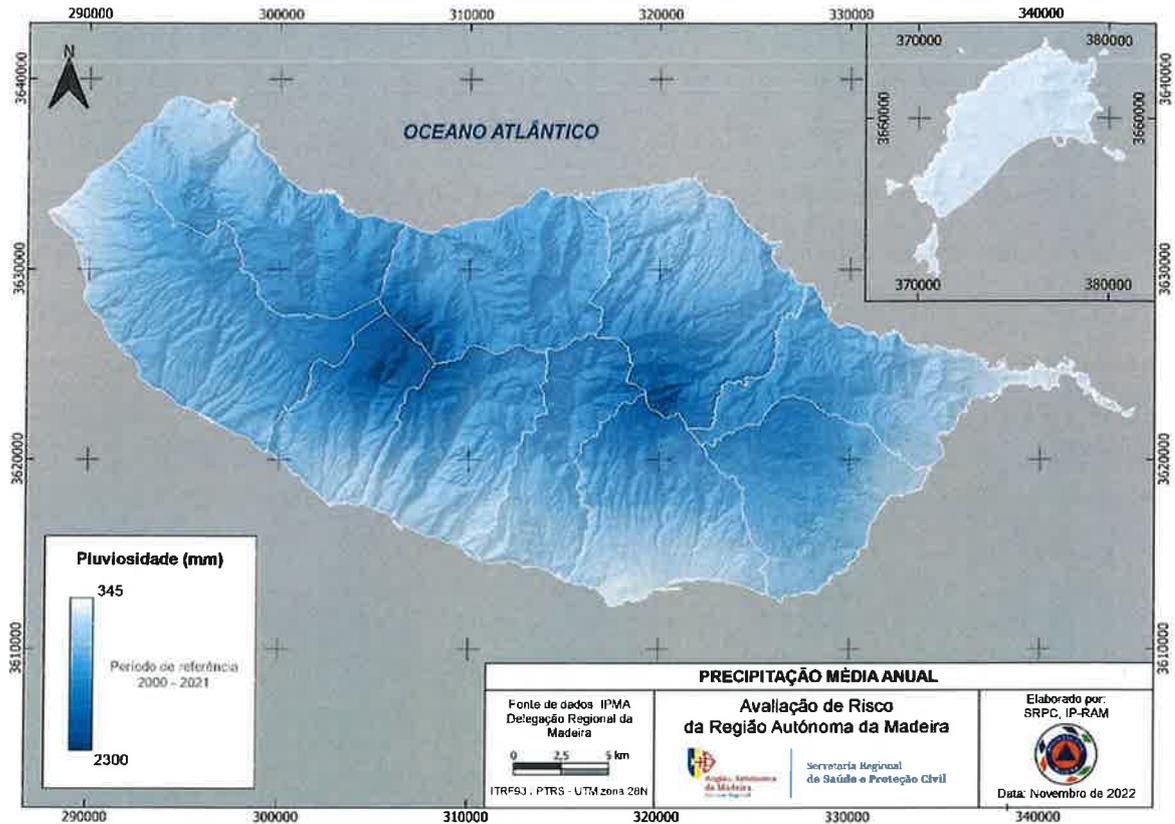


Figura 7 - Precipitação média anual no período de referência 2000-2021

### 3.6. USO/OCUPAÇÃO DO SOLO

A Carta de Ocupação do Solo, para 2018 da Direção-Geral do Território, permite verificar a distribuição espacial dos vários usos do solo na Região. Na Figura 9, verifica-se que na ilha da Madeira as classes de ocupação do solo com maior predominância são as “Florestas” e “Florestas Abertas, Vegetação Arbustiva e Herbácea”, ocupando 78% da área total da ilha.

As altitudes elevadas e os declives acentuados influenciam o modo como se dá a ocupação urbana na ilha da Madeira. As áreas classificadas de “Tecido urbano” ocupam uma área correspondente a apenas 6% do território. A leitura da distribuição territorial das áreas urbanas pela ilha permite aferir que a costa sul é mais artificializada, principalmente o Funchal e concelhos adjacentes. As disparidades internas de ocupação do território e de distribuição das atividades económicas têm um impacto relevante em termos da pressão sobre os recursos naturais e as redes de infraestruturas, agravando a qualidade da envolvente ambiental.



Com menor expressividade, as “Culturas Permanentes” ocupam 3% do território e as “Culturas temporárias” 5%. De referir a presença do sector da “Indústria, comércio e transportes” com 2% e ainda os “Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas” com 1%. As classes com presença inferior a 1% são numa descrição mais generalizada, os “Corpos de Água” e as “Zonas Húmidas” e as “Áreas de extração de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção”.

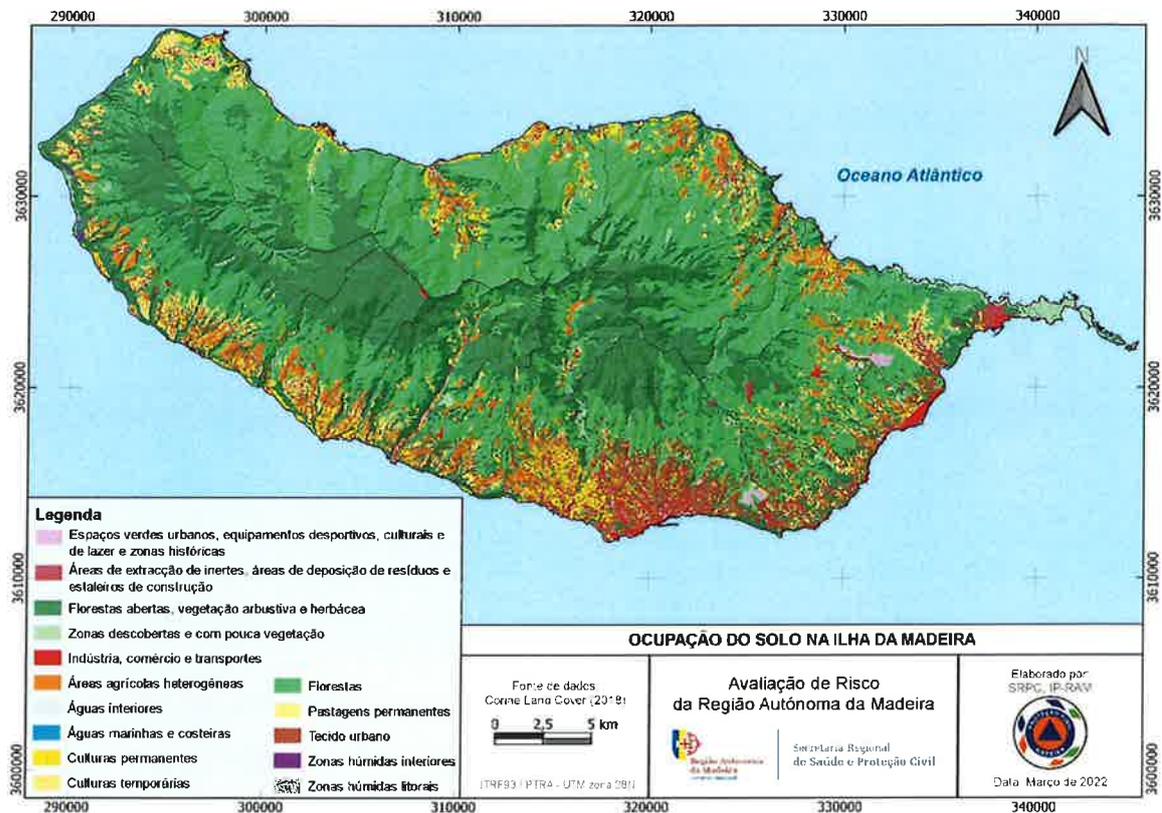


Figura 9 - Ocupação do solo na Ilha da Madeira



Figura 8 - Classes de ocupação do solo na ilha da Madeira em percentagem

Relativamente ao Porto Santo, 76% da área da ilha corresponde a espaço florestal, sendo 56% referente a “Florestas abertas, vegetação arbustiva e herbáceas” e 17% a “Florestas”. As classes seguintes com maior representatividade são a “Indústria, comércio e transportes” e “Zonas descobertas e com pouca vegetação”, ambas com 7%. A ocupação urbana cinge-se unicamente à costa sul da ilha possuindo uma representatividade de 5% do território analisado. Com representatividade inferior a 1%, incluem-se as classes de “Águas interiores”, “Áreas agrícolas heterogéneas” e “Áreas de extração de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção”.

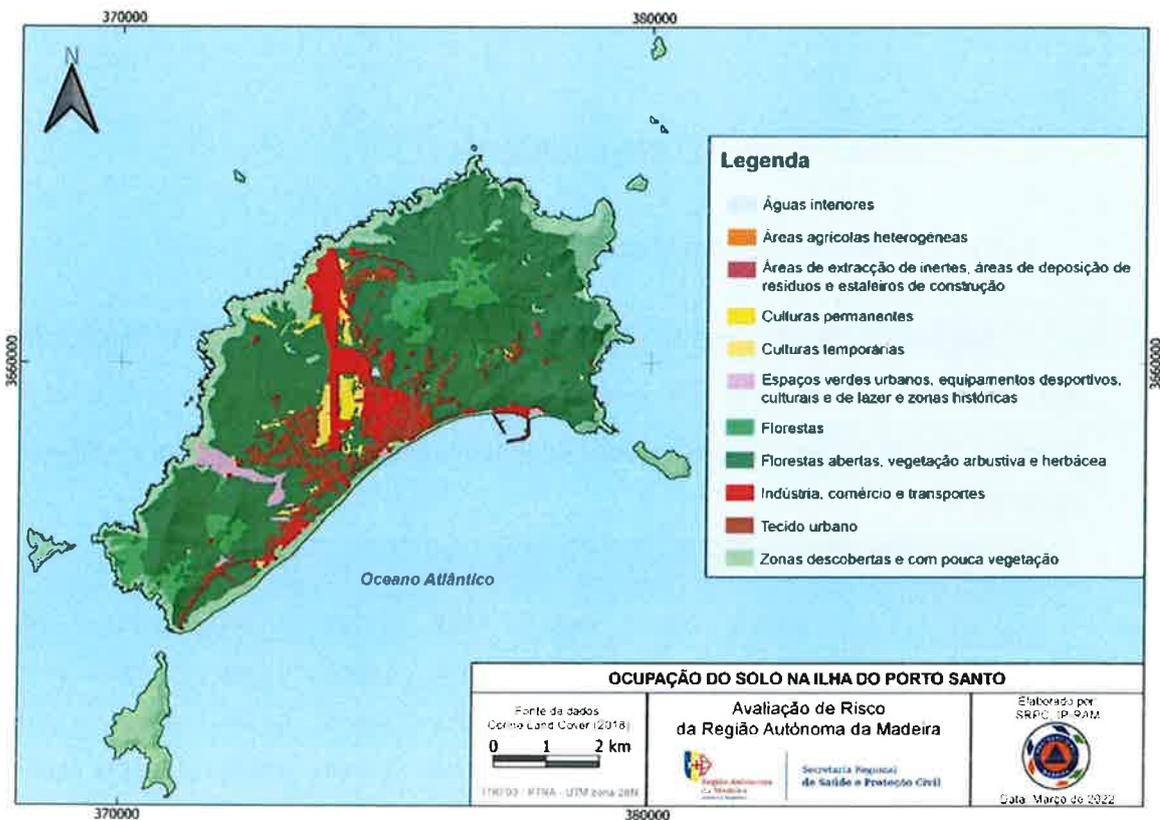


Figura 10 - Ocupação do solo na ilha do Porto Santo

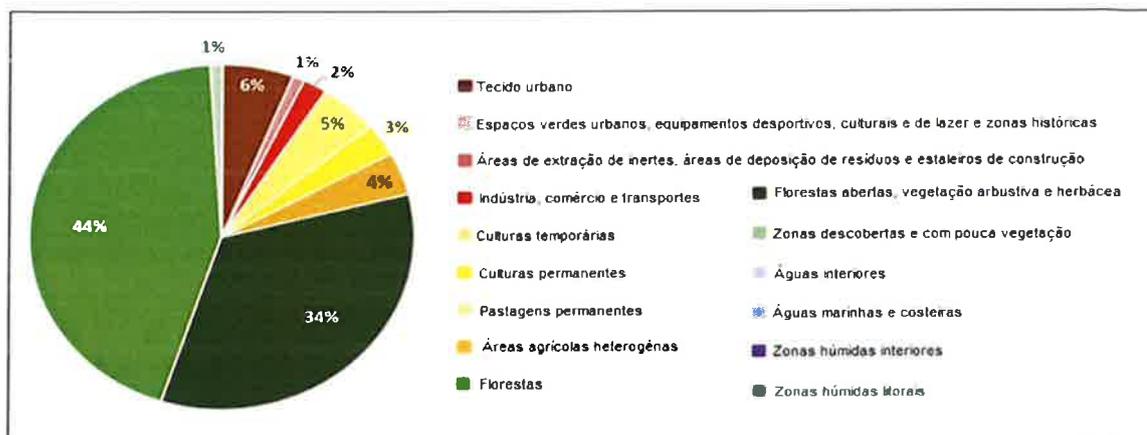


Figura 11 - Classes de ocupação do solo em percentagem na ilha do Porto Santo

### 3.7. CARACTERIZAÇÃO DEMOGRÁFICA

#### 3.7.1. Principais aspetos demográficos

Segundo o recenseamento efetuado pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2021 residiam na RAM 250 769 pessoas, 117 693 do sexo masculino e 133 076 do sexo feminino. Na última década, a população diminuiu 6,4%, sendo esta a maior variação negativa desde 1970.

| Concelho             | População residente (Nº) |                |                |                |                |                |                |                |
|----------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                      | 1950                     | 1960           | 1970           | 1981           | 1991           | 2001           | 2 011          | 2021           |
| Calheta              | 24 078                   | 21 799         | 15 505         | 12 954         | 13 005         | 11 946         | 11 521         | 10 915         |
| Câmara de Lobos      | 27 420                   | 29 759         | 31 810         | 31 035         | 31 476         | 34 614         | 35 666         | 32 164         |
| Funchal              | 93 983                   | 98 113         | 101 810        | 112 746        | 115 403        | 103 961        | 111 892        | 105 795        |
| Machico              | 22 218                   | 21 606         | 21 010         | 22 126         | 22 016         | 21 747         | 21 828         | 19 594         |
| Ponta do Sol         | 15 735                   | 13 829         | 10 945         | 9 149          | 8 756          | 8 125          | 8 862          | 8 361          |
| Porto Moniz          | 6 422                    | 5 917          | 4 480          | 3 963          | 3 432          | 2 927          | 2 711          | 2 517          |
| Ribeira Brava        | 20 762                   | 19 793         | 15 960         | 13 480         | 13 170         | 12 494         | 13 375         | 12 681         |
| Santa Cruz           | 28 070                   | 29 042         | 22 940         | 23 261         | 23 465         | 29 721         | 43 005         | 42 171         |
| Santana              | 15 543                   | 13 971         | 12 850         | 11 253         | 10 302         | 8 804          | 7 719          | 6 553          |
| São Vicente          | 12 521                   | 11 603         | 10 065         | 8 501          | 7 695          | 6 198          | 5 723          | 4 867          |
| Porto Santo          | 3 017                    | 3 505          | 3 760          | 4 376          | 4 706          | 4 474          | 5 483          | 5 151          |
| <b>R. A. Madeira</b> | <b>269 769</b>           | <b>268 937</b> | <b>251 135</b> | <b>252 844</b> | <b>253 426</b> | <b>245 011</b> | <b>267 785</b> | <b>250 769</b> |

Tabela 6 - População residente por município entre 1950 e 2021. Fonte: INE

A evolução populacional da última década mostra que todos os municípios da Região perderam população, sendo nos municípios de Santana e São Vicente em que a redução no número de habitantes foi mais expressiva, -15,1% e -15,0%, respetivamente.

Nos municípios de Santa Cruz e Ribeira Brava, a perda de população foi menos acentuada, representando -1,9% e -5,2%, respetivamente. Segundo a Direção Regional de Estatística da Madeira (DREM), desde 2011, a evolução da população foi caracterizada por duas fases distintas: uma primeira em que os efeitos da crise económica afetaram a Região, com a saída de população associada a essa recessão, e uma segunda fase em que existiu um retorno de emigrantes essencialmente da Venezuela, ligado a um período de crescimento económico que permitiu uma redução dessas perdas e inclusivamente um ganho de população em 2019. Como consequência, o saldo migratório permanece positivo desde 2018, sendo contrariado por um saldo natural que desde 2012 está constantemente negativo em mais de 500 indivíduos (DREM).

| Concelho             | Variação (%) |             |            |            |             |            |             |           |
|----------------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|-----------|
|                      | 1950-1960    | 1960-1970   | 1970-1981  | 1981-1991  | 1991-2001   | 2001-2011  | 2011-2021   | 1950-2021 |
| Calheta              | -9,5         | -28,9       | -16,4      | 0,4        | -8,1        | -3,6       | -5,3        | -54,7     |
| Câmara de Lobos      | 8,5          | 6,9         | -2,4       | 1,4        | 10          | 3          | -9,8        | 17,3      |
| Funchal              | 4,4          | 3,8         | 10,7       | 2,4        | -9,9        | 7,6        | -5,4        | 12,6      |
| Machico              | -2,8         | -2,8        | 5,3        | -0,5       | -1,2        | 0,4        | -10,2       | -11,8     |
| Ponta do Sol         | -12,1        | -20,9       | -16,4      | -4,3       | -7,2        | 9,1        | -5,7        | -46,9     |
| Porto Moniz          | -7,9         | -24,3       | -11,5      | -13,4      | -14,7       | -7,4       | -7,2        | -60,9     |
| Ribeira Brava        | -4,6         | -19,4       | -15,5      | -2,3       | -5,1        | 7,1        | -5,2        | -38,9     |
| Santa Cruz           | 3,5          | -21         | 1,4        | 0,9        | 26,7        | 44,7       | -1,9        | 50,2      |
| Santana              | -10,1        | -8          | -12,4      | -8,5       | -14,5       | -12,3      | -15,1       | -57,8     |
| São Vicente          | -7,3         | -13,3       | -15,5      | -9,5       | -19,5       | -7,7       | -15         | -61,1     |
| Porto Santo          | 16,2         | 7,3         | 16,4       | 7,5        | -4,9        | 22,6       | -6,1        | 70,7      |
| <b>R. A. Madeira</b> | <b>-0,3</b>  | <b>-6,6</b> | <b>0,6</b> | <b>0,2</b> | <b>-3,3</b> | <b>9,3</b> | <b>-6,4</b> | <b>-7</b> |

Tabela 7 - Variação da população residente por município entre 1950 e 2021. Fonte: INE



Segundo o INE, desde 1950 a RAM perdeu 19 mil habitantes. Dos 11 municípios apenas Santa Cruz, Câmara de Lobos, Funchal e Porto Santo ganharam população desde o ano considerado. Porto Santo e Santa Cruz foram os municípios da região onde foi registada a maior subida em termos relativos (70,7% e 50,2% respetivamente). Os municípios da Calheta, Santana, São Vicente e Ponta do Sol foram aqueles onde se observaram as maiores perdas populacionais em termos absolutos. Em termos relativos, as maiores perdas registaram-se nos municípios a norte da ilha Madeira, com reduções em torno dos 60%.

A densidade populacional (número de habitantes por quilómetro quadrado) é inferior nas freguesias a norte da Madeira e no Porto Santo, dando ênfase a uma maior densidade populacional nos concelhos limítrofes ao Funchal. No município do Funchal a densidade populacional é mais elevada com 1388 hab/km<sup>2</sup>, contrastando com os municípios do Porto Moniz, São Vicente e Santana onde a densidade populacional é inferior, com 30,4 hab/km<sup>2</sup>, 61,7 hab/km<sup>2</sup> e 68,6 hab/km<sup>2</sup>, respetivamente.

As freguesias da Ribeira da Janela, Ilha e Achadas da Cruz são as que apresentam menor densidade populacional, com 10,8 hab/km<sup>2</sup>, 13,3 hab/km<sup>2</sup> e 15,3 hab/km<sup>2</sup> respetivamente. Com o maior valor de densidade populacional, as freguesias de Santa Luzia, Imaculado Coração de Maria e São Pedro no Funchal apresentam, respetivamente valores de 4106,2 hab/km<sup>2</sup>, 4140,5 hab/km<sup>2</sup> e 4838 hab/km<sup>2</sup> (Figura 13).

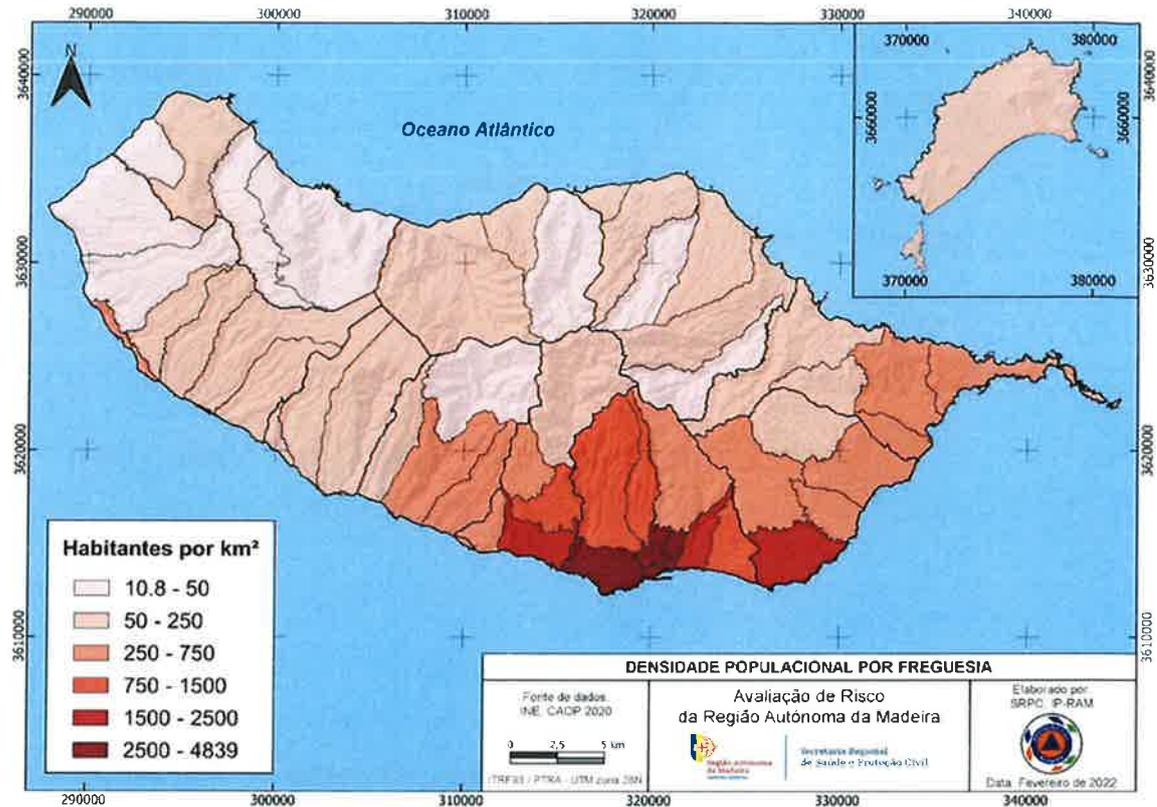


Figura 13 - Densidade populacional por freguesia nas ilhas da Madeira e Porto Santo, em 2021

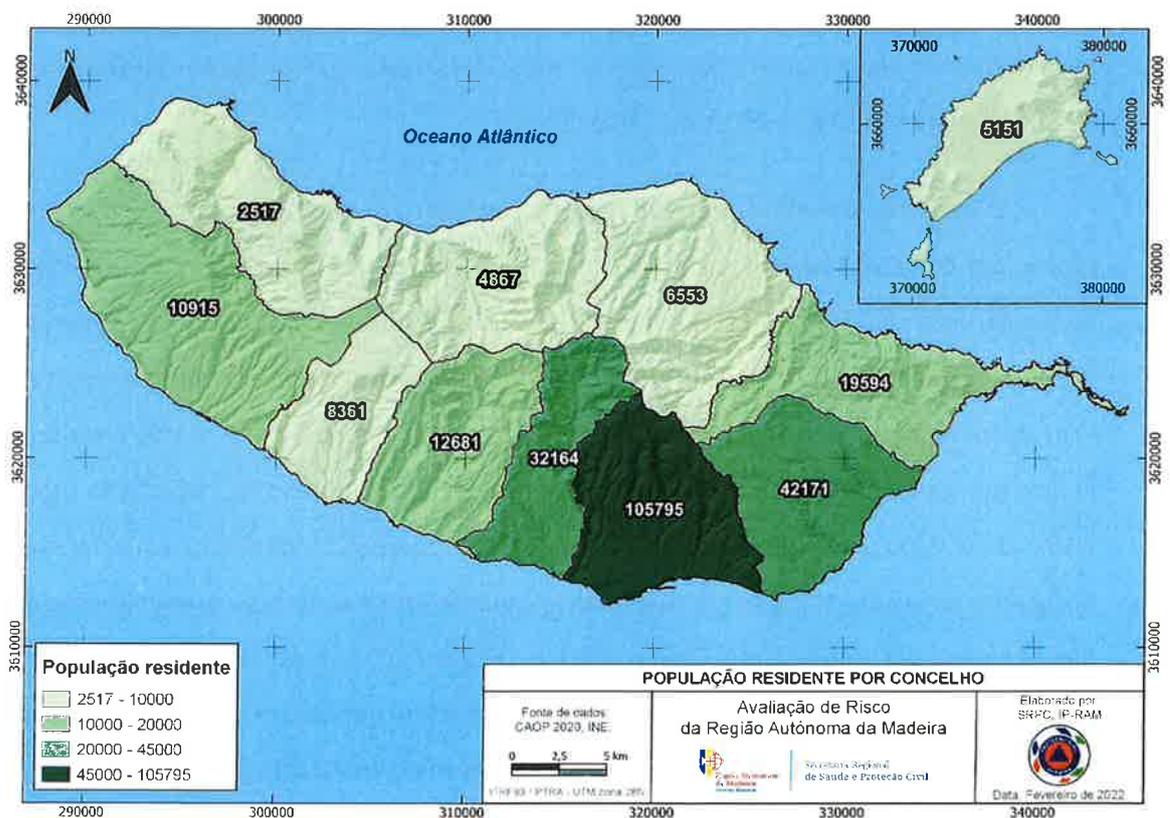


Figura 12 - População residente nas ilhas da Madeira e Porto Santo em 2021. Fonte: Censos 2021 (INE)

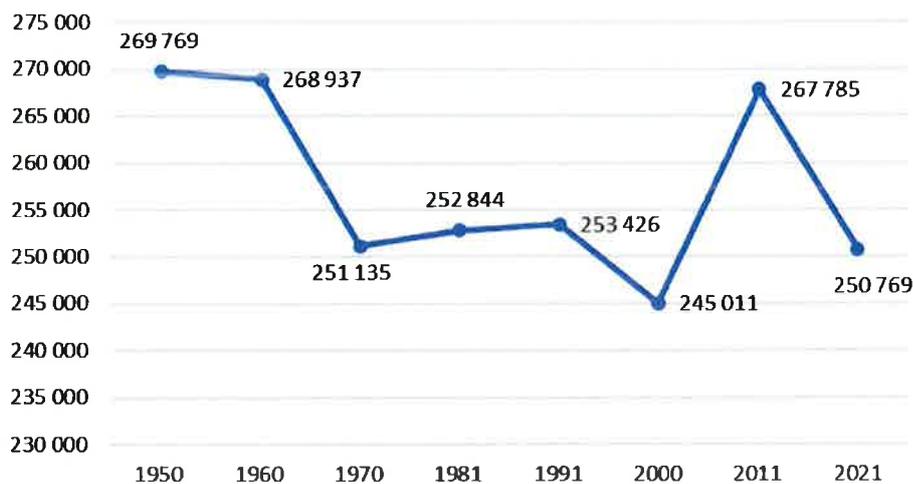


Figura 14 – Evolução da população residente entre 1950 e 2021 nas ilhas da Madeira e Porto Santo

### 3.7.2. Estrutura etária da população

O envelhecimento da população na RAM tem vindo a acentuar-se, através da diminuição da natalidade e do aumento da longevidade. Estes dois indicadores conduziram a uma inversão da estrutura etária normal, registando-se mais idosos (65 ou mais anos) que jovens (menos de 15 anos). No ano de 2021 de acordo com o recenseamento efetuado residiam da RAM 50 063 idosos e 31 952 jovens.

O índice de envelhecimento da população indica que na RAM, em 2021, existiam 157 idosos por cada 100 jovens, sendo esta relação superior nas freguesias do norte da ilha em particular na freguesia da Ilha no concelho de Santana, onde este índice atinge um máximo de 888 idosos por cada 100 jovens. O único concelho onde é verificada a tendência oposta é Santa Cruz, com maior incidência na freguesia do Caniço onde a população é menos envelhecida: 72 idosos por cada 100 jovens (DREM). Nas últimas décadas, o peso da população mais jovem entre os 0 e os 24 anos no total da população recenseada diminuiu consideravelmente atingindo, em 2021, os 23,9%. Já o peso da população idosa aumentou gradualmente ao longo das décadas, passando de 13,7% em 2001 e 15% em 2011, para 20% em 2021 (DREM). Os concelhos a norte da ilha da Madeira são os que contêm menores percentagens de população jovem residente e simultaneamente apresentam os maiores valores percentuais de população idosa (Figura 15).

### Estrutura etária da população por concelho

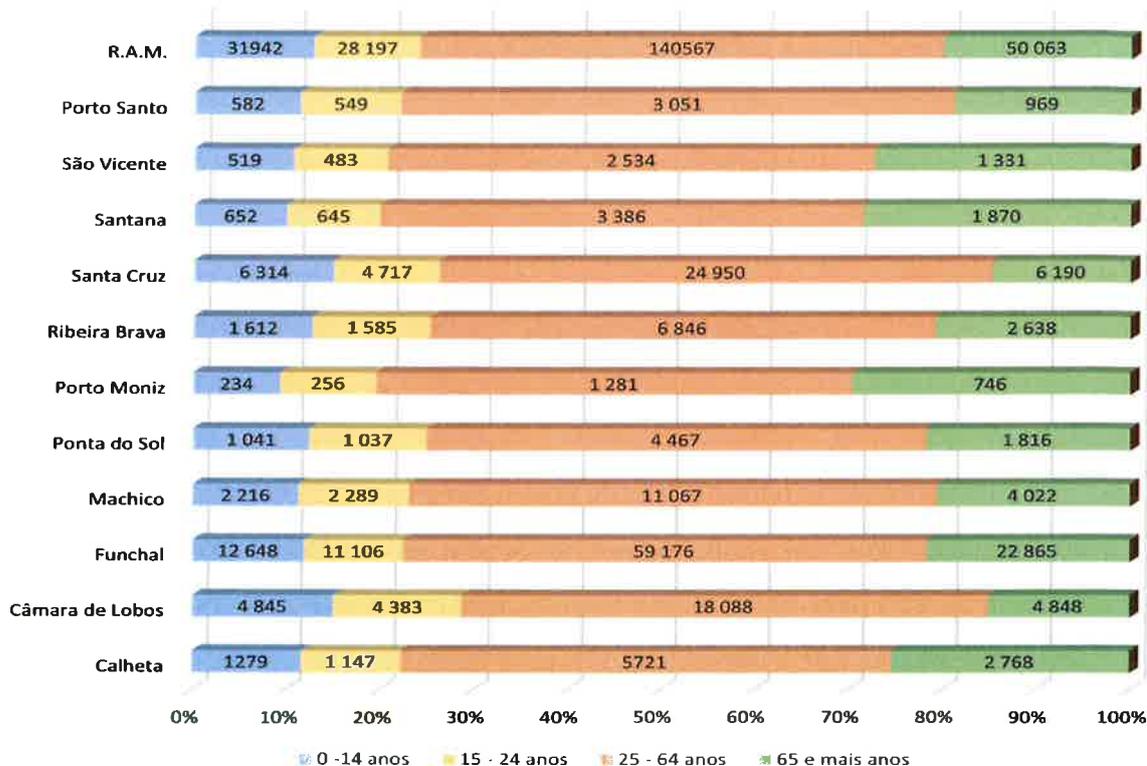


Figura 15 - Estrutura etária da população residente por concelho em 2021. Fonte: INE – Censos 2021

### 3.8. CARACTERIZAÇÃO ECONÓMICA

Segundo os dados do INE, a população ativa em 2020 na RAM era de 135 000 pessoas, sendo 66 400 mulheres e 68 600 homens. Em 2011 a população ativa era ligeiramente superior, com 136 400 pessoas, o que representa um decréscimo de 0,7% nos dois anos em análise.

A análise segmentada por grupos etários mostra que a classe dos 35 aos 44 anos é a que apresenta uma maior taxa de atividade na região no ano de 2020. Uma das tendências verificadas nos anos representados na Tabela 8, é o facto de a população jovem ativa (<25 anos) ter diminuído ao longo dos anos. Por outro lado, a população com idade igual ou superior a 65 anos que se apresenta no ativo tem aumentado, fruto do aumento da idade da reforma e da esperança média de vida.

| Classes etárias       | 2001        | 2011        | 2020        |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| < 25                  | 38,9        | 35,1        | 23,1        |
| 25 - 34               | 80,4        | 89,9        | 83,2        |
| 35 - 44               | 82,5        | 89,2        | 89,3        |
| 45 - 54               | 75,5        | 80,2        | 84,3        |
| 55 - 64               | 45,7        | 51,7        | 68          |
| > 65                  | Sem dados   | 12,9        | 20,6        |
| <b>Total Regional</b> | <b>56,3</b> | <b>61,6</b> | <b>60,9</b> |

Tabela 8 - Taxa de atividade total e por grupo etário. Fonte: INE, Anuário Estatístico de Portugal, 2020

Comparando as percentagens de população empregada por sector de atividade entre 2011 e 2019, (Figura 16), verifica-se que houve uma ligeira redução de empregados no sector terciário de 80% para 79,8% e uma redução no sector primário de 3% para 1%. Quanto ao sector secundário, este aumentou de 17% para 19,2%.

O concelho do Funchal contém 65,5% dos 47,8 mil trabalhadores por conta de outrem a tempo completo e com remuneração completa, Santa Cruz tem 10,6%, Machico 5,2% e Câmara de Lobos 5,1%, sendo estes os concelhos que concentram o maior número de trabalhadores. Do lado oposto encontram-se os municípios da costa norte da ilha da Madeira, mais concretamente Porto Moniz, com 0,5%, Santana com 1% e São Vicente com 1,1%.

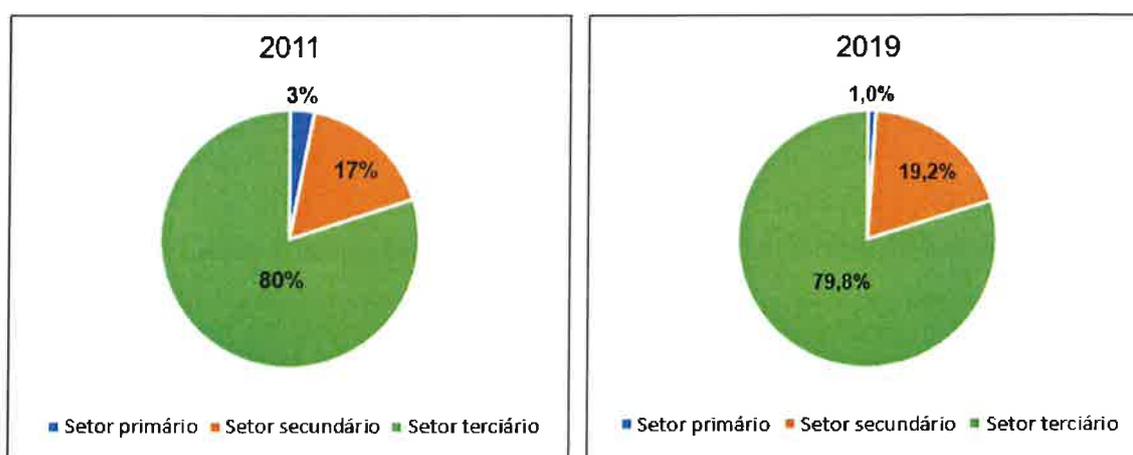


Figura 16 - População empregada por sector de atividade, 2011 e 2019. Fonte: DREM

## 4. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA RAM

### 4.1. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E RISCOS NATURAIS

De entre os fatores ambientais que determinam a vida, os meios de subsistência e a segurança de pessoas, animais e bens em territórios insulares, o clima, quer entendido como um recurso, quer como fator limitante, assume um papel relevante. De facto, os territórios insulares atlânticos são, normalmente, pequenas regiões acidentadas onde as condições de habitabilidade e desenvolvimento dependem de aspetos muito particulares e de um correto e minucioso aproveitamento dos recursos naturais disponíveis. As ilhas estão dramaticamente dependentes de um conjunto de recursos, não só os de natureza vital como a água e os alimentos, mas também todos aqueles que suportam toda a sua economia (energia, transportes, agricultura, pescas, turismo, etc.), bem como aqueles que determinam a sua segurança e salubridade. Todos estes fatores estão de forma significativa dependentes das condições climáticas.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, mais conhecido por IPCC, alerta que ilhas como a Madeira e Porto Santo são especialmente vulneráveis às alterações climáticas, na medida em que dependem de recursos naturais particularmente sensíveis à mudança do clima, por exemplo os recursos hídricos, as zonas costeiras e a biodiversidade, e porque fortes limitações de natureza geográfica condicionam a adoção de medidas de adaptação.

O comportamento do clima é determinante na análise de riscos associados a certos fenómenos naturais. Como muitos dos riscos naturais nos domínios da meteorologia, hidrologia e geodinâmica externa são motivados pelas variáveis climáticas, a probabilidade e a gravidade da manifestação destes riscos são influenciadas pelas alterações climáticas. Aliás, algumas das situações anómalas ocorridas num passado recente, podem ser já encaradas como manifestações das alterações climáticas.

