

**AVALIAÇÃO DE PERIGOS GEOLÓGICOS E DELIMITAÇÃO DE
ÁREAS VULNERÁVEIS A CONSIDERAR EM TERMOS DE RISCOS
NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO DA RAA**

F4 – Cartografia de perigos/susceptibilidades (WP8)

DTC 106/CVARG/CIVISA/11

Coordenadores científicos do projecto

Gabriela Queiroz

João Luís Gaspar

Coordenadores de área do projecto

Rui Marques - Movimentos de vertente

Teresa Ferreira - Sismologia/Tectónica

Fátima Viveiros - Emanações gasosas vulcânicas

José Pacheco - Vulcanologia

Catarina Goulart - Sistemas de Informação Geográfica

**AVALIAÇÃO DE PERIGOS GEOLÓGICOS E DELIMITAÇÃO
DE ÁREAS VULNERÁVEIS A CONSIDERAR EM TERMOS DE
RISCOS NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO DA RAA**

RELATÓRIO DE PROGRESSO

F4 – Cartografia de perigos/susceptibilidades

DTC 106/CVARG/CIVISA/11

Outubro de 2011

**CIVISA - CENTRO DE INFORMAÇÃO E VIGILÂNCIA SISMOVULCÂNICA
DOS AÇORES**

CENTRO DE VULCANOLOGIA E AVALIAÇÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS
Universidade dos Açores
Edifício do Complexo Científico, 3º piso, ala Sul
9501-801 Ponta Delgada

TEL: 296 650147
FAX: 296 650142
www.cvarg.azores.gov.pt



ÍNDICE

Preâmbulo.....	3
1 - Movimentos de vertente	5
2 - Sismos	18
3 - Emissões gasosas permanentes	30
3.1 - Fumarolas.....	30
3.2 - Desgaseificação difusa	31
4 - Escoadas lávicas basálticas	51
5 - Escoadas lávicas traquíticas	62
6 - Piroclastos de queda basálticos.....	70
7 - Piroclastos de queda traquíticos	81
8 – Produtos piroclásticos de fluxo.....	89
9 – <i>Surges</i> basálticos.....	96
10 – <i>Lahars</i>	107





Preâmbulo

O presente relatório enquadra-se no âmbito do projecto “Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA”, mais concretamente no WP8 – *Cartografia de perigos/susceptibilidades*.

Com o intuito de se homogeneizar a apresentação das diferentes metodologias definidas para cada um dos perigos considerados, no relatório correspondente à Fase 3 do projecto foi apresentada uma ficha que incluía campos para o tipo de método, os conjuntos de dados necessários para a realização do estudo, os passos principais das metodologias e o período de análise considerado em cada caso tendo em conta os dados disponíveis e a sua qualidade (WP6).

No presente relatório complementa-se e/ou adapta-se tal ficha tendo em atenção os dados existentes ou adquiridos durante o estudo e a metodologia final adoptada face à informação obtida. Em termos globais, o produto desta componente do projecto consiste num conjunto de *layers* adequados para uma escala de trabalho 1:25.000, produzidos em ArcGis® e incluindo os respectivos metadados, e faz parte do CD que acompanha o relatório. Para ilustrar os resultados do projecto, incluíram-se no presente relatório os mapas com a informação produzida para as diferentes ilhas.

Tal como previsto no relatório da Fase 3, as metodologias empregues foram, nalguns casos, condicionadas pela informação existente, tendo-se procurado integrar na análise o maior leque de variáveis possível, sem prejudicar a coerência e transversalidade dos resultados ao nível das diferentes ilhas.

Nas fichas revistas que agora se apresentam indicam-se os trabalhos que devem ser realizados, tendo em vista o desenvolvimento de estudos de detalhe a escalas maiores, em particular, para o caso de representações e tomada de decisões ao nível municipal.





1 - MOVIMENTOS DE VERTENTE CARTAS DE SUSCEPTIBILIDADE

Rui Marques, Paulo Amaral, Irina Araújo, João Luís Gaspar, Gabriela Queiroz

DESCRITOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia Digital 1:25.000	IGeoE
	Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite	IGeoE, IGP, FAP, SRCTE
	Modelo Digital de Terreno (MDT)	CVARG
	Rede de drenagem	IGeoE, CVARG, DROTRH
	Carta de ocupação dos solos na RAA	DROTRH
	Inventário de movimentos de vertente	CVARG
Metodologia	Inventariação dos movimentos de vertente, considerados globalmente como deslizamentos.	
	Identificação e cartografia dos factores de pré-disposição sob forma matricial (10x10m), responsáveis pelo desencadeamento dos movimentos de vertente, cujas classes são consideradas como variáveis independentes no método estatístico utilizado para o cálculo da susceptibilidade (valor informativo - VI):	
	Elementos considerados na análise: Área de contribuição (ACT)	



	Altitude (ALT) Distância aos cursos de água (DCA) Densidade de drenagem (DDR) Declive (DEC) Exposição ou orientação do talude (EXP) Perfil longitudinal do terreno (PLG) Perfil transversal do terreno (PTR) Uso dos solos (USO) Índice de humedificação ou <i>wetness index</i> (WTI) Elaboração da carta de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (áreas fonte), com base nas taxas de predição do modelo estatístico. Elaboração da carta das áreas de propagação dos movimentos de vertente para as diferentes classes de susceptibilidade, considerando um ângulo de propagação de 32°. Susceptibilidade Elevada - para as áreas abrangidas pela propagação a partir das áreas fonte de susceptibilidade elevada; Susceptibilidade Moderada - para as áreas abrangidas pela propagação a partir das áreas fonte de susceptibilidade moderada; Susceptibilidade Reduzida – restantes áreas. Elaboração da carta de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente integrando as diferentes classes do mapa de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (áreas fonte) e respectivas áreas de propagação.
Classificação	Susceptibilidade Elevada - $VI \leq 0$ Susceptibilidade Moderada - $0 < VI < 1,5$ Susceptibilidade Reduzida (ou nula) - $VI \geq 1,5$



Período de análise	O estudo baseou-se na inventariação de um total de cerca de 17.000 movimentos de vertente cujas cicatrizes se encontram preservadas nos ortofotomapas produzidos a partir de fotografias aéreas tiradas entre 2004 e 2009.
Observações	A inexistência de cartas litológicas para todas as ilhas inviabilizou a possibilidade de se utilizar a litologia como factor de pré-disposição. O estudo responde ao tipo de ocorrências mais comuns/prováveis, não contemplando eventos paroxismais como os registados em Vila Franca do Campo, em 1522. A perigosidade/susceptibilidade determinada com a aplicação da metodologia acima descrita não entra em conta com acções antropogénicas e deve ser revista sempre que se registem alterações geomorfológicas. A carta de susceptibilidade apresentada encontra-se fortemente condicionada pelo modelo digital de terreno utilizado e deve ser revista sempre que seja publicada nova cartografia de base.
Recomendações para melhorar a cartografia à Escala Regional	Produção de cartas litológicas para as diferentes ilhas dos Açores à escala 1:25.000 ou maior. Inclusão das cartas litológicas como tema de modelação.
Recomendações adicionais para cartografia à Escala Municipal	Escala cartográfica a utilizar: 1:10.000 ou 1:5.000. Escala para estudos de detalhe: 1:500 ou maior. Redefinição das classes dos temas de modelação em função da escala da cartografia de base. Inventariação e caracterização de todos os movimentos de vertente identificados neste trabalho com base em levantamentos de campo. Possibilidade de utilização de metodologias comparativas baseadas em análise multivariada. Inclusão das cartas litológicas como tema de modelação.



Recomendações para legislação

Tendo em atenção o perigo de movimentos de vertente:

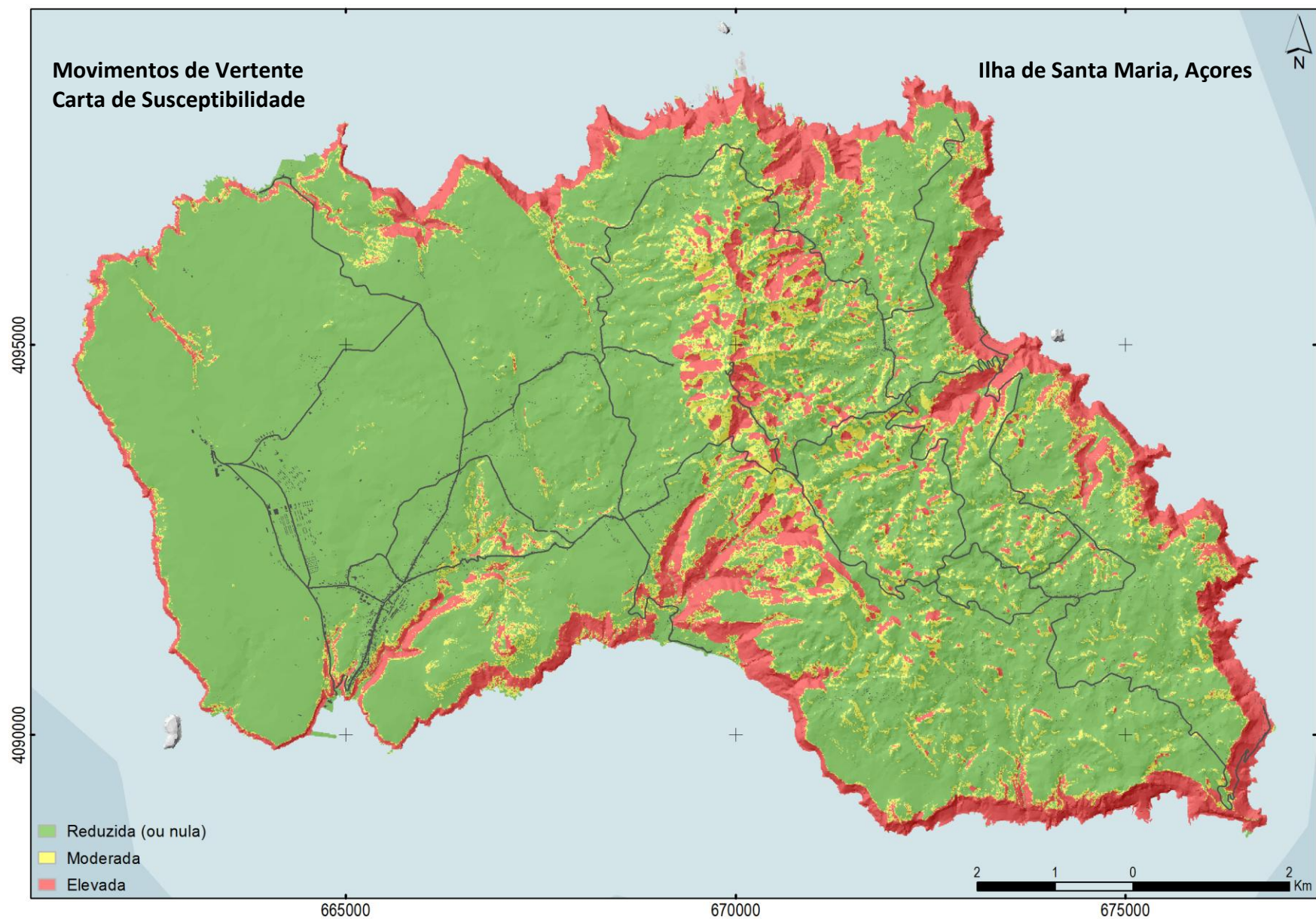
As cartas de susceptibilidade devem ser entendidas como condicionantes.

As zonas de susceptibilidade elevada devem ser interditas a determinados tipos de ocupação ou de actividades, a menos que exista um parecer técnico especializado, devidamente fundamentado na avaliação do risco. A avaliação do risco deve incluir a reavaliação da susceptibilidade a uma escala adequada ao pretendido, o estudo da vulnerabilidade do(s) elemento(s) a expor, a identificação do valor dos elementos em risco e a indicação das medidas mitigadoras a aplicar para reduzir o risco calculado.

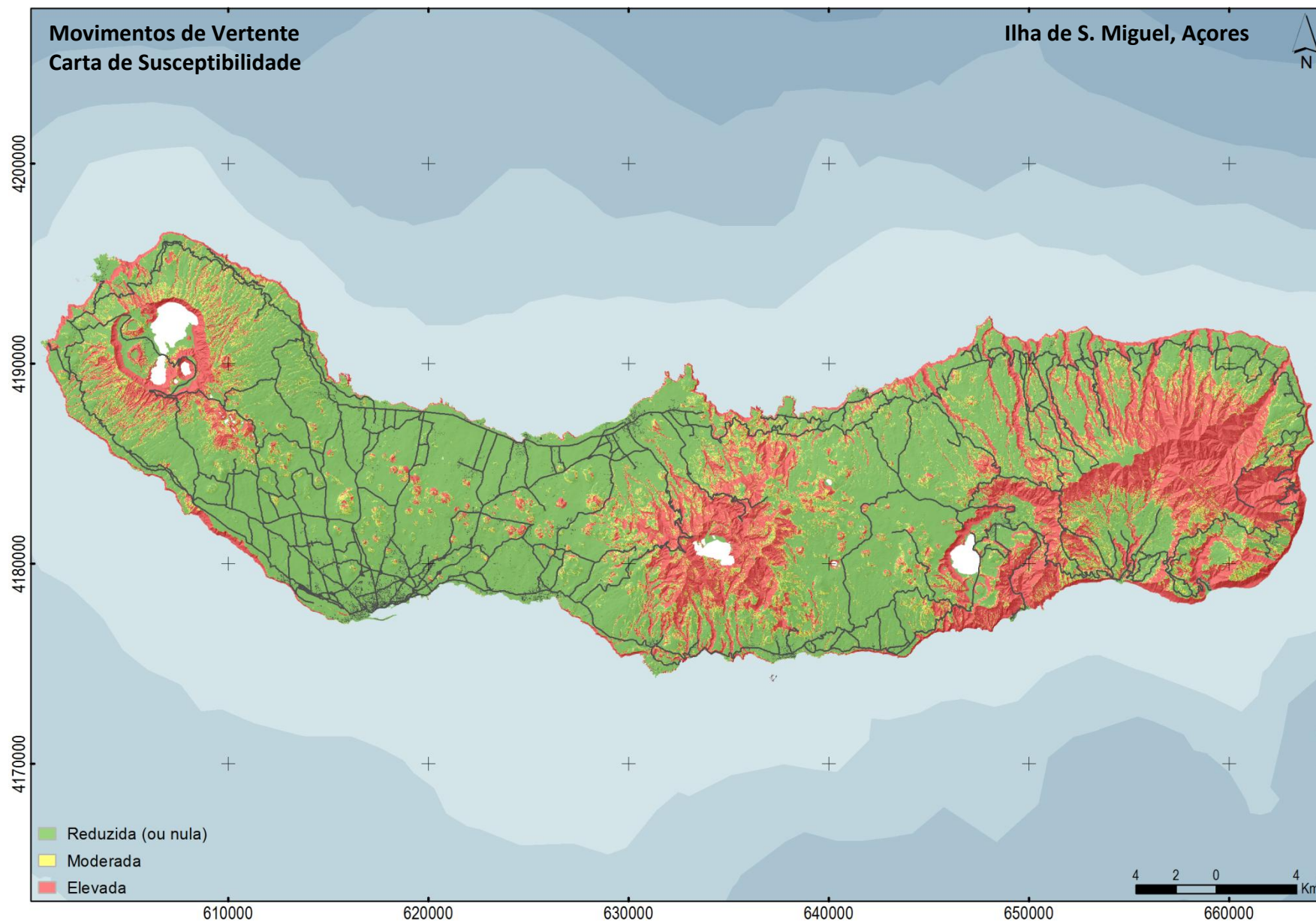
As zonas de susceptibilidade moderada devem ser condicionadas a determinados tipos de ocupação ou de actividades, a menos que exista um parecer técnico especializado, devidamente fundamentado na avaliação do risco. A avaliação do risco deve incluir a reavaliação da susceptibilidade a uma escala adequada ao pretendido, o estudo da vulnerabilidade do(s) elemento(s) a expor, a identificação do valor dos elementos em risco e a indicação das medidas mitigadoras a aplicar para reduzir o risco calculado.

As zonas de susceptibilidade reduzida podem ser condicionadas a determinados tipos de ocupação ou de actividades, cabendo à entidade licenciadora a decisão de exigir um parecer técnico especializado relativamente ao risco de movimentos de vertente.

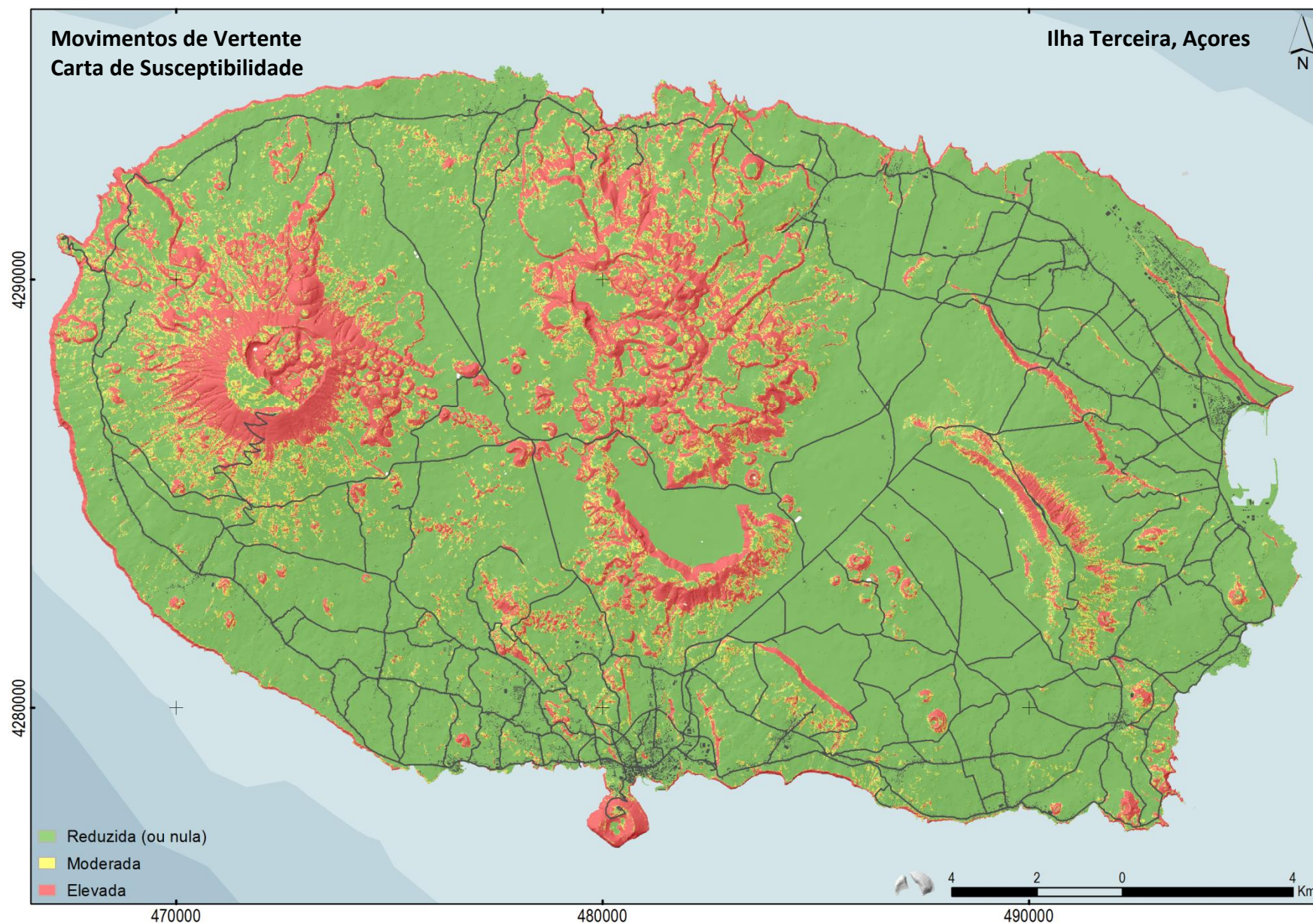
As cartas de susceptibilidade, sem prejuízo do referido nas observações, devem ser revistas até um máximo de 10 anos após a sua última aprovação.



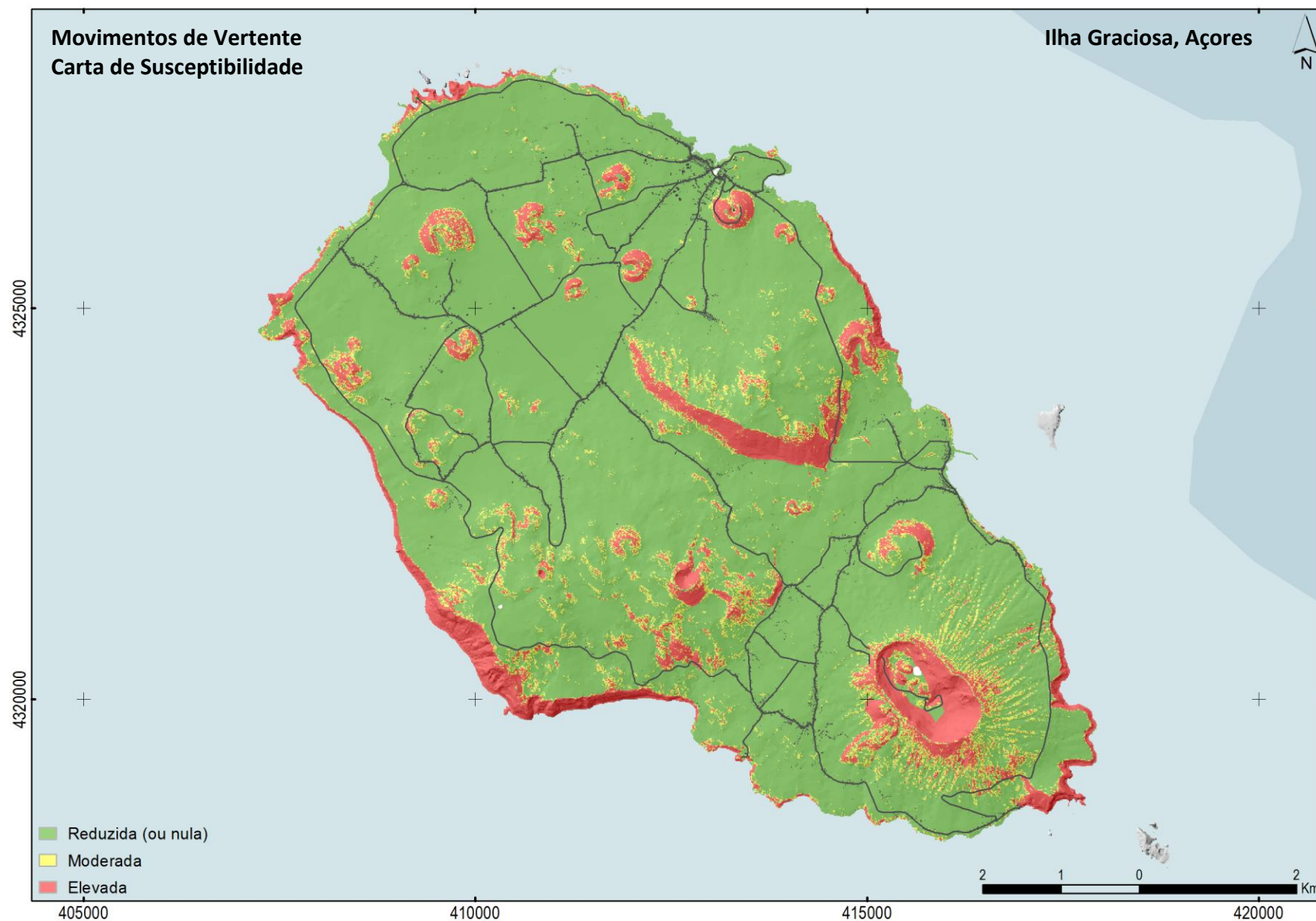
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



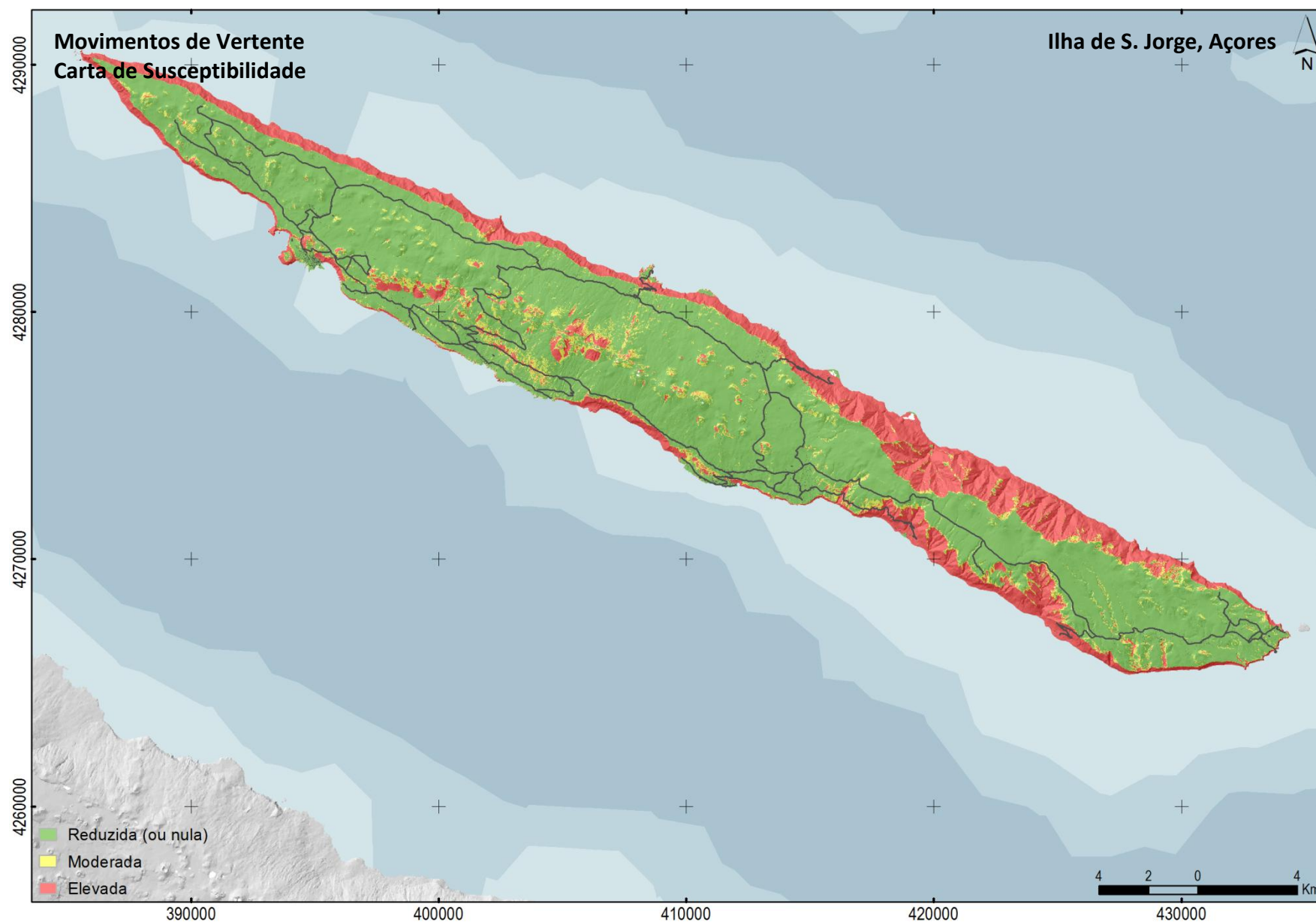
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



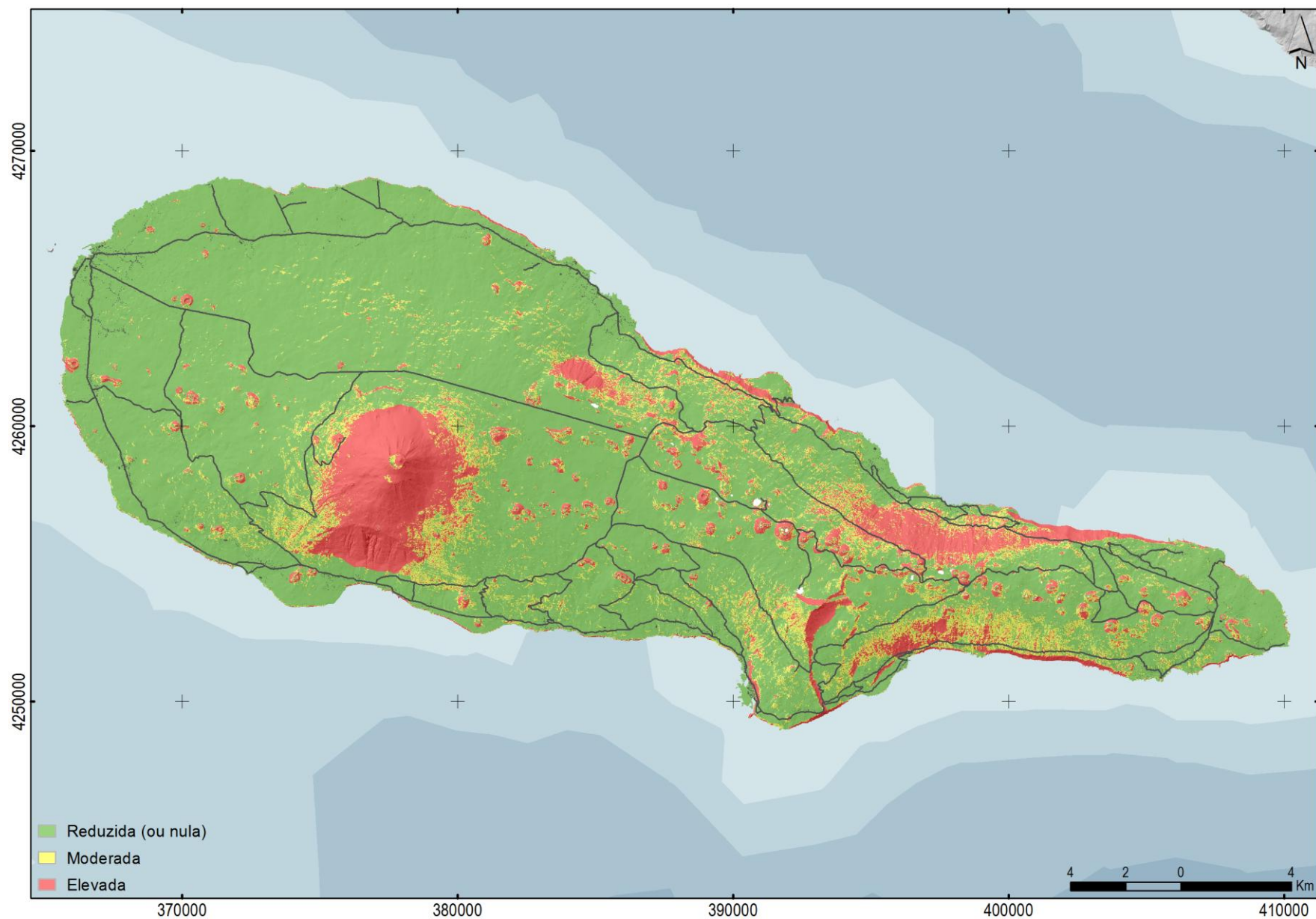
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



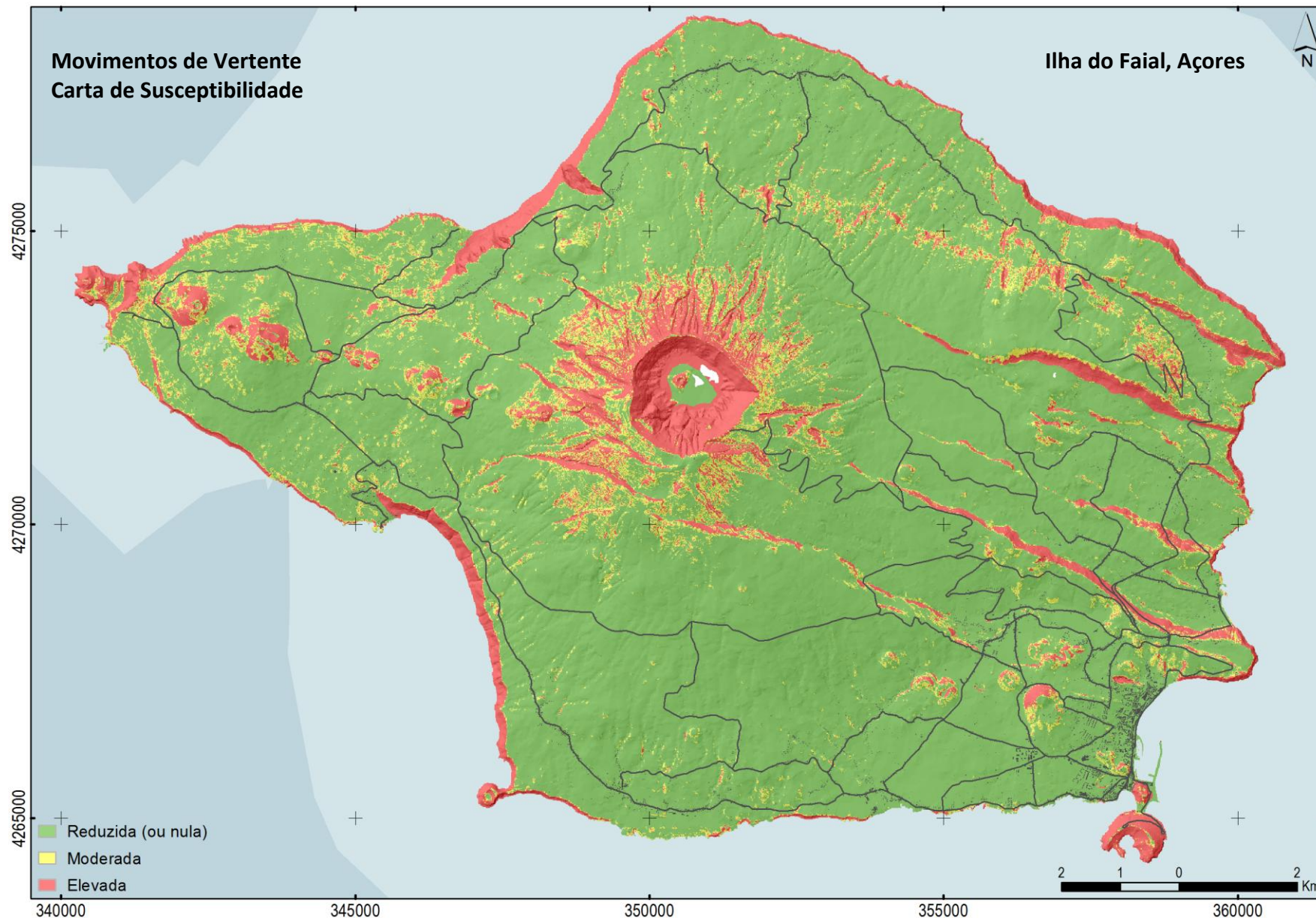
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



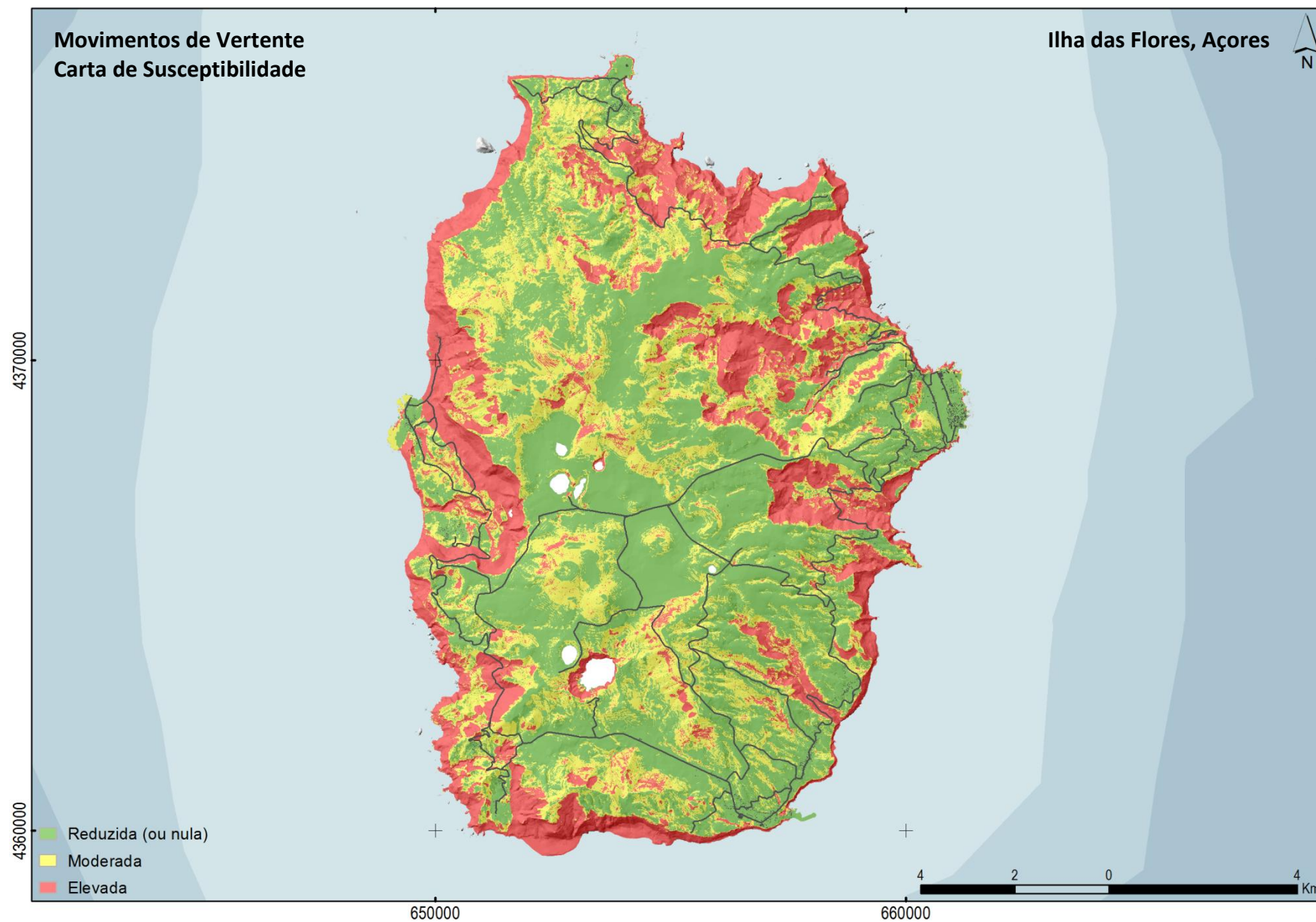
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



