

UFRRJ

**PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Áreas de Ocorrência de Solos Ácidos Sulfatados
na Ilha de Santa Catarina: Produto Cartográfico
e Base de Dados**

Daniel Alexandre Heberle

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS

ÁREAS DE OCORRÊNCIA DE SOLOS ÁCIDOS SULFATADOS NA
ILHA DE SANTA CATARINA: PRODUTO CARTOGRÁFICO E
BASE DE DADOS

DANIEL ALEXANDRE HEBERLE

Sob a Supervisão da Professora
Lúcia Helena Cunha dos Anjos

E do Professor
Arcângelo Loss

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido como requisito parcial para
obtenção do título de **Especialista** em
Geoprocessamento, Levantamento e
Interpretação de Solos.

Seropédica, RJ
Julho de 2025



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
Com os dados fornecidos pelo autor

H445? Heberle, Daniel Alexandre Heberle, 1978-
Áreas de Ocorrência de Solos Ácidos Sulfatados na
Ilha de Santa Catarina: Produto Cartográfico e Base
de Dados / Daniel Alexandre Heberle Heberle. -
Florianópolis, 2025.
32 f.

Orientadora: Lúcia Helena Cunha dos Anjos dos
Anjos.
Coorientador: Arcangelo Loss.
Trabalho de conclusão de curso (Especialização). -
- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, CURSO
DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO E
INTERPRETAÇÃO DE SOLOS, 2025.

1. Solos hidromórficos. 2. Geoprocessamento. 3.
Planejamento ambiental. I. dos Anjos, Lúcia Helena
Cunha dos Anjos, 1957-, orient. II. Loss, Arcangelo,
1978-, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE
SOLOS. IV. Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

É permitida a cópia parcial ou total deste documento, desde que seja citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO E
INTERPRETAÇÃO DE SOLOS

DANIEL ALEXANDRE HEBERLE

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi submetido como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos.

TCC APROVADO EM 18 de JULHO de 2025.

Profa. Dr^a Lúcia Helena Cunha dos Anjos
(Supervisora - UFRRJ)

Prof. Dr. Marcos Gervasio Pereira
UFRRJ

Prof. Dr. Arcangelo Loss
UFSC

AGRADECIMENTOS

À curiosidade e à dúvida, motores do conhecimento.

À minha esposa, Elaine, pelo apoio incondicional, pela paciência nos períodos de imersão e pelo incentivo constante que tornou este trabalho possível.

À minha supervisora, professora Lucia Anjos, pela orientação rigorosa, pela disponibilidade e pelas contribuições técnicas e críticas que elevaram a qualidade deste estudo.

Aos membros da banca, professor Arcângelo e professor Marcos Gervasio, pela leitura atenta, pelos comentários precisos e pelas sugestões que enriqueceram a versão final.

Aos professores e tutore(a)s do curso na UFRRJ e demais membros da equipe Unisolos, pelo conhecimento compartilhado, pelas discussões instigantes e pelo compromisso com a formação acadêmica.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste TCC, meu sincero obrigado.

RESUMO

Heberle, Daniel Alexandre. **Áreas de ocorrência de solos ácidos sulfatados na ilha de Santa Catarina: Produto cartográfico e base de dados.** 2025. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos). Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

Este estudo integrou informações geomorfológicas e pedológicas em ambiente SIG para mapear, em primeira aproximação, as áreas com potencial de solos ácidos sulfatados (SAS) na Ilha de Santa Catarina, com ênfase em SAS potenciais (PASS). A metodologia envolveu: (i) levantamento bibliográfico; (ii) digitalização e georreferenciamento do mapeamento de solos e geomorfologia (IBGE/IPUF, 1991); (iii) estruturação de geodatabase com dados atuais (MDT, hidrografia, uso e cobertura da terra) e (iv) vetorização e cruzamento temático de solos × geomorfologia, aplicando critérios morfopedológicos de triagem (hidromorfia, planicidade/baixa altimetria, posição de retaguarda de barreiras, proximidade a manguezais/paleolagunas e evidências de drenagem histórica). O mapa temático exploratório resultante destaca zonas prioritárias em planícies retro-barreira, manguezais, planícies/paleolagunas fluviolagunares e depressões interdunares; setores de cristas praias/dunas ativas e relevos dissecados apresentam menor suscetibilidade. A partir das áreas informadas nas unidades mapeadas, estima-se que os polígonos com potencial PASS somem $\approx 10,2$ mil ha, correspondendo a $\approx 25,8\%$ da área terrestre considerada. Os resultados evidenciam o papel do geoprocessamento na atualização e reaproveitamento de dados legados e oferecem uma base cartográfica inicial para planejamento territorial, licenciamento e priorização de validação em campo e laboratório. Como limitações, salientam-se a natureza exploratória (escala 1:50.000) e o uso de proxies diagnósticos, que exigem confirmação analítica (pH de campo, incubação, S total e ABA) nas unidades priorizadas.

Palavras-chave: Solos hidromórficos. Geoprocessamento. Planejamento ambiental.

ABSTRACT

Heberle, Daniel Alexandre. **Areas of occurrence of acid sulfate soils on Santa Catarina island: Cartographic product and database.** 2025 32p. Trabalho de Conclusão de Curso (Specialization in Geoprocessing, Soil Survey and Interpretation). Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

This study integrated geomorphological and pedological information in a GIS environment to map, as a first approximation, the areas with potential acid sulfate soils (SAS) on Santa Catarina Island, with emphasis on potential acid sulfate soils (PASS). The methodology comprised: (i) a literature review; (ii) digitization and georeferencing of the soils and geomorphology mapping (IBGE/IPUF, 1991); (iii) structure of a geodatabase with up-to-date datasets (DEM, hydrography, land use/land cover); and (iv) vectorization and thematic overlay of soils × geomorphology, applying triage criteria (hydromorphy, planarity/low elevation, back-barrier position, proximity to mangroves/paleolagoons, and evidence of historical drainage). The resulting exploratory thematic map highlights priority zones in back-barrier plains, mangroves, fluvio-lagoonal plains/paleolagoons, and interdunal depressions; beach ridges/active dunes and dissected reliefs show lower susceptibility. Based on mapped unit areas, polygons with PASS potential total ≈ 10.2 thousand ha, corresponding to $\approx 25.8\%$ of the considered land area. The results underscore the role of geoprocessing in updating and repurposing legacy data and provide an initial cartographic basis for territorial planning, environmental licensing, and prioritization of field/lab validation. Limitations include the exploratory nature (scale 1:50,000) and reliance on diagnostic proxies, which require analytical confirmation (field pH, incubation, total S, and ABA) in prioritized units.

Keywords: Hydromorphic soils. Geoprocessing. Environmental planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fotografia obtida de voo na década de 1970 da planície costeira leste da ilha, localidade do Rio Vermelho	4
Figura 2 - Fotografia da vala de drenagem da área úmida da restinga do atual Parque Estadual do Rio Vermelho	4
Figura 3 - Fotografia da vala de drenagem da área úmida da restinga, região da Barra da Lagoa.	5
Figura 4 – Fotografia da vala de drenagem da área úmida da restinga, região da Barra da Lagoa.	5
Figura 5 - Diagrama ombrotérmico de Florianópolis (médias mensais multianuais de T e P; meses secos: $P < 2T$). Fonte dos dados: Epagri-CIRAM	10
Figura 6 – Fotografias aéreas: a) fotografia aérea digitalizada de 1957 (1:25.000); b) Fotografia aérea digital infravermelho (1:5.000).	14
Figura 7 – Georreferenciamento do mapa digitalizado de solos em ambiente SIG (ArcGis).	15
Figura 8 – Mapas legados da ilha de Santa Catarina: a) Geomorfologia, b) Solos.....	16
Figura 9 - Mapa de solos compilado e vetorizado em ambiente SIG utilizado na pesquisa ...	16
Figura 10 – Metadados do banco de dados utilizados na elaboração do mapa.	17
Figura 11 - Áreas com potencial de solos ácidos sulfatados (PASS) na Ilha de Santa Catarina, obtidas pelo cruzamento de solos × geomorfologia (escala 1:50.000). Base cartográfica em escala de cinza; áreas potenciais destacadas em cor. Fonte: adaptação de Sommer & Rosatelli (1991) e IBGE/IPUF (1991).	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais autores e estudos sobre solos e geomorfologia da Ilha de Santa Catarina	9
Tabela 2 – Unidades de mapeamento do mapa de solos da Ilha de Santa Catarina	20

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1.	Contextualização Histórica	3
2.2.	O Quaternário e a Formação das Planícies Costeiras e do Sistema Lagunar.....	5
2.3.	Solos Sulfatados Ácidos: Formação e Riscos.....	6
2.4.	Relevância do Estudo e Aplicações Cartográficas.....	7
2.5.	Terminologia e Padrões Diagnósticos (SiBCS, WRB, Soil Taxonomy)	7
2.6.	Processos Geoquímicos: da Sulfidização à Sulfurização.....	8
3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	9
3.1.	Caracterização da Área de Estudo.....	10
3.1.1.	Clima.....	10
3.1.2.	Geologia	11
3.1.3.	Geomorfologia.....	11
3.1.4.	Solos	13
3.2.	Procedimentos Cartográficos	14
3.2.1.	Georreferenciamento do mapa digitalizado.....	15
3.2.2.	Banco de dados	17
3.2.3.	Integração temática e cruzamentos espaciais	17
3.2.4.	Crterios para priorização de PASS (triagem).....	18
3.2.5.	Produção cartográfica	18
3.3.	Limitações e Incertezas	18
3.4.	Associação Entre SAS/PASS e Compartimentos Morfossedimentares na Ilha de SC	19
3.5.	Quadro de Impactos Ambientais e Gatilhos de Ativação	19
3.6.	Síntese Aplicada e Hipóteses para Validação de Campo	19
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1.	Banco de Dados Geoespacial e Imagens de Apoio	20
4.2.	Vetorização e Atualização Temática.....	20
4.3.	Triagem de Áreas com Potencial de SAS (Solos × Geomorfologia × Hidrografia)	21
4.4.	Quantificação Preliminar.....	23
4.5.	Aplicações e Prioridades para Validação, Limitações e Transparência.....	23

4.6.	Riscos e Oportunidades nas Áreas Priorizadas	24
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
7.	APÊNDICE	29
8.	ANEXOS	30



1. INTRODUÇÃO

As regiões costeiras figuram entre as zonas mais dinâmicas do planeta, marcadas pela intensa interação entre sistemas continentais e marinhos. Tratam-se de ambientes de transição, por vezes de limites geográficos difusos, porém estratégicos para a conectividade ecológica, o equilíbrio hidrológico e a regulação de processos sedimentares e biogeoquímicos. Na Ilha de Santa Catarina, essa complexidade manifesta-se por uma variedade de feições geomorfológicas: praias, campos de dunas, manguezais e planícies alagadas moldadas por forças oceânicas, atmosféricas e fluviais atuando de forma integrada.

Entre os ecossistemas de maior relevância estão as áreas úmidas, caracterizadas por saturação hídrica e por comunidades biológicas especializadas. Esses ambientes prestam serviços ecossistêmicos como regulação hídrica, recarga de aquíferos, retenção de sedimentos, sequestro de carbono e modulação microclimática, desempenhando papel-chave tanto para a integridade ambiental quanto para a qualidade de vida nas áreas urbanas adjacentes. Na Ilha de Santa Catarina, persistem remanescentes significativos desses sistemas, sobretudo nas planícies costeiras do leste e sudeste da ilha.

Nesse contexto, os solos atuam não apenas como suporte físico, mas como componentes ativos do sistema ambiental, mediando fluxos de água, energia e matéria, e participando de ciclos biogeoquímicos essenciais. Em ambientes costeiros, entretanto, algumas propriedades pedoquímicas demandam atenção especial: é o caso dos solos ácidos sulfatados (SAS). Em síntese, os SAS se formam sob anoxia em ambientes marinho-lagunares ou manguezais, com acúmulo de enxofre reduzido (por exemplo, pirita, FeS_2). Quando expostos ao oxigênio por drenagem artificial, rebaixamento do lençol freático ou movimentações de terra sofrem oxidação, gerando ácido sulfúrico, o que pode desencadear acidificação severa e impactos à qualidade da água, ao solo e, em alguns casos, à infraestrutura urbana. Por isso, a identificação e o mapeamento de áreas com potencial de SAS são fundamentais para orientar ações de planejamento, prevenção e mitigação de impactos ambientais.