Face à consciência generalizada de que existe um processo de alterações climáticas em curso, torna-se necessário compreender as futuras tendências das principais variáveis climáticas. Deste modo, é introduzida mais uma incógnita à análise dos elementos precursores



dos riscos, podendo dar origem ao agravamento ou atenuação dos mesmos. Uma das características do processo de alterações climáticas é a tendência para o aumento da frequência e intensidade de fenómenos climáticos e meteorológicos extremos, tais como ondas de calor, secas, precipitação intensa em períodos curtos e a elevação do nível médio das águas do mar. Estas tendências não são homogêneas, e podem ter impactes distintos em diferentes regiões, que pelas suas especificidades apresentam diferentes graus de vulnerabilidade.

As alterações climáticas poderão desencadear nas ilhas uma série de impactes adversos, tais como perdas de terra nas regiões costeiras, erosão acelerada, secas e inundações mais frequentes, redução na quantidade e qualidade dos recursos hídricos, redução da produção agrícola devido a variações na precipitação, deslocamento de pessoas e infraestruturas e aumento de algumas doenças (Tomé, R., 2013).

## 4.2. CONHECIMENTO CIENTÍFICO E MONITORIZAÇÃO

A necessidade de investigação sobre os impactes das alterações climáticas é vista como uma forma de fornecer melhor informação para o planeamento de ações preventivas e reativas de adaptação e de emergência.

É fundamental que as abordagens governativas direcionadas para a mitigação dos efeitos das alterações climáticas sejam sustentadas na investigação e conhecimento científico de forma que haja um envolvimento com a sociedade. O conhecimento científico será a ferramenta base da estruturação de medidas de adaptação a este fenómeno e de planeamento preventivo. As incertezas associadas ao processo corrente das alterações climáticas obrigam a uma metodologia de avaliação de risco que complemente a deteção dos novos padrões de risco através da monitorização dos mesmos.

Após a aplicação das medidas é imperativa a monitorização das mesmas, deste modo, é possível verificar se estas são ou não eficazes, se existem deficiências no processo ou se são necessárias novas medidas de mitigação. Corresponde, portanto, a um processo de atualização constante.

### 4.3. IMPACTE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA MADEIRA

Através do cenário de emissões do “*Special Report on Emission Scenarios*” para o século XXI, propostas em 2001 pelo Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC), foram definidas as projeções climáticas para o arquipélago.

As alterações climáticas irão acentuar-se ao longo do século XXI (IPCC, 2001), cobrindo um espectro diversificado de situações económicas, sociais, demográficas e ambientais, divididas nas famílias A1, A2, B1 e B2. Estes cenários têm correspondência com os novos cenários do IPCC (os *Representative Concentration Pathways*) que podem ser consultados na Estratégia CLIMA-Madeira. O cenário com menores emissões é o cenário B1, com concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) inferiores a 600 partes por milhão em volume (ppmv), durante todo o séc. XXI, enquanto o cenário mais extremo é o A1, com concentrações superiores a 900 ppmv, em 2100. No cenário A2, a concentração de CO<sub>2</sub> ultrapassa 800 ppmv no fim do séc. XXI, enquanto no cenário B2 é de cerca de 600 ppmv, em 2100. Como referência, note-se que, em 2021, a concentração média de CO<sub>2</sub> na atmosfera era de 416 ppmv (CO<sub>2</sub>-Earth).

Este estudo teve por base os resultados do projeto CLIMAAT II que, recorrendo a métodos de regionalização dinâmica, usou o modelo de circulação global HadCM3 para os cenários A2 e B2, obtendo uma grelha, com uma resolução espacial de 1 km para a ilha da Madeira, de dados diários de precipitação e temperatura até ao final do século XXI. Os resultados indicam um aumento generalizado da temperatura média, entre 1,3 e 3°C, e uma diminuição da precipitação anual em cerca de 30% no final do século XXI.

| Anos        | Precipitação   |                | Temperatura     |                 |
|-------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|             | Cenário A2 (%) | Cenário B2 (%) | Cenário A2 (°C) | Cenário B2 (°C) |
| 2010 - 2039 | [-28; -9]      | [-28; -9]      | [0.5; 0,9]      | [0.5; 0.9]      |
| 2040 - 2069 | [-40; -14]     | [-31; -6]      | [0.9; 1,5]      | [0.8; 1.3]      |
| 2070 - 2099 | [-48; -22]     | [-44; -23]     | [2.0; 3.0]      | [1.3; 1.9]      |

Figura 17 - Variação da precipitação e temperatura para a ilha da Madeira, tendo como referência o período de 1970 a 1990. Fonte: Observatório Clima Madeira

Relativamente à ilha do Porto Santo, estima-se um aumento da temperatura entre 1,5°C e 2,5°C no final do século XXI relativamente ao período de referência. Estima-se uma diminuição geral da precipitação ao longo do ano, particularmente para os meses mais chuvosos de inverno. Constituem exceção os meses de verão para os quais se estima um aumento ligeiro na precipitação. Prevê-se ainda um aumento do número de dias sem precipitação (dias secos) entre 25 e 35% relativamente ao clima atual como referido no Programa para a Orla Costeira do Porto Santo (POCPS).

As projeções sazonais indicam um aumento significativo da temperatura durante a primavera na ilha da Madeira, e no inverno, na ilha do Porto Santo. Verifica-se, também, uma diminuição da precipitação entre o outono e a primavera em ambas as ilhas. Quando analisada a variação da precipitação mensal em relação ao total anual do período de referência, projeta-se que o mês de janeiro seja dos mais afetados, com diminuições relativas em torno dos 8 e 10%, quer para a ilha da Madeira, quer para a do Porto Santo.

Em termos homólogos, ou seja, comparando a média da precipitação mensal entre o cenário projetado e o período de referência para o mês de janeiro, essa variação situa-se entre os 34 e os 40% na Madeira, e entre os 35 e 44% no Porto Santo (Observatório Clima Madeira).

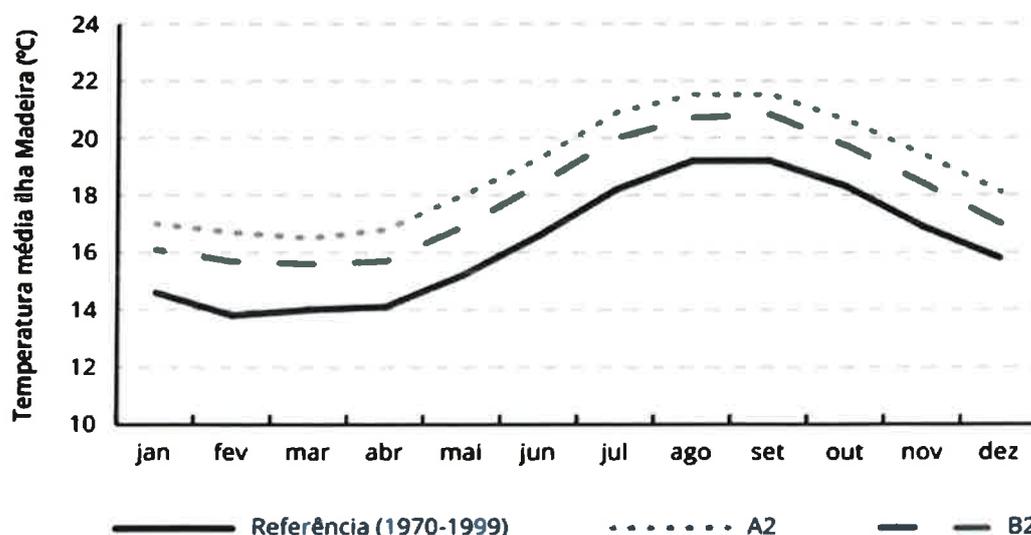


Figura 18 - Distribuição sazonal da temperatura média da ilha da Madeira para o período 2070-2099. Fonte: Observatório Clima Madeira



Figura 19 - Distribuição sazonal da variação média mensal da precipitação em relação à precipitação total do período de referência na ilha da Madeira para o período 2070-2099. Fonte: Observatório Clima Madeira

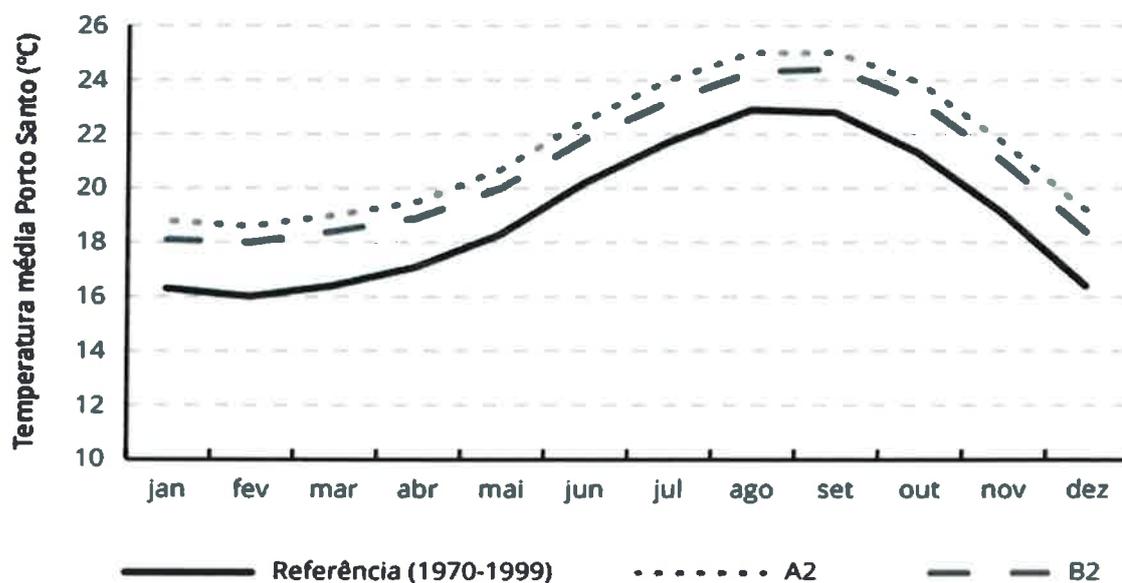


Figura 20 - Distribuição sazonal da temperatura média da ilha do Porto Santo para o período 2070-2099. Fonte: Observatório Clima Madeira

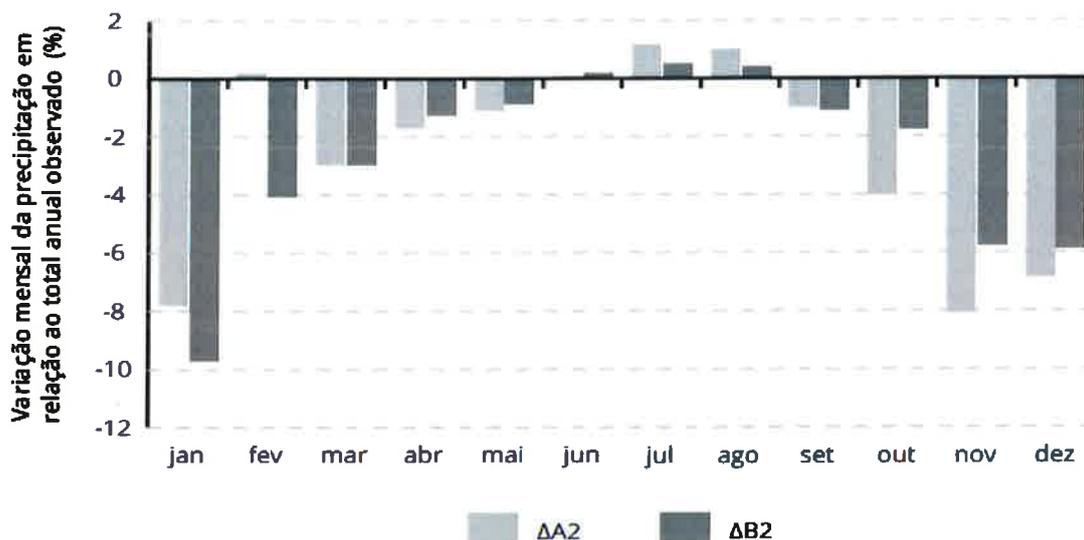


Figura 21 - Distribuição sazonal da variação média mensal da precipitação em relação à precipitação total do período de referência na ilha do Porto Santo para o período 2070-2099. Fonte: Observatório Clima Madeira

Outra questão relevante nos impactos das alterações climáticas na Madeira, é a subida do nível médio do mar. Esta subida resulta da dilatação das águas superficiais oceânicas, motivada pelo aumento da sua temperatura média, do degelo dos glaciares das montanhas e dos situados nos oceanos, nas regiões polares. Durante o século XX, o aumento médio global do nível médio do mar foi de 17 cm, próximo do valor de 15 cm observado em Portugal Continental (Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação, 2006).

A subida do nível das águas do mar terá como consequência o aumento da vulnerabilidade às inundações e galgamentos costeiros, principalmente nas áreas urbanas costeiras com cotas mais baixas. São os casos da Ribeira Brava, Machico e particularmente no Porto Santo, devido à sua faixa costeira de praia e dunas de baixa altitude. Os efeitos da erosão costeira e dos galgamentos, serão agravados pelas características da ocupação antrópica da faixa litoral do território que agravam, substancialmente, os custos socioeconómicos dos fenómenos climáticos. Apesar da incerteza, prevê-se que a subida do nível das águas do mar até ao fim do século XXI seja superior em 0,5 m, podendo atingir valores da ordem de 1 m acima do nível de 1990 (Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral, 2014). A subida do nível



das águas do mar agrava ainda o risco de contaminação salina dos aquíferos costeiros com impacto inclusive nalguns sistemas de abastecimento e reservas de água.

#### 4.4. ESTRATÉGIA CLIMA-Madeira

A RAM é uma das nove regiões ultraperiféricas da União Europeia, e a Estratégia Europeia de Adaptação às Alterações Climáticas (2013) admite que as características e especificidades destas regiões requerem uma atenção redobrada nomeadamente aos eventos climáticos extremos e à elevação do nível médio do mar. Tendo em conta este alerta, foi elaborada a Estratégia CLIMA-Madeira, que integra o conhecimento sobre a influência do clima sobre vários sectores: Agricultura e Florestas, Biodiversidade, Energia, Recursos Hídricos, Recursos Hidrogeomorfológicos, Saúde e Turismo. Define uma abordagem integrada com medidas orientadoras que permitem uma adaptação às alterações climáticas de forma a reduzir vulnerabilidades aos impactes das mesmas.

A integração da Estratégia CLIMA-Madeira nos instrumentos de gestão territorial regional deve ser vista como uma prioridade, dado que um dos objetivos do processo de adaptação é promover a integração de medidas adaptativas nos planos e programas existentes na RAM. A Estratégia CLIMA-Madeira constitui-se, portanto, como uma ferramenta importante para apoiar as políticas regionais que exijam um enquadramento científico no momento da decisão.



## 5. AVALIAÇÃO DE RISCO

### 5.1. METODOLOGIA ADOTADA

A análise de risco apresentada abrange 27 riscos (Tabela 9), tendo sido efetuada, para cada um, uma breve descrição / caracterização, enquadramento territorial e histórico, bem como analisada a sua localização e síntese do respetivo cenário.

Na análise da localização do risco, caracteriza-se a distribuição geográfica da suscetibilidade do território face ao risco em causa, com base na respetiva carta de suscetibilidade. Esta foi classificada em quatro classes (elevada, moderada, reduzida e nula/residual), em conformidade com o Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal (ANPC, 2009). Na localização do risco procede-se ainda à identificação dos principais elementos expostos por risco (população, edifícios, infraestruturas, etc.), dando-se destaque aos localizados em zonas de maior suscetibilidade.

Com base na informação mencionada acima (zonas de maior suscetibilidade e elementos expostos) procedeu-se à definição síntese de cenários, os quais constituem situações exemplificativas da manifestação do risco em causa. Adicionalmente, procedeu-se à parametrização de cada cenário relativamente ao seu grau de probabilidade, grau de gravidade e grau de risco.

O grau de probabilidade de cada cenário foi atribuído em função da respetiva probabilidade anual de ocorrência ou do período de retorno associado, de acordo com a Tabela 10.

Por sua vez, o grau de gravidade de cada cenário foi determinado pelo grau mais elevado entre os graus estimados para a população, ambiente e socioeconomia. Os critérios que apoiaram a atribuição do grau de gravidade (para a população, ambiente e socioeconomia) a cada cenário encontram-se apresentados na Tabela 11.



| Designação do risco                        |   |   |
|--|---|---|
| RISCOS NATURAIS                            | <b>Meteorologia adversa</b>             | Nevões  |
|  |   | Nevoeiros   |
|  |   | Ondas de calor  |
|  |   | Ondas de frio   |
|  |   | Tempestades de vento  |
|  | <b>Hidrologia</b>                       | Secas   |
|  |   | Cheias e inundações rápidas   |
|  |   | Inundações e galgamentos costeiros  |
|  | <b>Geodinâmica interna</b>              | Sismos  |
|  |   | Atividade vulcânica   |
|  |   | Tsunami   |
|  | <b>Geodinâmica externa</b>              | Movimentos de massa em vertentes  |
|  |   | Erosão costeira   |
| Colapso de cavidades subterrâneas naturais |   |   |
| RISCOS TECNOLÓGICOS                        | <b>Acidentes graves de transporte</b>   | Acidentes rodoviários   |
|  |   | Acidentes marítimos   |
|  |   | Acidentes aéreos  |
|  |   | Acidentes no transporte de mercadorias perigosas  |
|  | <b>Infraestruturas</b>                  | Colapso de pontes, túneis e outras infraestruturas                                      |
|  |   | Rotura de barragens   |
|  |   | Incêndios em túneis   |
|  | <b>Atividade industrial e comercial</b> | Acidentes em áreas de ocupação industrial e parques empresariais                        |
|  |   | Atividades que envolvam substâncias perigosas   |
|  |   | Degradação e contaminação dos solos com substâncias biológicas, químicas e radiológicas |
|  |   | Acidentes em instalações de combustíveis, óleos e lubrificantes                         |
|  |   | Armazenagem de produtos explosivos  |
|  |   | Emergências radiológicas  |
| RISCOS MISTOS                              | <b>Relacionados com a atmosfera</b>     | Incêndios florestais  |

Tabela 9 - Riscos analisados



| GRAU DE PROBABILIDADE | PROBABILIDADE ANUAL | PERÍODO DE RETORNO (ANOS) |
|-----------------------|---------------------|---------------------------|
| Baixo                 | < 0,005             | > 200                     |
| Médio - baixo         | 0,005 - 0,02        | ]50 - 200]                |
| Médio                 | 0,02 - 0,05         | ]20 - 50]                 |
| Médio - alto          | 0,05 - 0,2          | ]5 - 20]                  |
| Elevado               | ≥ 0,2               | ≤ 5                       |

Tabela 10 - Grau de probabilidade



| GRAU DE GRAVIDADE | IMPACTE       | DESCRIÇÃO   |
|-------------------|---------------|---|
| Residual          | População     | Não há feridos nem vítimas mortais. Não há mudança/retirada de pessoas ou apenas de um número restrito, por um período curto (até 12 horas). Pouco ou nenhum pessoal de apoio necessário (não há suporte ao nível monetário nem material). Danos sem significado. |
|                   | Ambiente      | Não há impacte no ambiente  |
|                   | Socioeconomia | Não há ou há um nível reduzido de constrangimentos na comunidade. Não há perda financeira.  |
| Reduzido          | População     | Pequeno número de vítimas-padrão <sup>1</sup> (inferior a 50). Algumas hospitalizações e retirada de pessoas por um período inferior a 24 horas. Algum pessoal de apoio e reforço necessário. Alguns danos.   |
|                   | Ambiente      | Pequeno impacte no ambiente sem efeitos duradouros.   |
|                   | Socioeconomia | Alguma disrupção na comunidade (menos de 24 horas). Pequena perda financeira.   |
| Moderado          | População     | Número moderado de vítimas-padrão (50 a 200). Algumas hospitalizações e retirada de pessoas por um período de 24 horas. Algum pessoal técnico necessário. Alguns danos.   |
|                   | Ambiente      | Impacte no ambiente sem efeitos duradouros.   |
|                   | Socioeconomia | Disrupção na comunidade (menos de 48 horas). Alguma perda financeira.   |
| Acentuado         | População     | Número de vítimas-padrão entre 200 e 500. Número elevado de retirada de pessoas por um período superior a 24 horas. Danos significativos que exigem recursos externos.  |
|                   | Ambiente      | Alguns impactes com efeitos a longo prazo.  |
|                   | Socioeconomia | Funcionamento parcial da comunidade com alguns serviços indisponíveis. Perda significativa e assistência financeira necessária.   |
| Crítico           | População     | Número muito acentuado de vítimas-padrão (superior a 500). Retirada em grande escala de pessoas por uma duração longa. Pessoal de apoio e reforço necessário.   |
|                   | Ambiente      | Impacte ambiental significativo e ou danos permanentes.   |
|                   | Socioeconomia | A comunidade deixa de conseguir funcionar sem suporte significativo.  |

Tabela 11 - Graus de gravidade

<sup>1</sup> Indicador composto, baseado no indicador de gravidade da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (número de vítimas-padrão = 1 x número de mortos + 0,1 x feridos graves + 0,03 x feridos ligeiros).



|               |             | GRAVIDADE   |                |                |                |               |
|---------------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|               |             | Residual    | Reduzida       | Moderada       | Acentuada      | Crítica       |
| PROBABILIDADE | Elevada     | Risco baixo | Risco moderado | Risco elevado  | Risco extremo  | Risco extremo |
|               | Média-alta  | Risco baixo | Risco moderado | Risco elevado  | Risco elevado  | Risco extremo |
|               | Média       | Risco baixo | Risco moderado | Risco moderado | Risco elevado  | Risco extremo |
|               | Média-baixa | Risco baixo | Risco baixo    | Risco moderado | Risco elevado  | Risco extremo |
|               | Baixa       | Risco baixo | Risco baixo    | Risco moderado | Risco moderado | Risco elevado |

Tabela 12 - Matriz de Risco – Grau de Risco

## 5.2. ANÁLISE DE RISCO DE NEVOEIROS

De acordo com o IPMA, o nevoeiro consiste em gotas de água ou cristais de gelo quase microscópicas, em suspensão junto à superfície, que reduzem a visibilidade horizontal. Assim, a sua formação junto à superfície terrestre poderá condicionar múltiplas atividades humanas, em particular aquelas que estão ligadas aos transportes e aos desportos ao ar livre.

Na ilha da Madeira o nevoeiro é essencialmente de origem orográfica, devido ao vigor e orientação do relevo, perpendicular à direção do vento predominante (NE e N). Com base nos dados da normal climatológica (1961-1990), a estação meteorológica da Bica da Cana (1560 m) regista uma média de 230 dias de nevoeiro por ano e a estação do Pico do Arieiro (1610 m) uma média de 235 dias de nevoeiro por ano. Pode-se concluir que os nevoeiros em altitude acontecem com muita frequência e considera-se um grau de suscetibilidade elevado nestas regiões.

Dada a elevada frequência de nevoeiros nas regiões montanhosas da ilha da Madeira, têm surgido casos de desorientação nos percursos pedestres. Como exemplos recentes, em

janeiro de 2017, um casal de turistas desorientou-se na vereda que liga a Encumeada ao Pico Ruivo, e pediu socorro. Em março de 2018, pelos mesmos motivos, três turistas perderam-se na vereda do Pico Grande. Em ambos os casos não foram registados feridos.

Nas cotas mais baixas das ilhas da Madeira e do Porto Santo ocorrem esporadicamente situações de nevoeiro, fruto da presença de nuvens baixas ou da ocorrência de nevoeiros litorais, pelo que se considera um grau de suscetibilidade reduzido nestas áreas. O principal constrangimento do nevoeiro nestas regiões é o condicionamento das operações nos aeroportos da Madeira e do Porto Santo.

### 5.2.1. Cenário considerado

Nevoeiro intenso que se fez sentir nas regiões montanhosas, e a fraca visibilidade surpreendeu algumas pessoas que se encontravam em percursos pedestres. Um grupo de turistas desorientou-se ao final do dia, contactaram as autoridades e permaneceram retidos até altas horas da madrugada. Não houve feridos a registar. Também por motivos de fraca visibilidade, vários voos foram divergidos e cancelados no aeroporto da Madeira, causando constrangimentos aos passageiros.

*Grau de probabilidade:* Foi atribuído um **grau de probabilidade elevado** devido à elevada frequência de nevoeiros.

*Grau de gravidade:* Considerou-se **grau de gravidade reduzido**, devido à pouca gravidade das ocorrências registadas.

*Grau de risco:* Segundo a matriz de risco, que combina os graus de probabilidade e de gravidade, foi atribuído um **grau de risco moderado**.

### 5.2.2. Impacte das alterações climáticas

Não estão previstas grandes alterações nos padrões de nevoeiro para ambas as ilhas. Considerando que o nevoeiro na ilha da Madeira é maioritariamente de origem orográfica, o vento desempenha um papel importante na sua formação e não estão previstas grandes mudanças nos regimes de vento.

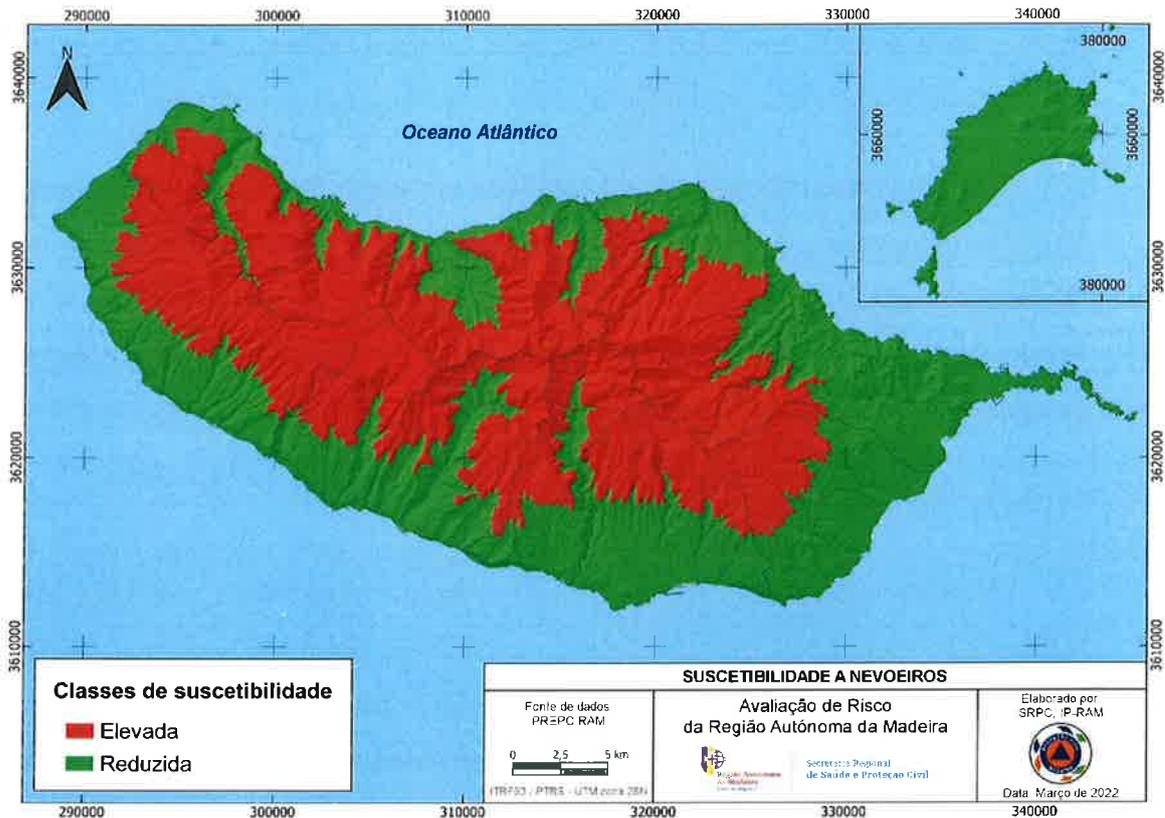


Figura 22 - Carta de suscetibilidade a neveiros. Fonte: PREPC RAM

### 5.3. ANÁLISE DE RISCO DE NEVÕES

Os nevões correspondem à precipitação sob a forma de neve, em volume significativo, de modo a permitir a sua acumulação e permanência na superfície terrestre. Por efeito de compactação poderá originar a formação de gelo. A precipitação em forma de neve ocorre apenas na ilha da Madeira, e segundo a normal climatológica (1961-1990), esta surge nos pontos mais altos em cerca de 10 dias por ano. Em situações anormais a neve poderá cair em cotas mais baixas, condicionando os acessos a algumas habitações, que poderão causar constrangimentos às populações.

Em março de 2022 as zonas altas do Funchal, nomeadamente o Monte, Santo António e as zonas de acesso ao Curral das Freiras ficaram cobertas de neve com registo de acidentes rodoviários, mas sem feridos a registar. Esta situação deixou isolada a população do Curral das Freiras bem como algumas zonas altas da Ribeira Brava, tendo existido cortes de eletricidade

nas freguesias do Faial e São Roque do Faial devido a avarias em quatro postos de transformação. Muito raramente estas áreas são atingidas por nevões e, em situações normais apenas as estradas de acesso aos picos mais altos permanecem encerradas, e causam constrangimentos aos que pretendem deslocar-se até esses pontos para observar a neve.

### 5.3.1. Cenário considerado

Queda de neve com alguma intensidade durante a madrugada, afeta as regiões altas da ilha da Madeira e verifica-se o bloqueio de algumas vias de circulação. Desta situação resulta a paragem forçada de viaturas em circulação com necessidade de resgate dos ocupantes, bem como o isolamento de algumas populações com consequências ao nível do normal funcionamento de serviços essenciais. Também se verifica o corte no abastecimento de eletricidade a alguns aglomerados habitacionais devido aos danos na rede de distribuição elétrica.

*Grau de probabilidade:* Tendo por base o nível de recorrência potencial de nevões com a intensidade descrita, foi atribuído um **grau de probabilidade médio-baixo**.

*Grau de gravidade:* Foi considerado o **grau de gravidade residual** visto que a disrupção causada na comunidade é de pouca duração.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, da combinação dos graus de gravidade e de probabilidade do cenário considerado para nevões, resulta um **grau de risco baixo**.

### 5.3.2. Impacte das alterações climáticas

Considerando os índices relacionados com o tempo frio, espera-se que a probabilidade de ocorrência de nevões tenderá a reduzir-se. Segundo o Observatório Clima Madeira, os cenários para a segunda metade deste século apontam para um aumento superior a 2°C da temperatura média nas regiões montanhosas durante o inverno. As mesmas projeções indicam uma diminuição da precipitação entre o outono e a primavera na ilha da Madeira, o que influenciará o número de dias anuais com neve.



Estas projeções indicam que a neve ficará cada vez mais confinada nos picos mais altos da ilha da Madeira, no entanto, o processo de alterações climáticas está associado a eventos meteorológicos extremos que por sua vez podem refletir-se em quedas de neve nas cotas mais baixas como o ocorrido em março de 2022.

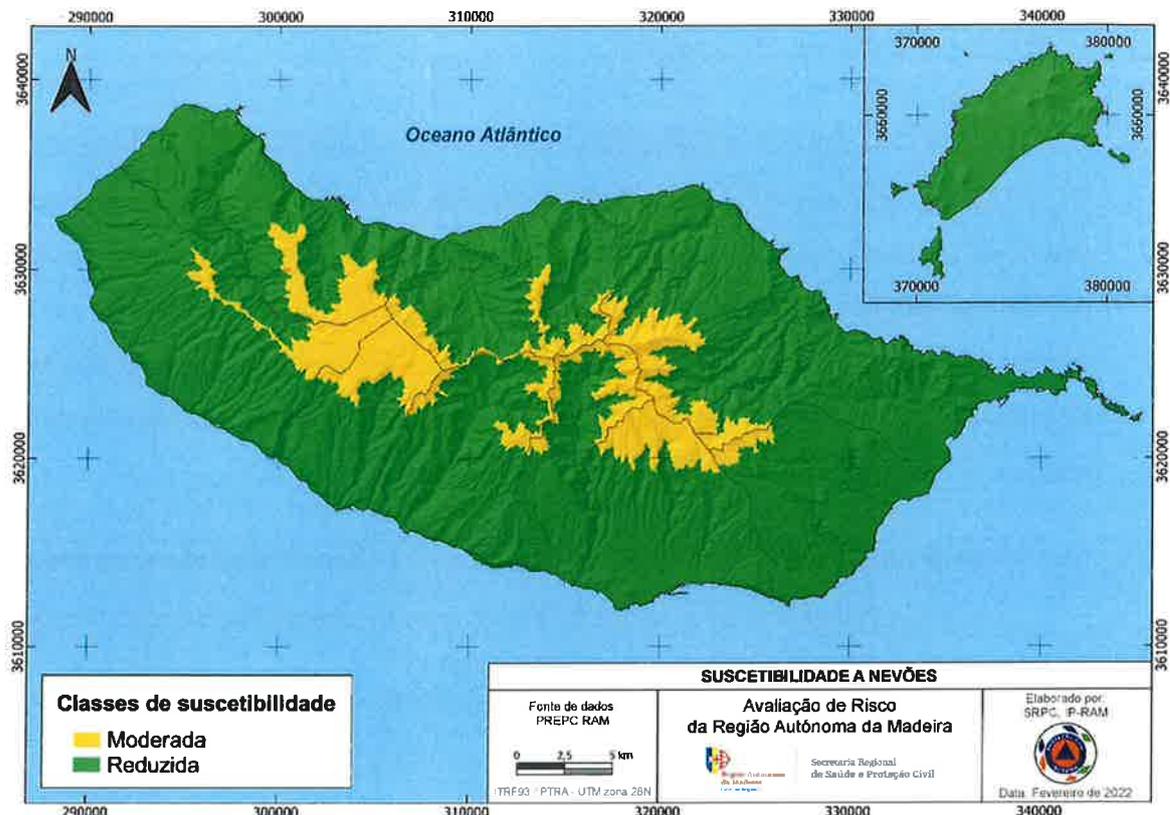


Figura 23 - Carta de suscetibilidade a nevões.

#### 5.4. ANÁLISE DE RISCO DE ONDAS DE CALOR

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), considera-se que ocorre uma onda de calor quando num intervalo de pelo menos 6 dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5°C ao valor médio diário no período de referência. De realçar, no entanto, que esta definição está mais relacionada com o estudo e análise da variabilidade climática (em termos de tendências), do que propriamente com os impactos na saúde pública de temperaturas extremas que possam observar-se num período mais curto. Por exemplo, a



ocorrência de 3 dias em que a temperatura seja 10 °C acima da média, terá certamente mais impacto na saúde, do que 7 dias com temperatura 5 °C acima da média.

As ondas de calor podem ter impactes prejudiciais nas condições de conforto e saúde das populações, sendo a população idosa e as crianças os grupos etários com maior exposição às suas consequências. Para além da população residente, o turismo sénior na RAM tem uma grande representatividade, sendo este maioritariamente do norte da Europa, e como tal, pouco habituado a temperaturas muito elevadas. Mesmo que sejam pouco frequentes na Madeira, os episódios de calor excessivo devem ser tidos em conta, de modo a poderem ser previstos os seus efeitos na população e nas suas atividades.

A temperatura média anual desde 2000, comparativamente com a normal climatológica, tem apresentado valores acima da média em todos os anos. Um padrão que tende a piorar futuramente, e que poderá causar um maior desconforto térmico na população.



Figura 24 - Comparação entre a temperatura média anual desde 2000 e a normal climatológica do Observatório Meteorológico do Funchal. Fonte: IPMA

Períodos prolongados de temperatura elevada provocam stress térmico, agravam os sintomas de doenças preexistentes e podem conduzir a um aumento significativo da mortalidade. A maior parte desse aumento da mortalidade está relacionado com doenças cardiovasculares, cerebrovasculares e respiratórias, sendo mais elevado nas pessoas idosas e portadores de doenças preexistentes.



O estudo do Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos, não encontra evidências óbvias de um aumento da mortalidade associada às ondas de calor. Indica sim, uma tendência de aumento ao longo dos anos, mas pode ser mais um reflexo do crescimento e envelhecimento da população, do que uma consequência dos fatores ambientais.

De realçar, no entanto, que a temperatura do ar não é o único parâmetro climático envolvido no conforto e na saúde, sendo a fisiologia humana reativa a outras variáveis, como a humidade, a radiação (solar e infravermelho térmico) e o vento.

Considerou-se que a suscetibilidade às ondas de calor é moderada na faixa costeira da vertente sul da ilha da Madeira e nos sectores terminais dos principais vales, cujas características geomorfológicas podem influenciar de forma significativa a ventilação e, por isso, a evolução da temperatura do ar. Acima dos 500/600 m e nas outras áreas do arquipélago, nomeadamente a costa norte da ilha da Madeira e na ilha do Porto Santo, considerou-se a suscetibilidade baixa.

#### 5.4.1. Cenário considerado

Massa de ar quente e seca proveniente do norte de África que afeta a generalidade do território ao longo de 10 dias consecutivos. Nos concelhos a sul, a temperatura ultrapassa os 30°C em todos os dias, e são registados 39°C no Funchal. Na costa norte e regiões montanhosas, não se verificam mais de dois dias consecutivos com estas temperaturas. É sentido um desconforto térmico por parte da população, e as zonas balneares ficam bem compostas. Devido a estas circunstâncias, o índice de perigo de incêndio florestal encontra-se no nível máximo.

*Grau de probabilidade:* Tendo em consideração os registos históricos existentes, foi atribuído um **grau de probabilidade médio-alto**, o que corresponde a um período de retorno entre 5 e 20 anos.

*Grau de gravidade:* Foi atribuído um **grau de gravidade reduzido** devido à reduzida extensão temporal e espacial deste fenómeno.

*Grau de risco:* Da combinação dos graus de probabilidade e de gravidade do cenário considerado, resulta um **grau de risco moderado**.

#### 5.4.2. Impacte das alterações climáticas

O risco de ondas de calor será potenciado com as alterações climáticas, tanto ao nível da frequência como da intensidade das ocorrências, especialmente durante o verão e outono. A contribuir para esta previsão soma-se a tendência de subida da temperatura média precisamente nos meses mais quentes no decorrer deste século. Segundo a Estratégia CLIMA-Madeira, a longo prazo (após 2070) é esperado um aumento significativo de episódios de ondas de calor. No mesmo sentido, o número de dias quentes e de noites tropicais (mínimas superiores a 20°C) tenderão a aumentar no verão. As ondas de calor serão mais frequentes em toda a ilha, mas terão maior incidência nos concelhos da Calheta, Ponta do Sol, Ribeira Brava e Funchal.