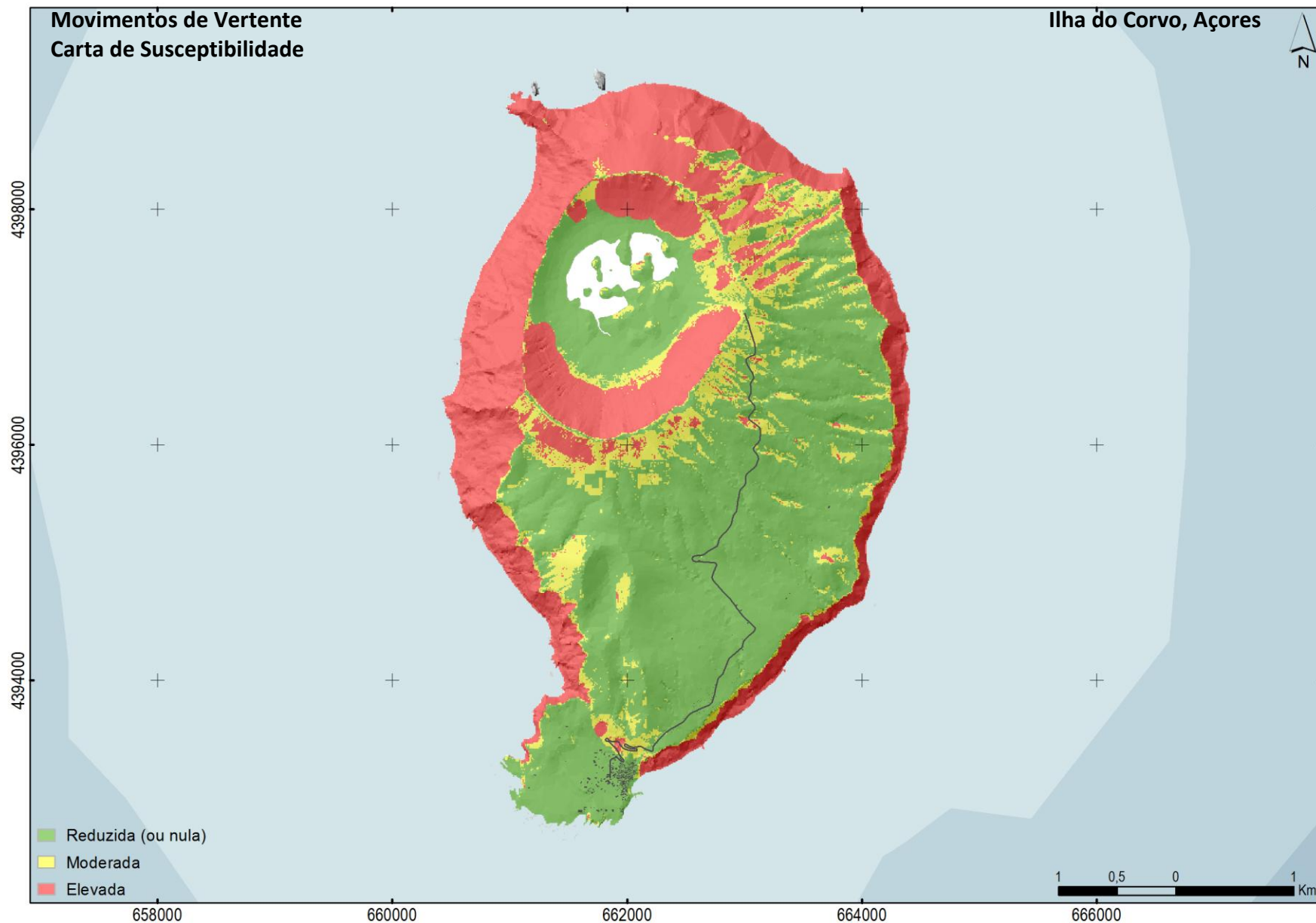
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



2 - SISMOS

CARTAS DE SUSCEPTIBILIDADE

Teresa Ferreira, Rita Carmo, João Luís Gaspar, Ana Hipólito

DESCRIPTOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia Digital 1:25.000	IGeoE
	Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite	IGeoE, IGP, FAP, SRCTE
	Dados de macrossísmica	IM, CVARG, CIVISA
	Cartas de intensidades sísmicas	IM, CVARG, CIVISA
	Cartas de intensidades sísmicas máximas históricas	CVARG
	Anomalias de intensidades sísmicas	CVARG, Publicações
	Cartas de sismicidade instrumental	IM, CVARG, CIVISA
Metodologia	Revisão das cartas de intensidades máximas históricas publicadas	
	Elaboração da carta de intensidades máximas históricas para a ilha de Santa Maria	
	Elaboração da carta de susceptibilidade sísmica com base no traçado de classes de intensidades máximas históricas, EMS-98 (ex. Int.<IV; V<Int<VI; Int.>VII)	
Período de Análise	1522 – Presente: Sismicidade histórica/destruidora	
	1980 – Presente: Sismicidade instrumental	
Classificação	As classes de susceptibilidade estabelecidas tiveram como base, à falta de outra	

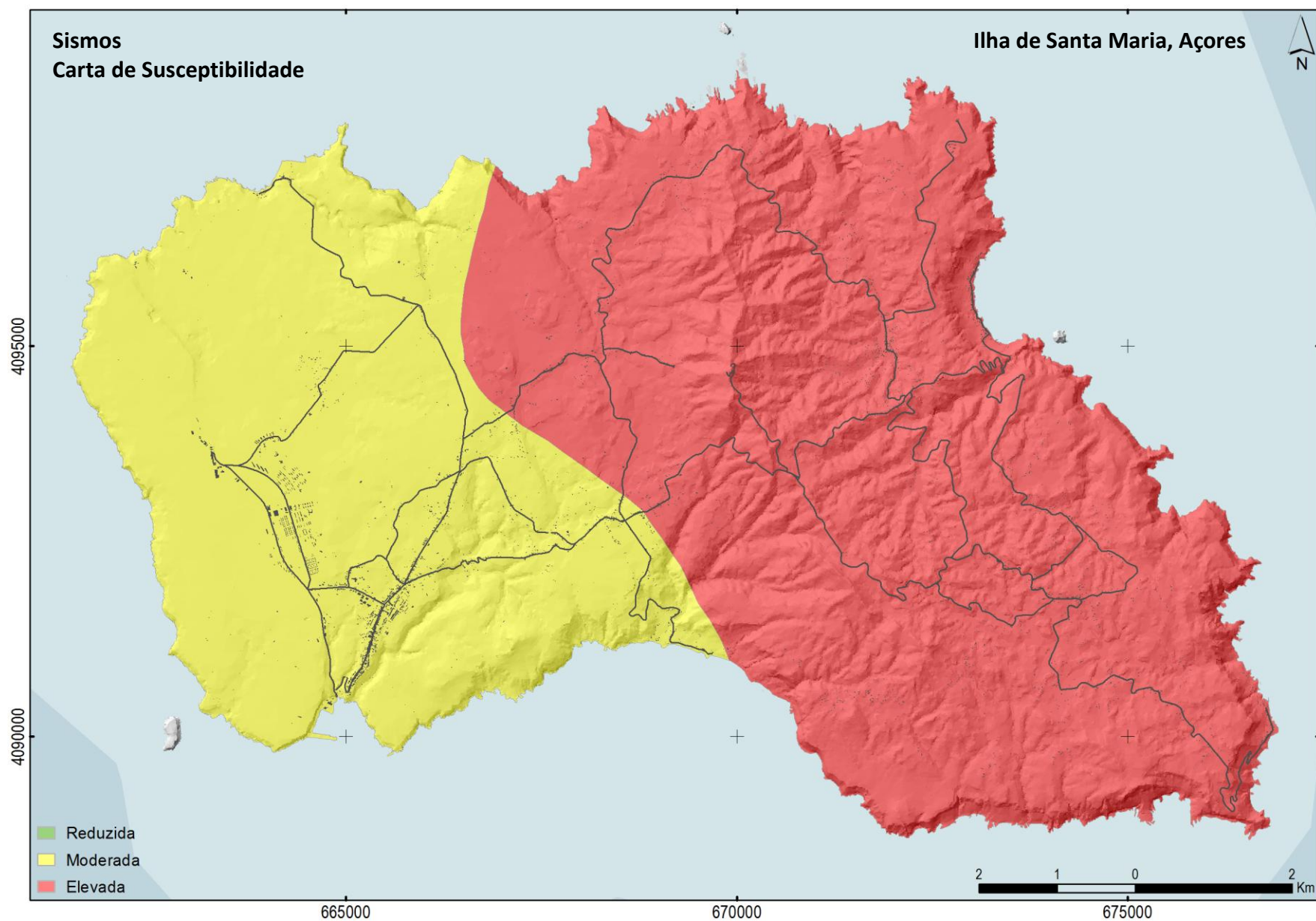


	informação abrangente a todas as ilhas, os efeitos traduzidos pelas intensidades estabelecidas na Escala Macrossísmica Europeia (EMS-98), cujo resultado da acção sísmica é não danificante, ligeiramente danificante e danificante a completamente devastador. Susceptibilidade Elevada – Int. EMS-98 $\geq$ VII (danificante a completamente devastador); Susceptibilidade Moderada – V $\leq$ Int. EMS-98 $\leq$ VI (ligeiramente danificante); Susceptibilidade Reduzida – Int. EMS-98 $\leq$ IV (não danificante);
Observações	Os únicos dados disponíveis com igual nível de qualidade para a totalidade das ilhas são os relativos à macrossísmica e à sismicidade instrumental. No decurso dos trabalhos completou-se o estudo conducente à determinação das intensidades máximas históricas para as ilhas de Santa Maria, Flores e Corvo. A inexistência de cartas tectónicas com critérios uniformes para todas as ilhas em análise inviabilizou a sua inclusão na elaboração de cartas de susceptibilidade.
Estudos Adicionais	Determinação de valores máximos de aceleração do solo Estudos de efeitos de sítio
Recomendações para melhorar a cartografia à Escala Regional	Elaboração das cartas tectónicas com critérios uniformes para todas as ilhas. É recomendável que se passe da avaliação da susceptibilidade à análise da perigosidade.
Recomendações adicionais para cartografia à Escala Municipal	Bases cartográficas para estudos de detalhe: escala 1:5.000 ou maior. Levantamentos tectónicos e elaboração de trincheiras quando necessário. Redefinição da classificação à luz da integração de dados de tectónica e de outra informação sobre zonas sismogénicas ou de outros estudos adicionais.
Recomendações para legislação	Tendo em atenção o perigo sísmico: As cartas de susceptibilidade devem ser entendidas como condicionantes para a tomada

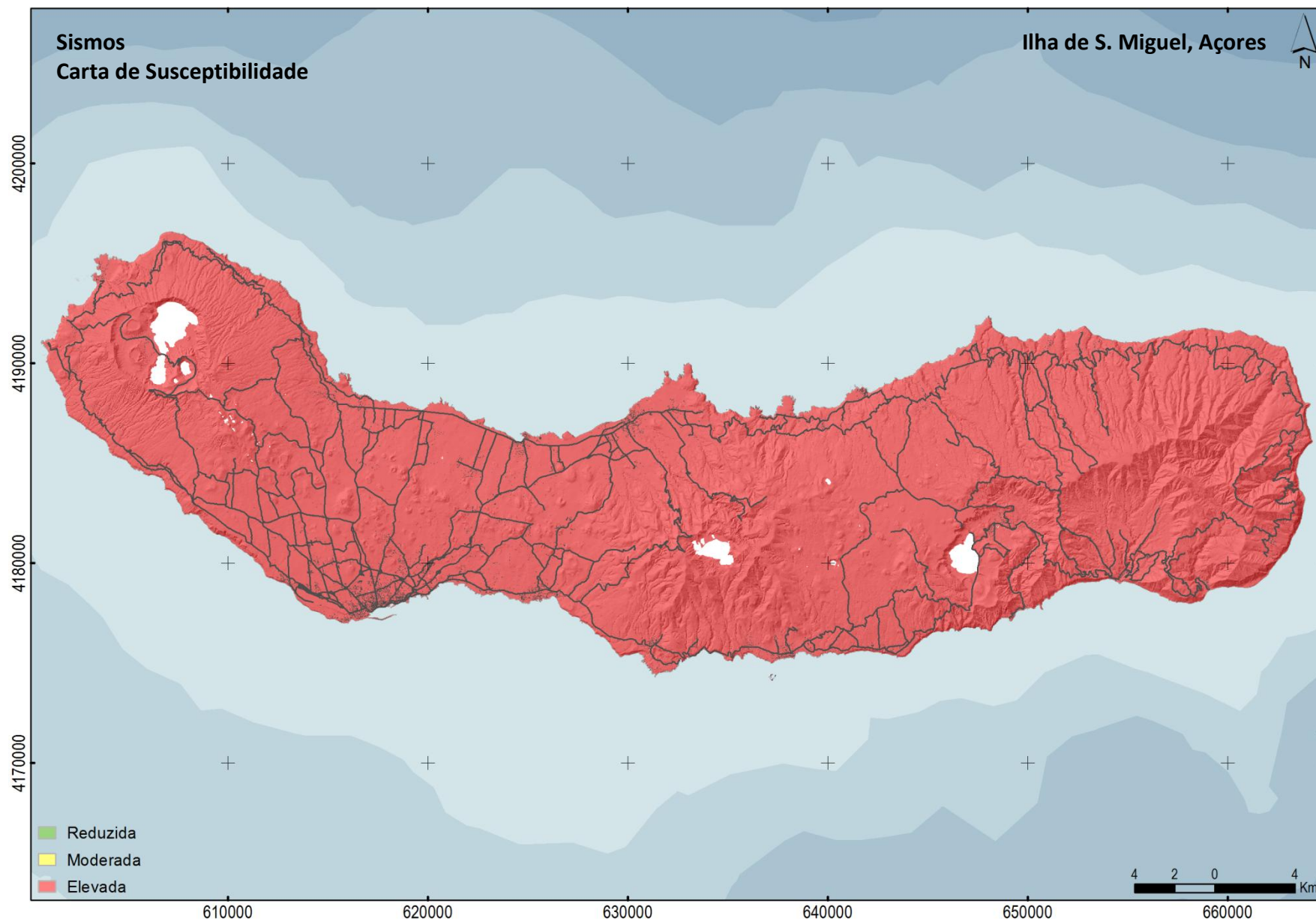


de decisões ao nível da instalação de património edificado e redes de distribuição, telecomunicações e transportes, em paralelo com o cumprimento dos eurocódigos em termos de construção antissísmica. A avaliação do risco deve incluir a reavaliação da susceptibilidade a uma escala adequada ao pretendido, o estudo da vulnerabilidade do(s) elemento(s) a expor, a identificação do valor dos elementos em risco e a indicação das medidas mitigadoras a aplicar para reduzir o risco calculado.

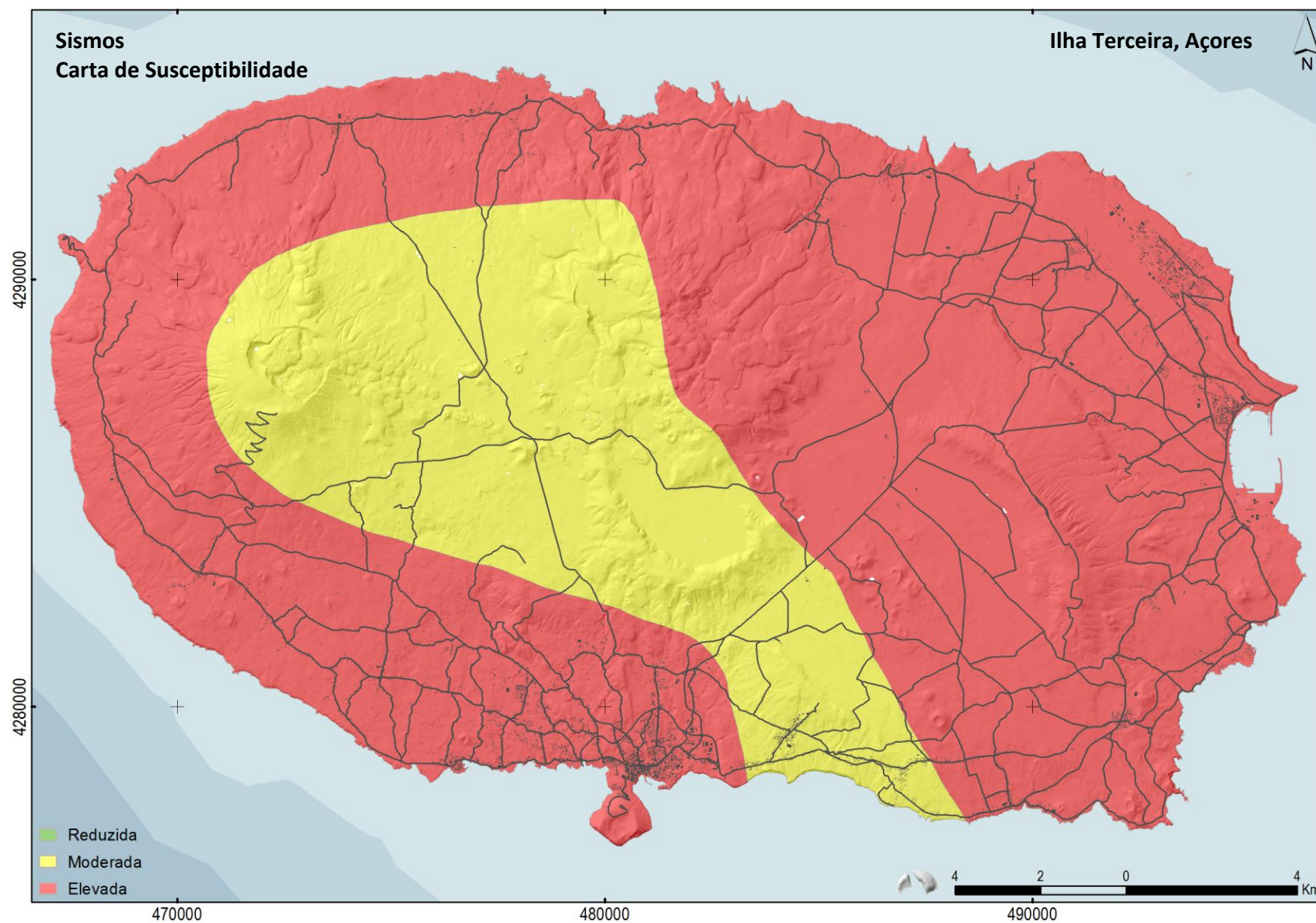
As cartas de susceptibilidade, sem prejuízo do referido nas observações, devem ser revistas até um máximo de 10 anos após a sua última aprovação, ou em resultado de qualquer episódio sísmico destrutivo.



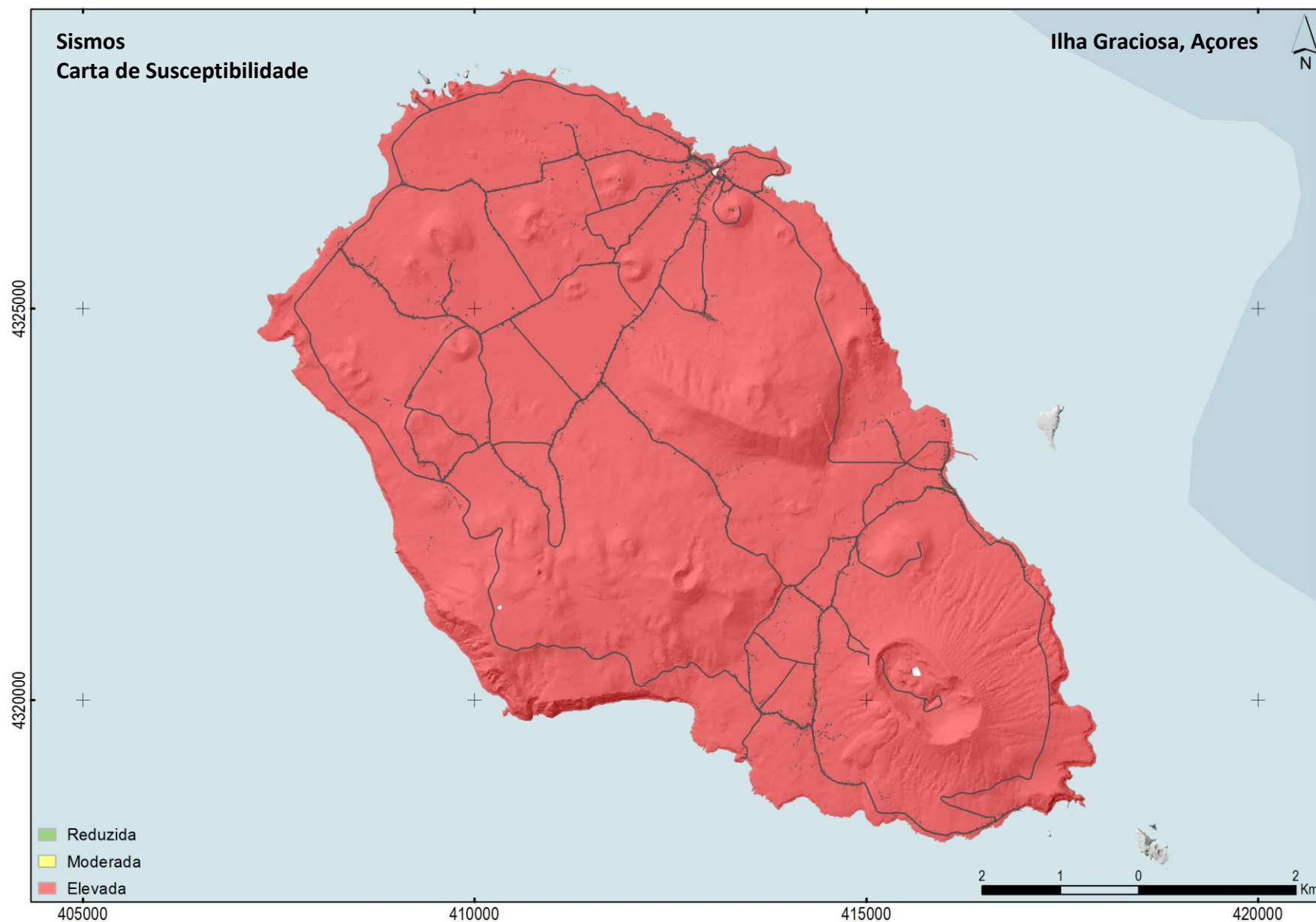
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



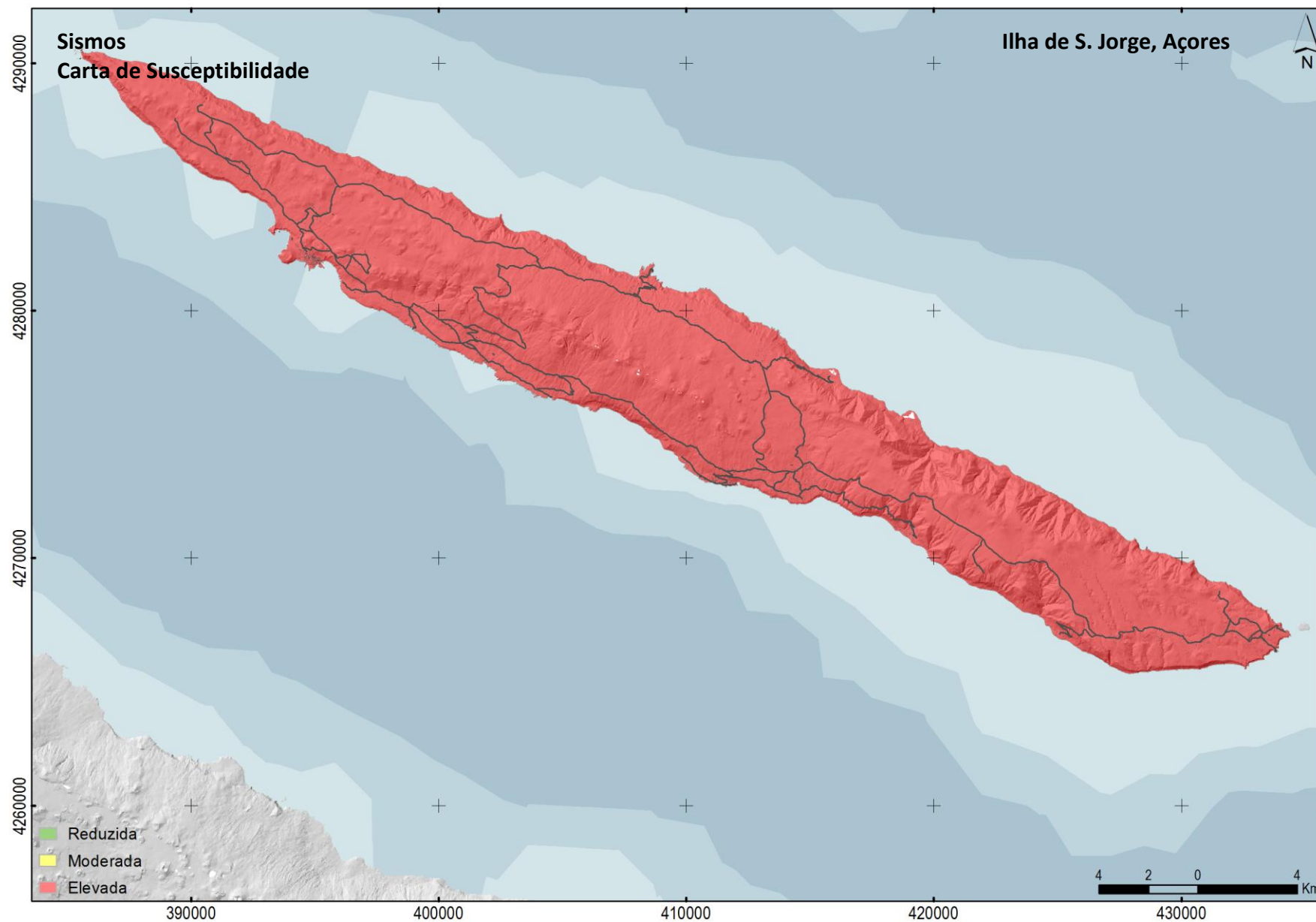
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



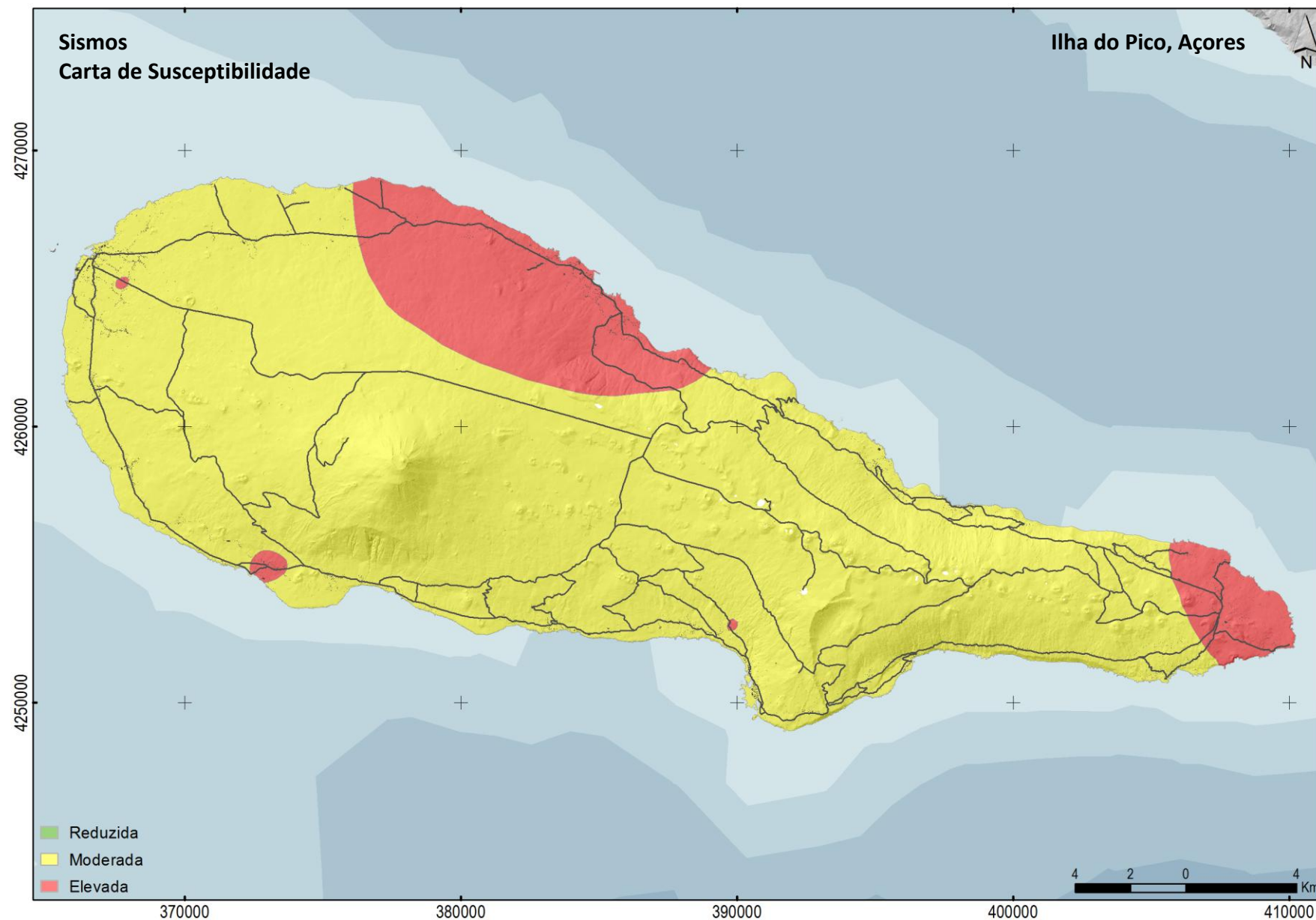
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



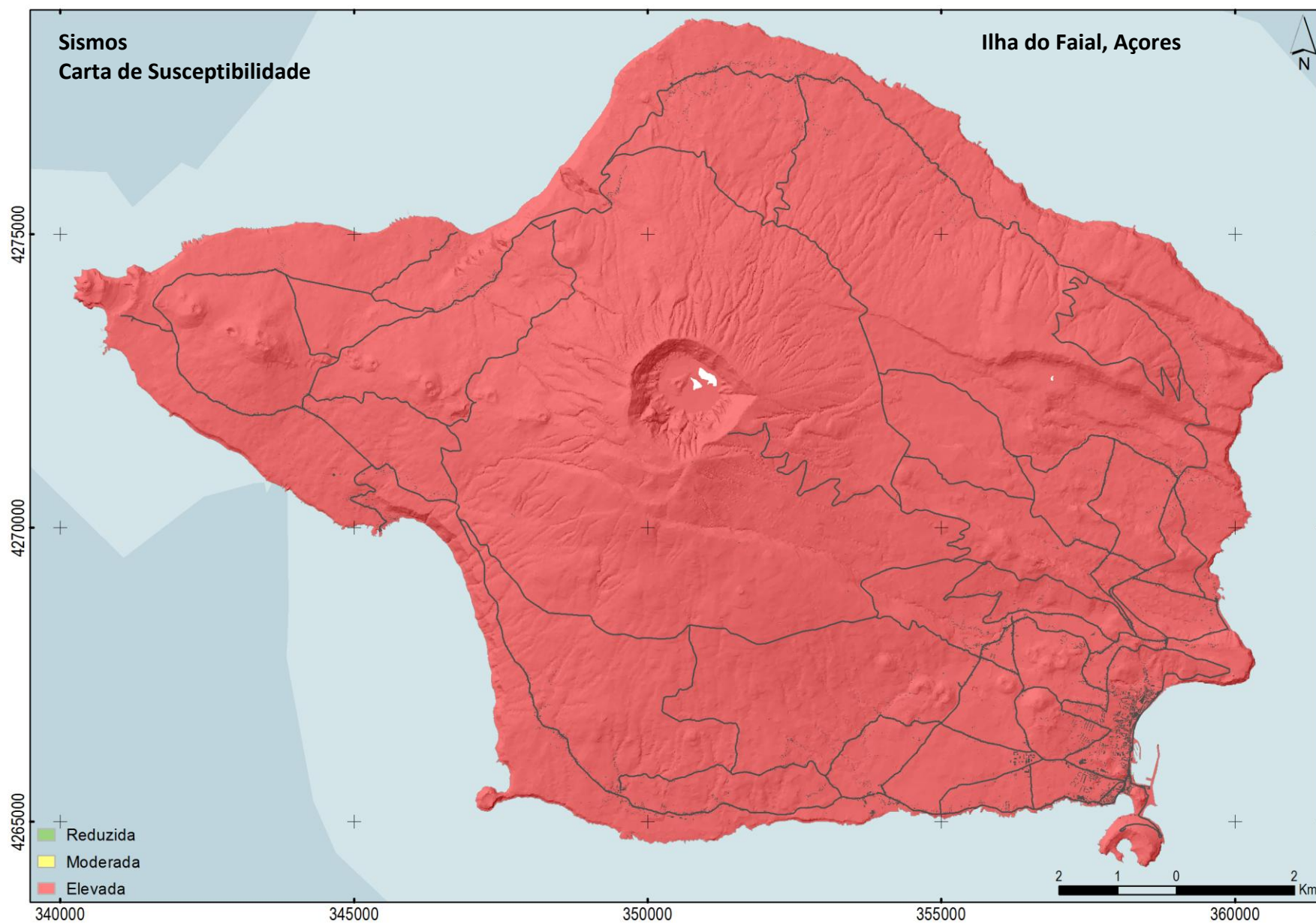
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



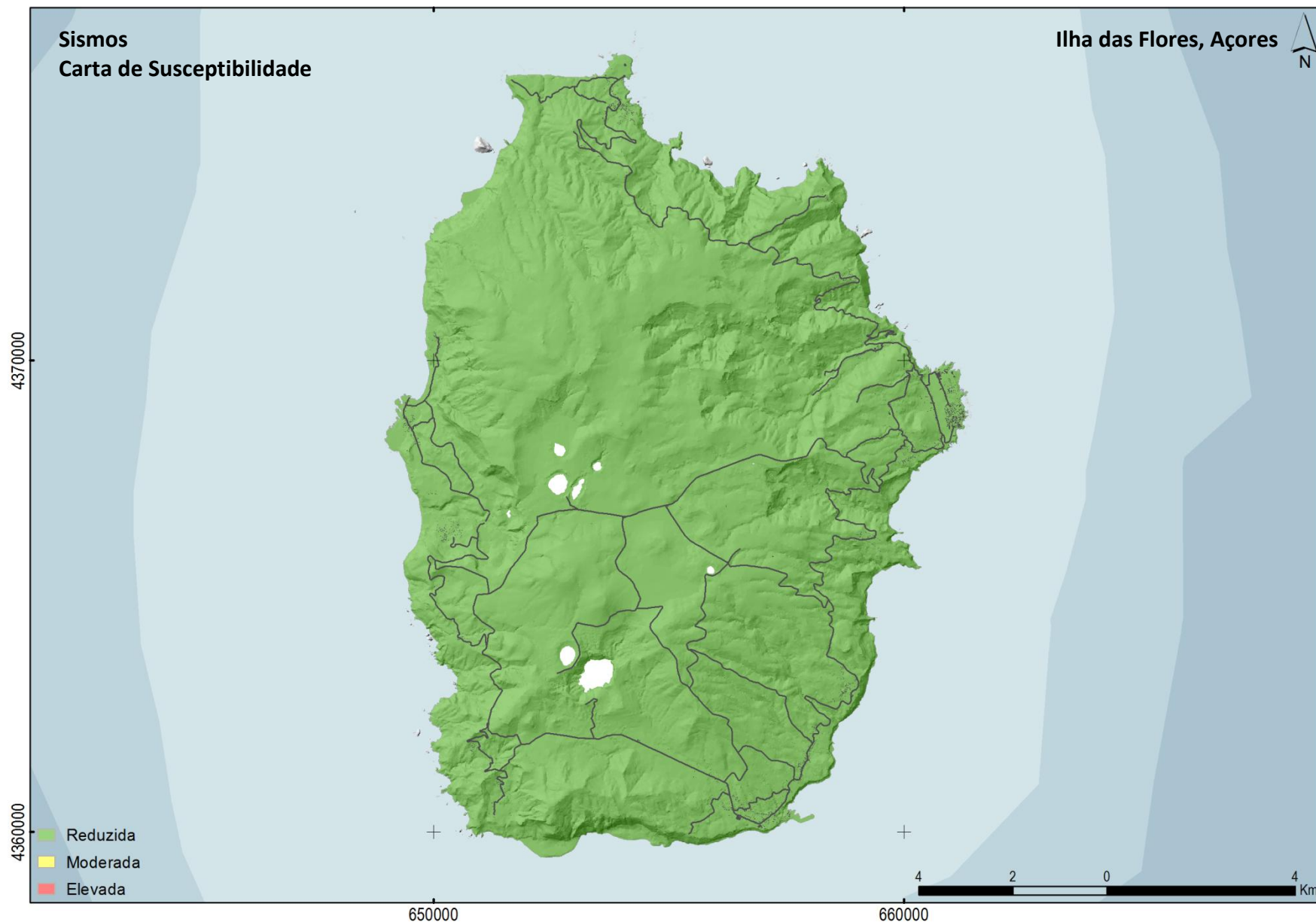
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



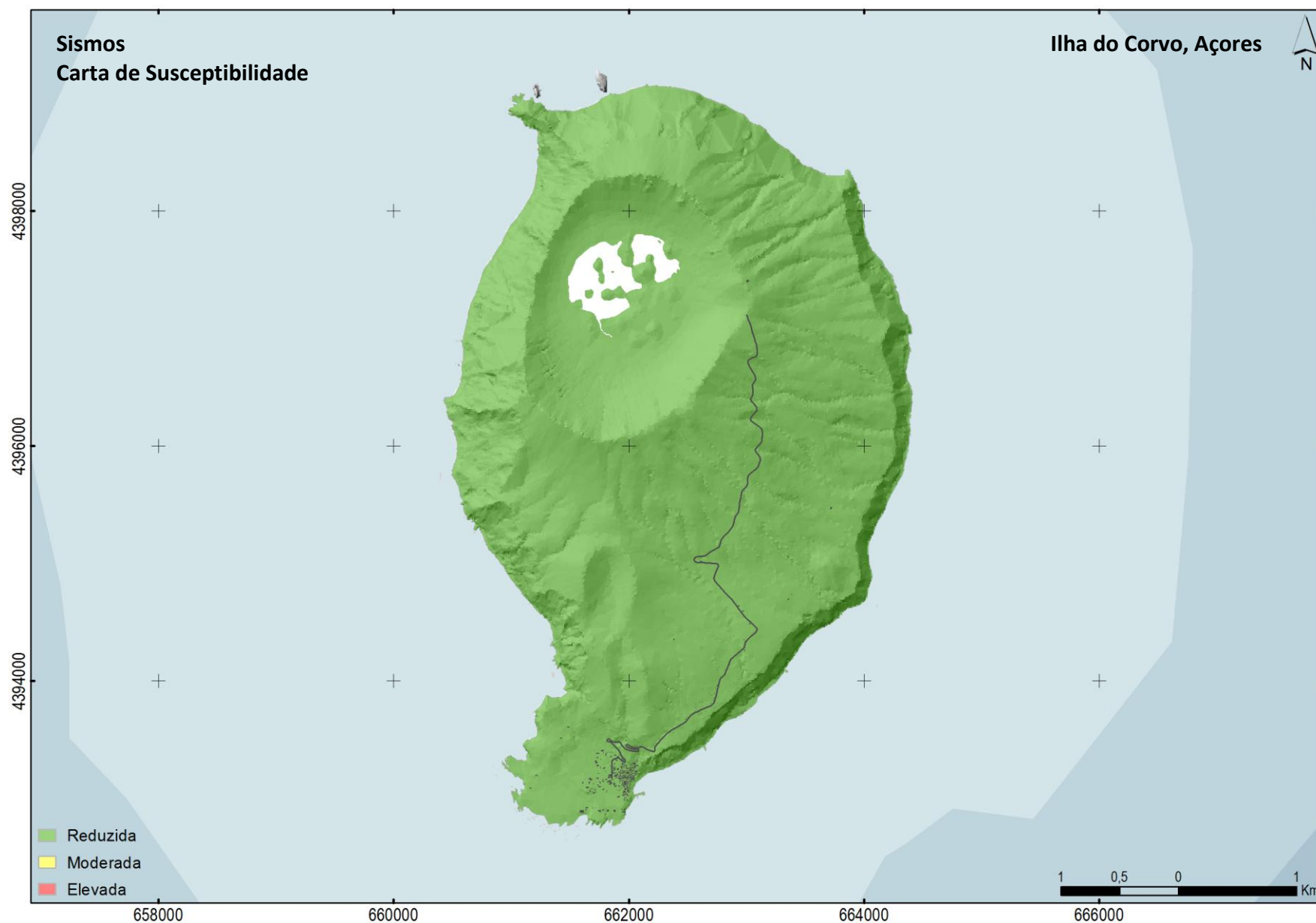
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



3 – EMANAÇÕES GASOSAS PERMANENTES CARTAS DE SUSCEPTIBILIDADE

Fátima Viveiros, Joana E. Pacheco, Catarina Silva, João Luís Gaspar, Gabriela Queiroz, Teresa Ferreira, Catarina Goulart

3.1 – FUMAROLAS

DESCRIPTOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia Digital 1:25.000	IGeoE
	Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite	IGeoE, IGP, FAP, SRCTE
	Localização de manifestações hidrotermais (fumarolas, emissões de vapor, áreas de alteração hidrotermal)	CVARG, Publicações
	Valores de temperatura de emissão	CVARG, Publicações
	Dados de composição química dos gases emitidos	CVARG, Publicações
Metodologia	Revisão de mapas de localização de fumarolas/campos fumarólicos.	
	Delimitação da extensão de campos fumarólicos com base na área afectada por alteração hidrotermal, variações de temperatura e desgaseificação.	
	Elaboração de mapas de susceptibilidade térmica e de desgaseificação (ver ficha de desgaseificação difusa).	
	Caracterização das emissões com base na composição química dos gases emitidos.	
Classificação	A definida pela Organização Mundial de Saúde tendo em atenção o tempo de exposição	



	a diferentes concentrações de gases no ar atmosférico.
Período de Análise	1990 - Presente
Observações	As fumarolas estão presentes apenas em algumas ilhas e são de baixa temperatura ($\leq 100^{\circ}\text{C}$) sendo os gases constituintes o vapor de água (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), sulfureto de hidrogénio (H_2S), hidrogénio (H_2), azoto (N_2), metano (CH_4), árgon (Ar) e oxigénio (O_2). Não é definida qualquer carta de perigosidade/susceptibilidade, tendo em atenção que as fumarolas se inserem nas áreas identificadas para a desgaseificação difusa como de perigosidade/susceptibilidade elevada.
Recomendações para melhorar a cartografia à Escala Regional	Nada a assinalar
Recomendações adicionais para cartografia à Escala Municipal	Escala a utilizar: 1:500 ou maior Levantamento topográfico dos campos fumarólicos à referida escala Medição das concentrações dos constituintes dos gases fumarólicos no ar ambiente (qualidade do ar)



3.2 – DESGASEIFICAÇÃO DIFUSA

DESCRIPTOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia Digital 1:25.000	IGeoE
	Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite	IGeoE, IGP, FAP, SRCTE
	Pontos de amostragem de CO ₂ (concentração e fluxo)	CVARG
	Localização de fumarolas e campos fumarólicos	CVARG
	Pontos de amostragem de temperatura	CVARG
	Dados de concentração de gases no solo georreferenciados	CVARG
	Dados de fluxo de gás libertado à superfície	CVARG
	Dados de temperatura do solo	CVARG
	Cartas tectónicas	CVARG, Publicações CVARG, Publicações
Metodologia	Revisão de cartas de anomalias de desgaseificação difusa publicadas.	
	Elaboração das cartas de distribuição espacial da concentração de CO₂ no solo com base na aplicação do método IDW (Inverso da Distância Ponderada) e sGs (simulação Gaussiana sequencial).	
	Elaboração das cartas de fluxo de CO₂ no solo com base na aplicação dos métodos IDW e sGs.	
	Elaboração das cartas de anomalias térmicas do solo com base na aplicação de métodos de interpolação do método IDW e sGs.	
	Elaboração das cartas de susceptibilidade de desgaseificação difusa em termos de CO₂ –	



Concentração (%) através da análise dos valores obtidos para cada área de desgaseificação definindo para as classes de susceptibilidade limites iguais para todas as ilhas consideradas: Susceptibilidade Elevada >5 %vol.; Susceptibilidade Moderada $[1,5-5$ %vol.]; Susceptibilidade Reduzida $[0-1,5$ %vol.].

