



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Alexandre Isoppo

Ricardo Colzani

**ESTRUTURAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS  
GEOTÉCNICO DA ILHA DE SANTA CATARINA EM SIG**

Orientador: Prof. Dr. Rafael A. R. Higashi

Florianópolis

2013

Alexandre Isoppo

Ricardo Colzani

**ESTRUTURAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS  
GEOTÉCNICO DA ILHA DE SANTA CATARINA EM SIG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Engenharia Civil da Universidade  
Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador Prof. Dr. Rafael A. R. Higashi

Florianópolis

2013

Alexandre Isoppo

Ricardo Colzani

## ESTRUTURAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS GEOTÉCNICO DA ILHA DE SANTA CATARINA EM SIG

Esta monografia foi julgada adequada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, e aprovada em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil,

Florianópolis, 29 de novembro de 2013.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Rafael Augusto dos Reis Higashi  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dra. Liseane Padilha Thives  
Universidade Federal de Santa Catarina



Eng. M. Gisele Marilha Pereira Reginato  
Prosil Projetos, Supervisão e Planejamento

## RESUMO

Este estudo se propôs a apresentar um banco de dados associado ao mapeamento geotécnico desenvolvido para a Ilha de Santa Catarina. A região apresenta uma grande variabilidade de materiais e complexidade de deposição, com materiais de encostas e de deposição marinha. No trabalho utilizou-se a metodologia de mapeamento proposto por Davison Dias (1995), interpolando os mapas geotécnicos, pedológicos e altimétricos; e, com base em uma plataforma de Sistema de Informação Geográfica (SIG), foram gerados modelos digitais da área em estudo. Com a utilização dos dados das sondagens pelo Standard Penetration Test (SPT) cedidos pelas empresas, foram traçados os perfis do solo que serviram para caracterização do terreno em análise. Com essas informações, realizou-se uma análise da região de estudo, onde se concluiu que o mapa geotécnico associado a um Banco de dados pode ser uma ferramenta importante para o planejamento urbano, uma vez que possibilita a identificação de universos geotécnicos.

**Palavras-chave:** Mapeamento Geotécnico; Sistema de Informação Geográfica; Ilha de Santa Catarina.

## ABSTRACT

This study aimed to present the geotechnical mapping developed for the Island of Santa Catarina. The region offers a great variety of materials and complexity deposition, materials and slopes of marine deposits. This work used the mapping methodology proposed by Davison Dias (1995), by interpolating the geotechnical maps, pedological and altimetry, and based on a Geographic Information System (GIS) platform, were generated digital models of the study area. Using data from surveys by Standard Penetration Test (SPT) were traced soil profiles that were used to characterize the land in question. With this information, we carried out an analysis of the study area, where its concluded that a geotechnical map associated with a database may be an important tool to the urban planning, once is possible the geotechnical universe identification.

**Keywords:** Geotechnical Mapping; Geographic Information System; Island of Santa Catarina.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1. OBJETIVO GERAL.....	2
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. CONCEITOS UTILIZADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	3
2.2. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....	6
2.2.1. ESTRUTURAS DE DADOS DE UM SIG.....	7
2.3. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO .....	8
2.4. METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO GEOTÉCNICO .....	9
2.4.1. METODOLOGIA IAEG (1976) .....	10
2.4.2. METODOLOGIA FRANCESA.....	12
2.4.3. METODOLOGIA PUCE (1975).....	12
2.4.4 METODOLOGIA ZERMOS .....	15
2.4.4. METODOLOGIA ZUQUETTE.....	15
2.4.5. METODOLOGIA DE DAVISON DIAS.....	16
2.5. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS – RECOMENDAÇÕES DE BERBERIAN (1975)	18
2.6. O ENSAIO SPT .....	19
2.7. BANCO DE DADOS DE SONDAÇÃO SPT .....	23
2.8. SUPERFÍCIE RESISTENTE.....	24
2.9. SUPERFÍCIE IMPENETRÁVEL.....	25
3. MÉTODO.....	26
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
3.1.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	27
3.1.2. GEOMORFOLOGIA .....	28
3.1.3. GEOLOGIA.....	29
3.1.4. PEDOLOGIA.....	30
3.2. LEVANTAMENTO DE DADOS PRÉ- EXISTENTES .....	34
3.2.1. MAPA CADASTRAL .....	34
3.2.2. MAPA DE CURVAS DE NÍVEL.....	35
3.2.3. MAPA GEOTÉCNICO.....	35
3.3. AQUISIÇÃO DE LAUDOS SPTs.....	39
3.4. ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS.....	42