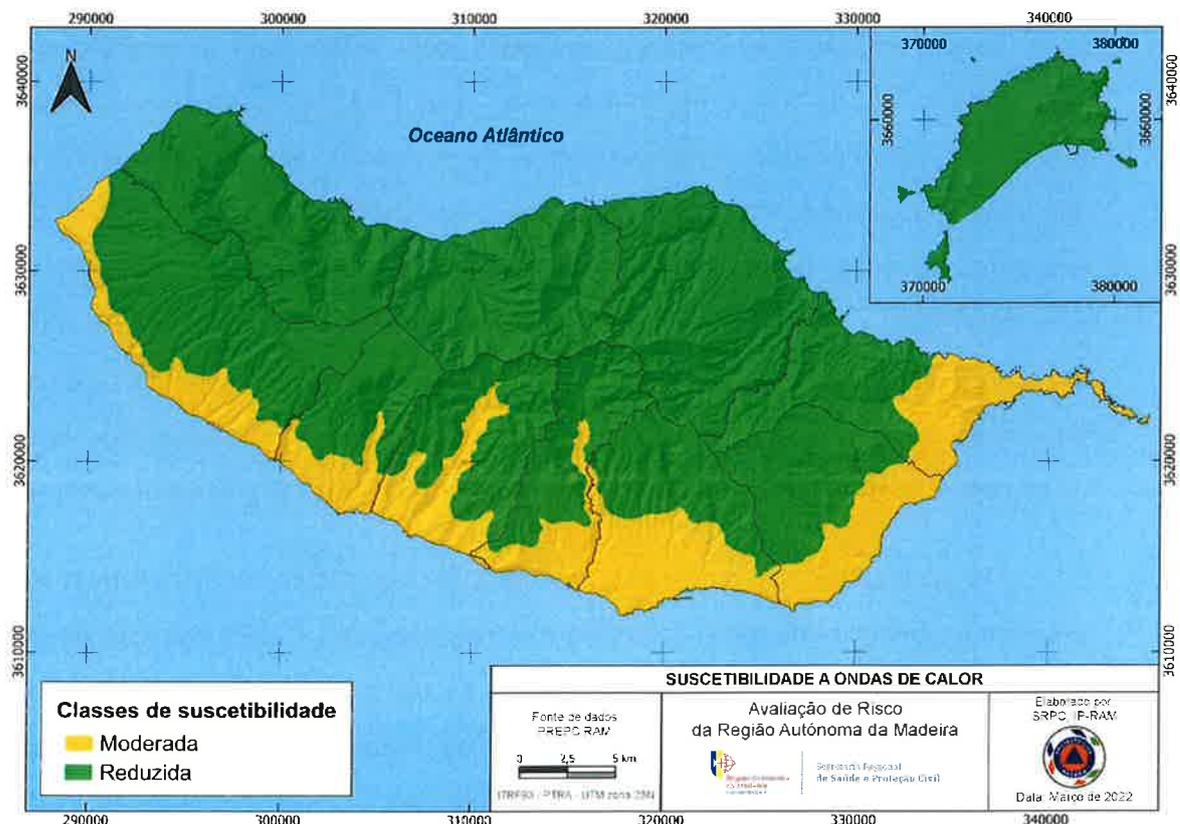


Figura 25 - Carta de suscetibilidade a ondas de calor.



## 5.5. ANÁLISE DE RISCO DE ONDAS DE FRIO

Uma onda de frio corresponde a um período de pelo menos 6 dias em que a temperatura mínima diária é inferior em 5°C ao valor médio das temperaturas mínimas do período de referência (por analogia com a definição das Ondas de Calor dada pela OMM). Apesar de relativamente comuns no clima português de tipo mediterrânico, sobretudo no inverno, associadas a circulações anticiclónicas de norte e este, as mais intensas e com maior duração podem ser responsáveis por uma mortalidade acentuada nos grupos de risco mais elevado.

Este critério não foi adotado na presente avaliação na medida em que, tal como nas ondas de calor, não se adapta a critérios de saúde e conforto dos indivíduos. Optou-se por considerar a ocorrência simultânea de valores de temperaturas mínimas e máximas abaixo de um determinado limiar crítico.

Foram adotados os critérios utilizados pelo IPMA para a emissão de aviso meteorológico de frio com o nível amarelo na costa sul. Para as áreas mais elevadas do arquipélago, para traduzir condições térmicas de montanha, optou-se pelo limiar aplicado pelo IPMA na Guarda, distrito com maior número de estações meteorológicas de altitude em Portugal Continental. Utilizou-se ainda outro limiar para a análise das condições térmicas observadas num conjunto de estações meteorológicas situadas entre 600 e 1000 m de altitude: tendo em conta a variação da temperatura mínima do ar com a altitude na ilha da Madeira e assumindo o limiar de 4°C como válido até aos 600 m, fez-se baixar esse valor crítico até aos 800 m, a altitude intermédia, de acordo com o gradiente térmico vertical determinado.

Os parâmetros utilizados para a definição das ondas de frio correspondem à temperatura mínima inferior a -3°C nas áreas mais elevadas, < 2,5°C nas estações situadas entre 600 e 1000 m de altitude e < 4°C abaixo de 600 m. Nas áreas abaixo dos 800 m, o fenómeno raramente ocorreu, nunca registado em mais de dois dias consecutivos. Estes limiares aplicam-se a dias isolados ou sequências de dias.

Pode considerar-se que a ocorrência de episódios de frio no arquipélago se circunscreve às áreas mais elevadas da ilha da Madeira, onde o efeito combinado da altitude,

neve, nevoeiro e vento, pode proporcionar condições para a ocorrência de temperaturas suficientemente baixas para causar desconforto térmico. O clima ameno contribui para a escassez de ondas de frio nas cotas mais baixas. Desde que há registos, a temperatura mínima mais baixa no Funchal é de 7,4°C em 1981.

Adotou-se para a suscetibilidade de ocorrência de ondas de frio o limite já apontado para a suscetibilidade de ocorrência de nevões. Considerou-se, assim, baixa a suscetibilidade geral às ondas de frio abaixo de 1200 m e moderada nas áreas acima dessa cota.

### 5.5.1. Cenário considerado

Queda de neve no mês de fevereiro nos picos mais altos da ilha da Madeira, que provocou uma diminuição generalizada da temperatura. As regiões acima da cota dos 800 m são as mais afetadas, mas os valores parametrizados para a definição das ondas de frio não são atingidos. No entanto, é sentido um desconforto térmico por parte da população, mas sem consequências de maior.

*Grau de probabilidade:* Só está considerada a possibilidade de ocorrerem ondas de frio nas áreas com maior altitude da ilha da Madeira, embora de curta duração, mas com uma frequência que permita qualificar como probabilidade média-alta.

*Grau de gravidade:* Dado que o fenómeno se concentra nas áreas de montanha, com reduzido número de habitantes, considera-se um grau de gravidade residual.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco que combina os graus de probabilidade e de gravidade, obtemos um **grau de risco baixo**.

### 5.5.2. Impacte das alterações climáticas

Segundo as previsões, a temperatura média nos meses de inverno irá aumentar e os episódios de ondas de frio serão ainda menos frequentes. Por outro lado, uma das características do processo de alterações climáticas, será a intensificação de alguns fenómenos meteorológicos extremos, que poderão aumentar os efeitos das ondas de frio ao nível das regiões afetadas e por consequência atingir as populações nas faixas etárias mais suscetíveis.

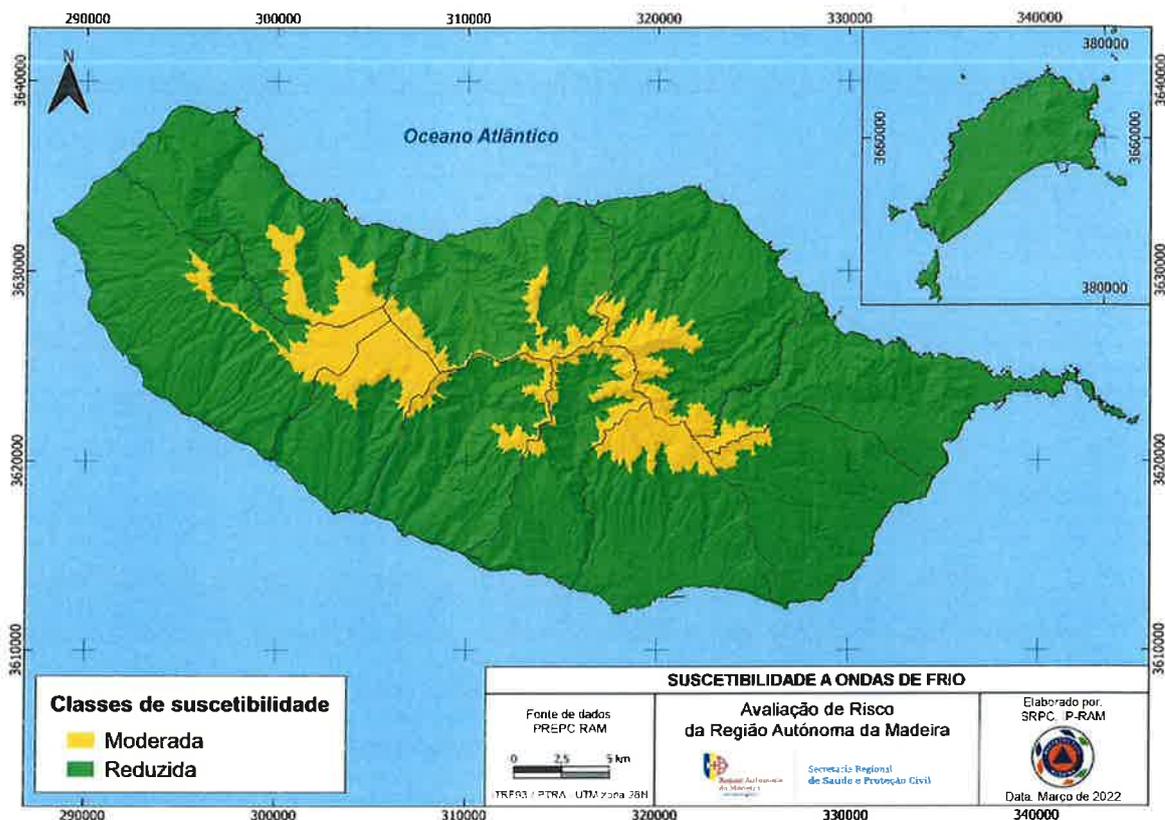


Figura 26 - Carta de suscetibilidade a ondas de frio.

## 5.6. ANÁLISE DE RISCO DE SECAS

As situações de seca constituem uma ocorrência natural associada essencialmente à falta de precipitação, que se verifica todos os anos em diversas regiões do mundo. Contrariamente aos outros desastres naturais, que geralmente atuam de forma rápida e com impactos imediatos, a seca é o desastre natural de origem meteorológica e climatológica mais complexo e que afeta mais pessoas e durante mais tempo que qualquer outro. Os impactos resultantes deste fenómeno variam conforme a escala espacial e temporal. Longos períodos de seca provocam graves prejuízos económicos, nomeadamente ao nível dos sectores agrícola, pecuário e recursos hídricos.

Para a deteção de um padrão espacial, nota-se que as áreas menos elevadas da parte oriental da ilha da Madeira são as regiões mais afetadas pelo fenómeno. Em Ponta Delgada verificaram-se 6 anos de seca severa em 28 anos de registos, com intervalos de 3 a 5 anos; em

Santana, a partir de 1994/95 verifica-se uma sucessão de anos secos, que culminou num período de seca extrema entre 2006/07 e 2009/10.

No Santo da Serra, assistiu-se a partir de 1995, a uma sucessão de anos secos separados por pequenos períodos não superiores a 4 anos. No Funchal e Lugar de Baixo parece suceder algo semelhante. Em relação à parte ocidental, a curta dimensão das séries de observação nos concelhos da Calheta e Porto Moniz não permitem extrair qualquer conclusão.

Segundo o IPMA, desde 2000, todas as estações meteorológicas registaram redução de precipitação relativamente à normal climatológica (1961-1990). Estas anomalias são notadas na generalidade da RAM, mas com maior incidência nas regiões montanhosas e nos concelhos de Santana, Machico, Santa Cruz e Funchal. Em Santana, desde 2000 foi registada uma anomalia de 30% de precipitação comparativamente à normal climatológica. Nos anos de 2003 e 2007 a quebra foi superior a 50%, e nos anos de 2004 e 2019 rondou os 45%.

Quanto às regiões montanhosas, tanto nas estações meteorológicas da Bica da Cana e do Chão do Areeiro, de acordo com a normal climatológica precipitam cerca de 3000 mm anuais. Considerando os valores de precipitação acumulada desde 2000, no chão do Areeiro houve uma quebra de 30%, e na Bica da Cana de 23%.

Seguindo o caminho inverso está a ilha do Porto Santo, que registou um aumento da precipitação comparativamente à normal climatológica, tendo sido registadas anomalias em 12 anos, no período observado de 2000 a 2021.

As anomalias da precipitação registadas na ilha da Madeira poderão causar maiores períodos secos, reduzindo os níveis freáticos e o nível médio de água em reservatórios. Sendo um risco natural que não poderá ser evitado, os seus impactes poderão ser minimizados através da deslocação de grandes quantidades de água ou da promoção do estabelecimento de mecanismos para o seu armazenamento. Por sua vez, a má gestão do uso do solo e práticas agrícolas inadequadas, contribuem para a degradação dos solos e dos recursos hídricos, aumentando a vulnerabilidade das populações a eventos de seca.



### 5.6.1. Cenário considerado

Seca extrema de extensão generalizada a todo o território regional, causada pela ausência de precipitação significativa ao longo de 5 meses. As consequências assumem maior dimensão nos concelhos do Funchal, Santa Cruz, Machico, e Câmara de Lobos devido às reduções no abastecimento público de água a diversos aglomerados habitacionais. São estabelecidas medidas de racionamento dos recursos hídricos relacionadas com a rega, lavagem de automóveis e descargas domésticas. São também registadas algumas quebras de produção no sector agrícola.

*Grau de probabilidade:* Tendo por base os registos históricos existentes, foi atribuído um **grau de probabilidade médio-alto**, o que corresponde a um período de retorno entre 5 e 20 anos.

*Grau de gravidade:* Considerando que os problemas relacionados com o abastecimento e consumo de água são pontuais, foi atribuído um **grau de gravidade reduzido**.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, da combinação dos graus de probabilidade e de gravidade do cenário considerado, **resulta um grau de risco moderado**.

### 5.6.2. Impacte das alterações climáticas

A médio-longo prazo, a vulnerabilidade associada às necessidades de água terá impactes principalmente na vertente sul e sector oriental da ilha da Madeira, bem como na ilha do Porto Santo. Considerando a tendência de diminuição da precipitação dos últimos vinte anos, é fundamental adotar medidas que facilitem a adaptação à possível escassez de recursos hídricos.

Segundo a Estratégia CLIMA-Madeira, medidas preventivas devem ser tomadas, como a melhoria da eficiência dos sistemas de captação, reabilitação e recuperação da rede de distribuição, aumentar a capacidade de armazenamento de água e redução das necessidades de água no sector agrícola através da implementação de métodos de rega mais eficientes e automatizados. Quanto à ilha do Porto Santo, considerando que o seu abastecimento de água se faz quase exclusivamente através de uma central dessalinizadora, a operação não deverá ser significativamente afetada pelas alterações climáticas.

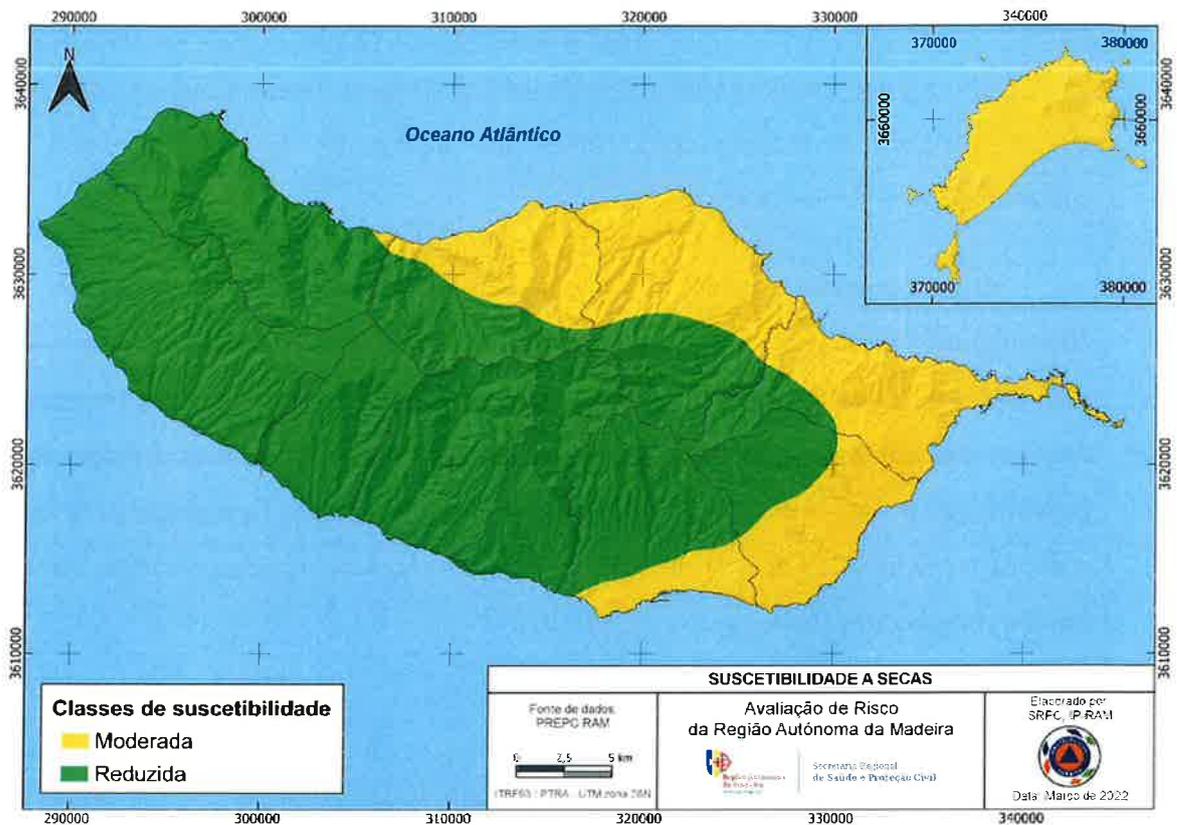


Figura 27 - Carta de suscetibilidade a secas.

## 5.7. ANÁLISE DE RISCO DE TEMPESTADES DE VENTO

O vento pode ser considerado como o ar em movimento. Resulta do deslocamento de massas de ar, derivado dos efeitos das diferenças de pressão atmosférica entre duas regiões distintas e é influenciado por efeitos locais como a orografia e a rugosidade do solo. As tempestades de vento são frequentes em quase todo o arquipélago, em particular nas áreas mais altas da ilha da Madeira, no quadrante norte e nas áreas mais baixas dos extremos este e oeste da ilha.

As ilhas da Madeira e do Porto Santo são frequentemente afetadas por ventos de nordeste e sudoeste que ocorrem maioritariamente entre outubro e abril. O vento predominante de norte, que ocorre essencialmente no inverno torna-se muito tempestuoso e tem uma frequência de 10 – 12% (Santos *et al.*, 2006). No entanto, no verão, ocorrem frequentemente tempestades de vento forte nas zonas montanhosas. Apesar do escasso



número de anos de observações em Achadas da Cruz, a elevada frequência de dias de vento forte, cujo número médio anual é semelhante ao Areeiro, levou a que se considerasse a altitude próxima da estação como limite que separa das áreas mais abaixo, onde a suscetibilidade é “Moderada”.

Historicamente, quando a região é afetada por tempestades de vento, as suas consequências condicionam os transportes marítimos e aéreos, derrubam árvores, destroem plantações agrícolas, estufas e outras infraestruturas de apoio à agricultura, além de causarem estragos em habitações. Os ventos fortes têm também influência na agitação marítima, provocando em algumas circunstâncias ocorrências relacionadas com galgamentos costeiros e danos em embarcações marítimo-turísticas e de pesca. As rajadas de vento ultrapassam muitas vezes os 100 km/h.

### 5.7.1. Cenário considerado

Rajadas de vento superiores a 150 km/h nas regiões montanhosas, e superiores a 100 km/h nas cotas menos elevadas. Os aeroportos da Madeira e do Porto Santo contaram com mais de 50 voos cancelados e divergidos com milhares de pessoas retidas nos aeroportos. Foram registados danos em telhados e coberturas de habitações e a queda de dezenas de árvores que causou danos materiais em veículos estacionados. Devido às fortes rajadas, a agitação marítima condicionou os transportes e provocou estragos em alguns portos de abrigo, danos em embarcações marítimo-turísticas e de pesca, e invadiu ainda algumas promenades.

*Grau de probabilidade:* Foi atribuído um **grau de probabilidade médio-alto** devido ao histórico e recorrência deste fenómeno.

*Grau de gravidade:* Considerou-se um **grau de gravidade acentuado**, sobretudo pelo impacto causado no turismo, perda financeira associada à agricultura, danos materiais e alguma disrupção na comunidade.

*Grau de risco:* Segundo a matriz de risco, que combina os graus de probabilidade e de gravidade, foi atribuído um **grau de risco acentuado**.

### 5.7.2. Impacte das alterações climáticas

Não estão previstas grandes mudanças nos regimes de vento para os próximos anos, mas dado que as alterações climáticas têm o potencial para aumentar a frequência e consequências de eventos climáticos extremos, isto significa que os fenómenos de vento forte poderão ser mais frequentes.

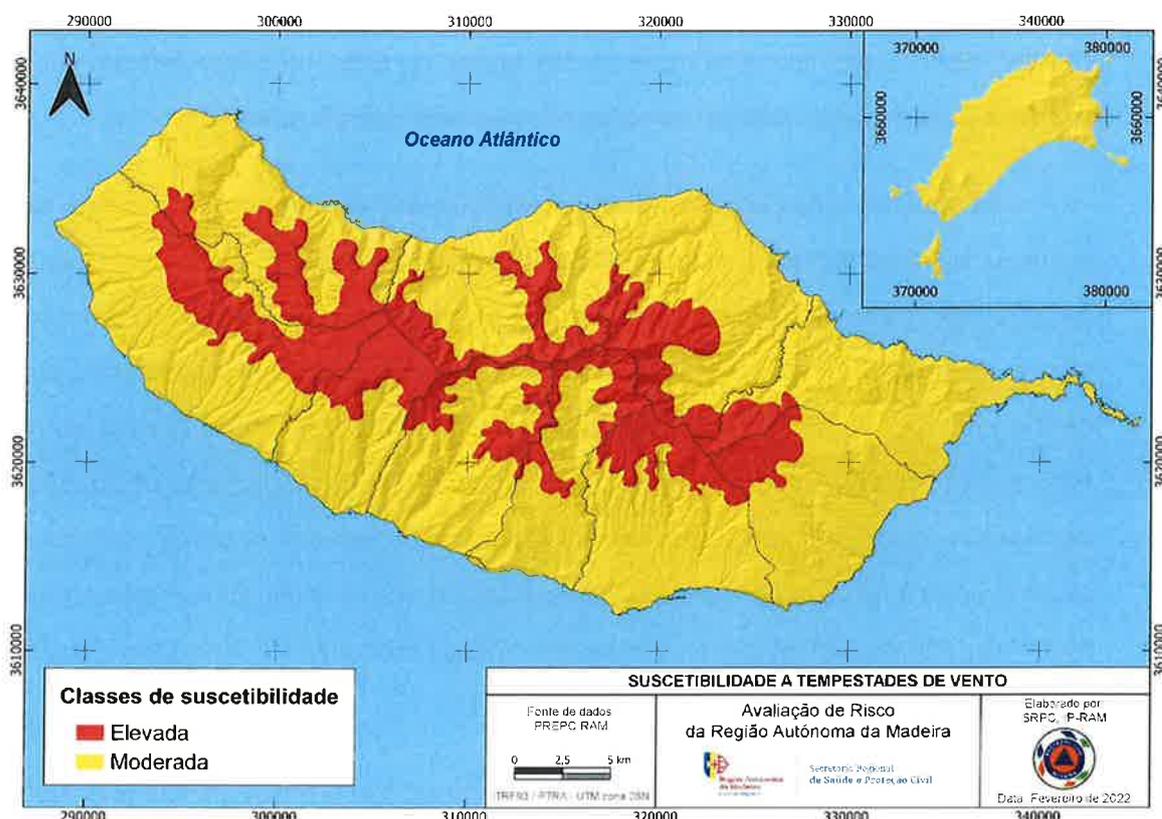


Figura 28 - Suscetibilidade a tempestades de vento.

## 5.8. ANÁLISE DE RISCO DE CHEIAS E INUNDAÇÕES RÁPIDAS

Segundo Julião *et al.* (2009), as inundações são um fenómeno hidrológico extremo, de frequência variável, natural ou induzido pela ação humana, que consiste na submersão de terrenos usualmente emersos. As inundações englobam as cheias (transbordo de um curso de água relativamente ao seu leito ordinário, que podem ser rápidas ou lentas), devidas à subida da toalha freática acima da superfície topográfica e à sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais dos aglomerados urbanos.



A relação entre cheias e inundações rápidas e movimentos de vertente é estreita, são estes últimos que fornecem ao escoamento a sua carga sólida e, conseqüentemente o seu potencial destruidor. O fator desencadeante do tipo de escoamento e da dinâmica de vertentes é o mesmo, elevada quantidade de precipitação num curto espaço de tempo (Policarpo, 2012).

Na RAM, usualmente, é utilizado o termo aluvião para este fenómeno, que segundo Quintal (1999), é definido como um violento aguaceiro, sobre uma área restrita, que gera de imediato fortes caudais capazes de arrastar volumosos detritos sólidos.

As cheias e inundações na ilha da Madeira são caracterizadas pela sua rapidez e violência no transporte de material sólido. O relevo acentuado é o fator explicativo da perigosidade natural predominante, associada a eventos de precipitação intensa que saturam os solos. Acresce ainda o facto das bacias hidrográficas serem compostas por cursos de água pouco extensos e perfis longitudinais acentuados, o que dificulta a monitorização e comunicação de risco em caso de situação de inundação rápida. Outra especificidade é o facto das ribeiras convergirem para as zonas mais populosas e de maior ocupação antrópica, sendo as áreas junto à foz as mais suscetíveis e expostas ao risco de cheia. Os sectores a jusante têm menor capacidade de transporte, e os caudais sólidos acumulam-se, causando a obstrução do canal e conseqüente galgamento das margens.

A história da ilha da Madeira está marcada pela ocorrência de cheias e inundações rápidas. A ocorrência que causou mais fatalidades aconteceu no dia 9 de outubro de 1803, cujos números oficiais relatam a existência de 600 mortos, mas uma carta da altura faz referência a 1000 mortos e desaparecidos, principalmente no Funchal, numa altura em que o município tinha cerca de 25 000 habitantes e a população da ilha era de cerca de 90 000 (Policarpo, 2012).

No século XX, há um total de 22 registos, dos quais, 13 ocorreram depois de 1970. A ocorrência mais grave neste período ocorreu na madrugada do dia 29 de outubro de 1993, com impacto mais significativo no concelho do Funchal. Muitas ruas e avenidas foram cobertas por lama, pedras e madeira. A destruição de vários armazéns e lojas comerciais,

estradas danificadas, 15 dias sem água potável, vários carros destruídos e 200 desalojados, cerca de 30 feridos e 7 mortos foram as consequências deste episódio (Policarpo, 2012).

Neste século, a “aluvião” com consequências mais graves ocorreu a 20 de fevereiro de 2010, originando 47 mortos, 4 desaparecidos e centenas de feridos e desalojados. Muitos edifícios de habitação, comércio e serviços, bem como infraestruturas, viaturas e outros equipamentos foram destruídos. E, assim talvez aconteceu a pior catástrofe dos últimos 200 anos na Madeira, que afetou em particular os concelhos do Funchal (a baixa da cidade e as zonas altas das freguesias do Monte e de Santo António), da Ribeira Brava (nas freguesias da Tabua e da Serra de Água), de Câmara de Lobos (nas freguesias do Curral das Freiras e do Jardim da Serra), de Santa Cruz (nas freguesias da Camacha e do Caniço), e até mesmo, os concelhos da Ponta do Sol e da Calheta (nas freguesias da Madalena do Mar, do Arco da Calheta, do Jardim do Mar e do Paúl do Mar).

Na ilha do Porto Santo, cuja precipitação média anual acumulada é cerca de 378,5 mm, as inundações não têm a expressão que assumem na ilha da Madeira. Com base nos registos anteriores, a ilha do Porto Santo regista duas ocorrências: uma na localidade de Ponta e outra em Campo de Baixo.

Contudo, segundo o SRARN (2003), “(...) há registo de uma grande cheia na bacia da Ribeira do Tanque, ocorrida em 8 de Março de 1970, na sequência de uma forte trovoada e chuva torrencial (60 mm em 27 minutos) que levou à morte de uma criança.” O mesmo documento refere ainda que “a estrada que liga a Vila Baleira à Ponta da Calheta ficou inundada junto às instalações do INATEL, tendo a água inundado as caves e danificado a lavandaria. Também junto às instalações portuárias, as enxurradas de lama inundaram a estrada que conduz ao porto.”

O Jornal da Madeira e o Diário de Notícias, nas suas edições de 5 de novembro de 2012, dão conta da forte precipitação ocorrida nessa madrugada, que causou inundações numa estação elevatória, na estrada de acesso ao porto e em 3 hotéis (Hotel Porto Santo, o Inatel e o Hotel Vila Baleira). Foram também referidas, inundações em algumas garagens particulares e a prestação de apoio em algumas escolas.



Com base no histórico de ocorrências e danos causados, estão identificadas as zonas críticas com maior suscetibilidade ao risco de cheias e inundações, que correspondem às zonas inundáveis das principais ribeiras da Região, e onde se encontram muitos dos elementos expostos, como aglomerados habitacionais, infraestruturas viárias e serviços essenciais:

- a. Concelho do Funchal: Ribeiras de João Gomes, de Santa Luzia e de São João; e Ribeiros Seco, da Nora e do Lazareto;
- b. Concelhos do Funchal / Câmara de Lobos: Ribeira dos Socorridos;
- c. Concelho de Câmara de Lobos: Ribeira do Vigário;
- d. Concelho da Ribeira Brava: Ribeiras Brava e da Tabua;
- e. Concelho da Ponta do Sol: Ribeiras da Madalena do Mar e da Ponta do Sol;
- f. Concelho de Machico: Ribeiras de Machico, do Junçal e da Maiata;
- g. Concelho de Santa Cruz: Ribeiras do Porto Novo, da Abegoaria, da Boaventura e de Santa Cruz;
- h. Concelho do Porto Moniz: Ribeiras da Janela e da Laje;
- i. Concelho de São Vicente: Ribeiras de São Vicente, do Porco e dos Moinhos;
- j. Concelho de Santana: Ribeiras de São Jorge e do Faial;
- k. Concelho do Porto Santo: Ribeira do Tanque.

#### 5.8.1. Cenário considerado

Precipitação intensa e de curta duração, que provoca o aumento exponencial do caudal das ribeiras, causando cheias por galgamento das margens dos cursos de água e destruição de algumas habitações localizadas nas proximidades. Alguns acessos principais ficam condicionados e impedem a deslocação dos meios de socorro e apoio às populações afetadas, causando o isolamento de alguns aglomerados populacionais.

*Grau de probabilidade:* Tendo por base o historial e nível de recorrência de cheias semelhantes ao do cenário descrito, foi atribuído um **grau de probabilidade médio-alto** que corresponde a um período de retorno entre 5 e 20 anos.

*Grau de gravidade:* Foi atribuído um **grau de gravidade acentuado** devido à disrupção que este tipo de ocorrências tem na população, infraestruturas e economia. Acresce ainda o facto de poder causar desalojados, feridos e mortes.

*Grau de risco:* Segundo a matriz de risco que combina os graus de probabilidade e de risco, obtém-se um **grau de risco elevado**.

### 5.8.2. Impacte das alterações climáticas

Os cenários climáticos descritos na Estratégia CLIMA-Madeira apontam para uma diminuição da precipitação durante os meses de inverno, outono e primavera. É prevista também uma menor frequência de dias de precipitação elevada, o que pode implicar uma acumulação de depósitos nas vertentes e leitos fluviais, e fazer com que as cheias intensifiquem a sua severidade devido ao estrangulamento dos cursos de água. No entanto, fenómenos de precipitação intensa num curto espaço de tempo, podem ocorrer, e provocar danos acentuados.

A Estratégia CLIMA-Madeira aponta também para o aumento da frequência dos incêndios florestais, que diminuem as áreas de coberto vegetal que, conseqüentemente favorecem a suscetibilidade aos movimentos de massa em vertente em dias de precipitação intensa. O material sólido depositado nos vales e canais fluviais poderá acentuar as conseqüências de uma possível cheia. Estas dinâmicas naturais determinarão a intensidade e frequência das ocorrências relacionadas com cheias e inundações rápidas.

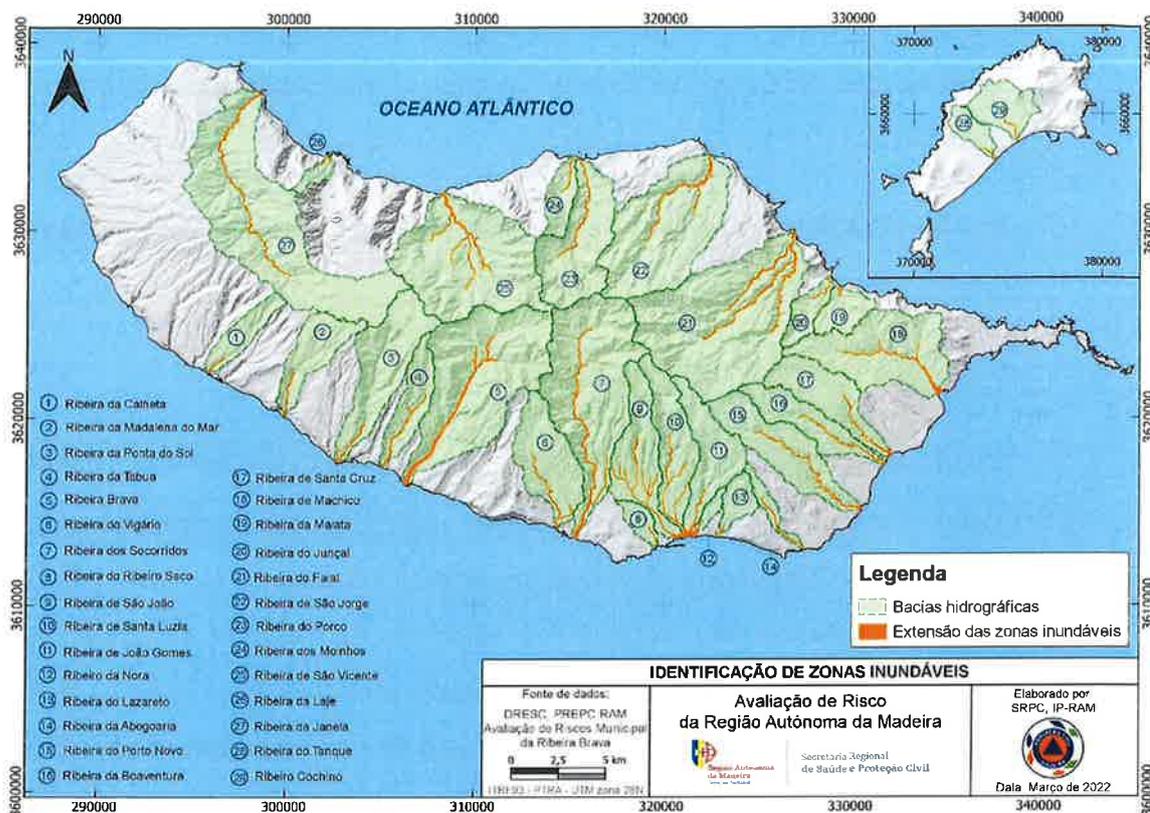


Figura 29 - Zonas inundáveis das ilhas da Madeira e Porto Santo suscetíveis ao risco de cheias e inundações rápidas

## 5.9. ANÁLISE DE RISCO DE INUNDAÇÕES E GALGAMENTOS COSTEIROS

O litoral constitui uma área muito suscetível aos perigos naturais, particularmente em frentes costeiras muito urbanizadas onde se reúnem condições hidrogeomorfológicas específicas que favorecem a ocorrência de galgamentos costeiros durante eventos extremos de agitação marítima (Peixoto, A., & Gomes, A., 2021).

O risco de inundações e galgamentos costeiros caracteriza-se pela inundação da faixa terrestre adjacente à linha de costa decorrente de tempestades marinhas. Corresponde às áreas de inundação pelas águas do mar durante temporais, áreas atingidas pelo esprai das ondas de tempestade, galgamento de elementos morfológicos naturais e estruturas existentes na orla costeira.

As áreas com suscetibilidade elevada ao risco de inundação e galgamento costeiro localizam-se junto à foz das ribeiras, nas promenadas junto ao litoral, infraestruturas

portuárias, praias, alguns complexos balneares e infraestruturas na orla costeira. Na ilha do Porto Santo destaca-se toda a praia, desde a Ponta da Calheta até à zona portuária. A suscetibilidade das populações aumenta devido à elevada densidade antrópica nas zonas ribeirinhas, uma vez que as populações optaram por se estabelecer nas áreas costeiras.

Segundo os cenários intermédios utilizados para as projeções climáticas, prevê-se para o arquipélago da Madeira uma subida do nível médio das águas do mar (NMM) entre 35 e 50 cm até 2100, embora alguns autores projetem, para o cenário mais extremo em termos de emissões de CO<sub>2</sub>, o valor de 75 cm. Assim, de uma forma geral as projeções preveem uma subida do NMM para a região do arquipélago da Madeira o que contribuirá para a redução da largura das praias, o agravamento de situações de galgamentos nas estruturas costeiras e inundações na foz das ribeiras. Os impactes serão mais severos em períodos de coincidência temporal e espacial de tempestades marítimas e cheias (POCMAD).