Elaboração das **cartas de susceptibilidade de desgaseificação difusa em termos de CO_2 – Fluxo ($\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$)** através da análise dos valores obtidos para cada área de desgaseificação definindo para as classes de susceptibilidade limites iguais para todas as ilhas consideradas: Susceptibilidade Elevada >50 $\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$; Susceptibilidade Moderada $[25-50$ $\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]; Susceptibilidade Reduzida $[0-25$ $\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$].

Elaboração de **cartas de susceptibilidade de temperatura no solo ($^{\circ}\text{C}$)** através da análise dos valores obtidos para cada área de desgaseificação definindo para as classes de susceptibilidade limites iguais para todas as ilhas consideradas. No caso particular deste parâmetro e, tendo em consideração a sazonalidade das variações de temperatura, definem-se duas escalas de susceptibilidade dependendo do período de amostragem:

Meses de Maio a Outubro: Susceptibilidade Elevada >30 $^{\circ}\text{C}$; Susceptibilidade Moderada $[20-30$ $^{\circ}\text{C}$]; Susceptibilidade Reduzida <20 $^{\circ}\text{C}$.

Meses de Novembro a Abril: Susceptibilidade Elevada >20 $^{\circ}\text{C}$; Susceptibilidade Moderada $[15-20$ $^{\circ}\text{C}$]; Susceptibilidade Reduzida <15 $^{\circ}\text{C}$.

Nos casos em que existirem campanhas de amostragem que envolvam os diferentes períodos de amostragem, utiliza-se a escala definida para o período de Maio a Outubro.

Classificação

Desgaseificação difusa em termos de CO_2 – Concentração (%):

Susceptibilidade Elevada: CO_2 solo > 5 %vol.

Susceptibilidade Moderada: $1,5 < \text{CO}_2$ solo < 5 %vol.

Susceptibilidade Reduzida: CO_2 solo $< 1,5$ %vol.

Desgaseificação difusa em termos de CO_2 – Fluxo ($\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$):



	Susceptibilidade Elevada: Fluxo de CO₂ > 50 g/m²/d Susceptibilidade Moderada: 25 < Fluxo de CO₂ < 50 g/m²/d Susceptibilidade Reduzida: Fluxo de CO₂ < 25 g/m²/d Temperatura no solo (°C) Susceptibilidade Elevada: Temp. solo > 30 °C <u>ou</u> Temp. solo > 20 °C* Susceptibilidade Moderada: 20 < Temp. solo < 30 °C <u>ou</u> 15 < Temp. solo < 20 °C* Susceptibilidade Reduzida: Temp. solo < 20 °C <u>ou</u> Temp. solo < 15 °C* * A escala utilizada depende da época de amostragem (ver explicação na metodologia)
Períodos de Análise	Terceira: 2003-2004 (Furnas do Enxofre) (CO₂ e temperatura do solo) S. Miguel: 1998-2004 (parte da freguesia da Ribeira Seca, concelho da Ribeira Grande), 2002 (área envolvente ao Pico Vermelho), 2006-2011 (freguesia dos Mosteiros), 1998-2009 (parte da caldeira do Vulcão das Furnas) (CO₂ e temperatura do solo) S. Miguel: 2007 (freguesia da Ribeira Quente) (CO₂)
Observações	Os gases passíveis de serem libertados de forma difusa são o CO₂, ²²²Rn, H₂S, CH₄ e CO. Na ausência de dados para os diferentes tipos de gases, o CO₂, que é o principal gás libertado através de desgaseificação difusa, serve como referência para definir as áreas de susceptibilidade. Os únicos dados disponíveis sobre desgaseificação difusa para a maior parte das ilhas dizem respeito a valores de concentração de CO₂ no solo, não existindo informação sobre ocorrências nas ilhas de Santa Maria, Flores e Corvo. Apenas as ilhas do Pico, S. Jorge e Faial se encontram cobertas com dados referentes à concentração de CO₂. Contudo, a densidade de pontos de amostragem é baixa, sendo os mapas de distribuição de anomalias essencialmente indicativos de potenciais áreas de



	desgaseificação anómala. Para as áreas onde se identificaram anomalias de desgaseificação e/ou com interesse para efeitos de monitorização sismovulcânica existem alguns trabalhos de detalhe, nomeadamente: 1) S. Miguel: a) parte da caldeira do Vulcão das Furnas, b) freguesia da Ribeira Quente, c) parte da freguesia da Ribeira Seca da Ribeira Grande, d) zona envolvente ao Pico Vermelho, e) freguesia dos Mosteiros; 2) Terceira: a) Campo fumarólico das Furnas do Enxofre.
Recomendações para melhorar a cartografia à Escala Regional	Proceder à cartografia da distribuição espacial da concentração/fluxo de CO₂ nos solos nas ilhas de Santa Maria, S. Miguel, Terceira, Graciosa, Flores e Corvo, com uma densidade de amostragem da ordem dos 5 pontos por km². Proceder à cartografia da distribuição espacial da concentração de ²²²Rn nos solos nas diferentes ilhas. Realizar campanhas de detalhe nas áreas onde forem identificados valores de CO₂ e ²²²Rn no solo elevados.
Recomendações adicionais para cartografia à Escala Municipal	Escala cartográfica a utilizar: 1:10.000 ou 1:5.000 Escala para estudos de detalhe: 1:500 ou maior Cartografia limitada às áreas de desgaseificação conhecida



Recomendações para legislação

Tendo em atenção o perigo de desgaseificação difusa (CO₂) e de presença de anomalia térmica:

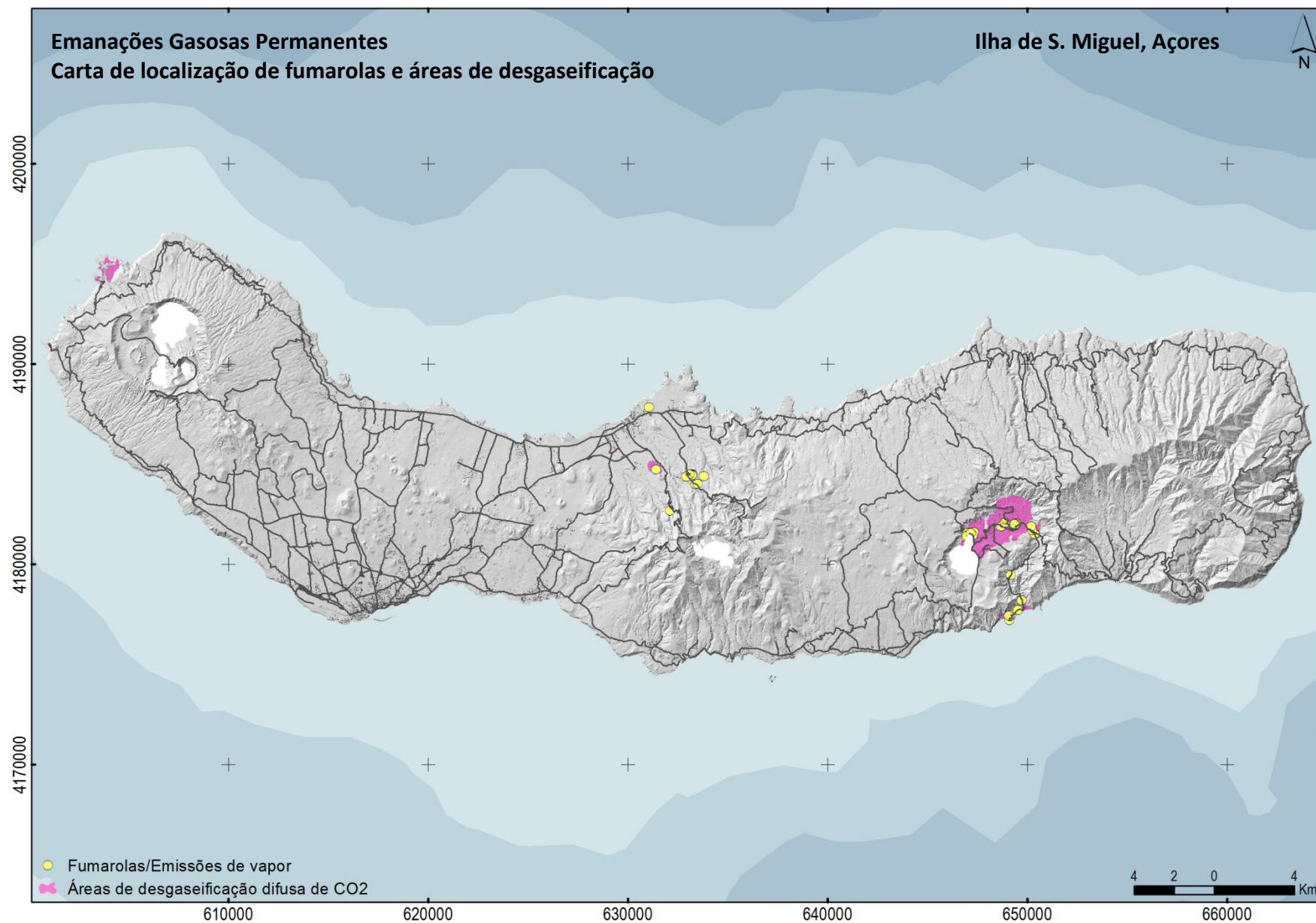
As cartas de susceptibilidade devem ser entendidas como condicionantes.

As zonas de susceptibilidade elevada devem ser interditas a determinados tipos de ocupação ou de actividades, a menos que exista um parecer técnico especializado, devidamente fundamentado na avaliação do risco. A avaliação do risco deve incluir a reavaliação da susceptibilidade a uma escala adequada ao pretendido, o estudo da vulnerabilidade do(s) elemento(s) a expor, a identificação do valor dos elementos em risco e a indicação das medidas mitigadoras a aplicar para reduzir o risco calculado.

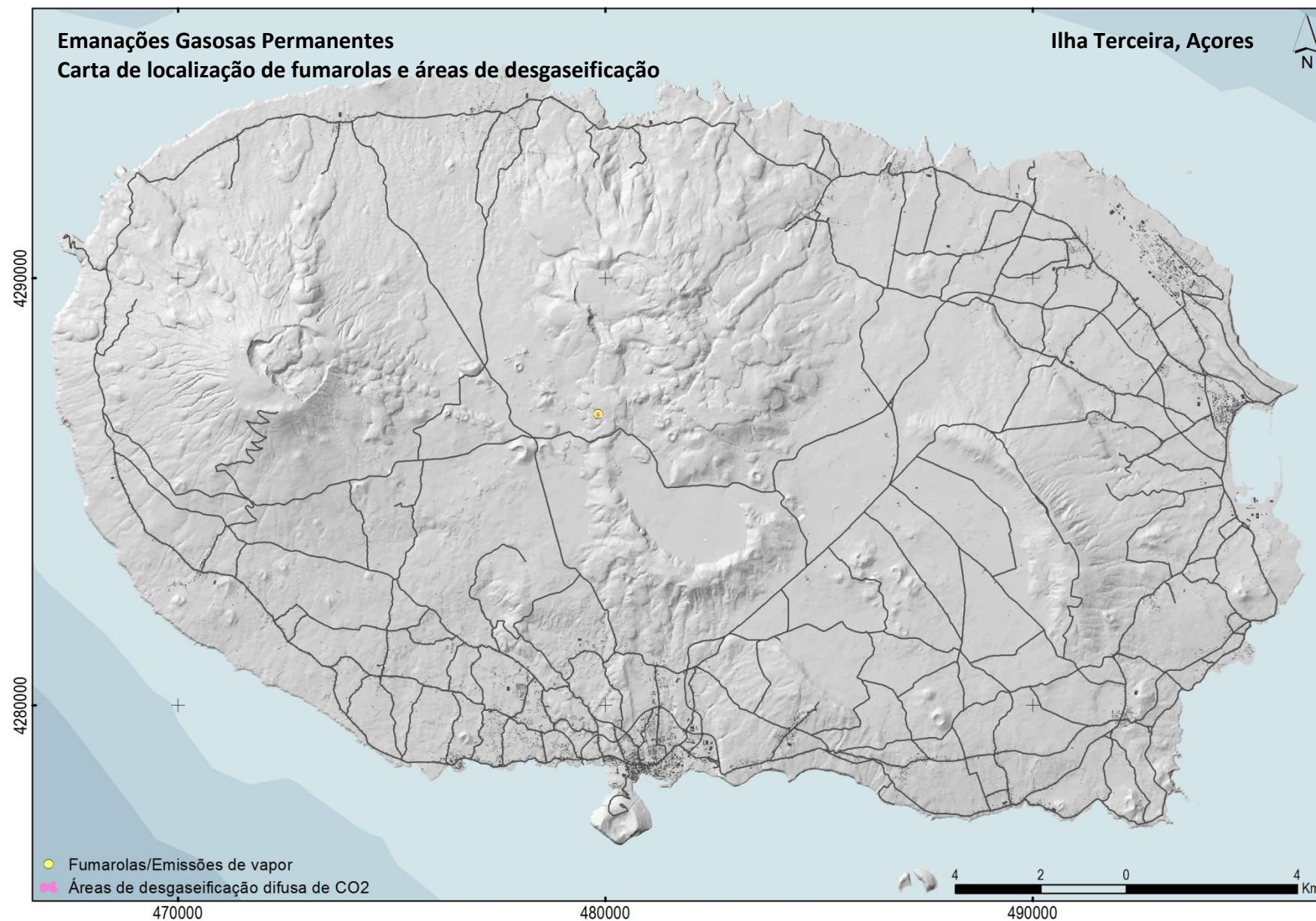
As zonas de susceptibilidade moderada devem ser condicionadas a determinados tipos de ocupação ou de actividades, a menos que exista um parecer técnico especializado, devidamente fundamentado na avaliação do risco. A avaliação do risco deve incluir a reavaliação da susceptibilidade a uma escala adequada ao pretendido, o estudo da vulnerabilidade do(s) elemento(s) a expor, a identificação do valor dos elementos em risco e a indicação das medidas mitigadoras a aplicar para reduzir o risco calculado.

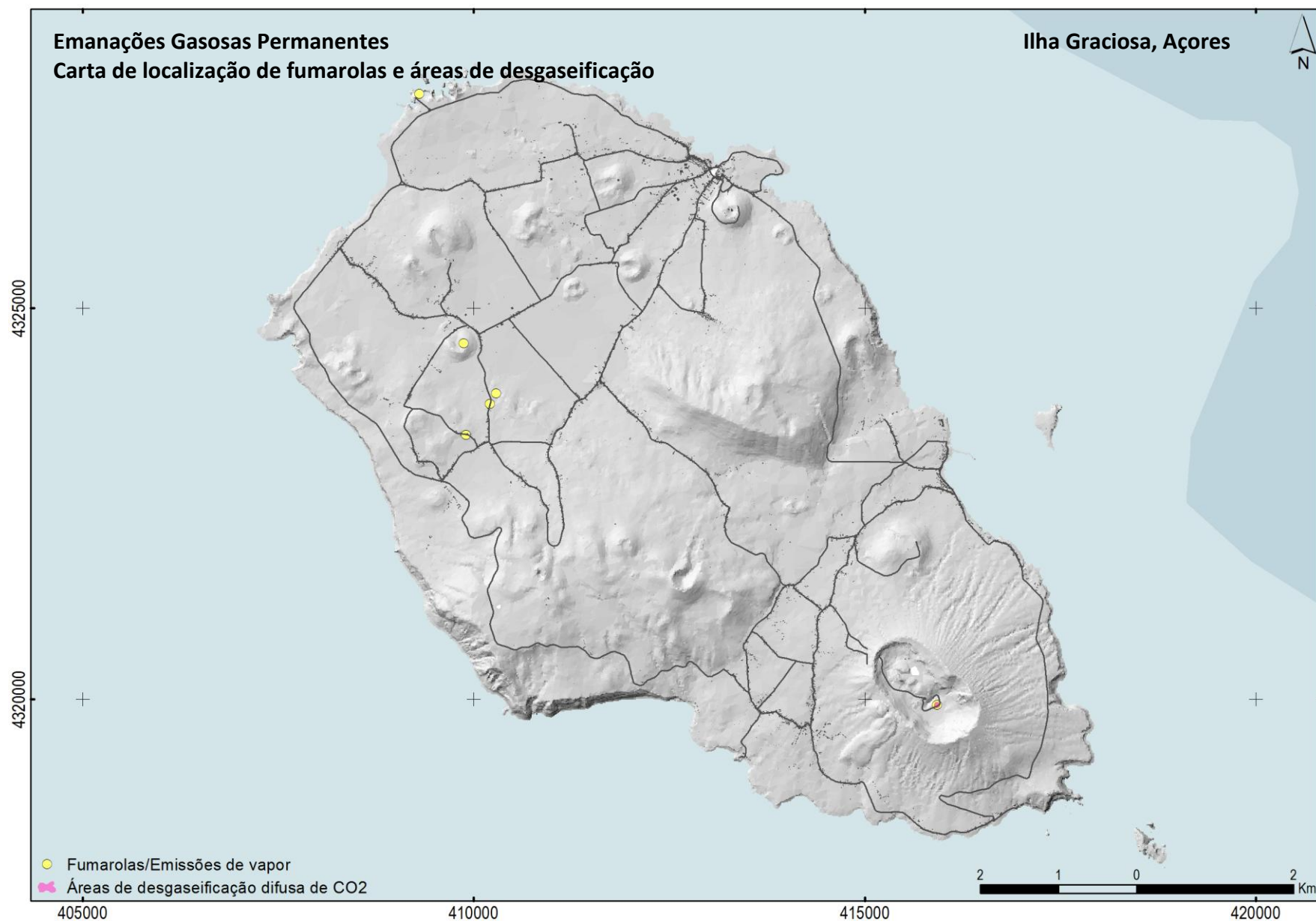
As zonas de susceptibilidade reduzida podem ser condicionadas a determinados tipos de ocupação ou de actividades, cabendo à entidade licenciadora a decisão de exigir um parecer técnico especializado relativamente ao risco de desgaseificação difusa (CO₂) ou de presença de anomalia térmica.

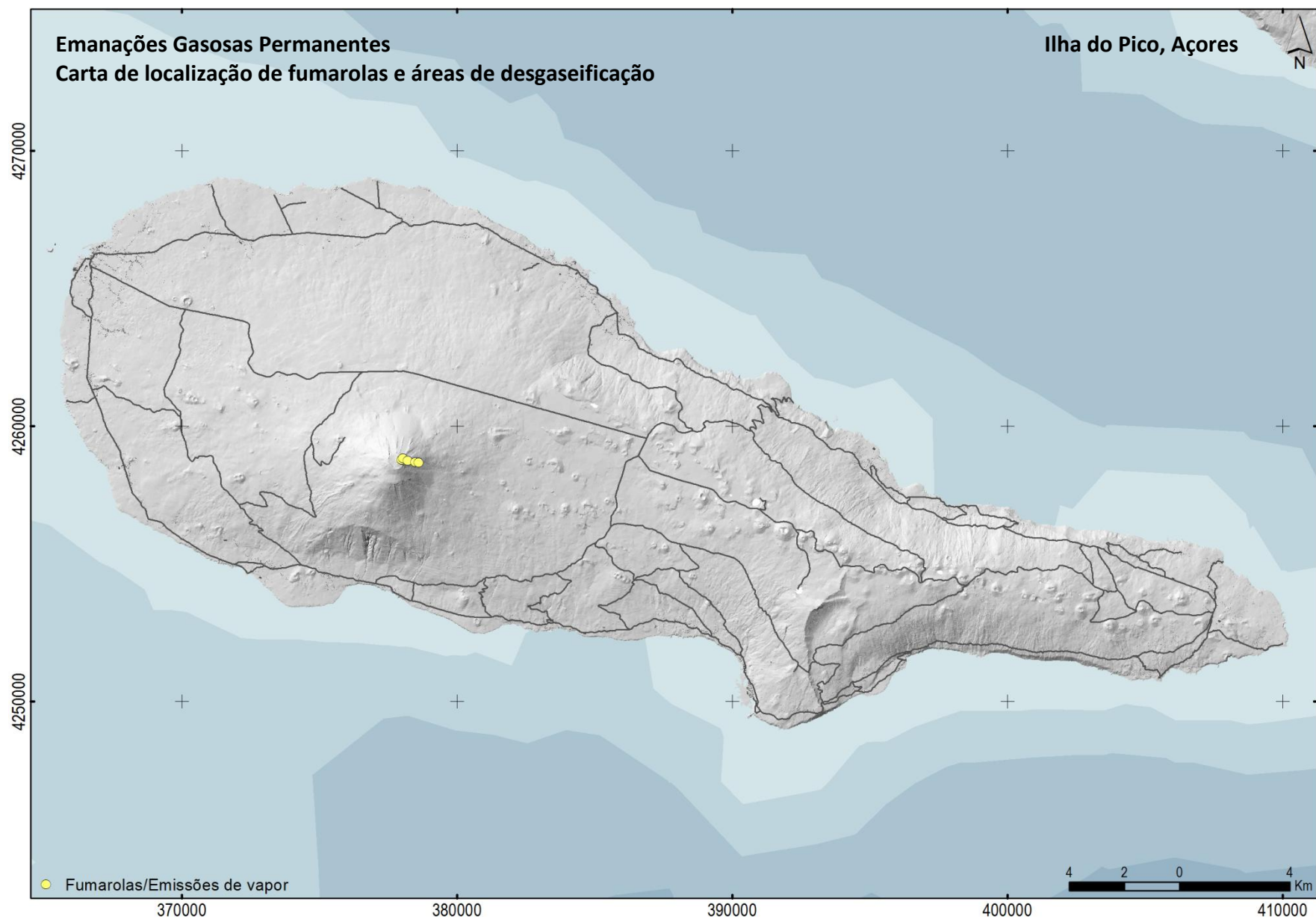
As cartas de susceptibilidade, sem prejuízo do referido nas observações, devem ser revistas até um máximo de 10 anos após a sua última aprovação ou em resultado de qualquer episódio vulcânico/hidrotermal.



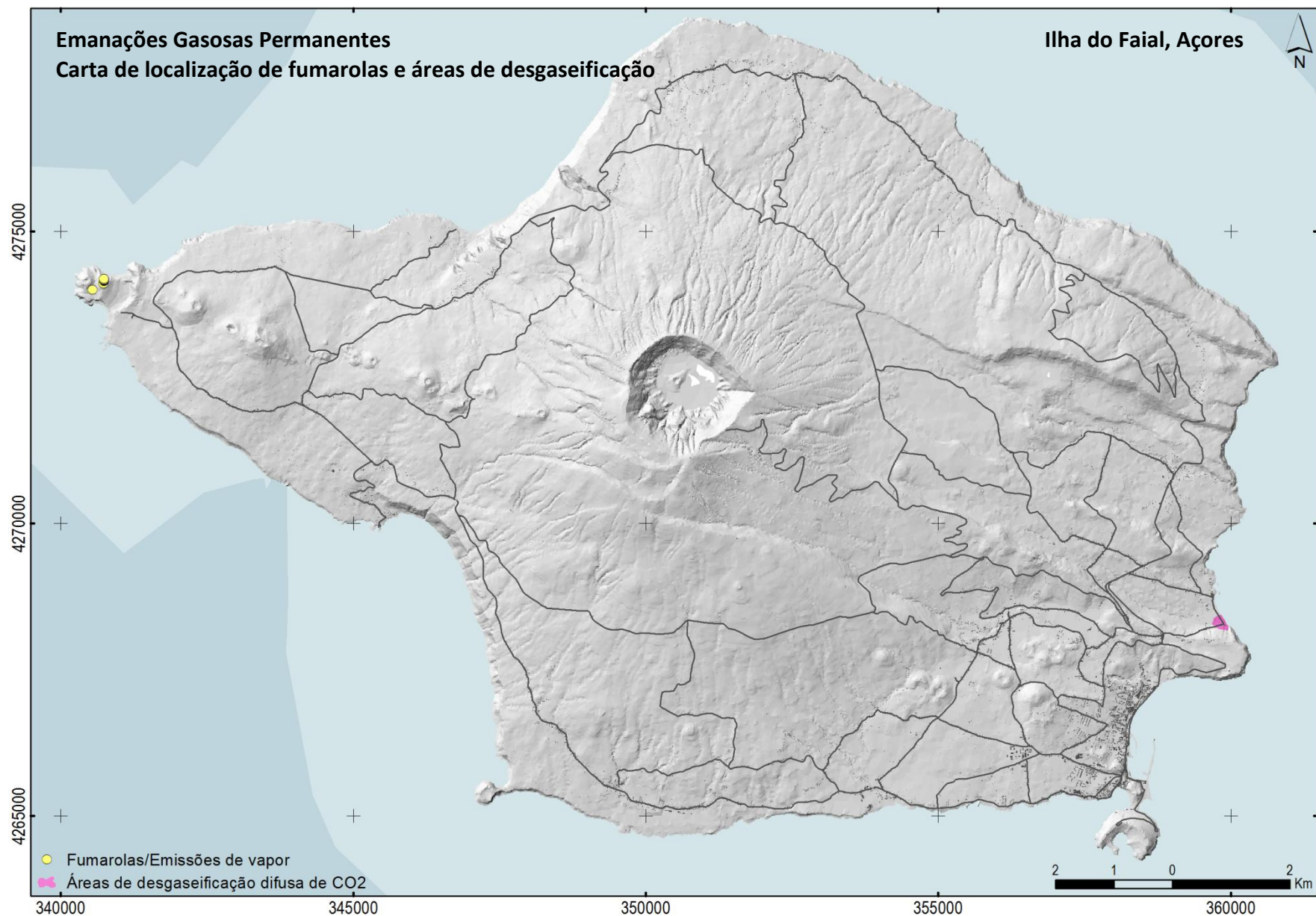
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



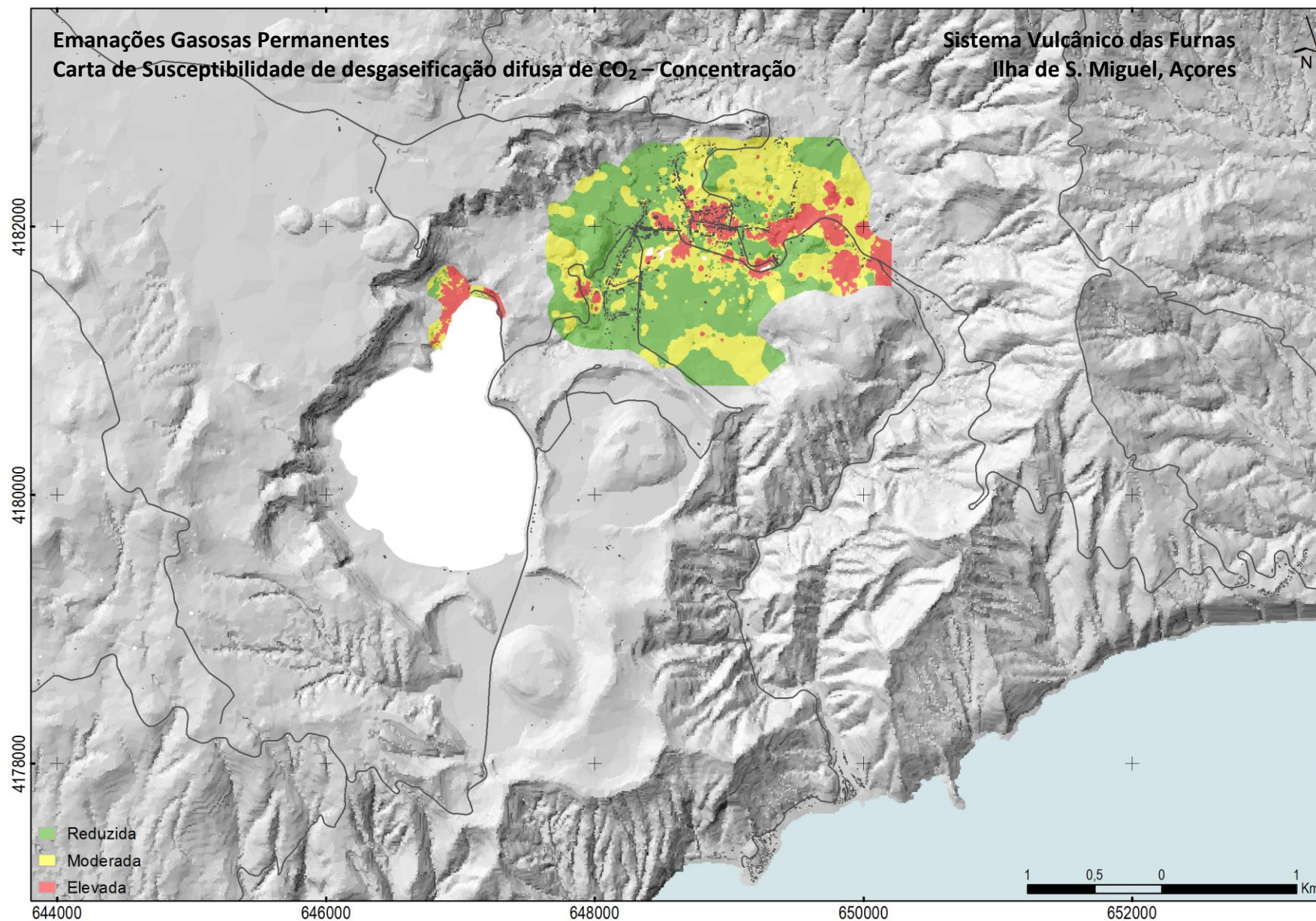




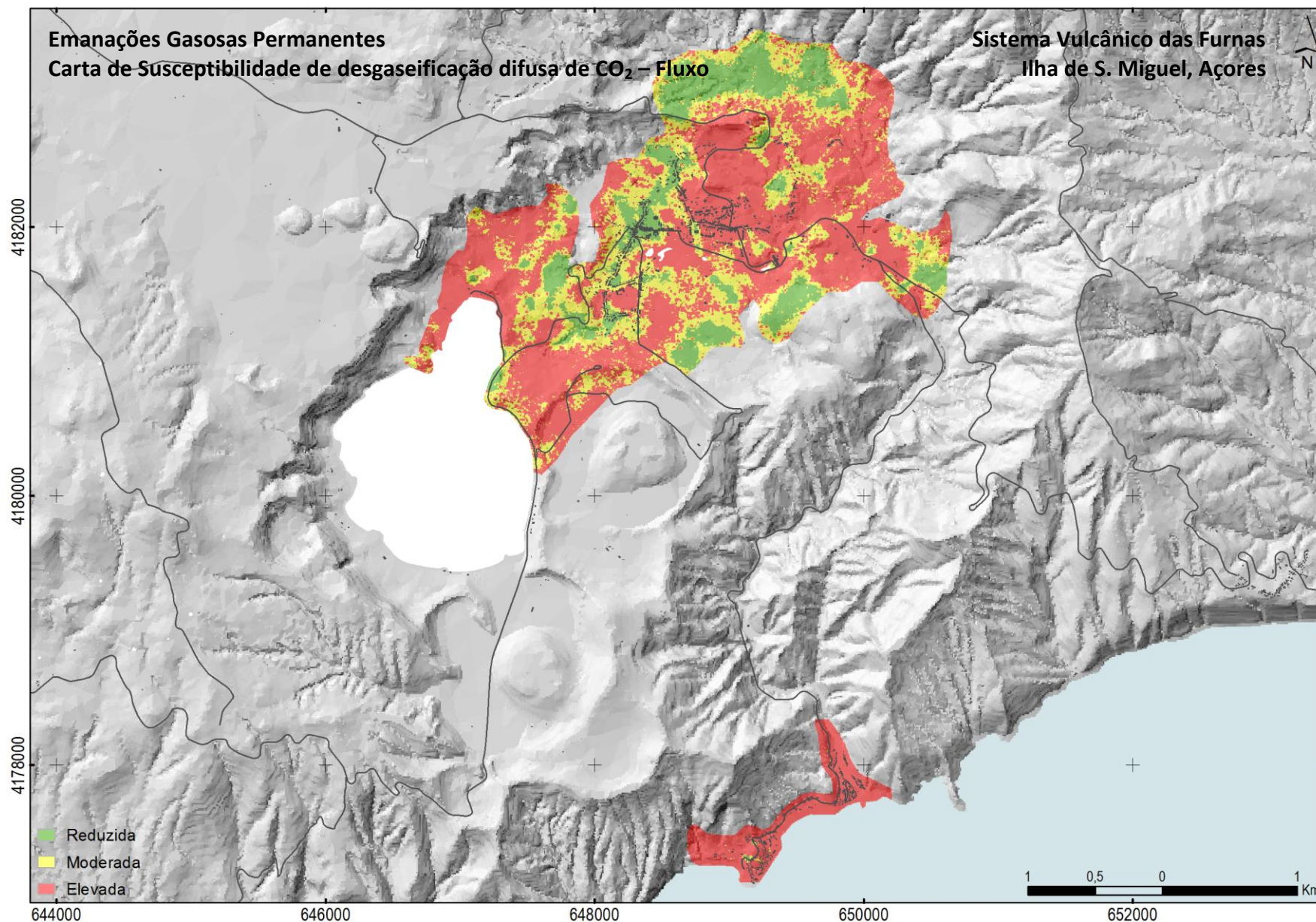
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