3.5.	GERAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS.....	44
3.5.1.	MODELO DIGITAL DE TERRENO.....	44
3.5.2.	MODELO DIGITAL DO NÍVEL D'ÁGUA.....	45
3.5.3.	MODELO DIGITAL SUPERFÍCIE IMPENETRÁVEL.....	45
3.5.4.	PERFIS DE SONDAGENS.....	46
4.	APRESENTAÇÕES DE RESULTADOS.....	47
4.1.	MODELOS DIGITAIS.....	47
4.2.	ANÁLISE DO PERFIL A – BAIRRO ITACORUBI.....	55
4.3.	ANÁLISE DO PERFIL B – BAIRRO ITACORUBI.....	57
4.4.	ANÁLISE DO PERFIL C – BAIRRO ITACORUBI.....	59
4.5.	ANÁLISE DO PERFIL D – BAIRRO TRINDADE.....	61
4.6.	ANÁLISE DO PERFIL E – BAIRRO ITACORUBI.....	63
4.7.	ANÁLISE DO PERFIL F – BAIRRO CANASVIEIRAS.....	66
5.	CONCLUSÕES.....	69
6.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	70
7.	REFERÊNCIAS.....	71
8.	APÊNDICE.....	76

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Elementos de representação Vetor e Raster .....	4
Figura 02: Etapas de um geoprocessamento de dados. ....	8
Figura 03: Metodologia de Davison Dias, 1995 .....	17
Figura 04: Equipamentos básicos para ensaio SPT .....	22
Figura 05: Execução do ensaio SPT .....	22
Figura 06: Método empregado na pesquisa .....	26
Figura 07: Localização Município de Florianópolis.....	28
Figura 08: Mapa Cadastral de Florianópolis .....	34
Figura 09: Mapa de Declividade de Florianópolis .....	35
Figura 10: Mapa Geotécnico de Florianópolis .....	36
Figura 11: Banco de Dados no Software ArcGis .....	39
Figura 12: Mapa de Distribuição dos Ensaios SPTs .....	40
Figura 13: Exemplo Laudo de Sondagem SPT .....	41
Figura 14: Demonstração da Operação do Software .....	43
Figura 15: Demonstração da Operação do Software .....	44
Figura 16: Modelo Digital do Terreno da Ilha Santa Catarina .....	48
Figura 17: Superfície Estimada de Nível d'Água da Ilha de Santa Catarina .....	49
Figura 18: Superfície Estimada de Nível d'Água da Região Norte .....	50
Figura 19: Superfície Estimada de Nível d'Água da Região Central.....	51
Figura 20: Superfície Estimada do Impenetrável da Ilha de Santa Catarina.....	52
Figura 21: Superfície Estimada do Impenetrável da Região Norte .....	53
Figura 22: Superfície Estimada do Impenetrável da Região Central .....	54
Figura 23: Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil A .....	56
Figura 24: Localização do Perfil A.....	57
Figura 25: Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil B .....	58
Figura 26: Localização do Perfil B.....	59
Figura 27: Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil C .....	60
Figura 28: Localização do Perfil C.....	61
Figura 29: Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil D.....	62
Figura 30: Localização do Perfil D.....	63
Figura 31: Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil E .....	65
Figura 32: Localização do Perfil E.....	66
Figura 33: Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil F.....	67
Figura 34: Localização do Perfil F .....	68

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 01: Classificação das Cartas .....	12
Quadro 02: Principais características da metodologia do sistema PUCE .....	14
Quadro 03: Recorte da Planilha de Dados .....	42
Quadro 04: Recorte da Planilha de Dados .....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Comparação das principais vantagens entre os formatos vetorial e matricial	6
Tabela 02: Principais metodologias de mapeamento geotécnico. ....	10
Tabela 03: Primeira modificação- Tipo de solo e a eliminação da caracterização da umidade do solo. ....	19
Tabela 04: Segunda Modificação- Inserção das letras (A, C, M, P, V, R) para caracterizar a cor do solo. ....	19
Tabela 05: Terceira Modificação- Acréscimo da tonalidade do solo. ....	19
Tabela 06: Simbologia simplificada das classes pedológicas	37
Tabela 07: Geologia simplificada. ....	37

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades no Brasil têm sido intenso nas últimas décadas, demandando medidas corretivas e de planejamento territorial na gestão das áreas urbanas e do município como um todo.