O arquipélago da Madeira conta com alguns episódios recentes de galgamentos e inundações costeiras, que causaram a destruição de algumas infraestruturas como portos, embarcações de pesca aí abrigadas, muros, esplanadas e infraestruturas de apoio nas áreas litorais. Como ocorrências recentes, temos o galgamento dos portos de abrigo de Santa Cruz, Machico e Funchal em 2013, onde foi registada a morte de um cidadão e a destruição de dezenas de embarcações. No Porto Moniz, a 16 de fevereiro de 2014, um cidadão estrangeiro foi arrastado pelo mar e perdeu a vida. Em 2018, no dia 3 de março, no Garajau, um restaurante situado na praia foi parcialmente destruído pelas ondas do mar.

De forma geral, os passeios marítimos junto ao litoral, praias, zonas de acesso balnear marítimo existentes nas unidades hoteleiras e clubes privados são, sem dúvida, as que mais sofrem em episódios de agitação marítima visto que, apesar de algumas estarem minimamente protegidas com paredões, muralhas e até mesmo enrocamentos, nem sempre são suficientes para deter a massa de água que se abate sobre a costa, especialmente se coincidir com períodos de maré cheia ou marés vivas, causando assim inúmeros estragos nas suas instalações. Felizmente, estas são situações pontuais, mas como a ondulação na região tem um carácter muito energético os estragos resultantes são, por vezes, muito acrescidos e significantes (Silva, G., 2016).



### 5.9.1. Cenário considerado

Vaga de forte ondulação no inverno, que provoca o galgamento e destruição de alguns molhes e portos de abrigo, levando à consequente inundação das zonas mais baixas da costa sul. É aconselhada à população a evacuação das áreas litorais, e as promenades são encerradas ao público. Foram causados danos em embarcações, portos, muros, esplanadas e infraestruturas de apoio localizadas no litoral.

*Grau de probabilidade:* Dado que as inundações e galgamentos costeiros ocorrem anualmente no arquipélago, foi atribuído um **grau de probabilidade elevado**.

*Grau de gravidade:* Tendo em conta os potenciais estragos na orla costeira, onde se acrescem ainda os custos de reconstrução de algumas infraestruturas marítimas e alguns estabelecimentos de acesso ao público, considerou-se um **grau de gravidade moderado**.

*Grau de risco:* Segundo a matriz de risco, que combina os graus de probabilidade e de risco, é obtido um **grau de risco elevado**.

### 5.9.2. Impacte das alterações climáticas

De acordo com os cenários climáticos conhecidos, que identificam a subida do nível médio da água do mar, e a alteração do regime de agitação marítima, o risco de inundações e galgamentos costeiros terá uma maior recorrência.

Prevê-se que a subida do nível das águas do mar até ao fim deste século seja superior a 50 cm, podendo atingir valores da ordem de 1 m acima do nível de 1990 (Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral, 2014). A principal consequência dos galgamentos costeiros será notada no processo erosivo da linha de costa, principalmente em sistemas dunares, como é o caso da ilha do Porto Santo. Na ilha da Madeira as áreas mais suscetíveis serão as áreas de maior densidade construtiva nas zonas litorais, nomeadamente as estruturas de proteção e passeios marítimos.

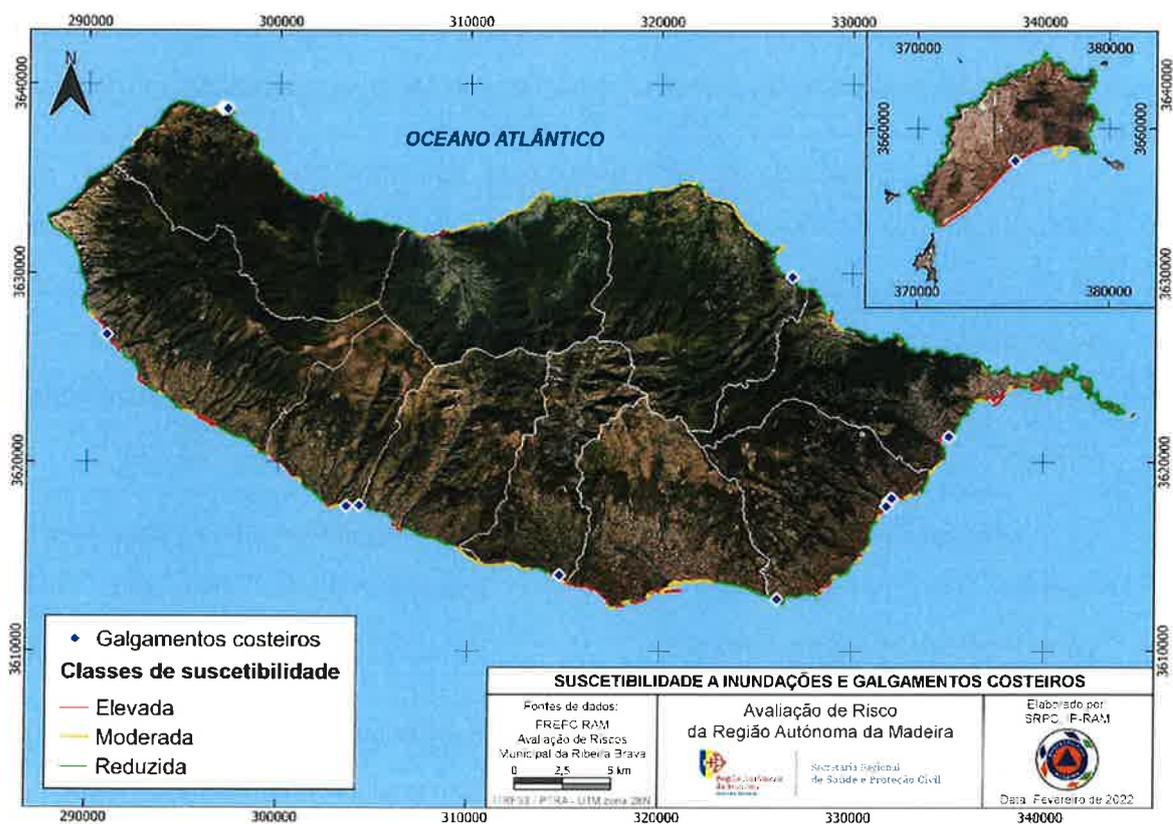


Figura 30 - Suscetibilidade e ocorrências de galgamentos costeiros



## 5.10. ANÁLISE DE RISCO DE INUNDAÇÕES POR TSUNAMI

Um tsunami é uma série de ondas e correntes muito fortes geradas por deformações bruscas do fundo dos oceanos, que podem chegar a terra e afetar zonas costeiras, praias, portos, áreas comerciais e habitacionais, de lazer e outras localizadas na respetiva envolvente durante várias horas. A primeira onda pode não ser a mais gravosa.

Os tsunamis são eventos raros, no entanto acontecem. A principal causa de tsunami está associada à ocorrência de sismos submarinos de forte magnitude, podendo também ser causados por deslizamentos de terras, erupções vulcânicas e impactos de meteoritos.

Após a ocorrência de um sismo com epicentro no fundo do mar, ocorre o deslocamento vertical da coluna de água que vai gerar à superfície uma onda de pequena altura. Essa onda propaga-se depois a grande velocidade em todas as direções. À medida que se aproxima do litoral, a velocidade de propagação da onda diminui e a sua altura aumenta por força da ação de travagem provocada pela plataforma continental. Os tsunamis podem deslocar-se por grandes distâncias, atingindo velocidades superiores a 800 km/h.

Em águas muito profundas, a altura dos tsunamis pode ser inferior a um metro, mas à medida que se aproximam das zonas costeiras pouco profundas, aumentam consideravelmente o seu tamanho.

Os tsunamis podem provocar grandes estragos quando atingem as zonas costeiras dependendo da intensidade com que atingem a costa, sendo que na ilha da Madeira é mais provável que afetem a costa norte dada a atividade sísmica associada à falha Açores-Gibraltar e ao Banco de Gorringe, situados a norte do arquipélago.

O Banco de Gorringe é uma área marinha que se localiza na Zona Económica Exclusiva de Portugal a cerca de 190km da costa algarvia. É um monte submarino de grandes dimensões, que faz parte integrante da cadeia de montes submarinos da Ferradura, que se estende entre a costa de Portugal Continental e o arquipélago da Madeira. O monte surge desde os 5000 m de profundidade até aos picos de aproximadamente 28 m de profundidade e 48 m de profundidade. Situa-se na zona de convergência e colisão das placas africana e euro-asiática, e é considerada uma das estruturas mais relevantes da zona este da falha Açores-Gibraltar

(Correia M., 2013). Historicamente, é onde se localizam os epicentros dos sismos mais violentos ocorridos em Portugal e norte de África, no qual teve origem o grande sismo de 1755, também conhecido por Terramoto de Lisboa de 1755, que afetou outras regiões do país, incluindo o arquipélago da Madeira.

Outra causa de tsunami passível de afetar a região, mas menos provável de acontecer, poderá ser originada por um grande deslizamento gravitacional no flanco oeste do vulcão Cumbre Vieja na ilha de La Palma no arquipélago das Canárias. Este cenário a acontecer, afetaria principalmente a costa sul das ilhas da Madeira e do Porto Santo.

As outras ocorrências de tsunami de que há registo na região, foram devido a movimentos de massa costeiros da própria ilha da Madeira que ao embater na água provocam ondas que atingem as zonas costeiras. Em 1930, devido a um movimento de massa costeiro no Cabo Girão, morreram 19 pessoas em Câmara de Lobos, sendo este o evento mais recente em que há registo de vítimas mortais. De acordo com a Figura 30, as áreas com maior suscetibilidade a serem afetadas por tsunamis localizam-se um pouco por toda a costa madeirense, com maior incidência nos vales das ribeiras e áreas de declives reduzidos junto ao litoral.

Entre os principais elementos expostos localizados em zona de suscetibilidade elevada a tsunamis estão a população, edifícios, equipamentos e infraestruturas. Destacam-se os principais aglomerados urbanos costeiros e os situados nos vales nas proximidades à foz das ribeiras, os portos marítimos e o aeroporto da Madeira.

| ANO  | LOCALIZAÇÃO           | DESCRIÇÃO   |
|------|-----------------------|---|
| 1755 | Madeira e Porto Santo | Segundo o Elucidário Madeirense, houve um recuo do mar de 100 m na costa norte da ilha da Madeira e subida de 5 m no Funchal. Na ilha do Porto Santo, o mar invadiu pela Ribeira do Tanque em cerca de 400 m. |
| 1804 | Ponta do Sol          | Tsunami causado por deslizamento litoral no Lugar de Baixo.   |
| 1891 | Costa Sul             | Tsunami na costa sul da ilha da Madeira provocado por deslizamento litoral na ilha da Deserta Grande.   |



|             |                 |   |
|-------------|-----------------|---|
| <b>1930</b> | Câmara de Lobos | Tsunami de 7-8 m desencadeado por deslizamento no Cabo Girão, que invadiu a Ribeira do Vigário e tirou a vida a 19 pessoas. |
| <b>1994</b> | Porto da Cruz   | Pequeno tsunami no Porto da Cruz originado pelo deslizamento litoral da Penha d'Águia.                                      |

Tabela 13 - Histórico de tsunamis

### 5.10.1. Cenário considerado

Tsunami gerado por um sismo semelhante ao grande sismo de 1755, que ocorre durante o período matinal. Logo após o sismo, e perante a forte probabilidade de ocorrência de um tsunami, grande parte das pessoas localizadas nas zonas costeiras começam a deslocar-se rapidamente para locais mais seguros. Cerca de 40 minutos depois do abalo principal, o tsunami atinge o litoral, e a costa norte é a primeira a ser atingida. Os efeitos destrutivos do tsunami vão para além da linha costeira, invadindo as várias ribeiras da região, e danificam estradas e habitações.

Tendo em conta a quantidade potencial de pessoas em zonas inundáveis, considera-se que em resultado do tsunami, ocorrem dezenas de mortos, feridos e desaparecidos, na sua maioria em resultado do pânico gerado na fuga das zonas costeiras. O número de edifícios/infraestruturas destruídos eleva-se a algumas centenas. Várias viaturas, equipamentos e embarcações são destruídas ou severamente danificadas.

*Grau de probabilidade:* Tendo por base o nível de recorrência de um tsunami com a dimensão do ocorrido em 1755, foi atribuído um **grau de probabilidade baixo**, o que corresponde a um período de retorno superior a 200 anos.

*Grau de gravidade:* Considerando que um tsunami com as características do descrito no cenário afetaria principalmente a costa norte, composta maioritariamente por arribas, foi atribuído um **grau de gravidade moderado**.

**Grau de risco:** De acordo com a matriz de risco, da combinação dos graus de probabilidade e de gravidade do cenário considerado, resulta um **grau de risco moderado**.

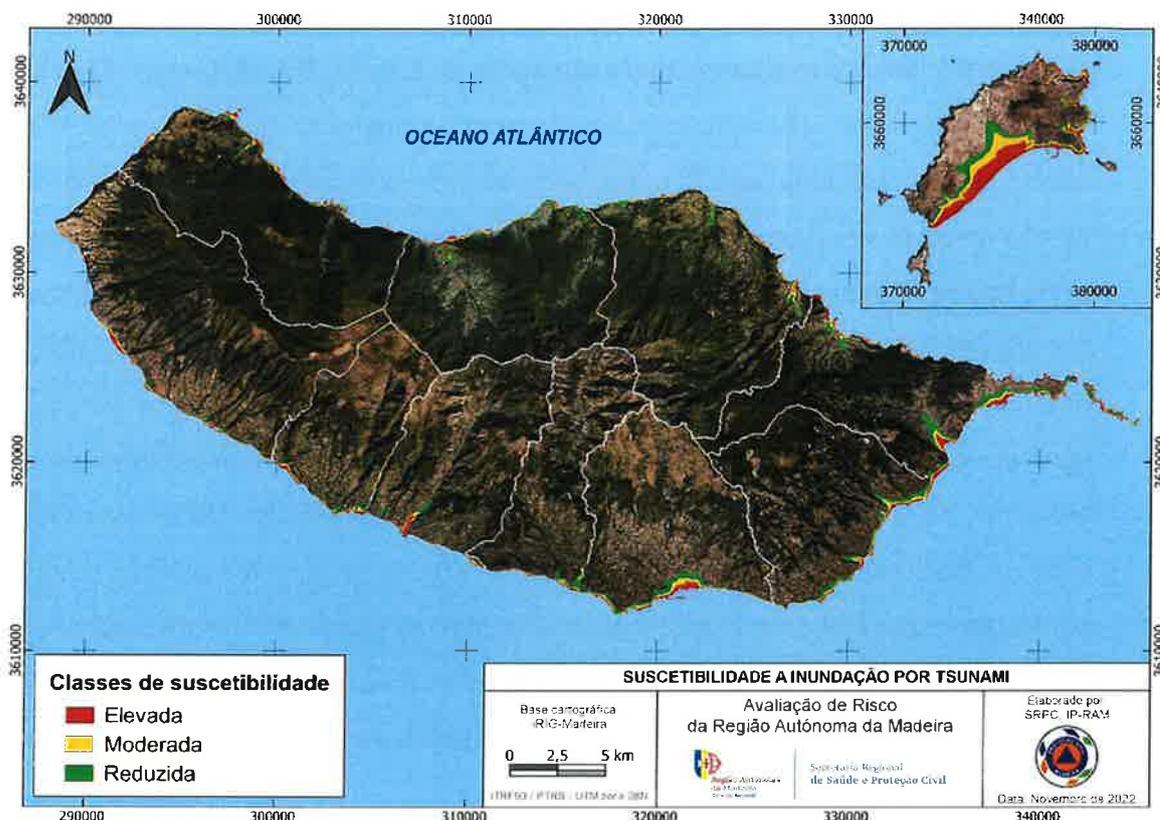


Figura 31 - Carta de suscetibilidade a inundação por tsunami

## 5.11. ANÁLISE DE RISCO SÍSMICO

Sismicidade define-se como a propagação de ondas elásticas através dos materiais terrestres, geradas por perturbações transitórias do equilíbrio elástico, geralmente associadas a movimentações repentinas de falhas ou a períodos de atividade vulcânica.

A ocorrência de atividade sísmica, de natureza tectónica ou vulcano-tectónica, em ilhas oceânicas depende fortemente do seu contexto geodinâmico. A perigosidade sísmica é significativamente superior nas ilhas associadas a fronteiras de placas, como é o caso do arquipélago dos Açores, situado nos limites das placas Euroasiática, Africana e Norte Americana. Os maiores abalos que afetam o arquipélago dos Açores e Portugal Continental,

cujos focos se situam, na maior parte dos casos, na falha Açores – Gibraltar refletem-se na sismicidade no Arquipélago da Madeira (Neves, D. M. F., 2011).

Segundo o IPMA, num raio de 1000 km relativamente ao arquipélago da Madeira, ocorreram quatro macrossismos com magnitudes de 8,5; 8,7; 8,2 e 8,1, entre 63 a.C. e 1975. Nos últimos anos têm sido registados alguns sismos no quadrante sul das ilhas desertas, alguns deles sentidos pela população. Considerando o histórico, é de salientar que a probabilidade de ocorrência de um sismo de grandes dimensões no arquipélago da Madeira é baixa, apesar deste tipo de fenómeno ser praticamente imprevisível. Quanto aos epicentros mais próximos das ilhas da Madeira e do Porto Santo (<100 km) desde 2010, a grande maioria dos sismos tem uma magnitude inferior a 2,0. Desde 2017 foram registados 18 sismos com magnitude igual ou superior a 4,0 na escala de *Richter* com epicentro nas proximidades das ilhas da Madeira e do Porto Santo. Destacam-se os sismos de 7 de março de 2020 (magnitude de 5,2) e de 16 de fevereiro de 2022 (magnitude de 5,0) que foram fortemente sentidos pela população e que atingiram o grau V de intensidade na escala de Mercalli, no entanto, sem causar danos pessoais ou estruturais em habitações e outras infraestruturas. Na Figura 32 estão representados os sismos com magnitude superior a 2,0 desde 2010.

Entre os principais elementos expostos localizados no arquipélago da Madeira, estão os aglomerados urbanos que englobam a população, edifícios, equipamentos, infraestruturas, unidades hospitalares, instalações de serviços e agentes de proteção civil. No que diz respeito a infraestruturas e vias de comunicação, destacam-se os aeroportos, os portos marítimos e a rede viária.

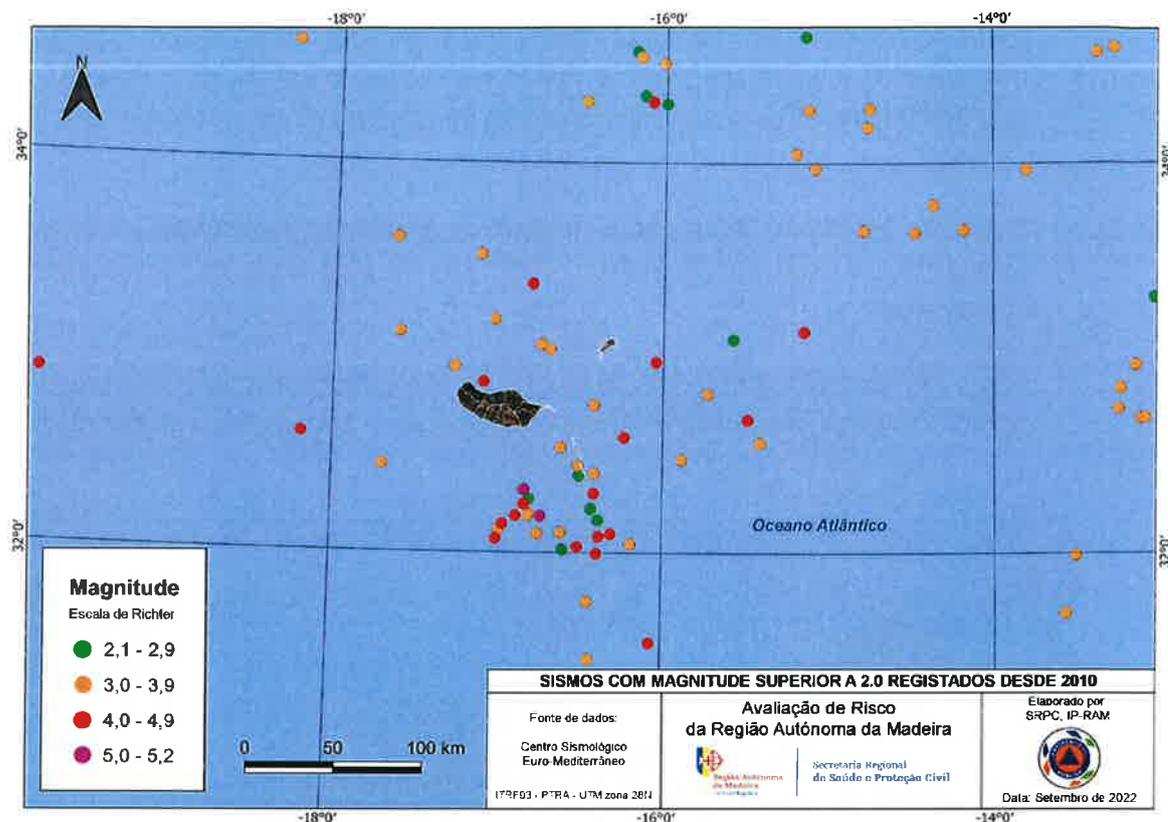


Figura 32 - Epicentros registados nas proximidades das ilhas da Madeira e Porto Santo

### 5.11.1. Cenário considerado

Evento semelhante ao grande sismo de 1755, isto é, ocorrência de um sismo interplaca com epicentro localizado sobre a Falha de Gorringe, cerca de 150 km a Oés-Sudoeste do Cabo de São Vicente e magnitude de 8,7 na escala de Richter.

O abalo principal é sentido na generalidade de Portugal Continental, mas os seus efeitos têm maior intensidade nos distritos a sul do rio Tejo. Nas ilhas da Madeira e do Porto Santo o abalo é sentido com menor intensidade, e causa o pânico na população. Foram registadas dezenas de mortos, estragos em habitações, centenas de feridos e ainda movimentos de massa em vertentes e arribas na ilha da Madeira.

São também sentidas algumas réplicas, onde para além dos efeitos diretos do abalo, também se verifica a ocorrência de deslizamentos de terras e de uma grande quantidade de incêndios resultantes de fugas de gás.

*Grau de probabilidade:* Tendo por base a recorrência de um sismo com magnitude equivalente à estimada para o sismo de 1755, foi atribuído um **grau de probabilidade baixo**, o que corresponde a um período de retorno superior a 200 anos.

*Grau de gravidade:* Considerou-se **grau de gravidade acentuado**, resultante, sobretudo, do número de mortos, feridos e desalojados e da elevada perda financeira.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, da combinação dos graus de probabilidade e de gravidade do cenário, resulta um **grau de risco moderado**.



Figura 33 - Suscetibilidade a risco sísmico na RAM.

## 5.12. ANÁLISE DE RISCO DE ATIVIDADE VULCÂNICA

Uma vez que não existem notícias históricas de manifestações vulcânicas na RAM, a análise do risco de atividade vulcânica consistiu na elaboração de um inventário de ocorrências que de alguma forma mostrassem ter uma possível ligação à presença de

atividade vulcânica. O inventário teve por base os registos descritos na Notícia Explicativa da Carta Geológica da Madeira (Silveira A.B., *et al.*, 2010), referentes a emanações difusas ou concentradas de CO<sub>2</sub> e temperaturas anómalas, através dos quais foi possível traçar o panorama atual de atividade vulcânica na região.

Em relação a estes fenómenos, os autores descrevem vários episódios observados durante obras de abertura de vários túneis rodoviários e hidráulicos: “No primeiro tipo de obras observou-se gás a borbulhar em poças na soleira dos túneis da Ribeira Brava-Ribeira de São Vicente e de Machico-Porto da Cruz, aparentemente não correspondendo a volumes que pudessem constituir risco para os operários e utentes daquelas estruturas. No que se refere aos túneis hidráulicos, existe referência a temperaturas anómalas e mal-estar dos operários durante o escavamento do túnel da Encumeada, situação que se poderá, eventualmente, associar à emanação difusa de volumes reduzidos de dióxido de carbono. O mesmo ocorreu durante a obra da galeria de captação de água da Fajã da Ama, em 2000, na qual se verificou a ocorrência de áreas de desgaseificação significativas. A situação mais crítica ocorreu em março de 2000, aos 1700 m da boca da galeria, quando as perfurações das barrenas na frente de avanço intersetaram uma zona de falha que debitava grandes volumes de dióxido de carbono. Esta situação colocou em risco a vida dos trabalhadores presentes, alguns dos quais perderam os sentidos.

Segundo a Notícia Explicativa da Carta Geológica da Madeira, para além dos episódios de emanação de CO<sub>2</sub> “encontraram-se, também, ocorrências de água a temperaturas superiores às do ambiente, como por exemplo no interior do túnel hidráulico que liga a Ribeira Grande e a Fajã da Nogueira (1.º túnel da levada dos Tornos), no túnel hidráulico que liga a Serra de Água ao Curral das Freiras (túnel do Pico Grande) e no túnel hidráulico que liga São Vicente à Serra de Água (túnel da Encumeada). Este conjunto de ocorrências aponta para a presença de sistemas tectono-vulcânicos ativos.”

Por fim, é referido ainda que “Evidências geomorfológicas sugerem que vários centros eruptivos recentes da ilha da Madeira tenham idades de alguns milhares a poucas dezenas de milhares de anos, como indicam datações recentes, que forneceram idades de 6 a 7 mil anos.”



Considerando que não existem notícias datadas sobre atividade vulcânica eruptiva, e que, dos riscos apresentados é o que apresenta um maior período de retorno, não nos foi possível elaborar um cenário realista e adequado à realidade da região.

*Grau de probabilidade:* Considerado a idade das últimas erupções vulcânicas, foi atribuído um **grau de probabilidade reduzido**.

*Grau de gravidade:* Tendo em conta o histórico recente relacionado com as emanações de CO<sub>2</sub>, foi atribuído um **grau de gravidade reduzido**.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, que combina dos graus de probabilidade e de gravidade, resulta um **grau de risco baixo**



Figura 34 - Suscetibilidade ao risco de atividade vulcânica na RAM



### 5.13. ANÁLISE DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA EM VERTENTE

Os movimentos de vertente são um dos muitos processos naturais que moldam a superfície da terra. Estes movimentos designam um conjunto de fenómenos de rotura e movimento de grandes quantidades de material geológico e vegetal que ocorrem ao longo de um talude ou vertente que podem ter origem natural ou antrópica. A relação entre as cheias e inundações rápidas e movimentos de vertente é estreita, são estes últimos que fornecem ao escoamento a sua carga sólida e, conseqüentemente o seu potencial destruidor. Na ilha da Madeira este fenómeno acontece com frequência.

Ao longo dos anos e com uma frequência elevada, foram identificados alguns casos de pessoas desalojadas, um elevado número de vítimas hospitalizadas e algumas mortes registadas. Estas ocorrências causam estragos em infraestruturas, habitações e terrenos agrícolas, perdas financeiras e originam alguma disrupção na comunidade. Na grande maioria dos casos, os movimentos de massa em vertente ocorrem como acontecimentos isolados que afetam terrenos agrícolas e vias rodoviárias, sem danos pessoais a assinalar.

Através da carta de suscetibilidade a movimentos de massa em vertentes (Figura 35), verifica-se que as áreas de suscetibilidade elevada surgem um pouco por toda a ilha, com maior incidência no sector central, nomeadamente nas freguesias de Curral das Freiras, de Serra de Água e de Ponta do Sol, onde se verificam simultaneamente os declives mais acentuados. Junto ao litoral existem igualmente áreas com suscetibilidade elevada, coincidentes com arribas. São exemplos as freguesias do Porto da Cruz, de Santana, e de São Jorge, e as áreas expostas em praticamente todo o litoral dos concelhos da Calheta e do Porto Moniz.

A suscetibilidade moderada verifica-se com alguma regularidade, à exceção dos principais aglomerados populacionais, como as baixas do Funchal, Santa Cruz, Machico, Santana e São Vicente. No Paúl da Serra e Porto Santo verificam-se maioritariamente áreas de baixa suscetibilidade.

São identificadas as vias rodoviárias em zonas de maior exposição a movimentos de vertente e queda de blocos, localizadas entre São Vicente e Porto Moniz, e entre a Ponta do



Sol e Calheta. É também nestes municípios que se encontram as maiores arribas sobre alguns dos principais itinerários principais (Vias Expresso e Estradas Regionais). Historicamente, a Via Expresso entre São Vicente e Porto Moniz contabiliza um número considerável de movimentos de massa, especificamente a queda de blocos nas vias rodoviárias. Os registos contabilizam mortos, feridos e danos em viaturas.

#### 5.13.1. Cenário considerado

Após um período de precipitação intensa que causou a saturação dos solos, ocorreram alguns movimentos de vertente na costa norte da ilha da Madeira, que tornaram inacessíveis alguns dos principais acessos rodoviários. Foram registados vários feridos e desalojados em consequência da destruição de algumas habitações, além de falhas nas telecomunicações, abastecimento de água e eletricidade.

*Grau de probabilidade:* Tendo em conta que a elevada recorrência e exposição a este tipo de ocorrências, foi atribuído um **grau de probabilidade elevada**.

*Grau de gravidade:* Tendo por base a gravidade de algumas ocorrências de movimentos de massa registadas na ilha da Madeira, que incluíram vítimas mortais e a disrupção do funcionamento normal de infraestruturas essenciais à comunidade, foi atribuído um **grau de gravidade moderado**.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, considerando a combinação dos graus de probabilidade e de gravidade, obtém-se um **grau de risco elevado**.

#### 5.13.2. Impacte das alterações climáticas

Prevê-se que ocorrências relacionadas com movimentos de massa em vertente venham a aumentar como uma consequência direta das alterações climáticas. Com a possibilidade do aumento dos incêndios florestais e das alterações nos padrões de precipitação, os movimentos de massa em vertente poderão ser mais recorrentes.

Os eventos de precipitação intensa são o principal fator da ocorrência de movimentos de movimentos de vertente, conjugados com os fatores orográficos, coberto vegetal e geologia.



Figura 35 - Carta de suscetibilidade a movimentos de massa em vertentes

#### 5.14. ANÁLISE DE RISCO DE EROSIÃO COSTEIRA

O risco de erosão costeira está relacionado com dois fenómenos distintos: erosão costeira na arriba e na sua base. A erosão costeira em arribas traduz-se num movimento descendente de uma massa de rocha ou solo coerente numa arriba litoral, onde o material afetado progride para jusante e para o exterior da arriba. Os movimentos são predominantemente desencadeados por precipitações intensas e/ou prolongadas, sismos, temporais no mar e ações antrópicas, provocando desabamentos, tombamentos e deslizamentos. Relativamente à erosão costeira na base das arribas, esta consiste na diminuição do volume de sedimentos litorais não consolidados, englobando-se as praias e



dunas adjacentes. Ou seja, é entendida como o recuo da linha de costa, verificada quando a taxa de remoção de sedimentos é superior à de deposição.

A orla costeira da ilha da Madeira é maioritariamente composta por arribas e escarpas que ocupam 80% do perímetro da ilha, atingem frequentemente algumas centenas de metros de altura e são intercaladas pelo encaixe de vales profundos, sendo as cotas baixas praticamente inexistentes. O litoral norte é globalmente mais declivoso, embora a arriba mais elevada esteja situada na costa sul, o Cabo Girão, com 580 m de altitude quase a prumo sobre o mar. Excetuando as baías do Funchal e de Machico, as arribas são geralmente interrompidas na foz das principais ribeiras. Relativamente à ilha do Porto Santo, esta possui uma diversidade de paisagens litorais dividida entre uma costa sul composta por areais e dunas, e uma costa norte formada por arribas, recortadas por baías de pequena dimensão.

Em muitas arribas do litoral da ilha da Madeira, a existência de escoadas lávicas permeáveis e fraturadas, aliada à ação erosiva do mar na base das escarpas, são fatores que potenciam a erosão e, em consequência, a ocorrência de desabamentos. A acumulação de material nas áreas costeiras é escassa, e na maioria dos casos é originada pelo desmoronamento de arribas. A título de exemplo, um grande desabamento nas proximidades do Cabo Girão, a 4 de março de 1930, provocou uma onda que invadiu a Ribeira do Vigário em Câmara de Lobos, ou o desabamento verificado em fevereiro de 1992 na arriba da Penha de Água (Porto da Cruz) que originou na base desta, um depósito com cerca de 300 m de diâmetro e 1 800 000 m<sup>3</sup> de volume (Rodrigues & Ayala-Carcedo, 1994). Neste contexto, as áreas com maior suscetibilidade à erosão costeira em arribas situam-se na costa norte, Ponta do Sol, Calheta e Câmara de Lobos. As arribas existentes na ilha do Porto Santo localizam-se praticamente na vertente norte e este da ilha, onde se registaram algumas quedas de blocos e ravinamentos, sendo esta a área com maior suscetibilidade de erosão em arribas.

A erosão costeira na base das arribas, na ilha da Madeira, é menos suscetível no sector norte, onde se verifica um reduzido número de praias. A costa sul é mais afetada, destacando-se a Praia Formosa e o Lugar de Baixo. Relativamente à ilha do Porto Santo, o trecho de praia com maior exposição à erosão costeira na base é o situado a leste da Ribeira da Fontinha. A intensificação dos fenómenos de erosão neste trecho nos últimos anos, poderá ser o resultado do efeito acumulado do défice sedimentar, resultante da redução dos fluxos sólidos das

ribeiras, da alteração hidrodinâmica causada pela infraestrutura portuária, do assoreamento na entrada do porto e da extração de areia e lajedo ao longo da extensão da praia, efetuada no passado (POCPS).

O *Estudo da dinâmica sedimentar da praia do Porto Santo* (FCUL, 2017) refere que a praia do Porto Santo pode apresentar uma tendência de desassoreamento, que embora de pequena magnitude, pode ter-se agravado no passado recente. A esta possibilidade, acresce a incerteza associada aos efeitos que as alterações climáticas poderão ter na evolução da praia.

#### 5.14.1. Cenário considerado

Queda parcial de arriba no litoral norte da ilha da Madeira, que provocou o deslizamento de uma grande quantidade de material para o oceano. Nesta ocorrência não foram registados feridos nem danos materiais.

*Grau de probabilidade:* Tendo por base o nível de recorrência potencial de queda de arribas com características semelhantes às definidas no cenário, foi atribuído um **grau de probabilidade médio**.

*Grau de gravidade:* Considerou-se um **grau de risco residual**, por não serem causados danos pessoais nem materiais.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, da combinação dos graus de probabilidade e de gravidade do cenário, resulta um **grau de risco reduzido**.

#### 5.14.2. Impacte das alterações climáticas

Prevê-se a médio e longo prazo, que o aumento do nível médio do mar tornar-se-á num fator crítico no agravamento da erosão costeira. A análise nos valores médios mensais do nível médio do mar entre 1976 e 2013, a partir dos dados do marégrafo do Funchal, mostrou uma tendência de subida do nível médio do mar de 3,4 mm/ano que, no entanto, é variável conforme o período considerado (POCMAD).



Para além das previsíveis alterações climáticas a nível local, devem ser associadas e assumidas situações extremas (na atmosfera e no mar) com fortes impactes no litoral a que se podem associar períodos de retorno cada vez mais curtos.

As pressões e as alterações locais de origem antrópica sobre a faixa costeira poderão agravar as consequências das alterações climáticas. Estas tendências terão maior impacte no que diz respeito à erosão costeira e estreitamento das praias, transferindo mais energia para o litoral.

