

Mapas de riscos relacionados à poluição fecal de origem humana na costa de Santa Catarina



Empresa de Pesquisa Agropecuária
e Extensão Rural de Santa Catarina

GOVERNO DE
SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DA
AGRICULTURA, DA PESCA E
DO DESENVOLVIMENTO RURAL



Governador do Estado
Carlos Moisés da Silva

Secretário de Estado da Agricultura e da Pesca
Ricardo de Gouvêa

Presidente da Epagri
Edilene Steinwandter

Diretores

Célio Haverroth
Desenvolvimento Institucional

Giovani Canola Teixeira
Administração e Finanças

Humberto Bicca Neto
Extensão Rural e Pesqueira

Vagner Miranda Portes
Ciência, Tecnologia e Inovação



DOCUMENTOS Nº 327

**Mapas de riscos relacionados
à poluição fecal de origem humana
na costa de Santa Catarina**

Autores

Robson Ventura de Souza
Luiz Fernando de Novaes Vianna



Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Florianópolis
2020

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, Caixa Postal 502
88034-901, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
Fone: (48) 3665-5000, fax: (48) 3665-5010
Site: www.epagri.sc.gov.br

Editado pelo Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (DEMC)

Editoria técnica: Márcia Cunha Varaschin
Revisão textual: Laertes Rebelo
Diagramação: Vilton Jorge de Souza

Colaborador: André Luís Tortato Novaes

Revisores ad hoc: José Luiz Rocha Oliveira e Natalia da Costa Marchiori

Primeira edição: novembro de 2020
Disponível em meio digital

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que a fonte seja citada.

Ficha catalográfica

SOUZA, R.V. de; VIANNA, L.F.N. **Mapas de riscos relacionados à poluição fecal de origem humana na costa de Santa Catarina.** Florianópolis, SC, 2020. 44p. (Epagri. Documentos, 327).

Ostras; Mexilhões; Maricultura; Coliformes.

ISSN 2674-9521 (*On-line*)



Autores

Robson Ventura de Souza

Médico-veterinário, Dr., Epagri/Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca – Cedap

Av. Admar Gonzaga 1.188, Itacorubi, 88034-901, Florianópolis, SC

Fone: (48) 3665-5062, e-mail: robsonsouza@epagri.sc.gov.br

Luiz Fernando de Novaes Vianna

Biólogo, Dr., Epagri/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia – Ciram

Av. Admar Gonzaga 1.347, Itacorubi, 88034-901, Florianópolis, SC

Fone: (48) 3665-5161, e-mail: vianna@epagri.sc.gov.br

Apresentação

Planos de monitoramento sanitário são instrumentos estabelecidos para que se possa monitorar a qualidade sanitária da produção de moluscos bivalves em áreas costeiras e assegurar que os animais produzidos, ou extraídos de bancos naturais, estejam adequados ao consumo humano. Para estabelecer esses planos é necessário um significativo esforço para a geração e o resgate de dados sobre fontes de poluição de origem humana ou animal que possam levar contaminação até os moluscos cultivados ou extraídos, além de outros dados que possibilitem o entendimento das condições ambientais locais.

A Epagri, como instituição de pesquisa, vem realizando diversos esforços nesse sentido. Por meio de diferentes projetos, a Empresa realizou investigações sobre níveis de bactérias indicadoras de poluição e patógenos em áreas de cultivo de moluscos, além de um grande esforço para a execução de um inquérito sanitário seguindo as diretrizes da União Europeia na região das Baías de Ilha de Santa Catarina. Os dados e as informações gerados estão publicados em documentos técnicos e artigos científicos que apoiaram a implementação, em Santa Catarina, de políticas públicas do Governo Federal como os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura (PLDM) e o Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves.

A experiência da Epagri em Santa Catarina mostrou que esse tipo de investigação gera resultados muito importantes, porém demanda significativos recursos e esforços para a geração de dados. Foi possível verificar também que é possível gerar pistas importantes para apoiar a tomada de decisão em relação às estratégias de controle sanitário de moluscos com menor investimento de recurso, utilizando bases de dados de domínio público. Este documento relata uma dessas iniciativas, que é a geração de mapas de riscos relacionados à poluição fecal de origem humana na costa de Santa Catarina utilizando bases de dados públicas e programas de código aberto.

A Diretoria Executiva

Sumário

Índice de figuras	6
1 Contextualização.....	7
1.1 A importância de estimar a distribuição espacial do risco de poluição fecal em zonas de produção de moluscos bivalves.....	8
1.2 Embasamento teórico para elaboração dos mapas de risco de poluição fecal ..	9
2 Metodologia para elaboração dos mapas.....	11
3 Mapas de riscos relacionados à poluição fecal de origem humana na costa de Santa Catarina	13
3.1 Região de São Francisco do Sul.....	15
3.2 Região de Itajaí	20
3.3 Região de Florianópolis	28
4 Considerações importantes sobre o uso dos mapas.....	41
5 Referências.....	42

Índice de figuras

Figura 1. Bases de dados do tipo <i>raster</i> indicando o nível de risco relacionado à poluição fecal de origem humana.....	12
Figura 2. Litoral de Santa Catarina subdividido em três macrorregiões: S - São Francisco do Sul; I - Itajaí; F - Florianópolis.	13
Figura 3. Macrorregião de São Francisco do Sul e indicação dos trechos para os quais foram gerados mapas de risco.	15
Figura 4. S1: São Francisco do Sul (Praia da Enseada).	16
Figura 5. S2: São Francisco do Sul (Baía da Babitonga, Paulas).	17
Figura 6. S3: São Francisco do Sul (Baía da Babitonga, Laranjeiras).	18
Figura 7. S4: São Francisco do Sul / Balneário Barra do Sul (Canal do Linguado)..	19
Figura 8. Macrorregião de Itajaí e indicação dos trechos para os quais foram gerados mapas de risco.	20
Figura 9. I1: Penha (Praia Alegre).	21
Figura 10. I2: Penha (Armação do Itapocorói).	22
Figura 11. I3: Balneário Camboriú.	23
Figura 12. I4: Itapema.....	24
Figura 13. I5: Porto Belo.	25
Figura 14. I6: Bombinhas (Zimbros e Canto Grande).....	26
Figura 15. I7: Governador Celso Ramos (Ganchos).	27
Figura 16. Macrorregião de Florianópolis e indicação de trechos para os quais foram gerados mapas de risco.	28
Figura 17. F1: Governador Celso Ramos (Fazenda da Armação).	29
Figura 18. F2: Biguaçu.	30
Figura 19. F3: São José (Serraria).....	31
Figura 20. F4: São José/Palhoça (Ponta de Baixo e Barra do Aririú).	32
Figura 21. F5: Palhoça (Praia do Pontal, Praia de Fora e Praia do Cedro).	33
Figura 22. F6: Palhoça (Enseada do Brito e Passagem do Maciambú).	34
Figura 23. F7: Palhoça (Ponta do Papagaio).....	35
Figura 24. F8: Florianópolis (Praia do Forte).....	36
Figura 25. F9: Florianópolis (Sambaqui, Santo Antônio de Lisboa e Cacupé).	37
Figura 26. F10: Florianópolis (Costeira do Pirajubaé).....	38
Figura 27. F11: Florianópolis (Tapera, Barro Vermelho e Ribeirão da Ilha).	39
Figura 28. F12: Florianópolis (Caieira da Barra do Sul).....	40

1 Contextualização

Moluscos bivalves são animais filtradores, capazes de concentrar partículas em suspensão na água, incluindo contaminantes que podem estar presentes em zonas de cultivo. Os contaminantes podem envolver microrganismos, substâncias tóxicas e toxinas produzidas por microalgas, que podem causar doenças em humanos. No caso específico dos contaminantes microbianos, o risco é aumentado pelo hábito de se consumir bivalves *in natura* (ostras) ou levemente cozidos (mexilhões) (BUTT et al., 2004; LEES, 2000). Devido a essas características dos moluscos, programas de controle sanitário são implementados envolvendo uma série de ações que visam ao dimensionamento de riscos e à tomada de ações proporcionais para garantir segurança aos consumidores de moluscos. Essas ações podem envolver a exigência de tratamentos pós-colheita para a redução de riscos, como o cozimento ou a depuração (FAO e WHO, 2018), que é a manutenção dos animais vivos em tanques com água limpa por um período suficiente para reduzir a potencial carga de patógenos dos seus intestinos.

O estabelecimento de planos de controle sanitário de moluscos seguindo diretrizes internacionais é um processo complexo, e normalmente se inicia a partir de uma análise de riscos. Na União Europeia, por exemplo, as exigências para que áreas de produção ou extração de moluscos possam ser monitoradas com o objetivo de comercialização para fins de consumo humano envolvem (EUROPEAN COMMISSION, 2014):

- a realização de um inventário das fontes de poluição de origem humana ou animal que possam constituir fonte de contaminação para a zona de produção;
- o estudo da quantidade de poluentes orgânicos lançada nessa zona durante os diferentes períodos do ano, em função das variações sazonais das populações humana e animal na bacia hidrográfica, das precipitações, do tratamento das águas residuais, etc.;
- a determinação das características da circulação de poluentes com base no regime de correntes, na batimetria e no ciclo das marés na zona de produção; e
- o estabelecimento de um programa de amostragem de moluscos bivalves vivos na zona de produção com base no exame dos dados obtidos e com o número de amostras, a distribuição geográfica dos pontos de colheita de amostras e a frequência de amostragem que assegurem que os resultados da análise sejam tão representativos quanto possível para a zona em questão.

Os três primeiros itens da lista apresentada acima compõem o que é designado coletivamente como “inquérito sanitário”. As informações levantadas nos inquéritos sanitários embasam os planos de monitoramento microbiológico

européus (EUROPEAN COMISSION, 2014). Raciocínio semelhante é indicado pela Food and Agriculture Organization (FAO e WHO, 2018), que recomenda a adoção desse tipo de análise de riscos como parte integrante do controle e do monitoramento oficial da produção.

A Epagri realizou na região das Baías da Ilha de Santa Catarina, entre 2012 e 2013, um inquérito sanitário seguindo as diretrizes da União Europeia. Após treinamento para a realização desse tipo de levantamento com técnicos do laboratório de referência da União Europeia na área de contaminação bacteriológica e viral de moluscos bivalves, a equipe da Epagri se dedicou ao longo de dois anos à investigação a campo e à geração de dados. Diferentes publicações da Epagri relacionadas ao tema estão disponíveis, entre elas um boletim técnico descrevendo a metodologia adotada, além de diversos artigos científicos com achados que se originaram da análise dos dados gerados por esses esforços (DE SOUZA et al., 2016; DE SOUZA et al., 2018a; DE SOUZA et al., 2018b; DE SOUZA et al., 2018c; GARBOSSA et al., 2017; GARBOSSA et al., 2014a; GARBOSSA et al., 2014b).

A experiência da realização de um inquérito sanitário na região das Baías da Ilha de Santa Catarina pela Epagri tornou evidente que se trata de um trabalho valioso para a proposição de planos de monitoramento sanitários eficientes. No entanto, a experiência evidenciou também que é necessário um esforço, em termos de investimento financeiro, tempo de realização e de recursos humanos, bastante significativo.

A dificuldade de replicar a experiência das Baías da Ilha de Santa Catarina no resto do litoral catarinense e a necessidade de criar instrumentos para embasar a tomada de decisões básicas do plano de monitoramento, como onde posicionar os locais de tomada de amostras de moluscos, motivaram o desenvolvimento do presente trabalho. O documento se propõe a apresentar mapas que indicam os riscos relacionados à poluição fecal de origem humana seguindo um método de fácil replicação, baseado em dados de acesso público e utilizando programas de código aberto, que proporcionam aos gestores de programas de controle higiênico-sanitário uma base para o planejamento do monitoramento, especialmente em locais onde um diagnóstico mais abrangente não tenha sido realizado.

1.1 A importância de estimar a distribuição espacial do risco de poluição fecal em zonas de produção de moluscos bivalves

É possível identificar padrões temporais e espaciais de variação da poluição fecal de origem humana em zonas costeiras e descrevê-los por meio de modelos matemáticos, conforme demonstrado por De Souza et al. (2018b) para as Baías da Ilha de SC. Esses padrões se devem à dispersão, à diluição e ao decaimento dos

microrganismos associados a essa poluição por influência de fatores ambientais como a hidrodinâmica, a incidência de radiação solar, a precipitação, a turbidez, a salinidade e a temperatura da água, entre outros (CAMPOS et al., 2013). Conhecer ou estimar como a poluição oriunda das bacias hidrográficas costeiras se distribui espacialmente ao atingir as águas estuarinas e marinhas é importante para avaliar a distribuição espacial do risco associado a essa poluição e subsidiar decisões básicas do plano de monitoramento sanitário, como a definição da localização dos pontos de tomada de amostras de moluscos para fim de monitoramento.

É recomendado internacionalmente que o ponto de coleta de moluscos com fim de monitoramento de qualidade sanitária seja estabelecido na região onde se espera o maior risco dentro das áreas de monitoramento. A FAO recomenda que “para o monitoramento de indicadores fecais, devem ser identificados um ou mais locais de coleta nos limites da área de cultivo de moluscos que reflitam o pior cenário em relação às fontes de contaminação que foram identificadas durante o levantamento de informações (inquérito sanitário) sobre a área” (FAO e WHO, 2018). A União Europeia faz recomendação semelhante: “Se a autoridade competente decidir classificar uma área de produção de moluscos, ela deve: estabelecer um programa de amostragem na área de produção que seja baseado na avaliação de dados pretéritos, e com um número de amostras, uma distribuição espacial dos pontos de coleta representativos e uma frequência de coleta que devem assegurar que os resultados da análise sejam tão representativos quanto possível para a área considerada”. E define pontos de coleta representativos como sendo “Uma área geográfica especificada de onde amostras são coletadas para representar uma única, ou várias, fazendas marinhas de moluscos ou áreas de extração. O ponto de coleta representativo deve refletir a localização com o maior risco relacionado a poluição fecal dentro de uma área classificada” (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

1.2 Embasamento teórico para elaboração dos mapas de risco de poluição fecal

Diferentes estudos evidenciaram o efeito da escassez de sistemas efetivos de coleta e tratamento de esgoto na variação espacial dos níveis de bactérias indicadoras fecais no litoral de SC. Quatro estudos abrangentes evidenciaram esse problema por meio de modelagem matemática (DE SOUZA et al., 2018b; DE SOUZA et al., 2018c; GARBOSSA et al., 2017; MIOTTO, 2009). As pesquisas foram realizadas na região das Baías da Ilha de SC, onde, no período dos estudos, apenas 39% da população da bacia hidrográfica era servida por sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto (DE SOUZA et al., 2018b). A existência de sistemas individuais de tratamento não foi considerada nos modelos.

Garbossa et al. (2017) estimaram as cargas de coliformes termotolerantes para as bacias hidrográficas que drenam para as baías norte e sul da ilha de SC, através de medições de vazão em 26 rios e quantificando as concentrações de coliformes termotolerantes nas amostras de água coletadas em 49 pontos de captação quinzenalmente de 2012 a 2013. Uma correlação positiva e significativa entre as cargas de coliformes termotolerantes e a população humana que vive nas bacias hidrográficas foi identificada através de regressão linear simples. Os autores compararam bacias hidrográficas com população humana semelhante e mostraram que aquelas com mais de 60% de suas áreas cobertas por sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto estavam associadas a maiores cargas de coliformes termotolerantes do que as bacias hidrográficas com menos de 25% de suas áreas cobertas por esses sistemas. Eles concluíram que a atual infraestrutura de esgoto é ineficaz na redução da contaminação de origem fecal que chega ao litoral, conclusão confirmada por um estudo recente na mesma área geográfica (CABRAL et al., 2019).