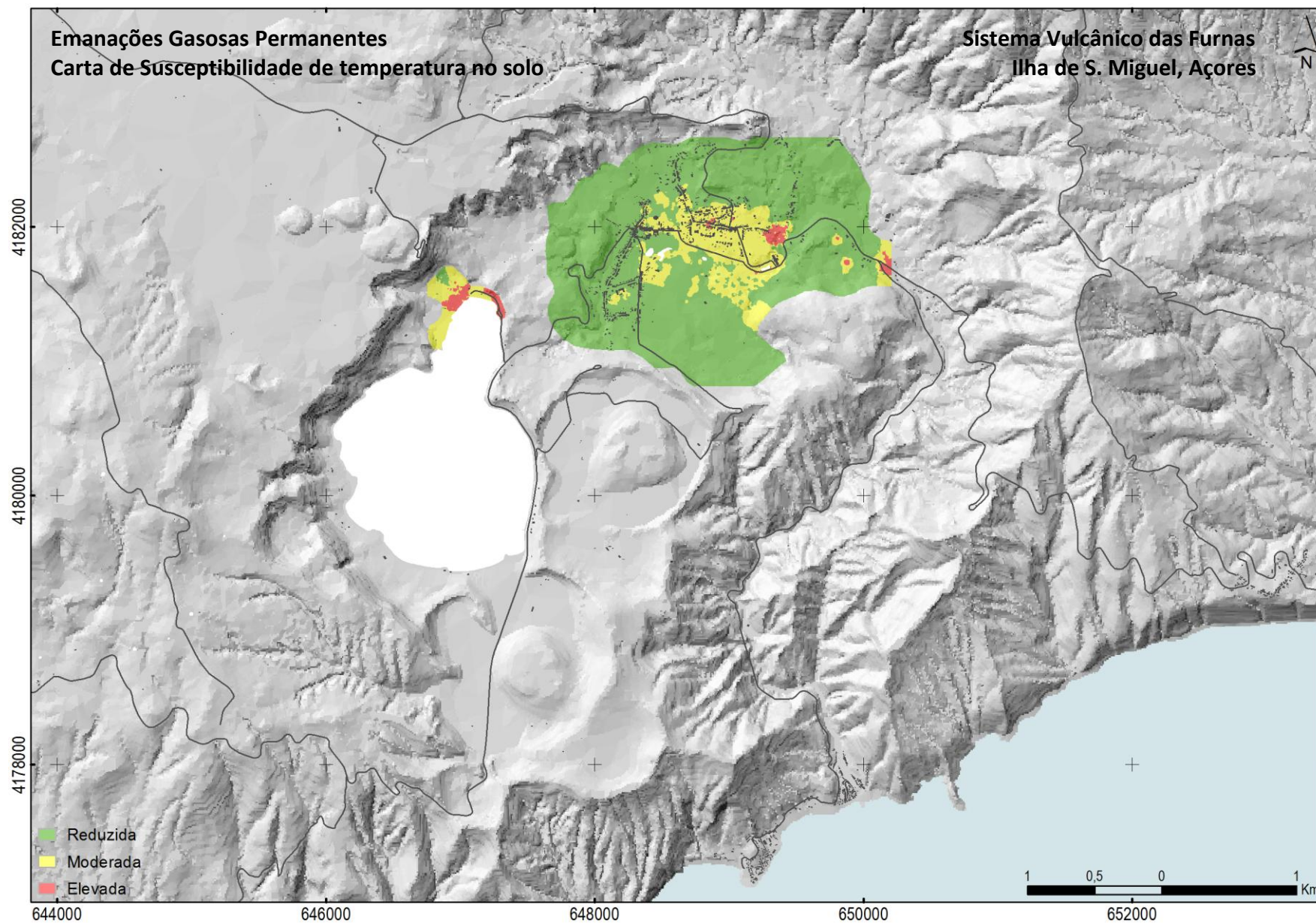
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



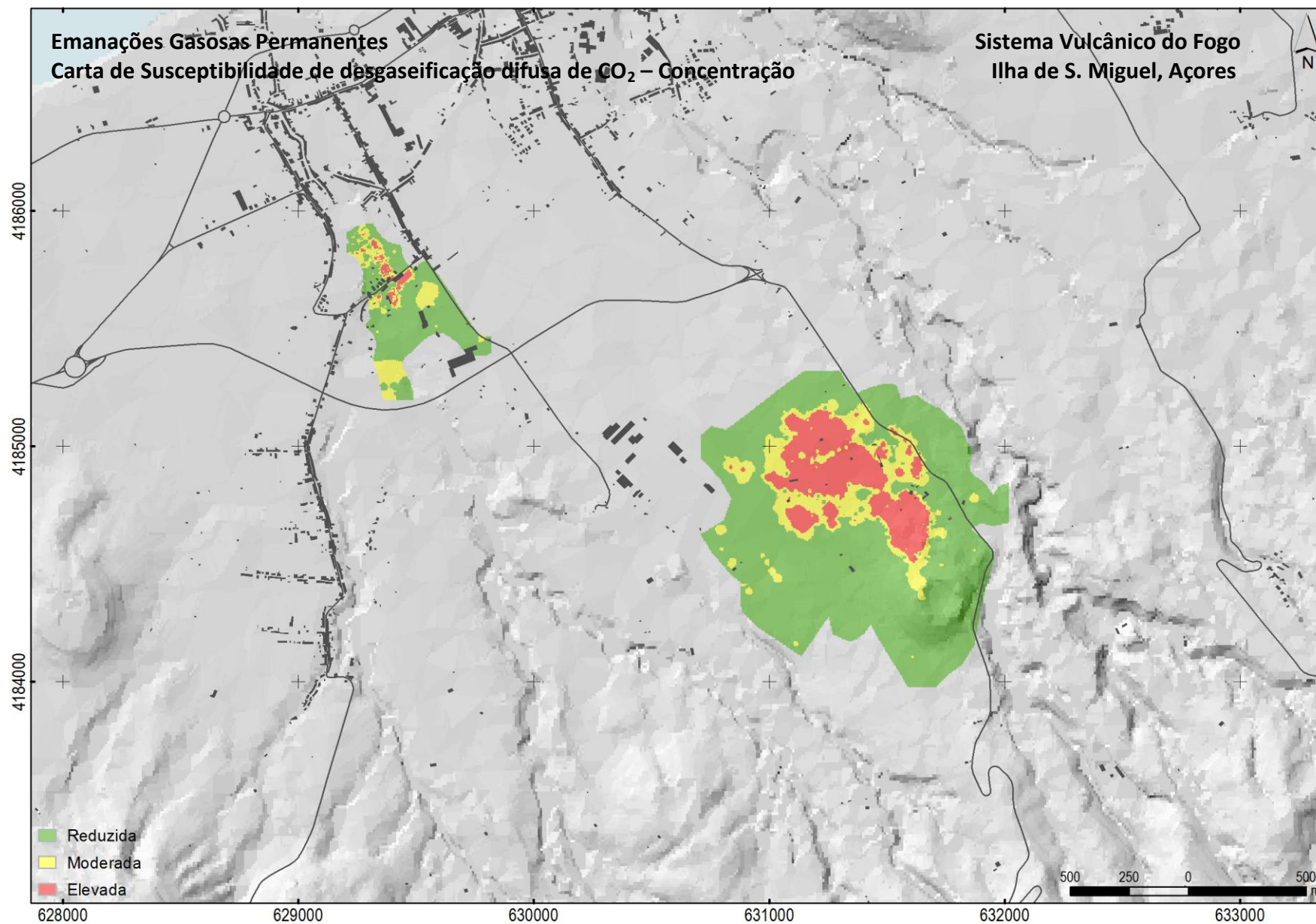
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



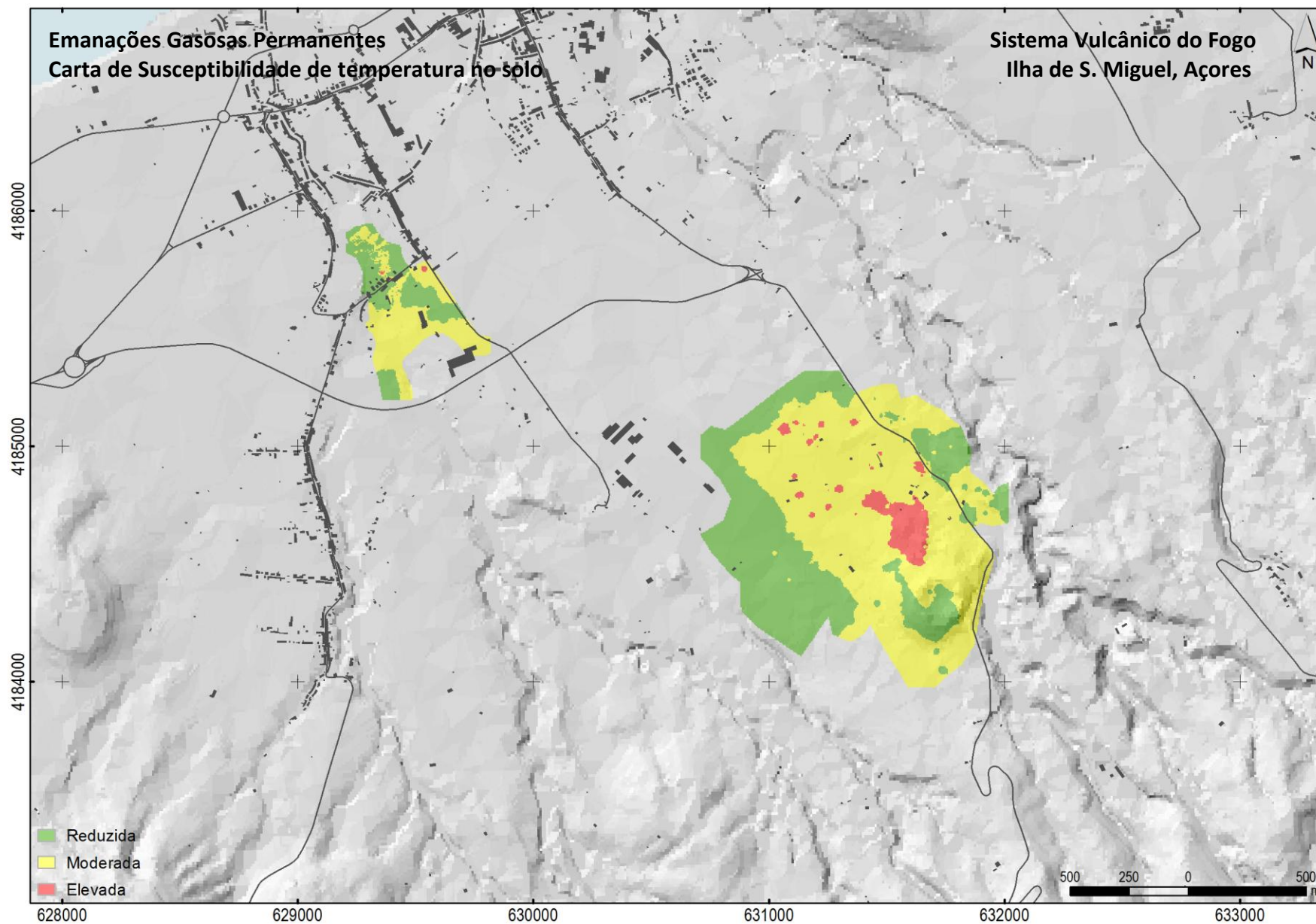
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



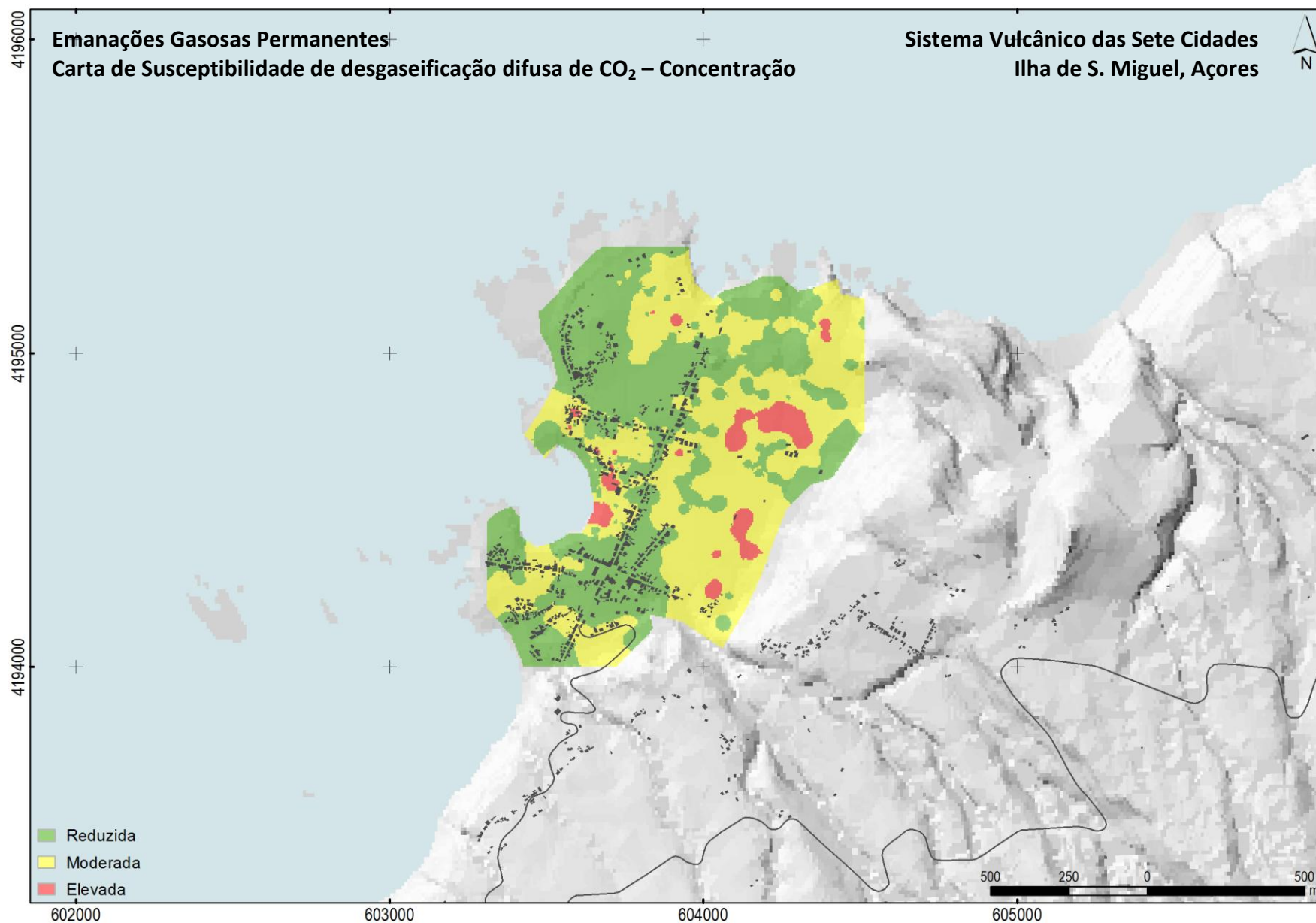
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



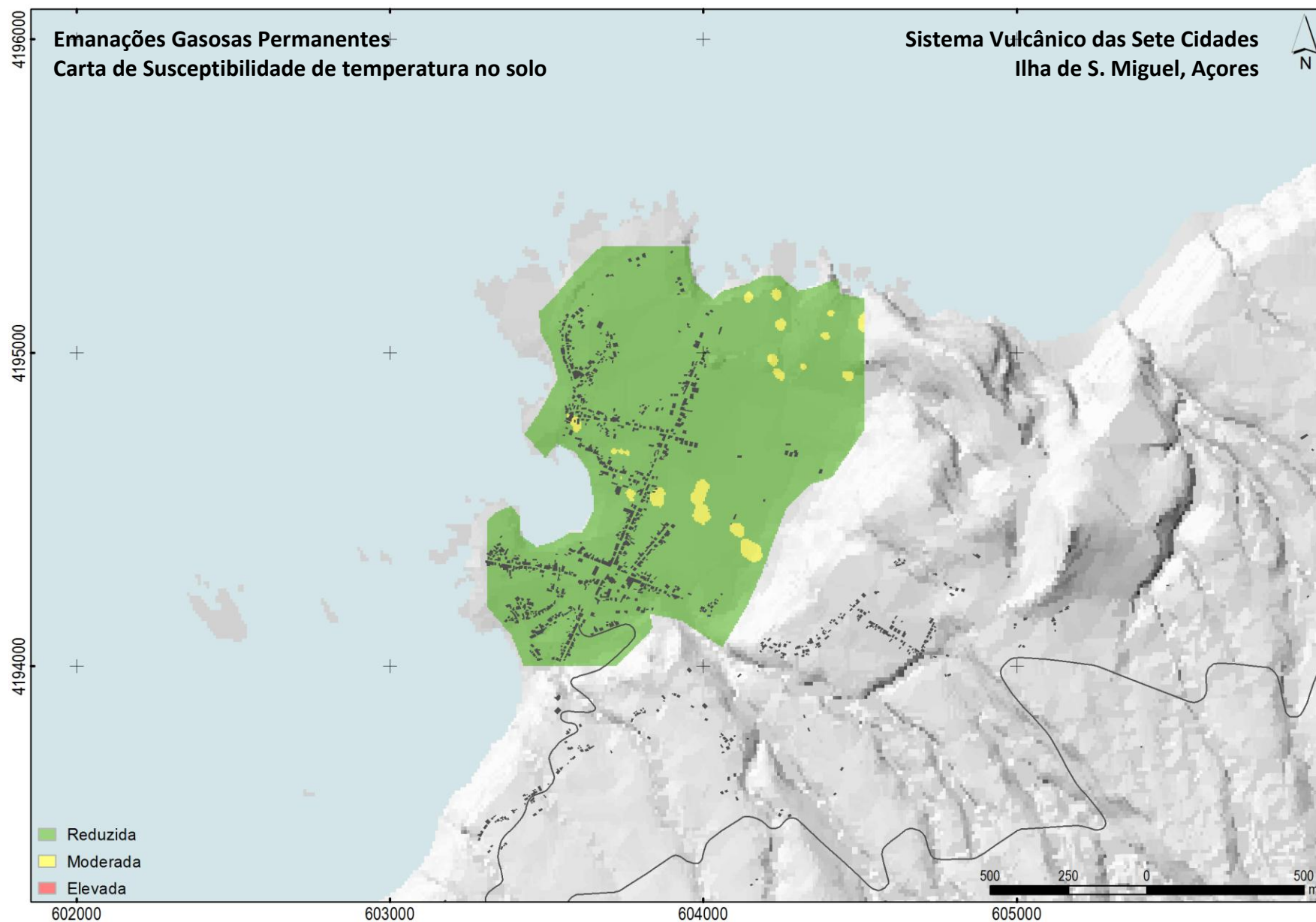
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



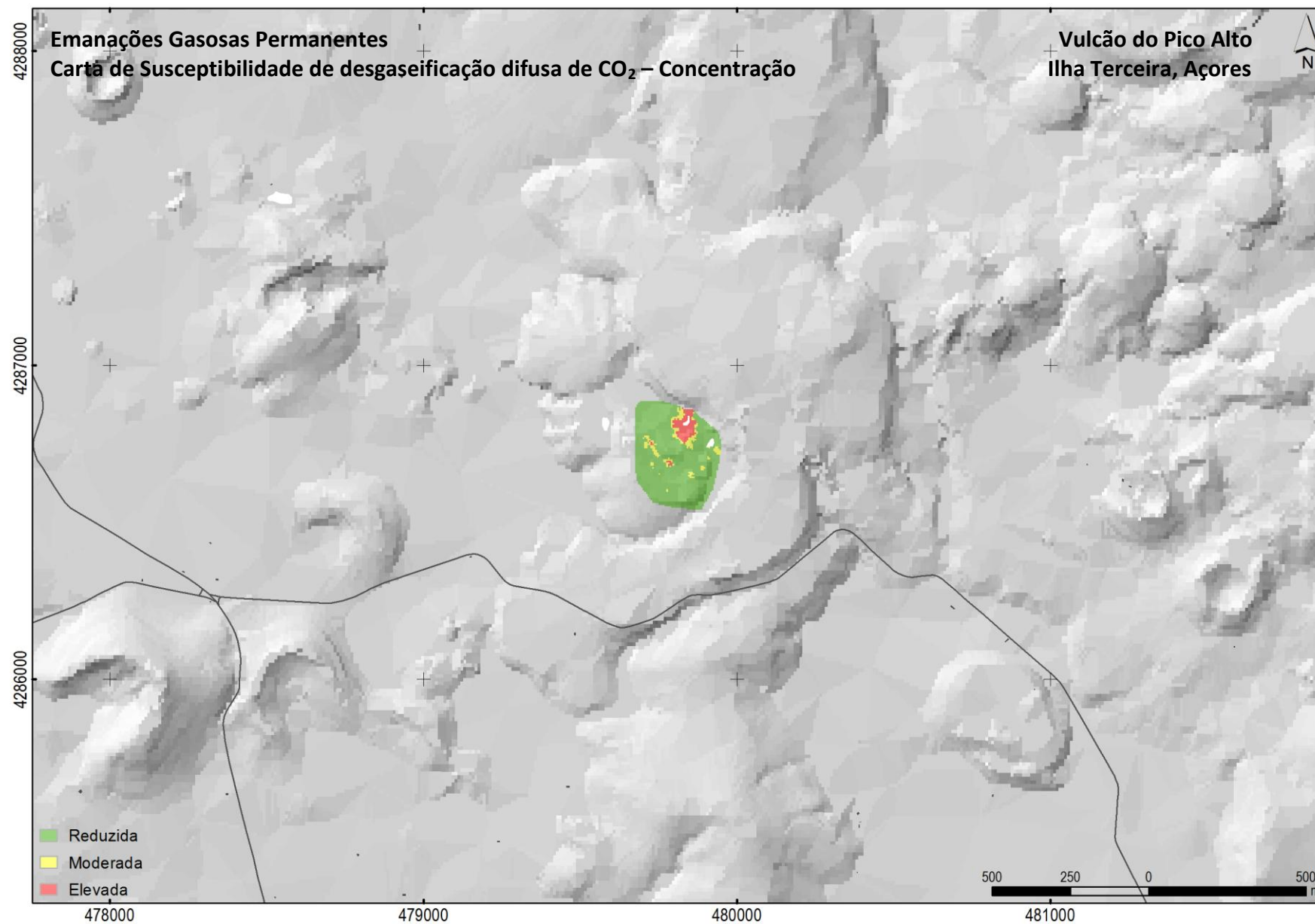
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



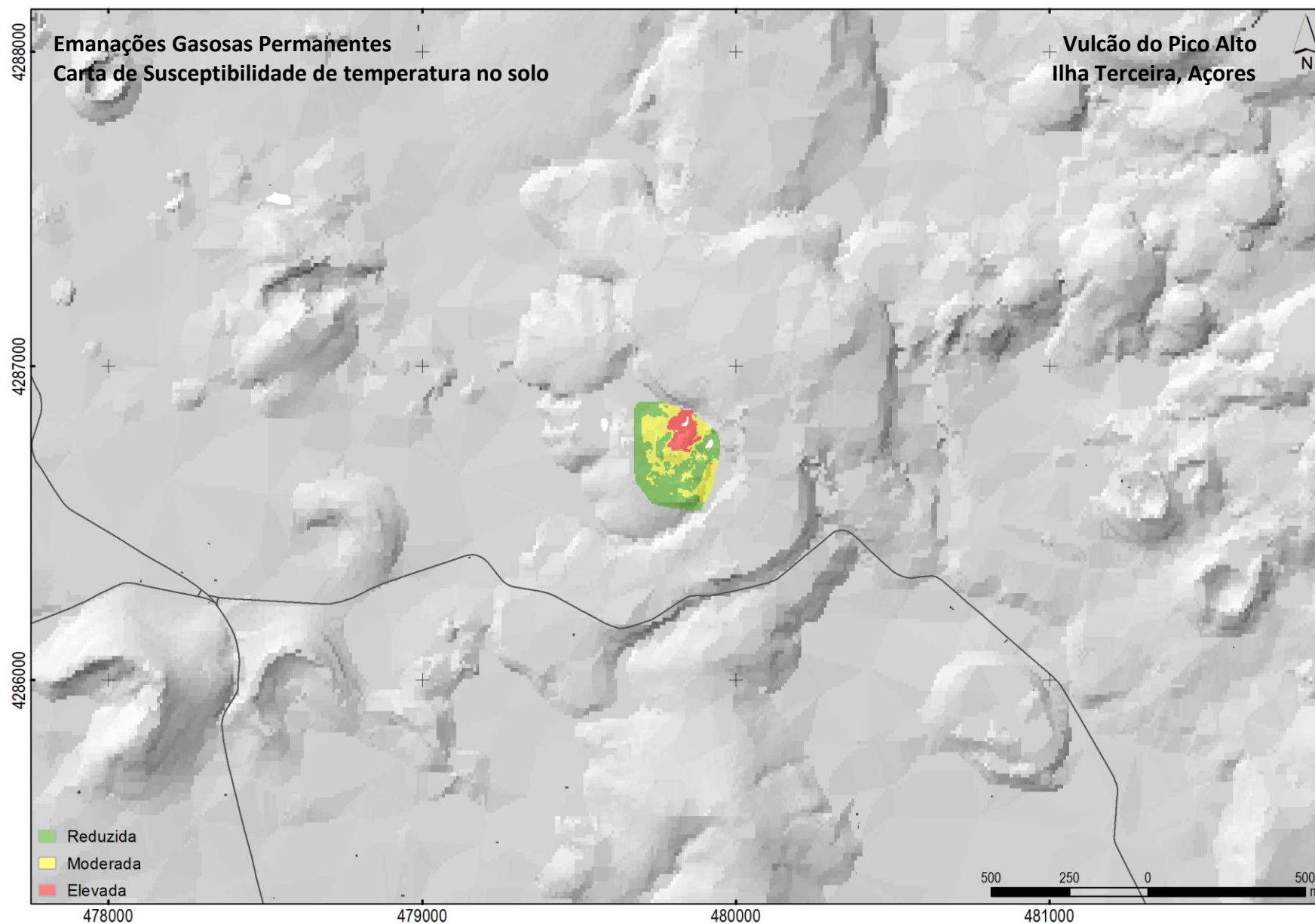
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



4 – ESCOADAS LÁVICAS BASÁLTICAS CARTAS DE SUSCEPTIBILIDADE

Ana Gomes, Adriano Pimentel, João Luís Gaspar, Gabriela Queiroz, Teresa Ferreira, José Pacheco, Catarina Goulart

DESCRIPTOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia Digital 1:25.000	IGeoE
	Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite	IGeoE, IGP, FAP, SRCTE
	Modelo Digital de Elevação (DEM) com célula de 50 metros	CVARG
	Mapa com a localização de centros eruptivos basálticos	CVARG
	Dados do comprimento máximo de escoadas lávicas	CVARG
	Dados de espessuras médias de escoadas lávicas	CVARG, MacDonald (1978)
Metodologia	Levantamento e verificação cartográfica de todos os centros eruptivos basálticos (crateras e focos).	
	Elaboração da carta das áreas fonte utilizando um raio de 500 metros a partir do centro das crateras ou dos cones de escórias e dos centroides das zonas fissurais. A distância de 500 metros foi definida após a análise do diâmetro basal de todos os cones de escórias com formas preservadas.	
	Elaboração da carta de probabilidade de inundação por escoadas lávicas basálticas , com recurso a simulações numéricas usando para tal o modelo probabilístico VORIS (Felpeto <i>et al.</i> , 2007) baseado no algoritmo de Monte Carlo. Os parâmetros de entrada no modelo incluíram o DEM de 50 metros, o comprimento máximo da escoada lávica, a altura crítica (equivalente à espessura da escoada) e o número de iterações.	

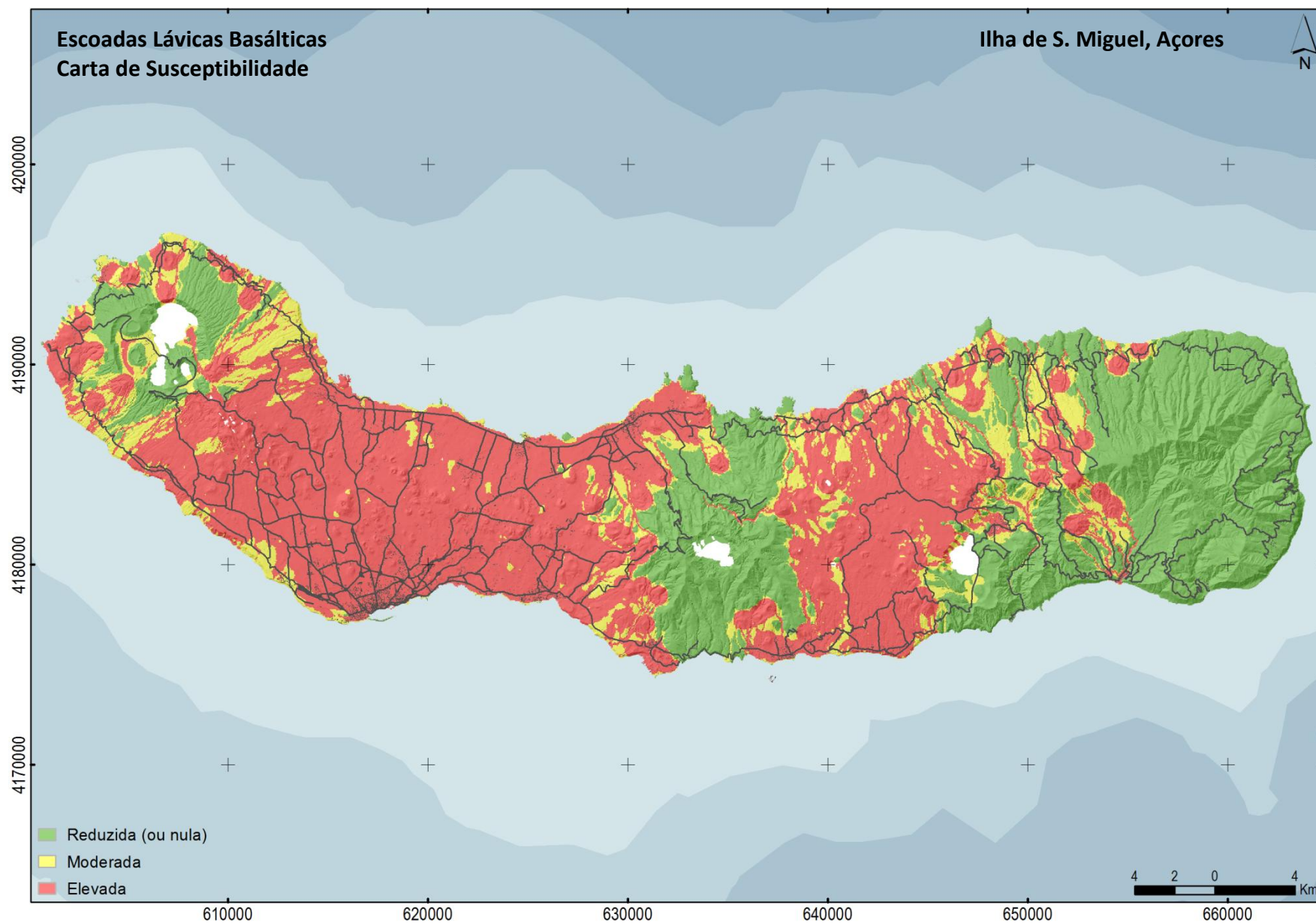


	Elaboração da carta de susceptibilidade à inundação por escoadas lávicas basálticas através da análise dos valores de probabilidade obtidos para cada ilha, definindo para as classes de susceptibilidade limites iguais para todas as ilhas consideradas.
Período de análise	Definido através do grau de preservação dos centros eruptivos, na falta de estratigrafia de pormenor para todos os sistemas vulcânicos activos
Classificação	Susceptibilidade Elevada – Probabilidade igual ou superior a 10^{-4} Susceptibilidade Moderada – Probabilidade entre 10^{-4} e 10^{-6} Susceptibilidade Reduzida – Probabilidade igual ou inferior a 10^{-6}
Observações	A inexistência de cartas tectónicas com critérios uniformes para todas as ilhas em análise inviabilizou a sua inclusão na definição das áreas fonte.
Recomendações para melhorar a cartografia à Escala Regional	Datação absoluta/relativa de escoadas lávicas basálticas e/ou dos respectivos centros emissores para todas as ilhas, a fim de se identificarem os produtos com menos de 10.000 e/ou 5.000 anos e se calcularem os períodos de retorno. Elaboração das cartas tectónicas com critérios uniformes para todas as ilhas. Inclusão do traçado das falhas na cartografia dos centros emissores passíveis de gerarem escoadas lávicas. É recomendável que se passe da avaliação da susceptibilidade à análise da perigosidade.
Recomendações adicionais para cartografia à Escala Municipal	Bases cartográficas para estudos de detalhe: escala 1:5.000 ou maior. Redefinição dos parâmetros de modelação em função da escala da cartografia de base. Inclusão dos parâmetros das falhas na definição da carta das áreas fonte
Recomendações para legislação	Tendo em atenção o perigo de escoadas lávicas basálticas: O perigo das escoadas lávicas basálticas deve ser entendido como condicionante para a

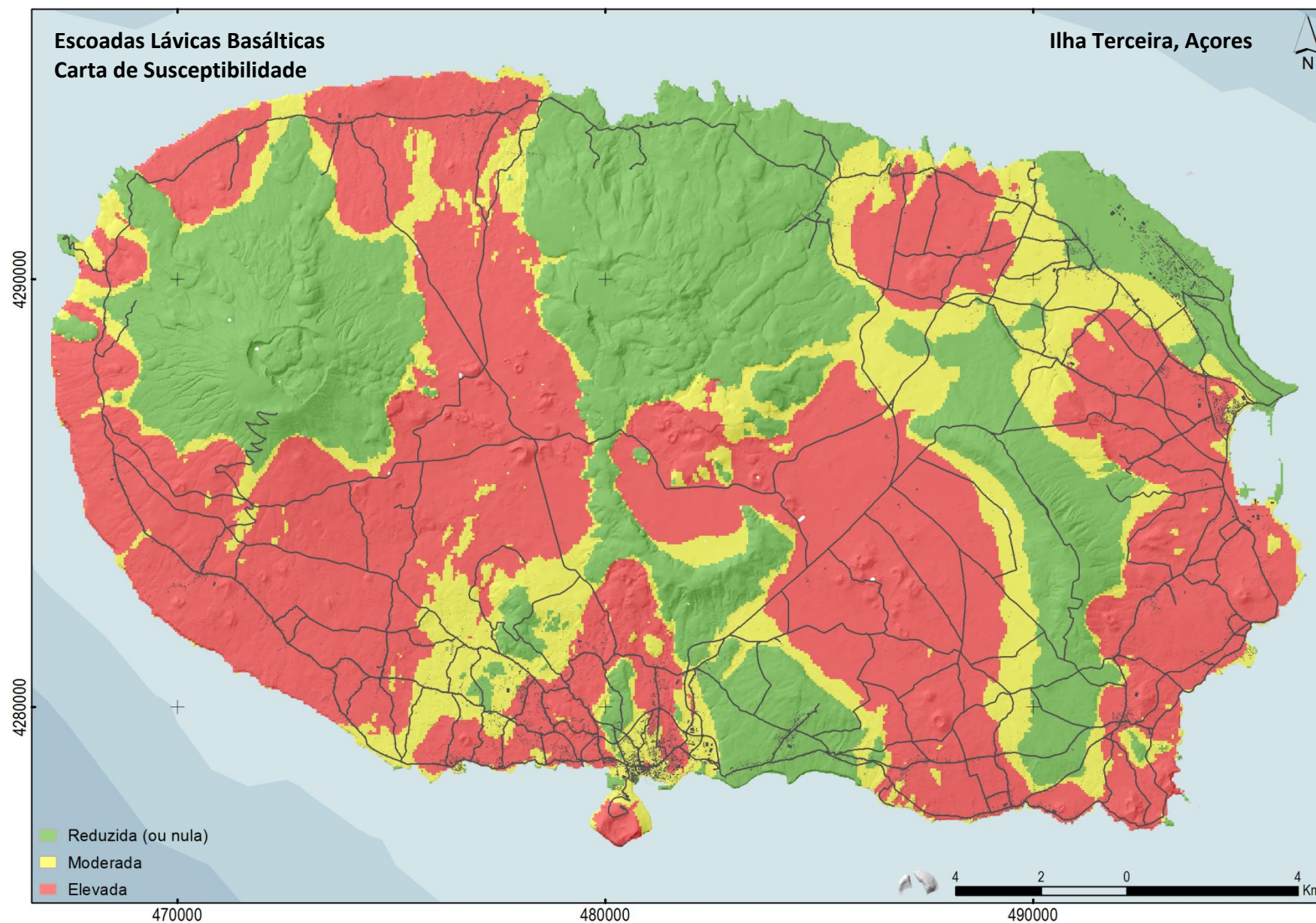


tomada de decisões ao nível da instalação de infra-estruturas críticas, sem prejuízo de outras.