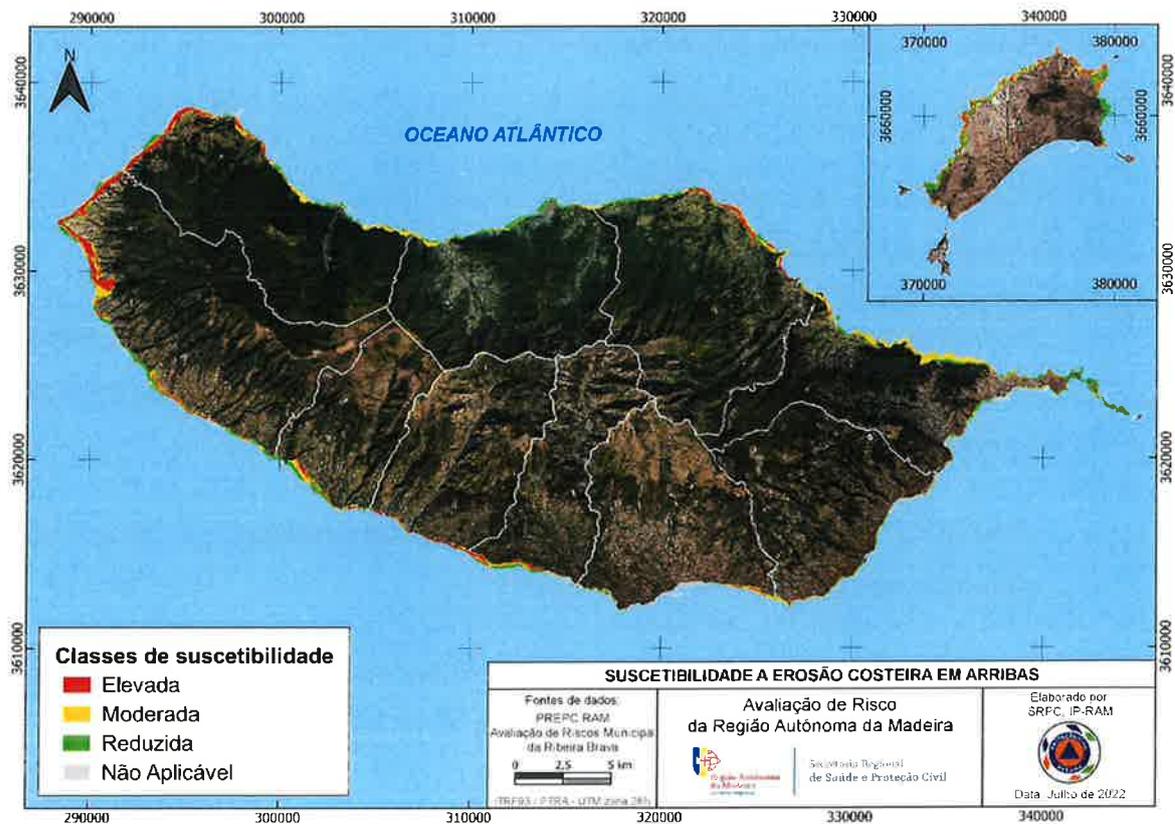


Figura 36 - Suscetibilidade a erosão costeira em arribas

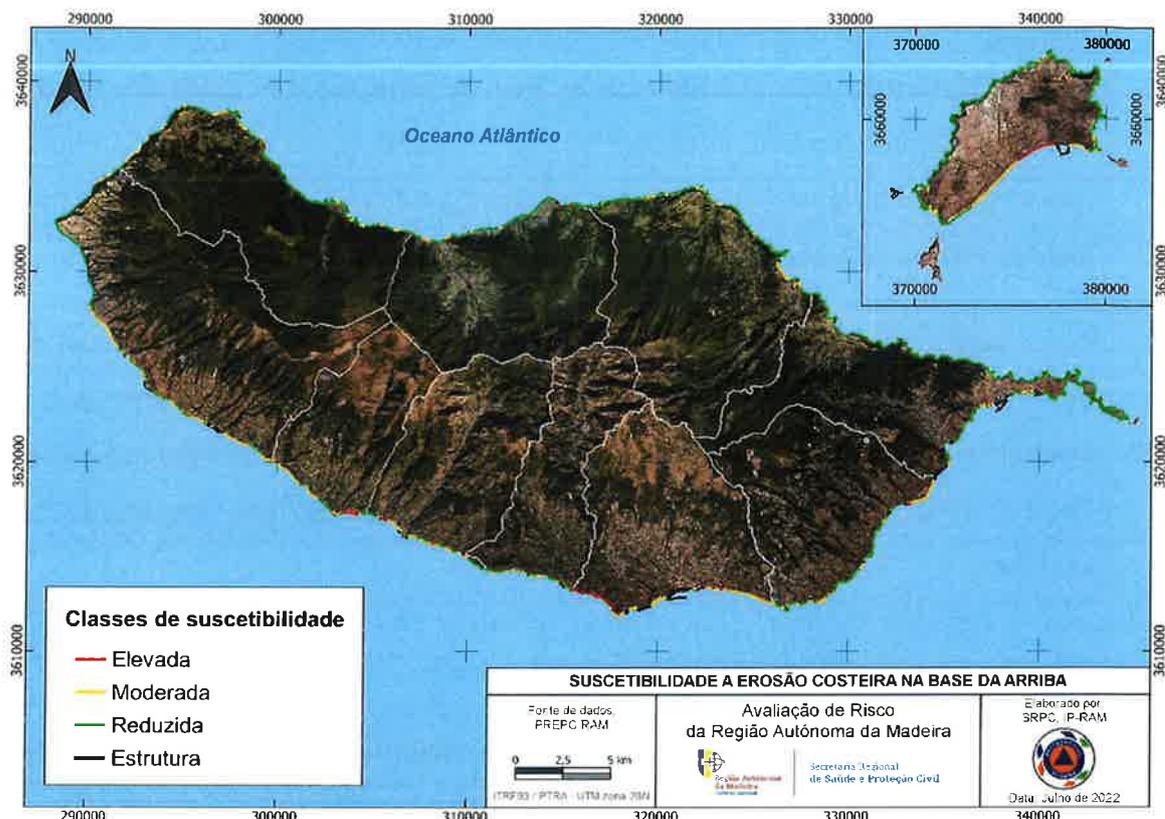


Figura 37 - Suscetibilidade a erosão costeira na base da arriba

## 5.15. ANÁLISE DE RISCO DE COLAPSO DE CAVIDADES SUBTERRÂNEAS NATURAIS

A presença de cavidades subterrâneas naturais encontra-se ligada ao substrato geológico, sendo frequentes em regiões vulcânicas, formadas por esvaziamento de condutas de lava nos períodos de vulcanismo ativo. A metodologia para a avaliação deste risco consistiu na inventariação das cavidades subterrâneas naturais existentes na RAM, onde o colapso do teto e/ou paredes de cavidades subterrâneas naturais, pode ser desencadeado por processos continuados de dissolução, precipitações, sismos ou ações antrópicas. Das cavidades subterrâneas naturais que estão inventariadas, foram apenas georreferenciadas as Grutas de São Vicente e as Furnas do Cavalum, pela sua afluência e dimensões. Em ambas as cavidades, não há registo de colapsos ou derrocadas.

As Grutas de São Vicente são resultado da consolidação de canais de escorrência da lava na sua parte externa, permanecendo o interior oco, por ter terminado a atividade



vulcânica. Formaram-se a partir de uma erupção vulcânica há cerca de 890 mil anos atrás no Paúl da Serra, que veio a descer até ao mar. A parte exterior solidificou rapidamente, enquanto no interior a lava continuava a correr, formando assim uma série de tubos de lava, que constituem as grutas. Existem oito cavidades vulcânicas num desenvolvimento total de mais de 1000 m de comprimento, com uma altura que varia entre os 5 e os 6 m.

As Furnas do Cavalum, localizadas na freguesia de Machico constituem um ponto de interesse, pois são constituídas por quatro grandes grutas escavadas em basalto, cientificamente numeradas de I a IV. À semelhança das Grutas de São Vicente, as Furnas do Cavalum resultam de antigos canais de lava, representando uma importante estrutura geológica.

#### 5.15.1. Cenário considerado

Sismo de magnitude considerável, que determina por razões de segurança, o encerramento temporário das cavidades subterrâneas naturais georreferenciadas. Não há registo de desabamentos, mas é efetuada uma vistoria profunda às condições de segurança dos materiais no interior das cavidades.

*Grau de probabilidade:* Devido à pouca frequência de registos históricos desta natureza, é atribuído um **grau de probabilidade baixo**.

*Grau de gravidade:* Considerando que não houve danos pessoais nem materiais, é atribuído um **grau de gravidade reduzido**.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, da combinação dos graus de probabilidade e de gravidade do cenário considerado, resulta um **grau de risco baixo**.

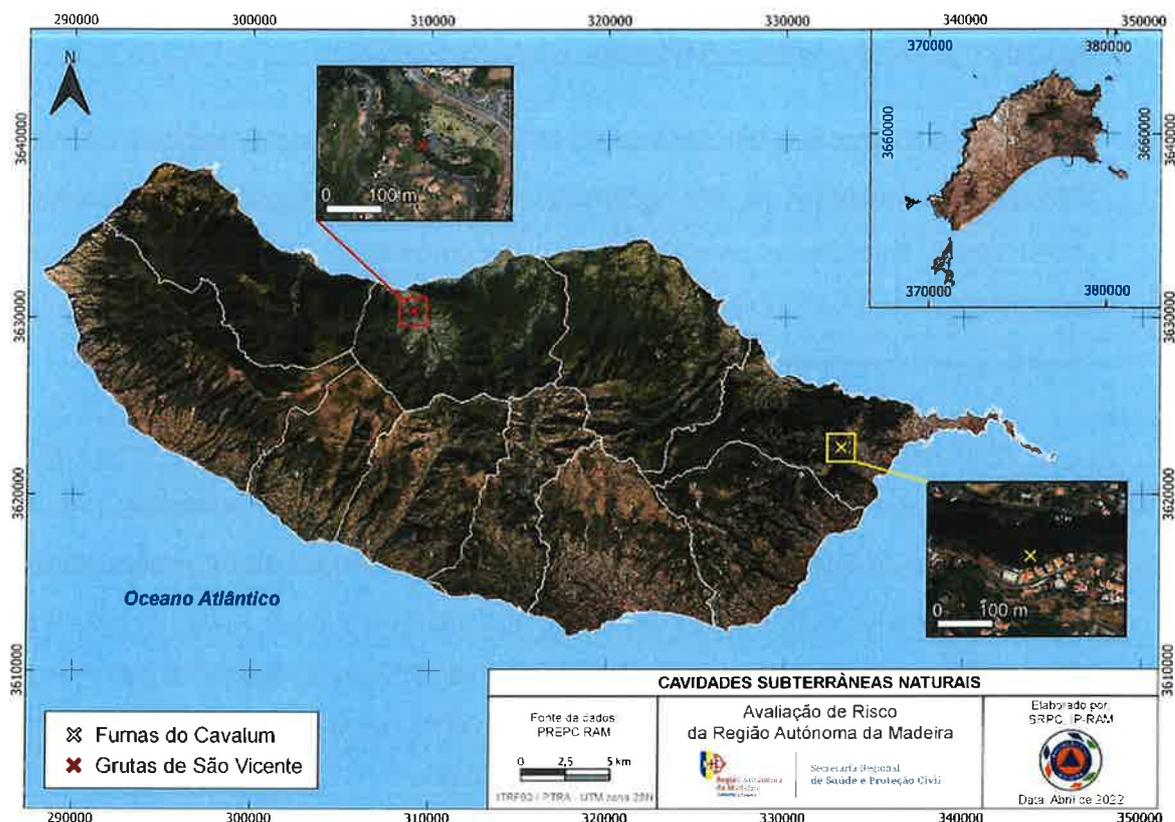


Figura 38 - Cavidades subterrâneas naturais georreferenciadas

## 5.16. ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES RODOVIÁRIOS, AÉREOS E MARÍTIMOS

Segundo a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, um acidente rodoviário corresponde a uma ocorrência na via pública ou que nela tenha origem envolvendo pelo menos um veículo, do conhecimento das entidades fiscalizadoras e da qual resultem vítimas e/ou danos materiais.

Em relação aos acidentes aéreos, estes são definidos pela Autoridade Nacional de Aviação Civil, como um evento associado à operação de uma aeronave, no qual uma ou mais pessoas é grave ou fatalmente ferida, a aeronave tenha sofrido falhas e/ou danos na estrutura, e/ou tenha desaparecido ou ficado totalmente inacessível. Os acidentes aéreos

constituem um risco com potencial para gerar danos críticos ao nível da população, devido ao elevado número de mortos e feridos que podem provocar.

De acordo com o Gabinete de Prevenção e de Investigação de Acidentes Marítimos, um acidente marítimo é um acontecimento ou uma sequência de acontecimentos diretamente relacionados com as operações de um navio ou embarcação, com exceção de atos deliberados, com o objetivo de provocar danos à segurança de um navio ou embarcação, de uma pessoa ou do ambiente.

Em relação aos acidentes rodoviários, na segunda metade do século XX, com o crescimento do mercado automóvel, estes começaram a aumentar. As sinuosas acessibilidades, e ainda a ausência de sistemas eletrónicos nas viaturas capazes de aumentar a sua segurança, foram outros fatores que desencadearam o aumento do número de acidentes. De acordo com os dados fornecidos pela PSP, na RAM verifica-se uma tendência crescente de 1976 até 2002, atingindo o pico de 5955 acidentes nesse ano. De 2003 a 2012 seguiu-se um decréscimo, e novo aumento até 2018.

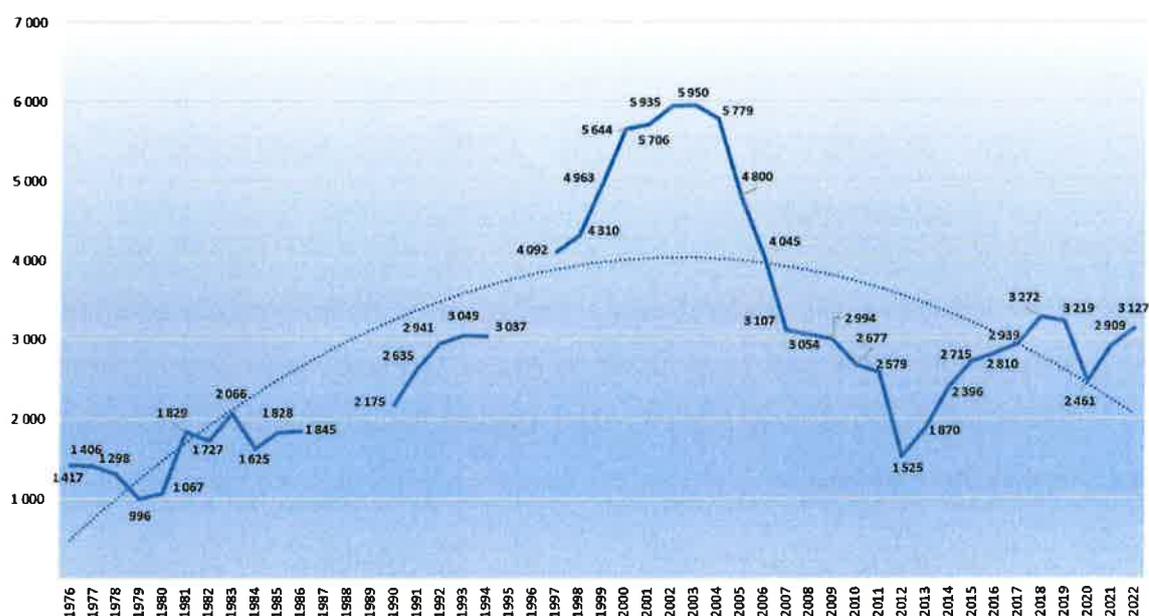


Figura 39: Total de acidentes rodoviários comunicados à PSP na RAM – 1976-2022. Fonte: PSP

Os sistemas eletrónicos de segurança vieram reduzir substancialmente o número de acidentes a partir do século XXI, tendo-se registado a partir de 2003, embora com algumas oscilações, um decréscimo.

Mais recentemente, recorde-se que no ano de 2021, com o levantamento de restrições à circulação impostas para controlo da pandemia, verificou-se um aumento da sinistralidade de 18,2%, registando-se em 2022 um novo aumento (+7,5%), sendo que ainda assim o número total de acidentes é ligeiramente inferior ao registado em 2019 (-92 acidentes, correspondente a -2,9%). Em 2022 a PSP registou 3127 acidentes, mais 218 do que em 2021, sendo que em 888 desses acidentes existiram vítimas.

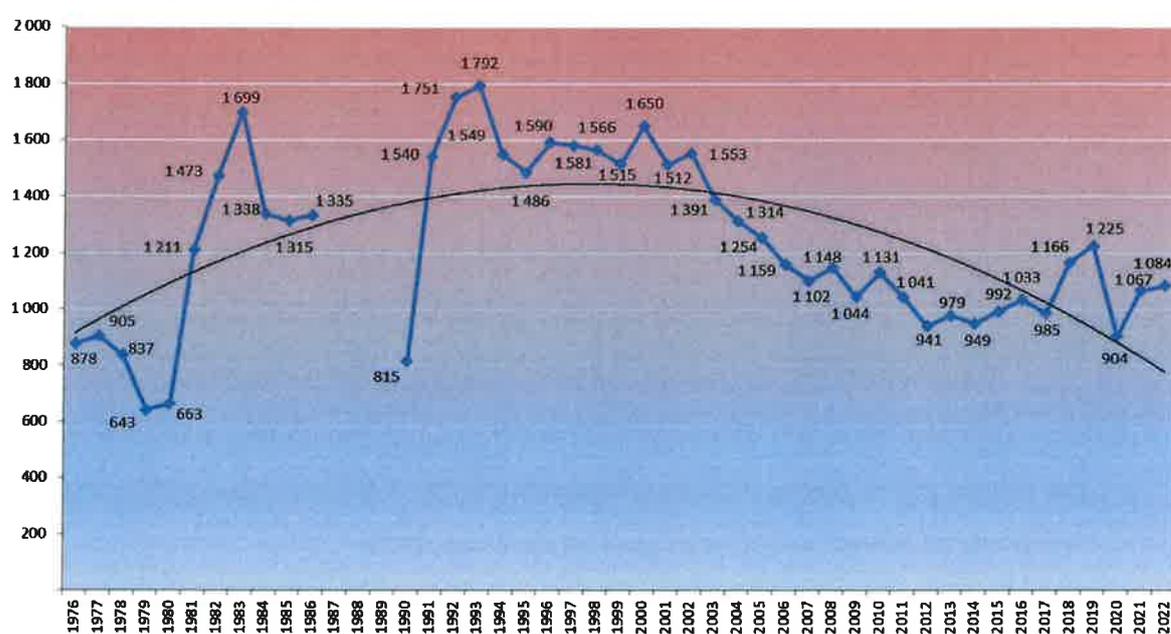


Figura 40: Total de vítimas causadas em acidentes rodoviários - 1976-2022. Fonte: PSP

Segundo os dados fornecidos pela PSP, o maior número de vítimas mortais registadas num só ano foi de 47, em 1992. No ano seguinte, com a introdução da obrigatoriedade do uso do cinto de segurança, foram registados 28 mortos nas estradas madeirenses. Com o decorrer dos anos, o parque automóvel da RAM foi sendo gradualmente renovado, e o número de mortes apresenta uma tendência decrescente. De notar que em 2019, um único acidente com um autocarro, provocou 29 mortos e 27 feridos.

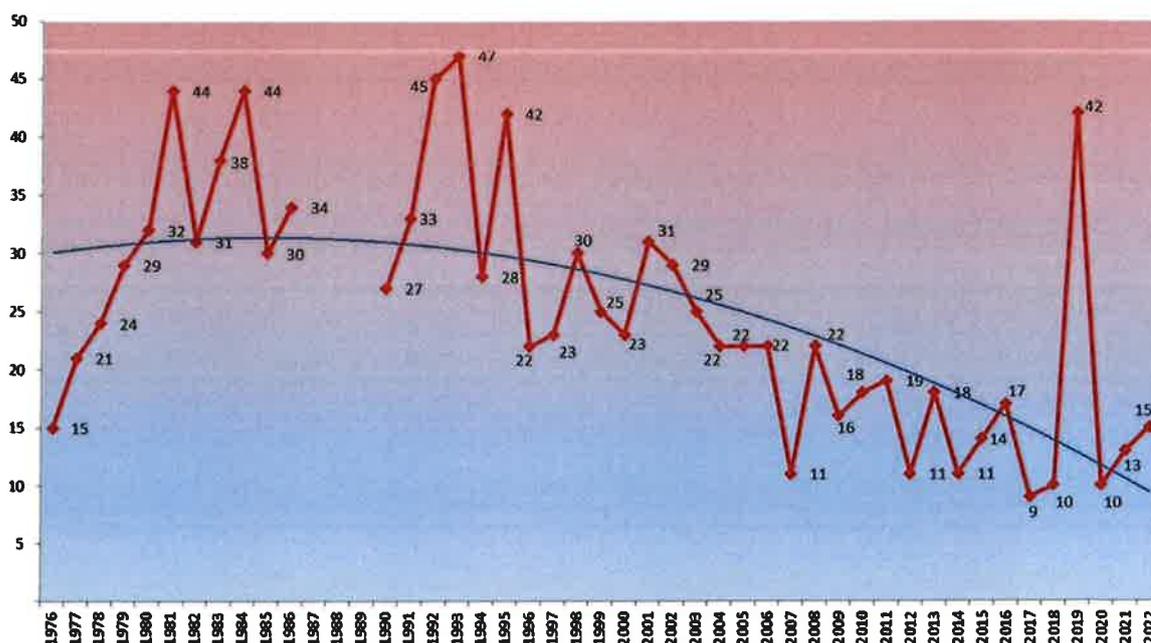


Figura 41: Total de vítimas mortais em acidentes rodoviários – 1976-2022. Fonte: PSP

O número de vítimas seguiu também a tendência verificada no número de acidentes, com a viragem do século. O ano de 2022 registou um aumento face a 2021, com a exceção dos feridos graves, verificando-se uma diminuição de 7 feridos graves (-9%). Ainda assim, o número total de vítimas é inferior aos registados em 2019.

| Nº de Vítimas de acidentes de viação           | 2019        | 2020       | 2021        | 2022        | dif <sup>a</sup> |
|--|-------------|------------|-------------|-------------|------------------|
| Feridos Ligeiros                               | 1071        | 827        | 975         | 999         | 24               |
| Feridos Graves                                 | 112         | 67         | 77          | 70          | -7               |
| <b>Subtotal de Feridos</b>                     | <b>1183</b> | <b>894</b> | <b>1052</b> | <b>1069</b> | <b>17</b>        |
| Vítimas Mortais                                | 42          | 10         | 13          | 15          | 2                |
| <b>Total de Vítimas de acidentes de viação</b> | <b>1225</b> | <b>904</b> | <b>1065</b> | <b>1084</b> | <b>19</b>        |

Tabela 14: Total de vítimas em acidentes de viação. Fonte: PSP

Quanto à tipologia de acidente, 74% foram colisões, 21% despistes e 5% atropelamentos. Quanto aos acidentes com vítimas, o peso relativo dos despistes aumenta para 38% e dos atropelamentos para 13%.

Quanto à distribuição das vítimas de acidentes por concelho, verifica-se que no geral, acompanha percentualmente a distribuição da população residente em cada município da



RAM, com exceção dos municípios do Funchal e Porto Santo, cujo peso relativo é, respetivamente, 6,3% e 2,7% superior ao peso relativo da sua população.

| Concelhos          | Acidentes com vítimas | Acidente só com danos materiais | Total geral |
|--------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------|
| Calheta            | 30                    | 110                             | 140         |
| Câmara de Lobos    | 85                    | 220                             | 305         |
| Funchal            | 459                   | 884                             | 1343        |
| Machico            | 48                    | 165                             | 213         |
| Ponta do Sol       | 14                    | 83                              | 97          |
| Porto Moniz        | 13                    | 44                              | 57          |
| Porto Santo        | 38                    | 30                              | 68          |
| Ribeira Brava      | 49                    | 156                             | 205         |
| Santa Cruz         | 123                   | 442                             | 565         |
| Santana            | 13                    | 57                              | 70          |
| São Vicente        | 16                    | 48                              | 64          |
| <b>Total Geral</b> | <b>888</b>            | <b>2239</b>                     | <b>3127</b> |

Tabela 15: Número total de acidentes por concelho em 2022. Fonte: PSP.

Os 3127 acidentes provocaram 1084 vítimas. Se atendermos à gravidade das vítimas, constata-se que os despistes são responsáveis por 40% das vítimas mortais e de 47% dos feridos graves. Sendo que os atropelamentos provocam 20% das vítimas mortais.

| Acidentes com vítimas | Tipo de acidentes  | Vítimas mortais | Feridos graves | Feridos ligeiros | Total de vítimas |
|-----------------------|--------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|
| 119                   | Atropelamento      | 3               | 9              | 116              | 128              |
| 434                   | Colisão            | 6               | 28             | 512              | 546              |
| 335                   | Despiste           | 6               | 33             | 371              | 410              |
| <b>888</b>            | <b>Total Geral</b> | <b>15</b>       | <b>70</b>      | <b>999</b>       | <b>1084</b>      |

Tabela 16: Número e tipologia de vítimas causadas por acidentes rodoviários em 2022. Fonte: PSP.

Regista-se como fator positivo, o facto de no concelho do Funchal o agravamento no peso relativo das vítimas verificar-se apenas nos feridos ligeiros (+7 pontos percentuais), verificando-se que o peso relativo das vítimas mortais e dos feridos graves são 15 pontos percentuais e 5 pontos percentuais inferiores ao peso relativo da sua população.



Como aspeto negativo realça-se o número de feridos graves no concelho do Porto Santo e das vítimas mortais na Ribeira Brava e em Santa Cruz, com pesos relativos superiores ao peso relativo das respetivas populações.

| Concelhos          | Vítimas Mortais | Feridos graves | Feridos Ligeiros |
|--------------------|-----------------|----------------|------------------|
| Calheta            | 0               | 0              | 41               |
| Câmara de Lobos    | 2               | 8              | 104              |
| Funchal            | 4               | 26             | 496              |
| Machico            | 1               | 6              | 56               |
| Ponta do Sol       | 1               | 1              | 14               |
| Porto Moniz        | 0               | 1              | 14               |
| Porto Santo        | 1               | 12             | 39               |
| Ribeira Brava      | 2               | 6              | 56               |
| Santa Cruz         | 4               | 4              | 147              |
| Santana            | 0               | 3              | 12               |
| São Vicente        | 0               | 3              | 20               |
| <b>Total Geral</b> | <b>15</b>       | <b>70</b>      | <b>999</b>       |

Tabela 17: Distribuição das vítimas causadas em acidentes rodoviários por concelho em 2022. Fonte: PSP

Para a representação cartográfica dos acidentes rodoviários por gravidade foram georreferenciadas as ocorrências, a partir da listagem cedida pela PSP, entre janeiro de 2009 e julho de 2013, cujo indicador de gravidade (IG) fosse superior a 10. O cálculo deste indicador foi obtido pela fórmula disponibilizada no relatório de sinistralidade da ANSR (2009):  $IG = 100 \times M + 10 \times FG + 3 \times FL$ , em que M é o número de mortos, FG o de feridos graves e FL o de feridos leves. As classes de gravidade foram definidas através da classificação dos acidentes por indicador de gravidade. Desta forma resultaram três classes com os seguintes parâmetros:

1. Gravidade Baixa – acidentes rodoviários com IG entre 11 e 22
2. Gravidade Moderada – acidentes rodoviários com IG entre 23 e 48
3. Gravidade Elevada – acidentes rodoviários com IG entre 49 e 400

A distribuição espacial dos acidentes rodoviários representada na Figura 42, permite identificar as estradas, ou locais críticos, onde os acidentes são mais frequentes. A sua diferenciação por grau de gravidade permite constatar que os concelhos da Ribeira Brava, Funchal e Machico são aqueles que para além de registarem o maior número de ocorrências,

são também os concelhos com o índice de gravidade mais elevado (com destaque para o Funchal), que se deve, em grande parte, à considerável concentração de tráfego que ali se movimenta diariamente. Por oposição, verifica-se que os concelhos de Porto Moniz e Santana são aqueles que registaram menor número de acidentes e consequentemente menores índices de gravidade, verificando-se que nos dois concelhos existem apenas acidentes de gravidade baixa. De uma forma geral é também possível verificar à partida que os acidentes de gravidade elevada ocorrem na sua maioria em vias rápidas, túneis ou troços principais, sendo que os acidentes de gravidade baixa, em geral atropelamentos e pequenas colisões, ocorrem em estradas locais. Em relação à ilha do Porto Santo, o número de acidentes é bastante inferior, no entanto registou-se no período estudado 3 acidentes de gravidade elevada, ocorridos em estradas regionais.



Figura 42 - Localização dos acidentes rodoviários no período 2009 – 2013.

Em relação aos acidentes aéreos, as ocorrências são bastante inferiores, verificando-se na Tabela 18 apenas 11 ocorrências entre 1958 e 2011, das quais se registam apenas 5 acidentes com vítimas. O ano de 1977 destaca-se pela ocorrência de dois acidentes, sendo que o mais trágico (19 de novembro) provocou 131 vítimas mortais e 33 feridos graves.



Com base nos registos de ocorrências anteriormente mencionados, verifica-se que dos dois locais referidos, o Aeroporto da Madeira é aquele que tem mais acidentes aéreos associados ao longo dos anos.

| Data       | Descrição                                      | Local                                | Nº de mortos | Nº de feridos graves |
|------------|--|--------------------------------------|--------------|----------------------|
| 09/11/1958 | Acidente com Hidroavião - CS-THB               | Desaparecido entre Lisboa e Funchal  | 36           | 0                    |
| 19/11/1977 | Acidente com Boeing 727 - CS-TBR               | Proximidades do Aeroporto da Madeira | 131          | 33                   |
| 18/12/1977 | Acidente com Super Caravelle - HB-ICK          | Proximidades do Aeroporto da Madeira | 36           | 21                   |
| 24/07/1991 | Acidente com Piper PA-34 - CS-ARM              | Funchal                              | 2            | 0                    |
| 18/04/2001 | Acidente com Airbus A321 - G-VOLH              | Aeroporto da Madeira                 | 0            | 0                    |
| 11/09/2003 | Acidente com Beechcraft B200 King Air - N600BV | Aeroporto da Madeira                 | 10           | 0                    |
| 02/01/2004 | Incidente com Airbus A320 - CS-TQE             | Aeroporto da Madeira                 | 0            | 0                    |
| 30/10/2005 | Incidente de placa com Airbus A320 - OY-VKM    | Aeroporto da Madeira                 | 0            | 0                    |
| 29/11/2007 | Incidente com Airbus A320 - CS-TKK             | Aeroporto da Madeira                 | 0            | 0                    |
| 27/05/2008 | Incidente com Boeing B-737/300F - EC-KDJ       | Aeroporto da Madeira                 | 0            | 0                    |
| 20/06/2011 | Incidente com Airbus A320 - CS-TKJ             | Aeroporto da Madeira                 | 0            | 0                    |

Tabela 18 - Histórico de acidentes aéreos

Relativamente aos acidentes marítimos, as ilhas da Madeira e do Porto Santo foram afetadas por um acidente causado pelo navio petroleiro Aragon, no dia 30 de dezembro de 1989, a cerca de 100 milhas a NE da Madeira. Um derrame de 25-30 mil toneladas de crude do petroleiro espanhol, provocou uma enorme maré negra na ilha do Porto Santo. Com origem numa avaria técnica e, face às tempestades que afetavam a região na altura, uma fratura na estrutura metálica afetada pela corrosão terá cedido, tendo-se perdido por aí praticamente toda a carga. Este foi um dos maiores desastres ambientais a atingir o país.

As manchas de crude abandonadas pelo navio, progrediram lentamente na direção NE-SO, tendo os primeiros relatos da chegada da maré negra à ilha do Porto Santo surgido na segunda quinzena do mês de janeiro de 1990, e dois dias depois, no litoral da ilha da Madeira, numa faixa compreendida entre o Porto da Cruz e o Porto Moniz.

Como consequência deste acidente, as praias do Norte e Nordeste da ilha do Porto Santo foram as mais deterioradas. A cobertura negra apresentou, em algumas áreas da ilha do Porto Santo, uma espessura de 40 cm por uma extensão de 20 km de comprimento. Dos principais constrangimentos associados à população, destacam-se o encerramento do mercado de peixe e a desativação da central dessalinizadora, fornecedora de água na ilha do Porto Santo.

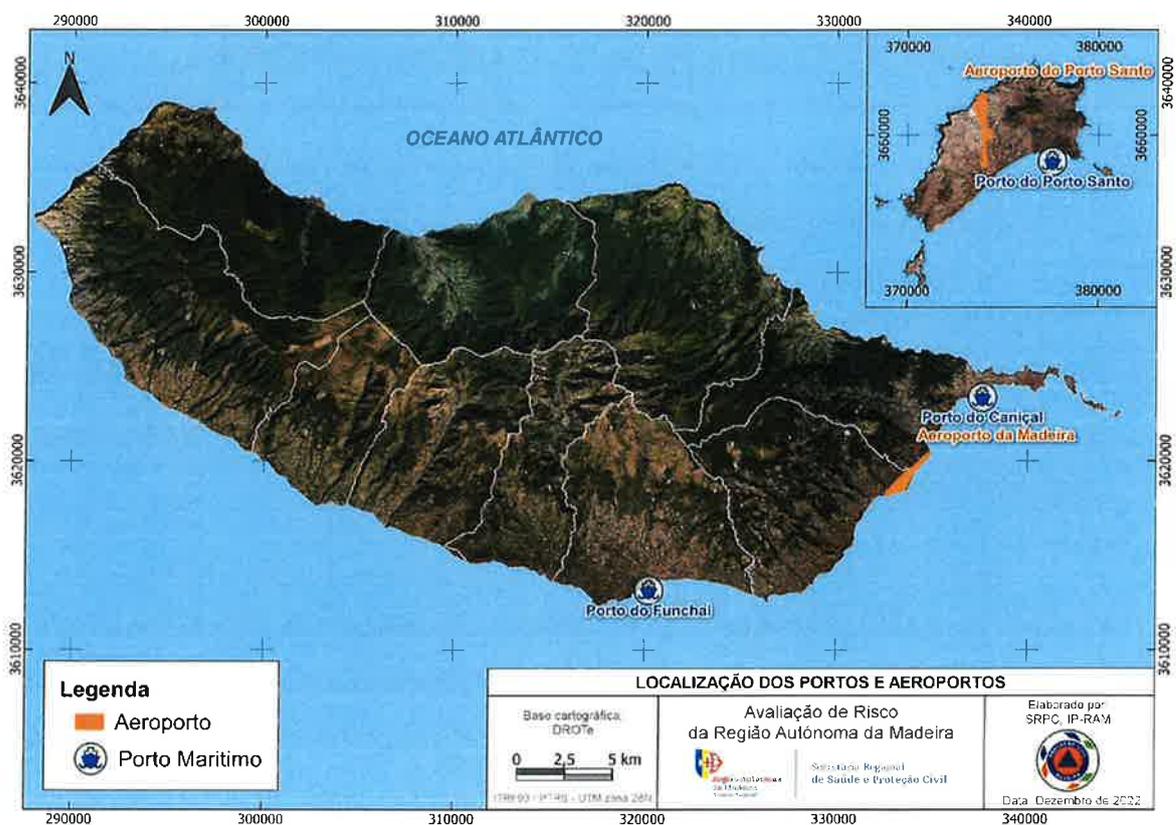


Figura 43 - Localização dos Portos e Aeroportos

### 5.16.1. Cenário considerado

Considerando a discrepância de ocorrências entre os tipos de acidentes analisados neste risco, não é possível elaborar um cenário realista que reúna as três tipologias. Optou-se por apresentar os graus de probabilidade, de gravidade e de risco sem o respetivo cenário.



*Grau de probabilidade:* Devido ao elevado número de acidentes rodoviários, número reduzido de acidentes aéreos, e ausência de acidentes marítimos, é atribuído um **grau de probabilidade médio-alto**.

*Grau de gravidade:* Considerou-se **grau de gravidade reduzido**, resultante do número de vítimas-padrão e da disrupção no funcionamento da comunidade com alguma perda financeira.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, da combinação dos graus de probabilidade e de gravidade, resulta um **grau de risco moderado**.

## 5.17. ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES NO TRANSPORTE TERRESTRE DE MERCADORIAS PERIGOSAS

O transporte terrestre de mercadorias perigosas constitui um risco devido à possibilidade de ocorrência de acidentes que envolvam a libertação não controlada da mercadoria perigosa transportada.

Os acidentes no transporte terrestre de mercadorias perigosas podem ocorrer em via rodoviária, podendo distinguir-se o seu nível de suscetibilidade de acordo com a sua tipologia, se ocorrem em túneis, intensidade de circulação e histórico de acidentes. Consideram-se de suscetibilidade elevada os troços rodoviários onde já ocorreram acidentes com o transporte de mercadorias perigosas sendo a restante rodovia, onde se localizam esses troços, considerada de suscetibilidade moderada.

Este estudo teve por base a localização dos Postos de Abastecimento de Combustível e de GPL. Foram igualmente utilizados os dados fornecidos pelo Núcleo de Armas e Explosivos do Comando Regional da Madeira da Polícia de Segurança Pública, relativos à localização das empresas de pirotecnia e respetivos trajetos utilizados no acompanhamento no transporte de explosivos referentes aos estabelecimentos de armazenagem de produtos explosivos desde o porto do Caniçal, concelho de Machico, até ao local de destino. Quanto aos restantes percursos, as rotas de circulação e a frequência são difíceis de determinar porque, de uma



forma geral, não obedecem a um plano estipulado. Assim, as rotas aqui apresentadas (exceto as da PSP), são meramente indicativas, privilegiando-se as principais rodovias, salvo as restrições ao trânsito específicas para este tipo de transporte.

Na ilha da Madeira destacam-se as Vias Expresso e a VR1, e na ilha do Porto Santo, destaca-se a ER120, que liga o porto de Vila Baleira à Camacha. A Figura 44 representa as rotas de circulação, desde os respetivos pontos de saída até aos locais de descarga. Optou-se por diferenciar na representação o trajeto entre o porto marítimo do Caniçal e a Unidade Autónoma de Gás Natural dos Socorridos, pelas elevadas quantidades de gás natural transportadas.

Nos acidentes no transporte terrestre de mercadorias perigosas, considera-se que os principais elementos expostos são os motoristas dos veículos rodoviários envolvidos e ainda os aglomerados habitacionais que se localizem na proximidade dos itinerários utilizados neste tipo de transporte. São ainda de referir as rodovias e portos, utilizadas neste tipo de transporte, principalmente os túneis e os elementos que se localizam nas proximidades de estabelecimentos *Seveso*.

#### 5.17.1. Cenário considerado

Ocorrência de um acidente rodoviário de transporte de mercadorias perigosas. Considerou-se o despiste de um camião-cisterna transportando combustível na via rápida. Deste evento resultam danos na viatura acidentada e via de circulação, verificando-se a fuga do componente para a atmosfera com explosão, incêndio e formação de nuvem tóxica. No que diz respeito a vítimas humanas, ocorrem um morto e alguns feridos, verificando-se ainda a necessidade de encerramento de algumas vias rodoviárias.

*Grau de probabilidade:* Foi atribuído um **grau de probabilidade média-baixa**, por não existirem registos de ocorrências ou razões que levem a estimar que ocorram acidentes neste género de transportes.

*Grau de gravidade:* Foi considerado um **grau de gravidade reduzido** tendo em conta as proporções espaciais no caso de acidente.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, que combina os graus de gravidade e de probabilidade, foi atribuído um **grau de risco baixo**.