De forma complementar, De Souza et al. (2018b) estudaram o efeito da população humana que vive em zonas costeiras sobre a qualidade da água em áreas de cultivo de moluscos nas baías norte e sul da ilha de SC. Esses autores identificaram correlações diretas e fortes entre os níveis de bactérias indicadoras fecais, tanto na água do mar quanto nos moluscos, e a população humana que vive em bacias hidrográficas que drenam para a costa. Também foi demonstrado que é necessário definir escalas espaciais apropriadas para melhor descrever essas correlações. O estudo indica que a bacia hidrográfica mais próxima é a “fonte” de apenas metade da poluição fecal que atinge as águas da Baía da Ilha SC. Os modelos com melhores ajustes foram aqueles que consideraram a população humana que vive em bacias hidrográficas, cujos exutórios estão localizados em até 1,7km e 3,1km ao redor dos pontos de monitoramento para prever os níveis de bactérias indicadoras fecais na água e mexilhões, respectivamente.

Em conclusão, os estudos mencionados demonstraram a existência de uma forte correlação entre a população humana que vive nas bacias hidrográficas que deságuam na costa e a poluição fecal na região costeira, e que os sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto da área estudada não são eficientes na redução da poluição que atinge a costa. Além disso, indicaram que as bacias hidrográficas, cujos exutórios estão localizadas em até 3km dos pontos de monitoramento, podem influenciar a qualidade da água e dos moluscos nessa região. Com base nessas conclusões foram estabelecidas as premissas que embasaram a elaboração dos mapas de risco de poluição fecal:

1.2.1 O risco relacionado à poluição fecal de origem humana na costa é diretamente proporcional à população humana que vive em bacias hidrográficas que drenam para a costa;

1.2.2 Potenciais fontes de poluição, como cursos d'água, cujas desembocaduras estejam localizadas a até 3 km das áreas de produção de moluscos devem ser consideradas na estimativa de risco;

1.2.3 A existência de sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto instalados não reduz os riscos relacionados à poluição de origem humana que atinge a costa.

2 Metodologia para elaboração dos mapas

Para o desenvolvimento dos mapas de riscos relacionados à poluição de origem humana, foram utilizadas as seguintes bases de dados:

- Hidrografia de Santa Catarina (SDS/ENGEMAP, 2012b);
- Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (SDS/ENGEMAP, 2012a);
- Setores censitários do IBGE (IBGE, 2010b);
- Dados do censo populacional de 2010 (IBGE, 2010a).

O trabalho foi feito utilizando o Sistema de Informações Geográficas de código aberto QGIS versão 3.4.15 – Madeira (QGIS, 2020). Utilizando a base de Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (SDS/ENGEMAP, 2012a), as áreas das bacias hidrográficas que drenam para a costa de SC foram delineadas. Os limites dessas bacias delineadas foram integrados com a base de dados de censo populacional por setor censitário (IBGE, 2010a, b) para determinar a população humana de cada uma delas. A população humana das bacias hidrográficas foi atribuída ao ponto de exutório das mesmas. Áreas da linha de costa que não apresentavam conexão com cursos de água na base de bacias hidrográficas tiveram sua população atribuída a pontos igualmente distribuídos por toda a sua área e que foram considerados como fontes difusas de poluição fecal.

A geração dos mapas de risco no presente documento se baseou no modelo matemático proposto por De Souza et al. (2018c), porém com uma abordagem diferente. No trabalho de De Souza et al. (2018c), o cálculo da população que influencia as áreas da costa foi feita através da soma da população humana dos pontos de origem de poluição fecal (exutórios e fontes difusas) localizados dentro de uma área circular de raio igual a três quilômetros. No método proposto no presente documento o cálculo é resultante de uma estimativa feita por meio da ferramenta de mapa de “calor” (*Heatmap - Kernel Density Estimation*). Utilizando o módulo *Heatmap - Kernel Density Estimation*, uma estimativa de densidade de Kernel foi feita para criar um gradiente de influência populacional a partir dos pontos de origem de poluição fecal. O mapa de densidade foi gerado com base no número de pontos em um raio de três quilômetros e ponderado pela população humana de cada ponto.

O cálculo foi feito utilizando o formato “Quartic”. A abordagem diferente adotada no presente trabalho permitiu uma melhor visualização do gradiente de risco, como pode ser observado na Figura 1.

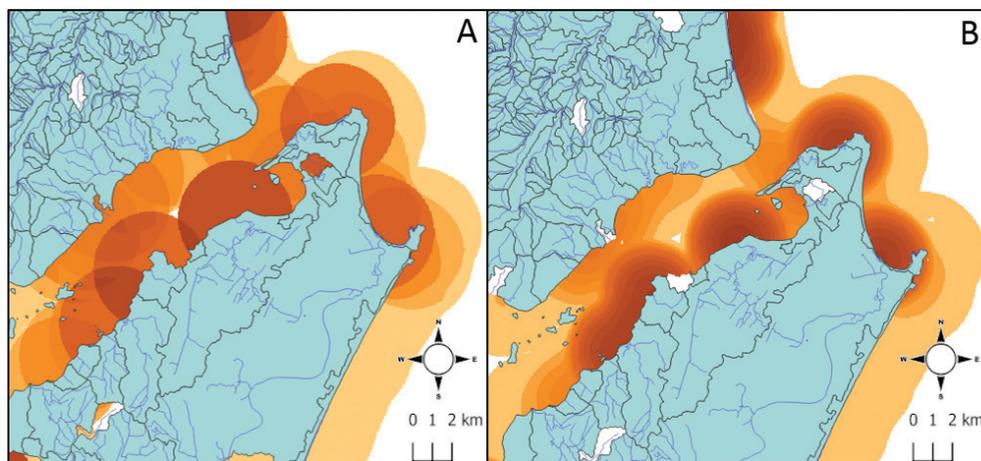


Figura 1. Exemplos de bases de dados do tipo *raster* (em tons de alaranjado) indicando o nível de risco relacionado à poluição fecal de origem humana que foram elaboradas seguindo o proposto por De Souza et al. (2018c), na esquerda (A), e utilizando o método dos mapas de “calor” *Heatmap - Kernel Density Estimation*, na direita (B)

Diferentes transformações do mapa de densidade foram feitas buscando facilitar a interpretação da informação. A transformação foi necessária uma vez que a alta influência de regiões mais populosas na distribuição dos dados acabava prejudicando a visualização do gradiente de riscos em partes menos populosas da costa. As transformações foram feitas utilizando o ambiente de análises estatísticas de código aberto “R” (R, 2020). Os testes de transformações seguiram a lógica da Escada de Poderes de Tukey, tendo a transformação por raiz quarta ($x^{0,25}$) se mostrado a mais adequada. Por fim, a base de dados foi padronizada para uma escala de risco com valores entre zero e um, sendo zero o menor risco e um o maior risco sugerido.

3 Mapas de riscos relacionados à poluição fecal de origem humana na costa de Santa Catarina

Nas próximas páginas são apresentados os mapas de riscos gerados para os trechos da costa de Santa Catarina, onde existem ou se pretendem implantar cultivos de moluscos. Os mapas são apresentados em ordem dos trechos mais ao norte para os trechos mais ao sul da costa, estando organizados em três macrorregiões: Região de São Francisco do Sul; Região de Itajaí; Região de Florianópolis. Na macrorregião de Florianópolis, são apresentados primeiramente os mapas da porção continental e depois os da insular.

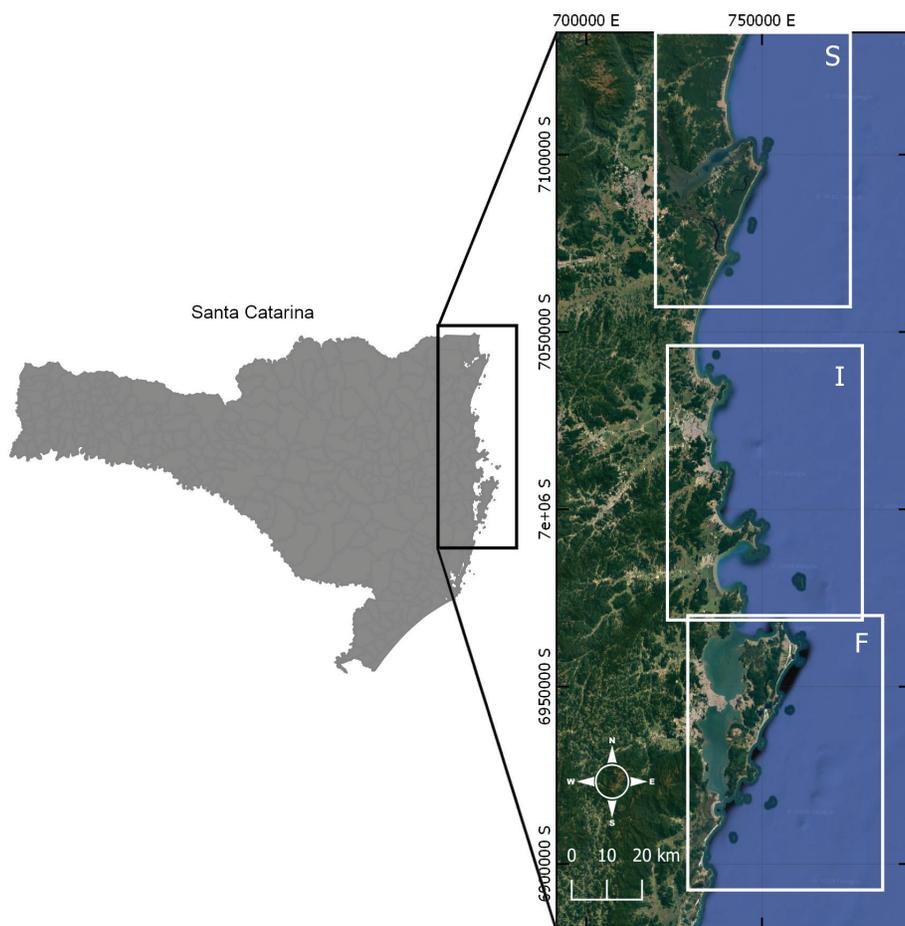


Figura 2. Litoral de Santa Catarina subdividido em três macrorregiões: S - São Francisco do Sul; I - Itajaí; F - Florianópolis

Com exceção do primeiro mapa de cada uma das próximas três sessões, que ilustra cada macrorregião e tem escala 1:350.000, todos os mapas contendo o detalhamento dos riscos foram gerados utilizando uma mesma escala de tamanho (1:50.000). Nesses mapas (Figuras 4 a 7; 9 a 15; 17 a 28) são ilustradas as bacias hidrográficas que drenam para a costa, representadas por polígonos de cor cinza claro, e os rios que drenam essas bacias, que são representados por linhas azuis escuras. Os exutórios das bacias hidrográficas são representados por triângulos de cor vermelha que têm seu tamanho determinado pela população humana residente. São indicadas ainda as localizações das fazendas marinhas existentes em 2014 (EPAGRI, 2014), representadas por polígonos de cor verde-clara, e das áreas aquícolas previstas nos Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura (PLDM) (NOVAES et al., 2010), representadas por polígonos vazados de cor verde. Os riscos relacionados à poluição fecal de origem humana são representados por uma paleta de cores variando entre o amarelo-claro ao preto, sendo que as tonalidades indicam uma variação de risco entre zero (amarelo-claro) e um (preto). São adotadas, em todos os mapas, escalas iguais de coloração, no caso dos riscos, e de tamanho dos ícones triangulares, no caso da população humana residente nas bacias hidrográficas.

3.1 Região de São Francisco do Sul



Figura 3. Macrorregião de São Francisco do Sul e indicação dos trechos para os quais foram gerados mapas de risco

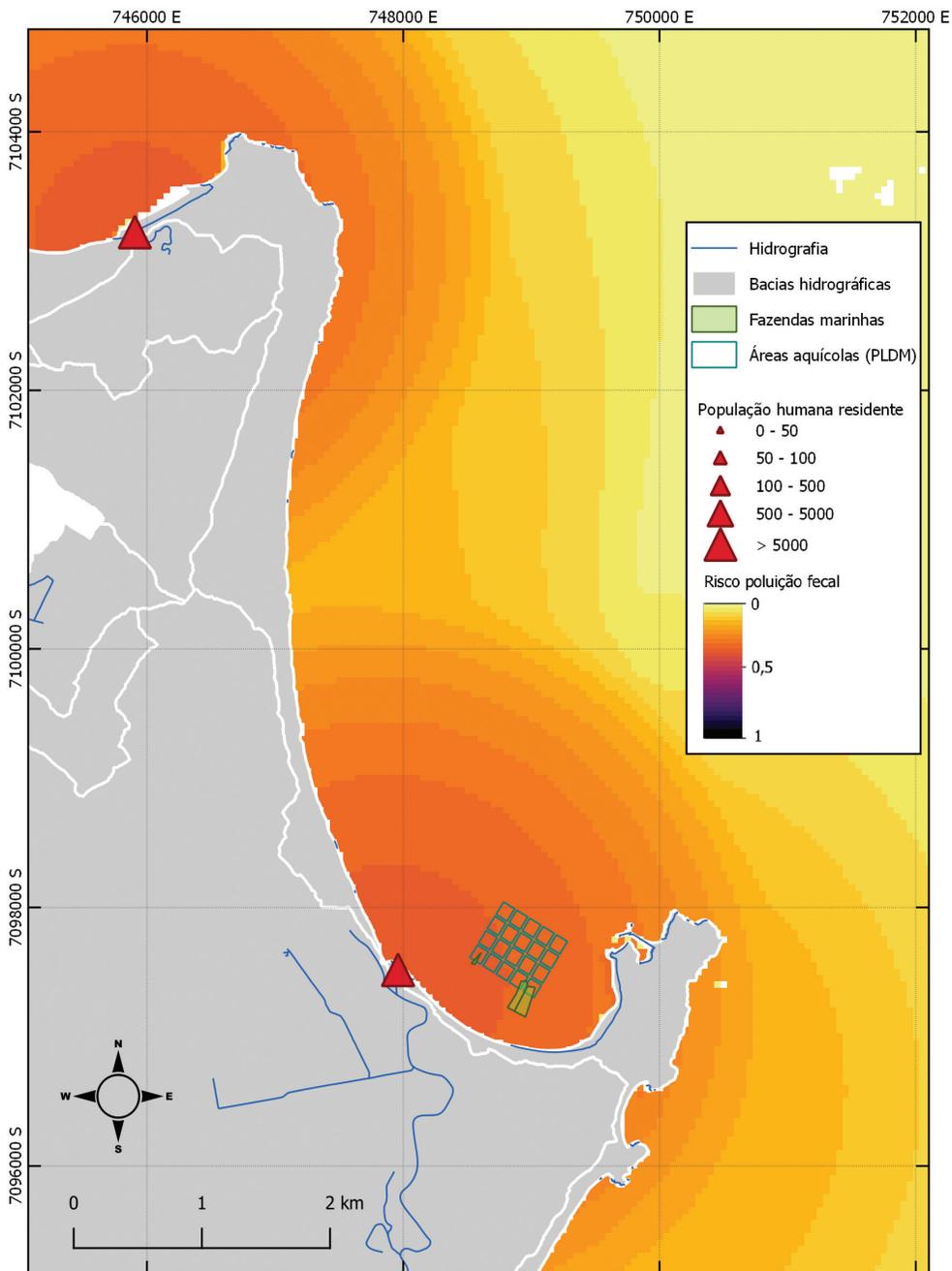


Figura 4. S1: São Francisco do Sul (Praia da Enseada)