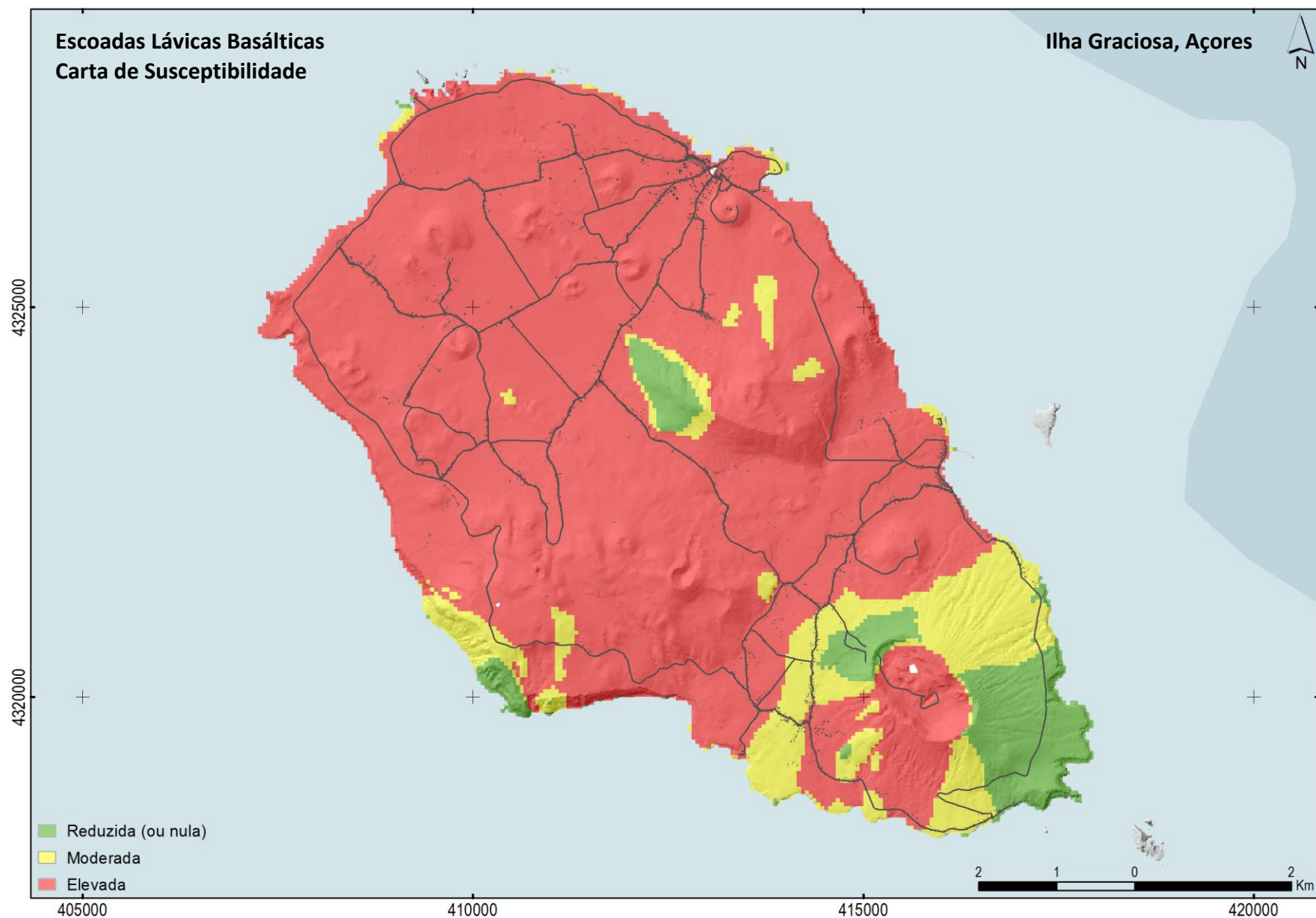
As cartas de susceptibilidade, sem prejuízo do referido nas observações, devem ser revistas até um máximo de 10 anos após a sua última aprovação, ou em resultado de qualquer episódio eruptivo.



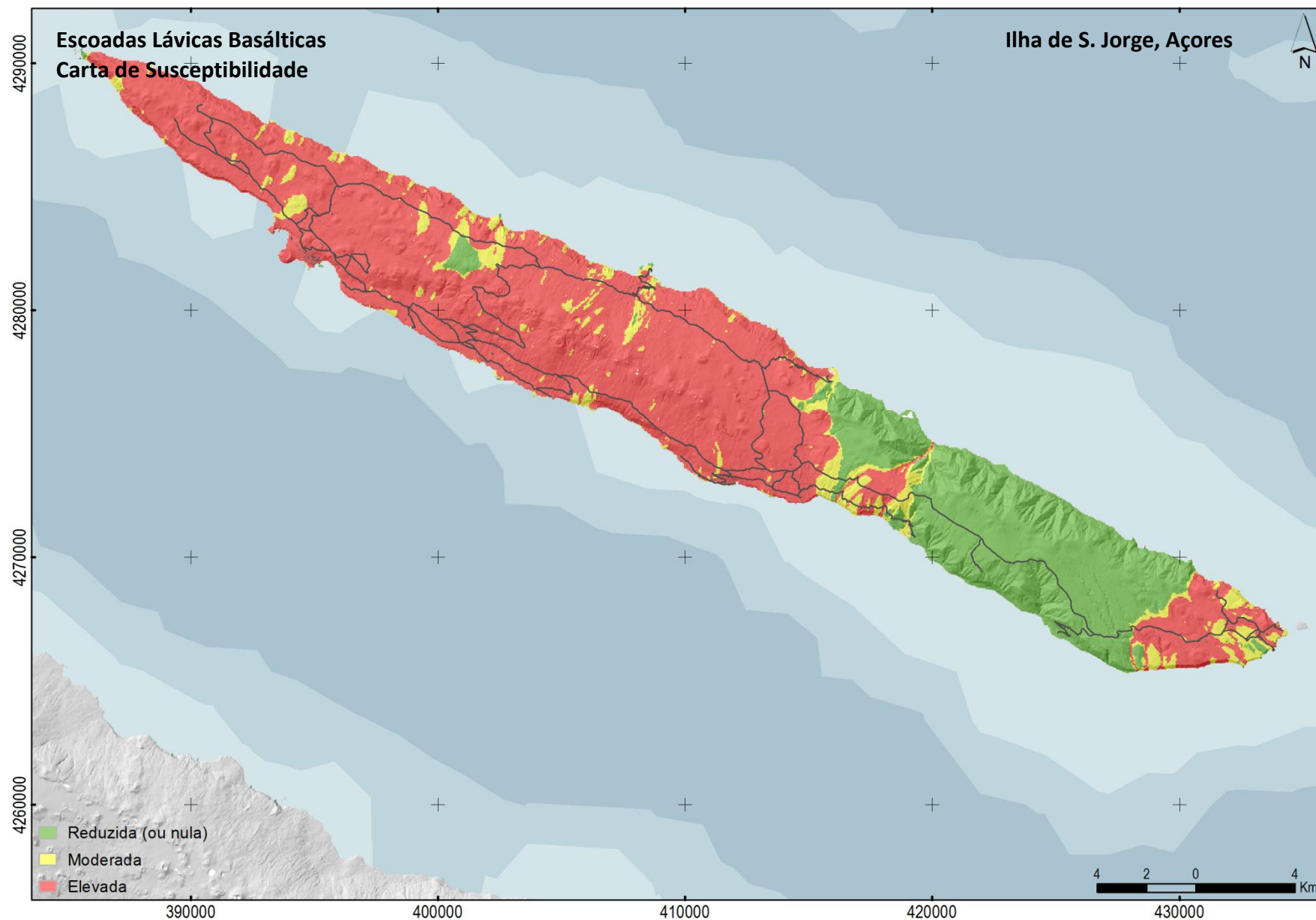
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



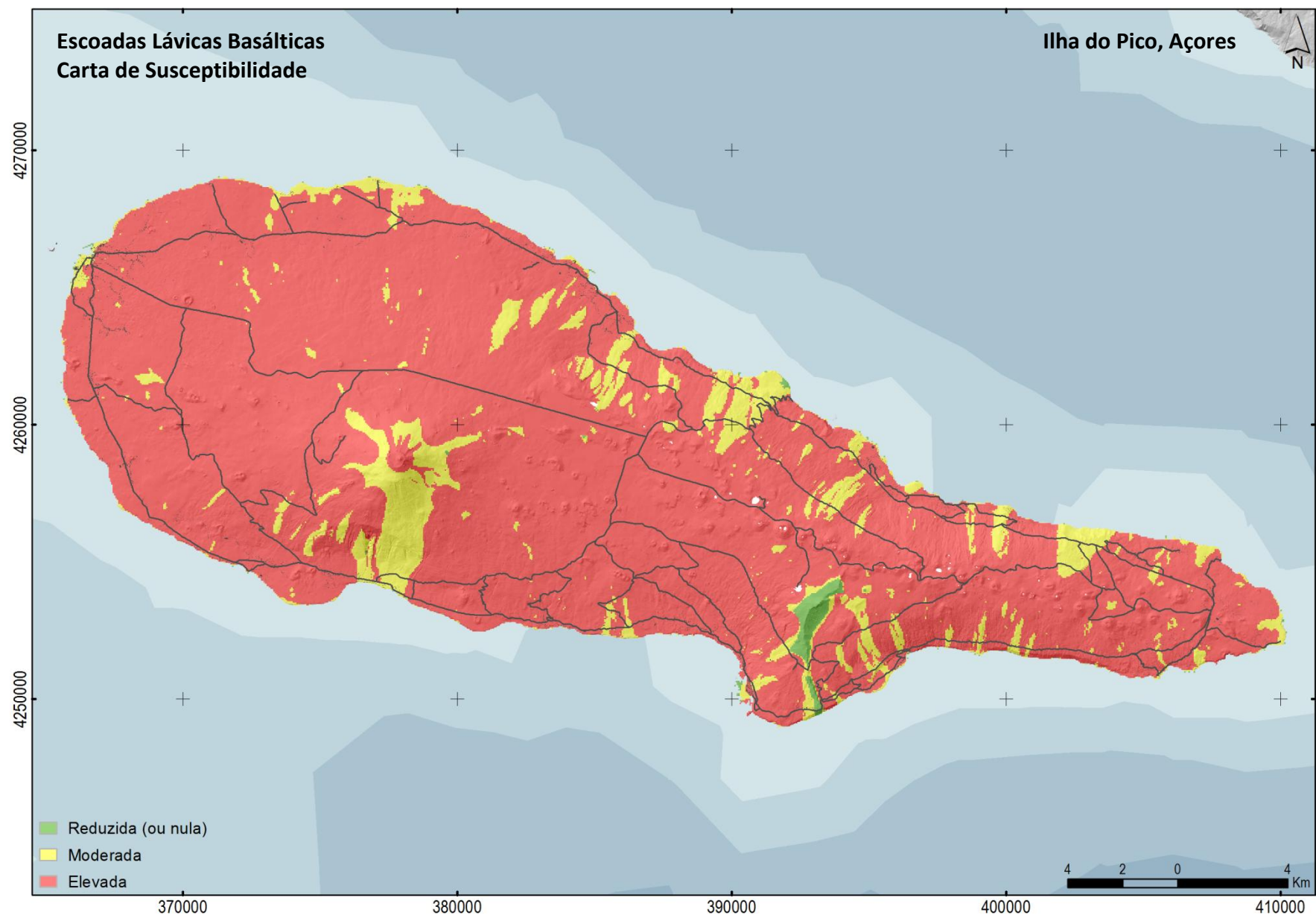
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



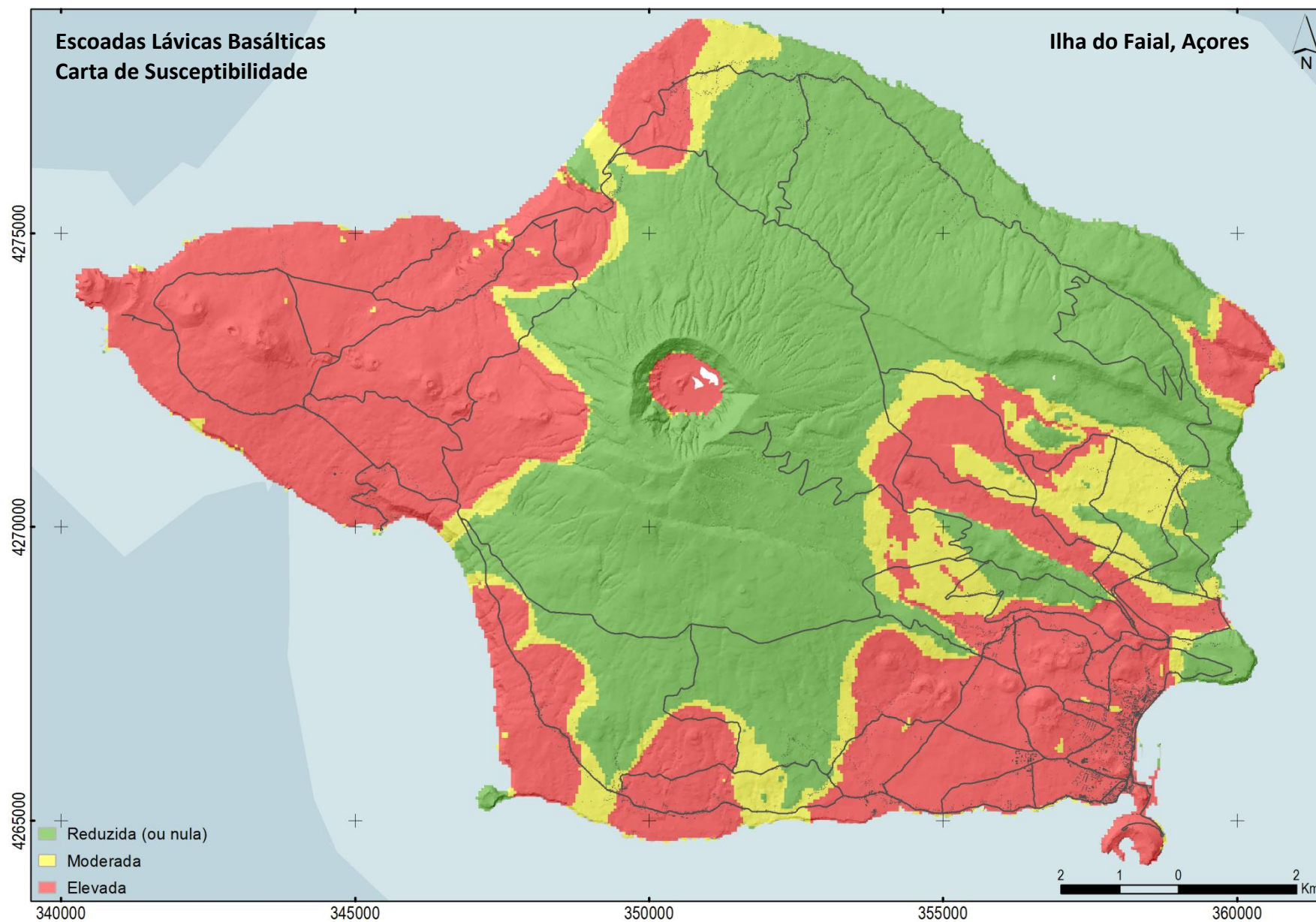
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



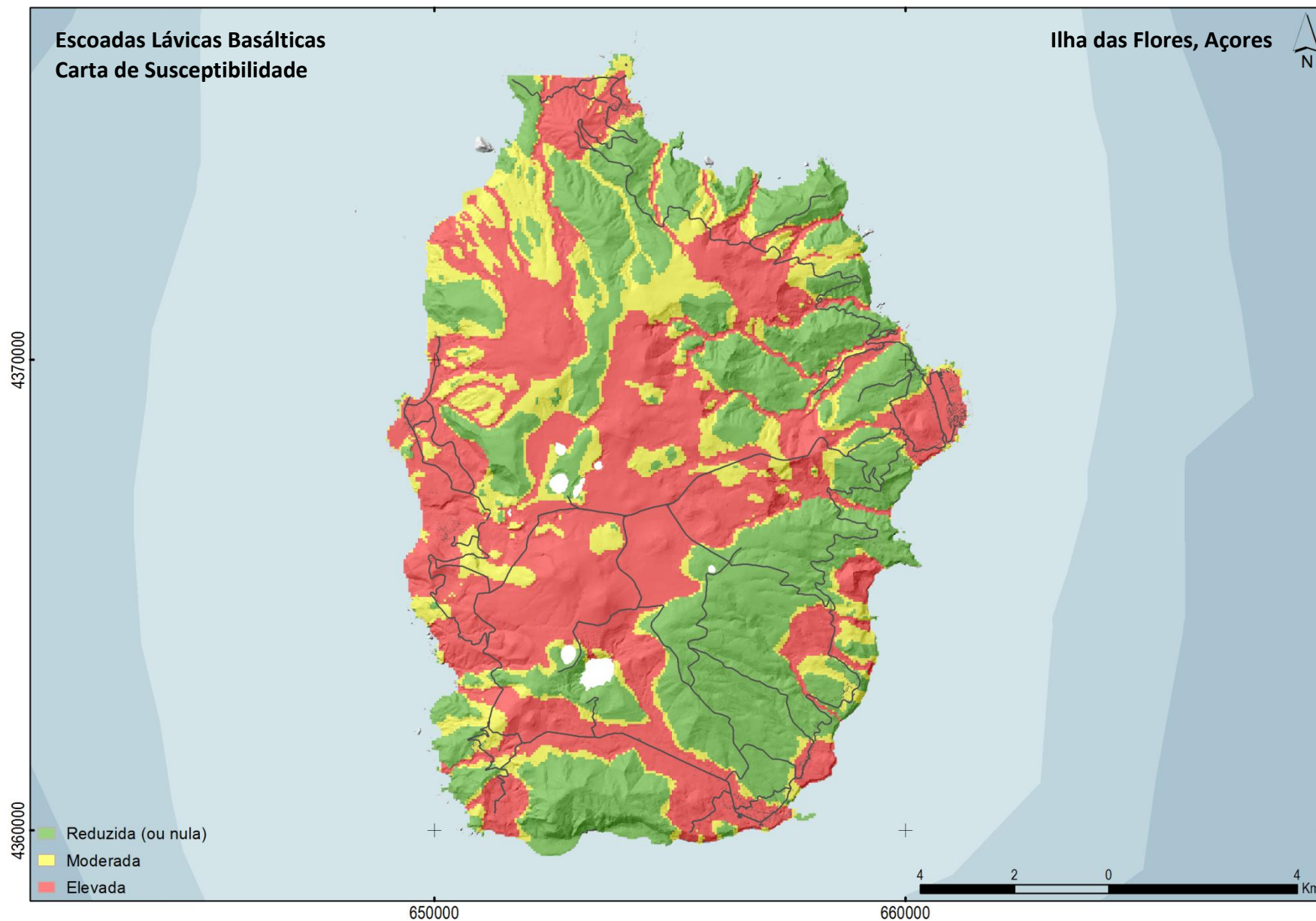
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



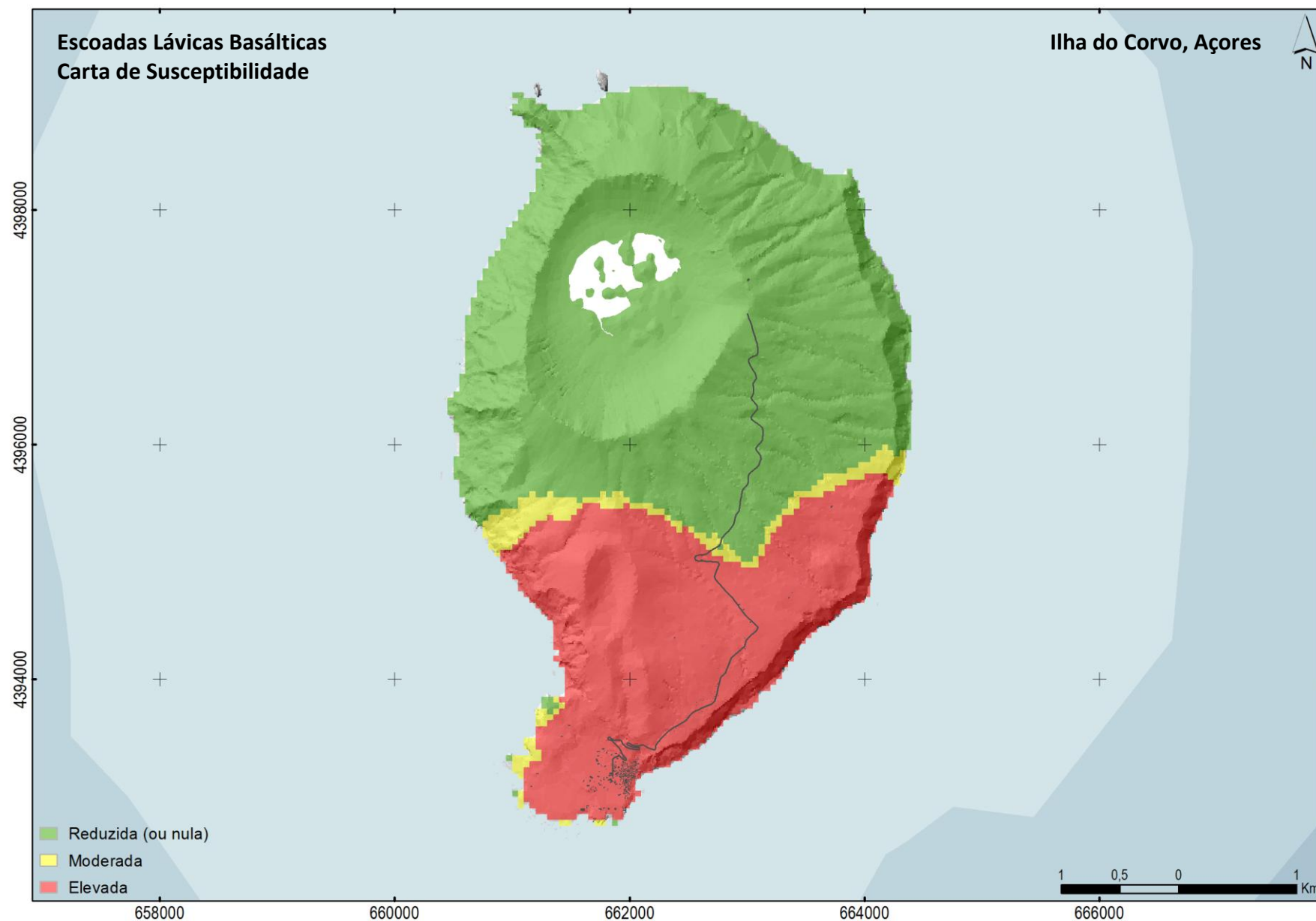
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



5 – ESCOADAS LÁVICAS TRAQUÍTICAS CARTAS DE SUSCEPTIBILIDADE

Ana Gomes, Adriano Pimentel, João Luís Gaspar, Gabriela Queiroz, José Pacheco, Teresa Ferreira, Catarina Goulart

DESCRIPTOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia Digital 1:25.000	IGeoE
	Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite	IGeoE, IGP, FAP, SRCTE
	Modelo Digital de Elevação (DEM) com célula de 50 metros	CVARG
	Mapa com a localização de centros eruptivos basálticos	CVARG
	Dados do comprimento máximo de escoadas lávicas	CVARG
	Dados de espessuras médias de escoadas lávicas	CVARG, MacDonald (1978)
Metodologia	Levantamento e verificação cartográfica de todos os centros eruptivos traquíticos (caldeiras, crateras, domos e <i>coulees</i>).	
	Elaboração da carta das áreas fonte considerando (1) as áreas das bases das caldeiras e (2) um raio de 500 metros a partir do centro de cada cratera, domo e <i>coulee</i> . A distância de 500 metros foi definida após a análise do diâmetro basal de todos os domos traquíticos com formas preservadas.	
	Elaboração da carta de probabilidade de inundação por escoadas lávicas traquíticas , com recurso a simulações numéricas usando para tal o modelo probabilístico VORIS (Felpeto <i>et al.</i> , 2007) baseado no algoritmo de Monte Carlo. Os parâmetros de entrada no modelo incluíram o DEM de 50 metros, o comprimento máximo da escoada lávica, a altura crítica (equivalente à espessura da escoada) e o número de iterações.	

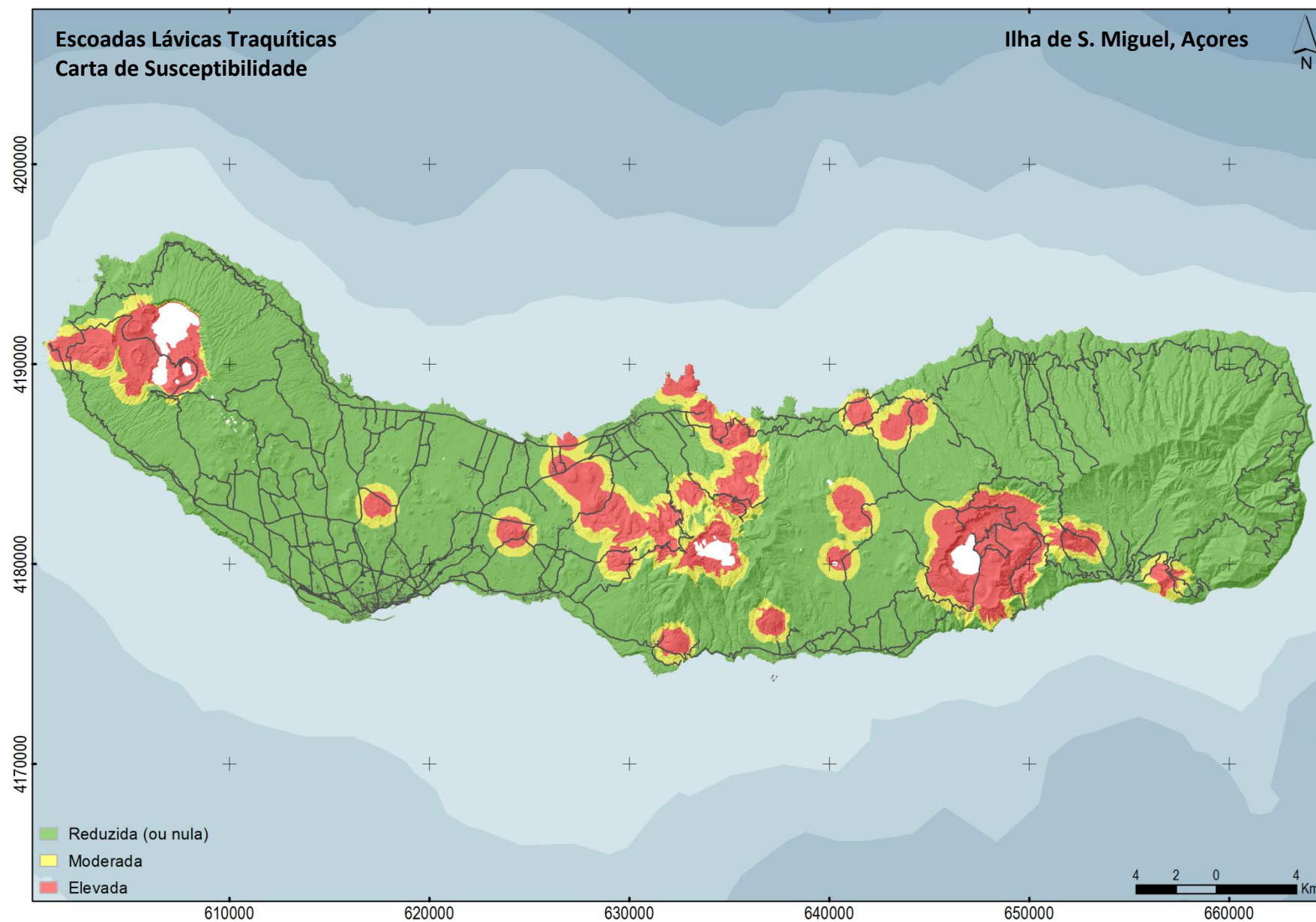


	Elaboração da carta de susceptibilidade à inundação por escoadas lávicas traquíticas através da análise dos valores de probabilidade obtidos para cada ilha, definindo para as classes de susceptibilidade limites iguais para todas as ilhas consideradas.
Período de análise	Definido através do grau de preservação dos centros eruptivos, na falta de estratigrafia de pormenor para todos os sistemas vulcânicos activos.
Classificação	Susceptibilidade Elevada – Probabilidade igual ou superior a 10^{-4} Susceptibilidade Moderada – Probabilidade entre 10^{-4} e 10^{-6} Susceptibilidade Reduzida – Probabilidade igual ou inferior a 10^{-6}
Observações	A inexistência de cartas tectónicas com critérios uniformes para todas as ilhas em análise inviabilizou a sua inclusão na definição das áreas fonte.
Recomendações para melhorar a cartografia à Escala Regional	Datação absoluta/relativa de escoadas lávicas traquíticas e/ou dos respectivos centros emissores para todas as ilhas, a fim de se identificarem os produtos com menos de 10.000 e/ou 5.000 anos e se calcularem os períodos de retorno. Elaboração das cartas tectónicas com critérios uniformes para todas as ilhas. Inclusão do traçado das falhas na cartografia dos centros emissores passíveis de gerarem escoadas lávicas traquíticas. É recomendável que se passe da avaliação da susceptibilidade à análise da perigosidade
Recomendações adicionais para cartografia à Escala Municipal	Bases cartográficas à escala 1:5.000 ou maior.
Recomendações para legislação	Tendo em atenção o perigo de escoadas lávicas traquíticas: O perigo das escoadas lávicas traquíticas deve ser entendido como condicionante para a

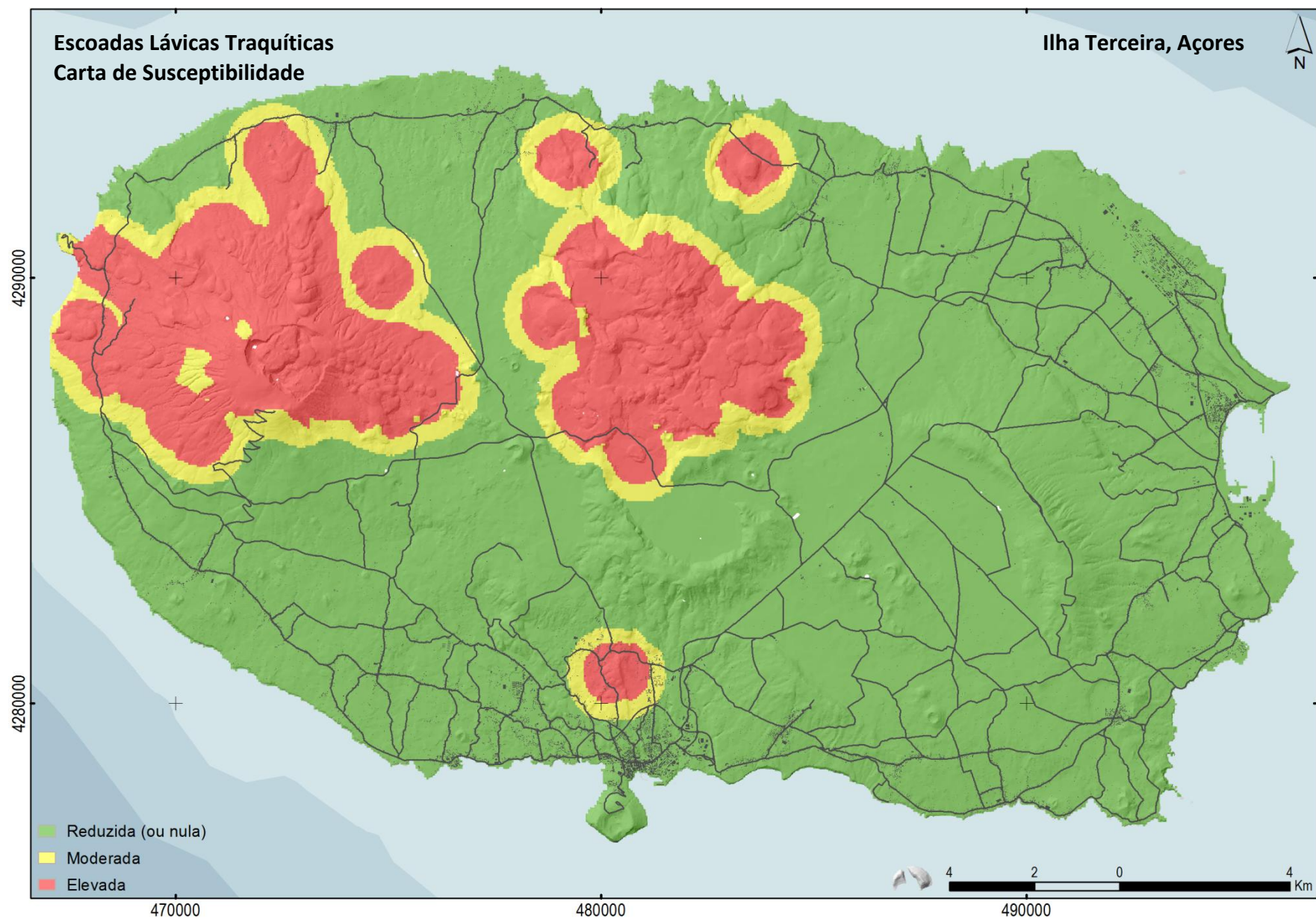


tomada de decisões ao nível da instalação de infra-estruturas críticas, sem prejuízo de outras.

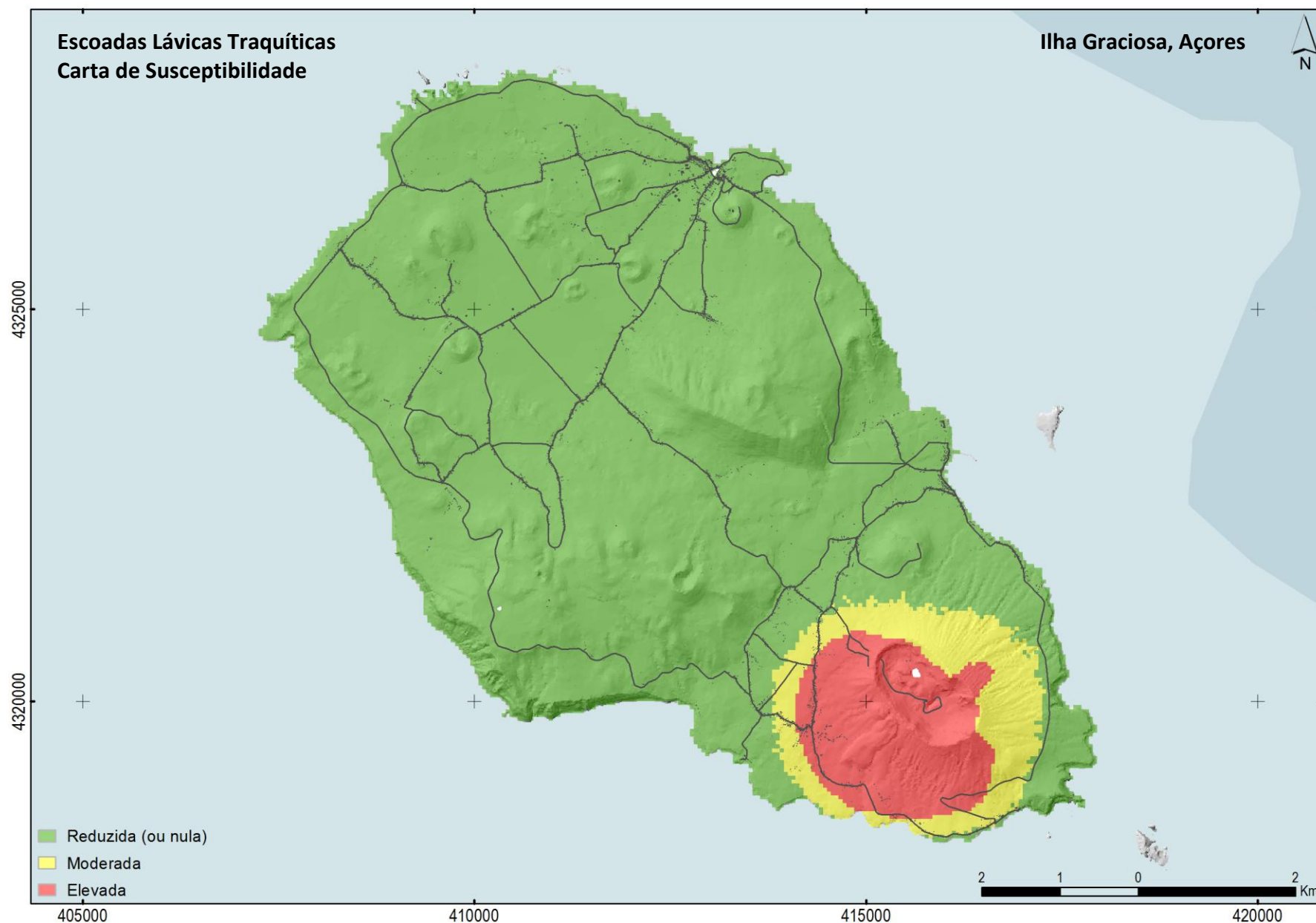
As cartas de susceptibilidade, sem prejuízo do referido nas observações, devem ser revistas até um máximo de 10 anos após a sua última aprovação, ou em resultado de qualquer episódio eruptivo.