Apesar da relevância do tema para a gestão territorial costeira, ainda são escassas as pesquisas focadas na identificação, delimitação e caracterização de SAS na Ilha de Santa Catarina. Os levantamentos pedológicos existentes (SOMMER & ROSATELLI, 1991; POTTER et al., 1998; HEBERLE, 2012), embora tecnicamente consistentes, apresentam escalas variando de 1:250.000 a 1:25.000 e não tratam diretamente dos processos específicos de formação/ativação de SAS. Ademais, parte das cartas disponíveis carece de atualização e apresenta resoluções espaciais hoje limitantes frente às exigências do planejamento urbano e ambiental. Em áreas como a planície costeira do Pântano do Sul, mesmo com a existência de relatórios ambientais recentes, a componente pedológica tem sido, em geral, tratada de modo superficial, apoiada em mapas regionais e sem detalhamento dos atributos edáficos locais, o que compromete diagnósticos mais precisos e limita a efetividade de ações preventivas (ROSOLEM, 2024).

Somam-se a essa lacuna as transformações históricas de uso e ocupação do solo na ilha: drenagens, modificações do relevo e uso agroflorestal de ambientes paludosos que interferiram



nas condições originais de formação de solos hidromórficos e potencialmente sulfatados, reativando (ou interrompendo) processos pedogenéticos sensíveis à oxidação e à variação do regime hídrico. Esse pano de fundo reforça a necessidade de um produto cartográfico voltado especificamente à triagem espacial de áreas com potencial de SAS (PASS) na Ilha de Santa Catarina, integrando dados históricos e insumos atuais em ambiente de geoprocessamento.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo geral elaborar um mapa temático preliminar que indique áreas com potencial de ocorrência de SAS na Ilha de Santa Catarina, a partir da atualização e integração de dados cartográficos históricos e atuais de solos e geomorfologia.

Especificamente, buscou-se compilar e harmonizar bases pedológicas e geomorfológicas legadas notadamente as cartas IBGE/IPUF (1991) com fontes recentes em ambiente SIG, constituindo um banco geoespacial reproduzível; integrar essas bases a modelos digitais de terreno (MDT), rede de drenagem e demais insumos cartográficos para a delimitação de unidades de mapeamento coerentes com os controles pedo-geomorfológicos; identificar e priorizar unidades com condições predisponentes à ocorrência de SAS potenciais (PASS), considerando hidromorfia, planicidade, posição de retaguarda de barreiras e evidências de drenagem histórica; e, por fim, discutir as limitações e incertezas inerentes à escala 1:50.000, indicando diretrizes para validação subsequente em campo e laboratório (pH, enxofre total e indicadores de oxidação).



2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Contextualização Histórica

A ocupação sistemática da Ilha de Santa Catarina intensificou-se a partir da segunda metade do século XVIII, com a chegada de colonos açorianos enviados pela Coroa portuguesa. Essa política visava simultaneamente assegurar a posse e promover o desenvolvimento do território, oferecendo alternativa às condições adversas de vida nos arquipélagos do Atlântico Norte. As comunidades distribuídas ao longo da ilha estruturaram-se em pequenas propriedades familiares, em que agricultura, pesca e extrativismo vegetal se desenvolveram em estreita relação com os recursos naturais locais (LUPI, 1989).

No meio agrícola, a mandioca consolidou-se como principal cultura alimentar, substituindo o trigo entre os colonos, e sustentou uma rede de engenhos de farinha distribuída por diversas regiões da ilha. A economia insular incorporou ainda o cultivo de milho, feijão e melancia, além da produção leiteira, caracterizando um sistema de base predominantemente de subsistência, porém com ampliação gradual do uso das áreas naturais para fins produtivos (CAMPOS, 1991; LUPI, 1989).

Com o passar do tempo, ambientes originalmente úmidos planícies alagadas, várzeas e depressões entre cordões arenosos foram convertidos para usos agrícola e florestal. Entre os vetores de transformação destacam-se sistemas de drenagem artificial (valas e canais), que alteraram a dinâmica hídrica natural, rebaixaram o nível freático e expandiram a fronteira de cultivo sobre solos antes saturados por longos períodos (CARUSO, 1997). Essas intervenções modificaram o funcionamento ecológico e edáfico das áreas úmidas, criando condições favoráveis à oxigenação de materiais sulfídricos em subsuperfície.

A partir da década de 1960, a expansão de projetos de reflorestamento intensificou as transformações nas paisagens da ilha (CARUSO, 1997). Práticas como abertura de valas, drenagem de áreas encharcadas, desmatamento, queima da vegetação nativa, nivelamento do terreno e transposição de solo orgânico foram empregadas de forma disseminada, contribuindo para a descaracterização de ambientes naturais e para a degradação de formações vegetais e dos solos associados.

Esse conjunto de alterações teve implicações diretas nos solos sob condições hidromórficas, incluindo Organossolos e Gleissolos, bem como em setores com potencial formação de SAS. A exposição de horizontes com compostos sulfurados (por exemplo, pirita) ao oxigênio atmosférico pode desencadear processos de oxidação e acidificação intensa, com repercussões sobre a qualidade do solo, da água e da vegetação (ROSOLEN, 2024). Em termos operacionais, essas dinâmicas constituem gatilhos para a transição de SAS potenciais (PASS) para SAS ativos em áreas úmidas costeiras drenadas.



Figura 1 - Fotografia obtida de voo na década de 1970 da planície costeira leste da ilha, localidade do Rio Vermelho.

Fonte: Acervo histórico Henrique Berenhauser, ano desconhecido.



Figura 2 - Fotografia da vala de drenagem da área úmida da restinga do atual Parque Estadual do Rio Vermelho

Fonte: Acervo histórico Henrique Berenhauser, ano de 1966.



Figura 3 - Fotografia da vala de drenagem da área úmida da restinga, região da Barra da Lagoa.

Fonte: Acervo histórico Henrique Berenhauser, ano de 1969.

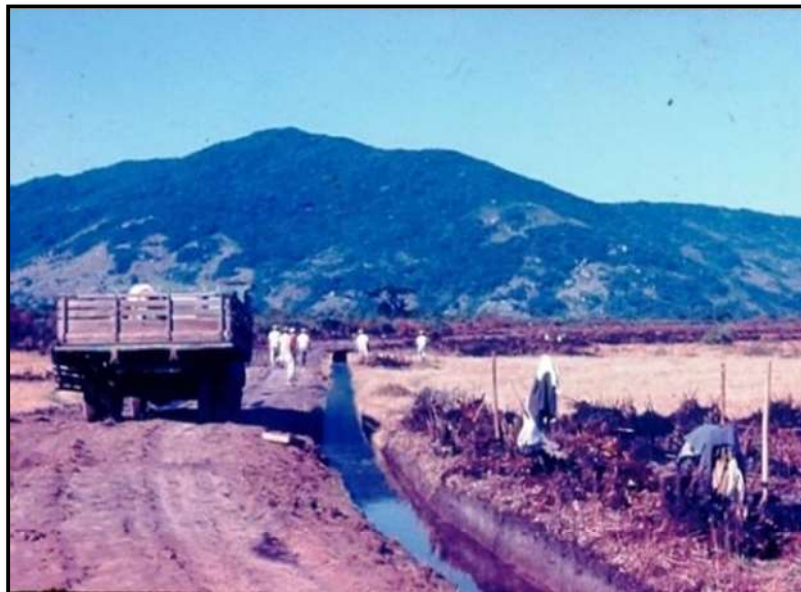


Figura 4 – Fotografia da vala de drenagem da área úmida da restinga, região da Barra da Lagoa.

Fonte: Acervo histórico Henrique Berenhauser, ano de 1969.

2.2. O Quaternário e a Formação das Planícies Costeiras e do Sistema Lagunar

O Quaternário, fase mais recente da história geológica da Terra, é marcado por flutuações climáticas intensas, com múltiplos ciclos de glaciações e interglaciações. Tais oscilações condicionaram o nível relativo do mar e, por consequência, a configuração das

planícies costeiras, incluindo aquelas que compõem grande parte da geografia da Ilha de Santa Catarina (LOWE & WALKER, 2014; ELIAS, 2013).

Ao longo desse período, erosão, sedimentação, transgressões e regressões marinhas modelaram sucessivamente o litoral, gerando sistemas deposicionais complexos e ambientes como praias, lagunas, marismas, campos de dunas e cordões litorâneos (MAHER et al., 1999; SUGUIO, 2010). Essas feições fornecem o contexto morfodinâmico para compreender a gênese e as propriedades atuais dos solos nas planícies costeiras em particular, os controles sobre hidromorfia, acúmulo de matéria orgânica e sulfidização.

As variações do nível relativo do mar durante o Pleistoceno e o Holoceno, com ênfase em episódios de transgressão marinha como a Transgressão Cananéia (~5100 anos A.P.), foram determinantes na formação de planícies costeiras e de sistemas laguna-barreira em diferentes setores do litoral brasileiro, incluindo o sul de Santa Catarina (SUGUIO et al., 1985; ANGULO, LESSA & SOUZA, 2006). A resultante foi a organização de cordões arenosos, paleolagunas e superfícies permanentemente ou periodicamente inundadas ambientes predisponentes ao desenvolvimento de solos hidromórficos e, sob determinadas condições geoquímicas, de SAS.

As barreiras costeiras atuam como anteparo entre o mar aberto e os sistemas lagunares ou áreas úmidas em sua retaguarda, e sua formação responde à interação entre nível do mar, suprimento sedimentar e morfologia costeira regional (BUYNEVICH & FITZGERALD, 2019; ROY et al., 1994). O modelo evolutivo para essas regiões inclui a formação sequencial de sistemas laguna-barreira associados às fases de avanço e recuo do mar, processo observado no litoral sul do Brasil (VILLWOCK et al., 1986). As áreas de retaguarda, tipicamente planas e de baixa altitude, tendem a reter água, acumular matéria orgânica e desenvolver condições de redução, sendo, por isso, ambientes propensos à formação de estoques sulfídricos e, potencialmente, de SAS.

2.3. Solos Sulfatados Ácidos: Formação e Riscos

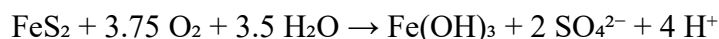
Os solos ácidos sulfatados (SAS¹) são definidos como aqueles que contêm ou podem vir a conter ácido sulfúrico em decorrência da oxidação de minerais sulfídricos notadamente pirita (FeS₂) quando expostos a condições aeróbias (PONS, 1972; SULLIVAN et al., 2018b). Em termos operacionais, distinguem-se três estágios: SAS potenciais (PASS), ainda não oxidados (estoque sulfídrico preservado sob anóxia/saturação); SAS ativos, com pH frequentemente < 3,5 devido à oxidação dos sulfetos e presença de produtos de oxidação; e pós-ativos, nos quais os sulfetos foram consumidos/intemperizados (FANNING, 2017).

A gênese dos SAS está ligada a ambientes saturados de baixa energia manguezais, paleolagunas, pântanos costeiros e áreas paludosas caracterizados por acúmulo de matéria orgânica e atividade microbiológica sob condições anaeróbias. Nessas condições, ocorre a sulfidização, com formação de minerais sulfetos. A drenagem ou o rebaixamento do lençol freático expõe esses materiais ao oxigênio, iniciando a sulfurização (oxidação de sulfetos), com liberação de H⁺ e intensificação da acidez do solo (RABENHORST et al., 2017).

¹ Nota terminológica: ao longo deste trabalho, adota-se sistematicamente a forma solos ácidos sulfatados (SAS); quando necessário distinguem-se estágios, emprega-se SAS potenciais (PASS) e SAS ativos.



O processo é governado por reações redox sensíveis à disponibilidade de oxigênio e à atividade microbiana. O sistema redox no solo regula a estabilidade e a especiação de ferro, manganês e enxofre, sendo particularmente influenciado por saturação hídrica prolongada típica de áreas úmidas litorâneas (KIRK, 2004; VEPRASKAS et al., 2016). A oxidação da pirita pode ser sintetizada, em uma de suas vias, pela reação:



A liberação de prótons (H^+) promove a acidificação do meio e, comumente, a solubilização/mobilização de metais e metaloides, com impactos sobre a qualidade da água, a vegetação e o funcionamento de ecossistemas aquáticos (FITZPATRICK et al., 2009). Em contextos de drenagem histórica em planícies costeiras, a transição de condições redutoras → oxidantes constitui o principal gatilho para a ativação de SAS.