O planejamento urbano não pode ser concebido sem levar em consideração a mecânica dos solos como uma das condicionantes mais importantes, tanto os aspectos qualitativos, como os quantitativos devem ser considerados.

A deficiência destas informações acarreta em uma urbanização de maneira desorganizada interferindo negativamente no modo de vida da população, que habita áreas com sérias restrições quanto a seu uso, tais como as Áreas de Preservação Permanente. Este tipo de urbanização tem produzido aglomerados populacionais, nos quais as fortes especulações imobiliárias e razões sócio-econômicas agravam a situação. Problemas como deslizamentos, recalques excessivos, erosões e enchentes, são alguns exemplos que poderiam ser evitados a partir de um planejamento adequado usando as informações geotécnicas.

Além disso, a geotecnia pode fornecer informações acerca de componentes qualitativos e quantitativos do meio físico, que permitem ao engenheiro antecipar eventos importantes das obras civis, evitando acidentes geotécnicos e até perdas humanas. É sempre importante e seguro desenvolver um projeto em que todas as variáveis geotécnicas estejam envolvidas.

Neste âmbito, é indispensável o conhecimento das características do meio físico para o controle do processo de ocupação do solo e uma boa prática de engenharia. O emprego de metodologias para investigações e caracterizações geotécnicas preliminares de um local tem grande influência no planejamento e implantação de novos empreendimentos.

Além disso, se utilizado um mapa geotécnico associado a um banco de dados de sondagens SPT, ocorrerá um avanço no conhecimento do uso e ocupação do solo, conseqüentemente, gerando a possibilidade do direcionamento da ocupação urbana para áreas mais adequadas.

Com um número elevado de informações resultantes de sondagens SPT e se utilizando de um software em ambiente SIG, pode-se construir um banco de dados

gerando modelos tridimensionais regionais e locais dos terrenos, fornecendo um conhecimento único do local de estudo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1. OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa possui como Objetivo Geral a criação, estruturação e utilização de um banco de dados de sondagens pelo Standard Penetration Test (STP) em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), com a finalidade de elaborar mapas temáticos que auxiliam no planejamento de obras civis.

### 1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer a geotecnia da área de estudo;
- Caracterizar geotecnicamente os solos de Florianópolis (apenas região da ilha) tendo como base um Banco de Dados de sondagens SPT;
- Produzir Modelo Digital do Terreno;
- Criar a superfície estimada do Nível D'água;
- Elaborar a superfície estimada de Impenetrável;
- Gerar perfis de pontos de sondagens.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CONCEITOS UTILIZADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

A implementação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) requer a integração de conhecimentos de diversas áreas da Ciência da Computação e de disciplinas relacionadas a diferentes tipos específicos de dados. Para uma melhor compreensão da utilização de um SIG no mapeamento geotécnico, são apresentados alguns conceitos básicos a seguir.

#### a) Mapas Temáticos

São representações de informações sob uma perspectiva geográfica, transformando o Espaço-Território em elemento de análise espacial de dados, apresentando informações extremamente especializadas como, por exemplo, uso do solo, unidades geológicas, dentre outros. Os valores dos dados são geralmente inseridos no sistema por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens. Estes mapas constituem, geralmente, o resultado das análises.

#### b) Modelo Matricial

Na estrutura de dados do tipo raster ou matricial, tem-se a área de estudo subdividida em uma matriz ou malha de células, denominadas pixels, pelos quais são registradas as condições ou atributos daquela porção. Como a área de estudos é dividida em uma malha de células, a cada célula é designado um valor numérico, ou código identificador, o qual designa um atributo qualitativo ou quantitativo. As células ou pixels (Picture Element) são considerados pontos da matriz que dividem toda a imagem. Quanto menor o tamanho do pixel, maior a resolução espacial, pois se pode distinguir um maior número de feições do terreno (ESTES e STAR, 1990).