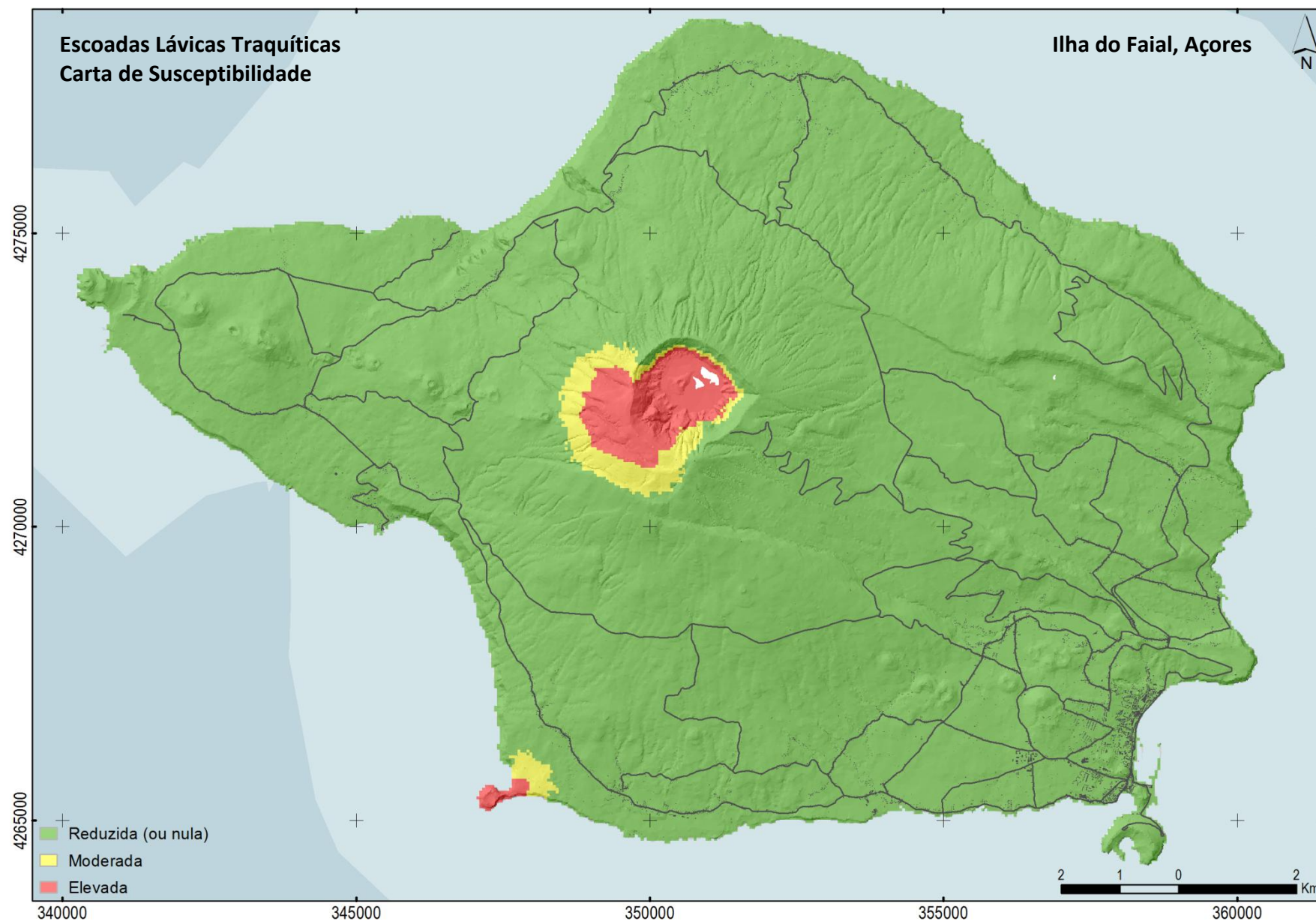
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



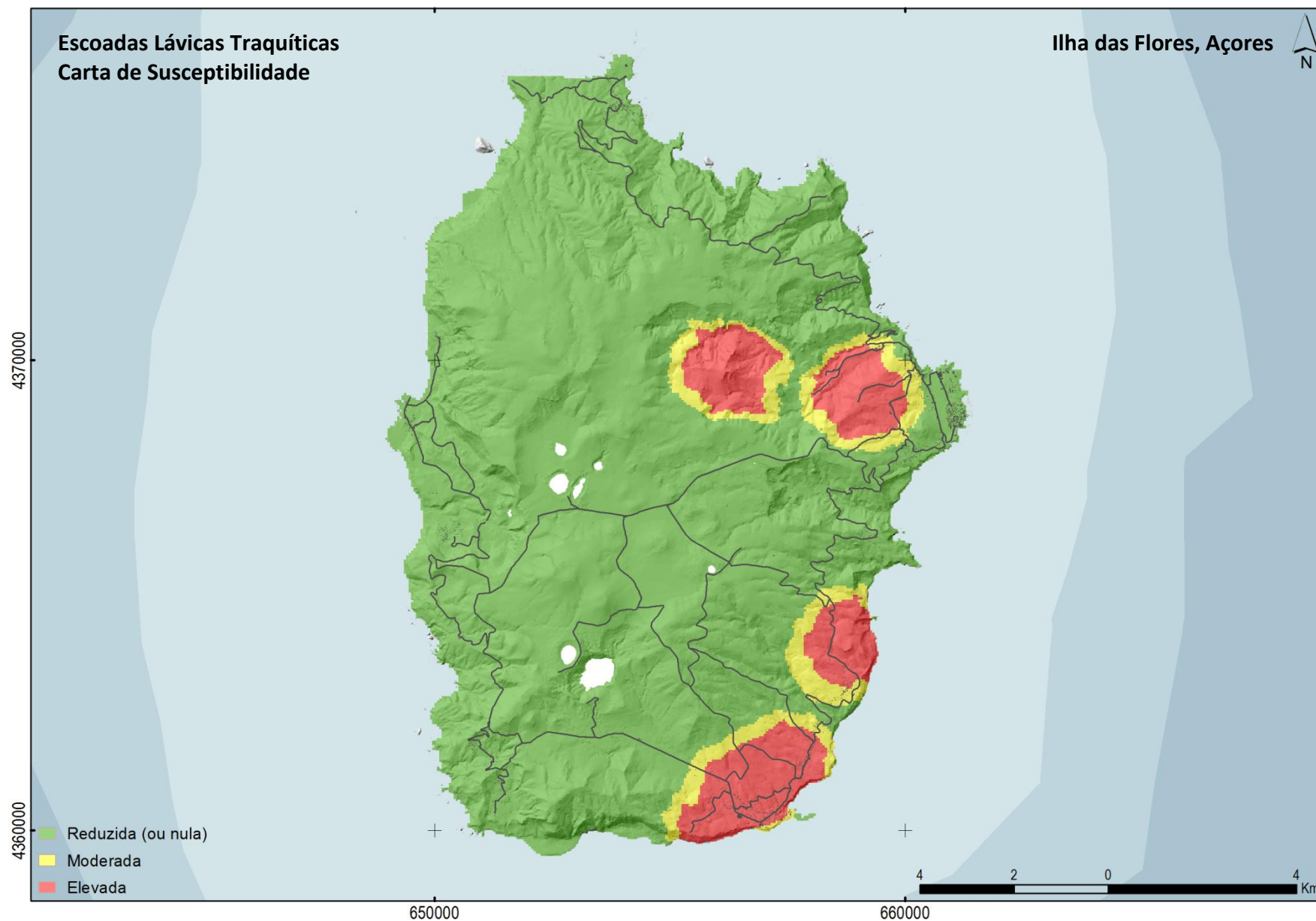
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



6 – PIROCLASTOS DE QUEDA BASÁLTICOS CARTAS DE SUSCEPTIBILIDADE

José Pacheco, Adriano Pimentel, Gabriela Queiroz, João Luís Gaspar, Ana Rita Mendes

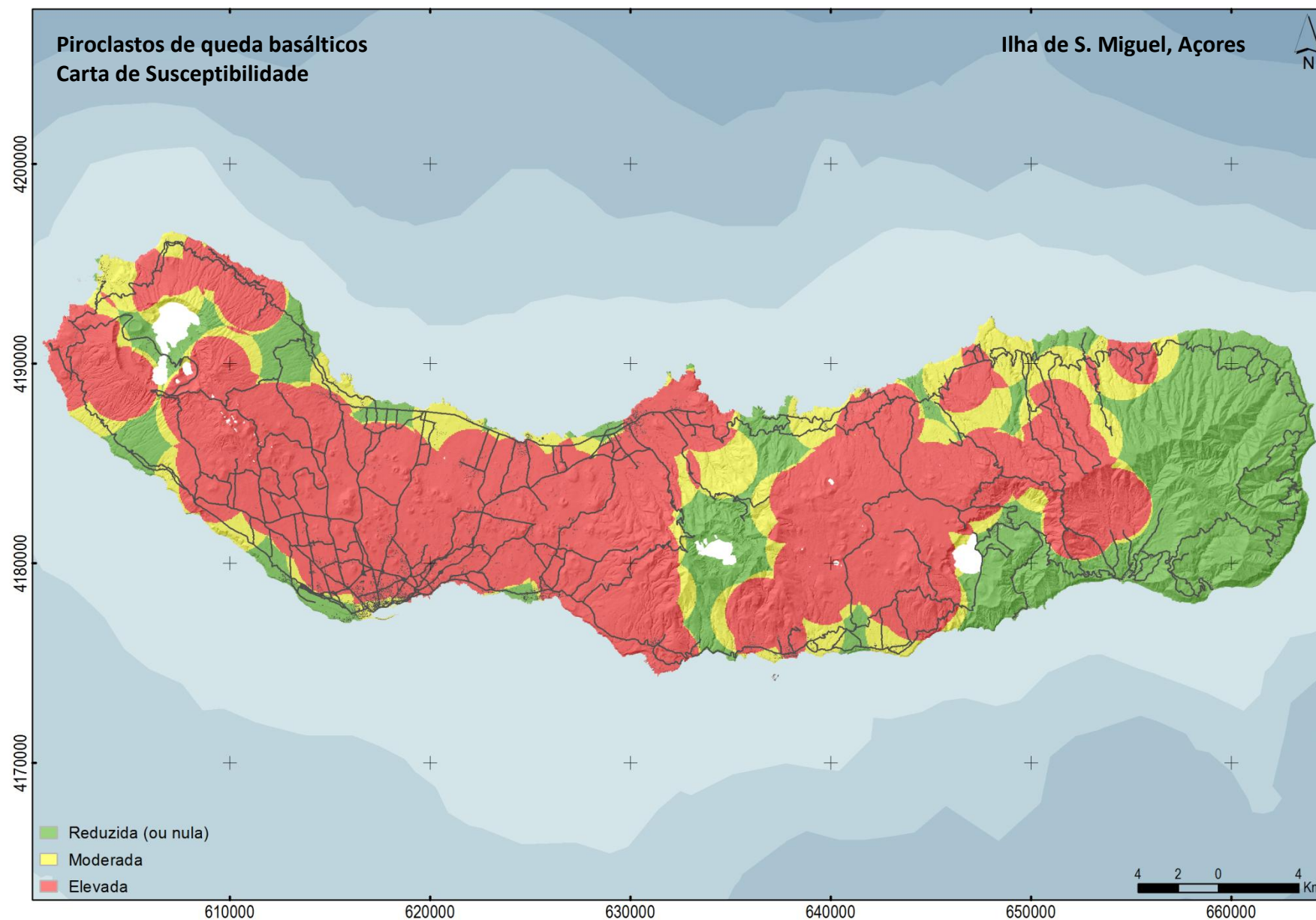
DESCRIPTOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia Digital 1:25.000 Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite Modelo Digital de Elevação (DEM) com célula de 50 metros Mapa com a localização de centros eruptivos basálticos Dados da dispersão máxima de piroclastos de queda associados a erupções basálticas	IGeoE IGeoE, IGP, FAP, SRCTE CVARG CVARG CVARG
Metodologia	Levantamento e verificação cartográfica de todos os centros eruptivos basálticos (crateras e focos). Elaboração da carta das áreas fonte utilizando um raio de 500 metros a partir do centro das crateras ou dos cones de escórias e dos centroides das zonas fissurais. A distância de 500 metros foi definida após a análise do diâmetro basal de todos os cones de escórias com formas preservadas. Elaboração da carta de áreas cobertas por 1 metro de espessura de piroclastos de queda basálticos, em condições de ausência de vento, com recurso à projeção da deposição de piroclastos. Os parâmetros de entrada na projeção incluíram a magnitude da maior erupção basáltica registada nos Açores e a respetiva dispersão de piroclastos calculada para condições de ausência de vento. Elaboração da carta de susceptibilidade aos piroclastos de queda basálticos através da	



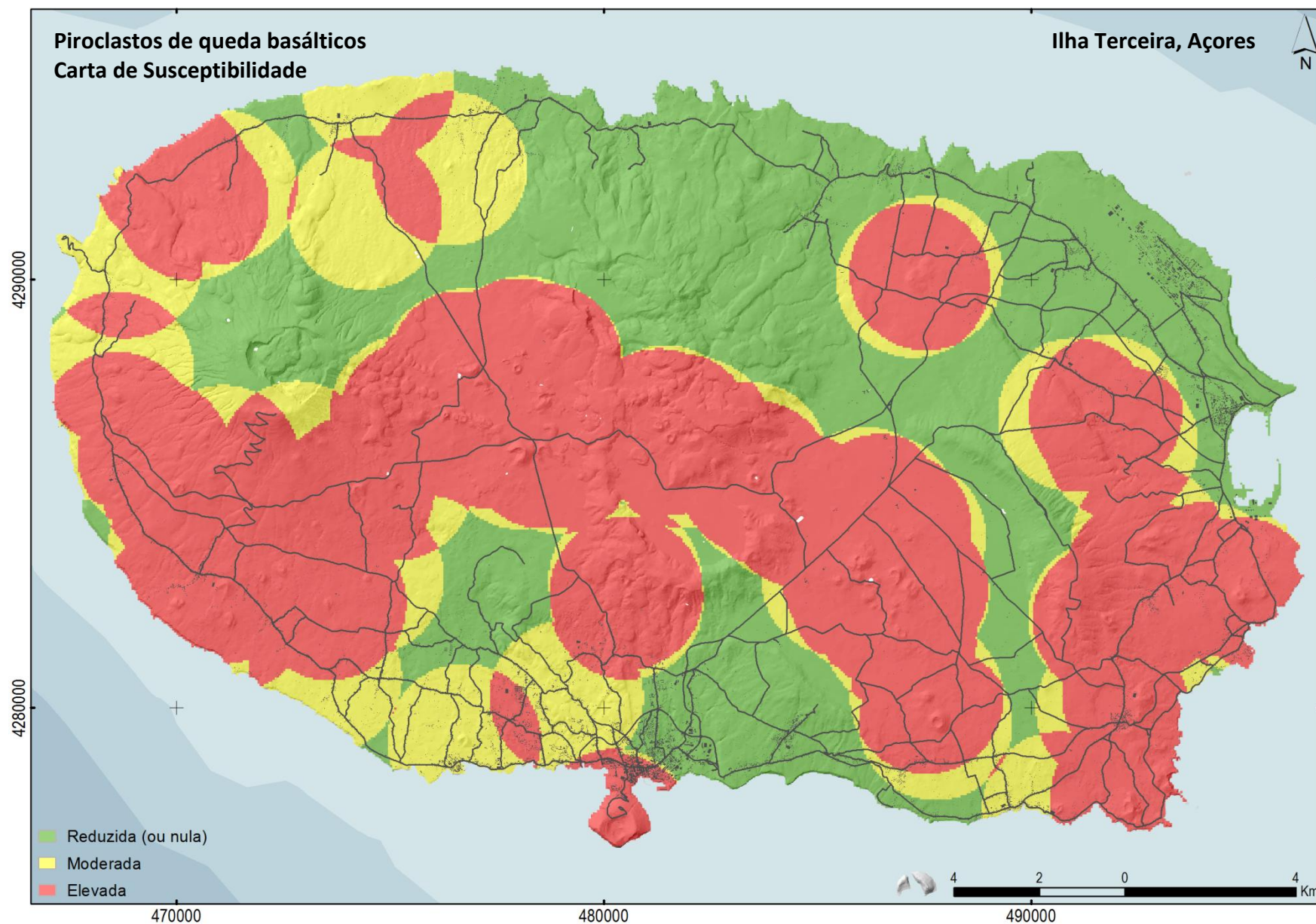
	análise das áreas afectadas por mais de 1 metro de espessura de produtos piroclásticos, definindo para as classes de susceptibilidade limites iguais para todas as ilhas consideradas.
Período de análise	Definido através do grau de preservação dos centros eruptivos, na falta de estratigrafia de pormenor para todos os sistemas vulcânicos activos.
Classificação	Susceptibilidade Elevada – Áreas atingidas por 1 metro de piroclastos de queda provenientes de 2 ou mais centros eruptivos Susceptibilidade Moderada – Áreas atingidas por 1 metro de piroclastos de queda provenientes de apenas 1 centro eruptivo. Susceptibilidade Reduzida ou Nula – Áreas localizadas fora da zona definida pela dispersão de 1 metro de piroclastos de queda em condições de ausência de vento.
Observações	A inexistência de cartas tectónicas com critérios uniformes para todas as ilhas em análise inviabilizou a sua inclusão na definição das áreas fonte.
Recomendações para melhorar a cartografia à Escala Regional	Datação absoluta/relativa de produtos piroclásticos basálticos de queda e/ou dos respectivos centros emissores para todas as ilhas consideradas, a fim de se identificarem os produtos com menos de 10.000 e/ou 5.000 anos e se calcularem os períodos de retorno. Elaboração das cartas tectónicas com critérios uniformes para todas as ilhas. Inclusão do traçado das falhas na cartografia das áreas passíveis de alojarem centros eruptivos basálticos. É recomendável que se passe da avaliação da susceptibilidade à análise da perigosidade.
Recomendações adicionais para cartografia à Escala Municipal	Bases cartográficas para estudos de detalhe: escala 1:5.000 ou maior. Atualização da carta das áreas fonte, incluindo a informação das cartas tectónicas.



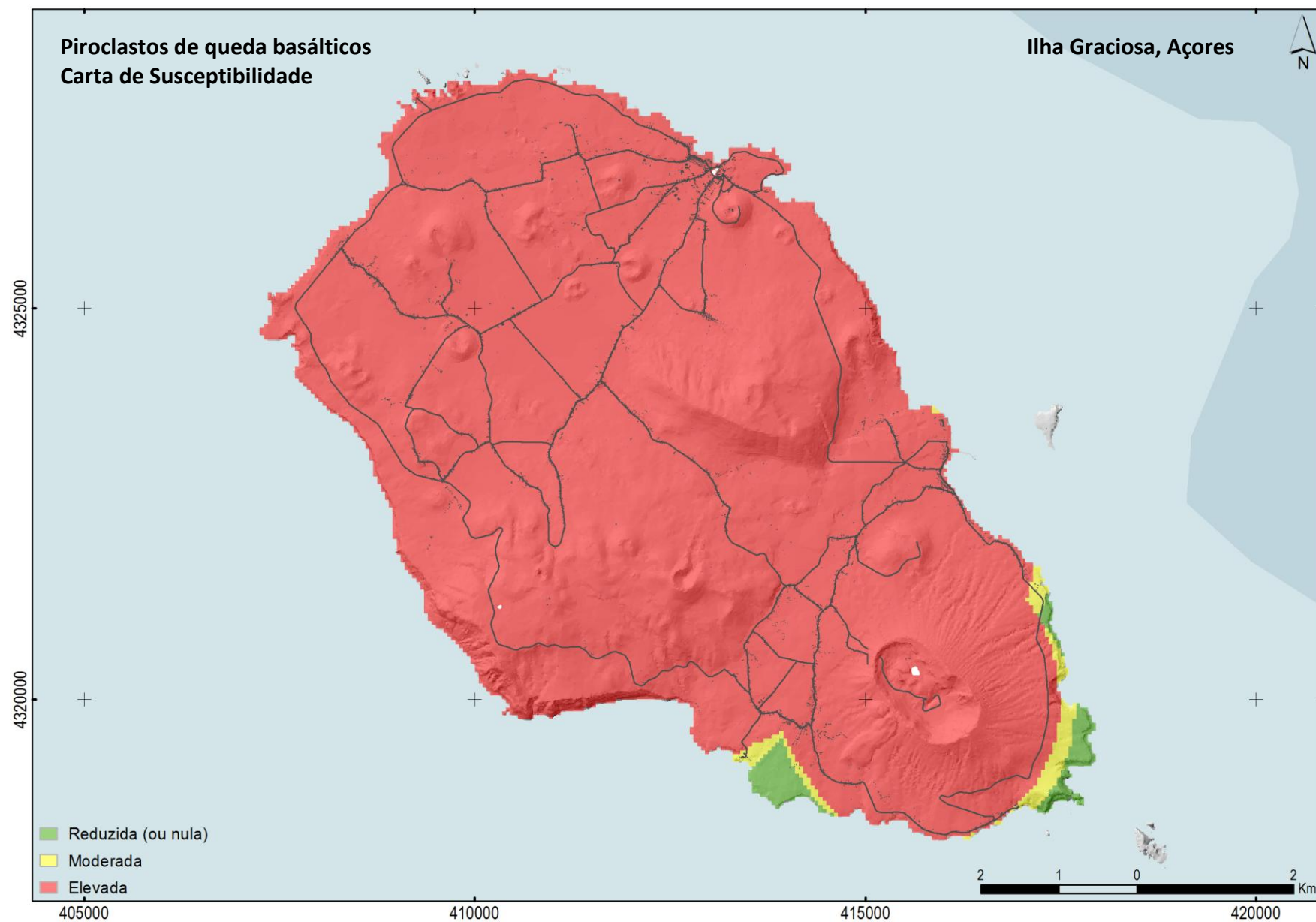
	Correcção da modelação em função da alteração da carta de áreas fonte. Redefinição da modelação da dispersão dos piroclastos de queda basálticos em função da magnitude das erupções de cada sistema vulcânico e da influencia do vento na dispersão destes produtos.
Recomendações para legislação	Tendo em atenção o perigo dos piroclastos de queda: O perigo dos piroclastos de queda basálticos deve ser entendido como condicionante para a tomada de decisões ao nível da instalação de infra-estruturas críticas, sem prejuízo de outras. As cartas de susceptibilidade, sem prejuízo do referido nas observações, devem ser revistas até um máximo de 10 anos após a sua última aprovação, ou em resultado de qualquer episódio eruptivo.



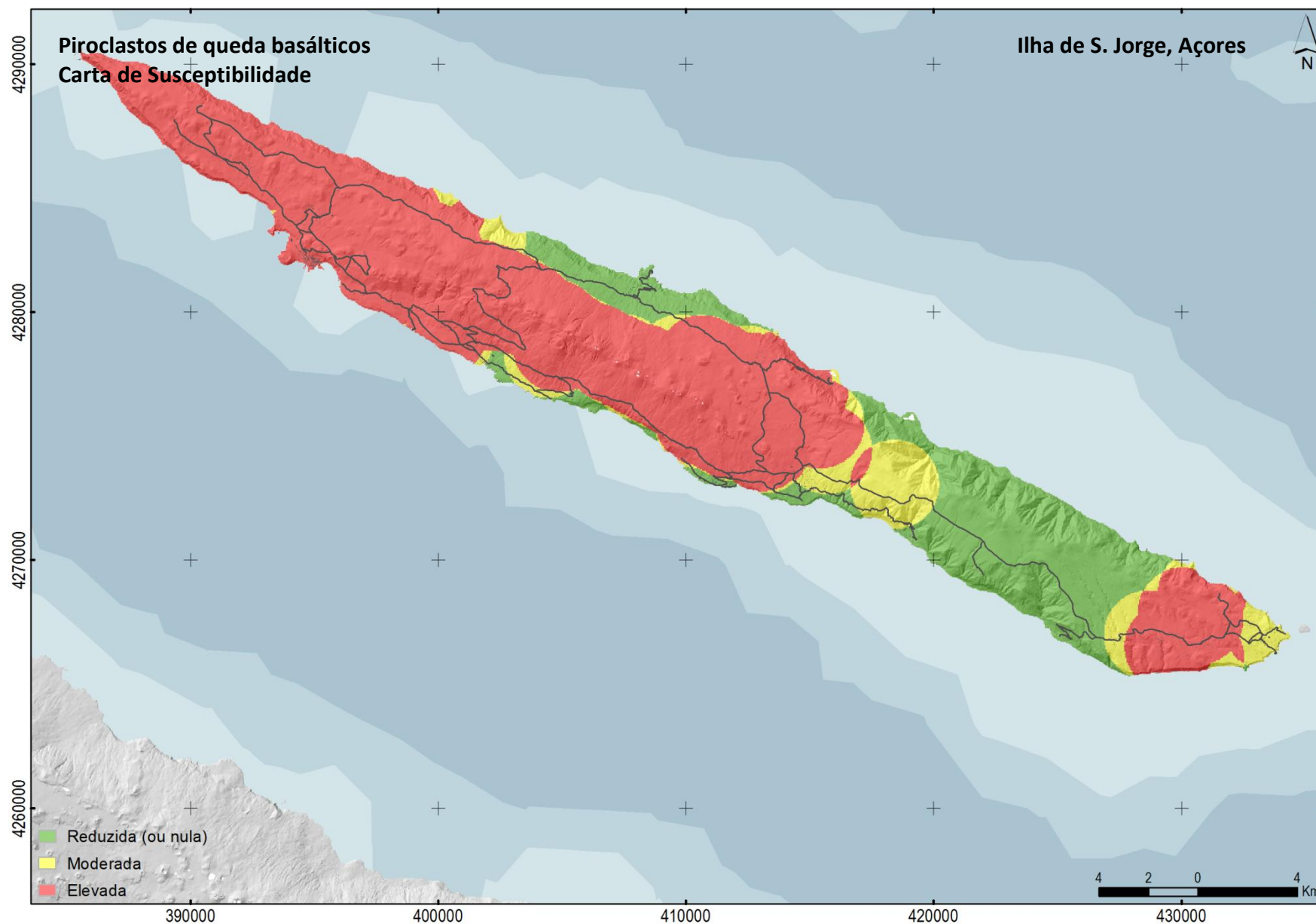
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



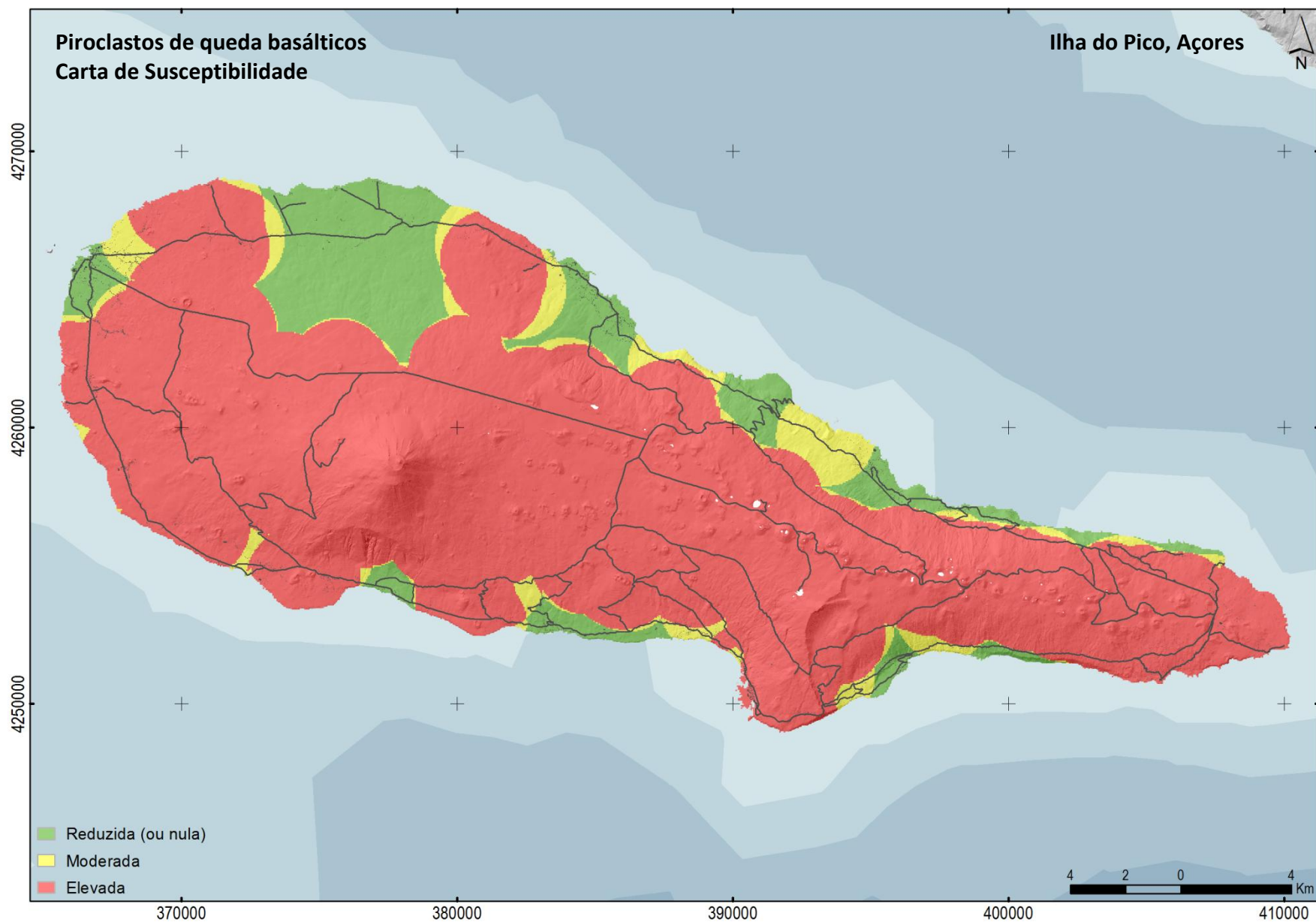
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



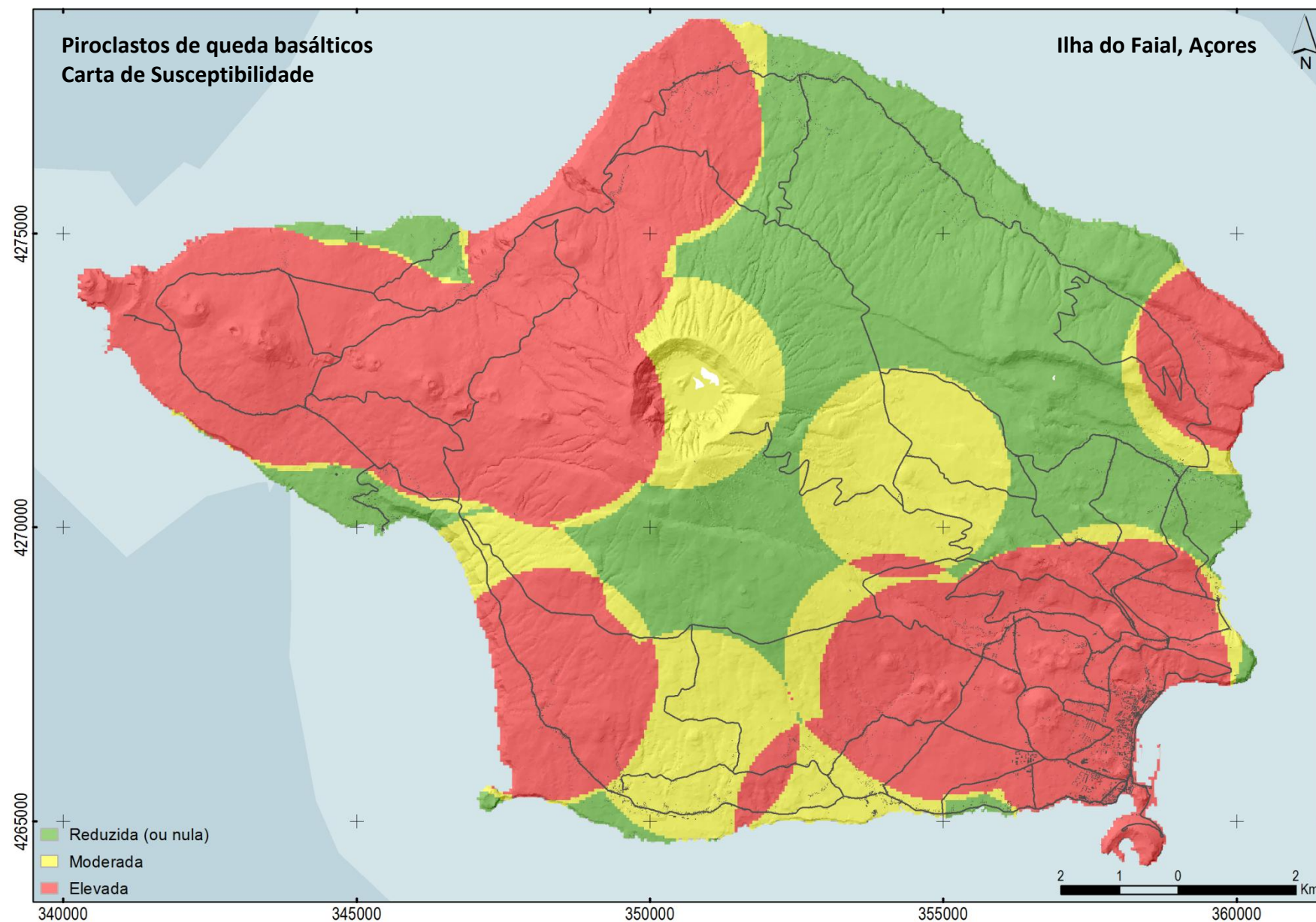
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



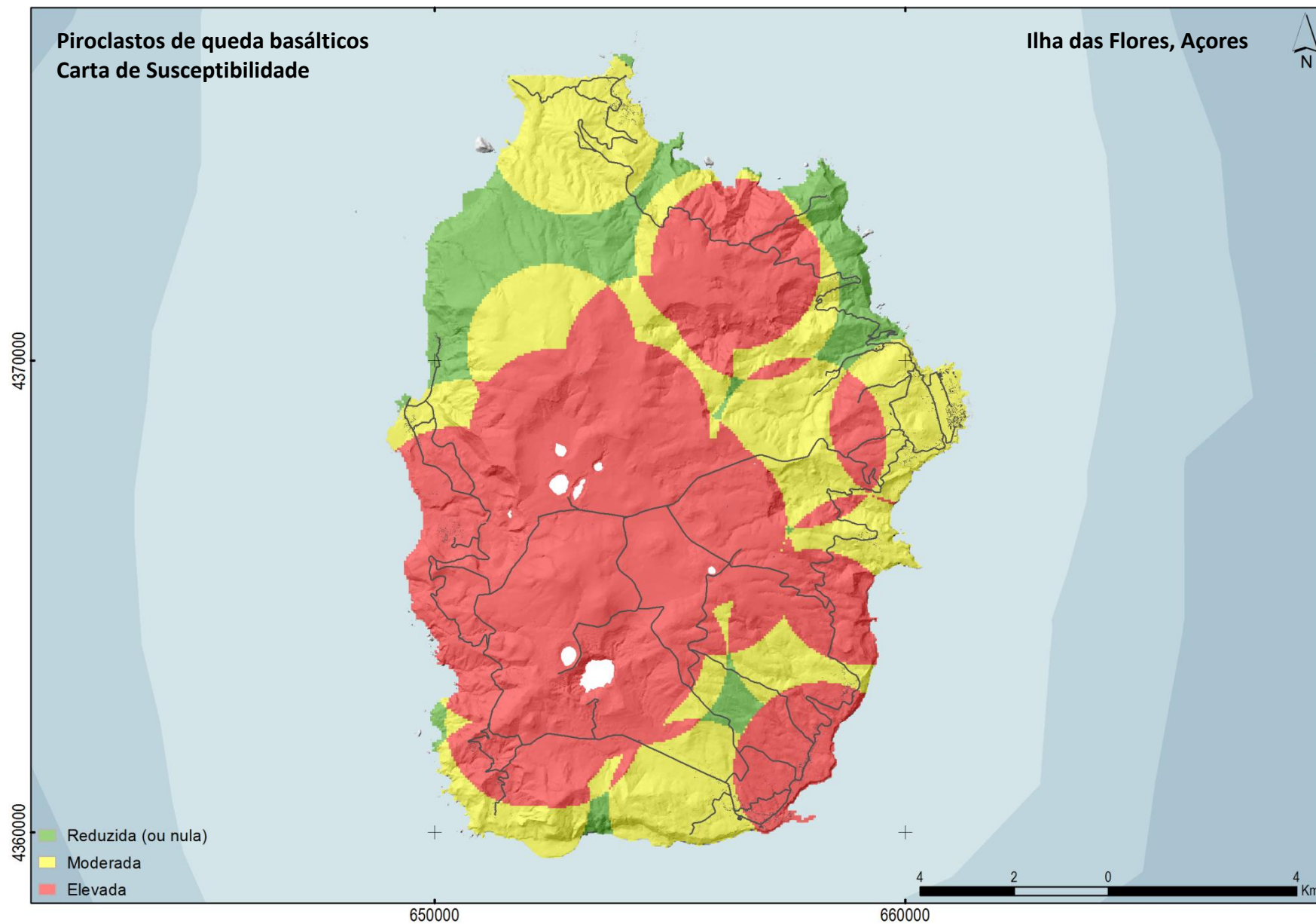
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



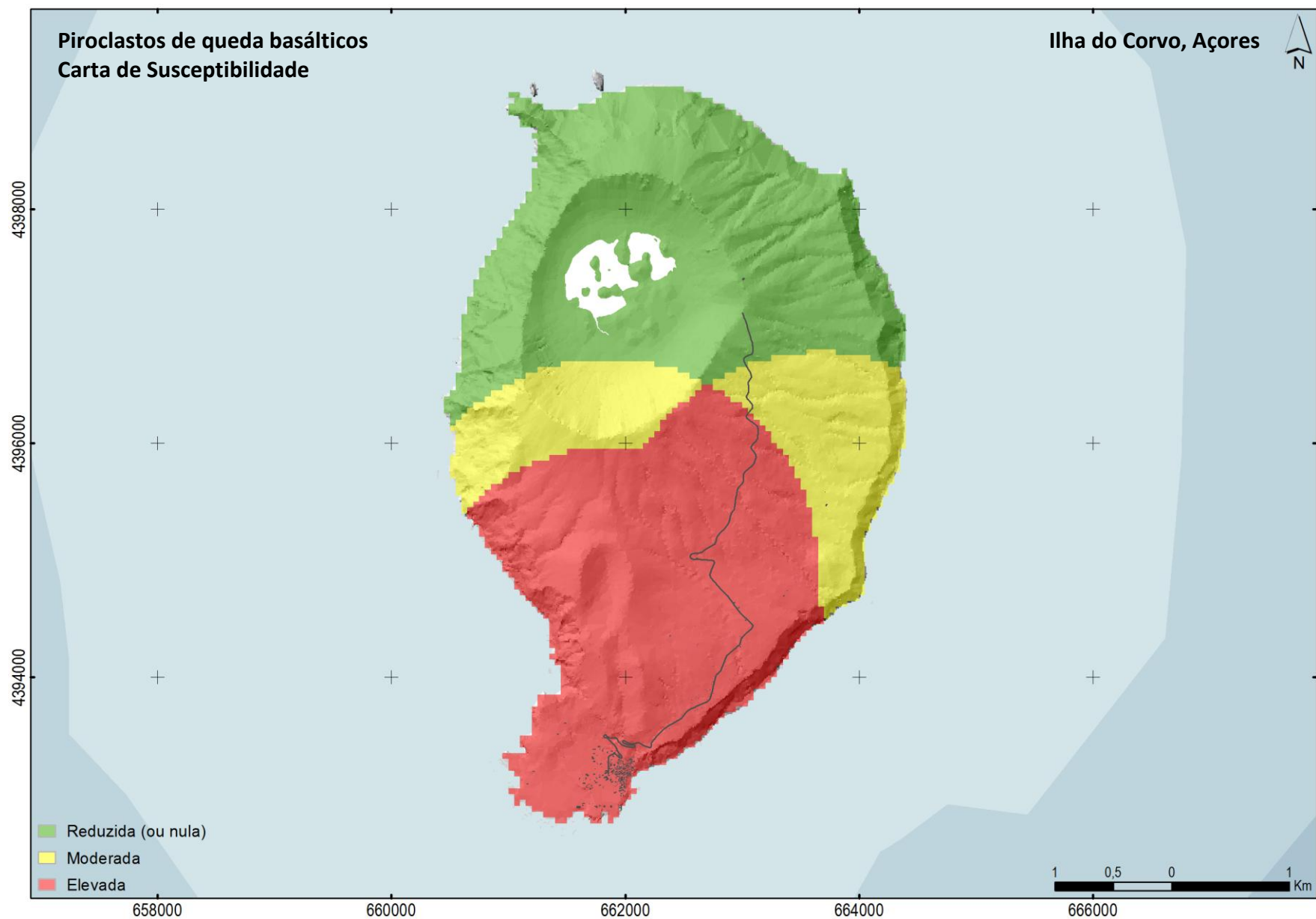
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



7 – PIROCLASTOS DE QUEDA TRAQUÍTICOS CARTAS DE SUSCEPTIBILIDADE

José Pacheco, Adriano Pimentel, Gabriela Queiroz, João Luís Gaspar, Ana Rita Mendes

DESCRIPTOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia Digital 1:25.000	IGeoE
	Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite	IGeoE, IGP, FAP, SRCTE
	Modelo Digital de Elevação (DEM) com célula de 50 metros	CVARG
	Mapa com a localização de centros eruptivos (caldeiras de vulcões centrais)	CVARG
	Dados da dispersão máxima de piroclastos de queda associados a erupções traquíticas	CVARG
Metodologia	Levantamento e verificação cartográfica de todos os limites dos centros eruptivos (caldeiras de vulcões centrais activos de natureza traquítica).	
	Elaboração da carta das áreas fonte com base na análise geomorfológica e estrutural das caldeiras, tendo sido delimitadas as bases das caldeiras dos vulcões centrais.	
	Elaboração da carta de áreas cobertas por 1 metro de espessura de piroclastos de queda traquíticos , em condições de ausência de vento, com recurso à projecção da deposição de piroclastos. Os parâmetros de entrada na projecção incluíram a magnitude da maior erupção traquítica registada nos Açores nos últimos 5.000 anos e a respectiva dispersão de piroclastos calculada para condições de ausência de vento.	
	Elaboração da carta de susceptibilidade aos piroclastos de queda traquíticos através da análise das áreas afectadas por mais de 1 metro de espessura de produtos piroclásticos, definindo para as classes de susceptibilidade limites iguais para todas as ilhas	