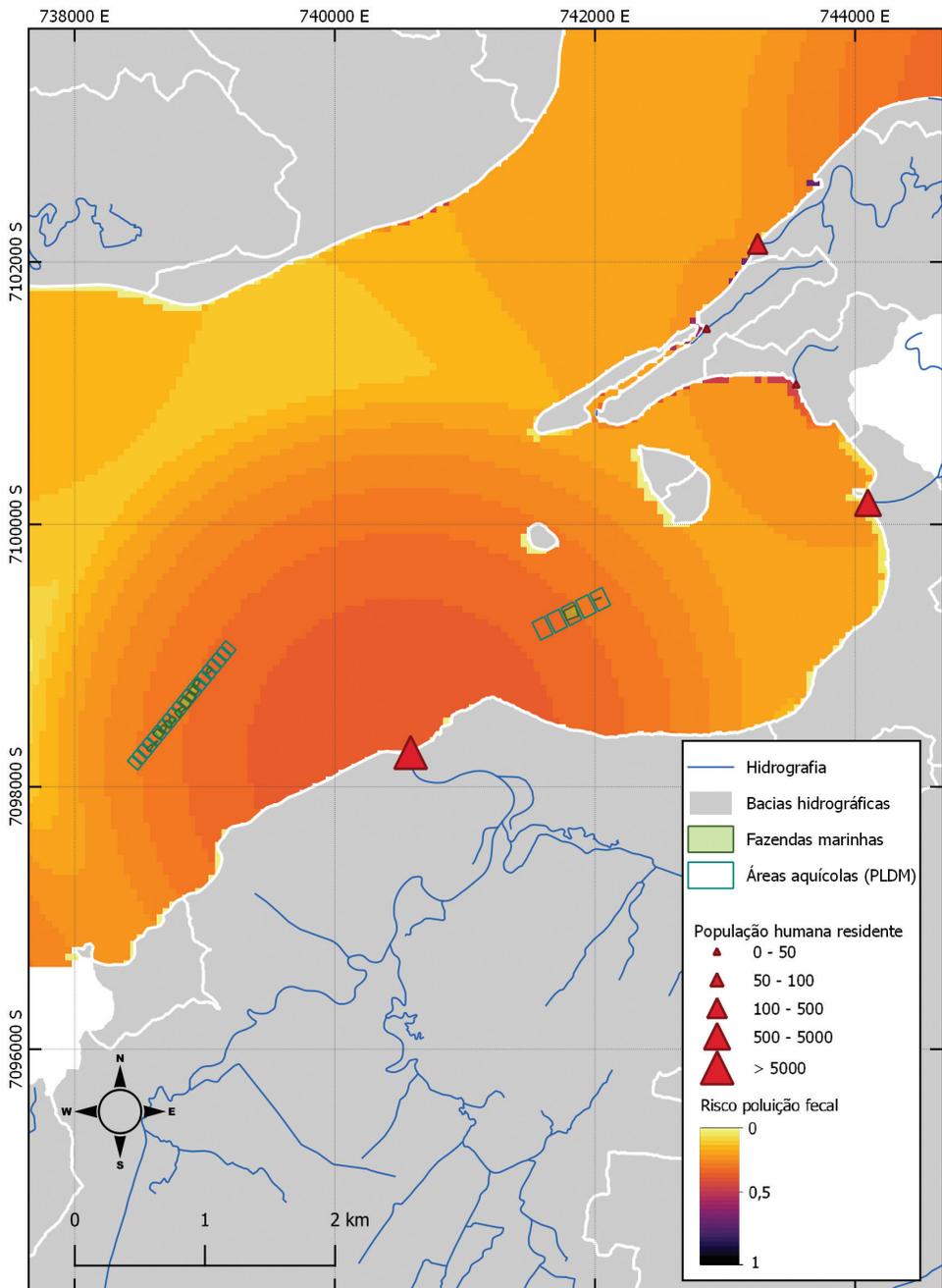


Figura 5. S2: São Francisco do Sul (Baía da Babitonga, Paulas)

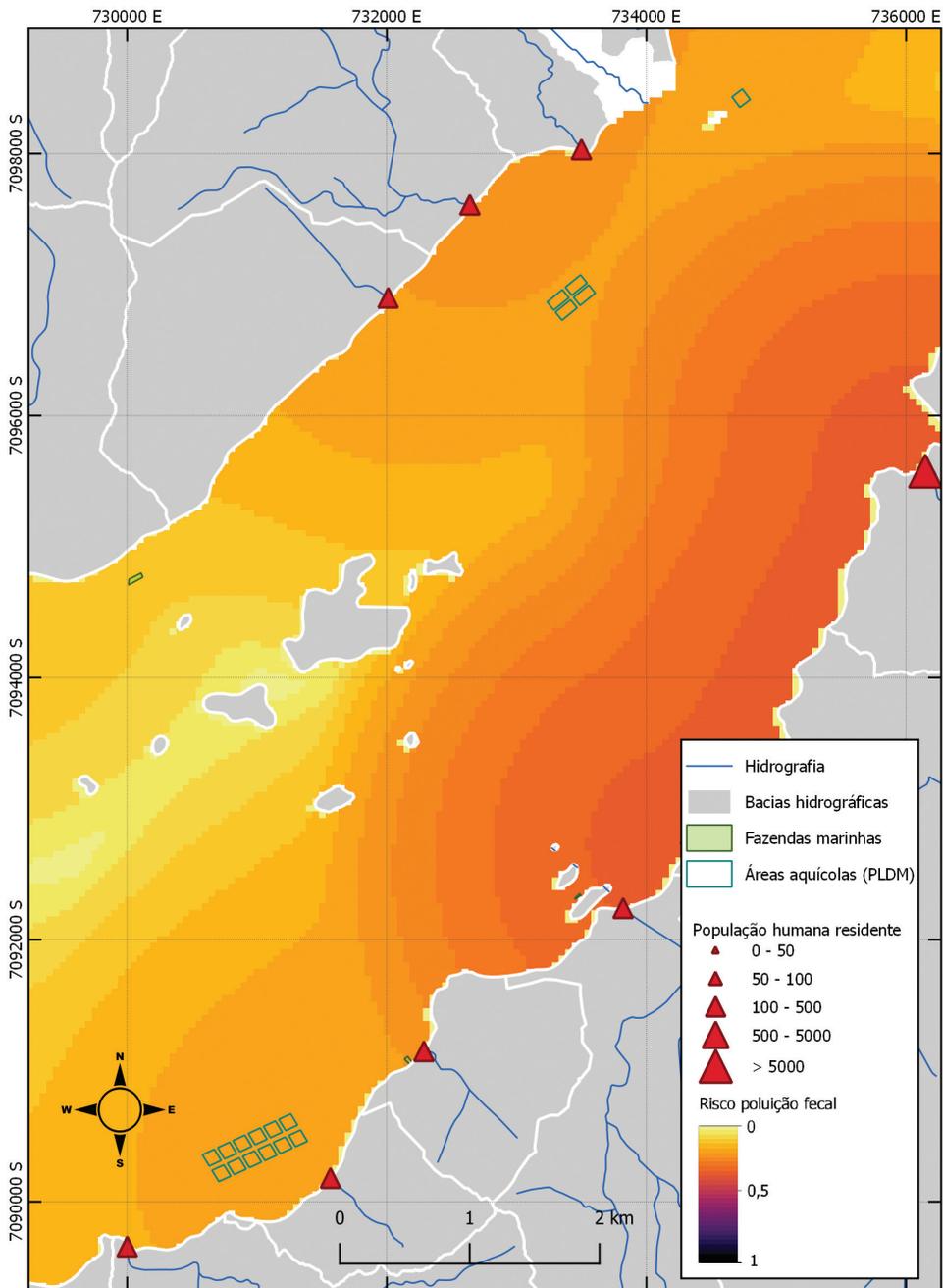


Figura 6. S3: São Francisco do Sul (Baía da Babitonga, Laranjeiras)

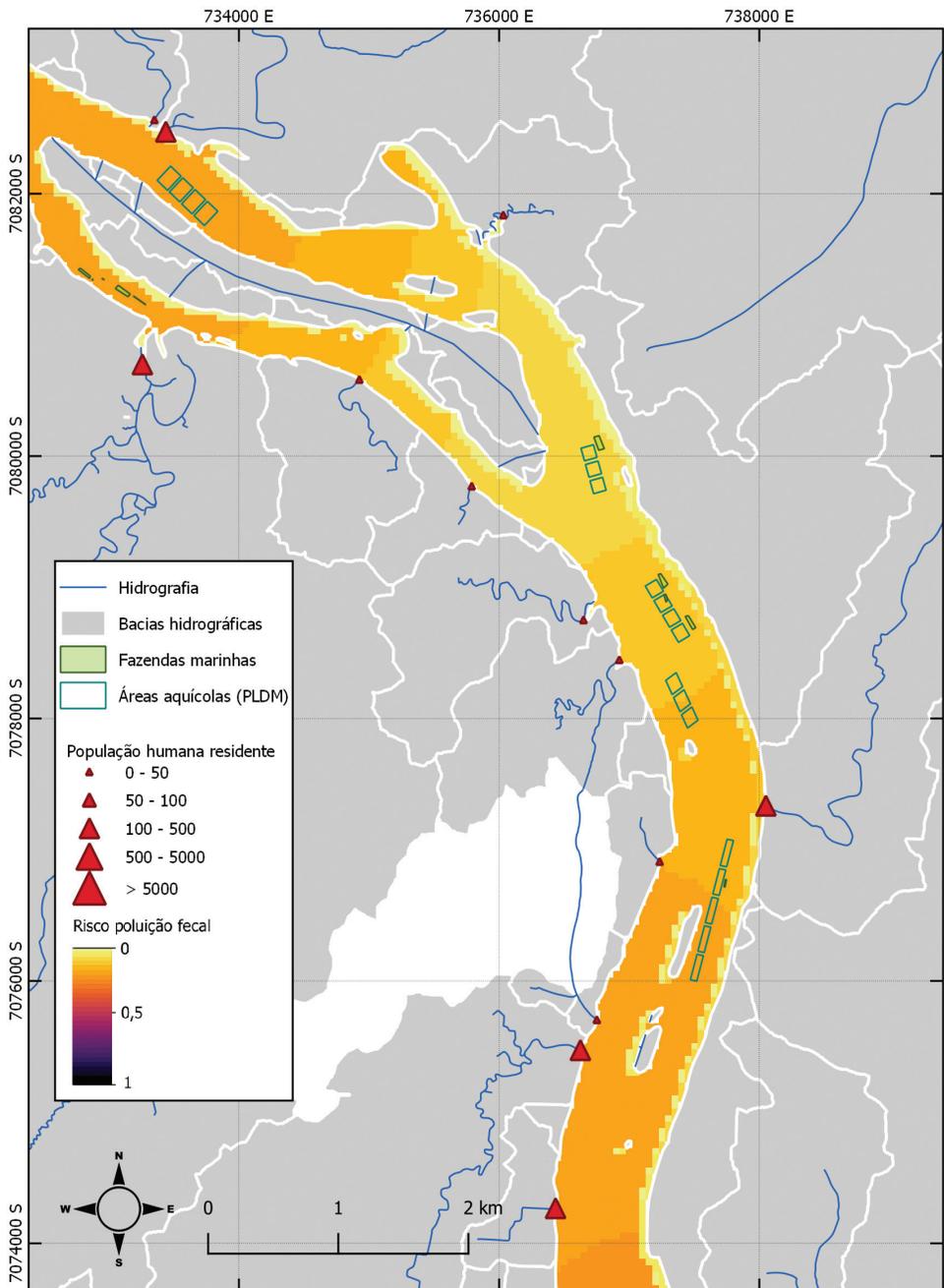


Figura 7. S4: São Francisco do Sul / Balneário Barra do Sul (Canal do Linguado)

3.2 Região de Itajaí

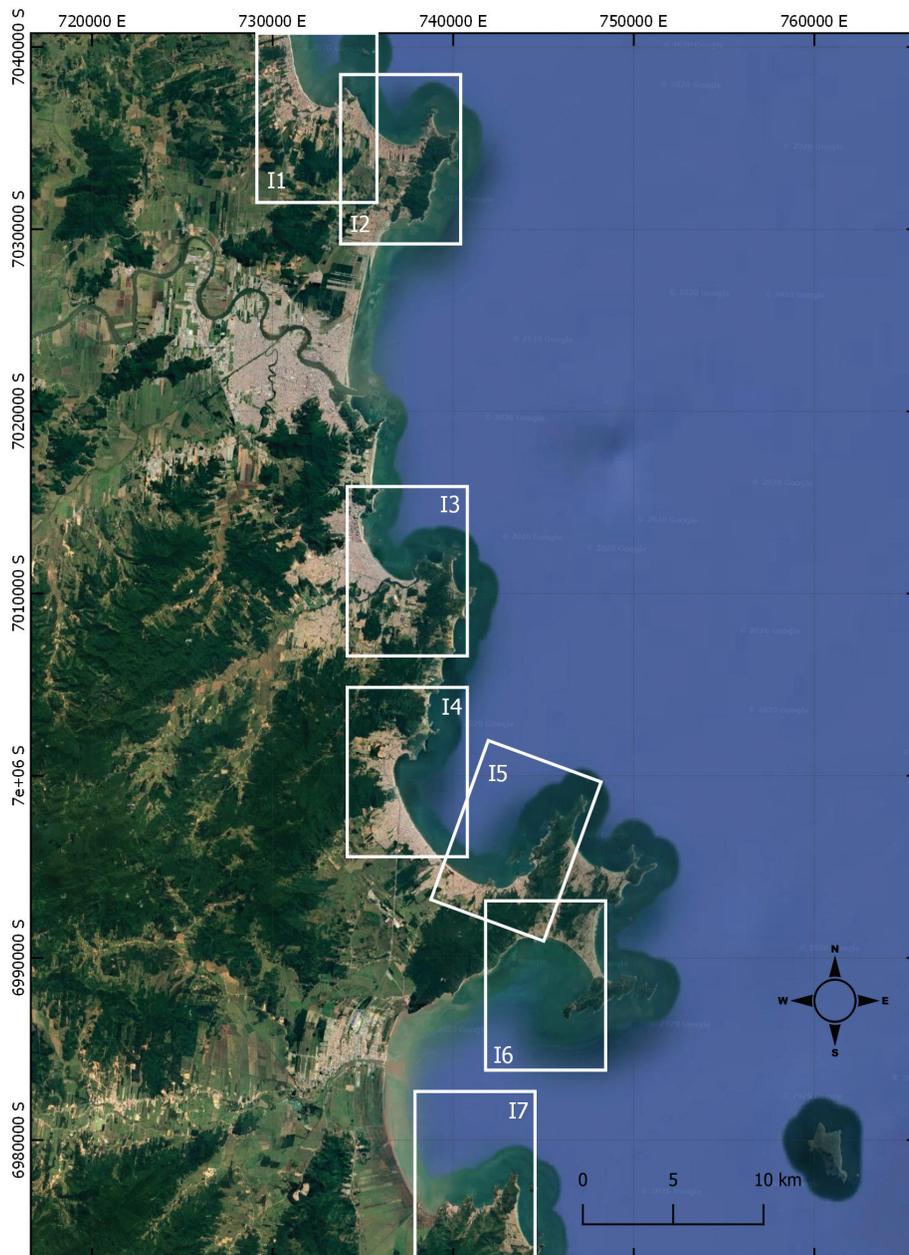


Figura 8. Macrorregião de Itajaí e indicação dos trechos para os quais foram gerados mapas de risco