#### c) Modelo Vetorial

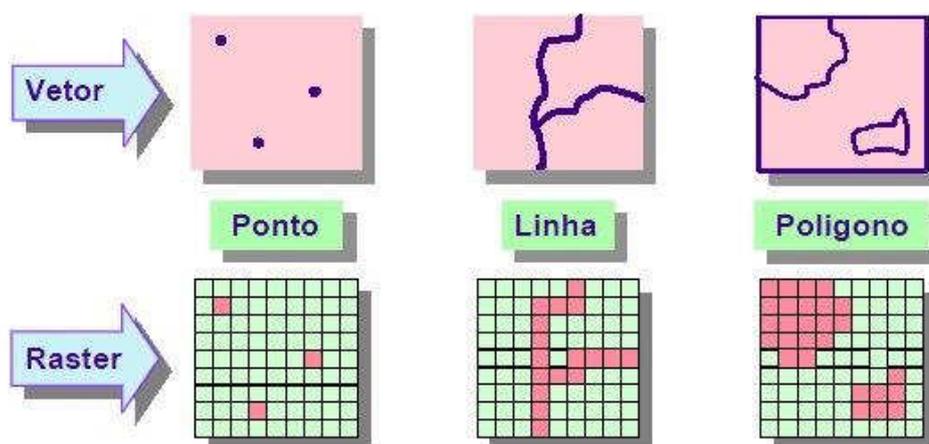
A estrutura de dados tipo vetor ou vetorial, é aquela cujos limites entre os objetos são definidos por uma série de pontos que, quando unidos por linhas retas, formam a representação gráfica das feições (EASTMAN, 1998). Os pontos, nesta estrutura, possuem coordenadas X e Y, definidas por um sistema cartesiano, tal como

coordenadas planas locais ou coordenadas UTM - Universal Transversa de Mercator. Os objetos vetoriais são compostos por pontos, linhas poligonais ou arcos, e polígonos, conforme descrição:

**Pontos:** representados por um vértice, ou seja, por apenas um par de coordenadas, definindo a localização de objetos que não apresentam área nem comprimento.

**Linhas poligonais ou arcos:** representados por, no mínimo, dois vértices conectados, gerando polígonos abertos que expressam elementos que possuem comprimento ou extensão linear.

**Polígonos:** representados por, no mínimo, três vértices conectados, sendo que o primeiro vértice possui coordenadas idênticas ao do último, gerando, assim, polígonos fechados que definem elementos geográficos com área e perímetro.



**Figura 01:** Elementos de representação Vetor e Raster

Fonte: ESRI, 2007.

#### d) Atributos

São consideradas características de uma feição geográfica descritas através de números ou caracteres e, em sua maioria, arquivada em formato tabular e ligada à feição (ESRI, 1996).

De acordo com Burrough (1994), em um Sistema de Informações Geográficas, os atributos são informações não gráficas associadas a elementos representados por pontos, linhas ou áreas.

#### e) Topologia

A topologia, segundo Burrough (1994), é a maneira pelos quais diferentes elementos gráficos são relacionados entre si. Segundo o autor, todas as informações geográficas podem ser reduzidas a três conceitos topológicos básicos: ponto, linha e área.

No Sistema de Informações Geográficas, a topologia é de grande importância, pois muitas operações não necessitam de coordenadas, apenas de informações topológicas.

Para este trabalho, o sistema de informações armazena dados para o mapa utilizando uma representação topológica, onde as arestas determinam os limites das regiões.

Para definir a topologia do mapa, o SIG utiliza uma estrutura de dados especial, empregando nós (nodes), arcos (lines) e áreas (polygons). O SIG também contém dados atributos, além de dados geométricos espaciais, os quais são associados com os elementos topológicas, provendo maiores informações descritivas. O SIG permite o acesso a ambos os dados (espaciais e atributos), ao mesmo tempo, e possibilita buscar o dado atributo e relacioná-lo com o dado espacial e vice-versa.