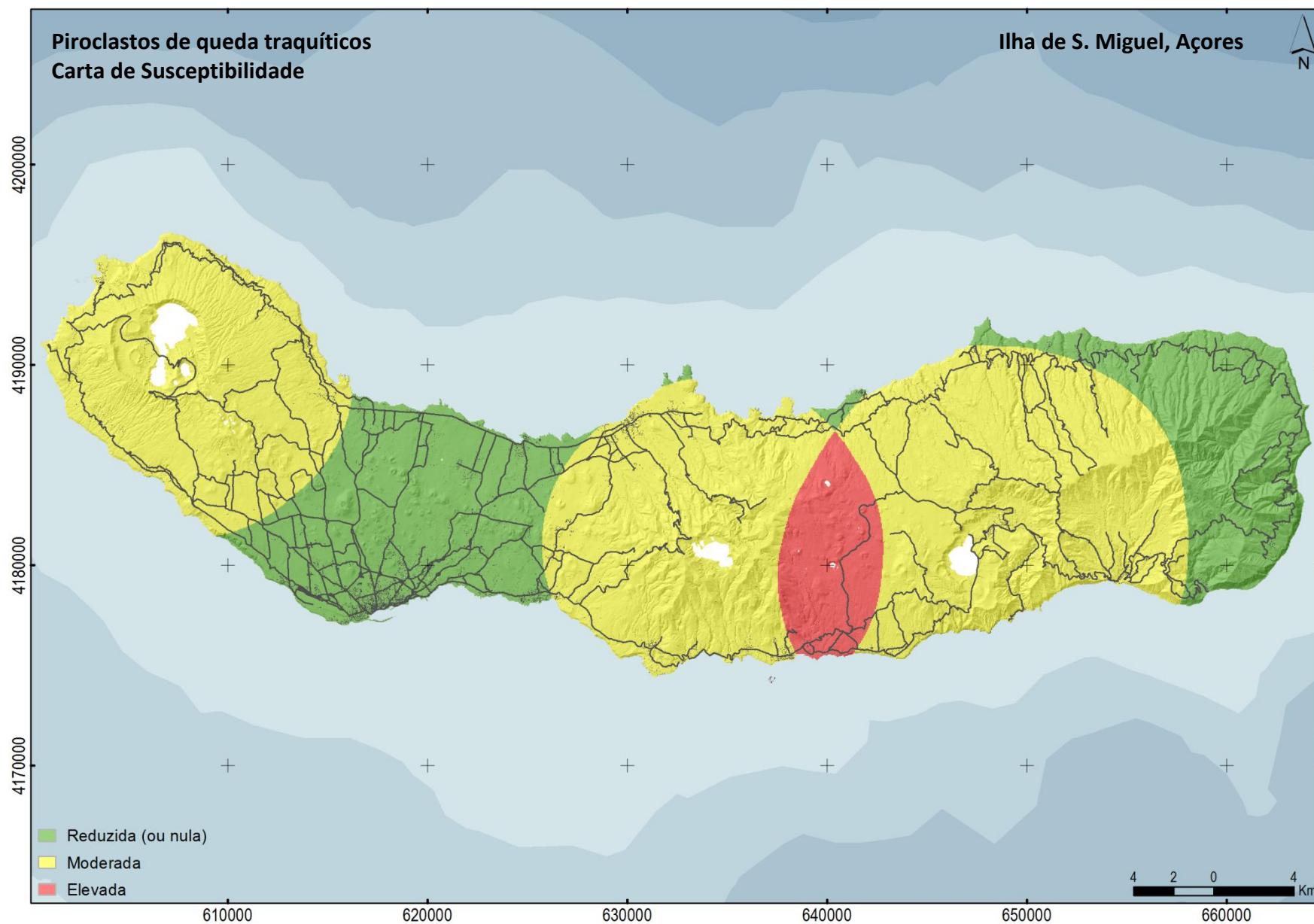
	consideradas.
Período de análise	Definido através do grau de preservação dos centros eruptivos (caldeiras de vulcões centrais), na falta de estratigrafia de pormenor para todos os sistemas vulcânicos activos.
Classificação	Susceptibilidade Elevada – Áreas atingidas por 1 metro de piroclastos de queda provenientes de 2 ou mais vulcões centrais de natureza traquítica. Susceptibilidade Moderada – Áreas atingidas por 1 metro de piroclastos de queda provenientes de apenas 1 vulcão central de natureza traquítica. Susceptibilidade Reduzida ou Nula – Áreas localizadas fora da zona definida pela dispersão de 1 metro de piroclastos de queda em condições de ausência de vento.
Observações	A inexistência de estudos estratigráficos e cartográficos de pormenor com critérios uniformes para todas as ilhas consideradas inviabilizou uma análise diferenciada dos produtos piroclásticos de queda por magnitude e por vulcão.
Recomendações para melhorar a cartografia à Escala Regional	Datação absoluta/relativa de produtos piroclásticos traquíticos de queda e/ou dos respectivos centros emissores para todas as ilhas consideradas, a fim de se identificarem os produtos com menos de 10.000 e/ou 5.000 anos e se calcularem os períodos de retorno. Elaboração de estudos estratigráficos e cartográficos de pormenor para os sistemas vulcânicos activos com critérios uniformes para todas as ilhas. É recomendável que se passe da avaliação da susceptibilidade à análise da perigosidade.
Recomendações adicionais para cartografia à Escala Municipal	Bases cartográficas para estudos de detalhe: escala 1:5.000 ou maior. Redefinição da modelação da dispersão dos piroclastos de queda em função da magnitude das erupções de cada sistema vulcânico e da influencia do vento na dispersão destes produtos.
Recomendações para	Tendo em atenção o perigo dos piroclastos de queda traquíticos:



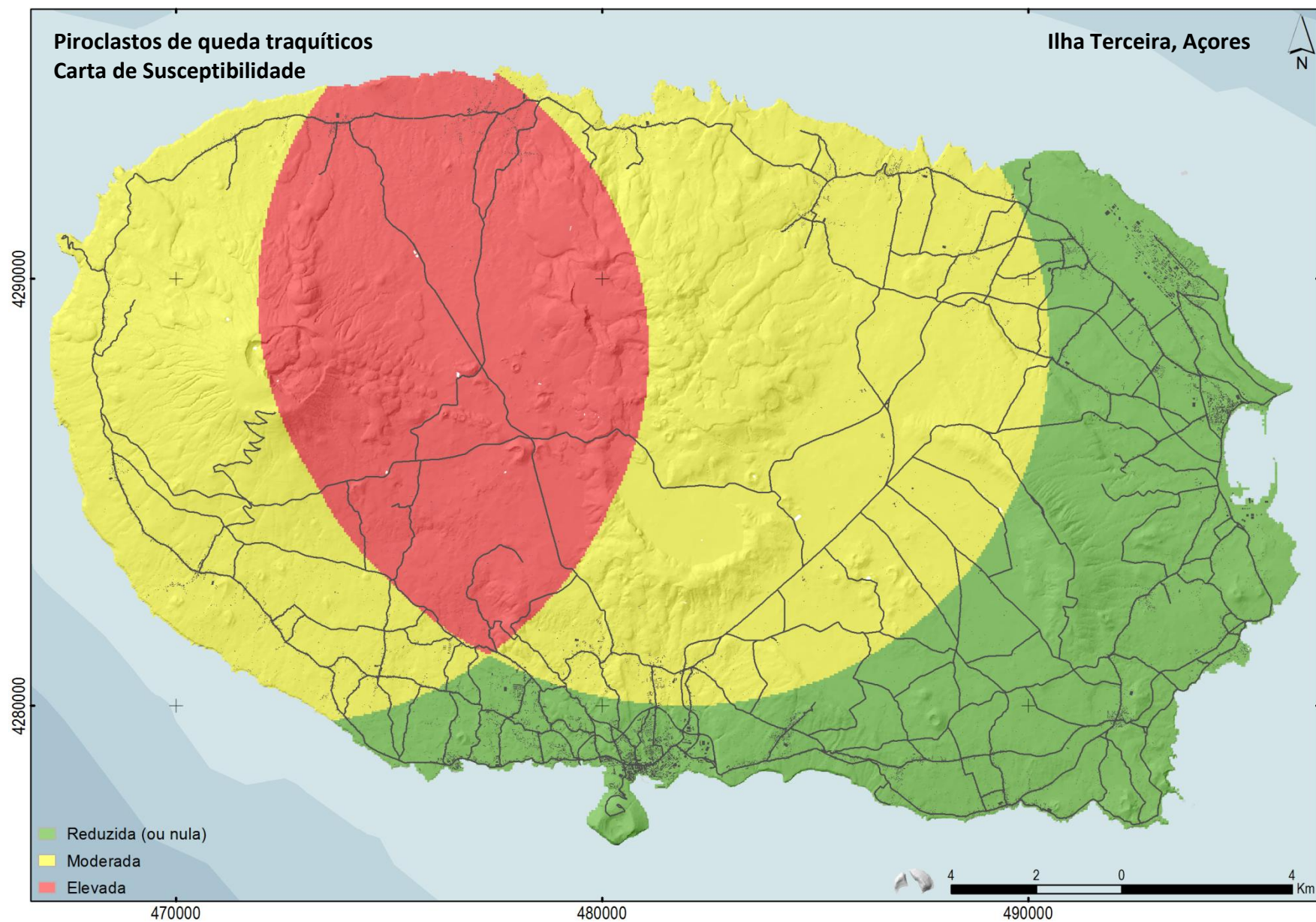
legislação

O perigo dos piroclastos de queda traquíticos deve ser entendido como condicionante para a tomada de decisões ao nível da instalação de infra-estruturas críticas, sem prejuízo de outras.

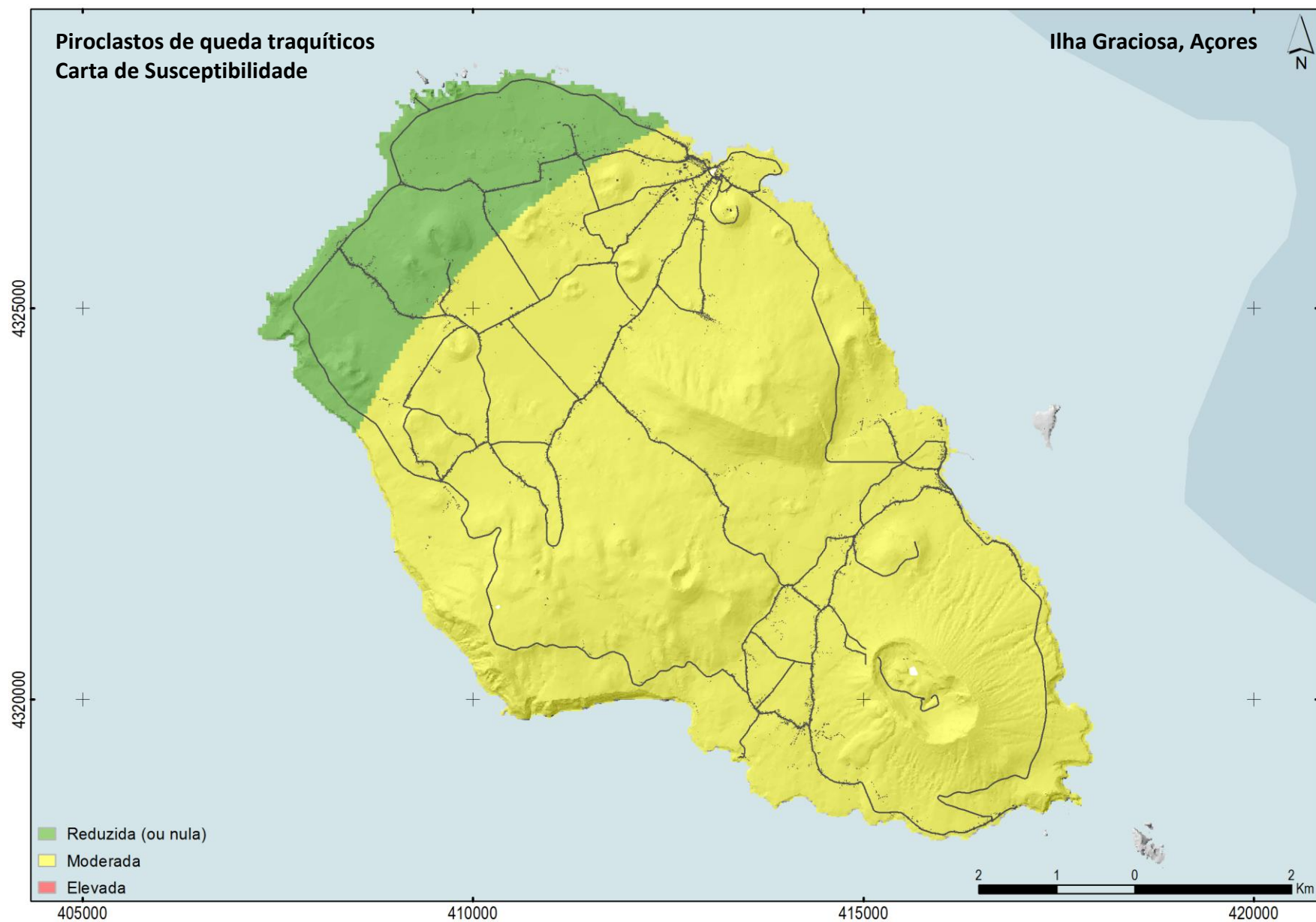
As cartas de susceptibilidade, sem prejuízo do referido nas observações, devem ser revistas até um máximo de 10 anos após a sua última aprovação, ou em resultado de qualquer episódio eruptivo.



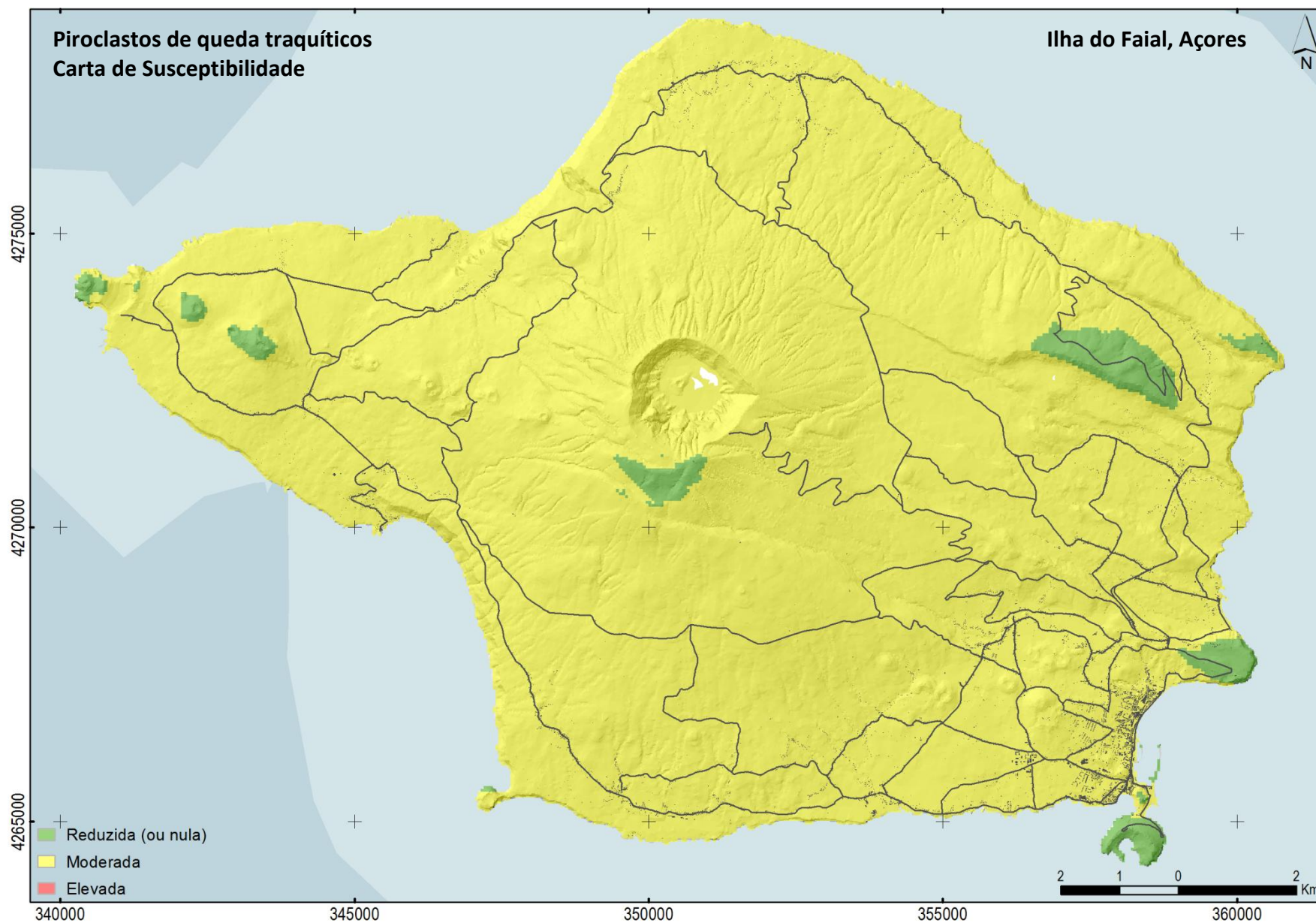
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



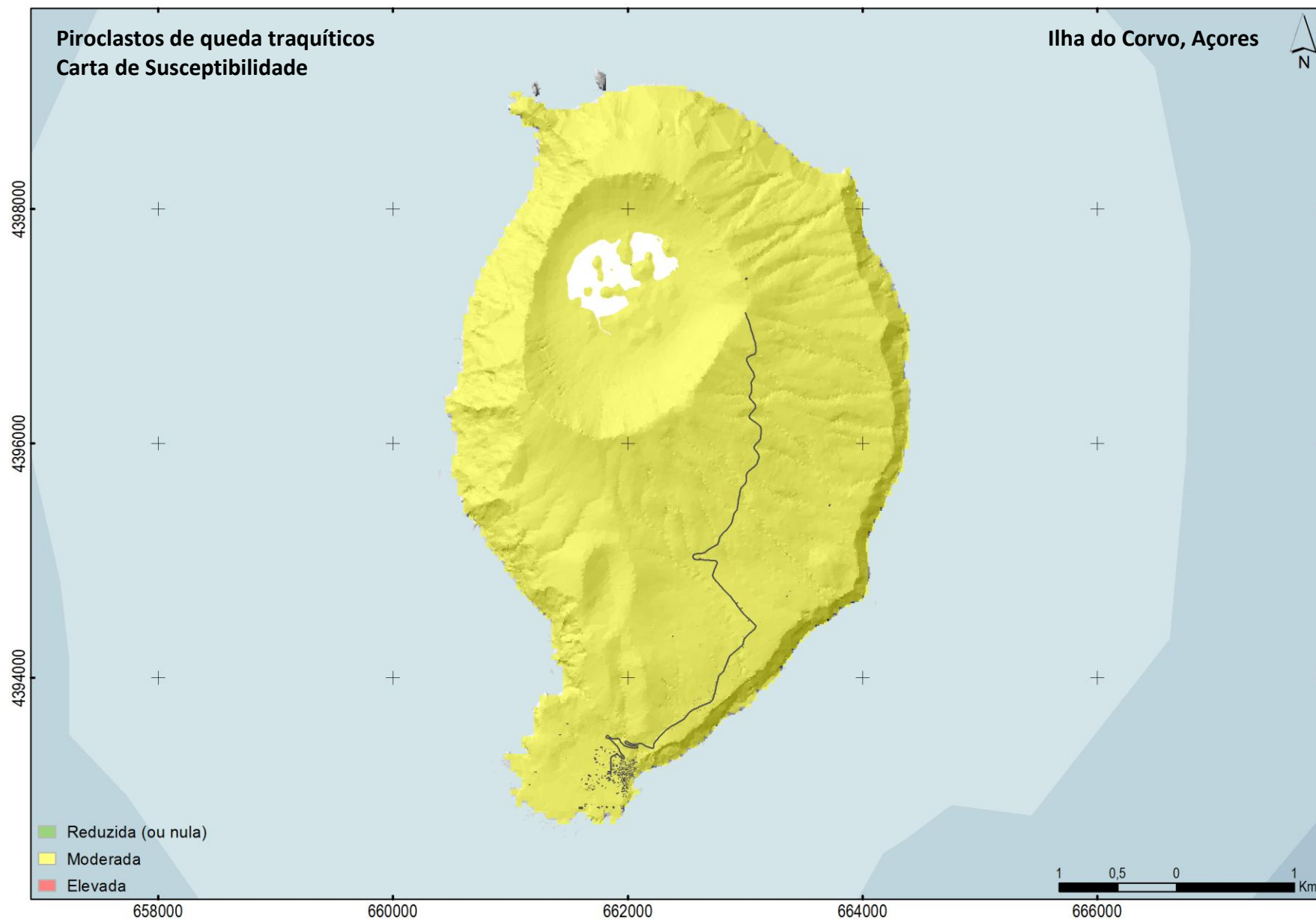
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



8 – PRODUTOS PIROCLÁSTICOS DE FLUXO CARTAS DE SUSCEPTIBILIDADE

Adriano Pimentel, José Pacheco, João Luís Gaspar, Gabriela Queiroz

DESCRITOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia Digital 1:25.000	IGeoE
	Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite	IGeoE, IGP, FAP, SRCTE
	Modelo Digital de Elevação (DEM) com célula de 50 metros	CVARG
	Mapa com a localização de centros eruptivos (caldeiras de vulcões centrais)	CVARG
	Dados da altura de colapso de colunas eruptivas	CVARG, Alberico <i>et al.</i> (2002, 2008)
	Dados do ângulo equivalente de colapso de colunas eruptivas	CVARG, Alberico <i>et al.</i> (2002, 2008)
Metodologia	Verificação cartográfica de todos os limites dos centros eruptivos (caldeiras de vulcões centrais activos de natureza traquítica).	
	Elaboração da carta das áreas fonte com base na análise geomorfológica e estrutural das caldeiras, tendo sido delimitadas as bases das caldeiras dos vulcões centrais.	
	Elaboração da carta de alcance máximo de produtos piroclásticos de fluxo , com recurso a simulações numéricas usando para tal o código VORIS (Felpeto <i>et al.</i> , 2007) baseado no modelo geométrico do Cone de Energia (Malin e Sheridan, 1982). Os parâmetros de entrada no modelo incluíram o DEM de 50 metros, a altura de colapso da coluna eruptiva, o ângulo equivalente de colapso (relacionado com a propagação dos produtos piroclásticos de fluxo) e a carta das áreas fonte (equiprobabilística).	



	Elaboração da carta de susceptibilidade ao alcance máximo dos produtos piroclásticos de fluxo através da análise das células afectadas por produtos piroclásticos de fluxo, definindo para as classes de susceptibilidade limites iguais para todas as ilhas consideradas.
Período de análise	Definido através do grau de preservação dos centros eruptivos (caldeiras de vulcões centrais), na falta de estratigrafia de pormenor para todos os sistemas vulcânicos activos.
Classificação	Susceptibilidade Elevada – Células afectadas por produtos piroclásticos de fluxo de 2 ou mais vulcões centrais de natureza traquítica. Susceptibilidade Moderada – Células afectadas por produtos piroclásticos de fluxo de 1 vulcão central de natureza traquítica. Susceptibilidade Reduzida ou Nula – Células não afectadas por produtos piroclásticos de fluxo.
Observações	A inexistência de estudos estratigráficos e cartográficos de pormenor com critérios uniformes para todas as ilhas consideradas inviabilizou uma análise diferenciada dos produtos piroclásticos de fluxo por tipo ou magnitude.
Recomendações para melhorar a cartografia à Escala Regional	Datação absoluta/relativa de produtos piroclásticos de fluxo e/ou dos respectivos centros emissores para todas as ilhas consideradas, a fim de se identificarem os produtos com menos de 10.000 e/ou 5.000 anos e se calcularem os períodos de retorno. Elaboração de estudos estratigráficos e cartográficos de pormenor para os sistemas vulcânicos activos com critérios uniformes para todas as ilhas.
Recomendações adicionais para cartografia à Escala Municipal	Bases cartográficas para estudos de detalhe: escala 1:5000 ou maior. Redefinição dos parâmetros de modelação em função do tipo dos produtos piroclásticos de fluxo, da magnitude das erupções e da escala da cartografia de base.

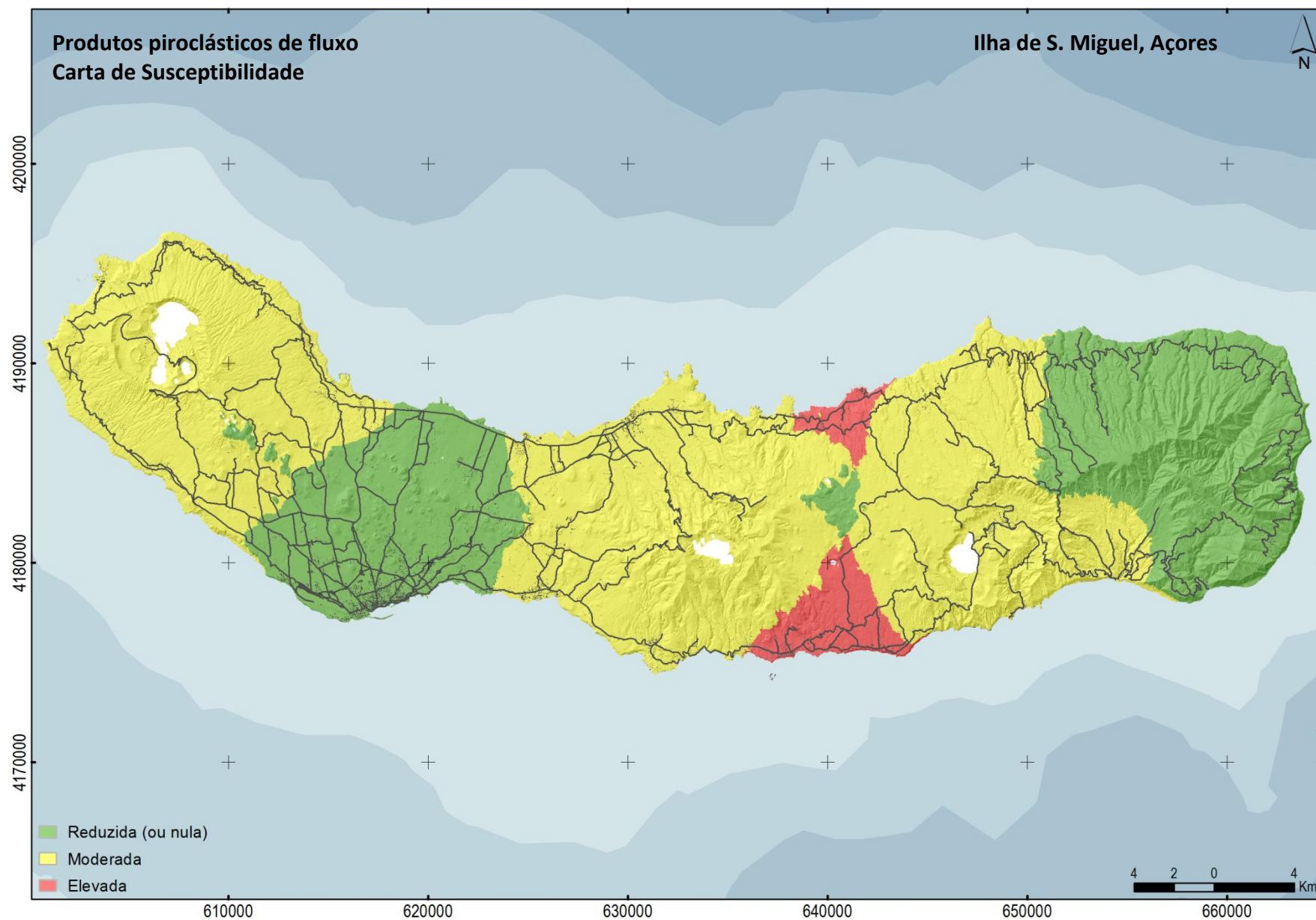


**Recomendações para
legislação**

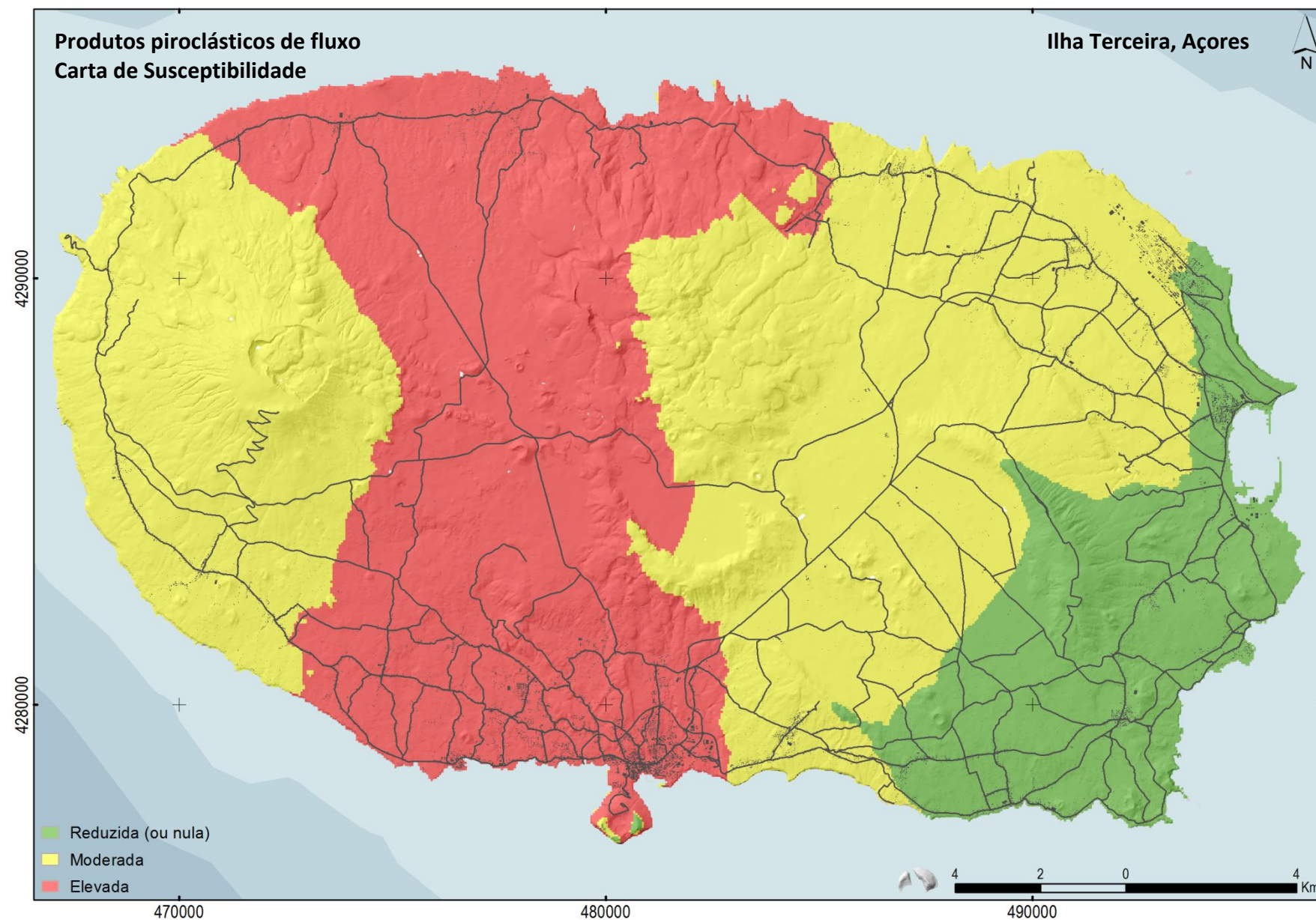
Tendo em atenção o perigo aos produtos piroclásticos de fluxo:

O perigo dos produtos piroclásticos de fluxo deve ser entendido como condicionante para a tomada de decisões ao nível da instalação de infra-estruturas críticas, sem prejuízo de outras.

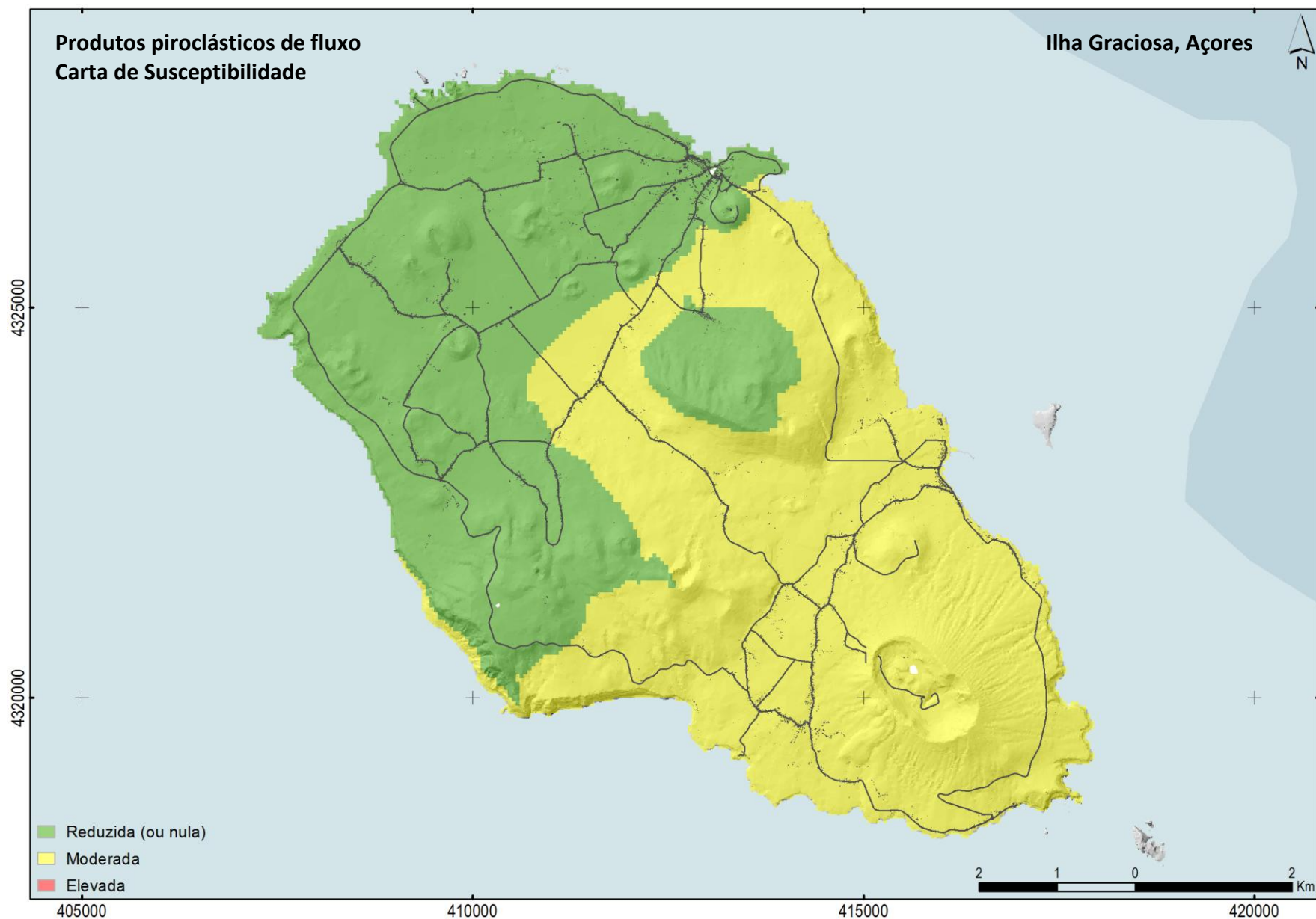
As cartas de susceptibilidade, sem prejuízo do referido nas observações, devem ser revistas até um máximo de 10 anos após a sua última aprovação, ou em resultado de qualquer episódio eruptivo.