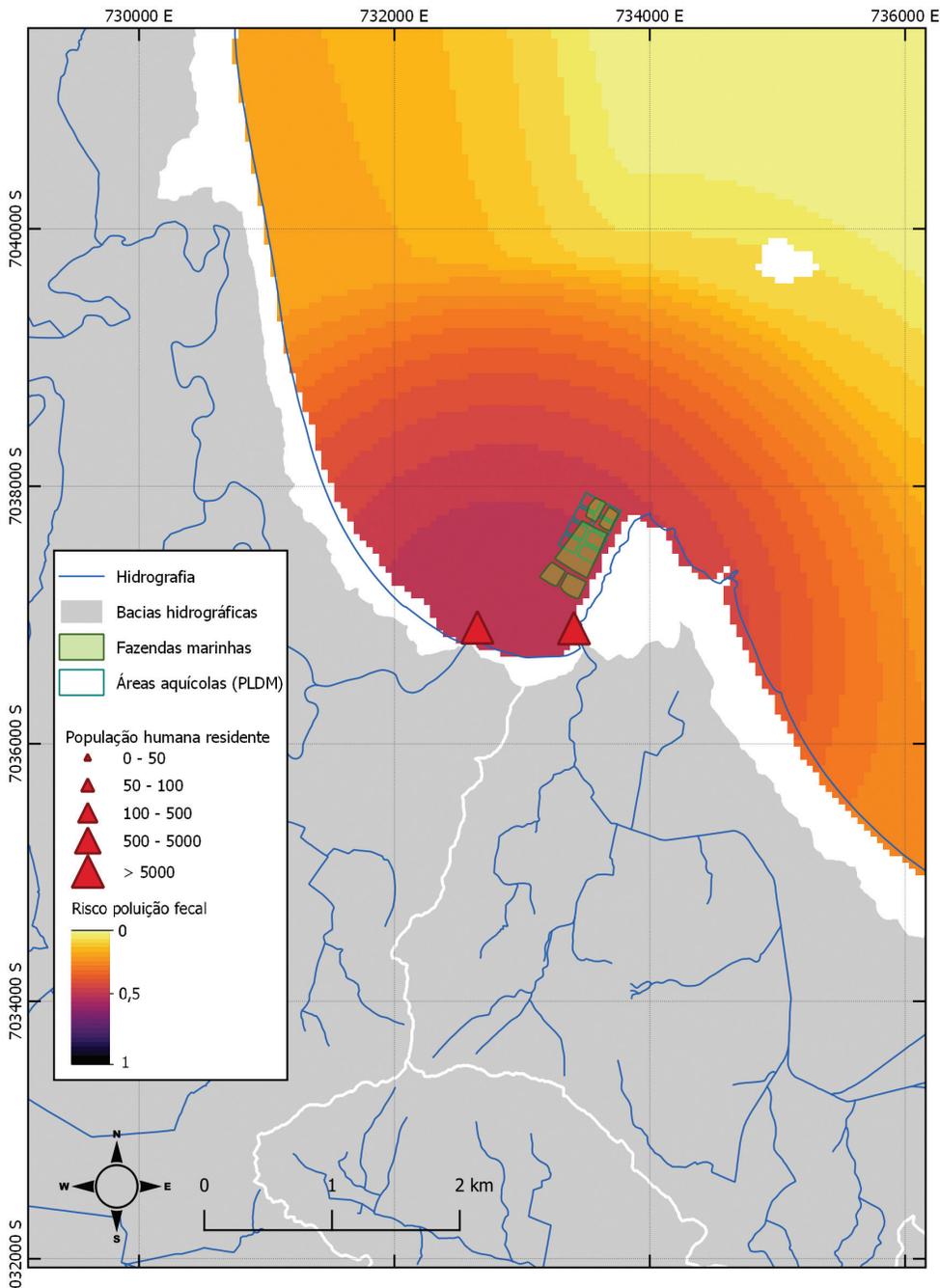


Figura 9. I1: Penha (Praia Alegre)

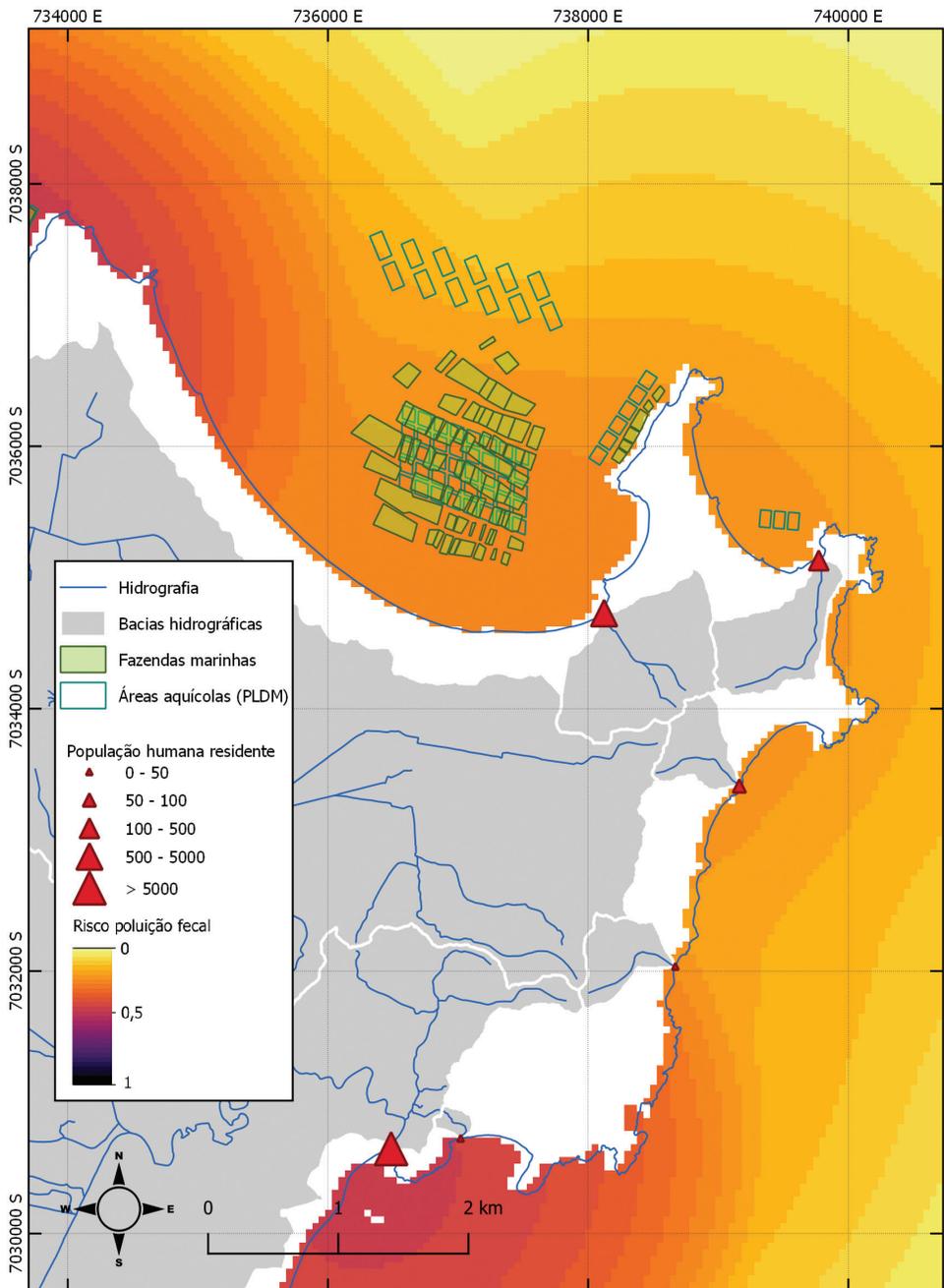


Figura 10. I2: Penha (Armação do Itapocorói)