2.4. Relevância do Estudo e Aplicações Cartográficas

No contexto das planícies costeiras da Ilha de Santa Catarina, a presença de superfícies planas, mal drenadas e de origem lagunar/estuarina indica condições ambientais favoráveis à formação de SAS, especialmente PASS. Considerando o histórico de drenagem artificial, o rebaixamento do lençol freático e o uso agroflorestal de áreas úmidas, há risco de ativação de processos de acidificação do solo em zonas sensíveis.

Diante disso, a identificação, o mapeamento e o monitoramento de áreas com potencial para SAS são fundamentais para planejamento ambiental e prevenção de impactos sobre solos e recursos hídricos. Ferramentas de geoprocessamento, associadas a dados geomorfológicos e pedológicos históricos e atuais, permitem a delimitação preliminar de unidades de mapeamento prioritárias, como proposto neste trabalho. Em escala 1:50.000, a integração de cartas históricas (IBGE/IPUF, 1991), MDT, fotointerpretação e informações auxiliares possibilita triagem espacial coerente com os processos pedo-geomorfológicos que controlam a ocorrência de PASS, orientando campanhas futuras de validação em campo e confirmação laboratorial (pH, enxofre total, indicadores de oxidação).

Além do benefício técnico para a gestão territorial (licenciamento, recuperação de áreas úmidas, avaliação de risco), o mapeamento exploratório de SAS contribui para: (i) priorizar setores onde intervenções de drenagem exigem avaliação prévia de PASS/SAS; (ii) subsidiar planos de amostragem e protocolos de conservação de amostras adequados; e (iii) indicar lacunas de informação a serem supridas por levantamentos pedológicos de maior detalhe.

2.5. Terminologia e Padrões Diagnósticos (SiBCS, WRB, Soil Taxonomy)

A identificação e a classificação de SAS demandam padronização terminológica. Em termos operacionais, distinguem-se SAS potenciais (PASS) materiais sulfídricos sob anoxia/saturação, SAS ativos já acidificados por oxidação de sulfetos (pH muito baixo; produtos de oxidação) e pós-ativos com estoque sulfídrico consumido. Diretrizes internacionais e nacionais convergem quanto ao diagnóstico por incubação aeróbia para evidenciar a



acidificação, com parâmetros e espessuras de amostra que variam entre sistemas classificatórios (WRB/Soil Taxonomy/SiBCS). O material hipersulfídrico apresenta acidez líquida positiva (abordagem de balanço ácido-base), enquanto o hiposulfídrico exibe valores zero ou negativos; manuais técnicos descrevem dois métodos de incubação aplicáveis em solos costeiros brasileiros (incluindo casos locais) e ressaltam a necessidade de interpretar os resultados à luz da mineralogia sulfídrica e do pH alcançado (por exemplo, decréscimo $\geq 0,5$ unidade para pH < 4 após incubação)

No SiBCS (2018), a expressão tiomórfica pode ocorrer em Organossolos com material sulfídrico subsuperficial, inclusive abaixo do intervalo clássico de observação; evidências locais mostram redução acentuada de pH e alteração de cor em horizontes minerais após 13 semanas de incubação, reforçando a necessidade de critérios compatíveis com a realidade hidromórfica da planície costeira catarinense

2.6. Processos Geoquímicos: da Sulfidização à Sulfurização

A sulfidização ocorre em condições anóxicas com acúmulo de matéria orgânica e aporte de sulfato, gerando enxofre inorgânico reduzido (RIS). A sulfurização se inicia com a exposição ao oxigênio (drenagem/rebaixamento freático), promovendo a oxidação de sulfetos (em especial pirita, FeS_2), a hidrólise de Fe^{3+} e a formação de novos minerais. Em SAS, O_2 e Fe^{3+} são os principais agentes oxidantes; o processo envolve reações químicas, biológicas e eletroquímicas e apresenta taxas controladas por pH/Eh, morfologia e superfície da pirita, atividade microbiana e fatores hidrológicos. Como consequência, há acidificação do meio e mobilização de metais, com paralelos conceituais à drenagem ácida de mina descritos na literatura de geoquímica aplicada

Em contextos costeiros arenosos da Ilha, tais condições são favorecidas por hidromorfia e planicidade nas unidades de retaguarda de barreiras, o que torna a sulfurização um risco concreto após intervenções de drenagem históricas

A incubação aeróbia é procedimento de referência para revelar o potencial de acidificação em PASS, com critérios de tempo e variação de pH que permitem discriminar materiais hipersulfídricos e hiposulfídricos. O balanço ácido-base (ABA) fornece estimativas de acidez líquida e subsidia a distinção quantitativa de risco (acidez líquida positiva vs. nula/negativa), desde que interpretado junto a indicadores de campo e ensaios confirmatórios. No cenário local, os métodos de incubação recomendados por manuais internacionais foram aplicados em estudos de referência e adotados como base metodológica, indicando a pertinência de estender essa abordagem à validação das unidades priorizadas pelo presente mapeamento



3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi conduzida com base em levantamento bibliográfico, análise cartográfica e integração de dados temáticos em ambiente SIG, com o objetivo de identificar áreas com potencial de ocorrência de solos ácidos sulfatados (SAS), com ênfase em SAS potenciais (PASS), na Ilha de Santa Catarina.

Inicialmente, procedeu-se a uma revisão de literatura em bases acadêmicas e institucionais, com ênfase em dissertações, teses e publicações técnico-científicas relativas à pedologia e à geomorfologia da ilha (Tabela 1). Essa etapa permitiu sistematizar o conhecimento disponível sobre ambientes edáficos regionais, sobretudo áreas úmidas e costeiras, onde são mais prováveis os processos formadores de SAS.

Como insumo cartográfico principal, empregou-se o Mapeamento de Solos e Geomorfologia de Florianópolis (IBGE/IPUF, 1991), originalmente em formato impresso (preto e branco), composto por mapa em escala regional e relatório técnico datilografado, com descrições das unidades pedológicas e geomorfológicas. Esses documentos foram digitalizados, georreferenciados e analisados com ferramentas de geoprocessamento (ArcGIS). A partir da base georreferenciada, realizou-se a vetorização das unidades cartográficas e sua reorganização/ajuste conforme critérios técnicos contemporâneos, preservando a coerência com a legenda original.

Tabela 1 - Principais autores e estudos sobre solos e geomorfologia da Ilha de Santa Catarina

Autor(es)	Ano	Objeto de Estudo	Contribuições principais
Sommer & Rosatelli	1991	Levantamento pedológico (1:50.000)	Delimitação das classes de solo da ilha
Coitinho & Freire	1991	Geologia e geomorfologia de Florianópolis	Descrição de sedimentos quaternários e unidades morfoestruturais
Caruso Jr.	1993	Mapeamento geológico e geomorfológico	Identificação de cordões litorâneos e depósitos turfáceos
Herrmann & Rosa	1991	Compartimentação geomorfológica	Definição dos compartimentos praial, eólico e colúvio-aluvionar
Zanini et al.	1997	Caracterização geológica e sedimentar	Detalhamento dos sistemas transicionais costeiros

As informações extraídas desse mapeamento foram cruzadas com dados ambientais atuais modelo digital do terreno (MDT), uso e cobertura da terra, hidrografia, proximidade de áreas alagadas e ocorrência de solos hidromórficos visando delimitar zonas com características compatíveis com a presença de PASS, com base em critérios morfopedológicos e evidências indiretas. Essa análise integrada entre cartografia histórica e dados modernos resultou em um mapa temático preliminar, indicando áreas com potencial ocorrência de SAS. O produto cartográfico constitui uma ferramenta exploratória para planejamento territorial e priorização

de futuras investigações pedológicas de maior detalhe na planície costeira da Ilha de Santa Catarina.

3.1. Caracterização da Área de Estudo

A Ilha de Santa Catarina, pertencente ao município de Florianópolis (SC), constitui uma unidade territorial insular localizada no litoral sul do Brasil. Sua configuração geográfica é marcada pela interação entre o embasamento cristalino pré-cambriano e as feições sedimentares quaternárias que dominam a planície costeira.

3.1.1. Clima

Para caracterizar o regime hidrotérmico local e contextualizar os processos condicionantes de SAS/PASS, utilizou-se a série histórica da estação meteorológica de Florianópolis (Epagri/CIRAM), abrangendo intervalo da série de 30 anos. A partir dos registros mensais de precipitação (P) e temperatura do ar (T), foram calculadas médias climatológicas multianuais (normais) e totais mensais de precipitação.

O clima predominante é mesotérmico úmido sem estação seca (Cfa, Köppen), com verões quentes e invernos amenos, e precipitação bem distribuída ao longo do ano (média anual ~1700 mm). A circulação regional alterna massa Tropical Atlântica (quente/úmida) e Polar Atlântica (fria/seca), condicionando a frequência de frentes frias no inverno.

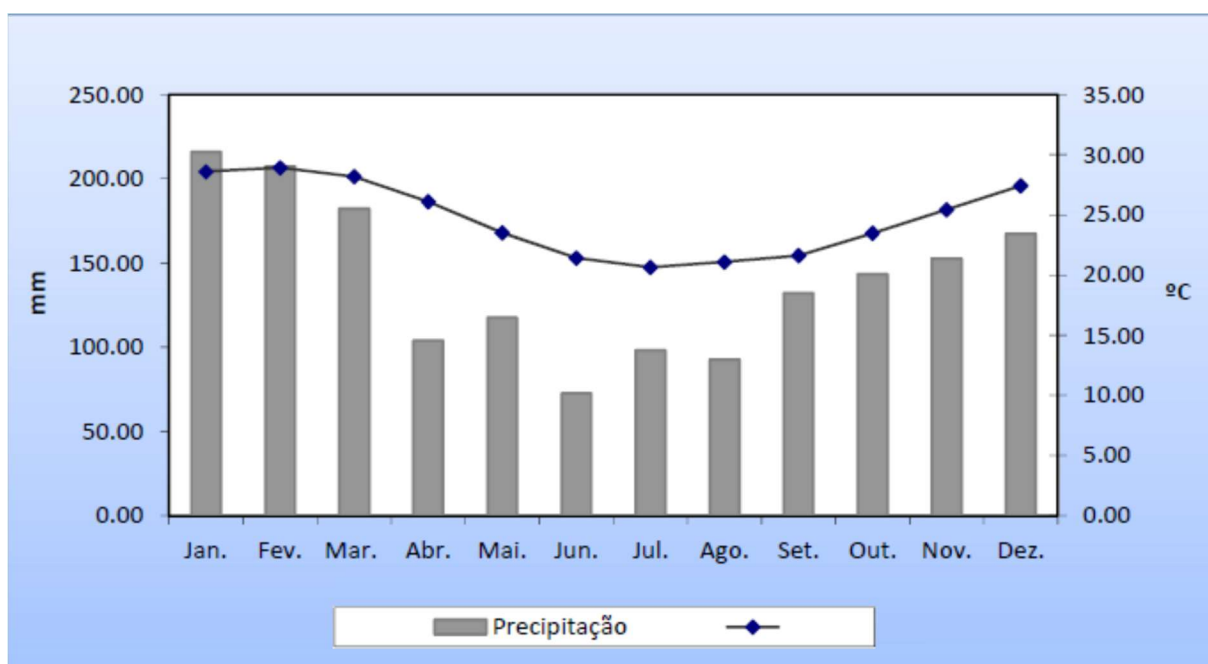


Figura 5 - Diagrama ombrotérmico de Florianópolis (médias mensais multianuais de T e P; meses secos: $P < 2T$). Fonte dos dados: Epagri-CIRAM

Os ventos predominantes são de sul e nordeste, com velocidades médias de $6,52 \text{ m s}^{-1}$ e $3,68 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente, influenciando processos de transporte e deposição sedimentar, especialmente em campos de dunas e zonas úmidas costeiras.