#### f) Representação Vetorial x Matricial

A maioria dos SIGs atuais suporta tanto a estrutura matricial como a vetorial, permitindo transformações entre elas. É importante ressaltar que nenhuma das estruturas é a ideal em todas as ocasiões e os critérios de escolha baseiam-se fundamentalmente nos objetivos do projeto.

De um modo geral quando o objetivo do estudo é a distribuição espacial de objetos, o desenvolvimento de análises de rede e o conhecimento acerca dos relacionamentos espaciais entre os objetos, a representação vetorial é a mais adequada. Por outro lado, se o objetivo do estudo é a variabilidade espacial de um fenômeno (como exemplo, em estudos ambientais), a estrutura matricial pode ser a mais indicada. A tabela 01 apresenta as principais vantagens da representação de mapas temáticos em meio matricial ou em vetorial.

**Tabela 01:** Comparação das principais vantagens entre os formatos vetorial e matricial

Aspecto	Formato Vetorial	Formato Matricial
Relações espaciais entre objetos	- Relacionamentos topológicos entre objetos disponíveis	- Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com banco de dados	- Facilita associar atributos a elementos gráficos	- Associa atributos apenas a classes do mapa
Análise, Simulação e Modelagem	- Representação indireta de fenômenos contínuos - Álgebra de mapas é limitada	- Representa melhor os fenômenos com variação contínua no espaço - Simulação e modelagem mais fáceis
Escalas de trabalho	- Adequado tanto a grandes quanto a pequenas escalas	- Mais adequado para pequenas escalas (1: 25.000 e menores)
Algoritmos	- Problemas com erros geométricos	- Processamento mais rápido e eficiente
Armazenamento	- Por coordenadas (mais eficiente)	- Por matrizes

Fonte: CÂMARA e MONTEIRO, 2005.

## 2.2. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

A coleta de informações sobre o meio físico e sua representação sempre foi de grande importância para o planejamento das mais diversas atividades. Até recentemente as informações ficavam contidas apenas em documentos e mapas em papel, o que dificultava uma análise entre diversos mapas e dados. Com o advento da informática, tornou-se possível representar essas informações de forma mais facilitada e clara para o analista.

Os termos Sistemas de Informação Geográfica ou Georreferenciadas ou Geoespaciais, abreviadamente SIG, referem-se a um conjunto de sistemas que realizam o processamento computacional de dados geográficos e que permitem o acesso a informações alfanuméricas e de localização espacial.

Segundo Teixeira et al. (1995), o SIG é descrito como um conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas, perfeitamente interligados, de forma a tornar possível a coleta, armazenamento, o processamento e análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação.

O SIG trata das relações espaciais entre objetos geográficos, quando se pretende cruzar mapas ou informações espaciais. Durante este processo é necessário que sejam consideradas as relações entre classes de cada tema, as quais se denominam relações topológicas (HIGASHI, 2006).

Também abrange um conjunto de elementos gráficos (espaciais), e de atributos (alfanuméricos), os quais formam o centro do sistema. Estes elementos são trabalhados por sistemas computacionais (softwares e hardwares), que permitem as operações de Geoprocessamento onde se pode, ao longo do processo, chegar aos resultados desejados (EASTMAN, 1998).