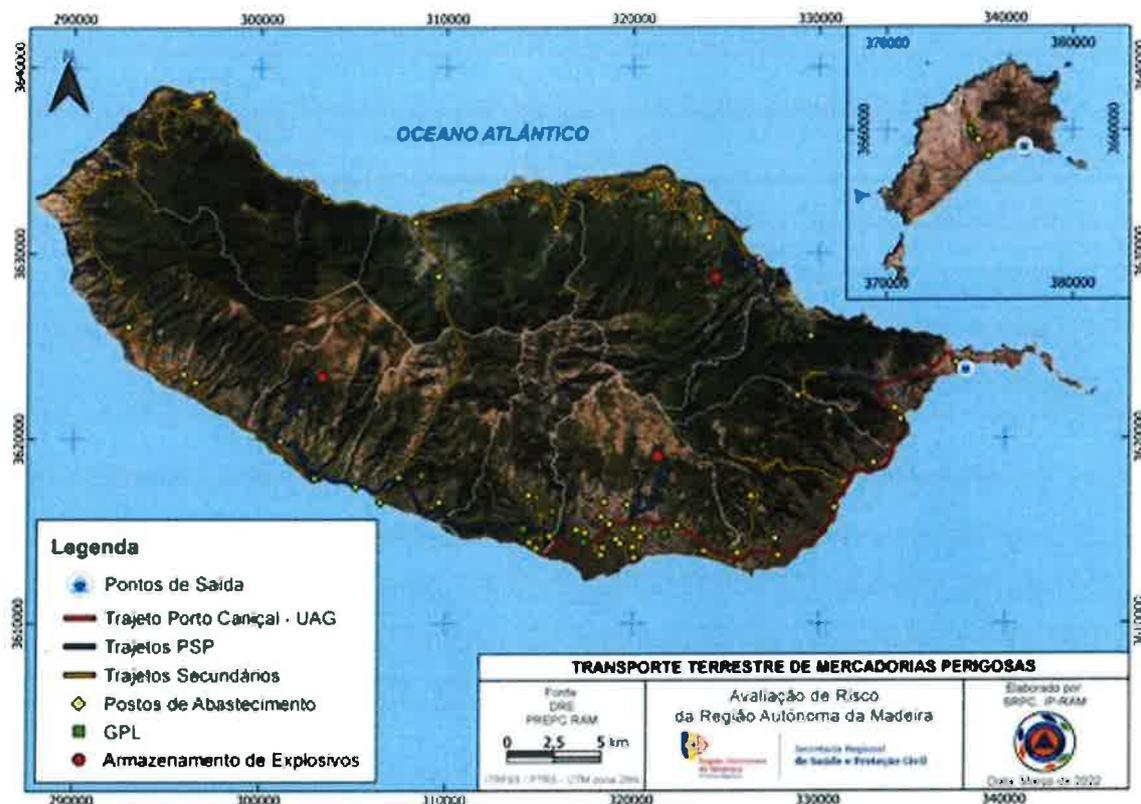


Figura 44 - Transporte terrestre de mercadorias perigosas e respetivos estabelecimentos

## 5.18. ANÁLISE DE RISCO DE COLAPSO DE TÚNEIS, PONTES E OUTRAS INFRAESTRUTURAS

O colapso de túneis, pontes e outras infraestruturas é um fenómeno que, embora não ocorra com frequência, merece ser alvo de análise pelas consequências gravosas que dele podem resultar. A época de construção das infraestruturas, o tipo de estrutura e o volume de tráfego são alguns dos fatores condicionantes deste fenómeno. A manutenção e a verificação regular do estado de conservação deste tipo de infraestruturas torna-se essencial no sentido de prevenir e mitigar os riscos e consequências associadas. No entanto, e recorrendo ao histórico recente da RAM, os colapsos nestas infraestruturas estão relacionados com as cheias e inundações rápidas, que afetam especificamente as pontes rodoviárias e pedonais, e no caso do colapso de túneis, os movimentos de massa em vertentes.

No dia 2 de março de 1984, um forte temporal atingiu a costa norte, levando a que a ponte antiga do Faial não resistisse à intensidade do caudal da ribeira, acabando por destruir 4 dos seus 7 arcos. Também pelos mesmos motivos, entre os dias 19 e 20 de outubro de 1997, a antiga ponte da Ribeira dos Socorridos ficou parcialmente destruída e a ponte de acesso à Estação de Tratamento de Água dos Tornos ruiu. Mais recentemente, devido aos acontecimentos do dia 20 de fevereiro de 2010, várias pontes foram destruídas, sendo necessárias pontes militares para restabelecer, temporariamente alguns dos acessos rodoviários afetados.

Relativamente ao colapso de túneis, destaca-se o colapso do Túnel das Sete Janelas, no Seixal, a 17 de outubro de 2008. A arriba onde estava inserido o túnel colapsou, e provocou o encerramento da antiga estrada regional que ligava São Vicente ao Seixal.

#### 5.18.1. Cenário considerado

Devido às precipitações intensas registadas ao longo de vários dias, os caudais de algumas ribeiras galgam as margens e deixam um rasto de destruição ao longo do seu percurso. Foram destruídas quatro pontes na ilha da Madeira, uma rodoviária e três pedonais.

*Grau de probabilidade:* Tendo por base o histórico de ocorrências apenas relacionadas com colapso de pontes ou viadutos, foi atribuído um **grau de probabilidade médio**.

*Grau de gravidade:* Considerando que o colapso destas infraestruturas não causa danos diretos às populações, foi atribuído um **grau de gravidade reduzido**.

*Grau de risco:* Com a combinação dos graus de probabilidade e de gravidade do cenário considerado, foi atribuído um **grau de risco reduzido**.

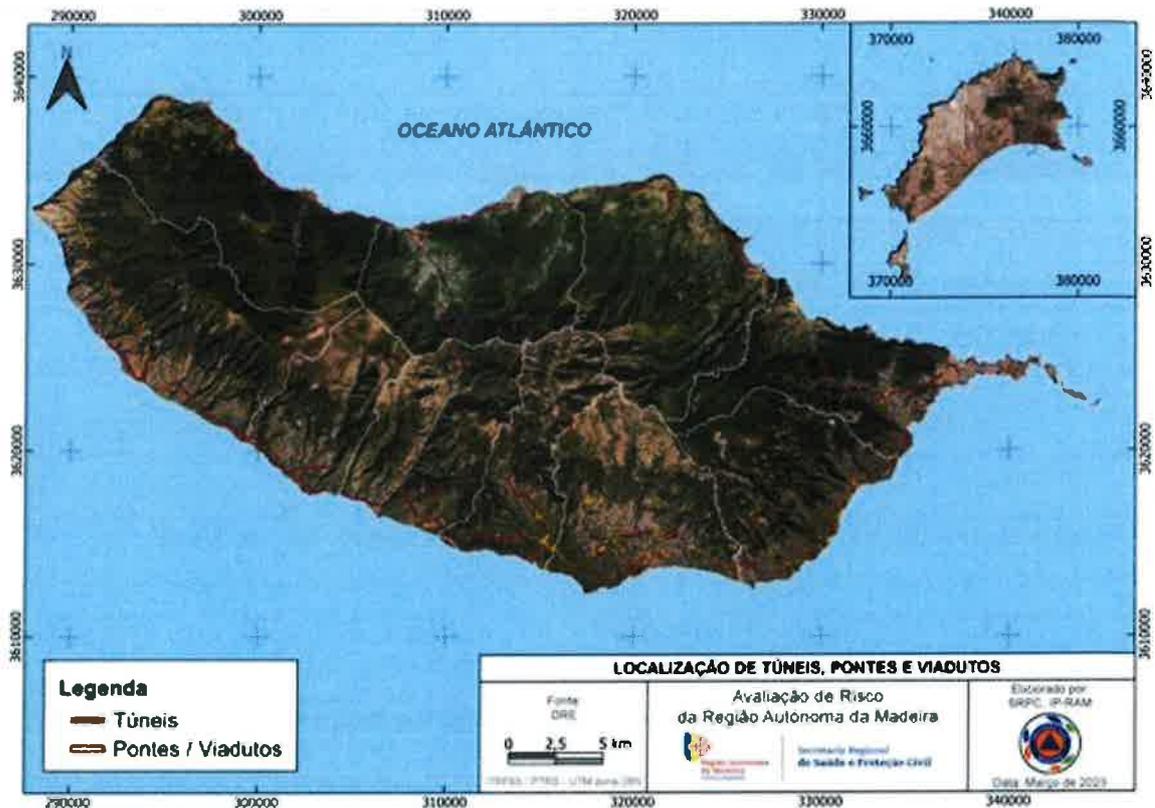


Figura 45 - Localização de túneis, pontes e viadutos

## 5.19. CHEIAS E INUNDAÇÕES POR ROTURA DE BARRAGENS

As cheias e inundações causadas pela rotura por galgamento de barragens, apesar de constituírem um evento com pouca probabilidade de ocorrência, apresentam-se como um fator de risco pelo grande potencial destrutivo do volume de água armazenado e pelas consequências que este tipo de acidente pode provocar nas populações.

Na ilha da Madeira as barragens/lagoas com risco potencial significativo de rotura são as seguintes:

- Lagoa das Águas Mansas – Localizada na freguesia da Camacha, tem uma capacidade de armazenamento de 214 500 m<sup>3</sup>, tendo como principal objetivo o abastecimento público e o regadio no município de Santa Cruz;



- Lagoa do Bardo - implantada na freguesia da Santa, no Porto Moniz, é um açude em terra com a profundidade máxima de 5,50 m e com um volume aproximado de 35 000 m<sup>3</sup>, e está afeto ao perímetro do regadio da antiga Levada dos Brasileiros;
- Barragem da Portela - localizada na cabeceira da Ribeira do Passa Remos, na freguesia de Santo António da Serra, concelho de Machico, tem por objetivo a beneficiação da rede de rega do concelho de Machico e destina-se ao armazenamento de água, apresentando uma capacidade de armazenamento de 87 800 m<sup>3</sup>. Com este armazenamento garante-se o reforço direto do abastecimento de água de rega ao concelho de Machico, refletindo-se, no entanto, positivamente, em maiores disponibilidades de caudal de rega no eixo Funchal-Machico;
- Lagoa do Palheiro Ferreiro – localizada na freguesia de São Gonçalo, tem uma capacidade máxima aproximada de 120 000m<sup>3</sup>, e tem como principal objetivo o abastecimento dos regantes, de jardins e do campo de golfe.
- Lagoa do Santo da Serra – localizada numa depressão natural, tem uma capacidade de armazenamento de 640 000 m<sup>3</sup>, beneficiando uma área de regadio que se estende desde o município de Santa Cruz até o de Machico;
- Barragem do Tanque – que está associada ao sistema de regadio da ilha do Porto Santo, apresentando uma capacidade de 130 000 m<sup>3</sup>;
- Barragem do Paúl da Serra – Localizada no Paúl da Serra, e com uma capacidade de 1 000 000 m<sup>3</sup> permite o aumento da capacidade de armazenamento de água e o aumento da capacidade de produção de energia hidroelétrica.

A metodologia utilizada para a avaliação das inundações por rotura de barragens consistiu num inventário das lagoas e barragens existentes na Região Autónoma da Madeira e na análise dos Planos de Emergência Internos disponibilizados. Assim, foi feita a análise de risco às Barragens da Portela e do Paúl da Serra.

Os principais elementos expostos localizados em zona de suscetibilidade elevada a roturas de barragens são as pessoas, edifícios, equipamentos e infraestruturas localizados nos



troços a jusante das barragens. No caso das duas barragens analisadas, o percurso da Ribeira de Machico é o que apresenta mais elementos expostos.

#### 5.19.1. Cenário considerado

Na simulação da rotura da barragem da Portela admitiu-se, como cenário mais desfavorável, que este fenómeno é originado por galgamento da barragem (baseado no Plano de Emergência Interno).

Atendendo às características da rede hidrográfica a jusante do aproveitamento da Portela (vale encaixado e forte declive longitudinal do da ribeira), a velocidade de propagação da onda de cheia é muito elevada. Com efeito, estima-se que a onda de rotura percorra os cerca de 11 km de ribeira de Machico até à foz, num intervalo de tempo de, aproximadamente, 18 minutos.

Após as simulações de inundação, prevê-se que a montante da Ribeira de Machico a ocorrência de extravasamento do leito, com o volume de água que transborda da ribeira a escoar-se, essencialmente ao longo das vias rodoviárias em ambas as margens, podendo atingir alguns aglomerados habitacionais entre os sítios dos Maroços e Ribeira Grande.

No entanto, no trecho terminal do curso de água (leito regularizado com uma extensão de cerca de 2 km), e apesar de as margens da ribeira do Machico poderem estar inundadas, verifica-se que a altura do escoamento no trecho regularizado do curso de água é inferior à altura dos confinamentos laterais da ribeira (isto é, não há extravasamento do leito).

*Grau de probabilidade:* Foi atribuído um **grau de probabilidade médio-baixo**, considerando a ausência de registos históricos.

*Grau de gravidade:* Tendo em conta que os danos em caso de inundação seriam maioritariamente associados às vias rodoviárias, foi atribuído um **grau de gravidade reduzido**.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, que combina os graus de probabilidade e de gravidade, foi atribuído um **grau de risco baixo**.

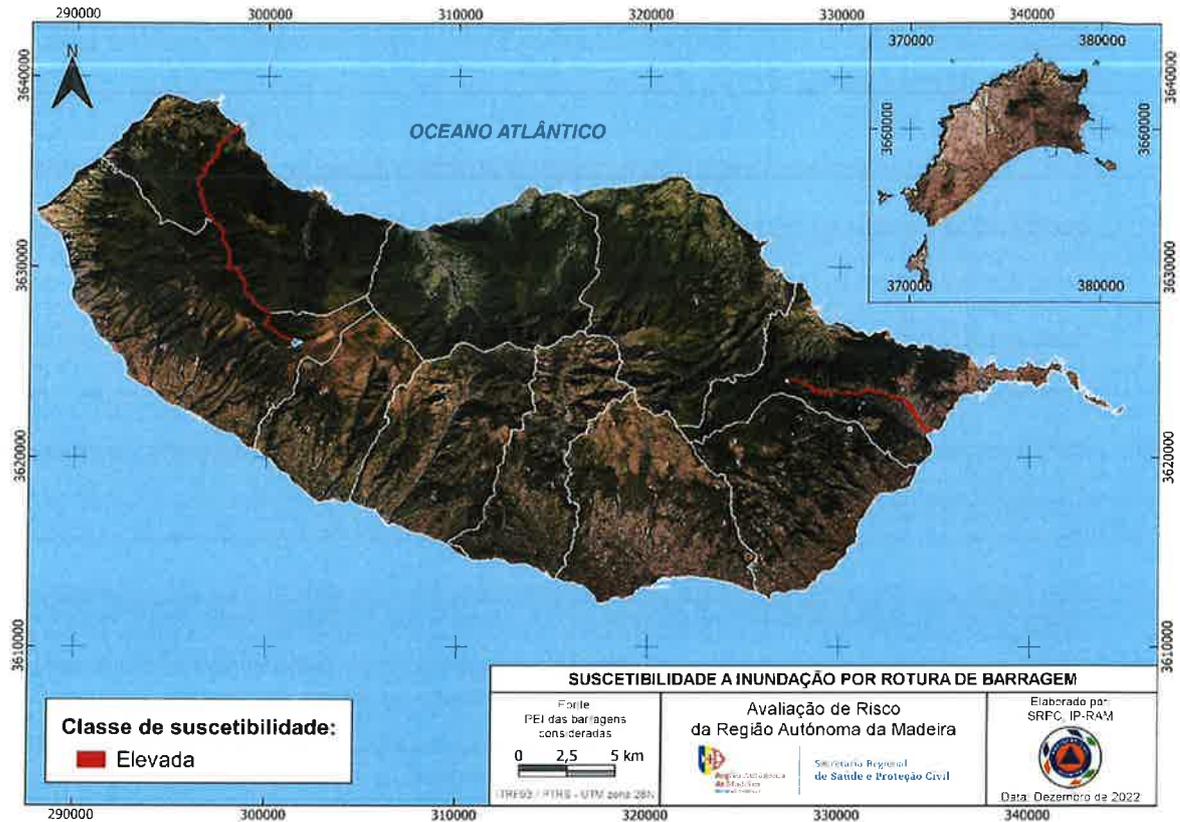


Figura 46 - Áreas inundáveis em caso de rotura de barragem

## 5.20. ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIOS EM TÚNEIS

Sendo os túneis obras de arte que otimizam a mobilidade e encurtam as distâncias, estas mesmas infraestruturas têm associados um conjunto de riscos potenciados pela circulação de viaturas que por eles é efetuada. Pelas condicionantes do relevo da ilha da Madeira, a construção de túneis é quase uma obrigatoriedade, sendo a região do país com maior número de túneis (170) e cerca de 100 km de extensão neste tipo de infraestrutura rodoviária.

A circulação de viaturas nos túneis da RAM, apresenta-se com grande variedade, integrando motociclos, viaturas ligeiras, viaturas de passageiros, viaturas de carga, viaturas de transporte de matérias perigosas, que podem provocar colisões, mais ou menos graves, com incêndios ou até explosões. Tendo por base o histórico recente, os incêndios em túneis na



Madeira estão normalmente associados a problemas mecânicos, com um caso de princípio de incêndio na mercadoria.

Quanto maior for a extensão e o nível de tráfego diário, maior será a probabilidade de ocorrências desta natureza. Com base nos registos históricos recentes, (Tabela 19) sete das ocorrências são relativas a túneis da VR1 que absorvem grande parte do tráfego rodoviário, e duas estão associadas a túneis de longa extensão (1,9 km e 3,1 km). Foram contabilizadas as ocorrências em que aparentemente não houve incêndio, mas que causaram constrangimentos à circulação rodoviária devido à nuvem de fumo criada, nomeadamente nos túneis da Encumeada (VE4) e dos Viveiros (VR1).

| ANO  | LOCALIZAÇÃO                  | DESCRIÇÃO   |
|------|------------------------------|---|
| 2013 | Túnel Madalena Arco VE3      | Incêndio em viatura pesada, alegadamente causado por um curto-circuito. Sem feridos a registar.       |
| 2013 | Túnel da Quinta Grande VR1   | 18 pessoas hospitalizadas na sequência do incêndio registado numa viatura ligeira.                    |
| 2016 | Túnel do Cabo Girão VR1      | Carrinha de turismo em chamas. Sem feridos a registar.  |
| 2019 | Túnel da Abegoaria Oeste VR1 | Incêndio numa viatura obrigou ao encerramento da Via Rápida na Cancela. Sem feridos a registar.       |
| 2020 | Túnel do Cabo Girão VR1      | Mercadoria de uma viatura em chamas. Sem feridos a registar.  |
| 2021 | Túnel da Nogueira VE5        | Viatura em chamas na VE da Camacha. Incêndio controlado já fora do túnel.                             |
| 2021 | Túnel do Lugar de Baixo VE3  | Viatura ligeira incendiou-se, sem feridos a registar.   |
| 2021 | Túnel da Encumeada VE4       | Camião imobilizado a libertar fumo, sem incêndio aparente.  |
| 2022 | Túnel dos Viveiros VR1       | Carrinha de turismo a libertar fumo na zona do motor. Não foi necessária a intervenção dos bombeiros. |
| 2022 | Túnel da Abegoaria Este VR1  | Viatura ligeira incendiou-se no sentido Santa Cruz - Funchal. Sem feridos a registar.                 |
| 2022 | Túnel do Cabo Girão VR1      | Incêndio numa viatura ligeira, sem feridos a registar.  |

Tabela 19 - Histórico recente de ocorrências relacionadas com incêndios em túneis

Para garantir a segurança dos automobilistas nestas situações excecionais, os túneis são compostos por um grande número de equipamentos de segurança comparativamente à restante tipologia da rede viária. Consoante a sua extensão, uma elevada diversidade de equipamentos é instalada, desde ventilação, energia, videovigilância, rede de combate a incêndios, comunicação SOS, deteção de incêndios e sinalização variável. Nos casos de incêndios, o sistema de ventilação



tem uma importância acrescida pela necessidade de manutenção de níveis de gases adequados à evacuação dos utentes da via ou ao controlo da situação num curto espaço de tempo.

#### 5.20.1. Cenário considerado

Veículo ligeiro em chamas num túnel de grandes dimensões, que provoca o congestionamento do trânsito e obriga à evacuação dos seus utilizadores. O fumo provoca o pânico, e dezenas de pessoas são hospitalizadas por inalação de fumo. Não há perda de vidas humanas e os feridos registados têm alta hospitalar no dia seguinte.

*Grau de probabilidade:* Tendo por base o número de ocorrências e a densidade de túneis na ilha da Madeira, foi atribuído um **grau de probabilidade médio**.

*Grau de gravidade:* Como resultado do número de hospitalizados e transtorno rodoviário temporário, foi considerado um **grau de gravidade moderado**.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, que combina os graus de probabilidade e de gravidade, foi atribuído o **grau de risco moderado**.

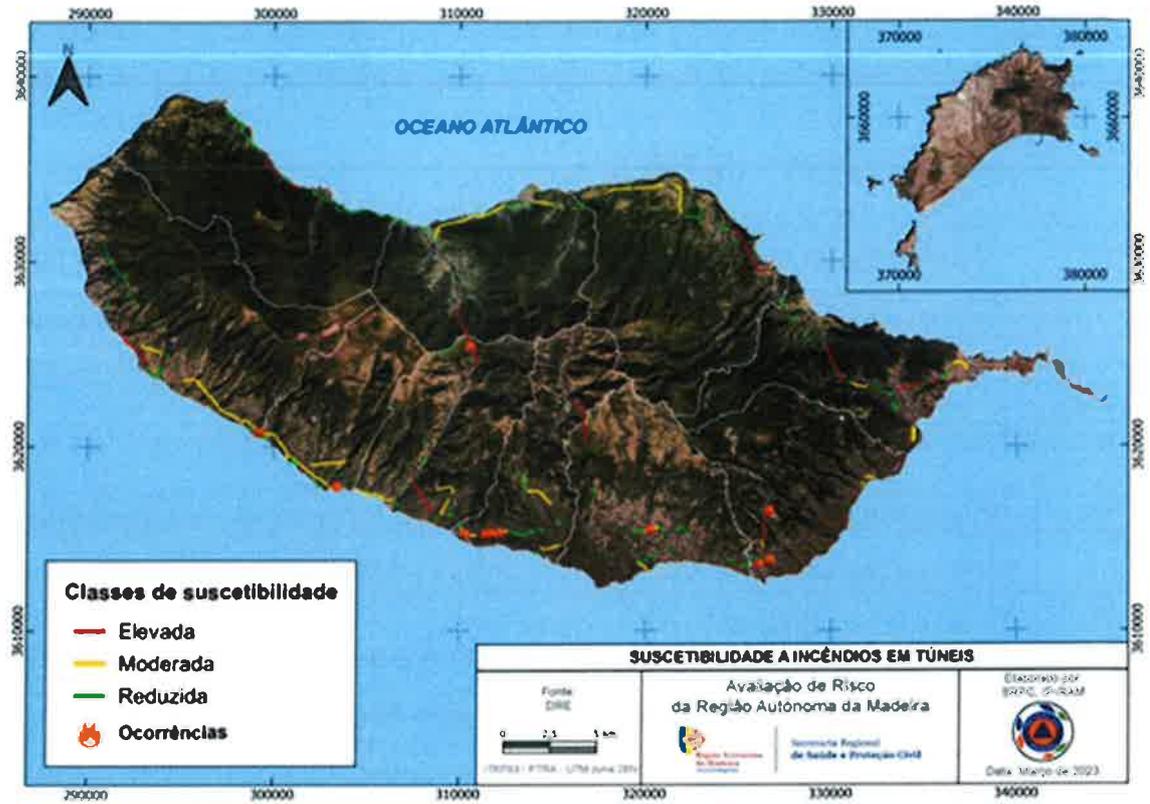


Figura 47 - Suscetibilidade a incêndios em túneis. Fonte: PREPC RAM

## 5.21. ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES EM ÁREAS DE OCUPAÇÃO INDUSTRIAL E PARQUES EMPRESARIAIS

Para efeitos de análise dos acidentes em áreas de ocupação industrial e Parques Empresariais, foram considerados os parques empresariais pertencentes à Madeira Parques Empresariais, S.A, designadamente os Parques Empresariais da Calheta, Camacha, Canhas, Câmara de Lobos, São Vicente, Machico, Porto Moniz, Ribeira Brava, Santana, Cancela, Zona Oeste e do Porto Santo, e à Sociedade de Desenvolvimento da Madeira, designadamente a Zona Franca Industrial, no Caniçal. Os parques empresariais mencionados encontram-se representados na Figura 48.

Desta forma, relativamente aos parques empresariais, a atribuição do risco associado a cada estabelecimento foi realizada de duas formas: aos estabelecimentos localizados na Zona Franca Industrial foi considerado o risco definido para cada lote no respetivo Plano de Emergência; para os restantes parques empresariais o risco foi atribuído com base no tipo de atividade desenvolvida e nas observações mencionadas na listagem cedida pela Madeira Parques Empresariais, S.A. Assim, aos estabelecimentos em que se verificou a existência de atividades ou armazenamento com envolvimento de elevadas quantidades de substâncias perigosas, o risco foi considerado elevado; aos estabelecimentos cujas atividades envolvessem armazenamento ou manuseamento de reduzidas quantidades de substância perigosas, o risco foi considerado reduzido; aos lotes onde não existisse qualquer atividade em funcionamento, o risco foi considerado nulo.

Destaque apenas para a Zona Franca Industrial no concelho de Machico, onde se localiza o Parque de Armazenagem de Combustíveis do Caniçal, que pelos reservatórios de grande capacidade de armazenamento de substâncias perigosas e pela central de enchimento de garrafas de GPL, representam um risco muito elevado. O Parque Empresarial da Ribeira Brava apresenta 5 lotes com risco elevado.

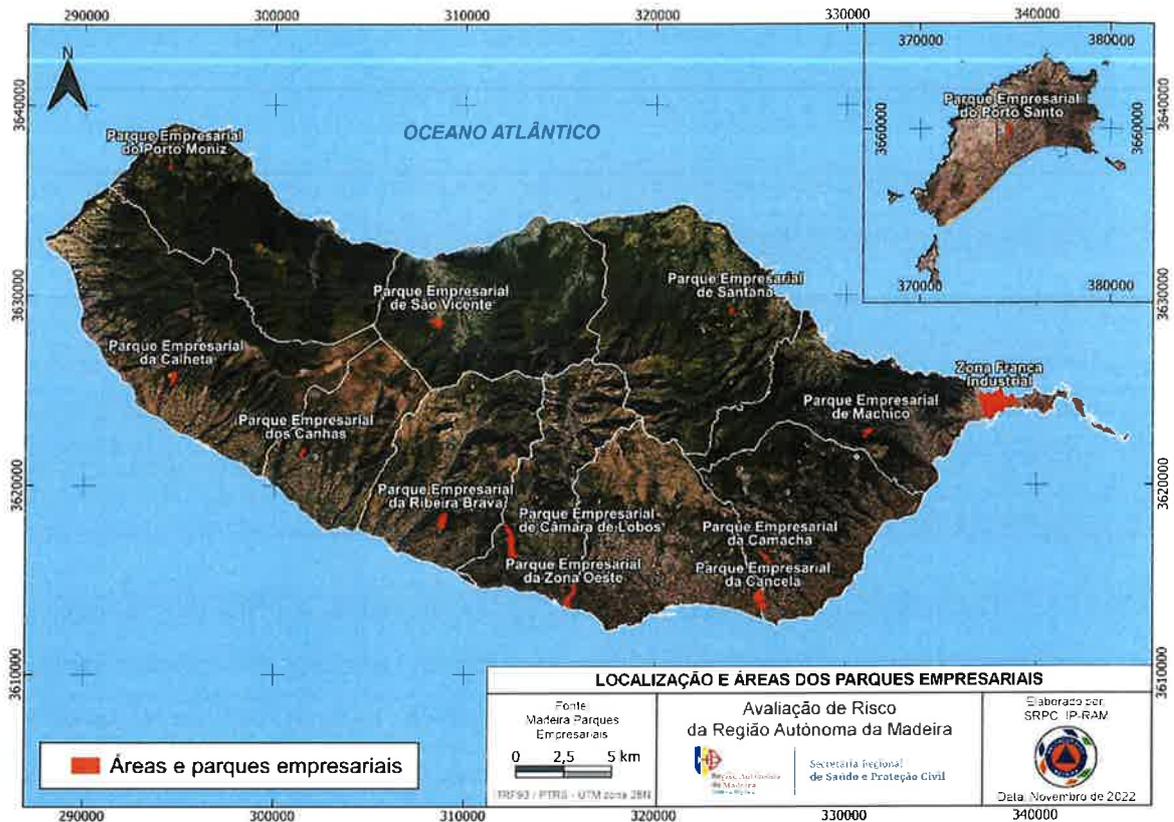


Figura 48 - Localização dos parques empresariais

Relativamente aos espaços que se destinam à instalação de unidades industriais, oficinais e locais de armazenagem, não pertencentes aos parques empresariais, a avaliação do risco foi realizada a partir da listagem de identificação e localização de estabelecimentos industriais fornecida pela DRETT. Da referida listagem, consta ainda uma classificação da perigosidade que deu posteriormente origem a uma classificação qualificativa por classes de suscetibilidade.

Numa primeira análise pode-se constatar que na Região Autónoma da Madeira não existem estabelecimentos industriais com classificação de suscetibilidade elevada. Predominam em toda a região, estabelecimentos com suscetibilidade baixa à ocorrência de acidentes, localizados maioritariamente no litoral sul e este. Os estabelecimentos com suscetibilidade moderada predominam na mesma faixa, com maior concentração no Funchal. A ilha do Porto Santo segue a mesma tendência, existindo 6 estabelecimentos com suscetibilidade moderada, 7 com suscetibilidade baixa e 4 com suscetibilidade muito baixa.

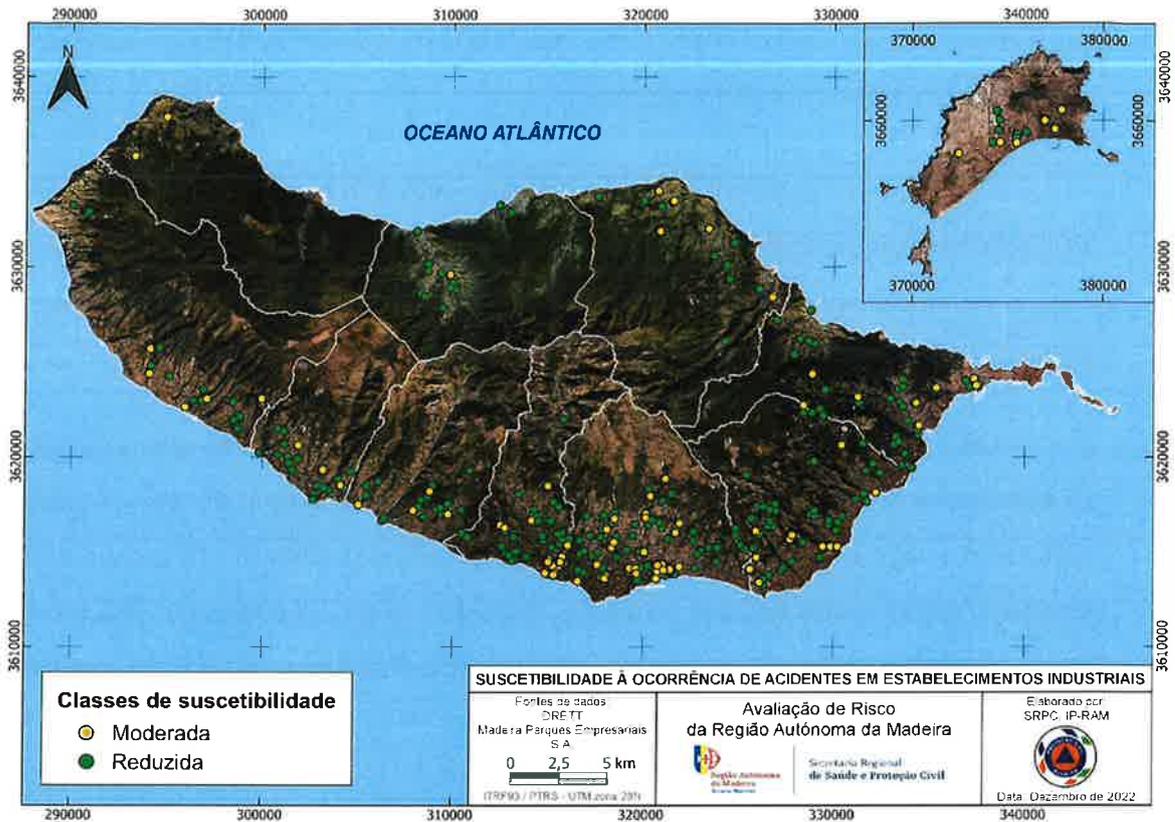


Figura 49 - Suscetibilidade a acidentes que envolvam substâncias perigosas em estabelecimentos industriais

### 5.21.1. Cenário considerado

Acidente em estabelecimento industrial, que provocou um incêndio de pequenas dimensões. A ocorrência foi resolvida prontamente pelos colaboradores da empresa e os danos ficaram circunscritos aquela instalação.

*Grau de probabilidade:* Foi considerado um **grau de probabilidade médio** considerando o elevado número de instalações industriais.

*Grau de gravidade:* Foi atribuído um **grau de gravidade reduzido** uma vez que não existem registos de feridos nem vítimas mortais e à pouca extensão de danos provocados.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, que combina os graus de gravidade e probabilidade, foi atribuído um **grau de risco baixo**.



## 5.22. ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES INDUSTRIAIS QUE ENVOLVAM SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS

Os acidentes industriais que envolvam substâncias perigosas apresentam uma particular atenção no domínio da proteção civil devido ao seu potencial para provocar danos críticos no meio envolvente que podem surtir efeitos na população, ambiente e no património edificado.

Um acidente grave envolvendo substâncias perigosas é um acontecimento, designadamente uma emissão, um incêndio ou uma explosão de graves proporções, resultante do desenvolvimento não controlado de processos durante o funcionamento de um estabelecimento industrial, que provoque um perigo grave, imediato ou retardado, para a saúde humana, no interior ou no exterior do estabelecimento, ou para o ambiente, que envolva uma ou mais substâncias perigosas.

Este tipo de acidentes tem maior probabilidade de ocorrer nos estabelecimentos que lidam com um grande volume de substâncias perigosas. Estes estabelecimentos estão abrangidos pelo regime jurídico instituído pelo Decreto-Lei n.º 150/2015, e são designados de “estabelecimentos SEVESO” que se distinguem pelo seu nível de perigosidade e podem apresentar graus de suscetibilidade elevados quando enquadrados no nível superior de perigosidade. Na ilha da Madeira, existem quatro estabelecimentos abrangidos pela Diretiva SEVESO III, relativa à prevenção de acidentes envolvendo substâncias perigosas, nomeadamente: o Parque de Armazenagem de Combustíveis do Caniçal e a Unidade Autónoma de Gás Natural dos Socorridos (UAG – Socorridos), que estão enquadrados nos estabelecimentos de nível superior de perigosidade; a Central Térmica da Vitória (CTV) e o Estabelecimento Industrial da Pirotecnia Minhota, Lda., enquadradas no nível inferior de perigosidade.

Em caso de acidente que envolva este tipo de substâncias, tem-se em conta todos os elementos expostos num raio de 2 km, nos quais se incluem os aglomerados habitacionais e as principais vias de comunicação.

Até à data, a ilha da Madeira não apresenta histórico de ocorrências relacionadas com acidentes industriais que envolvam substâncias perigosas.

#### 5.22.1. Cenário considerado

Acidente num estabelecimento SEVESO III classificado no nível superior (Decreto-Lei n.º 150/2015), consistindo numa explosão seguida de incêndio, num derrame de produtos químicos para o oceano, na destruição de infraestruturas terrestres e ainda a formação de uma nuvem tóxica.

*Grau de probabilidade:* Tendo em conta que até à data não ocorreram acidentes industriais que envolvam substâncias perigosas, foi atribuído um **grau de probabilidade baixo**, visto que este acontecimento poderá ocorrer em condições excecionais.

*Grau de gravidade:* Considerou-se um **grau de gravidade crítico**, resultante de eventuais perdas de vida e hospitalizações, danos ambientais significativos e ainda condicionamentos à atividade normal de alguns sectores de atividade.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, da combinação dos graus de probabilidade e de gravidade do cenário considerado, resulta um **grau de risco elevado**.

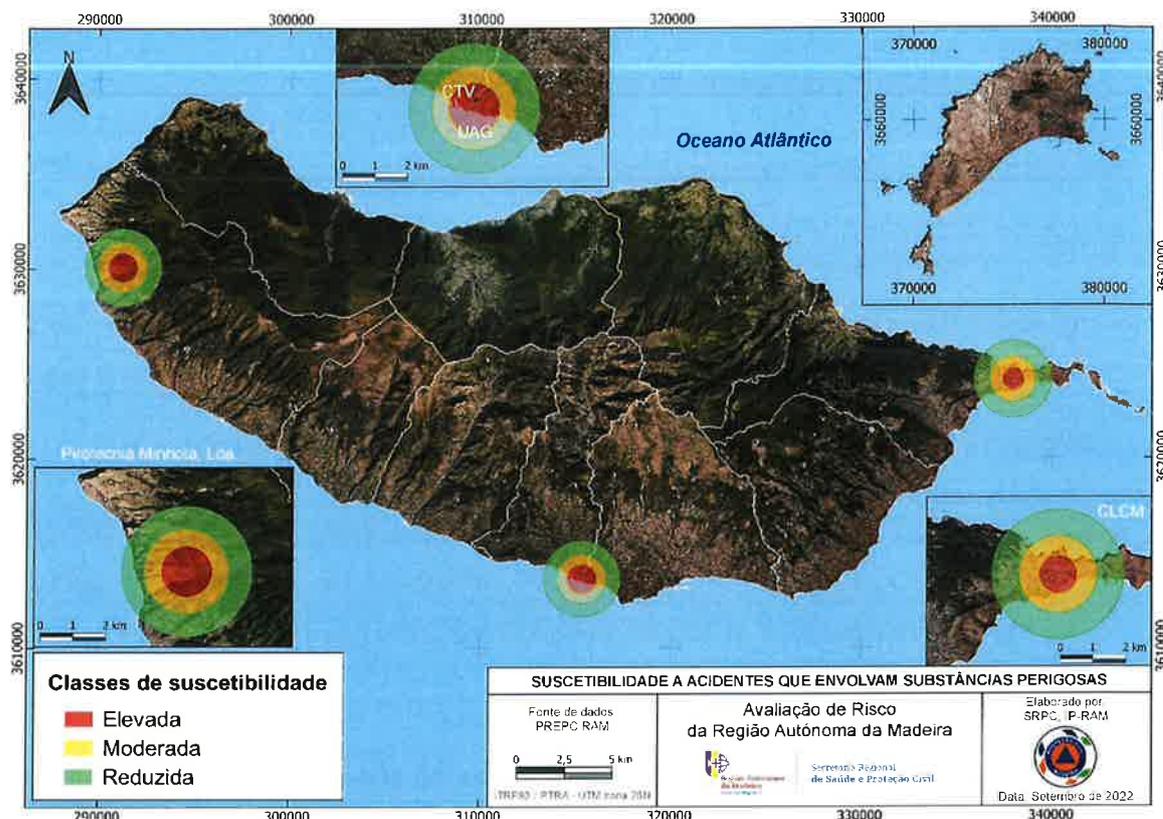


Figura 50 - Suscetibilidade a acidentes que envolvam substâncias perigosas.