3.1.2. Geologia

A geologia reúne duas grandes unidades: o embasamento cristalino (notadamente o Granito Florianópolis/Granito Ilha) e os sedimentos quaternários, que recobrem extensas áreas da planície litorânea (CARUSO JR., 1993). Na planície ocorrem depósitos de ambientes marinhos, lagunares, eólicos, coluviais e aluviais, com variação textural e orgânica; são comuns depósitos argilo-síltico-arenosos com alto teor de matéria orgânica (associados a manguezais), além de cordões litorâneos holocênicos, campos de dunas e áreas turfáceas, indicadores da dinâmica costeira e dos controles antrópicos e climáticos sobre a sedimentação (CARUSO JR., 1993).

3.1.3. Geomorfologia

A geomorfologia da Ilha de Santa Catarina é dominada por dois macroconjuntos: (i) as Serras do Leste Catarinense, com cristas rochosas orientadas N-S; e (ii) a Planície Costeira Quaternária, composta por terrenos planos a suavemente ondulados sob forte influência marinha, estuarina/lagunar, eólica e fluvial-coluvial. A planície subdivide-se em compartimentos morfossedimentares que controlam a gênese e a distribuição dos solos, sobretudo em ambientes propensos à formação de solos ácidos sulfatados (SAS) e SAS potenciais (PASS).

(a) Sistemas marinho–praias e terraços marinhos

Praia/face litorânea e berma: faixa ativa sob ação de ondas e variações de maré; sedimentos arenosos bem selecionados, alta energia.

Solos típicos: Neossolos Quartzarênicos; baixa expressão pedogênica.

Predisposição a PASS/SAS: baixa (regime oxidante; pouca matéria orgânica).

Terraços marinhos holocênicos (níveis baixos): superfícies planas/subplanas remanescentes de antigos níveis do mar.

Solos típicos: Neossolos/Argissolos arenosos com variações locais.

Predisposição: baixa a média, crescendo em zonas mal drenadas próximas a feições retro-barreira.

(b) Sistema laguna–barreira e retaguarda de barreiras

Cordões litorâneos e entre cordões: séries de cristas arenosas com depressões entre elas; as depressões atuam como ambientes de acumulação de água e matéria orgânica.

Solos: Espodossolos em cristas arenosas; Gleissolos/Organossolos nos entre cordões hidromórficos.

Predisposição: média a alta nos entre cordões (hidromorfia + MO → potencial de sulfidização em subsuperfície).

Planícies e deltas de maré (inter/supramaré): superfícies lodosas e arenosas sob influência de marés, com canais de maré ativos.

Solos: Gleissolos Tiomórficos e Organossolos em setores protegidos.

Predisposição: alta (sulfato abundante, anoxia frequente).

Manguezais: ambientes anóxicos com altos teores de MO e aporte de sulfatos; forte atividade microbiana.



Solos: Organossolos e Gleissolos (incluindo materiais sulfídricos).

Predisposição: muito alta para PASS e risco de SAS ativos após drenagem/rebaixamento freático.

Paleolagunas e planícies fluviolagunares: antigas superfícies lagunares e áreas de transição com deposição fina e orgânica.

Solos: Gleissolos/Organossolos; eventuais horizontes minerais com RIS em profundidade.

Predisposição: alta (acumulação prolongada; anoxia; potencial sulfídrico subsuperficial).

Leques de lavagem (*washover fans*) e esporões/feições de tempestade: depósitos arenosos lançados sobre a retaguarda durante eventos extremos.

Solos: Neossolos arenosos; localmente hidromorfia em zonas abatidas.

Predisposição: baixa a média, dependendo do acúmulo orgânico em depressões adjacentes.

(c) Ambientes eólicos

Dunas ativas (barcanas, parabólicas, transversais): morfologias móveis sob ventos dominantes; baixa retenção hídrica.

Solos: Neossolos Quartzarênicos; pedogênese incipiente.

Predisposição: baixa.

Lençóis de areia e campos dunares estabilizados: presença de cobertura vegetal; formação de horizontes orgânicos rasos.

Solos: Espodossolos (podzolização sob coníferas/arbustivas), localmente Gleissolos em baixios.

Predisposição: média em depressões interdunares.

Depressões interdunares (*dune slacks*): áreas rebaixadas com lençol freático raso/*perched water*; permanência de encharcamento sazonal ou permanente.

Solos: Gleissolos e Organossolos rasos; acumulação de MO.

Predisposição: média a alta (hidromorfia + MO; possível RIS em profundidade).

(d) Ambientes fluviais e colúvio–aluvionares

Planícies de inundação e meandros abandonados: depósitos finos, lençol raso, saturação sazonal; conectividade com planícies lagunares.

Solos: Gleissolos; Organossolos em zonas de estagnação.

Predisposição: média, aumentando em setores com influência salobra/estuarina.

Leques aluviais/colúviais e pés de encosta: aporte episódico de materiais mais grosseiros; drenagem variável.

Solos: Cambissolos/Neossolos; gleização em bolsões desfavoráveis.

Predisposição: baixa a média (depende da posição e do acúmulo orgânico).

(e) Ambientes palustres e turfáceos

Turfeiras/Organossolos Hísticos: acumulação espessa de matéria orgânica sob saturação prolongada (paludização).



Solos: Organossolos típicos/tiomórficos em contato com influência estuarina/marina.
Predisposição: muito alta em setores com aporte de sulfato e anoxia persistente.

A combinação entre hidromorfia, acúmulo de matéria orgânica e disponibilidade de sulfato (ambientes estuarinos/marinho-lagunares) é o controle de primeira ordem para PASS e risco de SAS ativos. Assim, manguezais, planícies e deltas de maré, paleolagunas/planícies fluviolagunares e depressões interdunares são alvos prioritários para triagem e validação, enquanto setores praias/dunas ativas tendem a menor suscetibilidade. Essa compartimentação embasa os critérios operacionais de priorização adotados neste estudo.

Em termos pedológicos, os Gleissolos e Organossolos dominam os ambientes hidromórficos da planície (manguezais, planícies fluviolagunares, paleolagunas e depressões interdunares), configurando alvos prioritários para SAS potenciais (PASS). Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos em ambientes arenosos mal drenados merecem atenção em depressões com lençol raso e acúmulo de matéria orgânica, enquanto Argissolos e Cambissolos marcam as transições para áreas de menor suscetibilidade. A confirmação de PASS/SAS ativos, todavia, requer prospecção em profundidade e análises laboratoriais direcionadas.

3.1.4. Solos

A distribuição e o funcionamento dos solos na Ilha de Santa Catarina refletem os controles morfossedimentares descritos em 3.1.3, mas apresentam propriedades diagnósticas que justificam um tratamento específico, sobretudo no contexto de solos ácidos sulfatados (SAS) e SAS potenciais (PASS). Em síntese, destacam-se:

Gleissolos, solos hidromórficos com gleização e lençol freático raso/sazonal, comuns em planícies fluviolagunares, paleolagunas e intercordões (*swales*). São alvos prioritários para PASS pela combinação de anoxia e acúmulo de materiais finos/ matéria orgânica em subsuperfície.

Organossolos, desenvolvidos sob saturação hídrica prolongada com acúmulo de matéria orgânica (hísticos), típicos de manguezais e ambientes palustres. Em setores com influência estuarina/marina podem apresentar material sulfídrico em profundidade, configurando alto potencial para PASS e risco de SAS ativos após drenagem.

Espodossolos, associados a materiais arenosos com podzolização; em depressões interdunares e áreas mal drenadas podem coexistir com condições redutoras sazonais. Embora menos clássicos para PASS que Gleissolos/Organossolos, depressões com lençol raso e MO podem armazenar enxofre reduzido em subsuperfície.

Neossolos Quartzarênicos, arenosos e pouco evoluídos, dominam cordões/dunas; baixa predisposição em cristas ativas, mas interdunas com lâmina d'água/lençol aflorante podem concentrar hidromorfia e matéria orgânica, elevando a atenção para PASS localmente.

Argissolos e Cambissolos, mais frequentes em bordas de planície e transições com o embasamento; tendem a apresentar menor suscetibilidade direta a PASS, mas são importantes como marcos de transição para ambientes hidromórficos.

No contexto deste estudo, o foco recai sobre classes hidromórficas e orgânicas (Gleissolos e Organossolos) e sobre ambientes arenosos mal drenados (Espodosolos/Neossolos em depressões interdunares), onde a combinação hidromorfia + matéria orgânica + aporte de sulfato favorece a sulfidização em profundidade. Ressalta-se que a confirmação de PASS e a distinção entre PASS e SAS ativos dependem de verificação em campo e de ensaios laboratoriais específicos, dada a possibilidade de estoques sulfídricos subsuperficiais abaixo do intervalo usual de observação.

3.2. Procedimentos Cartográficos

Foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1:25.000 (CRUZEIRO DO SUL, 1957) (Fig 7a). Com base em mosaicos georreferenciados, procedeu-se à digitalização em tela, considerando critérios clássicos de fotointerpretação forma, sombra, tamanho, tonalidade, densidade, textura, posição e associações conforme Loch (2008). O material cartográfico foi produzido nos softwares ArcGIS 10.5 (ESRI, 2015).

Em campo, as descrições pontuais registraram observações durante sondagens de solos e sedimentos realizados por Heberle (2012) e Rosolen (2024), em que a coleta e a descrição em ambos os trabalhos seguiram o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2015), subsidiando a interpretação das unidades de paisagem. As regras de mapeamento adotadas seguiram orientações do IBGE (1998; 2007; 2009) para mapas detalhados e semidetalhados, com restituição fotogramétrica digital, controle de campo e análises de laboratório pertinentes ao nível de detalhe.

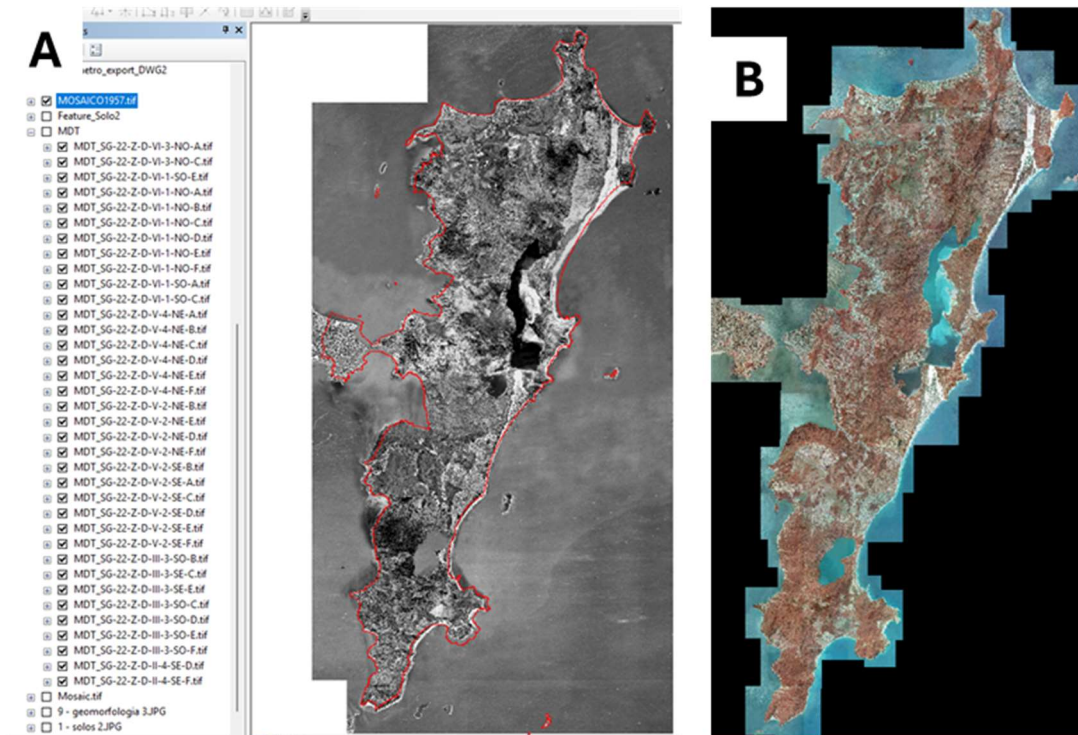


Figura 6 – Fotografias aéreas: a) fotografia aérea digitalizada de 1957 (1:25.000); b) Fotografia aérea digital infravermelho (1:5.000).