### 2.2.1. ESTRUTURAS DE DADOS DE UM SIG

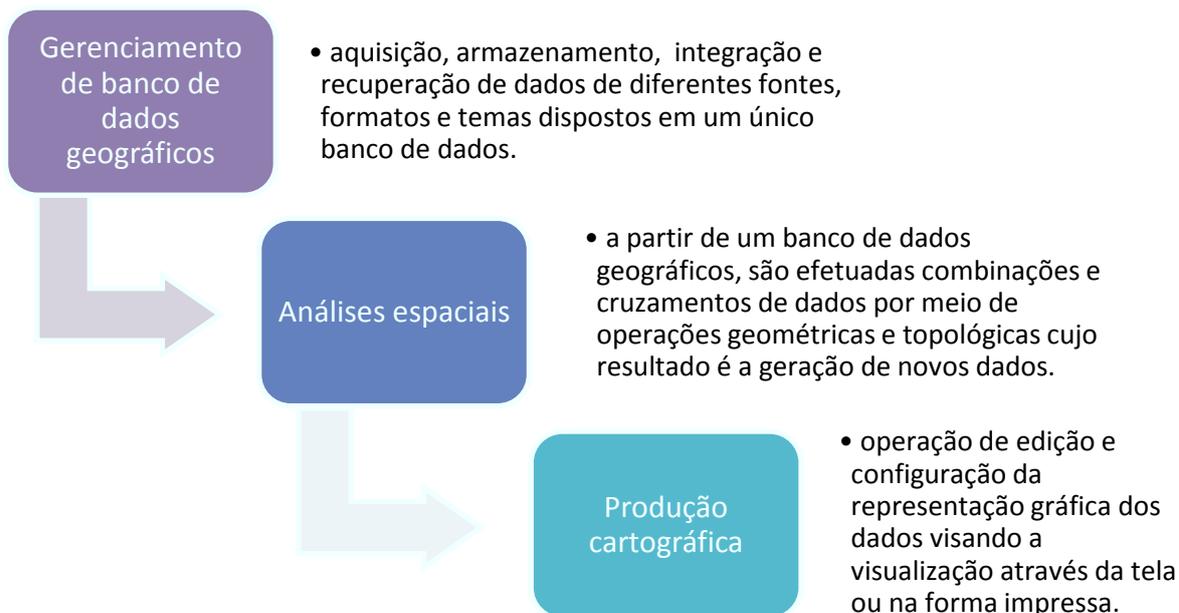
Collaço (2003) menciona que, em um banco de dados cartográficos, existe uma coleção de dados espaciais e de dados descritivos relacionados e organizados, para armazenagem e recuperação eficiente, do ponto de vista da lógica, a representação cartográfica pode ser matricial ou vetorial.

O SIG armazena informações variadas, de natureza gráfica, como vetores e matrizes. Há ainda a necessidade de módulos ou interfaces que permitam ao usuário incorporar dados e visualizá-los graficamente (RODRIGUES, 2007). Os mapas produzidos correspondem às informações espaciais georreferenciadas, planos de informação, temas ou layers (CÂMARA et al., 2005).

Os dados espaciais se caracterizam especificamente pela localização geográfica. Um objeto qualquer somente tem sua localização estabelecida quando se pode descrevê-lo em relação a outro objeto cuja posição seja previamente conhecida, ou quando se determina sua localização em relação a um sistema de coordenadas. (MENDES, 2001)

O banco de dados deve promover a visualização dos dados, sem detalhar como estes são armazenados e mantidos, pois a grande complexidade com que eles são executados não precisa necessariamente ser aparente ao usuário (SILVA, 1999).

A Figura 02 ilustra as etapas de um geoprocessamento de dados para um SIG no mapeamento geográfico.



**Figura 02:** Etapas de um geoprocessamento de dados.

### 2.3. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Matula (1976) retrata o mapa geotécnico como um modelo ilustrativo do ambiente geológico, tendo como objetivo solucionar problemas de engenharia. Além de fornecer uma representação dos componentes do ambiente geológico pertinentes ao planejamento e ao uso da terra, em projetos, construções e manutenção de obras (IEAG, 1976).

Segundo a IEAG (1976), o mapa geotécnico é “um tipo de mapa geológico que representa todos os componentes geológicos de significância para o planejamento do solo e para projetos, construções e manutenções quando aplicados a engenharia civil e de minas”.

Segundo Zuquete & Gandolfi (1990), alguns elementos devem ser relacionados na elaboração de mapas geotécnicos, entre eles:

- Características das rochas e dos materiais inconsolidados: envolvem a distribuição dos materiais rochosos e de cobertura, propriedades físicas e mecânicas;
- Condições geodinâmicas internas: ligadas aos fenômenos sísmicos e vulcânicos;
- Condições geodinâmicas externas: relacionam-se aos processos erosivos, e de sedimentação, movimento das encostas, escorregamentos e desmoronamentos;

- d) Condições geomorfológicas: grande importância para planejamento urbano, ajudando nas áreas para fins de construção civil;
- e) Condições hidrogeológicas: direção do fluxo da água, nível piezométrico, pH, teor de sais, corrosividade e resíduos de materiais poluidores;
- f) Modificações artificiais do meio físico e materiais de construção: detectam a ocorrência de materiais utilizados na construção civil e um levantamento dos impactos ambientais por ações antrópicas.