## 5.23. DEGRADAÇÃO E CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS COM SUBSTÂNCIAS BIOLÓGICAS, QUÍMICAS E RADIOLÓGICAS

A degradação e contaminação dos solos define-se como um processo de degradação pela diminuição do teor em matéria orgânica decorrente da tendência para a redução contínua da fração orgânica do solo, a contaminação, a salinização através da acumulação de sais solúveis, a compactação através do aumento da densidade e da diminuição da porosidade, o empobrecimento da biodiversidade, a impermeabilização, ou ainda os processos cujos danos causados ao solo criem um risco significativo para a saúde humana, devido à introdução, direta ou indireta, no solo ou à sua superfície, de substâncias, preparações, organismos ou microrganismos.

Uma vez que a contaminação do solo é determinada de acordo com a presença de substâncias potencialmente perigosas, tais como alguns metais pesados, produtos químicos,



elementos radioativos ou agentes patogénicos, foram selecionados, os locais, ou atividades com significativo potencial de contaminação do solo.

De uma forma geral, pode-se caracterizar a suscetibilidade de contaminação dos solos na Região Autónoma da Madeira, como baixa, sendo que a maior parte da sua área se encontra entre as classes de suscetibilidade nula ou não aplicável e baixa. Por outro lado, destacam-se os concelhos de Machico e Funchal, que apresentam áreas com suscetibilidade elevada de contaminação dos solos. Em Machico é importante salientar a presença da Parque de Armazenagem de Combustíveis na freguesia do Caniçal, onde se localiza o Terminal Marítimo e o Parque de Combustíveis, responsáveis pela expedição e armazenamento de uma grande quantidade de produtos petrolíferos. A CLCM é ainda responsável pelo provisionamento de combustíveis de aviação ao Aeroporto da Madeira, e pelo fornecimento de fuelóleo, por oleoduto, para produção de eletricidade, na Central Elétrica, localizada na Zona Franca Industrial da Madeira, no Caniçal. No Funchal merece destaque a Central Térmica da Vitória. Os aeroportos da Madeira e do Porto Santo são responsáveis pela atribuição de suscetibilidade moderada no concelho de Santa Cruz e no Porto Santo, respetivamente.

#### 5.23.1. Cenário considerado

Derrame de combustível num posto de abastecimento, que foi imediatamente circunscrito. Os danos ambientais foram de pequena dimensão, e não foram registados problemas de maior à população e outros seres vivos.

*Grau de probabilidade:* Tendo em conta o número de instalações capazes de provocar a contaminação dos solos, foi atribuído um **grau de probabilidade médio-baixo**.

*Grau de gravidade:* Considerou-se um **grau de gravidade reduzido**, resultante do reduzido impacte causado à população, ambiente e outros seres vivos.

Grau de risco: Segundo a matriz de risco, que combina os graus de probabilidade e de gravidade, foi obtido um **grau de risco baixo**.

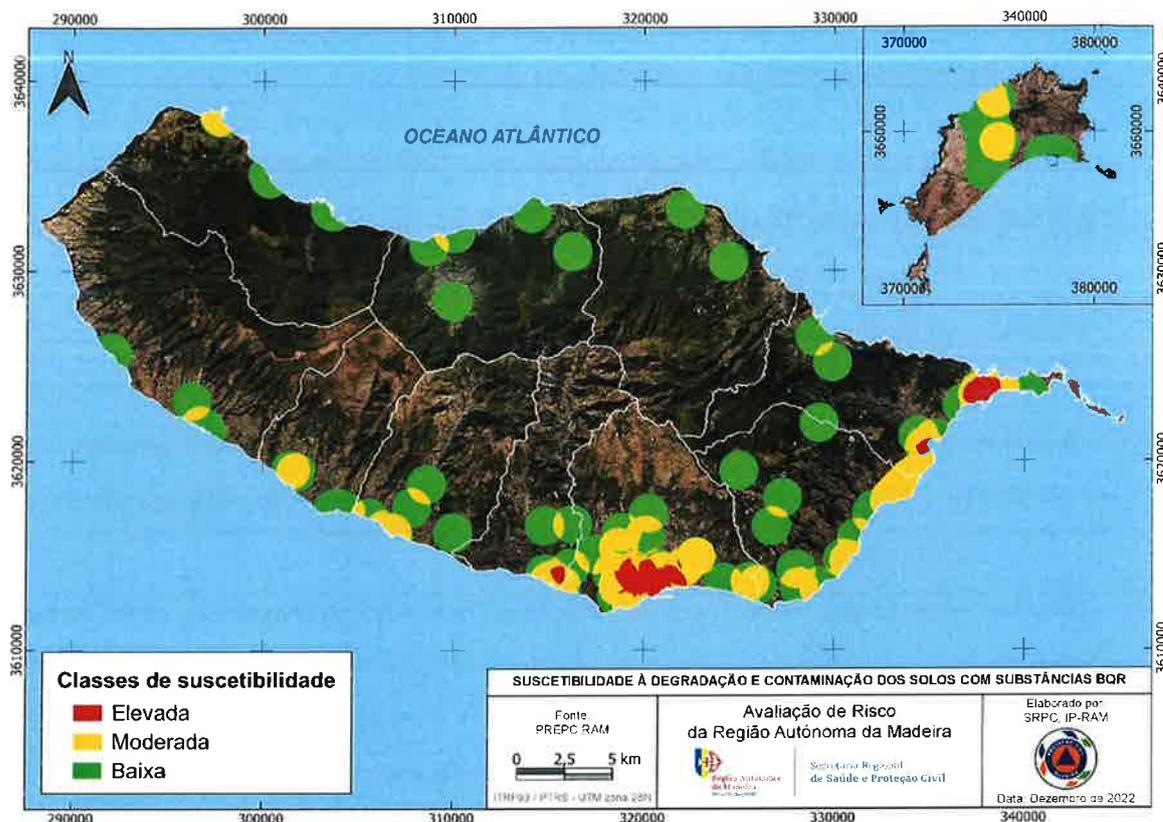


Figura 51 - Suscetibilidade à degradação e contaminação dos solos com substâncias BQR.

## 5.24. ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES EM INSTALAÇÕES DE COMBUSTÍVEIS, ÓLEOS E LUBRIFICANTES

Os acidentes em instalações de combustíveis, óleos e lubrificantes (designadamente uma emissão, um incêndio ou uma explosão), podem-se considerar um subtipo de acidentes em instalações industriais integrando-se neste ponto apenas os postos de abastecimento e armazenamento de combustíveis e de gás petróleo liquefeito (GPL).

Posto de abastecimento de combustíveis é uma instalação destinada ao abastecimento, para consumo próprio, público ou cooperativo, de gasolinas, gasóleos e GPL, para veículos rodoviários, correspondendo-lhe a área do local onde se inserem as unidades de abastecimento, os respetivos reservatórios, as zonas de segurança e de proteção, bem como os edifícios integrados e as vias necessárias à circulação dos veículos rodoviários a abastecer (DGEG).

Relativamente à armazenagem de combustíveis tendo em conta as consideráveis quantidades presentes nas instalações destacam-se os aeroportos da Madeira e do Porto Santo, as Centrais Térmicas da Vitória e do Porto Santo, a Unidade Autónoma de Gás Natural - Socorridos e ainda o Parque de Armazenagem de Combustíveis do Caniçal.

#### 5.24.1. Cenário considerado

Acidente durante o abastecimento num posto de combustível, com risco iminente de incêndio e consequente explosão. A situação foi gerida imediatamente, e não houve danos a registar.

*Grau de probabilidade:* Foi atribuído um **grau de probabilidade médio-baixo** considerando a ausência de ocorrências semelhantes às do cenário descrito.

*Grau de gravidade:* Foi atribuído um **grau de gravidade reduzido** devido à ausência de danos a registar.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, que combina os graus de probabilidade e de gravidade, foi atribuído um **grau de risco baixo**.

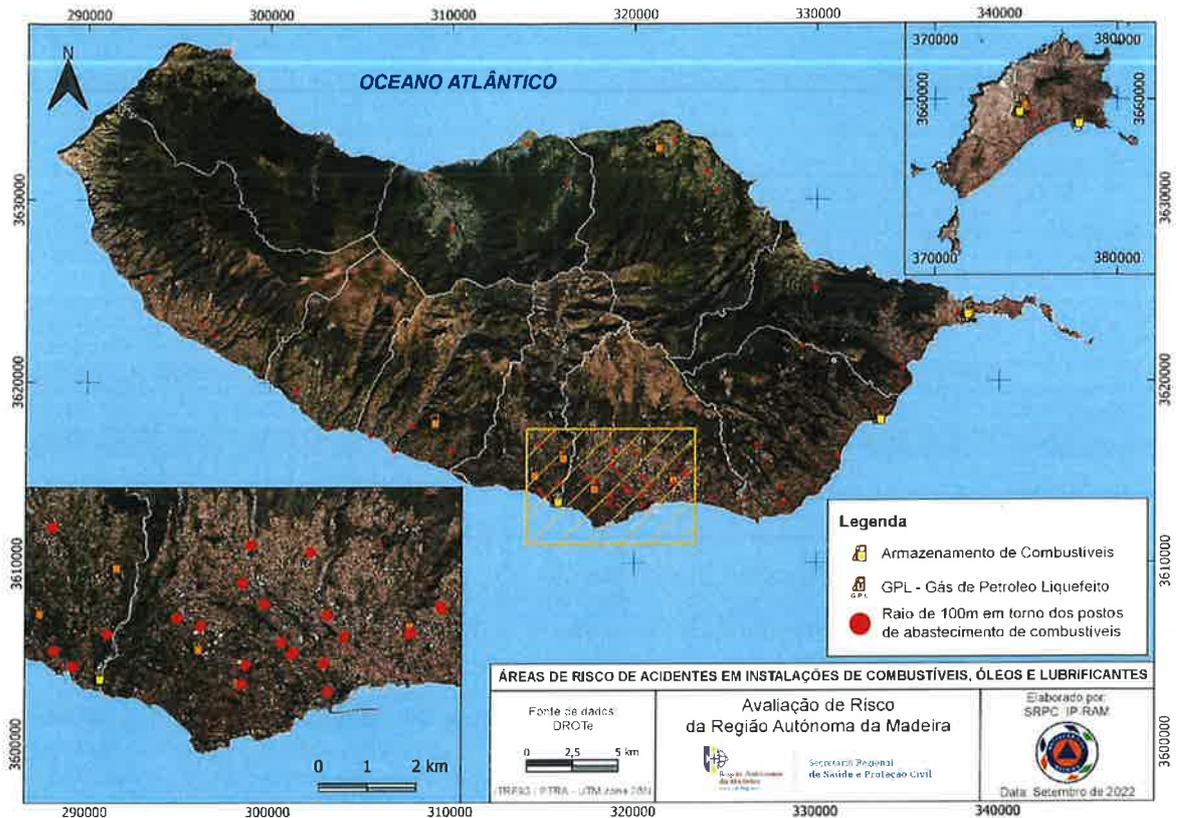


Figura 52 - Localização dos postos de abastecimento e armazenamento de combustíveis.

## 5.25. ANÁLISE DE RISCO DE ACIDENTES EM ESTABELECIMENTOS DE ARMAZENAGEM DE PRODUTOS EXPLOSIVOS

Relativamente aos estabelecimentos de armazenagem de explosivos e empresas de pirotecnia existentes na RAM, de acordo com a informação disponibilizada pelo Núcleo de Armas e Explosivos do Comando Regional da Madeira da Polícia de Segurança Pública, existem três estabelecimentos de armazenagem de explosivos devidamente licenciados:

- Explomade - Importação e comercialização de explosivos, Lda. – Montado Lombo do Coelho, Monte, Funchal
- Madeira Inerte - Extração de saibro, Lda. – Sítio da Malhadinha, Ponta do Sol
- AFA – Sítio da Ribeira Funda, Prazeres, Calheta.

Quanto às empresas de pirotecnia, existem três devidamente licenciadas com instalações próprias para armazenamento:

- Pirotecnia Minhota – Lombada dos Marinheiros, Calheta;
- Macedos Pirotecnia – Sítio do Carrasco, Santo da Serra, Santa Cruz;
- Maria Lígia Fernandes Aguiar Correia – Caminho da Barreira, Santo António, Funchal.

Estas empresas de pirotecnia operam com material pirotécnico das divisões de risco 1.1G, 1.3G, 1.4G e 1.4S, não se efetuando acompanhamento policial no transporte, uma vez que as quantidades transportadas não excedem os valores definidos na lei, e os condutores não necessitam de habilitação especial para o efeito.

#### 5.25.1. Cenário considerado

Incêndio florestal nas proximidades de um estabelecimento de armazenamento de explosivos, que coloca em perigo os elementos expostos nas proximidades. Foram feitos os possíveis para garantir que o conteúdo dos armazéns não era atingido pelo incêndio. Não foram registadas explosões nem outros incidentes relacionados com os produtos explosivos.

*Grau de probabilidade:* É atribuído um grau de **probabilidade médio-baixo** visto não existirem registos de ocorrências de acidentes em estabelecimentos de armazenagem de explosivos.

*Grau de gravidade:* Considerando que não foram registados danos nas instalações de armazenamento, foi atribuído um **grau de gravidade reduzido**.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, foi atribuído um **grau de gravidade baixo**.

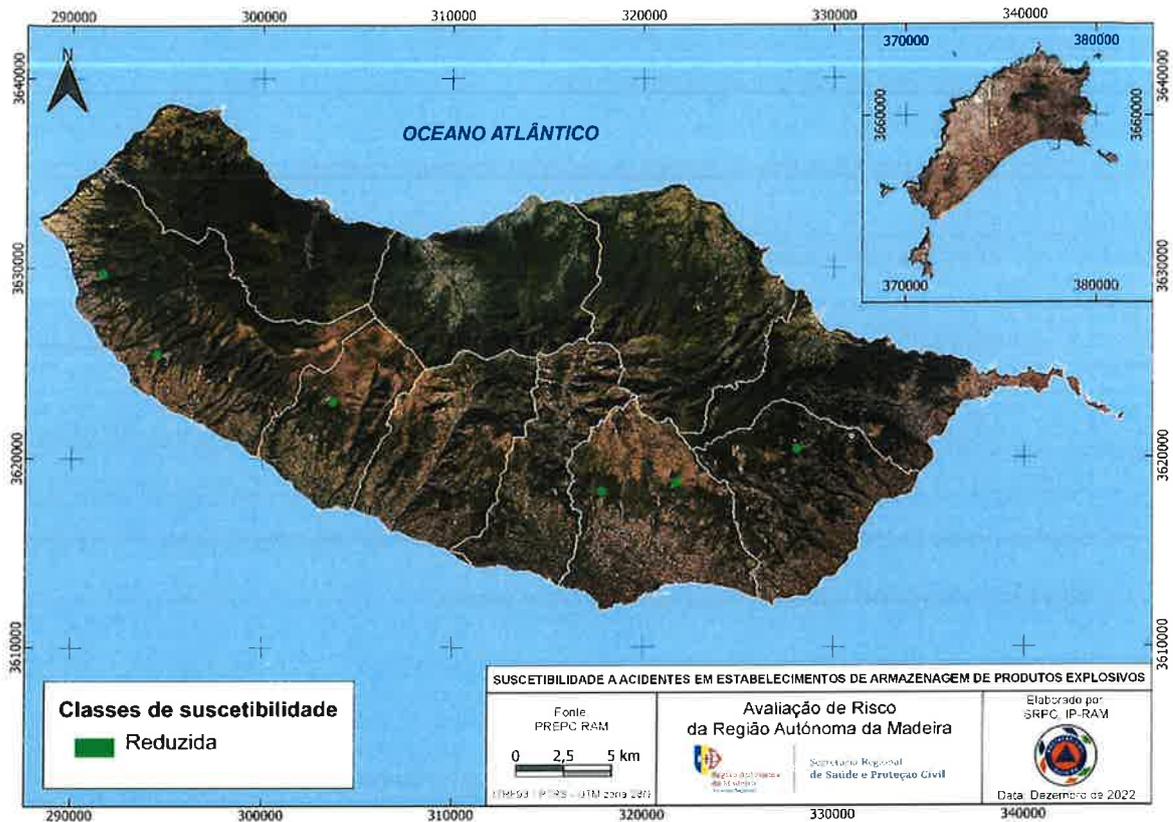


Figura 53 - Localização dos estabelecimentos de armazenagem de produtos explosivos

## 5.26. ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIOS E COLAPSOS EM CENTROS HISTÓRICOS E EM EDIFÍCIOS COM ELEVADA CONCENTRAÇÃO POPULACIONAL

Os incêndios e colapsos em centros históricos e em edifícios com elevada concentração populacional, podem constituir um perigo para as populações e infraestruturas envolventes. Com os incêndios de 2016 na ilha da Madeira, algumas habitações e edifícios históricos foram atingidos pelas chamas no centro do Funchal.

Pelas suas características urbanas, nomeadamente a quantidade de edifícios devolutos, estabelecimentos de restauração, quantidade de residentes e existência de população envelhecida, destaca-se relativamente aos incêndios urbanos, o centro histórico do Funchal, pelo histórico de ocorrências relacionadas com incêndios em centros históricos.



| ANO  | LOCALIZAÇÃO | DESCRIÇÃO   |
|------|-------------|---|
| 2016 | Funchal     | Incêndio florestal de grandes dimensões que atingiu o centro histórico do Funchal, causando 3 mortos, milhares de desalojados e ainda a destruição de dezenas de habitações |
| 2019 | Funchal     | Incêndio consome antiga fábrica de farinhas no Funchal, sem vítimas mortais a registar. Necessário o resgate a duas pessoas que se encontravam no interior do edifício      |

Tabela 20 - Histórico recente de incêndios em centros históricos

### 5.26.1. Cenário considerado

Incêndio com início num estabelecimento de restauração no centro histórico do Funchal, que se alastrou aos edifícios vizinhos, causando a evacuação de outros estabelecimentos e dos habitantes nas imediações. Algumas pessoas não conseguem evacuar as suas habitações e é necessário um resgate imediato.

Como consequência do incêndio foram registados feridos graves e ligeiros, por casos de intoxicação por inalação de fumo, além dos danos materiais causados pelo incêndio e colapso dos edifícios estruturalmente mais frágeis.

*Grau de probabilidade:* Tendo em conta algumas ocorrências recentes sem a gravidade do cenário descrito e o histórico de ocorrências, foi atribuído um **grau de probabilidade médio-alto**, que corresponde a um período de retorno de 5 a 10 anos.

*Grau de gravidade:* Devido às potenciais consequências a nível humano e económico causadas por este tipo de ocorrência, foi atribuído um **grau de gravidade moderado**.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, que combina os graus de probabilidade e de gravidade, é atribuído um **grau de risco elevado**.

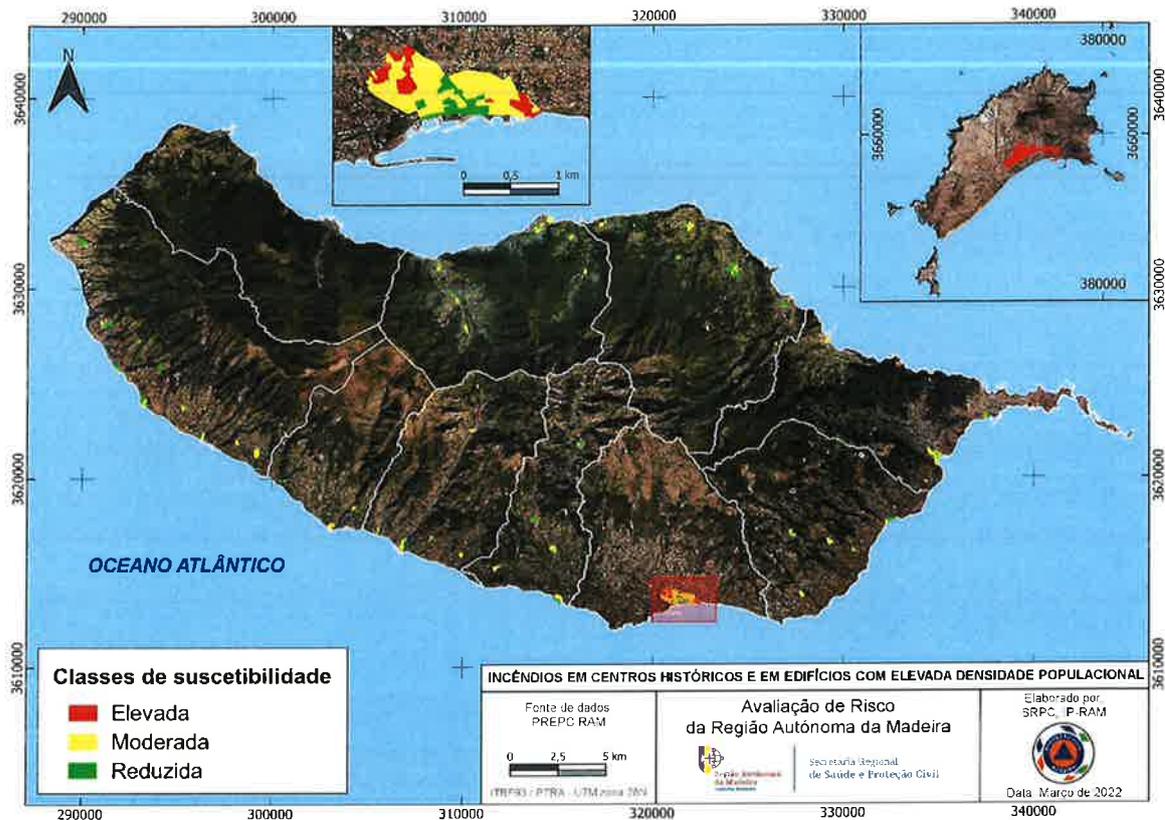


Figura 54 - Suscetibilidade a incêndios em centros históricos e em edifícios de elevada densidade populacional

## 5.27. ANÁLISE DE RISCO DE EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS

De acordo com a definição da ANEPC, as emergências radiológicas podem ser resultado de um acidente grave numa instalação com um reator nuclear (central nuclear, navio de propulsão nuclear, etc.), ou por um incêndio no transporte de material radioativo. Nestes casos existe o risco de dispersão de matérias radioativas que podem constituir um perigo para o homem e para o ambiente.

Por não se verificar a existência de centrais ou reatores nucleares, e pelo transporte de material radioativo ser muito reduzido na Região Autónoma da Madeira, identificaram-se apenas os locais cujas atividades se enquadram nos grupos de emergência radiológica IV e V, (Figura 56) segundo a classificação do documento *Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency: Safety Guide No. GS-G-2.1*. (IAEA, 2007). Neste documento são estabelecidos 5 grupos de emergências radiológicas com ordem crescente de perigosidade,

sendo que no grupo IV se enquadram as emergências com uso indevido de fontes na indústria e na medicina (por ex., as utilizadas em radiografia e/ou radioterapia) e emergências ocorridas durante o transporte.

Adicionalmente, foi gerado um gráfico através da plataforma RadNet, disponibilizada online pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), referente à taxa de dose ambiental, com registos horários entre 1 de janeiro de 2021 e 31 de dezembro de 2021. A RADNET tem operado continuamente desde a sua implementação, sem terem sido observados alarmes relacionados com aumentos anormais nos níveis de radiação gama no ambiente.

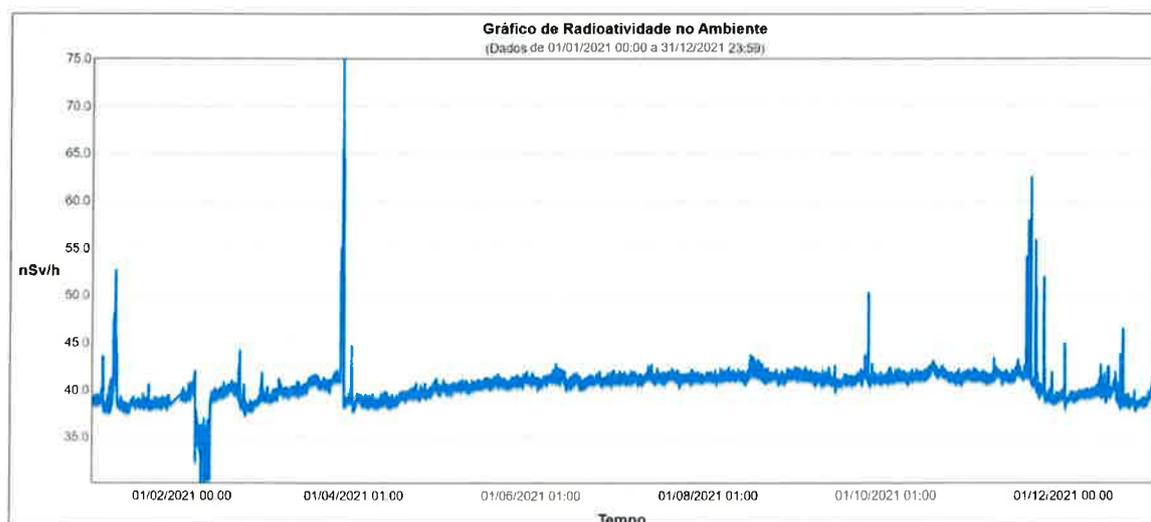


Figura 55 - Grau de radioatividade no ambiente. Fonte: APA

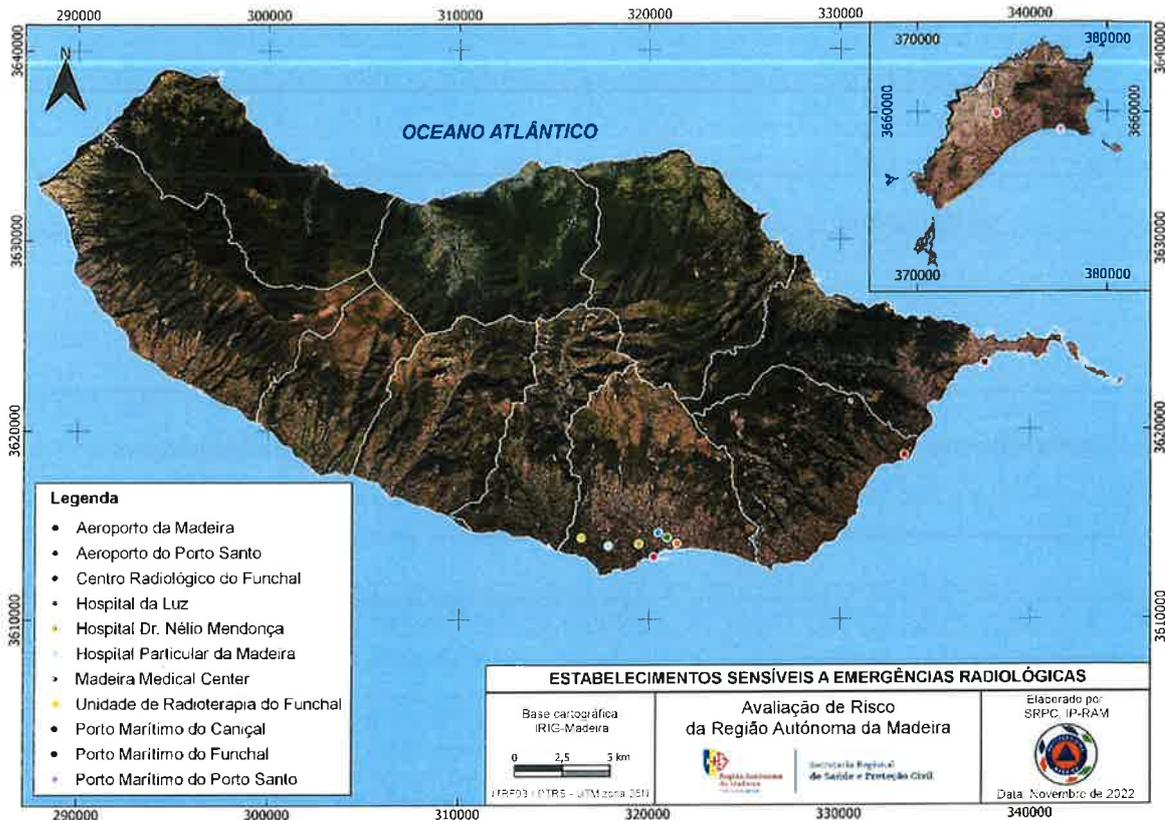


Figura 56 - Estabelecimentos cujas atividades se enquadram nos grupos de emergência radiológica IV e V

## 5.28. ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Segundo o Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de SIG de base municipal, um incêndio florestal corresponde a um fogo incontroado em florestas, matas e outros espaços com abundante vegetação (matos, áreas de incultos e áreas agrícolas). Os incêndios florestais podem ocorrer, particularmente em dias quentes e secos, sobretudo quando se associa também o vento forte. Podem resultar de causas naturais (trovoadas secas), mas, em regra, devem-se a negligência humana e, muitas vezes, a atos de natureza criminosos.

Acresce, ainda, outro conceito, que tem a ver com os “incêndios em interfaces urbano-florestais”, que, correspondem a incêndios florestais que, com uma frequência e severidade cada vez maiores, tendem a coexistir com a presença humana em habitações isoladas ou em

aglomerados populacionais, atingindo áreas urbanas envolvidas por floresta e, por vezes, até penetram no interior dos perímetros urbanos (Félix, F., & Lourenço, L., 2019).

De acordo com os registos de área ardida e número de ocorrências, os anos de 2003, 2006, 2010, 2012 e 2016 contaram com uma superfície ardida acima dos 3000ha. O grande incêndio de 2016 nas zonas altas do Funchal que se alastrou até às áreas habitacionais, provocou a morte de três pessoas e mais de mil deslocados. O ano de 2010 destaca-se por ter sido aquele com maior área ardida. Segundo dados do IFCN, IP-RAM foram afetados 2854ha do Sítio de Importância Comunitária (SIC) PTMAD0002 – Maciço Montanhoso Central da Ilha da Madeira, além de ter afetado cerca de 95% do Parque Ecológico do Funchal e dos investimentos florestais que o Governo Regional tem vindo a desenvolver nas serras do Funchal e Câmara de Lobos, com o intuito de recuperar o coberto florestal e vegetal nessas zonas (Tabela 21).



| Ano          | Área ardida (ha) | Número de ocorrências |
|--------------|------------------|-----------------------|
| 2000         | 139              | 42                    |
| 2001         | 71               | 46                    |
| 2002         | 93               | 44                    |
| 2003         | 3718             | 81                    |
| 2004         | 922              | 127                   |
| 2005         | 633              | 71                    |
| 2006         | 3332             | 93                    |
| 2007         | 1483             | 95                    |
| 2008         | 476              | 137                   |
| 2009         | 288              | 49                    |
| 2010         | 8632             | 102                   |
| 2011         | 745              | 123                   |
| 2012         | 6966             | 232                   |
| 2013         | 1282             | 63                    |
| 2014         | 417              | 44                    |
| 2015         | 468              | 76                    |
| 2016         | 6270             | 54                    |
| 2017         | 1570             | 94                    |
| 2018         | 179              | 63                    |
| 2019         | 87               | 54                    |
| 2020         | 1392             | 59                    |
| <b>Média</b> | <b>1865</b>      | <b>83</b>             |

Tabela 21 - Área ardida anualmente no arquipélago da Madeira. Fonte: Instituto das Florestas e Conservação da Natureza, IP-RAM

De acordo com a Figura 57, as áreas com maior exposição ao risco de incêndio encontram-se nas vertentes sul da ilha. Historicamente, é de notar uma maior incidência nos concelhos de Santa Cruz, Funchal, Câmara de Lobos, Ribeira Brava, Ponta do Sol e Calheta. Nas vertentes a norte da ilha, embora também se verifiquem algumas ocorrências de incêndios florestais, estes não ocorrem com tanta frequência ou dimensão. Os elementos expostos à ocorrência de incêndios florestais englobam os espaços florestais, áreas protegidas, população, aglomerados urbanos e serviços.

### 5.28.1. Cenário considerado

Acidente de trabalho com uma rebarbadora, num dia de verão com uma humidade relativa do ar baixa e vento moderado, inicia-se um foco de incêndio nas instalações de uma empresa que se alastra à área florestal envolvente. Devido ao vento forte, o incêndio propaga-se rapidamente pelas vertentes das zonas altas do Funchal, ameaça algumas moradias e provoca o encerramento de algumas estradas.

Perdas ambientais elevadas devido à grande área ardida, e consequências económicas associadas a danos em algumas moradias e instalações empresariais.

*Grau de probabilidade:* Tendo por base o nível de recorrência de incêndios florestais na ilha da Madeira, foi atribuído um **grau de probabilidade elevado**, que corresponde a um período de retorno anual.

*Grau de gravidade:* Foi atribuído um **grau de gravidade moderado**, resultante dos impactes a longo prazo a nível ambiental, e ainda possíveis mortes e perdas económicas.

*Grau de risco:* De acordo com a matriz de risco, com a combinação dos graus de probabilidade e de gravidade, foi atribuído um **grau de risco elevado**.

### 5.28.2. Impacte das alterações climáticas

Tendo por base os cenários climáticos, que preveem um aumento da temperatura e uma diminuição da precipitação, os espaços florestais ficarão mais suscetíveis à ocorrência de incêndios. Segundo o Plano Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira (PROF-RAM), o impacto global sobre a floresta Laurissilva deverá ser pouco visível durante o século XXI, embora seja provável que sejam iniciados processos de mudança na zonagem em altitude a longo prazo. Estes resultados decorrem do facto das potenciais reduções de precipitação serem mais sensíveis nas cotas mais baixas, onde atualmente a ocupação é maioritariamente urbana e agrícola.

As zonas de maior risco irão cingir-se às áreas ocupadas pela agricultura, pelo que o risco real de incêndio não deverá alterar-se de forma significativa. O maior risco deverá

encontrar-se associado ao aumento das áreas agrícolas abandonadas, que estarão associadas ao aumento da quantidade de manta morta e da carga de combustível nestes espaços. Com a redução da precipitação, estes combustíveis naturais não terão a humidade necessária para desacelerar a propagação do fogo, aumentando a vulnerabilidade destes espaços ao risco de incêndio.

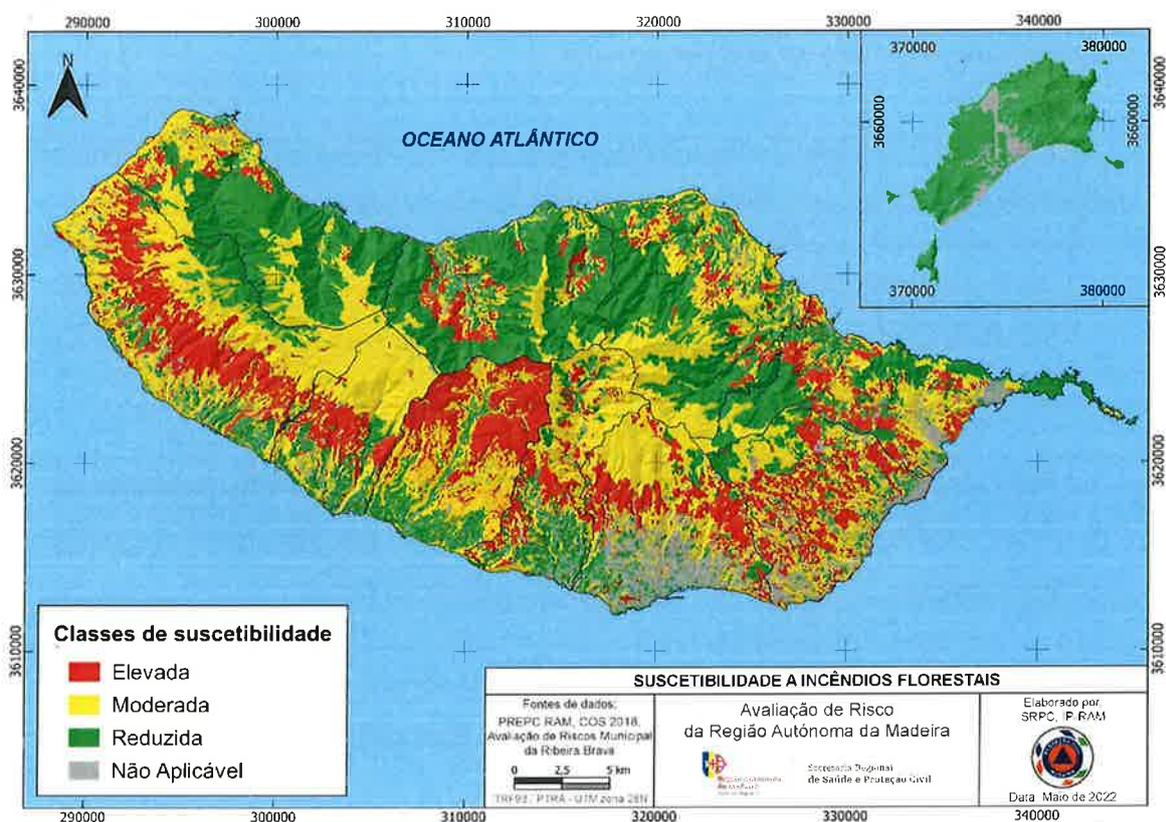


Figura 57 - Suscetibilidade a incêndios florestais.