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.1. Georreferenciamento do mapa digitalizado

A imagem do mapa digitalizado (TIFF) foi pré-editada para evidenciar a grade de coordenadas original, facilitando o georreferenciamento em ambiente SIG (ArcGIS). Utilizou-se a ferramenta *Georeferencing* (Fig. 7) para inserir as coordenadas nas interseções da malha (X e Y) do mapa original. Foram ao todo 18 pontos de controle, e aplicou-se transformação polinomial de 2ª ordem. O ajuste foi avaliado por erro médio quadrático (RMSE) e inspeção visual, garantindo compatibilidade posicional com as feições reconhecíveis do mosaico aerofotográfico.

A série histórica de fotografias aéreas, sobretudo de 1957, permitiu interpretação mais nítida dos ambientes geomorfológicos e auxiliou na identificação/delimitação de feições de acumulação (baixadas) na ilha, funcionando como controle independente na verificação de correspondência entre as unidades geomorfológicas e pedológicas vetorizadas.

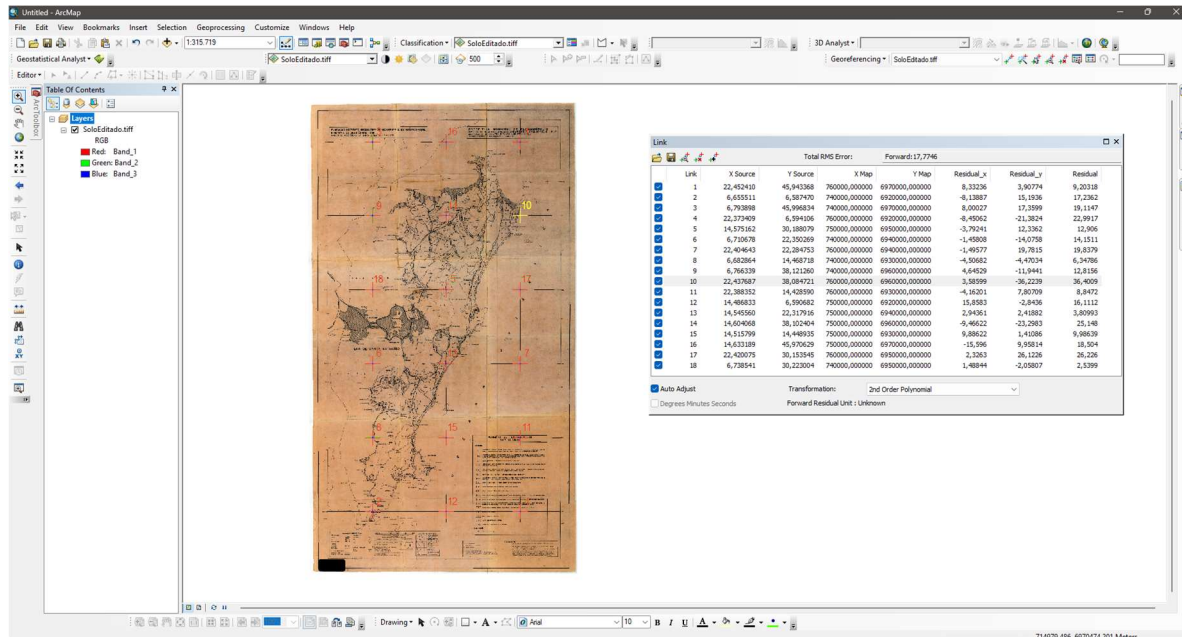


Figura 7 – Georreferenciamento do mapa digitalizado de solos em ambiente SIG (ArcGis)

Fonte: Elaborado pelo autor

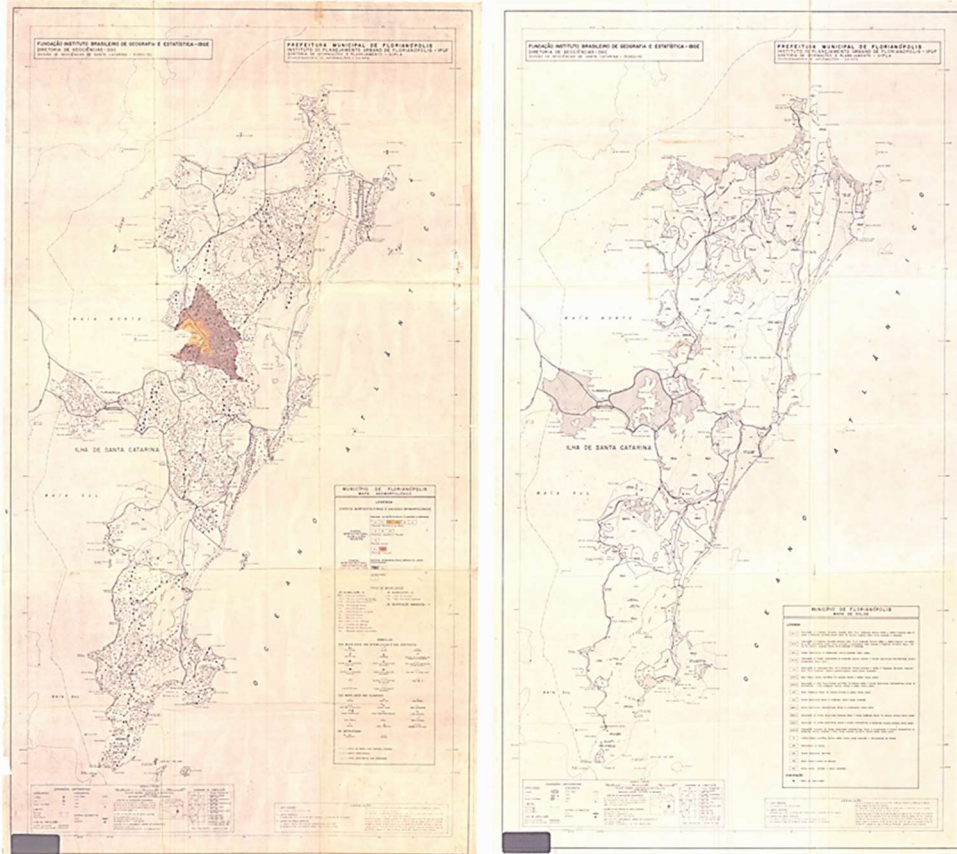


Figura 8 – Mapas legados da ilha de Santa Catarina: a) Geomorfologia, b) Solos
Fonte: Adaptado pelo autor

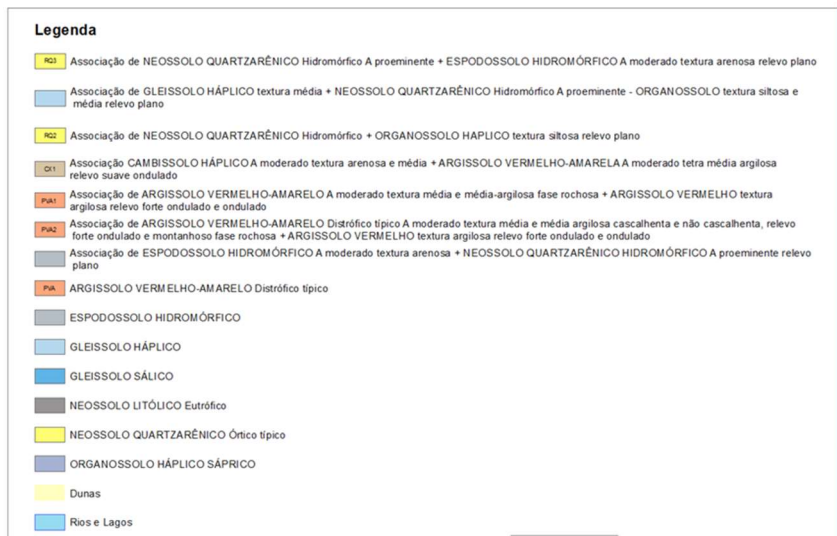


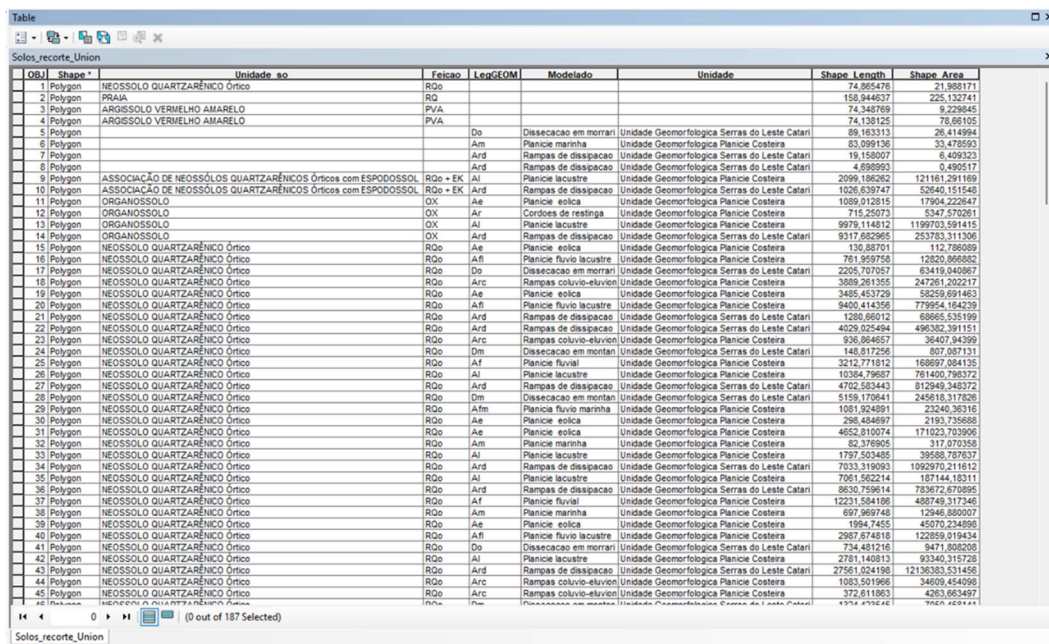
Figura 9 - Mapa de solos compilado e vetorizado em ambiente SIG utilizado na pesquisa
Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.2. Banco de dados

O banco de dados geoespacial foi estruturado a partir do cruzamento (overlay) entre os metadados do mapa geomorfológico e do mapa pedológico. As principais colunas adotadas foram:

- Unidade_so — classe/tipo de solo identificado na Ilha de Santa Catarina (conforme legenda original);
- Feicao — rótulo/descrição da legenda pedológica;
- LegGEOM — rótulo/descrição da legenda geomorfológica;
- Modelado — tipo de modelado de acumulação;
- unidade — unidade geomorfológica correspondente.

Quando pertinente, foram acrescentados atributos derivados (por exemplo, área (ha), perímetro, centroide), de modo a padronizar consultas e facilitar a composição do atlas temático.