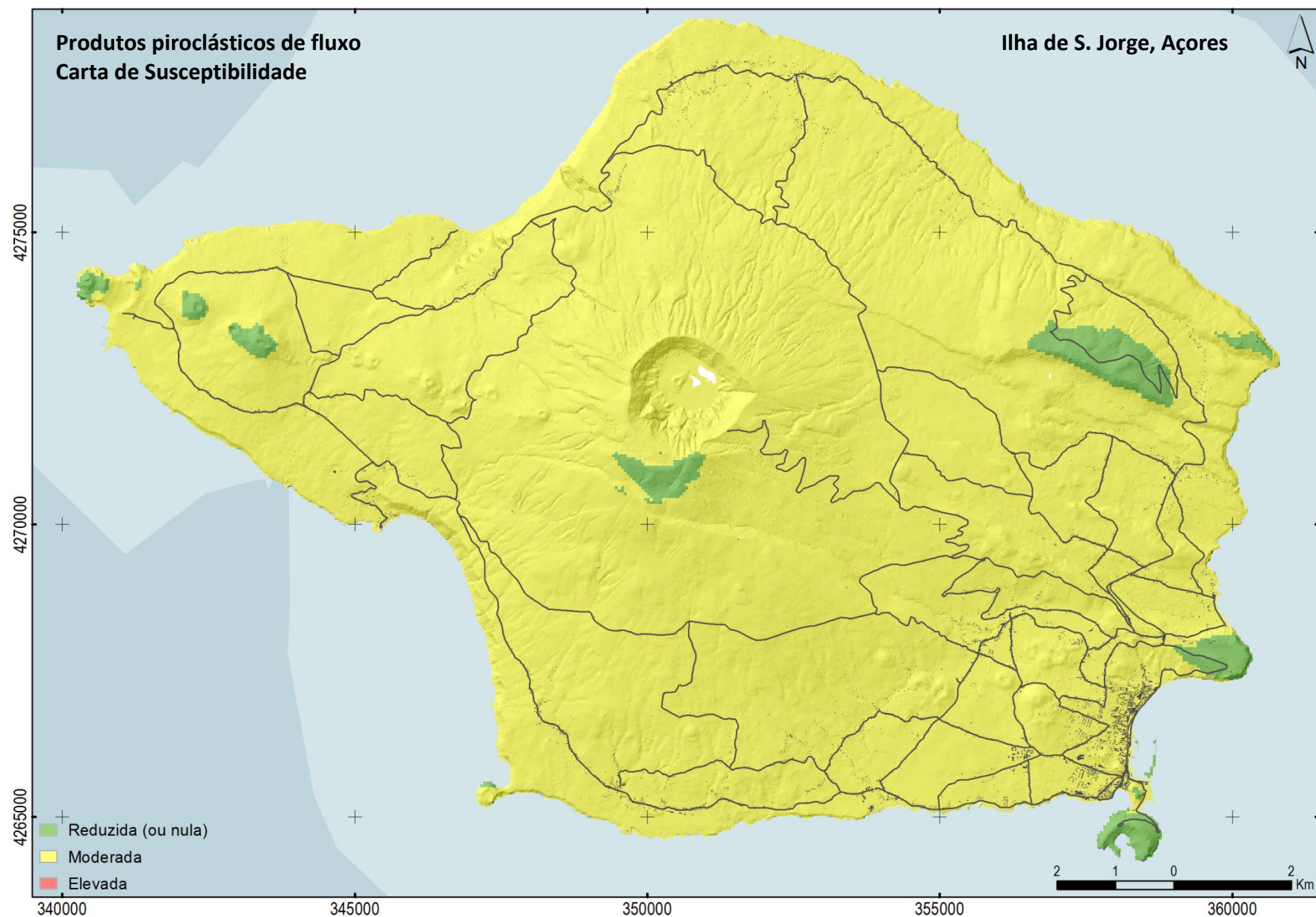
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



9 – SURGES BASÁLTICOS CARTAS DE SUSCEPTIBILIDADE

José Pacheco, Adriano Pimentel, Gabriela Queiroz, João Luís Gaspar, Ana Rita Mendes

DESCRIPTOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia Digital 1:25.000	IGeoE
	Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite	IGeoE, IGP, FAP, SRCTE
	Modelo Digital de Elevação (DEM) com célula de 50 metros	CVARG
	Mapa com a localização de centros eruptivos basálticos	CVARG
	Dados da progressão máxima de surges associados a erupções surtseianas	CVARG
	Dados da cota máxima transposta por surges associados a erupções surtseianas	CVARG
Metodologia	Verificação cartográfica de todos os limites dos centros eruptivos (crateras e focos).	
	Elaboração da carta das áreas fonte de erupções surtseianas, definidas por um raio de 500 metros a partir do centro das crateras ou dos cones de escórias e dos centroides das zonas fissurais e que interceptam a linha de costa. A distância de 500 metros foi definida após a análise do diâmetro basal de todos os cones de escórias com formas preservadas.	
	Elaboração da carta de alcance máximo de produtos de surges basálticos , com recurso à projecção dos parâmetros de progressão dos surges em função da topografia. Os parâmetros de entrada na projecção incluíram a cartografia vectorial 1:25.000 e o respectivo DEM de 50 metros, a propagação e a cota máximas alcançadas por surges com origem em erupções surtseianas nos Açores.	
	Elaboração da carta de susceptibilidade ao alcance máximo dos surges basálticos através da análise das áreas afectadas por produtos de surges, definindo para as classes	



	de susceptibilidade limites iguais para todas as ilhas consideradas.
Período de análise	Definido através do grau de preservação dos centros eruptivos, na falta de estratigrafia de pormenor para todos os sistemas vulcânicos activos.
Classificação	Susceptibilidade Elevada – Áreas localizadas dentro da zona definida pelo alcance dos produtos de surges gerados na linha de costa e afectadas por surges com origem nas zonas delimitadas na carta das áreas fonte Susceptibilidade Moderada – Áreas localizadas dentro da zona definida pelo alcance dos produtos de surges gerados na linha de costa e afectadas por surges com origem fora das zonas delimitadas na carta das áreas fonte. Susceptibilidade Reduzida ou Nula – Áreas localizadas fora da zona definida pelo alcance dos produtos de surges gerados na linha de costa.
Observações	A inexistência de cartas tectónicas com critérios uniformes para todas as ilhas em análise inviabilizou a sua inclusão na definição das áreas fonte.
Recomendações para melhorar a cartografia à Escala Regional	Datação absoluta/relativa de produtos de surges basálticos e/ou dos respectivos centros emissores para todas as ilhas consideradas, a fim de se identificarem os produtos com menos de 10.000 e/ou 5.000 anos e se calcularem os períodos de retorno. Elaboração das cartas tectónicas com critérios uniformes para todas as ilhas. Inclusão do traçado das falhas na cartografia das áreas passíveis de alojarem centros eruptivos basálticos. É recomendável que se passe da avaliação da susceptibilidade à análise da perigosidade.
Recomendações adicionais para cartografia à Escala Municipal	Bases cartográficas para estudos de detalhe: escala 1:5000 ou maior. Actualização da carta das áreas fonte, incluindo a informação das cartas tectónicas. Corrigir a modelação em função da escala da cartografia de base e da alteração da carta de áreas fonte.

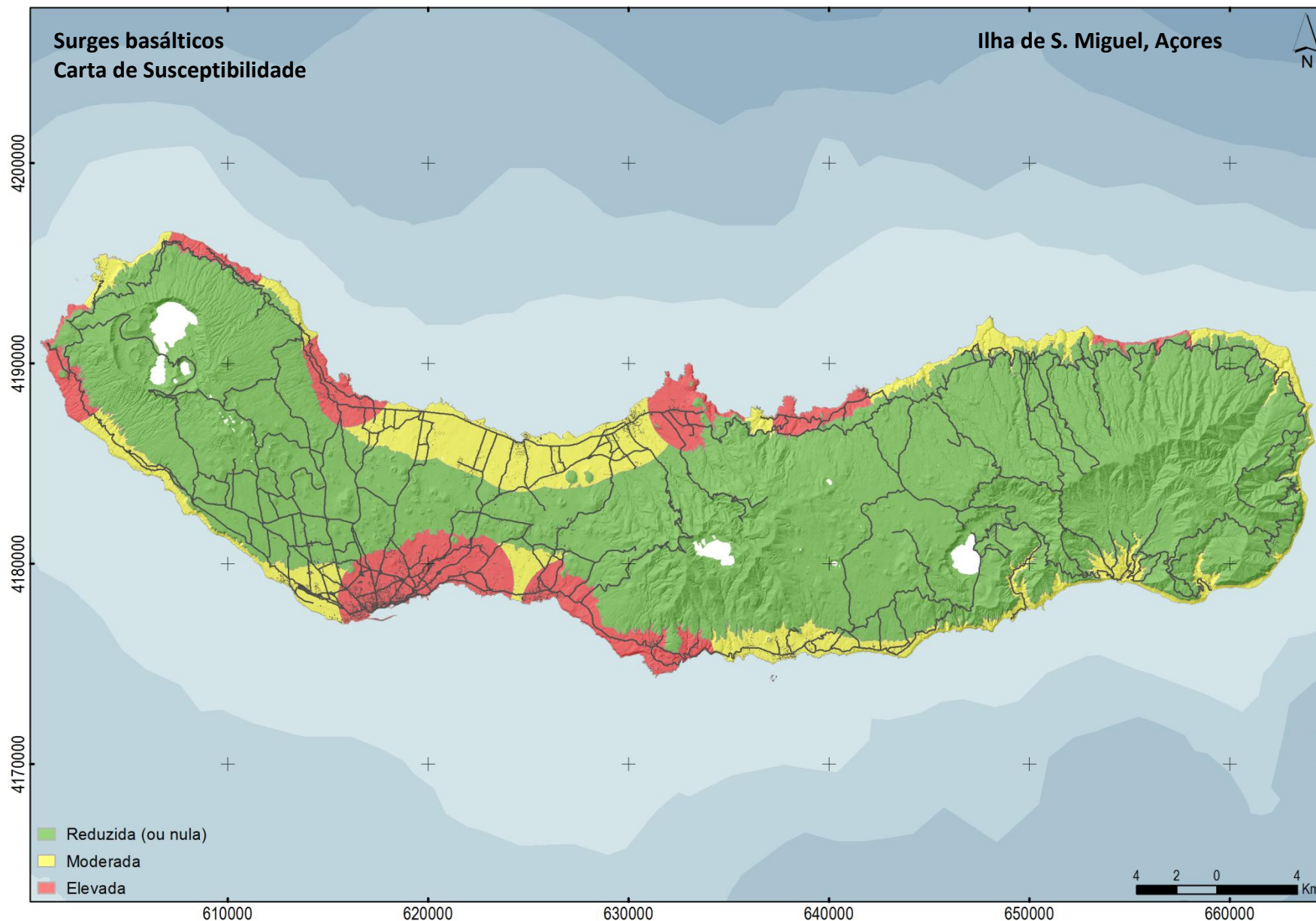


**Recomendações para
legislação**

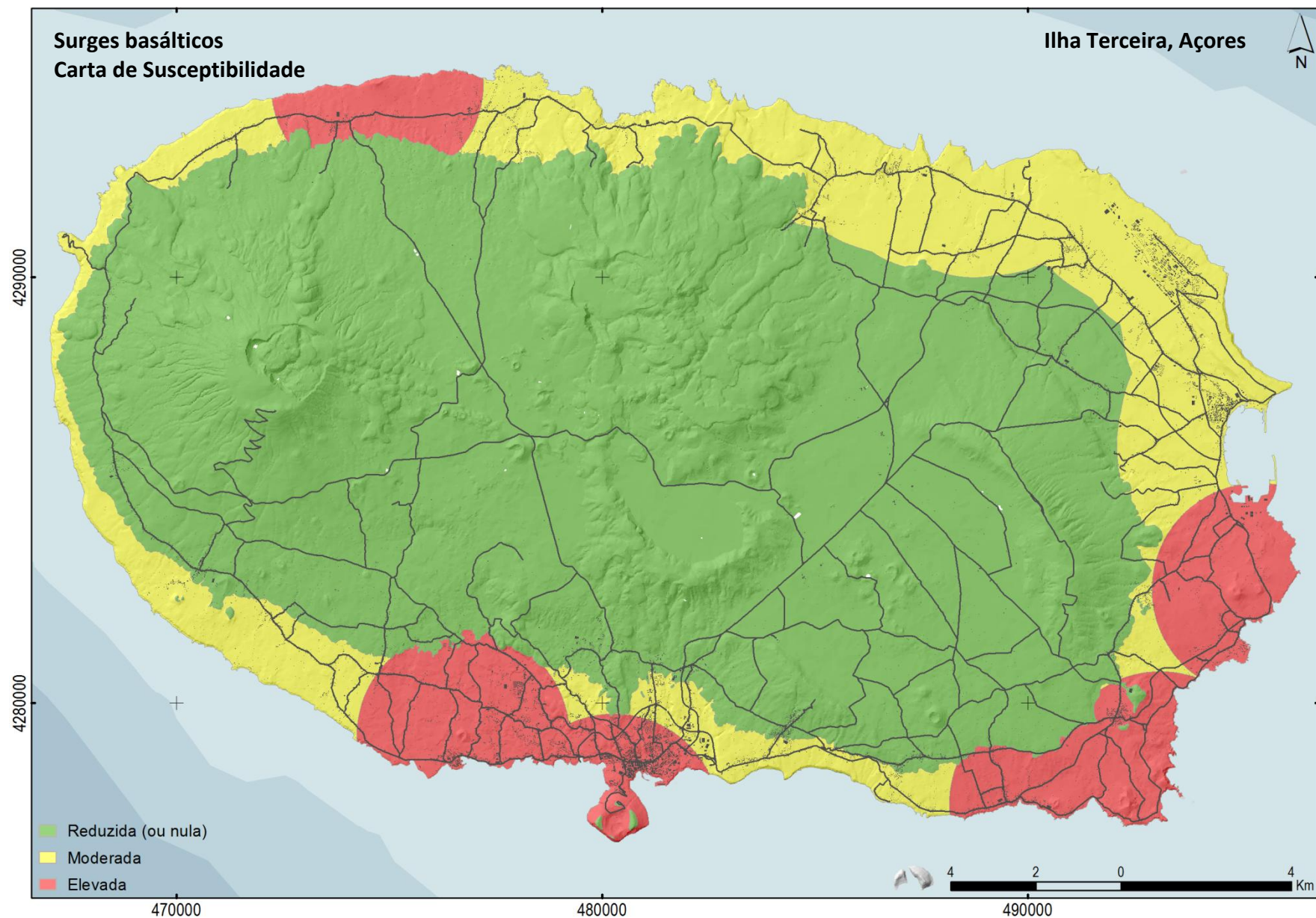
Tendo em atenção o perigo de produtos de surges:

O perigo dos produtos de surges deve ser entendido como condicionante para a tomada de decisões ao nível da instalação de infra-estruturas críticas, sem prejuízo de outras.

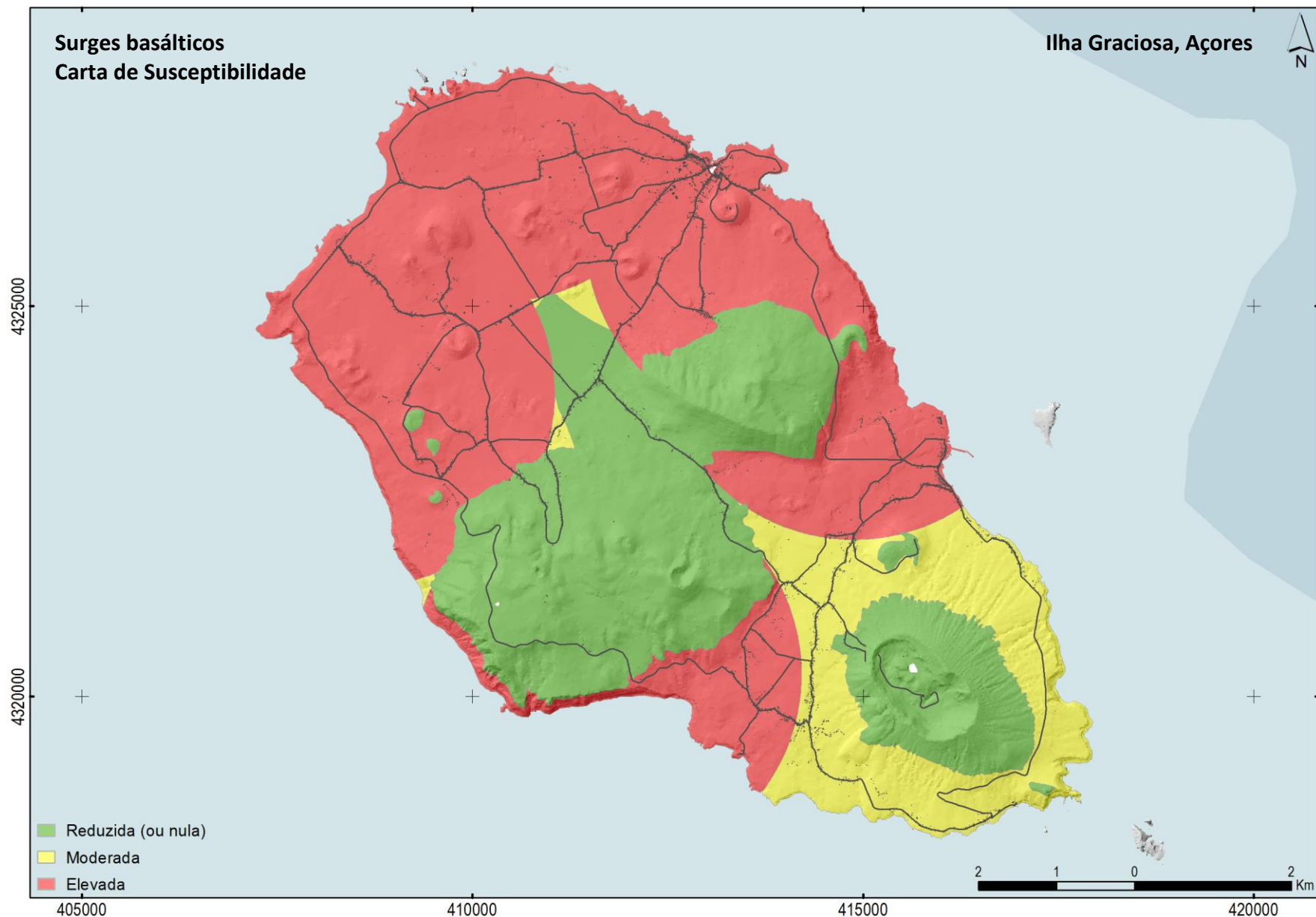
As cartas de susceptibilidade, sem prejuízo do referido nas observações, devem ser revistas até um máximo de 10 anos após a sua última aprovação, ou em resultado de qualquer episódio eruptivo.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



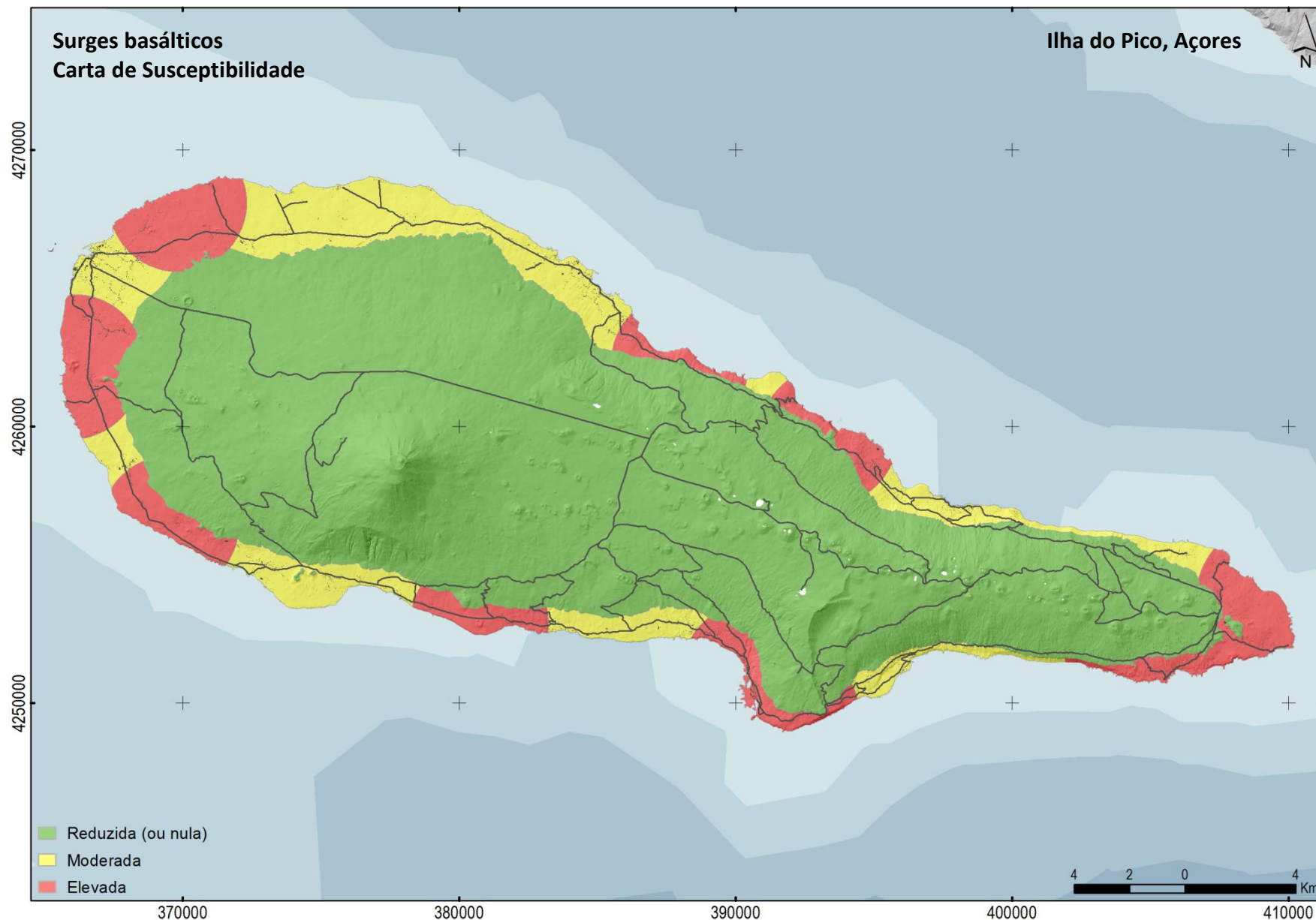
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



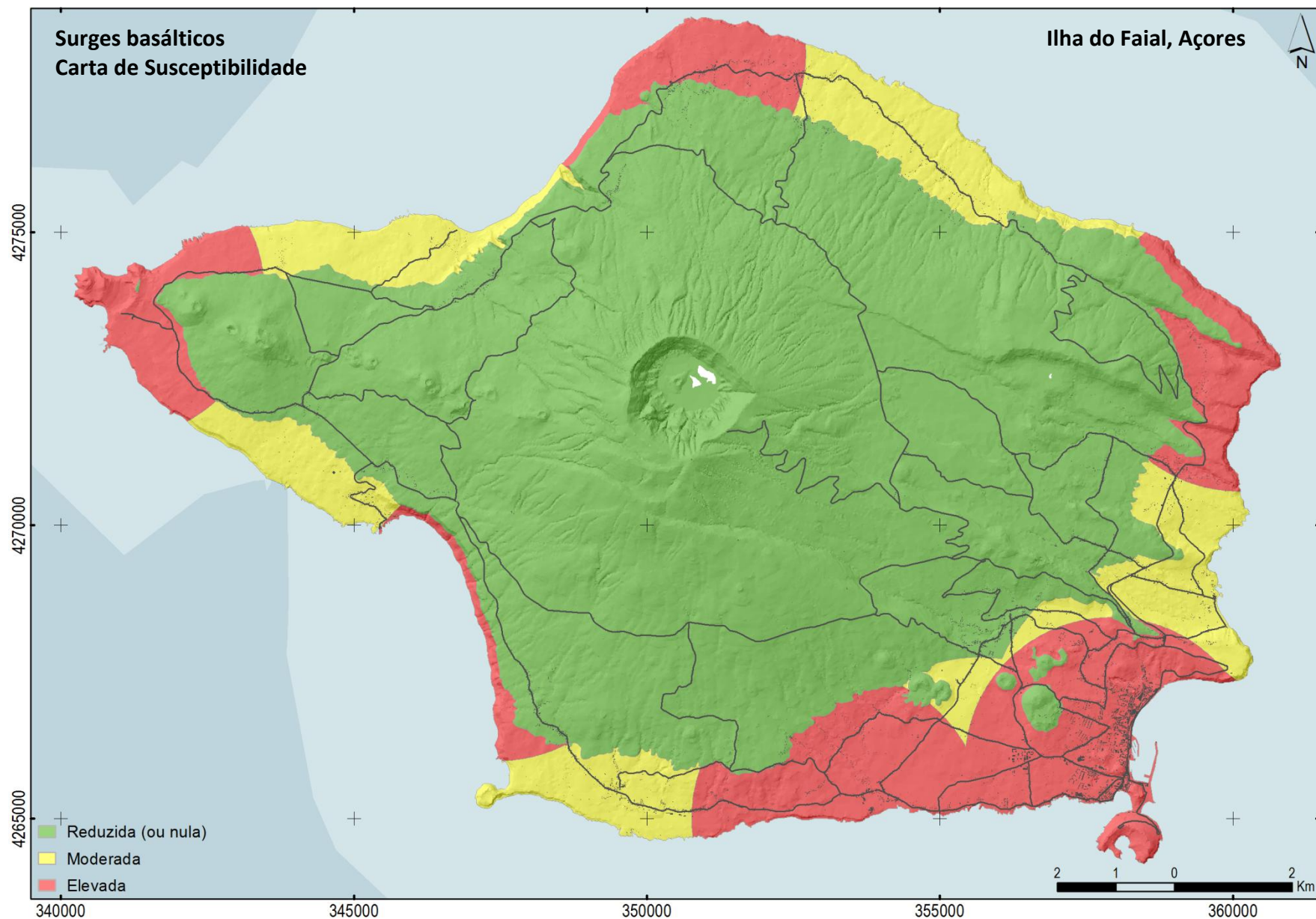
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



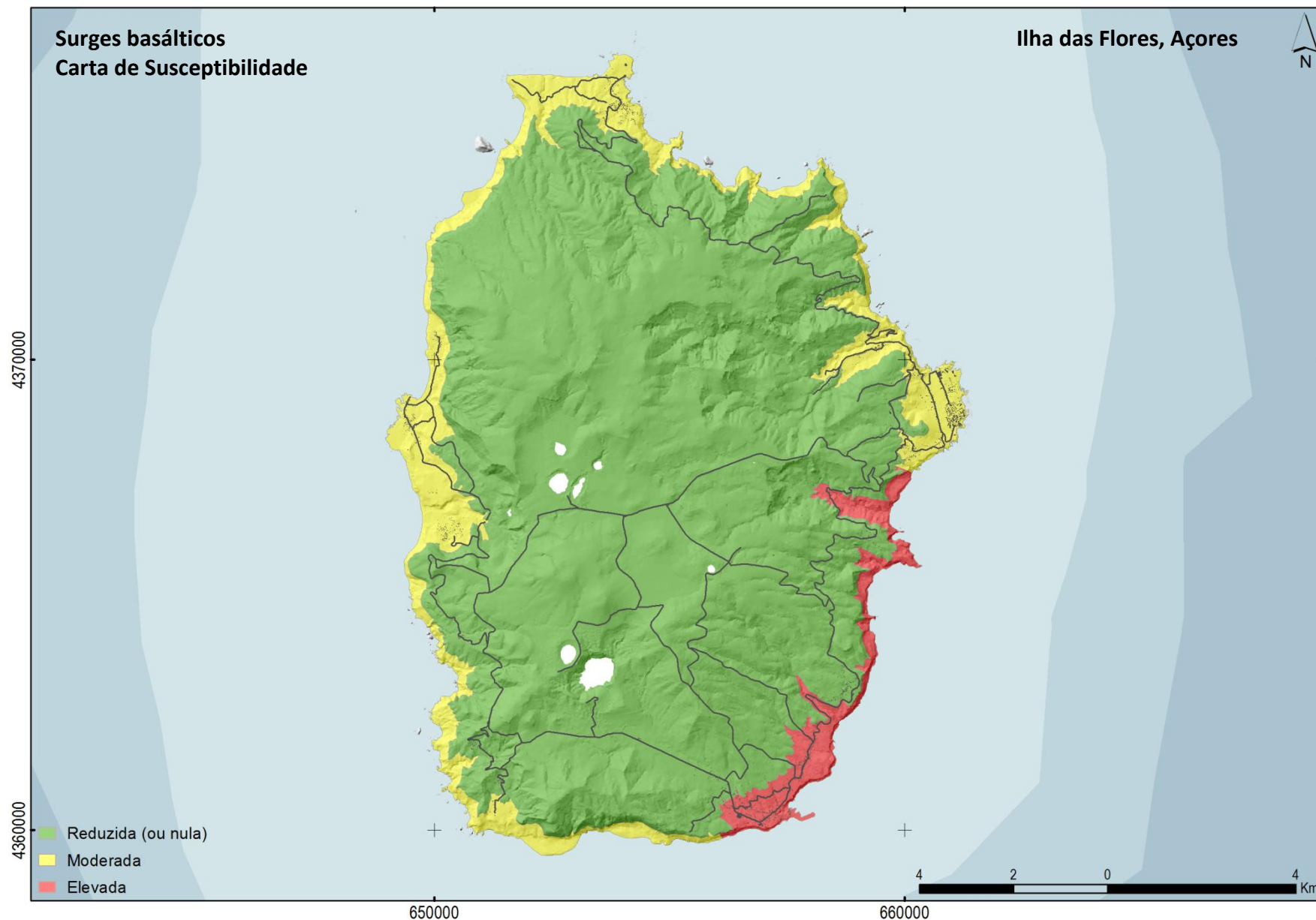
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



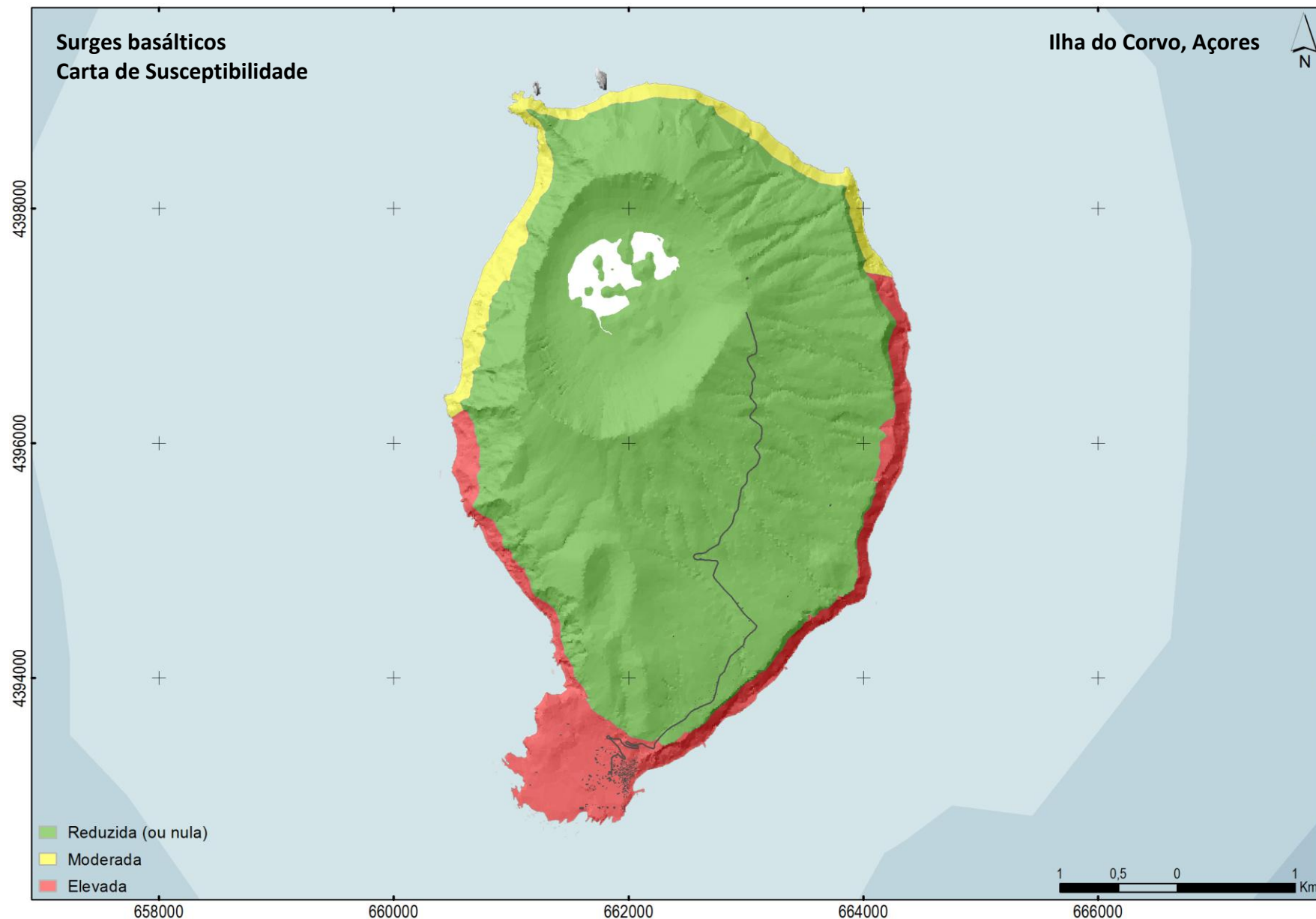
Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.



10 – LAHARS CARTAS DE SUSCEPTIBILIDADE

Rui Marques, Paulo Amaral, João Luís Gaspar, Gabriela Queiroz

DESCRIPTOR	DESCRIÇÃO	FONTES
Tipo de avaliação	Susceptibilidade	
Informação de Base	Cartografia digital 1:25.000	IGeoE
	Fotografias aéreas, ortofotomapas, imagens de satélite	IGeoE, IGP, FAP, SRCTE
	Modelo Digital de Terreno (MDT)	CVARG
	Rede de drenagem	IGeoE, CVARG, DROTRH
	Massas de água superficiais	IGeoE, CVARG, DROTRH
	Bordos das caldeiras dos vulcões centrais	CVARG
	História eruptiva dos vulcões centrais	CVARG, Publicações
	Volumetria típica de material envolvido em <i>lahars</i> singenéticos de erupções com diferentes valores de VEI	Publicações
Metodologia	Cartografia dos bordos das caldeiras dos vulcões centrais	
	Determinação dos VEI (índice de explosividade vulcânica) das erupções de cada vulcão central	
	Levantamento do volume dos <i>lahars</i> típicos de erupções com VEI 3, 4 e 5	
	Correção do Modelo Digital de Terreno para os objectivos específicos do trabalho	
	Avaliação dos volumes das massas de água presentes em cada vulcão central	

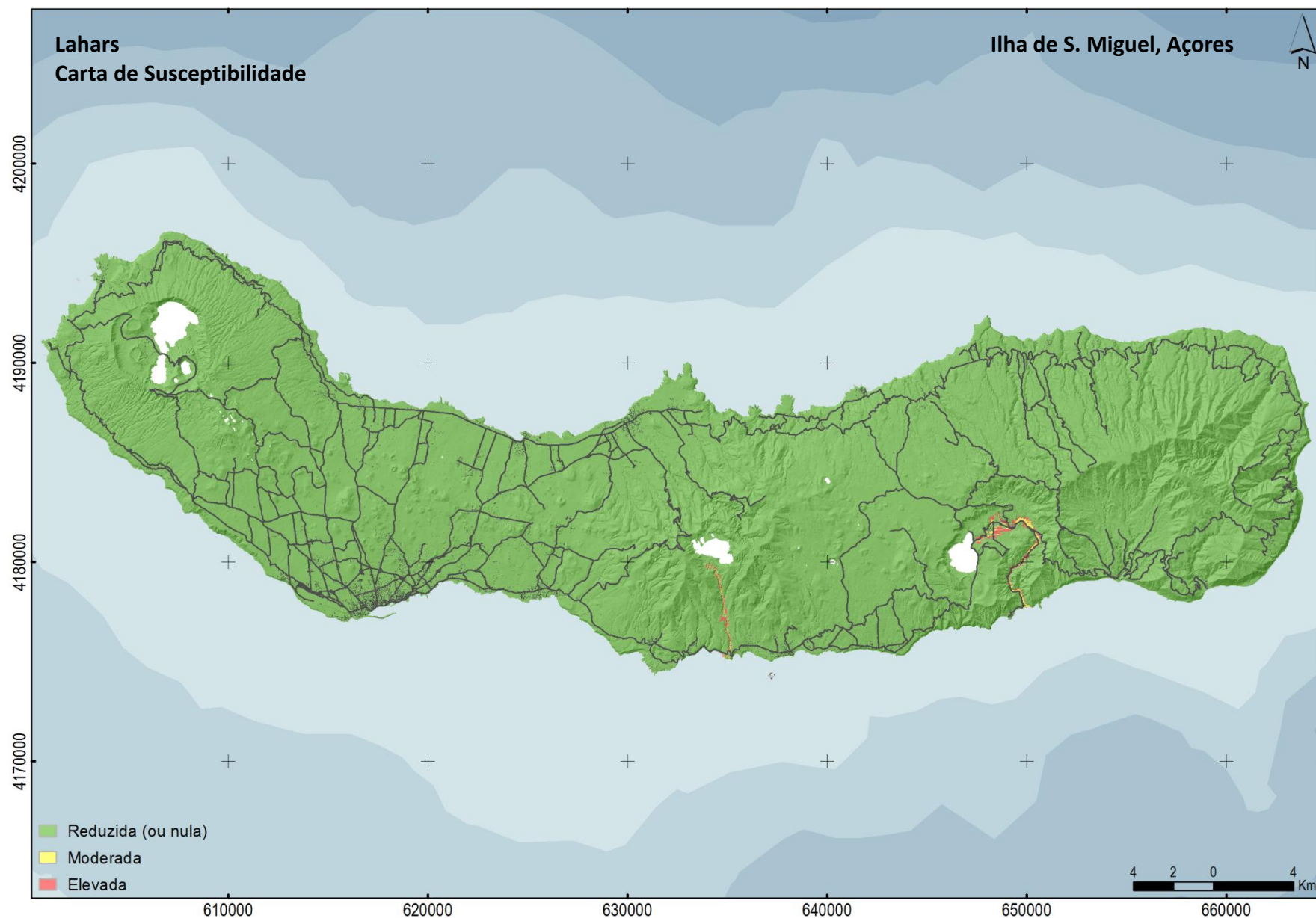


	Seleccção dos vulcões centrais passíveis de gerar <i>lahars</i>, tendo em conta a geomorfologia e o volume das massas de água superficiais presentes Determinação das áreas de inundação, para os vulcões centrais seleccionados, recorrendo ao software LAHARZ (Schilling, 1998), assumindo como cenários os seguintes volumes de material mobilizado: $10 \times 10^5 \text{ m}^3$; $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ e $10 \times 10^7 \text{ m}^3$ Produção e classificação dos mapas de susceptibilidade a <i>lahars</i>
Período de Análise	Indefinido
Classificação	A classificação dos mapas foi efectuada com base nos resultados obtidos para os diferentes volumes de material mobilizado. Assumiu-se que as áreas inundadas para os cenários com volumes menores apresentam maior probabilidade de ocorrência que aquelas apenas inundadas por <i>lahars</i> com um volume de material mobilizado superior. Assim, consideraram-se as seguintes classes: susceptibilidade elevada - área inundada pelo <i>lahar</i> de $10 \times 10^5 \text{ m}^3$; susceptibilidade moderada - área inundada pelo <i>lahar</i> de $10 \times 10^6 \text{ m}^3$, para além da inundada pelo <i>lahar</i> de $10 \times 10^6 \text{ m}^3$; susceptibilidade baixa - área inundada unicamente pelo <i>lahar</i> de $10 \times 10^7 \text{ m}^3$
Observações	A inexistência de estudos relativos aos volumes do material envolvidos em <i>lahars</i> singenéticos de erupções com diferentes valores de VEI no Arquipélago dos Açores sujeita a obtenção desses valores recorrendo a trabalhos científicos sobre a temática realizados para outras regiões do mundo
Estudos Complementares	Definição das relações empíricas entre os volumes dos <i>lahars</i> típicos de erupções com diferentes VEI para os vulcões centrais existentes no arquipélago dos Açores
Recomendações adicionais para cartografia à Escala	Escala cartográfica a utilizar: 1:10.000 ou 1:5.000 Escala para estudos de detalhe: 1:500 ou maior



Municipal	Redefinição da classificação à luz de relações empíricas entre os volumes dos <i>lahars</i> típicos de erupções com diferentes VEI para os diferentes vulcões centrais existentes no arquipélago dos Açores
------------------	---

	Tendo em atenção o perigo de <i>lahars</i> : O perigo aos <i>lahars</i> deve ser entendido como condicionante para a tomada de decisões ao nível da instalação de infra-estruturas críticas, sem prejuízo de outras.
Recomendações para legislação	As cartas de susceptibilidade, sem prejuízo do referido nas observações, devem ser revistas até um máximo de 10 anos após a sua última aprovação, ou em resultado de qualquer episódio eruptivo.



Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA. Fase 4 – Cartografia de perigos/vulnerabilidades (WP8), DTC106/CVARG/CIVISA/2011.