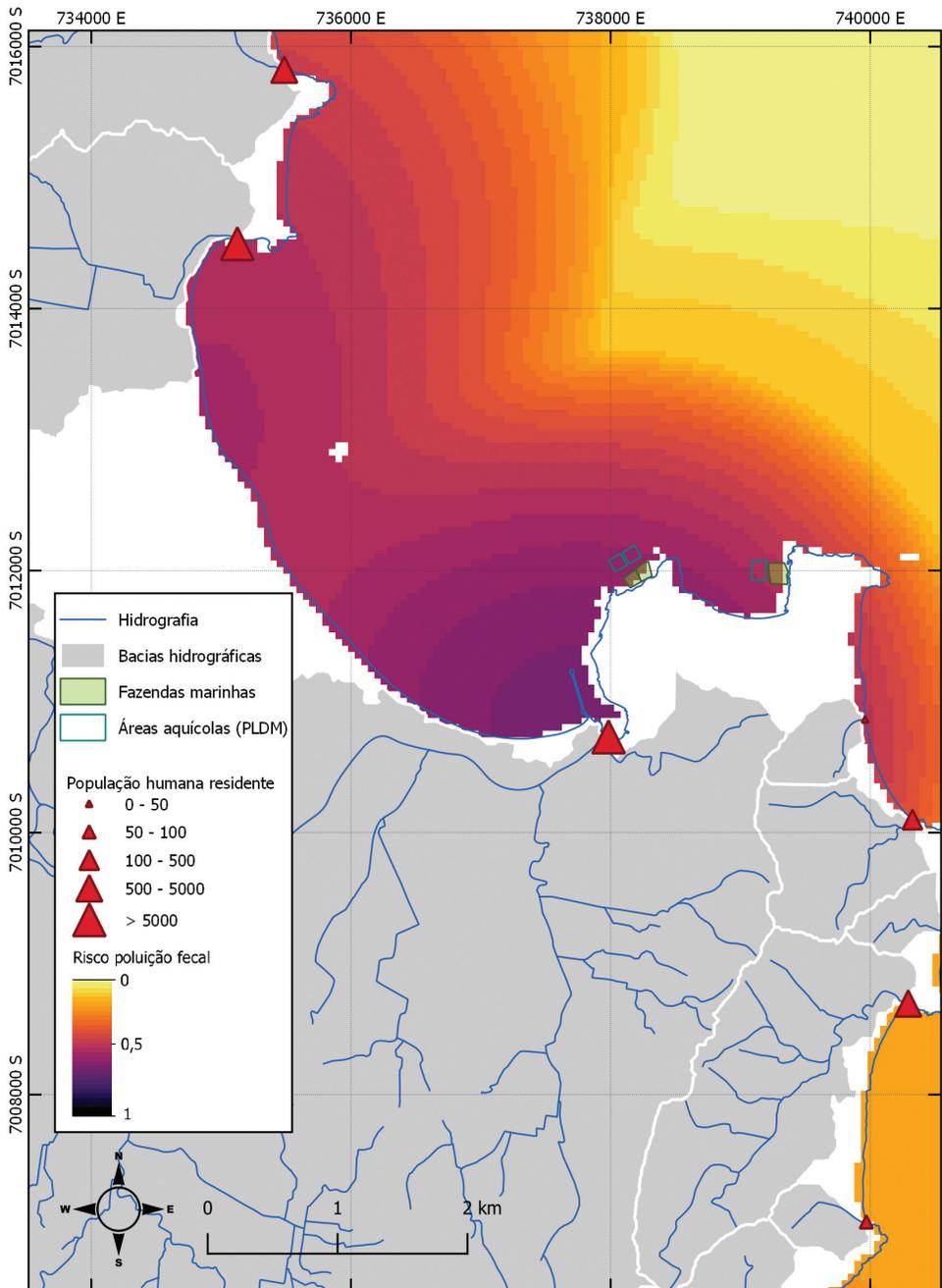


Figura 11. I3: Balneário Camboriú

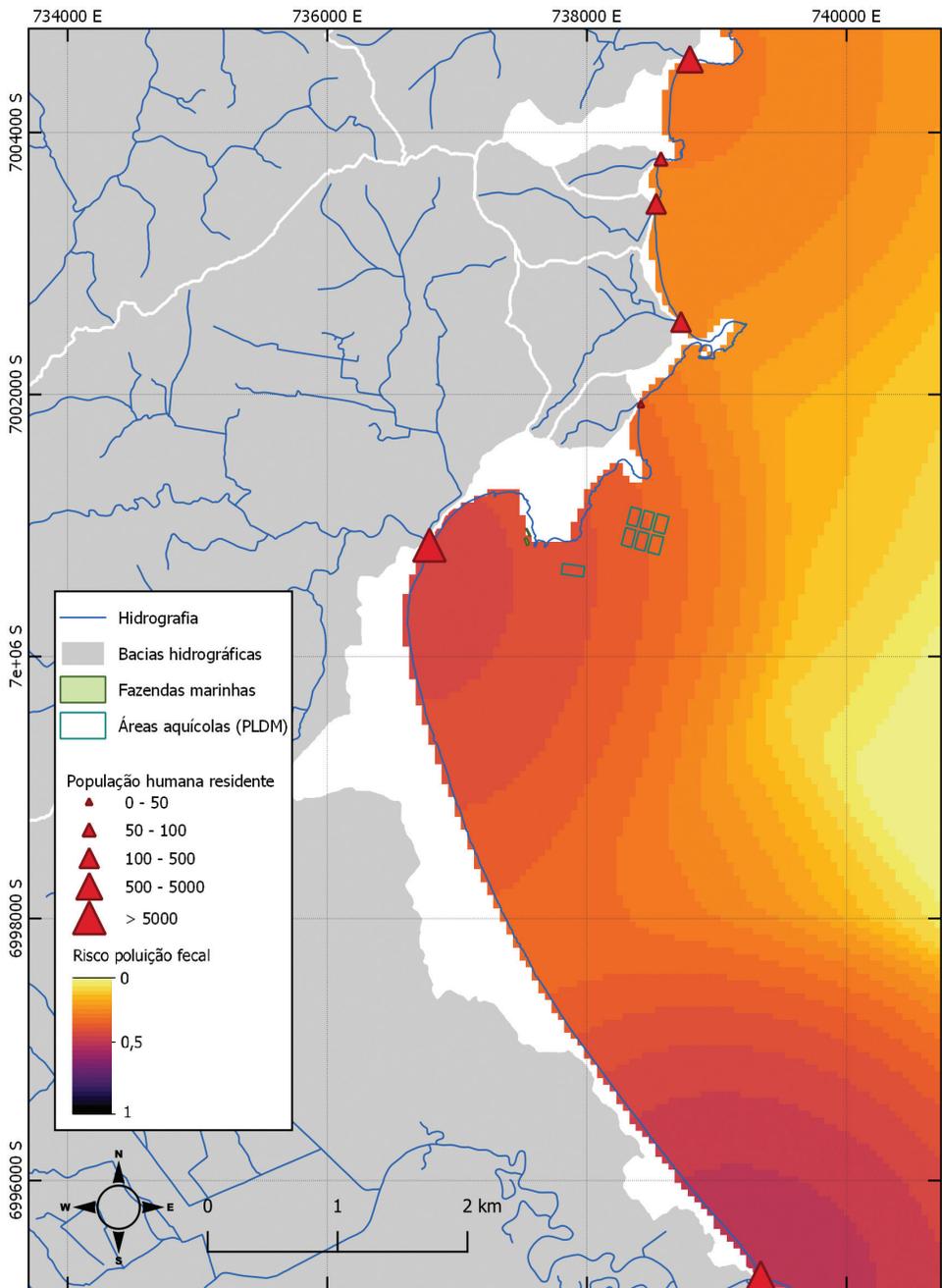


Figura 12. I4: Itapema

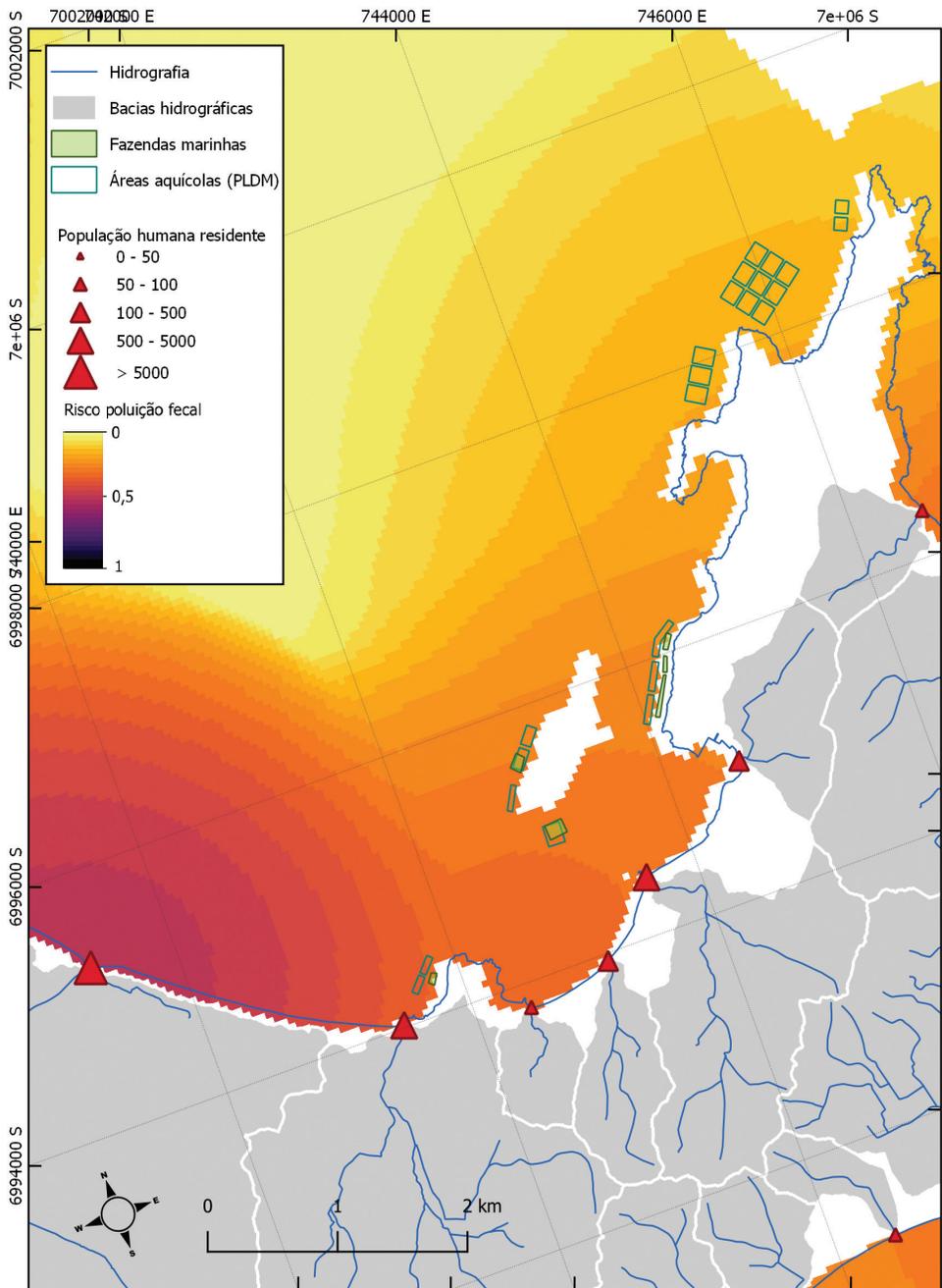


Figura 13. I5: Porto Belo

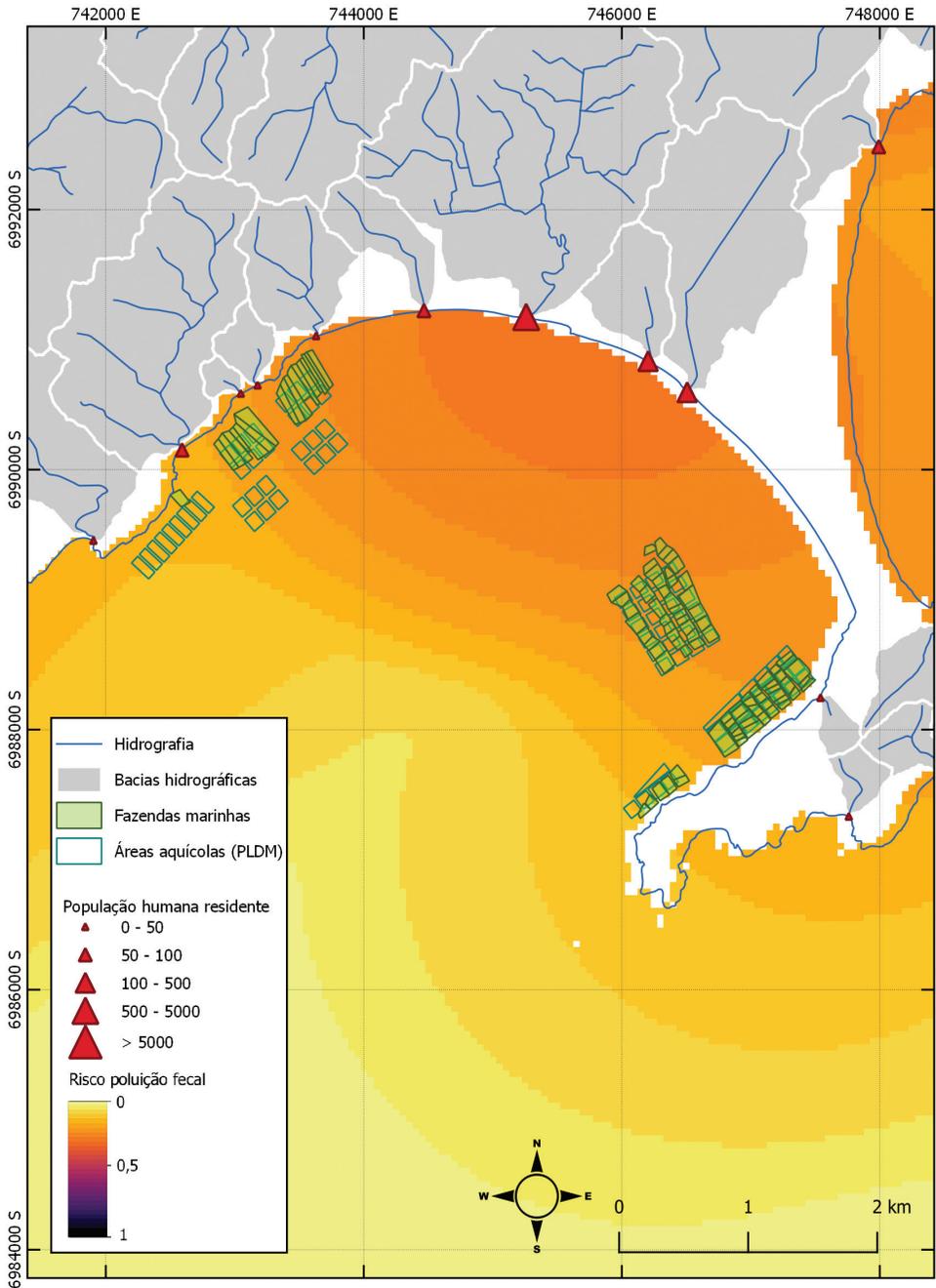


Figura 14. I6: Bombinhas (Zimbros e Canto Grande)

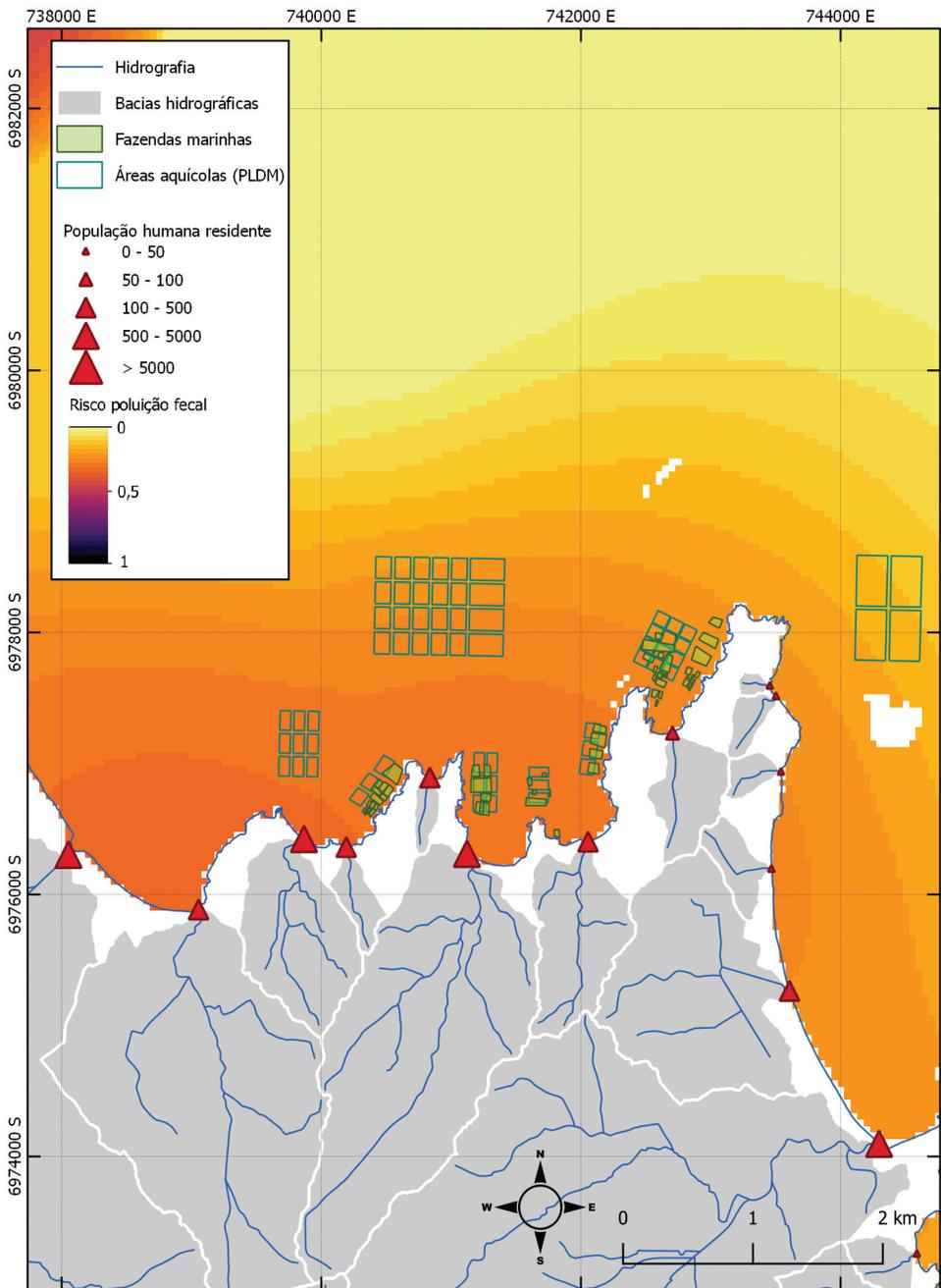


Figura 15. I7: Governador Celso Ramos (Ganchos)

3.3 Região de Florianópolis



Figura 16. Macrorregião de Florianópolis e indicação de trechos para os quais foram gerados mapas de risco

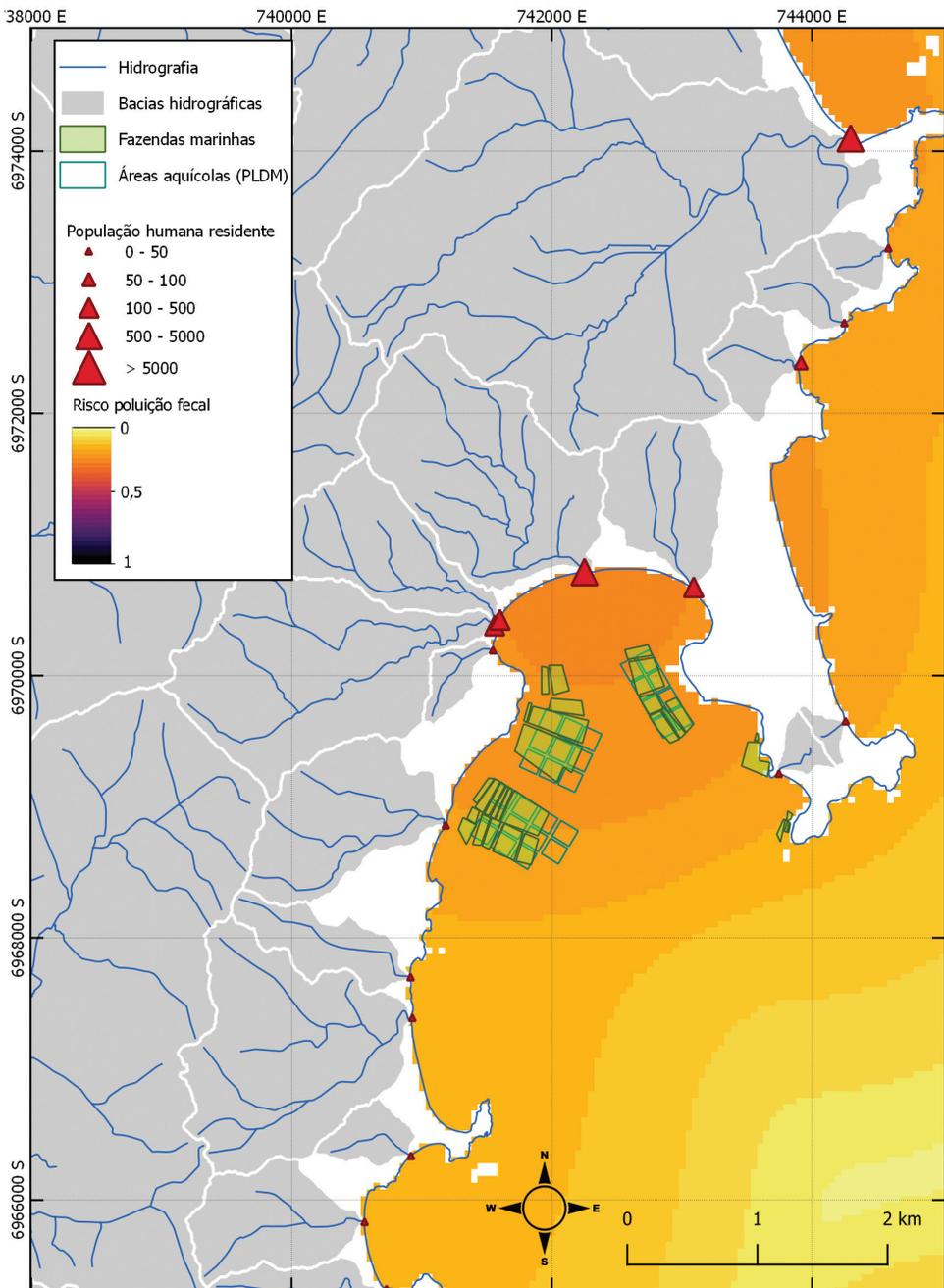


Figura 17. F1: Governador Celso Ramos (Fazenda da Armação)