Zuquete & Gandolfi (1990) estabelecem que a qualidade dos mapas geotécnicos pode ser influenciada devido a:

- a) Grau de complexidade das condições geotécnicas: cada área tem sua diversidade e características dos materiais encontrados, estruturas geológicas, geomorfologia, dentre outros;
- b) Escala do mapa: dependendo da escala, ela pode limitar a investigação para a região;
- c) Números de pontos documentados: quanto menos pontos documentados, menor será a precisão do mapeamento geotécnico;
- d) Tipo de carta geotécnica: depende para qual finalidade do trabalho ela servirá;
- e) Tamanho e forma da área: relaciona o custo, tempo e quantidade de profissionais envolvidos.

O mapeamento geotécnico pode ser utilizado para a integração das informações temáticas da área de geologia de engenharia com o planejamento ambiental urbano (DINIZ, 1998). Permite uma previsão do comportamento dos terrenos e estudos de soluções para problemas decorrentes de intervenções de empreendimentos sobre o uso do solo além de orientar a gestão ambiental.

#### 2.4. METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

A utilização do mapeamento geotécnico é praticada em vários países e, conseqüentemente, diferentes metodologias são aplicadas. Estas metodologias foram desenvolvidas e aperfeiçoadas conforme a diversidade e características de cada área. Os países europeus foram os que mais desenvolveram metodologias para elaboração de mapeamento geotécnico, muitas vezes, envolvendo uma característica específica da

geotecnia, como por exemplo, a metodologia de Zermos, utilizada na França para zonas de movimento de massas (erosão, subsidência e sismos).

Na tabela 02, Kopenzinski (1997) apresenta um resumo das metodologias usadas no mapeamento geotécnico, com suas finalidades e utilizações, porém se enfatiza que o principal objetivo desse resumo é o planejamento urbano e regional.

**Tabela 02:** Principais metodologias de mapeamento geotécnico.

METODOLOGIA	ESCALA	FINALIDADE	UTILIZAÇÃO
IAEG (Internacional)	<1:100.000 >1:10.000	Específica Multifinalidade	Planejamento urbano e regional
Francesa	Regional Local <1:100.000 >1:2.000	Específica Regional	Planejamento urbano e regional
PUCE (Austrália)	Qualquer <1:2.500.000 >1:2.500	Específica Regional	Planejamento urbano e regional
Britânica (inglesa)	>1:10.000 <1:2.500	Específica Multifinalidade	Planejamento urbano e regional
Russa	<1:100.000.000 >500.000	Específica Regional	Planejamento urbano e regional
Hinojosa e Leon	<1:1.000.000 >500.000	Específica	Planejamento e projeto de estradas
ZERMOS	>1:50.000	Específica	Movimento de massa (planejamento)
Espanhola	>1:200.000 <1:2.000	Específica Regional	Planejamento regional e territorial
USA (Kiefer)	Regional e local	Específica Regional	Planejamento urbano e regional
Canadá	Regional e local	Específica Multifinalidade	Planejamento urbano e regional

Fonte: Kopenzinski, 2000

#### 2.4.1. METODOLOGIA IAEG (1976)

Esta metodologia foi formulada, em 1968, por uma comissão técnica formada por membros da International Association of Engineering Geology (IAEG) e executada em 1970. Esta forma de metodologia sugere uma orientação para o mapeamento que possa ser adequada à maioria dos países e na qual os meios para a sua confecção também sejam adequados socioeconômica e tecnicamente (HIGASHI, 2006).

O principal objetivo dessa comissão foi elaborar um modelo de orientação e uniformização para o mapeamento geotécnico. Miranda (2005) considerou alguns fatores para isso ser possível:

- Caráter das rochas e dos solos;
- Condições hidrogeológicas;
- Condições geomorfológicas;
- Fenômenos geodinâmicos.