OBJ	Shape	Unidade_so	Feicao	LegGEOM	Modelado	Unidade	Shape_Length	Shape_Area
1	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo				74,905476	21,988171
2	Polygon	PRAIA	RQo				158,944637	225,132741
3	Polygon	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO	PVA				74,348769	9,229845
4	Polygon	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO	PVA				74,139125	7,86105
5	Polygon			Do	Dissecação em morrari	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	59,163313	26,414994
6	Polygon			Am	Planície marinha	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	83,099136	33,478593
7	Polygon			Ard	Rampas de dissipacao	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	19,158007	6,409323
8	Polygon			Ard	Rampas de dissipacao	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	4,898992	0,436517
9	Polygon	ASSOCIAÇÃO DE NEOSSÓLOS QUARTZARÊNICO Órtico com ESPODOSSOL	RQo + EK	AI	Planície lacustre	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	2099,186262	121161,291169
10	Polygon	ASSOCIAÇÃO DE NEOSSÓLOS QUARTZARÊNICO Órtico com ESPODOSSOL	RQo + EK	Ard	Rampas de dissipacao	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	1026,839747	52640,151548
11	Polygon	ORGANOSSOLO	OX	Ae	Planície eólica	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	1089,012815	17904,222647
12	Polygon	ORGANOSSOLO	OX	Ar	Cordões de restinga	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	715,250773	5347,570261
13	Polygon	ORGANOSSOLO	OX	AI	Planície lacustre	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	9979,114812	1199703,591415
14	Polygon	ORGANOSSOLO	OX	Ard	Rampas de dissipacao	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	9317,682965	253783,311306
15	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ae	Planície eólica	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	130,88701	112,786089
16	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Afl	Planície fluvio lacustre	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	761,893769	19200,869892
17	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Do	Dissecação em morrari	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	2205,707057	63419,040867
18	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Arc	Rampas colúvio-eluvion	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	3889,261355	247261,202217
19	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ae	Planície eólica	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	3455,453729	53259,691463
20	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Afl	Planície fluvio lacustre	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	9400,414356	779954,164239
21	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ard	Rampas de dissipacao	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	1280,66012	68665,535199
22	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ard	Rampas de dissipacao	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	4029,025494	496392,391151
23	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Arc	Rampas colúvio-eluvion	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	936,864657	36407,84269
24	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Dm	Dissecação em montan	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	148,817256	807,087131
25	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Af	Planície fluvial	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	32,12,771612	168897,084135
26	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	AI	Planície lacustre	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	10364,79867	781400,736372
27	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ard	Rampas de dissipacao	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	4702,583443	812949,348372
28	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Dm	Dissecação em montan	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	5159,170641	245816,317826
29	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Aflm	Planície fluvio marinha	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	1081,824891	23240,263116
30	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ae	Planície eólica	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	298,484897	2163,735698
31	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ae	Planície eólica	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	4652,810074	171023,703906
32	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Am	Planície marinha	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	82,376905	317,070358
33	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	AI	Planície lacustre	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	1197,503455	39586,726337
34	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ard	Rampas de dissipacao	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	7033,319093	1092970,211612
35	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	AI	Planície lacustre	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	7081,582214	187144,18311
36	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ard	Rampas de dissipacao	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	8630,759614	783672,673895
37	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Af	Planície fluvial	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	12231,584198	489749,317346
38	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Am	Planície marinha	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	697,969748	12946,880077
39	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ae	Planície eólica	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	1994,7455	45070,234998
40	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Afl	Planície fluvio lacustre	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	2957,674618	122059,019434
41	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Do	Dissecação em morrari	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	734,481216	9471,898208
42	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	AI	Planície lacustre	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	2781,140813	93340,315728
43	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Ard	Rampas de dissipacao	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	27581,024198	12136393,531458
44	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Arc	Rampas colúvio-eluvion	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	1083,501966	34609,454996
45	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Arc	Rampas colúvio-eluvion	Unidade Geomorfológica Planície Costeira	372,611863	4263,663497
46	Polygon	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	RQo	Dm	Dissecação em montan	Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catar	4374,479242	7669,468411

Figura 10 – Metadados do banco de dados utilizados na elaboração do mapa.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.3. Integração temática e cruzamentos espaciais

Com as camadas vetorizadas e georreferenciadas, executou-se a sobreposição entre solos e geomorfologia, complementada por hidrografia, uso/cobertura da terra, MDT e feições úmidas (manguezais, planícies de maré, paleolagunas). O objetivo foi identificar padrões compatíveis com PASS, considerando proxies morfopedológicos e histórico de drenagem (quando documentado).



3.2.4. Critérios para priorização de PASS (triagem)

A priorização das unidades com potencial para PASS considerou a presença de uma ou mais das seguintes condições predisponentes (derivadas da literatura e da interpretação integrada):

- Posição de retaguarda de barreiras costeiras;
- Planicidade e baixa altimetria no MDT, com drenagem restrita;
- Associação com Gleissolos/Organossolos e Espodossolos em materiais arenosos hidromórficos;
- Proximidade/continuidade com manguezais e planícies fluviolagunares;
- Evidências de drenagem ou antropização histórica (valas/canais).

Esses filtros foram utilizados exclusivamente para triagem exploratória, reconhecendo que a confirmação de SAS (e a distinção PASS/SAS ativos) depende de verificação de campo e ensaios laboratoriais específicos.

3.2.5. Produção cartográfica

O produto final foi organizado em escala 1:50.000, com padronização de elementos cartográficos (legendas, convenções, fontes, escalas gráficas) e metadados compatíveis. Os layouts temáticos foram exportados em formatos vetoriais e raster para difusão técnica e reuso.

3.3. Limitações e Incertezas

Escala e generalização: a escala 1:50.000 impõe limites de discriminação temática e posicional.

Profundidade diagnóstica: em sedimentos arenosos hidromórficos, materiais sulfídricos podem ocorrer em subsuperfície, além do intervalo comum de observação; isso pode exigir sondagens >1 m.

Dados legados: a antiguidade de parte da cartografia pode refletir mudanças recentes de uso e cobertura; a atualização por imagens recentes reduz, mas não elimina, incertezas.

Proxies: os indicadores indiretos (morfologia, hidromorfia, associação com classes de solos) não substituem o diagnóstico em campo/laboratório.

Sendo um mapeamento exploratório (1:50.000), a generalização espacial é inerente e requer validação subsequente em maior detalhe. Em sedimentos arenosos hidromórficos, a presença de material sulfídrico subsuperficial pode alterar a classificação ao aprofundar a amostragem (por exemplo, de Neossolos Quartzarênicos hidromórficos para Gleissolos), o que justifica estratégias de sondagem específicas nas unidades priorizadas. Além disso, a escassez de estudos detalhados e a antiguidade de alguns mapas exigem integração crítica de dados históricos e insumos atuais (MDT, ortofotos) abordagem que o seu TCC já implementa e que deve orientar futuras campanhas de campo e ensaios laboratoriais focalizados



3.4. Associação Entre SAS/PASS e Compartimentos Morfossedimentares na Ilha de SC

A compartimentação da ilha em praial, eólica e colúvio-aluvionar/planície condiciona a ocorrência de hidromorfia e o acúmulo de orgânicos. Em particular, planícies fluviolagunares, manguezais e depósitos arenosos mal drenados sustentam classes como Gleissolos, Organossolos (incluindo tiomórficos), Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos hidromórficos, que se relacionam a PASS em diferentes profundidades. Evidências locais registram horizontes minerais com RIS abaixo do limite usual de observação e resposta rápida do pH em incubação, sugerindo que sondagens >1 m são cruciais para diagnóstico adequado e para evitar subestimação do risco em setores drenados ou antropizados

O produto cartográfico da pesquisa confirma a predominância de solos mal drenados nas unidades de maior probabilidade, coerente com a gênese quaternária (sistemas laguna-barreira) e com os condicionantes hidrológicos atuais

3.5. Quadro de Impactos Ambientais e Gatilhos de Ativação

A acidificação decorrente da sulfurização resulta em liberação de H⁺ e mobilização de metais, com consequências para solo e água (p.ex., precipitação férrica, degradação de qualidade) e implicações ecossistêmicas. No plano conceitual, os mecanismos coincidem com a literatura de drenagem ácida associada à oxidação de sulfetos, reforçando a necessidade de gestão preventiva em áreas com intervenções de drenagem (históricas ou planejadas). No acervo local, as mudanças de pH observadas em incubação e a descrição de produtos de oxidação em horizontes minerais oferecem um sinal de alerta para zonas úmidas drenadas da Ilha de Santa Catarina

3.6. Síntese Aplicada e Hipóteses para Validação de Campo

Com base no modelo morfogenético quaternário e na associação pedo-geomorfológica descrita, formulam-se hipóteses operacionais para guiar a validação:

- (i) PASS concentram-se em planícies fluviolagunares e manguezais, com RIS em profundidades >1 m em segmentos arenosos;
- (ii) unidades com drenagem histórica exibem maior probabilidade de transição PASS → SAS ativos; e
- (iii) classes mal drenadas (Gleissolos/Organossolos) e Espodossolos arenosos indicam áreas-alvo para sondagens e incubação.

O banco geoespacial e o mapa com 16 unidades do seu trabalho constituem a base para amostragem estratificada e subsequente análise laboratorial nas unidades de maior probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta etapa foram estruturados e organizados os dados geoespaciais para triagem de áreas com potencial de solos ácidos sulfatados (SAS) na Ilha de Santa Catarina. A base técnico-metodológica consolidada (cartografia histórica digitalizada/georreferenciada, MDT, uso e cobertura, hidrografia e fotointerpretação) assegura a consistência do produto cartográfico e sua reprodutibilidade.

4.1. Banco de Dados Geoespacial e Imagens de Apoio

Foi criada geodatabase (GDB) em ambiente SIG contendo: (i) imagens de sensoriamento (faixa do infravermelho próximo, cena de 2007); (ii) MDT compatível à escala de trabalho; (iii) mapas de solos e geomorfologia (IBGE/IPUF, 1991) digitalizados e georreferenciados (18 GCPs; transformação polinomial de 2ª ordem; verificação por RMSE e inspeção visual); e (iv) camadas cadastrais (limites municipais, UCs, malha viária e áreas urbanizadas, IPUF/IBGE/PMF).

Mesmo em preto e branco, o material de 1991 reteve informação temática de detalhe, fundamental para a vetorização de limites pedológicos e geomorfológicos.

4.2. Vetorização e Atualização Temática

A vetorização das unidades pedológicas e geomorfológicas foi realizada sobre a base georreferenciada, seguida de reorganização/ajuste de legenda conforme critérios técnicos atuais. A análise cruzada entre unidades geomorfológicas (praial, eólica, colúvio-aluvionar/planície) e classes pedológicas, aliada à interpretação de feições úmidas (manguezais, turfeiras, swales entre cordões litorâneos), produziu o mapa temático preliminar de áreas com potencial de SAS.

A Tabela 2 contempla 16 unidades. Observa-se a predominância de associações hidromórficas (Espodosolos, Gleissolos, Neossolos Quartzarênicos hidromórficos) e orgânicas (Organossolos), coexistindo com Argissolos e Cambissolos em relevos mais dissecados. Essa diversidade é coerente com a compartimentação morfossedimentar da ilha e com os controles quaternários previamente discutidos.

Tabela 2 – Unidades de mapeamento do mapa de solos da Ilha de Santa Catarina

Id	Unidade	Area (ha)
1	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico	320,69
2	Associação CAMBISSOLO HÁPLICO A moderado textura arenosa e média + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO A moderado tetra média argilosa relevo suave ondulado	6857,75
3	Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO A moderado textura média e média argilosa fase rochosa + ARGISSOLO VERMELHO textura argilosa relevo forte ondulado e ondulado	502,30
4	Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico A moderado textura média e média argilosa cascalhenta e não cascalhenta, relevo forte ondulado e montanhoso fase rochosa + ARGISSOLO VERMELHO textura argilosa relevo forte ondulado e ondul	11385,20
5	Associação de ESPODOSSOLO HIDROMÓRFICO A moderado textura arenosa + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO HIDROMÓRFICO A proeminente relevo plano	2038,69
6	Associação de GLEISSOLO HÁPLICO textura média + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico A proeminente - ORGANOSSOLO textura siltosa e média relevo plano	2074,23



7	Associação de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico + ORGANOSSOLO HÁPLICO textura siltosa relevo plano	180,21
8	Associação de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico A proeminente + ESPODOSSOLO HIDROMÓRFICO A moderado textura arenosa relevo plano	1118,45
9	Dunas	1591,25
10	ESPODOSSOLO HIDROMÓRFICO	231,012
11	GLEISSOLO HÁPLICO	2094,44
12	GLEISSOLO SÁLICO	2068,97
13	NEOSSOLO LITÓTILO Eutrófico	2133,10
14	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico	6602,69
15	ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico	417,27
16	Rios e Lagos	3121,15

4.3. Triagem de Áreas com Potencial de SAS (Solos × Geomorfologia × Hidrografia)

Aplicou-se, em SIG, a regra metodológica de triagem (hidromorfia, planicidade/baixa altimetria no MDT, retaguarda de barreiras, associação pedológica com Gleissolos/Organossolos/Espodossolos hidromórficos/Neossolos hidromórficos, proximidade de ambientes lagunares/manguezais e evidências de drenagem histórica). O resultado espacial é apresentado na Figura 9. O cruzamento temático resultou na delimitação das áreas prioritárias para PASS, concentradas sobretudo nas planícies retro-barreira e manguezais da costa leste e sudeste da ilha.

Principais padrões espaciais (ilha como um todo):

- Planícies retro-barreira e intercordões (*swales*) da costa leste e sudeste: altíssima prioridade (hidromorfia recorrente, acumulação orgânica e conectividade com sistemas lagunares/estuarinos).
- Manguezais e planícies de maré (baías e enseadas): altíssima prioridade (anoxia + aporte de sulfato), com destaque para Gleissolos sálcos e Organossolos.
- Paleolagunas/planícies fluviolagunares no interior de compartimentos arenosos: alta prioridade, com potencial de material sulfídrico em subsuperfície (>1 m) em setores arenosos mal drenados.
- Depressões interdunares em campos eólicos estabilizados: média a alta prioridade (lençol freático raso + MO); atenção a espessura reduzida dos orgânicos e à sazonalidade.