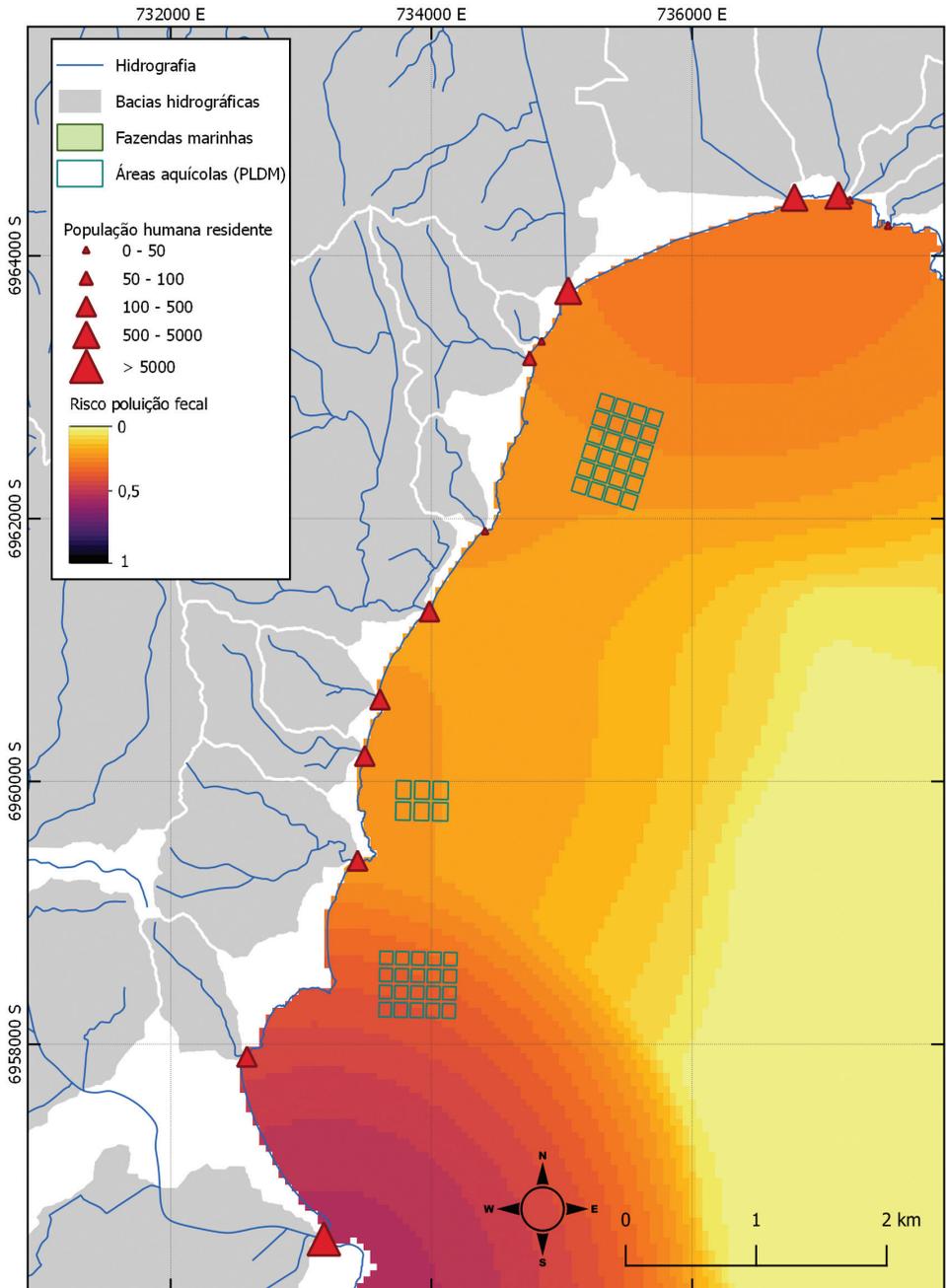


Figura 18. F2: Biguaçu

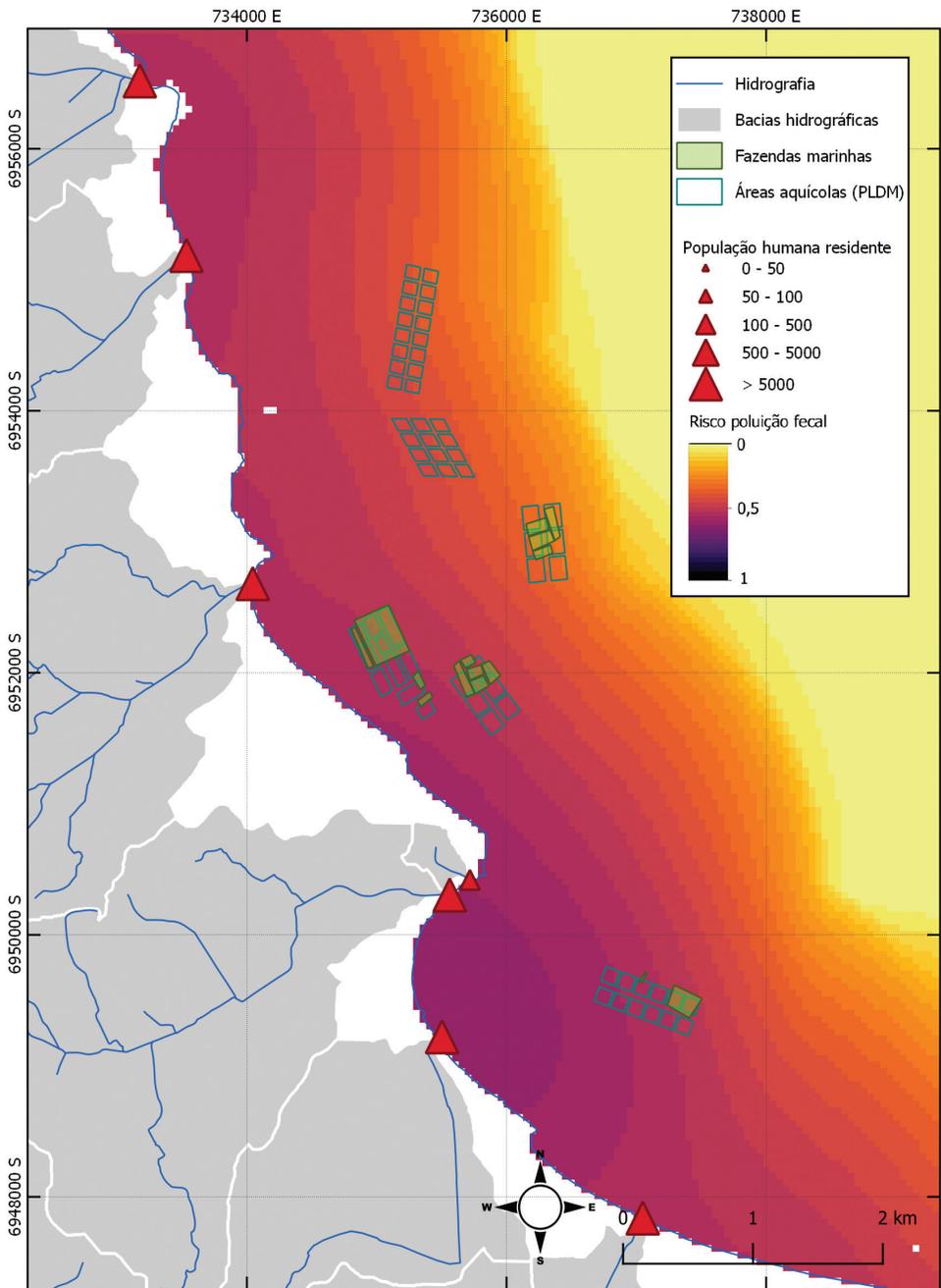


Figura 19. F3: São José (Serraria)

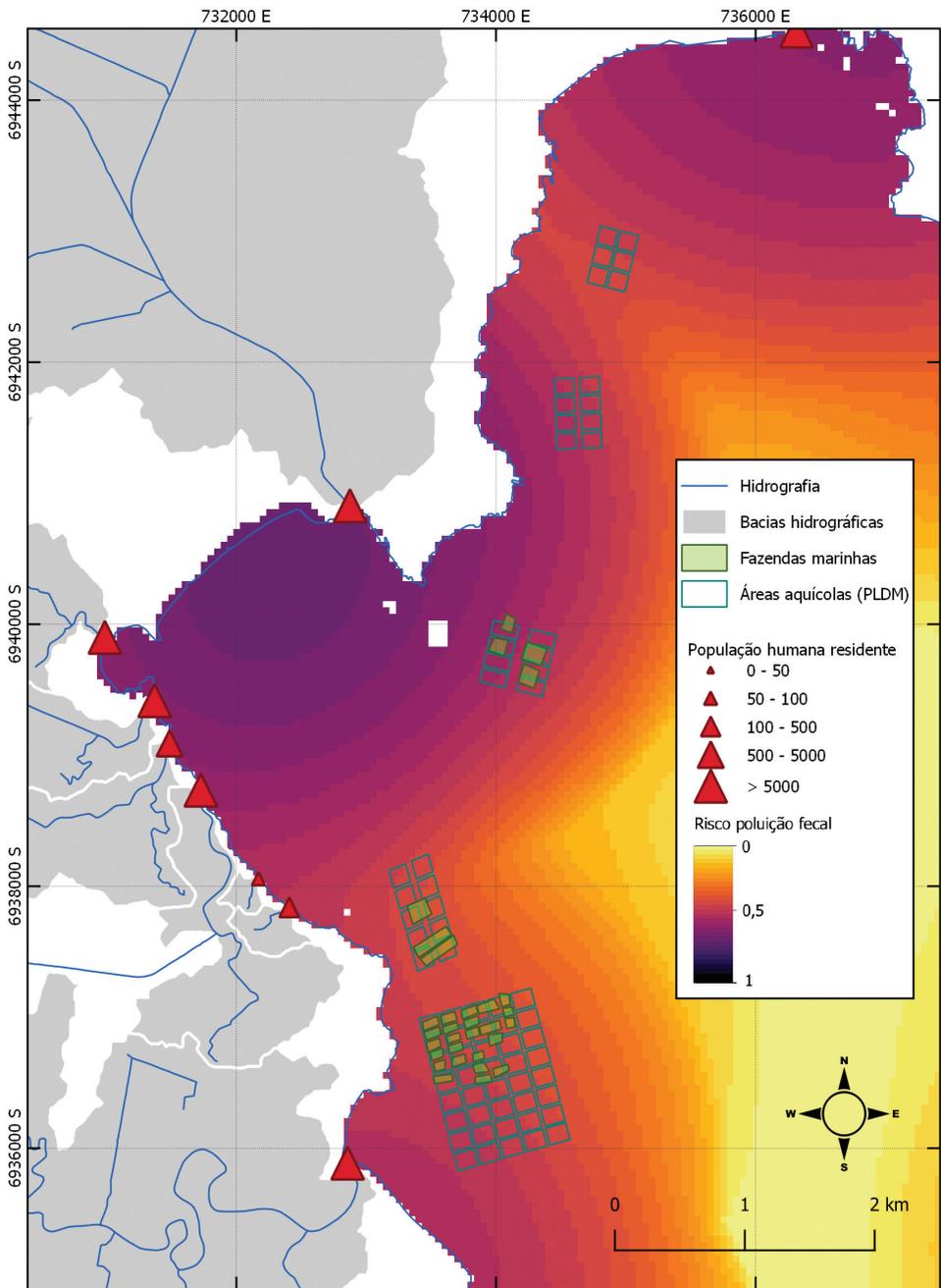


Figura 20. F4: São José/Palhoça (Ponta de Baixo e Barra do Aririú)

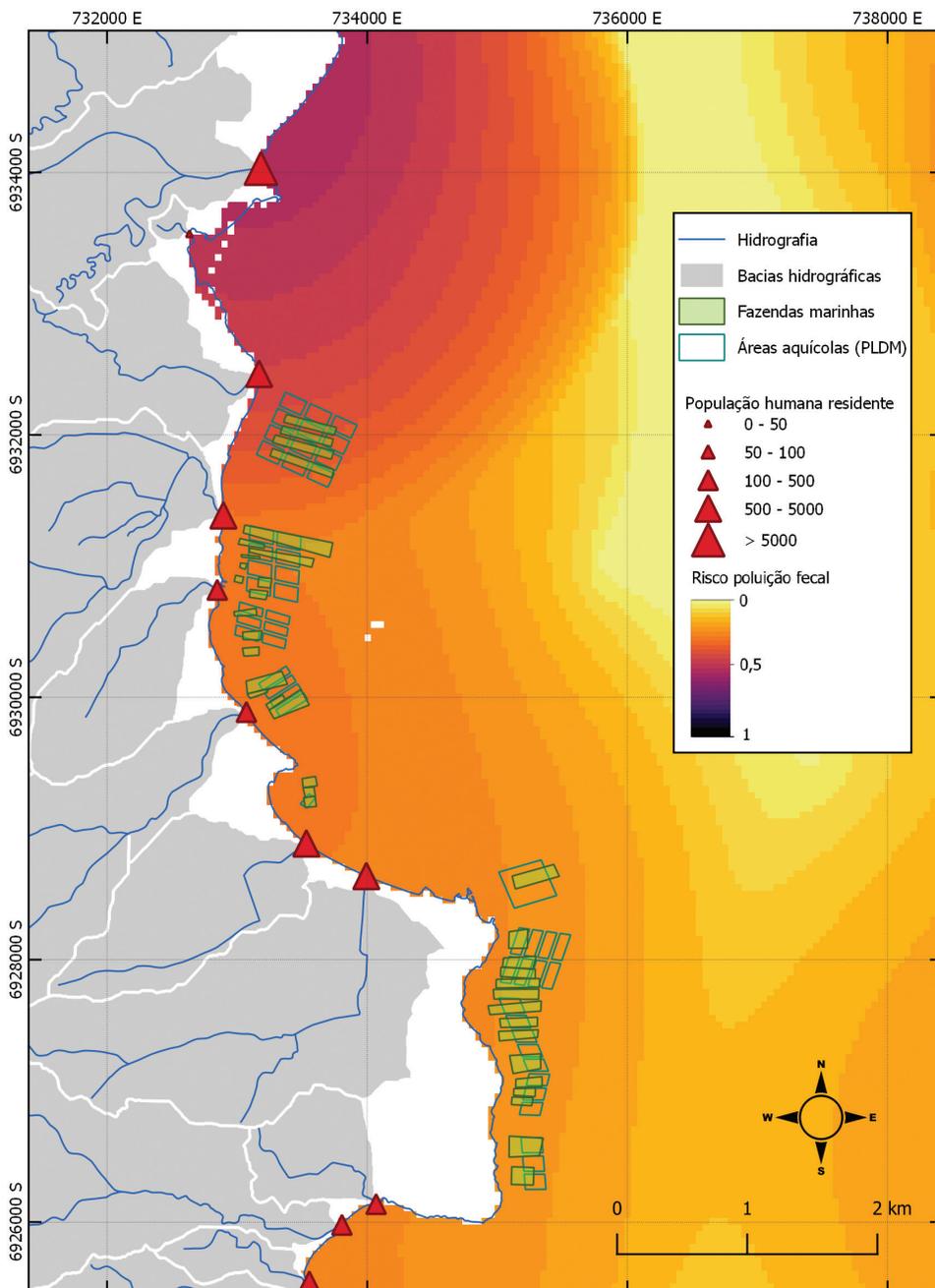


Figura 21. F5: Palhoça (Praia do Pontal, Praia de Fora e Praia do Cedro)

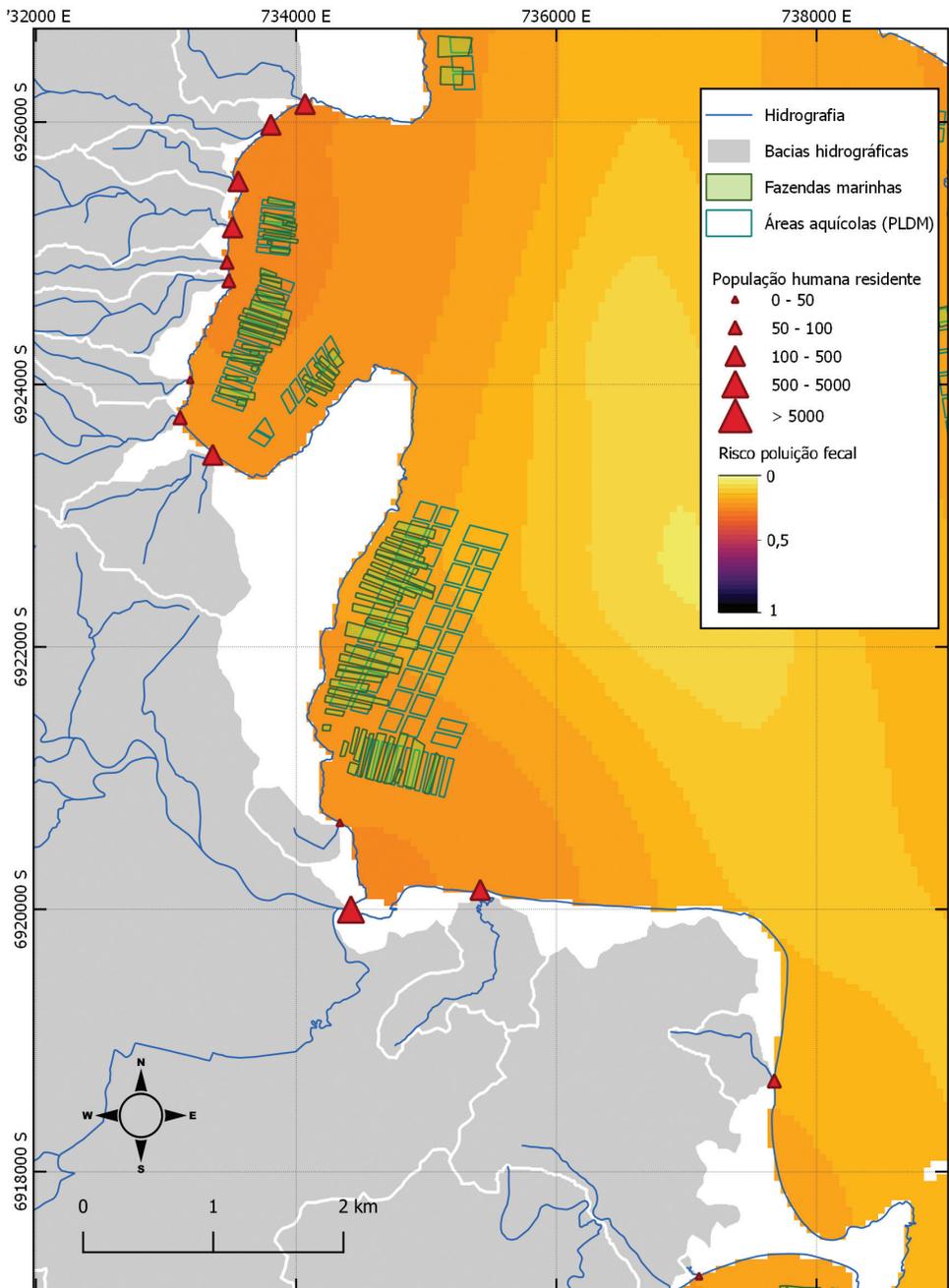


Figura 22. F6: Palhoça (Enseada do Brito e Passagem do Maciambú)