## 6. HIERARQUIZAÇÃO DE RISCOS

|                       |             | GRAU DE GRAVIDADE  |   |  |   |  |
|-----------------------|-------------|--|---|--|---|--|
|                       |             | Residual   | Reduzido  | Moderado   | Acentuado   | Crítico  |
| GRAU DE PROBABILIDADE | Elevado     | -  | - Nevoeiros   | - Inundações e galgamentos costeiros<br>- Movimentos de massa em vertantes<br>- Incêndios florestais | -   | -  |
|                       | Médio-Alto  | - Nevões<br>- Ondas de frio  | - Ondas de calor<br>- Secas<br>- Acidentes rodoviários, aéreos e marítimos                                | - Incêndios e colapsos em centros históricos e em edifícios com elevada concentração populacional    | - Tempestades de vento<br>- Cheias e inundações rápidas | -  |
|                       | Médio       | - Erosão Costeira<br>- Colapso de túneis, pontes e outras infraestruturas<br>- Acidentes em áreas de ocupação industrial e parques empresariais  | -   | - Incêndios em túneis  | -   | -  |
|                       | Médio-baixo | - Acidentes no transporte terrestre de mercadorias perigosas<br>- Acidentes em instalações de combustíveis, óleos e lubrificantes<br>- Acidentes em estabelecimentos de armazenagem de produtos explosivos | - Cheias e inundações por rotura de barragens<br>- Degradação e contaminação de solos com substâncias BQR | -  | -   | -  |
|                       | Baixo       | - Atividade vulcânica<br>- Emergências radiológicas  | - Colapso de cavidades subterrâneas naturais  | - Inundação por tsunami  | - Sismos  | - Acidentes que envolvam substâncias perigosas |

**Legenda:** Risco Baixo Risco Moderado Risco Elevado Risco Extremo

Tabela 22 - Hierarquização dos riscos analisados



Em resultado da análise de risco realizada no capítulo anterior, efetuou-se a matriz de risco onde se atribuiu a cada risco o seu grau correspondente (Extremo, Elevado, Moderado ou Baixo). Através do cruzamento do grau de probabilidade e do grau de gravidade, na Tabela 22 obteve-se uma hierarquização dos riscos analisados.

## 7. ESTRATÉGIAS PARA A MITIGAÇÃO DE RISCOS

De modo a maximizar a resiliência da população e a eficácia e eficiência da ação concertada dos agentes de proteção civil e organismos e entidades de apoio em caso de acidente grave ou catástrofe, importa definir estratégias para a mitigação dos riscos. Estas deverão constituir um dos principais eixos de ação dos agentes de proteção civil e organismos e entidades de apoio na fase de pré-emergência, maximizando procedimentos numa perspetiva de melhoria contínua, tendo em vista uma mitigação dos efeitos dos riscos que poderão afetar o território regional.

### 7.1. ESTRATÉGIAS GERAIS

No âmbito da definição de estratégias para mitigação dos efeitos associados a acidentes graves ou catástrofes, torna-se útil clarificar aquelas que, ao serem implementadas, apresentam um efeito benéfico transversal a vários tipos de eventos.

Desde logo, importa notar que a Lei de Bases da Proteção Civil (Lei nº 27/2006, de 3 de julho, na redação dada pela Lei nº 80/2015, de 3 de julho) estabelece que os objetivos e domínios de atuação legalmente traçados para a proteção civil devem enfatizar a vertente preventiva como fator determinante para uma sociedade mais resiliente. Com efeito, ao consagrar como “objetivos fundamentais” da proteção civil os de “prevenir os riscos coletivos e a ocorrência de acidentes graves ou catástrofe deles resultante” e de “atenuar os riscos coletivos e limitar os seus efeitos”, o legislador definiu, de imediato, um conjunto de domínios relevantes de atividade, tais como o “levantamento, previsão, avaliação e prevenção dos riscos coletivos” e a “análise permanente das vulnerabilidades perante situações de risco”. Tal traduz o facto de a avaliação de riscos constituir um pilar de base da atividade de proteção civil, criando o enquadramento para um leque de ações que, a montante do socorro, contribui para mitigar consequências e proteger pessoas, bens e ambiente.

A Lei de Bases da Proteção Civil, como já referido, consagra especial cuidado à gestão dos riscos, dedicando diretamente a esta temática dois dos “princípios especiais aplicáveis às atividades de proteção civil”, designadamente:



- **Princípio da prevenção** – “os riscos de acidente grave ou de catástrofe devem ser considerados de forma antecipada, de modo a eliminar as próprias causas, ou reduzir as suas consequências, quando tal não seja possível”;
- **Princípio da precaução** – “devem ser adotadas as medidas de diminuição do risco de acidente grave ou catástrofe inerente a cada atividade”.

Para além destes, o princípio da informação merece especial destaque por traduzir “o dever de assegurar a divulgação das informações relevantes em matéria de proteção civil”. A este respeito, aliás, deverá atentar-se à disposição legal de “os cidadãos [terem] direito à informação sobre os riscos a que estão sujeitos em certas áreas do território e sobre as medidas adotadas e a adotar com vista a prevenir ou minimizar os efeitos de acidente grave ou catástrofe”. Neste contexto, “a informação pública visa esclarecer as populações sobre a natureza e os fins da proteção civil, consciencializá-las das responsabilidades que recaem sobre cada instituição ou indivíduo e sensibilizá-las em matéria de autoproteção”.

Os três princípios enunciados anteriormente interligam-se também no princípio da subsidiariedade, o qual determina que “o subsistema de proteção civil de nível superior só deve intervir se e na medida em que os objetivos da proteção civil não possam ser alcançados pelo subsistema de proteção civil imediatamente inferior”. Este princípio traduz o facto de ser no patamar de maior proximidade ao cidadão que reside a capacidade de mobilização das comunidades e de fortalecimento do compromisso com a resiliência, sendo essa a sede mais apropriada para definir e implementar estratégias de avaliação, prevenção, preparação e sensibilização, adequadas à respetiva realidade geográfica.

## 7.2. ESTRATÉGIAS ESPECÍFICAS

Para além da definição de estratégias de carácter geral, úteis para a maximização da eficácia e eficiência de um elevado número de ações transversais a vários tipos de risco, existem também estratégias de mitigação direcionadas para os principais tipos de risco que poderão afetar o território regional.

Com efeito, o enquadramento legal da atividade de proteção civil não é o único a pugnar por uma gestão preventiva do risco. Na realidade, outros mecanismos permitem também efetuar uma análise detalhada, suscetível de desencadear a implementação de medidas específicas de gestão do risco. A título de exemplo, destaca-se pela sua transversalidade o Programa Regional de Ordenamento do Território da Região Autónoma da Madeira (aprovado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 9/2023/M, de 18 de janeiro, o qual considera os riscos como um dos pilares estruturantes do modelo territorial da região, o que significa que as atividades preventivas se constituem como uma prioridade para o ordenamento do território e urbanismo, em ordem a limitar o aumento do grau de vulnerabilidade dos elementos (humanos ou infraestruturais) existentes ou a evitar o surgimento de novos elementos expostos a riscos.

Adicionalmente, é um fim da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo prevenir riscos coletivos e reduzir os seus efeitos nas pessoas e bens, através da ponderação dos mais diversos fatores de risco na gestão territorial, de âmbito regional, intermunicipal e municipal, efetuada no âmbito dos programas e dos planos territoriais.

Ao nível dos instrumentos de natureza sectorial que contribuem para a mitigação dos riscos relevam-se ainda:

- O regime de prevenção de acidentes graves que envolvem substâncias perigosas e de limitação das suas consequências para a saúde humana e para o ambiente;
- O Plano Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira (2015);
- Regulamento de Segurança de Barragens e um Regulamento de Pequenas Barragens;
- Plano de Gestão de Riscos de Inundação da Região Autónoma da Madeira (2016 – 2021);
- Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Arquipélago da Madeira (2016 - 2021);



- O Programa para a Orla Costeira do Porto Santo (2020);
- O regime jurídico relativo à proteção de infraestruturas críticas, o qual determina que as infraestruturas identificadas como críticas devem dispor de um Plano de Segurança do Operador contemplando aspetos relacionados com as vertentes *safety* e *security*;
- O regime jurídico relativo à segurança contra incêndios em edifícios (Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, na sua atual redação), o qual engloba as disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos.



## 8. ESTRATÉGIAS PARA A ADAPTAÇÃO FACE ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

As alterações climáticas, apesar de serem por natureza um fenómeno à escala global, também merecem uma atenção particular ao nível local e regional. Ao nível local, sobretudo em regiões insulares de reduzidas dimensões como é o caso do arquipélago da Madeira, os impactes diretos e indiretos das alterações climáticas podem determinar significativas perdas ao nível dos recursos naturais, com consequentes incidências sobre a qualidade de vidas das pessoas.

A suscetibilidade dos territórios insulares a situações complexas do estado do tempo evidencia a importância de compreender a sua caracterização climatológica presente e futura, a última das quais tendo por base as projeções efetuadas pelo IPCC para diferentes cenários de emissões de CO<sub>2</sub>. Desta forma, a delimitação de estratégias de mitigação e adaptação, tendo por base as alterações no clima projetadas a partir dos cenários mais prováveis, contribui para uma abordagem mais completa e integral da situação contemporânea e das principais modificações futuras, esperadas face ao presente, num contexto geral de alterações climáticas.

A avaliação reportada em relação às ilhas, no Terceiro Relatório de Avaliação, do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2001) mostra que características como o tamanho, propensão a perigos naturais e características físicas do território, aumentam a vulnerabilidade destes territórios às alterações climáticas.

A adaptação às alterações climáticas consiste na resposta aos estímulos climáticos verificados ou esperados, que minimizam danos ou exploram oportunidades benéficas. Podem ser distinguidos dois tipos de adaptação:

- *Adaptação planeada*: medidas adotadas antes dos impactes das alterações climáticas serem materializados, baseadas na consciência de que as condições se alteraram ou estarão prestes a alterar-se, ou seja, constituem uma resposta antecipada. Também referida como adaptação antecipatória, tem como objetivo aumentar a resiliência dos ecossistemas, evitar graves perdas de bens materiais e naturais, bem como a rutura



temporária de serviços públicos essenciais, ou em casos extremos a perda de vidas humanas;

- *Adaptação autónoma:* medidas tomadas, não como resposta consciente a estímulos climáticos, mas que são desencadeadas por alterações ecológicas em sistemas naturais e por alterações de mercado e de bem-estar em sistemas humanos. A reflorestação adequada de zonas degradadas com espécies indígenas, a prevenção da destruição do coberto vegetal endémico e controlo de espécies invasoras, sobretudo nas zonas identificadas como de máxima infiltração são alguns exemplos da adaptação autónoma, também referida como adaptação espontânea;

Alguns dos impactes potenciais, como ondas de calor, incêndios, seca extrema e cheias, são, pela sua natureza, difíceis de modelar e como tal, de prever. Enquanto a adaptação reativa ocorre depois do impacte acontecer, a planeada, dado que tem mecanismos de incorporar as incertezas, pode reduzir a exposição ou aumentar a capacidade de resposta durante os eventos, podendo, dessa forma, evitar graves perdas de bens materiais e naturais.

Sem prejuízo das estratégias mencionadas no capítulo anterior, a integração das alterações climáticas ao nível da avaliação e gestão do risco deverá também ter em conta as seguintes considerações:

- O recurso ao histórico climático como suporte de análise deverá ser mais criterioso e complementado com os cenários climáticos;
- O acompanhamento da evolução dos padrões climáticos deverá tornar-se uma componente essencial no planeamento de medidas de proteção civil. Nesse sentido deverão ser melhorados os sistemas de monitorização permitindo a deteção de novos padrões de riscos;
- Dado que as previsões e modelos climáticos têm um elevado grau de incerteza face à ocorrência de eventos meteorológicos extremos, é imprescindível que se reduza a exposição aos riscos e que se aumente a capacidade de resposta durante os eventos

de forma a evitar graves perdas de bens materiais e naturais, descontinuação temporária de serviços públicos essenciais ou perda de vidas.

Numa perspetiva de carácter mais estratégico, outras medidas de adaptação conseguem reduzir a vulnerabilidade face aos riscos, como por exemplo o uso eficiente de água e energia.



## 9. CARTOGRAFIA

| Risco Natural               | Variáveis                   | Fontes de informação                          | Metodologia                       |  |
|-----------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|--|
| <b>METEOROLOGIA ADVERSA</b> | <b>Nevoeiros</b>            | N.º de dias com nevoeiro                      | IPMA                              | Nas áreas acima dos 500 m na vertente norte e noroeste e acima de 700 m nos sectores meridional e oriental da ilha da Madeira, a suscetibilidade de ocorrência de nevoeiros é Elevada; abaixo desta cota, só esporadicamente ocorrem situações de nevoeiro pelo que a suscetibilidade se considera Baixa.  |
|                             | <b>Nevões</b>               | Altitude<br>N.º de dias com temperatura < 0°C | Modelo Digital do Terreno<br>IPMA | Com base nos registos históricos, considerou-se que as áreas do arquipélago acima dos 1200 m apresentam uma suscetibilidade Moderada. Abaixo dessa cota considerou-se a sua suscetibilidade como Baixa.  |
|                             | <b>Ondas de calor</b>       | Altitude<br>Temperatura máxima do ar          | Modelo Digital do Terreno<br>IPMA | Considerou-se que a suscetibilidade às ondas de calor é Moderada na faixa costeira da vertente sul da ilha da Madeira e nos sectores terminais dos principais vales, cujas características geomorfológicas (encaixe e largura) podem influenciar de forma significativa a ventilação e, por isso, a evolução da temperatura do ar. Acima dos 500/600 m e nas outras áreas do arquipélago, considerou-se a suscetibilidade Baixa. |
|                             | <b>Ondas de frio</b>        | Altitude<br>Temperatura mínima do ar          | Modelo Digital do Terreno<br>IPMA | Considerou-se o limite já apontado para a suscetibilidade de ocorrência de nevões: considerou-se, assim, “Baixa” a suscetibilidade geral às vagas de frio abaixo de 1200 m e “Moderada” nas áreas acima dessa cota.  |
|                             | <b>Tempestades de vento</b> | Altitude                                      | IPMA                              | As tempestades de vento forte são frequentes em quase todo o arquipélago, mas com maior incidência nas regiões montanhosas da ilha da Madeira.   |



|                     |   |  |  |  |
|---------------------|---|--|--|--|
| HIDROLOGIA          | <b>Secas</b>                              | Histórico de ocorrências                               | IPMA   | Tendo em conta o histórico de ocorrências, considera-se como Moderada a suscetibilidade nas áreas mais baixas da metade oriental da ilha da Madeira e na ilha de Porto Santo e Baixa nas outras áreas.   |
|                     | <b>Cheias e inundações rápidas</b>        | Histórico de ocorrências                               | PGRI-RAM                                     | Identificação das 27 zonas críticas, e definição dos cursos de água com maior suscetibilidade ao risco de cheias e inundações rápidas.   |
|                     | <b>Inundações e galgamentos costeiros</b> | Histórico de ocorrências<br>Características do litoral | PREPCRAM                                     | Com base no histórico de ocorrências e nas características físicas do litoral, foram elaborados os graus de suscetibilidade.   |
| GEODINÂMICA INTERNA | <b>Sismos</b>                             | Histórico de ocorrências                               | IPMA<br>Centro Sismológico Euro-Mediterrâneo | Considerou-se o histórico de grandes eventos sísmicos que tenham afetado a RAM para a definição do grau de suscetibilidade.  |
|                     | <b>Tsunami</b>                            | Altitude<br>Declives<br>Histórico de ocorrências       | Modelo Digital do Terreno                    | Recorreu-se ao modelo digital do terreno para determinar as áreas de maior condução e acumulação de água, da faixa litoral para o interior. Foi feito um <i>raster</i> através do cruzamento das altitudes e declives, como forma de aferir as potenciais áreas afetadas por um tsunami. |
|                     | <b>Atividade vulcânica</b>                | Histórico de ocorrências                               | PREPCRAM                                     | Levantamento de ocorrências relacionadas com as emanações de dióxido de carbono.   |



|                     |   |  |   |  |
|---------------------|---|--|---|--|
| GEODINÂMICA EXTERNA | <b>Erosão costeira</b>                            | Características do litoral<br><br>Histórico de ocorrências | POCMAD<br><br>POCPS<br><br><i>Estudo da dinâmica sedimentar da praia do Porto Santo</i> | Com base nas características do litoral de ambas as ilhas, com fundamentação nos POC e no <i>Estudo da dinâmica sedimentar da praia do Porto Santo</i> (FCUL, 2017) foi feita a carta de suscetibilidade para a erosão costeira na base da arriba. Para o risco de erosão costeira em arribas, foram utilizadas as variáveis 'declives', 'geologia' e 'uso do solo' para calcular o grau de suscetibilidade. |
|                     | <b>Movimentos de massa em vertentes</b>           | Declives<br><br>Litologia<br><br>Uso do Solo               | Modelo Digital do Terreno<br><br>Corine Land Cover                                      | Foi definido o limiar crítico de declive, acima do qual é expectável a ocorrência de fenómenos de movimentos de massa em vertentes. A este indicador, foram adicionados os parâmetros do uso do solo e litologia.  |
|                     | <b>Colapso de cavidades subterrâneas naturais</b> | Histórico de ocorrências                                   | PREPC RAM   | Com base no histórico inexistente de ocorrências, procedeu-se apenas à georreferenciação das duas cavidades subterrâneas naturais com maior n.º de visitantes.   |



| Riscos Tecnológicos            | Níveis de informação                                      | Fontes de informação  | Metodologia   |
|--------------------------------|---|---|---|
| ACIDENTES GRAVES DE TRANSPORTE | <b>Acidentes Rodoviários</b>                              | Rede rodoviária<br><br>Sinistralidade rodoviária  | PSP<br><br>Cálculo do indicador de gravidade dos acidentes rodoviários.   |
|                                | <b>Acidentes marítimos</b>                                | Localização dos portos marítimos de maior dimensão  | Gabinete de Prevenção e de Investigação de Acidentes Marítimos<br><br>Identificação dos portos marítimos da RAM.  |
|                                | <b>Acidentes aéreos</b>                                   | Localização de aeroportos, heliportos, aeródromos e corredores aéreos inferiores                      | Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários<br><br>A espacialização da suscetibilidade de acidentes aéreos teve em consideração as principais infraestruturas (aeroportos e aeródromos) e os corredores aéreos, com a respetiva diferenciação em classes de acordo com a utilização da infraestrutura (aeroporto e aeródromo) e corredor aéreo. |
|                                | <b>Acidentes no transporte de mercadorias perigosas</b>   | Rede rodoviária<br><br>Sinistralidade rodoviária envolvendo veículos transportando matérias perigosas | PSP<br><br>Identificação dos troços da rede rodoviária onde ocorreram acidentes envolvendo veículos transportando matérias perigosas. Estes troços consideram-se como críticos neste tipo de acidente, tendo-se considerado com a classe mais elevada, tendo a rodovia em que se insere a classe moderada.  |
| INFRAESTRUTURAS                | <b>Colapso de pontes, túneis e outras infraestruturas</b> | Localização de pontes e túneis  | Registos históricos<br><br>Com base nos registos históricos, foi feito um levantamento de causa como forma de aferir as infraestruturas com maior suscetibilidade de colapso.   |
|                                | <b>Rotura de barragens</b>                                | Plano de Emergência interno da Portela e documentação associada às barragens                          | PREPC RAM<br><br>LREC<br><br>Com base na informação disponibilizada, foram definidas as áreas inundáveis dos vales a jusante das barragens.   |
|                                | <b>Incêndios em túneis</b>                                |   | Registos históricos<br><br>Com base nos registos históricos, foi feito um levantamento de ocorrências com a sua localização. O grau de suscetibilidade dos  |



|                                  |  | Localização e extensão dos túneis rodoviários   |   | túneis é feito em função da sua extensão e nível de tráfego diário.  |
|----------------------------------|--|---|---|--|
| ATIVIDADE INDUSTRIAL E COMERCIAL | <b>Acidentes em áreas de ocupação industrial e parques empresariais</b>                        | Loteamento dos parques empresariais, e localização das áreas de ocupação industrial       | Madeira Parques Empresariais, S.A.<br><br>DRETT | Em função do grau de risco de cada loteamento, e do tipo de materiais manuseados nos estabelecimentos industriais, foi definido o grau de suscetibilidade.   |
|                                  | <b>Acidentes que envolvam substâncias perigosas</b>  | Localização das unidades industriais com nível superior e inferior de perigosidade        | Cadernos Técnicos PROCIV #2                     | A base de informação foi a localização das unidades industriais existentes e abrangidas pelo Decreto-Lei n.º 150/2015, com nível superior de perigosidade (suscetibilidade elevada) e com nível inferior (suscetibilidade elevada). Em todos os estabelecimentos foi definida uma faixa de 2 km. |
|                                  | <b>Degradação e contaminação dos solos com substâncias biológicas, químicas e radiológicas</b> | Localização dos locais, ou atividades com significativo potencial de contaminação do solo | PREPC RAM                                       | Determinados os locais com significativo potencial de contaminação do solo, considerou-se uma área de influência de 1 km a partir da fonte de emissão dos contaminantes. Os graus de suscetibilidade são calculados em função da interseção com outras áreas de influência.                      |
|                                  | <b>Acidentes em instalações de combustíveis, óleos ou lubrificantes</b>                        | Localização dos postos de armazenagem e abastecimento de combustíveis                     | DROTe<br><br>DGEG                               | Segundo as orientações da DGEG, devem ser representadas todas as confrontações num raio de 100 m em torno dos Postos de Abastecimento de Combustíveis.   |
|                                  | <b>Emergências radiológicas</b>  | Locais ou atividades que se enquadram nos grupos IV e V de emergência radiológica         | SESARAM   | Por não se verificar a existência de centrais ou reatores nucleares, identificaram-se apenas os locais cujas atividades se enquadram nos grupos de emergência radiológica IV e V (radiografia e/ou radioterapia).  |



|  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
|  | <p><b>Incêndios e colapsos em centros históricos e em edifícios com elevada concentração populacional</b></p> | <p>Localização dos centros históricos</p> | <p>Plantas de Ordenamento presentes nos PDM de cada Município</p> | <p>O índice de vulnerabilidade teve por base o edificado com construção anterior a 1945 e número de edifícios com 5 ou mais pisos. A percentagem de edifícios com estas características sobre o número total de edifícios por subsecção resultou no índice de vulnerabilidade</p>             |
|  | <p><b>Armazenagem de produtos explosivos</b></p>  | <p>Locais de armazenamento</p>            | <p>Núcleo de Armas e Explosivos</p>                               | <p>Este estudo teve por base dados fornecidos pelo Núcleo de Armas e Explosivos do Comando Regional da Madeira da Polícia de Segurança Pública, relativamente aos estabelecimentos de armazenagem de explosivos e empresas de pirotecnia existentes na RAM e respetiva georreferenciação.</p> |

|                                     | Riscos Mistos                      | Níveis de informação                                    | Fontes de informação   | Metodologia   |
|-------------------------------------|------------------------------------|---|--|---|
| <p>RELACIONADOS COM A ATMOSFERA</p> | <p><b>Incêndios florestais</b></p> | <p>Distribuição espacial do grau de suscetibilidade</p> | <p>Modelo Digital do Terreno<br/>Histórico de ocorrências<br/>IFCN, IP-RAM</p> | <p>Criação de uma camada <i>raster</i> que relaciona a orientação das vertentes, declives, ocupação do solo e histórico de áreas ardidas.</p> |



## 10. ENTIDADES CONSULTADAS

Neste capítulo é apresentada a listagem das entidades e agentes externos consultados no processo de elaboração deste documento.

|     |   |
|-----|---|
| 1.  | Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A.                  |
| 2.  | ANA – Aeroportos da Madeira   |
| 3.  | Autoridade Marítima Nacional  |
| 4.  | Autoridade Nacional de Aviação Civil  |
| 5.  | Câmaras Municipais da Região Autónoma da Madeira                              |
| 6.  | Direção Regional da Saúde   |
| 7.  | Direção Regional de Ambiente e Alterações Climáticas                          |
| 8.  | Direção Regional de Economia e Transportes Terrestres                         |
| 9.  | Direção Regional de Estatística da Madeira                                    |
| 10. | Direção Regional de Estradas  |
| 11. | Direção Regional de Planeamento, Recursos e Gestão de Obras Públicas          |
| 12. | Direção Regional do Mar   |
| 13. | Direção Regional do Ordenamento do Território                                 |
| 14. | Empresa de Eletricidade da Madeira  |
| 15. | Instituto das Florestas e Conservação da Natureza, IP-RAM                     |
| 16. | Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IP (Delegação Regional da Madeira) |
| 17. | Laboratório Regional de Engenharia Civil                                      |
| 18. | Madeira Parques Empresariais, S.A.  |
| 19. | Secretaria Regional de Ambiente, Recursos Naturais e Alterações Climáticas    |
| 20. | Secretaria Regional de Economia   |
| 21. | Secretaria Regional de Equipamentos e Infraestruturas                         |
| 22. | Secretaria Regional de Finanças   |
| 23. | Secretaria Regional de Mar e Pescas   |
| 24. | Secretaria Regional de Saúde e Proteção Civil                                 |
| 25. | Serviço de Saúde da Região Autónoma da Madeira, EPERAM                        |
| 26. | Sociedade de Desenvolvimento da Madeira, S.A.                                 |
| 27. | Polícia de Segurança Pública  |
| 28. | Universidade da Madeira   |



## 11. BIBLIOGRAFIA

Almeida, A. & França, J., (2003) – *Plano regional de Água da Madeira - Síntese do diagnóstico e dos objetivos*. p. 755

ANEPC (2008) - Caderno Técnico PROCIV #2. Guia da Informação para a Elaboração do Plano de Emergência Externo. Lisboa: ANPC.

ANEPC (2009) - Caderno Técnico PROCIV #9. Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Planos de Emergência de Proteção Civil. Lisboa: ANPC.

ANEPC (2009) - Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal. Lisboa: ANEPC.

ANEPC (2013) - Plano Nacional de Emergência de Proteção Civil

ANEPC (2019) – Avaliação Nacional de Risco, Autoridade Nacional de Proteção Civil. Lisboa:

APA - Rede de Alerta de Radioatividade no Ambiente: <https://radnet.apambiente.pt/>

APA (2014) - Gestão da Zona Costeira - O Desafio da Mudança. Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral

Borrego, C., Lopes, M., Ribeiro, I., Carvalho, A., (2009) – *As alterações climáticas: uma realidade transformada em desafio*. Revista Debater a Europa, Nº1, junho/dezembro, 15-40

Brum da Silveira, A., Prada, S., Ramalho, R., Madeira, J., Fonseca, P., Canha, E., Brilha, J. (2012) - *Inventariação do Património Geológico da Ilha da Madeira*. Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais - Relatório Final, 414 p.  
In: <https://geodiversidade.madeira.gov.pt>

Carvalho, E.C. (2001) - *Mitigação do risco sísmico em Portugal: o papel do LNEC*



- Cascalho, J., Oliveira, A., Rodrigues, A., Taborda, R., Fonseca, R. e Fernandes, C. (2007) – *Características Sedimentares da Plataforma Insular SW da ilha da Madeira*. IV Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos países de Expressão Portuguesa, 17/18/19 outubro 2007. Funchal, Madeira
- Cruz, M. J., Santos, F. D., Aguiar, R., Oliveira, R. P., Correia, A., Tavares, T., & Pereira, J. S. (2008). *Impactos das alterações climáticas nos ecossistemas terrestres da ilha da Madeira*. In CLIMA 2008-I Congresso Nacional Sobre Alterações Climáticas.
- Correia, M. S. A. (2013). *Avaliação da importância, potencial e constrangimentos da designação do Banco Gorringe como Sítio de Interesse Comunitário* (Doctoral dissertation).
- CO<sub>2</sub>-Earth, <https://www.co2.earth/>
- Documento de Orientação Estratégica Regional - CompromissoMadeira@2020, aprovado pela Resolução n.º 866/2013, de 29 de agosto
- DREM (2021) - *Resultados Preliminares dos CENSOS 2021*. Direção Regional de Estatística da Madeira (DREM)
- DREM (2021) - *Resultados Provisórios dos CENSOS 2021*. Direção Regional de Estatística da Madeira (DREM).
- Estudo da dinâmica sedimentar da praia do Porto Santo (2017) - Fundação FCUL, Instituto Dom Luiz, FCUL
- Félix, F., & Lourenço, L. (2019). As vagas de incêndios florestais de 2017 em Portugal continental, premissas de uma quarta 'geração'?. *Territorium*, (26 (II)), 35-48.
- Gomes, A., Avelar, D., Duarte Santos, F., Costa, H. & Garrett, P. (Editores) (2015) - *Estratégia de Adaptação às Alterações Climáticas da Região Autónoma da Madeira – Estratégia CLIMA-MADEIRA*. Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais - aprovada pela Resolução n.º 1062/2015, de 2 de dezembro



- Gomes, R., Brites, R. (2014) - Impacto de temperaturas extremas na mortalidade e morbidade—um estudo na ilha da Madeira. Parte: <http://hdl.handle.net/10316.2/34789>.
- IAEA (2007) *Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency: Safety Guide No. GS-G-2.1*.
- INE (2020) - Anuário Estatístico de Portugal, 2020
- INE (2020) - Inquérito ao Emprego, 2020
- IPCC (2001) – *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the IPCC Third Assessment Report*.
- Julião, R.P., Nery, F., Ribeiro, J.L., Castelo Branco, M. e Zêzere, J.L. (2009) – *Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica de Base Municipal*. ANPC, DGOTDU, IGP. Lisboa.
- Lourenço, L., Serra, M. G., Mota, L., Paúl, J. J., Correia, S., Parola, J. e Reis, J. (2001) - *Manual de Combate a Incêndios Florestais para Equipas de Primeira Intervenção*. Escola Nacional de Bombeiros, Sintra.
- Mata, J., Fonseca P. E., Prada S., Rodrigues D., Martins, S., Ramalho, R., Madeira, J., Cachão M., Silva, C. M., Matias, M. J. III. 8.2 (2013) – O arquipélago da Madeira. *Geologia de Portugal, 2*.
- Neves, D. M. F. (2011). *Turismo e riscos na Ilha da Madeira: Avaliação, percepção, estratégias de planeamento e prevenção* (Doctoral dissertation).
- Nunes, A. (2003) - Derrames de hidrocarbonetos: quando o oceano se cobre de negro. *Territorium, (10)*, 101-110.
- Peixoto, A., & Gomes, A. (2021) - Avaliação das consequências do galgamento costeiro de 10/11 de dezembro de 2013 na frente urbana do Concelho de Santa Cruz, Ilha da Madeira. *Estudos do Quaternário/Quaternary Studies, (20)*, 1-13

PGRI-RAM (2016 - 2021) - Plano de Gestão de Riscos de Inundação da Região Autónoma da Madeira, aprovado pela Resolução n.º 805/2017 de 17 de outubro

PGRH – Madeira (2016 - 2021) - Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Arquipélago da Madeira, aprovado pela Resolução n.º 945/2016, de 16 de dezembro

Prada, S., Gaspar, A., Silva, M.O., Cruz, J.V., Portela, M.M. & Hora, G.R. (2003) - *Recursos hídricos da ilha da Madeira*. Comun. Inst. Geol. e Mineiro 90: 125-142.

Proença de Oliveira, R., Almeida, A., Pereira, M., Portela, M., Azevedo Coutinho, M., Ferreira, R. & Lopes, S. (2011) - *Avaliação do risco de aluviões na Ilha da Madeira*.

POC Porto Santo (2020) - Programa para a Orla Costeira do Porto Santo, aprovado pela Resolução n.º 1102/2020, de 3 de dezembro.

Policarpo, N. O. D. S. G. (2012) - *Susceptibilidade aos movimentos de vertente e vulnerabilidade no concelho do Funchal* (Doctoral dissertation).

PROF-RAM (2015) - Plano Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira, aprovado pela Resolução n.º 600/2015 de 11 de agosto

PROTRAM (2020) - Programa Regional de Ordenamento do Território da Região Autónoma da Madeira, aprovado pela Resolução n.º 31/2020 de 7 de fevereiro que procede a alteração da Resolução n.º 1105/2017, de 29 de dezembro, respeitante à revisão do Plano para o Ordenamento do Território da Região Autónoma da Madeira e elaboração do novo Programa Regional de Ordenamento do Território da Região Autónoma da Madeira (PROTRAM), no que se refere a entidade competente para a elaboração do referido Programa, assim como procedeu a constituição da respetiva Comissão Consultiva de acompanhamento.

Revisão do Plano de Ordenamento e Gestão das Ilhas Selvagens (2017) – Instituto das Florestas e Conservação da Natureza

Revisão do Plano de Ordenamento e Gestão das Ilhas Desertas (2017) – Instituto das Florestas e Conservação da Natureza

Rodrigues, D. M., Ayala-Carcedo, F. J., (1994) - *Landslides in the Machico area on Madeira Island*

Santos, D., Aguiar, R. (editores) (2006) - *Impactos e Medidas de Adaptação às Alterações Climáticas no Arquipélago da Madeira - Projeto CLIPMAAAT II*. Funchal: Direção Regional do Ambiente da Madeira.

Santos, F. D., Miranda, P., (2006) – *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*. Projeto SIAM II. Lisboa.

Silva, G. H. R. D. (2016). *Avaliação da suscetibilidade à inundação marinha da área ribeirinha do Funchal* (Doctoral dissertation).

Silva, J. B., (2003) - *Areia de Praia da Ilha do Porto Santo, Geologia, G nese, Dinâmica e Propriedades justificativas do interesse Medicinal*. Madeira Rochas Divulga es Científicas e Culturais.

Silveira, A. B., Madeira, J., Ramalho, R., Fonseca, P. e Prada, S. (2010) – *Notícia Explicativa da carta Geológica da Madeira na escala 1:50 000, Folhas A e B*. Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais (SRARN), Região Autónoma da Madeira e Universidade da Madeira (UMA). Funchal, Madeira

SRARN (2003) – *Plano Regional da água da Madeira (PRAM)*. Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais. Funchal.

Tomé, R. F. D. (2013). *Mudanças climáticas nas regiões insulares* (Doctoral dissertation, Universidade dos Açores (Portugal)).

#### Referências Legislativas

**Decreto Legislativo Regional n.  17/2009/M, de 30 de junho**, com as altera es introduzidas pelo Decreto Legislativo Regional n.  8/2010/M, de 26 de maio, pelo Decreto Legislativo Regional n.  12/2013/M, de 25 de março e pelo Decreto Legislativo



Regional n.º 17/2022/M, de 1 de agosto – Cria o Serviço Regional de Proteção Civil, IP-RAM e aprova a respetiva orgânica.

**Decisão n.º 1313/2013/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de dezembro de 2013**, relativa a um Mecanismo de Proteção Civil da União Europeia, alterado pelo Regulamento (UE) 2021/836 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de maio.

**Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, na sua atual redação**, o qual engloba as disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos, distribuídos por 12 utilizações-tipo. Este diploma define as responsabilidades inerentes à manutenção das condições de segurança contra risco de incêndio e ao planeamento e execução das medidas de autoproteção aplicáveis aos edifícios ou recintos - O Regime Jurídico relativo à segurança contra incêndios em edifícios.

**Decreto-Lei n.º 62/2011, de 9 de maio**, o qual determina que as infraestruturas identificadas como críticas devem dispor de um Plano de Segurança do Operador contemplando aspetos relacionados com as vertentes *safety* e *security*, harmonizando o planeamento de contingência de forma transversal às infraestruturas, por forma a permitir uma melhor identificação e gestão desses riscos. Sendo a proteção de infraestruturas críticas uma atividade de natureza eminentemente público-privada, este instrumento legal prevê um trabalho conjunto entre as autoridades públicas e os operadores de infraestruturas críticas, predominantemente pertencentes ao sector privado - O Regime Jurídico relativo à proteção de infraestruturas críticas.

**Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de agosto** - Estabelece o regime de prevenção de acidentes graves que envolvem substâncias perigosas e de limitação das suas consequências para a saúde humana e para o ambiente, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2012/18/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho, relativa ao controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvem substâncias perigosas.

**Decreto-Lei n.º 344/2017, de 15 de outubro**, alterado Decreto-Lei n.º 21/2018, de 28 de março, o qual consagra um Regulamento de Segurança de Barragens e um Regulamento de Pequenas Barragens, instrumentos que no seu conjunto permitem a adoção de medidas de controlo de segurança das barragens, bem como medidas adequadas de proteção civil, aplicáveis às fases de projeto, construção, primeiro enchimento, exploração e reabilitação daquelas infraestruturas – Regime Jurídico relativo à segurança de barragens.

**Lei n.º 27/2006, de 3 de julho**, com as alterações introduzidas pela Lei Orgânica n.º 1/2011, de 30 de novembro, e pela Lei n.º 80/2015, de 3 de agosto, que a republicou – Lei de Bases da Proteção Civil.

**Lei n.º 65/2007, de 12 de novembro**, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 114/2011, de 30 de novembro e pelo Decreto-Lei n.º 44/2019, de 1 de abril que o republica – Enquadramento institucional e operacional da proteção civil no âmbito das autarquias locais, estabelece a organização dos serviços municipais de proteção civil e define as competências do coordenador municipal de proteção civil.

**Resolução n.º 600/2015, de 11 de agosto**, o qual define um conjunto articulado de ações com vista a fomentar a gestão ativa da floresta, criando condições propícias para a redução progressiva dos incêndios – Plano Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira.

**Resolução n.º 1102/2020, de 4 de dezembro**, que aprova o Programa para a Orla Costeira do Porto Santo, tem como um dos objetivos estratégicos a prevenção e redução das situações de riscos costeiros, os impactes ambientais, sociais e económicos e a vulnerabilidade às alterações climáticas.

**Portaria n.º 247/2022, de 18 de maio** - Proceda à aprovação dos Estatutos do Serviço Regional de Proteção Civil, IP-RAM, abreviadamente designado por SRPC, IP-RAM.

## **Divisão de Análise de Riscos e Ordenamento do Território**



Secretaria Regional  
de Saúde e Proteção Civil



### **SERVIÇO REGIONAL DE PROTEÇÃO CIVIL, IP-RAM**

Caminho do Pináculo, nº 14, São Gonçalo, 9060-236, FUNCHAL

Telef: 291 700 110

Contribuinte Nº 509 079 911

Email: [srpc@madeira.gov.pt](mailto:srpc@madeira.gov.pt)

Site Oficial: [www.procivmadeira.pt](http://www.procivmadeira.pt)