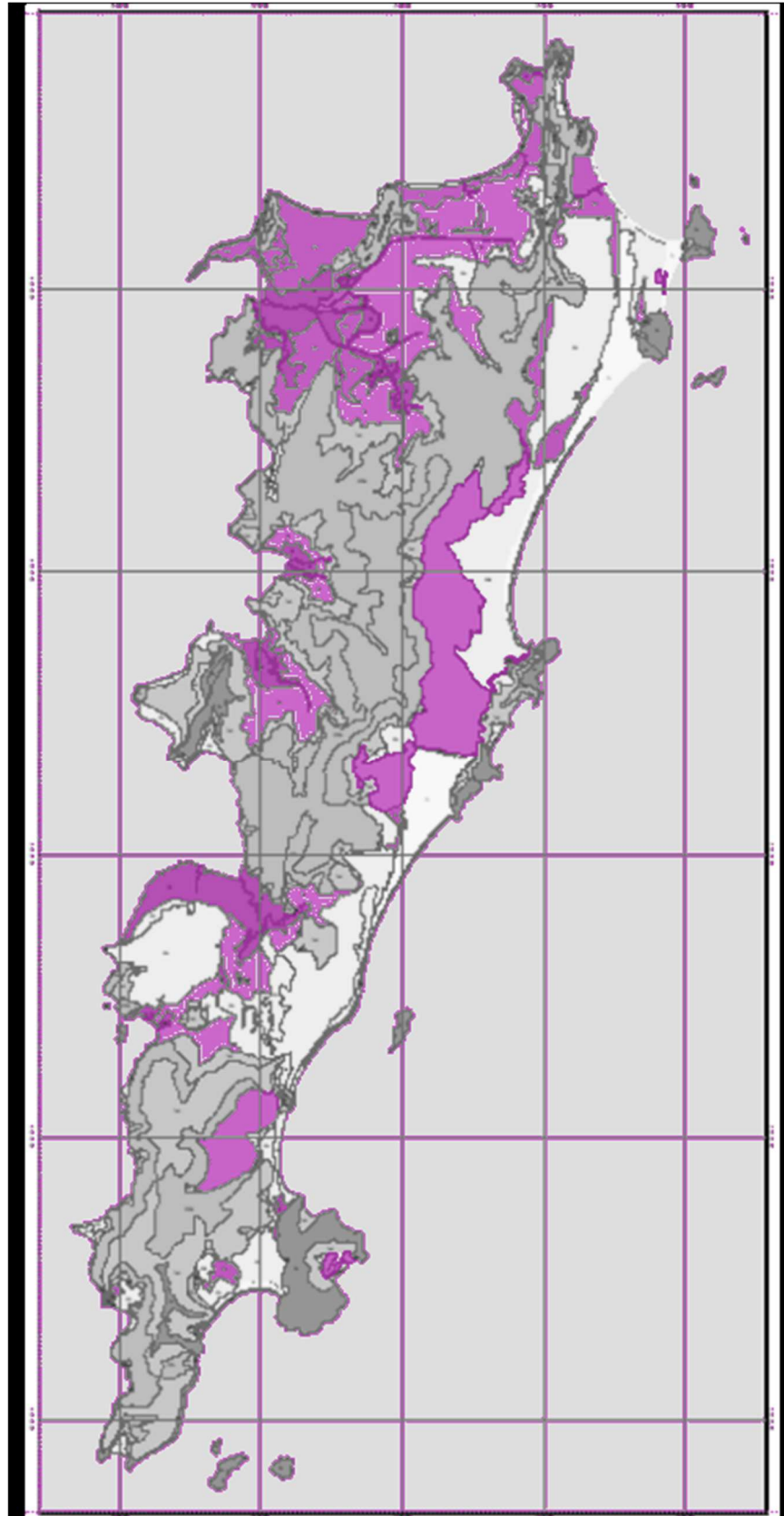


Figura 11 - Áreas com potencial de solos ácidos sulfatados (PASS) na Ilha de Santa Catarina, obtidas pelo cruzamento de solos × geomorfologia (escala 1:50.000). Base cartográfica em escala de cinza; áreas potenciais destacadas em cor. Fonte: adaptação de Sommer & Rosatelli (1991) e IBGE/IPUF (1991). Fonte: autor

4.4. Quantificação Preliminar

Com base nas áreas informadas para as 16 unidades, a soma das unidades com potencial PASS (associações contendo Gleissolos, Organossolos, Espodossolos hidromórficos e Neossolos Quartzarênicos hidromórficos) totaliza ≈ 10.223 ha. Considerando a área terrestre mapeada (excluindo “Rios e Lagos”), isso representa $\approx 25,8$ % do território insular mapeado.

A presença de Gleissolo Sáfico (setores com influência salobra/marina) sugere risco elevado de SAS ativos quando há drenagem artificial ou rebaixamento do lençol freático; Organossolos Sápricos indicam anoxia persistente e estoques orgânicos potencialmente associados a RIS em contato com águas sulfatadas; Espodossolos hidromórficos em ambientes arenosos mal drenados podem armazenar enxofre reduzido em profundidade. Em Neossolos Quartzarênicos hidromórficos, o estoque sulfídrico pode ocorrer abaixo do intervalo usual de amostragem reforçando a necessidade de sondagens > 1 m em setores prioritários.

4.5. Aplicações e Prioridades para Validação, Limitações e Transparência

O produto cartográfico resultante é relevante para orientar:

- Licenciamento e planejamento: exigir avaliação prévia de PASS/SAS antes de drenagens/terraceamentos em unidades priorizadas;
- Amostragem estratificada para confirmação (campo + laboratório): pH de campo, S total, indicadores de oxidação (ex.: jarosita), incubação aeróbia e Balanço Ácido-Base (ABA) quando pertinente;
- Profundidades ampliadas em sedimentos arenosos hidromórficos (> 1 m), considerando o posicionamento subsuperficial de materiais sulfídricos.

Dentre as limitações do produto, para transparência da informação, destacam-se:

- Escala 1:50.000: implica generalização temática/posicional; o mapa é exploratório e requer validação em maior detalhe.
- Associações de solos: a presença de um componente hidromórfico/orgânico na associação não implica continuidade espacial do potencial PASS em 100 % da unidade; o mapa indica zonas prováveis.
- Diagnóstico indireto: a triagem por proxies (morfologia, hidromorfia, posição retro-barreira, histórico de drenagem) não substitui o diagnóstico analítico.
- Base cartográfica histórica: diferenças pontuais podem refletir mudanças recentes de uso/cobertura; a integração com imagens/MDT atualizados reduz, mas não elimina, incertezas.

Tendo delimitado os padrões espaciais de potencial de SAS/PASS, apresentado o mapa de triagem (Fig. 9) e explicitado as limitações e incertezas inerentes à escala e aos dados, avançamos para os desdobramentos operacionais do estudo.

4.6. Riscos e Oportunidades nas Áreas Priorizadas

Nesta etapa, discutimos como as áreas priorizadas se traduzem em riscos e oportunidades para (i) infraestrutura civil e fundação de obras em ambientes sensíveis; (ii)



integridade ambiental e possíveis sinais biofísicos a monitorar; (iii) planejamento de refinamento cartográfico (escala e amostragem); (iv) uso de camadas básicas (pedologia + geomorfologia + MDT) como insumo suficiente à gestão territorial; (v) capacitação técnica e governança do dado; e (vi) reprodutibilidade com ferramentas convencionais. Essa abordagem mantém a coerência com os objetivos do trabalho: priorizar onde agir, como validar e com que meios implementar a gestão preventiva em escala insular.

i) Implicações para a infraestrutura civil

Em ambientes com SAS ativos ou sujeitos à sulfurização após drenagem, a acidificação do meio por H^+ e a presença de sulfato criam condições quimicamente agressivas para materiais cimentícios e aço. A redução do pH promove a despassivação das armaduras, acelerando processos de corrosão eletroquímica em estacas de concreto armado; concomitantemente, a ataque ácido dissolve constituintes do cimento e, em presença de sulfatos, pode favorecer reação sulfática (formação de gipsita/etringita), com perda de resistência e expansões indesejáveis.

Historicamente, estacas de madeira foram preferidas por engenheiros em setores paludosos da ilha, pois a anoxia e a saturação permanente inibem o ataque biológico; contudo, drenagens e rebaixamentos do lençol freático expõem a madeira à oxigenação, reativando decomposição/apodrecimento.

Assim, o mapeamento exploratório de PASS deste estudo é relevante para a gestão de risco em projetos de fundação, indicando setores onde diagnóstico geotécnico-químico prévio deve ser mandatário (pH, sulfatos, potencial de acidificação, agressividade ao concreto).

ii) Impactos ambientais e sinais biofísicos associados

A sulfurização em áreas drenadas pode levar a pH muito baixo em solo e água, com mobilização de Fe, Al e outros metais/metaloídes. Em sistemas aquáticos receptores, são comuns precipitações férricas e redução de oxigênio dissolvido, com eventos de mortalidade de peixes/invertebrados. Em meio terrestre, a vegetação pode manifestar declínio de vigor ou morte por toxicidade e deficiências nutricionais induzidas (por exemplo, bloqueio de P por Fe/Al), além de alteração de composição em zonas úmidas. Tais efeitos reforçam que, nas unidades priorizadas por este mapeamento, quaisquer intervenções de drenagem/movimentação de terra devem ser precedidas de avaliação ambiental dirigida, incorporando monitoramento de pH e metais em solo e água e planos de contingência.

iii) Implicações de escala e caminhos para refinamento

A escala 1:50.000 é adequada à triagem regional, mas insuficiente para delimitação fina de hotspots e para decisões de obra. Variações subquilométricas na posição do lençol freático, no acúmulo orgânico e nos contatos sedimento-rocha podem alterar a probabilidade local de PASS. Assim, recomenda-se refinamento cartográfico em 1:25.000 e, em setores sensíveis, 1:10.000 ou maior detalhe, com aumento de densidade amostral, sondagens >1 m em materiais arenosos hidromórficos e validação laboratorial (pH, S total, incubação, ABA). Esse escalonamento garante transição consistente da triagem exploratória para a gestão operacional.



iv) Valor de dados básicos (pedologia + geomorfologia) para a gestão territorial

Os resultados mostram que o cruzamento de camadas básicas pedologia e geomorfologia (com apoio de MDT e hidrografia) já é suficiente para produzir informação acionável sobre PASS/SAS em escala municipal/metropolitana. Mesmo sem inventários recentes em detalhe, a integração crítica de dados legados com insumos atuais permite priorizar áreas, otimizar campanhas de campo e subsidiar licenças e condicionantes. Esse achado é particularmente importante em contextos de recursos limitados, onde respostas rápidas são necessárias para prevenir impactos.

v) Capacitação técnica e governança do dado

A execução de estudos desse tipo depende de expertise pedológica integrada à leitura geomorfológica e ao SIG. A escassez de profissionais com formação específica em pedologia de ambientes costeiros pode limitar a qualidade e a cobertura de diagnósticos no território, com reflexos diretos na gestão de risco e no planejamento. Este trabalho evidencia que a capacidade instalada do autor na interface pedologia–geomorfologia–geoprocessamento foi determinante para estruturar o banco geoespacial, harmonizar legendas e operacionalizar a triagem.

vi) Reprodutibilidade metodológica com ferramentas convencionais

A abordagem proposta não exige ferramentas computacionais avançadas para cumprir o objetivo de triagem espacial. SIG convencionais (inclusive *open-source*) e camadas básicas (pedologia, geomorfologia, MDT, hidrografia) bastam para reproduzir o fluxo metodológico e obter produtos úteis à gestão territorial. Técnicas mais sofisticadas (modelos numéricos de fluxo, *machine learning*, espectroscopia, etc.) são complementares e podem ser incorporadas em fases futuras, mas não são pré-requisito para o nível de decisão abordado aqui.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho integrou informações geomorfológicas e pedológicas em ambiente SIG para atualizar e organizar, de forma reproduzível, a base temática necessária à triagem espacial de áreas com potencial de solos ácidos sulfatados (SAS) na Ilha de Santa Catarina. Mesmo como estudo de primeira aproximação, alcançaram-se produtos essenciais: (i) geodatabase consolidada com cartografia histórica e dados atuais; (ii) georreferenciamento do mapeamento IBGE/IPUF (1991); (iii) vetorização e harmonização de unidades; e (iv) cruzamento de solos × geomorfologia × hidrografia/MDT segundo critérios morfopedológicos explícitos para SAS potenciais (PASS).