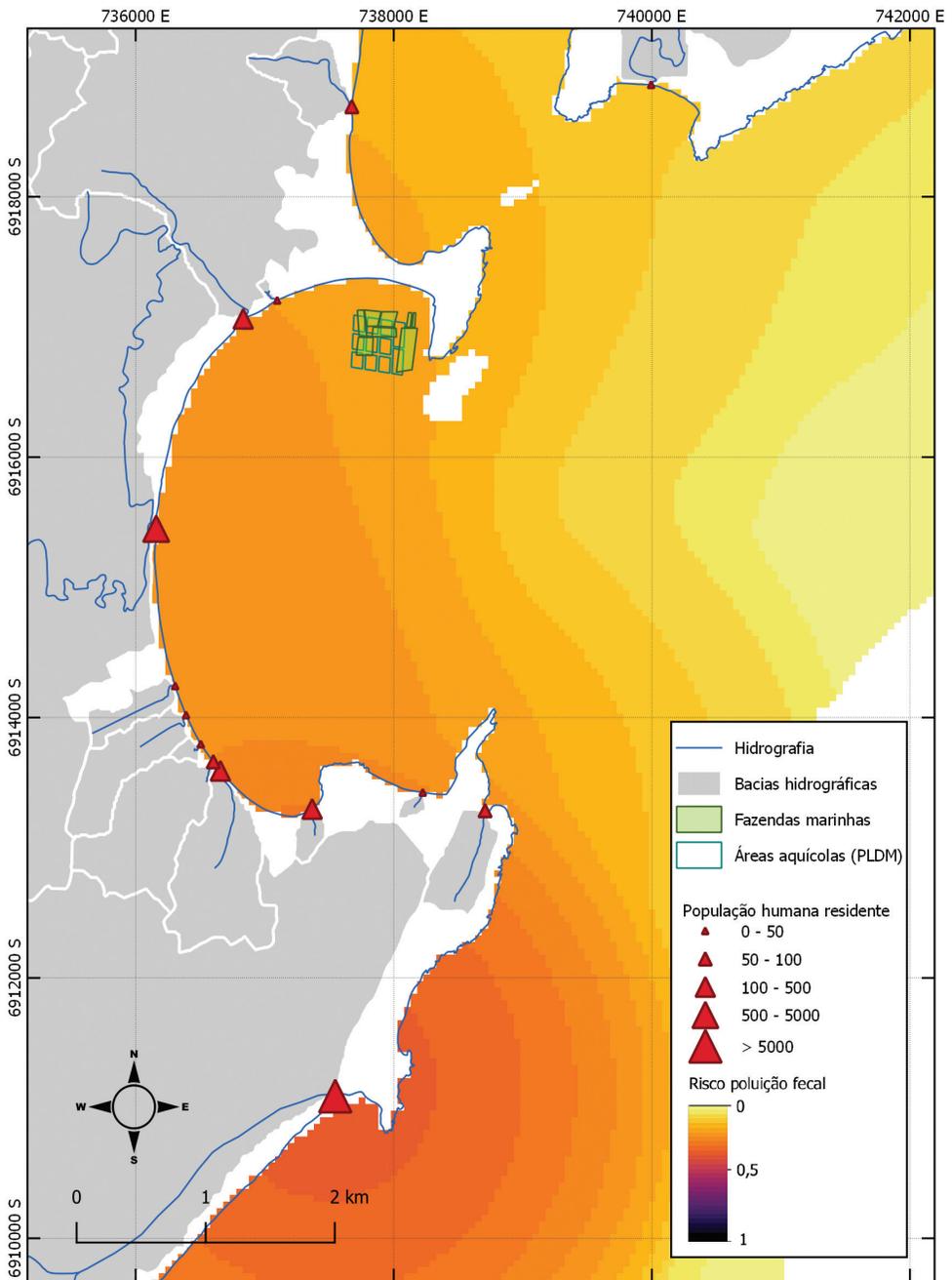


Figura 23. F7: Palhoça (Ponta do Papagaio)

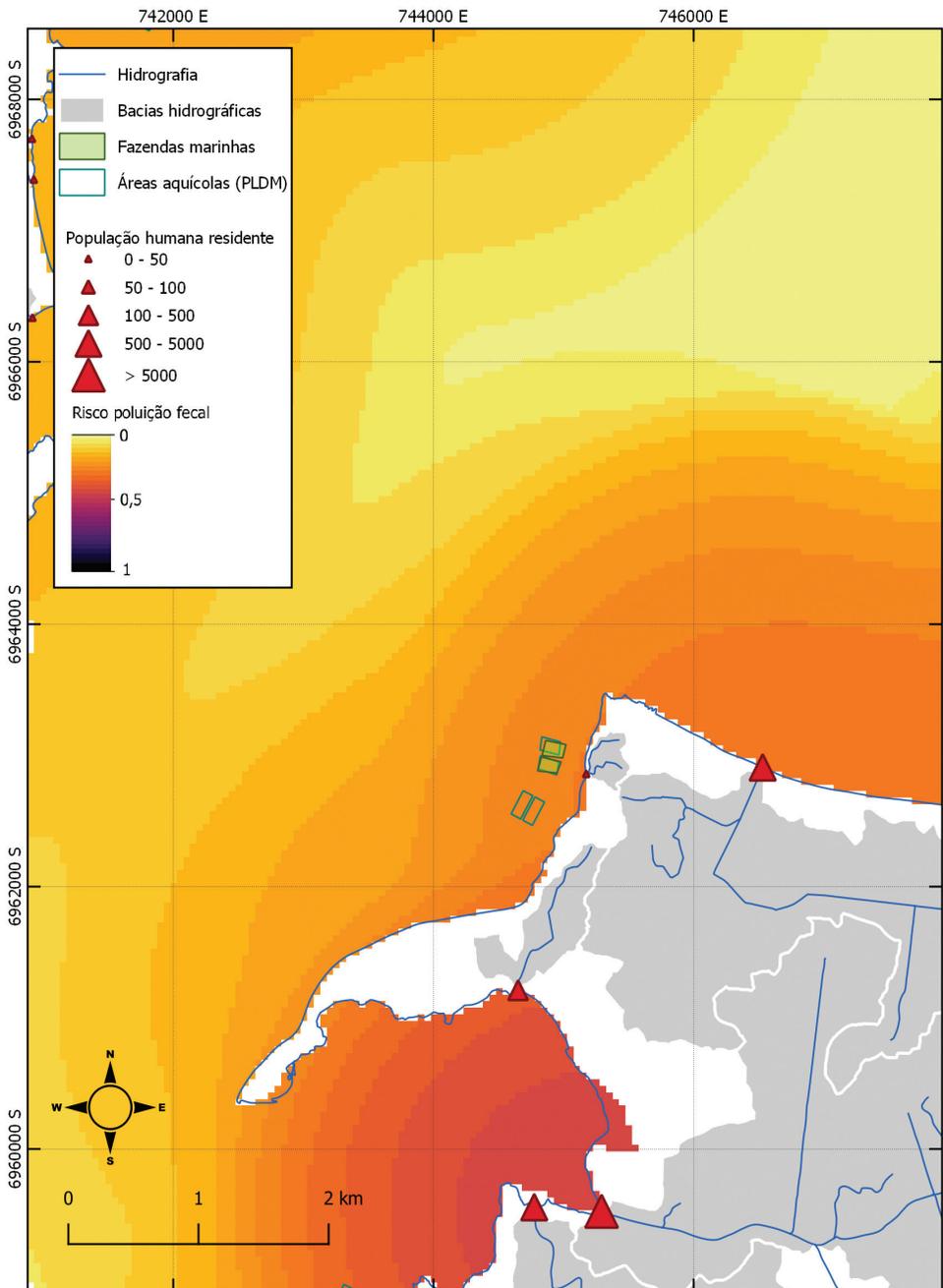


Figura 24. F8: Florianópolis (Praia do Forte)

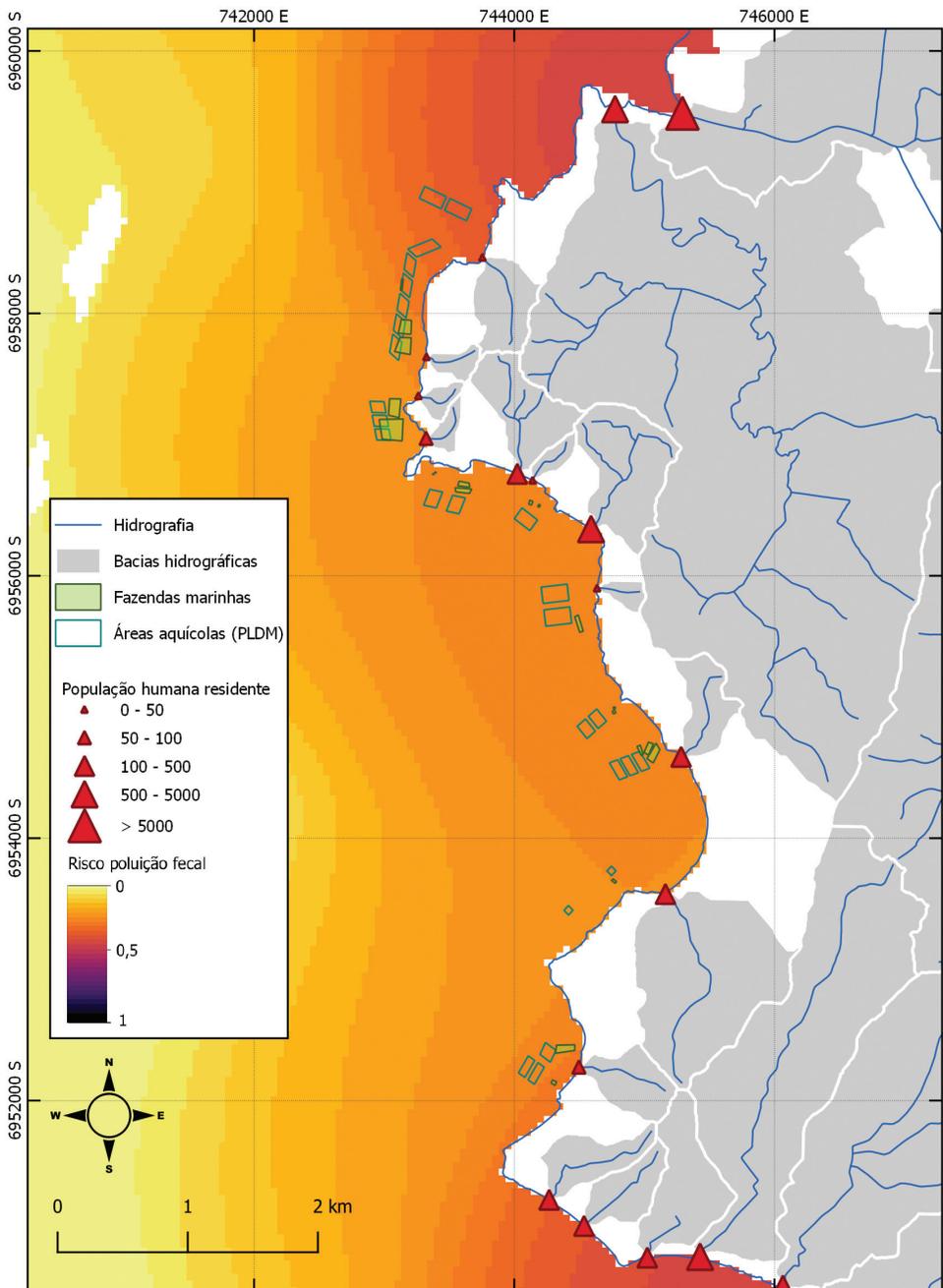


Figura 25. F9: Florianópolis (Sambaqui, Santo Antônio de Lisboa e Cacupé)

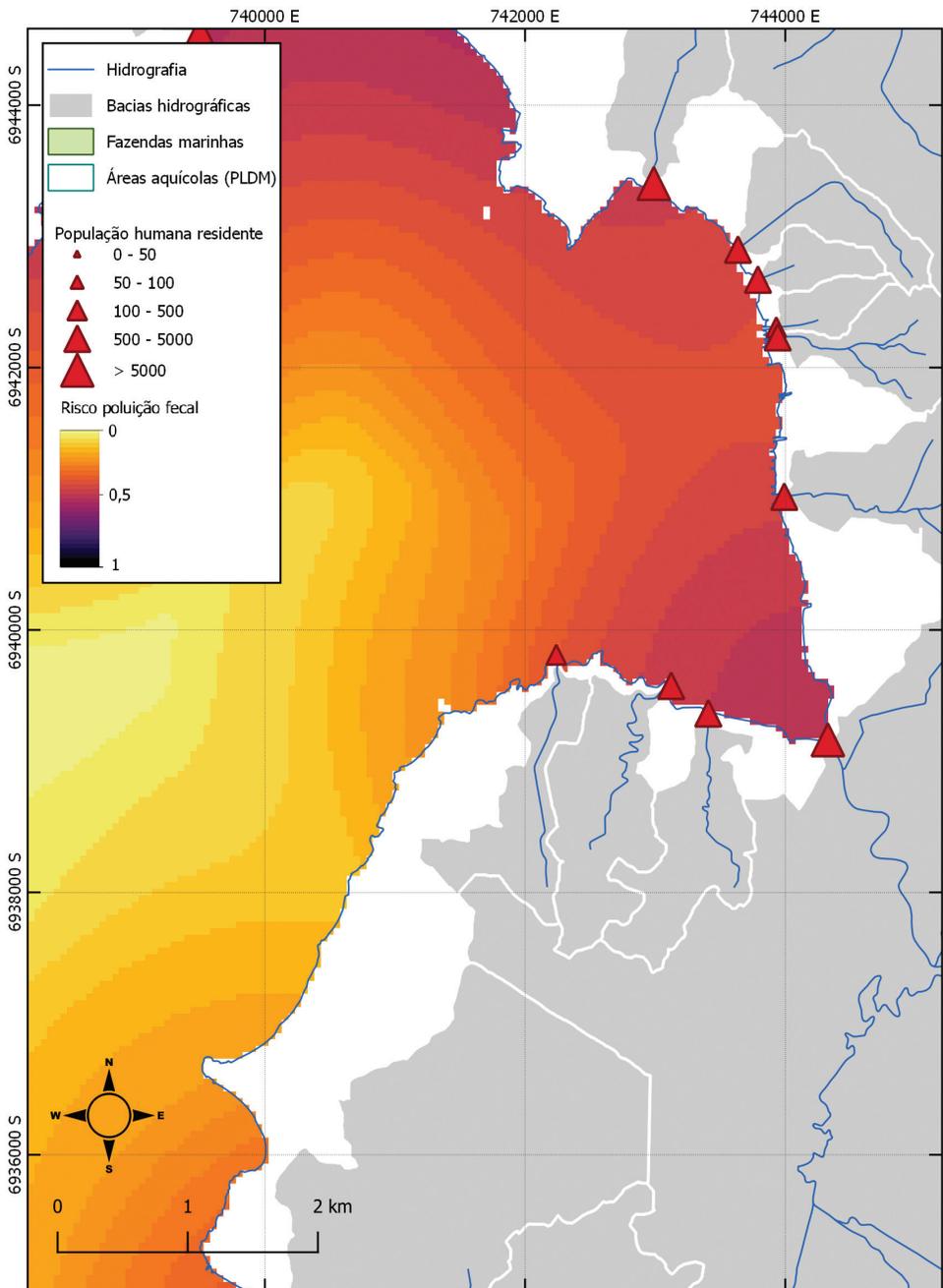


Figura 26. F10: Florianópolis (Costeira do Pirajubaé)

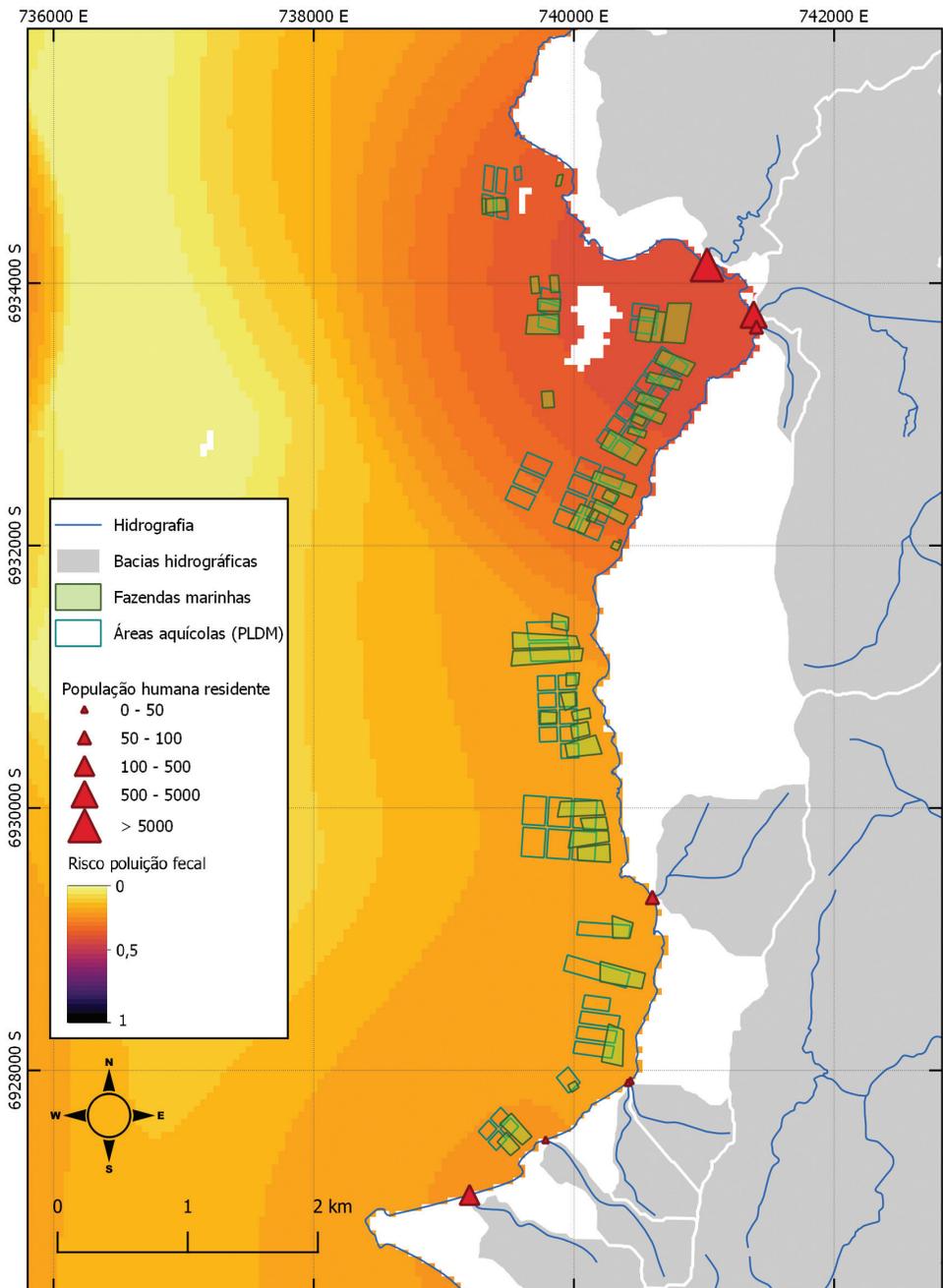


Figura 27. F11: Florianópolis (Tapera, Barro Vermelho e Ribeirão da Ilha)

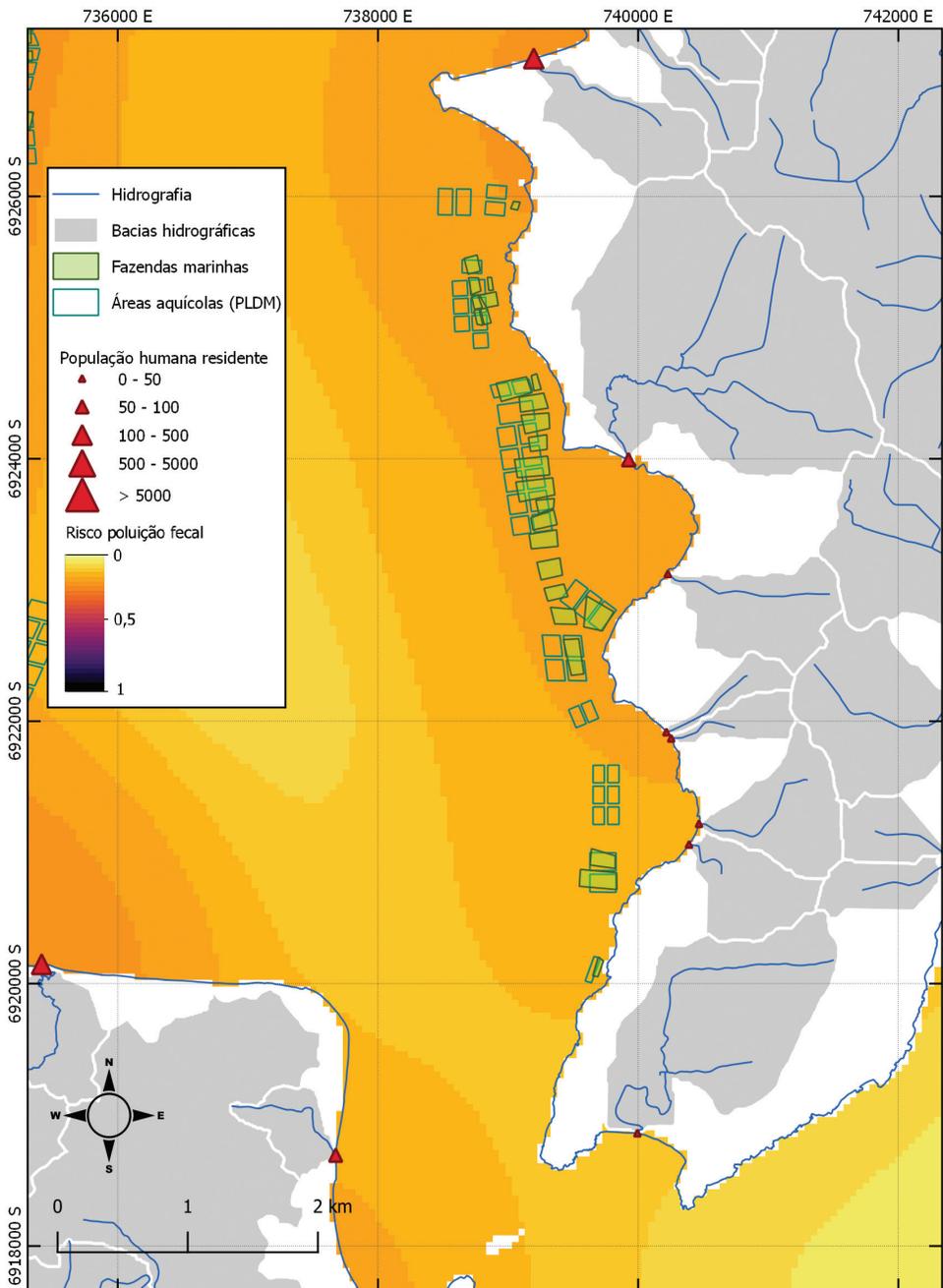


Figura 28. F12: Florianópolis (Caieira da Barra do Sul)

4 Considerações importantes sobre o uso dos mapas

Os mapas apresentados no presente documento não têm por objetivo definir se os moluscos cultivados têm ou não qualidade para consumo humano ou se devem passar por tratamentos para redução de riscos. Esse tipo de decisão demanda informações adicionais como resultados de monitoramento de qualidade sanitária (FAO e WHO, 2018), que são realizados oficialmente pela Cidasc em Santa Catarina (CIDASC, 2020). Sugere-se que os mapas de risco aqui apresentados sejam utilizados para apoiar a escolha dos melhores locais para a coleta de amostras de moluscos em monitoramentos de qualidade sanitária de moluscos.

É importante notar que o presente trabalho se propôs a gerar mapas que indicam os riscos relacionados à poluição fecal de origem humana seguindo uma metodologia relativamente simples e passível de ser replicada em outras localidades. No entanto, os mapas foram gerados a partir de uma extrapolação, para outras regiões da costa de SC, de correlações detectadas entre a população humana e a poluição hídrica descritas por estudos realizados na região das Baías da Ilha de Santa Catarina. Isso deve ser levado em consideração ao utilizar as informações aqui apresentadas, uma vez que as condições socioambientais (Ex: hidrografia, hidrodinâmica costeira, características dos sistemas de coleta e tratamento de esgotos, etc.) das localidades para as quais foram feitas as extrapolações não são necessariamente similares às das Baías da Ilha de Santa Catarina. Portanto, tanto os mapas aqui apresentados quanto o método proposto devem ser entendidos como uma referência que pode apoiar a elaboração de um plano de monitoramento nesses locais até que se gerem informações mais detalhadas por meio de estudos realizados localmente.

Vale ressaltar que os mapas elaborados se referem exclusivamente aos riscos relacionados à poluição fecal de origem humana. Na região metropolitana de Florianópolis, por exemplo, o número total de aves é sete vezes maior que a população humana residente. Existe ainda população de outros animais de criação em quantidade 7,5 vezes menor que a população humana (GARBOSSA, et al., 2017). Portanto, é possível que parte da carga de coliforme esteja associada a outras fontes não consideradas nessa análise.

5 Referências

BUTT, A.A.; ALDRIDGE, K.E.; SANDERS, C.V. **Infections related to the ingestion of seafood Part I: Viral and bacterial infections.** *The Lancet. Infectious diseases*, v. 4, n. 4, p. 201–212, Abr 2004.

CABRAL, A.; BERCOVICH, M.V.; FONSECA, A. **Implications of poor-regulated wastewater treatment systems in the water quality and nutrient fluxes of a subtropical coastal lagoon.** *Regional Studies in Marine Science*, v. 29, p. 100672, 2019.

CAMPOS, C.J.A.; KERSHAW, S.; LEE, R.J. **Environmental influences on faecal indicator organisms in coastal waters and their accumulation in bivalve shellfish.** *Estuaries and Coasts*, v. 36, n. 4, p. 834–853, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s12237-013-9599-y>

CIDASC. **Serviço - Defesa Sanitária Animal: Resultados das Análises Microbiológicas em Moluscos Bivales.** Disponível em: <http://www.cidasc.sc.gov.br/defesasaniariaanimal/resultado-de-analise-microbiologica/>. Acesso em: 9 out 2020.

DE SOUZA, R.V.; GARBOSSA, L.H.P.; CAMPOS, C.J.A.; VIANNA, L.F.N.; VANZ, A.; RUPP, G.S.. **Metals and pesticides in commercial bivalve mollusc production areas in the North and South Bays, Santa Catarina (Brazil).** *Marine Pollution Bulletin*, Fev 2016. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X16300819>. Acesso em: 18 fev 2016.

DE SOUZA, R.V.; CAMPOS, C.J.A.; GARBOSSA, L.H.P.; VIANNA, L.F.N.; VANZ, A.; RUPP, G.S.; SEIFFERT, W.. **A critical analysis of the international legal framework regulating the microbiological classification of bivalve shellfish production areas.** *Reviews in Aquaculture*, v. 10, n. 4, p. 1025–1033, 2018a.

DE SOUZA, R.V.; CAMPOS, C.J.A.; GARBOSSA, L.H.P.; VIANNA, L.F.N.; SEIFFERT, W.. **Optimising statistical models to predict faecal pollution in coastal areas based on geographic and meteorological parameters.** *Marine Pollution Bulletin*, v. 129, n. 1, p. 284–292, 2018b.

DE SOUZA, R.V.; CAMPOS, C.J.A.; GARBOSSA, L.H.P.; SEIFFERT, W.. **Developing, cross-validating and applying regression models to predict the concentrations of faecal indicator organisms in coastal waters under different environmental scenarios**. *Science of the Total Environment*, v. 630, p. 20–31, 2018c. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.139>.

EPAGRI. **Levantamento de fazendas marinhas instaladas na costa de SC**. . [S.l: s.n.], 2014

EUROPEAN COMMISSION. **Microbiological monitoring of bivalve mollusc harvesting areas. Guide to good practice: Technical Application**. Weymouth: [s.n.], 2014.

FAO e WHO. **Technical guidance for the development of the growing area aspects of Bivalve Mollusc Sanitation Programmes**. . Rome: [s.n.], 2018. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/275518>

GARBOSSA, L.H.P.; DE SOUZA, R.V.; CAMPOS, C.J.A.; VANZ, A.; VIANNA, L.F.N.; RUPP, G.S. **Thermotolerant coliform loadings to coastal areas of Santa Catarina (Brazil) evidence the effect of growing urbanisation and insufficient provision of sewerage infrastructure**. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 189, n. 27, p. 1–12, 2017. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-016-5742-0>

GARBOSSA, L.H.P.; VANZ, A.; FERNADES, L.; DE SOUZA, R.V.; VIANNA, L.F.; RUPP, G. **Modelling and validation of the Santa Catarina Island Bays hydrodynamics based on astronomic tides and measured tides**. 2014, New York: [s.n.], 2014a. Disponível em: http://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1166&context=cc_conf_hic

GARBOSSA, L.H.P.; DE SOUZA, R.V.; VIANNA, L.F.N.; VANZ, A.; RUPP, G.S. **Moluscos bivalves - Metodologia utilizada no inquérito sanitário das baías da Grande Florianópolis**. . Florianópolis: [s.n.], 2014b. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luis_Pospissil_Garbossa/publication/271526914_Moluscos_Bivalves_-_Metodologia_utilizada_no_Inquerito_Sanitario_das_baias_da_Grande_Florianopolis/links/54cba2cb0cf29ca810f2cdc9/Moluscos-Bivalves-Metodologia-utilizada-no

IBGE. **Censo Demográfico**. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br>, 2010a

IBGE. **Malha de Setores Censitários**. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=o-que-e>, 2010b

LEES, D. **Viruses and bivalve shellfish**. International Journal of Food Microbiology, v. 59, n. 1–2, p. 81–116, Jul 2000. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160500002488>

MIOTTO, L.A. **Coliformes Termotolerantes E Enterococcus Sp Em Ostras E Aguas Salinas Utilizadas Para Cultivo De Moluscos Bivalves Da Baia Sul Da Ilha De Santa Catarina-Brasil**. p. 100, 2009.

NOVAES, A.L.T.; VIANNA, L.F.N.; SANTOS, A.A.; SILVA, F.M.; SOUZA, R.V. **Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina**. Panorama da Aqüicultura, v. 21, p. 52–58, 2010. Disponível em: http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/paginas/09_validate/index.asp

QGIS. **QGIS - Um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto**. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/ Acesso em: 9 out 2020

R. **The R Project for Statistical Computing**. Disponível em: <https://www.r-project.org/> Acesso em: 9 out 2020

SDS/ENGEMAP. **Bacias Hidrográficas Ottocodificadas 1:10.000. Método: Agência Nacional de Águas**. . [S.l.]: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável., 2012a

SDS/ENGEMAP. **Base Hidrográfica 1:10.000. Método: Restituição Aerofotogramétrica**. . [S.l.]: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável., 2012b



www.epagri.sc.gov.br



www.youtube.com/epagritv



www.facebook.com/epagri



www.twitter.com/epagrioficial



www.instagram.com/epagri



linkedin.com/company/epagri



<http://publicacoes.epagri.sc.gov.br>