Os resultados indicam padrões espaciais coerentes com o modelo morfogenético quaternário: prioridade elevada nas planícies retro-barreira, manguezais e planícies/paleolagunas fluviolagunares, além de depressões interdunares em campos eólicos estabilizados; e baixa prioridade em cristas praias/dunas ativas e relevos mais dissecados (Argissolos/Cambissolos). A Tabela 2 sintetiza 16 unidades de mapeamento, nas quais as associações hidromórficas (Gleissolos, Espodossolos hidromórficos, Neossolos Quartzarênicos hidromórficos) e orgânicas (Organossolos) compõem a maior parte das áreas prioritárias à verificação de PASS. A partir das áreas informadas, a soma das unidades com potencial PASS perfaz $\approx 10,2$ mil ha, o que corresponde a $\approx 25,8\%$ da área terrestre mapeada estimativa preliminar que reforça a relevância ambiental e a necessidade de gestão preventiva em setores sensíveis da ilha.

O trabalho evidencia o valor do geoprocessamento para atualizar e reaproveitar dados legados, oferecendo um produto cartográfico exploratório útil ao planejamento e à priorização de campanhas de validação. A escassez de estudos pedológicos voltados especificamente a SAS/PASS na ilha justifica esta iniciativa como base técnica inicial para licenciamento, monitoramento e conservação em zonas úmidas sob pressão antrópica.

Reconhecem-se, contudo, limitações e incertezas inerentes a esta fase: (a) a escala 1:50.000 implica generalização temática/posicional; (b) a inferência indireta por proxies (hidromorfia, posição retro-barreira, associação de classes de solo) não substitui diagnóstico analítico; (c) em sedimentos arenosos hidromórficos, o material sulfídrico pode ocorrer em subsuperfície (além do intervalo usual de observação), exigindo sondagens > 1 m; e (d) a antiguidade de parte da cartografia histórica pode não refletir integralmente mudanças recentes de uso/cobertura, apesar do uso de imagens e MDT atuais.

Como desdobramentos recomendados, propõe-se:

- Validação em campo nas unidades priorizadas, com pH de campo, registro de indicadores visuais (ex.: jarosita) e protocolo de amostragem adequado a PASS (vedação, exclusão de ar, refrigeração);
- Confirmação laboratorial com incubação aeróbia e conjunto mínimo analítico (pH, enxofre total, métodos tipo SPOCAS/TSA) e, quando pertinente, Balanço Ácido-Base (ABA) com ANC interpretado sob incubação;
- Refinamento cartográfico em escala maior (1:25.000 ou 1:10.000) nos polígonos prioritários, incorporando dados hidrológicos sazonais e química de águas;



- Integração ao licenciamento: definição de gatilhos (ex.: obras de drenagem, rebaixamento de lençol, movimentação de terra) que exijam verificação prévia de PASS/SAS nos setores mapeados;
- Manutenção evolutiva do banco geoespacial, com versionamento e inclusão de novos levantamentos pedológicos, para sustentar atualizações periódicas do mapa.

Em síntese, este estudo entrega uma base cartográfica exploratória e metodologicamente transparente para identificar, priorizar e gerir áreas com potencial de SAS na Ilha de Santa Catarina, ao mesmo tempo em que delimita claramente os passos necessários para a confirmação analítica e o aperfeiçoamento do mapeamento em fases subsequentes.

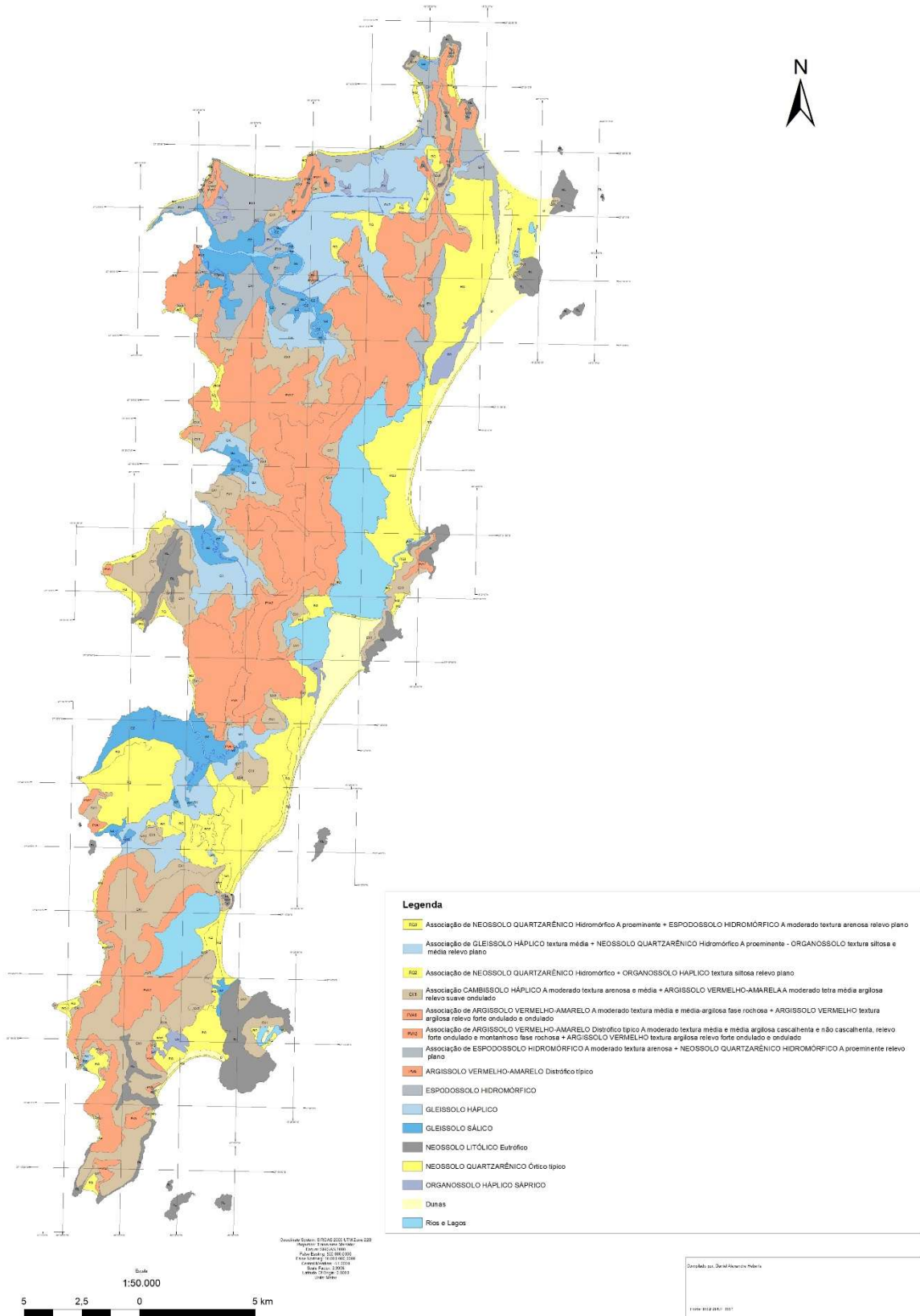
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUMA, J.; MCBRATNEY, A. (2013). "Framing soils as the foundation of sustainable development: a review of the role of soils within the Sustainable Development Goals". *Soil*, 1(1), 117-129.
- CARTER, R.W.G. (1988 apud HASSLET, J., 2009). *Coastal Environments: An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*.
- DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F.A.; AZEVEDO, A.C. (2006). *Levantamento e uso do solo com fins urbanos*. Santa Maria: UFSM.
- DENT, D. (1986). *Acid sulphate soils: a baseline for research and development*. Wageningen: ILRI.
- EMBRAPA. (1995). *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro.
- FANNING, D. S.; BURCH, S. N. (2000). Acid sulfate soils: past, present, future. *Geoderma*, 94(1), 1–32.
- FAO. (2017). *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management*. Rome: FAO.
- HILLEL, D. (1992 apud BRAIMOH; VLEK, 2008). *Soil and Civilization*.
- IBGE/IPUF. (1991). *Mapeamento de Solos e Geomorfologia de Florianópolis*. Relatório técnico e mapa impresso.
- IBGE. (2007; 2015; 2023). *Manuais técnicos de pedologia e geomorfologia*. Rio de Janeiro: IBGE.
- JUNK, W.J. et al. (2015). *Wetlands: Functioning, Biodiversity Conservation and the Role of Policy*. Springer.
- KAY, R.; ALDER, J. (2005). *Coastal Planning and Management*. London: Taylor & Francis.
- LOCH, C. (2008). *A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais*. 5 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC.
- MARTINS, V.M. (2009). *Relação solo-relevo-substrato geológico na planície costeira de Bertoga (SP)*. Tese (Doutorado) – ESALQ/USP.
- MEA – Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water*. World Resources Institute.
- MCBRATNEY, A.; HARTEMINK, A. (2024). *Pedology: Progress and Prospects*. (in press).
- PAISANI, J.C. (2004). *Estudo da gênese de paleossolos da Praia Mole, Florianópolis, SC*. Dissertação (Mestrado em Geociências) – UFRGS.
- POLIDORO, J.C. et al. (2016). *Solos brasileiros e a sustentabilidade ambiental*. Brasília: Embrapa.
- POTTER, J.E.; CASSOL, E.A.; ALMEIDA, J.A. (1998). *Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do Estado de Santa Catarina*. Boletim Técnico n. 53. Florianópolis: EPAGRI.
- ROSOLEM, G. (2024). *Delimitação de zonas úmidas no Pântano do Sul, Florianópolis*. Tese de doutorado – UFSC .
- SOMMER, S.; ROSATELLI, S.J. (1991). *Mapeamento pedológico da Ilha de Santa Catarina*. Florianópolis: IBGE/IPUF.



7. APÊNDICE

Apêndice A – SOLOS DA ILHA DE SANTA CATARINA





ANEXO C – Ata de Defesa do TCC



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
COORDENADORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA



ATA Nº 3538/2025 - CEAD (12.28.01.36)

Nº do Protocolo: 23083.039584/2025-01

Seropédica-RJ, 21 de julho de 2025.

ATA DE DEFESA

Aos dezoito dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e cinco, às quatorze horas, através de web conferência, instalou-se a banca examinadora de Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, do cursista **Daniel Alexandre Heberle** sob a orientação da professora **Lúcia Helena Cunha dos Anjos**. A banca examinadora foi composta pelos pesquisadores **Marcos Gervasio Pereira** e **Arcângelo Loss**. A defesa do TCC intitulado "**Áreas de ocorrência de solos ácidos sulfatados na ilha de Santa Catarina: Produto cartográfico e base de dados**", foi iniciada às quatorze horas e teve a duração de vinte minutos de apresentação seguida da avaliação pela banca. O cursista, após avaliado pela banca examinadora obteve o resultado:

(X) APROVADO, devendo o cursista proceder a eventual revisão solicitada pela supervisora e /ou pela banca, e entregar a versão final em até 15 dias à coordenação do Curso.

() NÃO APROVADO.

Seropédica, 18 de julho de 2025

Marcos Gervasio Pereira

Primeiro Examinador

Arcângelo Loss

Segundo Examinador

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Presidente

Daniel Alexandre Heberle

Cursista

(Assinado digitalmente em 21/07/2025 13:12)
LÚCIA HELENA CUNHA DOS ANJOS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Depto5 (12.28.01.00.00.00.33)
Matricula: ###73#5

(Assinado digitalmente em 21/07/2025 13:46)
MARCOS GERVASIO PEREIRA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Depto5 (12.28.01.00.00.00.33)
Matricula: ###007#1

(Assinado digitalmente em 22/07/2025 13:21)
ARCANGELO LOSS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.367-##

(Assinado digitalmente em 21/07/2025 14:18)
DANIEL ALEXANDRE HEBERLE
DISCENTE
Matricula: 2024#####4