Segundo Zuquette & Nakazawa (1998), os mapas são classificados quanto:

a) Finalidade:

- Mapa de finalidade especial: aspecto específico do meio-físico;
- Mapa de Multifinalidade: informações variadas da geotecnia.

b) Conteúdo

- Mapa analítico: carta de aspectos individuais;
- Mapa compreensivo: verifica todos os componentes possíveis do meio físico;
- Regiões: uniformidade de elementos estruturais geotécnicos;
- Áreas: semelhança entre unidades geomorfológicas regionais;
- Zonas: homogeneidade estrutural das rochas e solo;
- Distritos: quando as condições hidrogeológicas e os fenômenos geodinâmicos são semelhantes

c) Escala

- Grandes: 1:10.000 ou maior para fins específicos;
- Medias: 1:10.000 á 1:100.000 para planejamento regional;
- Pequenas: 1:100.000 ou menores, para mapeamento de caráter amplo.

Para que essa metodologia possa ser aplicada em qualquer país, esta deve satisfazer as seguintes condições:

- Determinar a escala e o tipo de documento desejado;
- Conciliar o número de informações com as exigências da metodologia;
- Ordenar os componentes do meio físico,
- As feições e os atributos que sejam interessantes;

- Definir como obter os seus atributos e suas classes.

## 2.4.2. METODOLOGIA FRANCESA

Esta metodologia surgiu em 1972 com a publicação do pesquisador francês Sanejouand sobre a síntese de todos os trabalhos de cartografia realizados na França e em outros países. Com o objetivo de proporcionar um planejamento ambiental para fins regionais e situações específicas de uso local (ZUQUETTE e NAKAZAWA, 1998).

Segundo Nishiyama (1991), os elementos a serem vistos para esta metodologia são: geomorfologia, geologia, geotecnia dos terrenos e as modificações do meio físico pelas ações antrópicas.

Janejound (1972 apud Barison, 1995) comenta que as cartas geotécnicas podem ser classificadas quanto à escala, ao conteúdo e forma, conforme o Quadro 01.

Cartas Geotécnicas				
Escala		Conteúdo e Forma		
Menor que 1:100.000	Maior que 1:100.000	Cartas de Fatores		Cartas Sintéticas
		Normais	Especiais	
Finalidades	Finalidades	Finalidades		Finalidades
Regional	Local	Regional/ Local	Local	Local
Mapas geotécnicos	1:50.000 a 1:100.000 (metrópoles)	Serve de base para as cartas sintéticas (cartas geológicas e outras)	Serve para resolver problemas individuais como fundações	Fundações
	1:25.000 a 1:10.000 (cidades)			Escavabilidade
	1:5000 a 1:10.000 (fins específicos)			Materiais de construção
	± 1:1000 (grande detalhe)			-

**Quadro 01:** Classificação das Cartas

Fonte: Adaptado de Barison, 1995.

## 2.4.3. METODOLOGIA PUCE (1975)

O método Pattern Unit Component Evaluation (PUCE), teve origem nos mapeamentos sistemáticos de Grant (1970), permitindo o recobrimento de todo o seu

país, a Austrália. Elaborado a partir da divisão de regiões de acordo com aspectos como: geologia, relevo, drenagens, vegetação, solos e topografia. Para Souza (1992) este método é adequado principalmente a estudos de viabilidade e planejamento, indicando a real necessidade da região.

Zuquette & Gandolfi (1988) afirmam que a metodologia PUCE é a mais completa para analisar o meio físico, pois define diretrizes para escolha dos atributos, seus limites, classificação dos terrenos, formas de aplicação e até o armazenamento em seu banco de dados. O quadro 02 ilustra as principais características desta metodologia apresentado pelos pesquisadores.

Classes do Terreno	Província	Padrão do Terreno	Unidades do Terreno	Componentes do Terreno
Fatores do terreno para descrição	Geologia (grupo, formação, etc.).	-Paisagem; Características básicas do solo, vegetação e rochas; Padrão de drenagem.	Formas de relevo; Principais características dos solos, rochas e formações vegetais.	Tipos de taludes; Litologia; Solo; Associação
Fatores do terreno adequados para quantificação		Amplitude do relevo; Frequências de correntes.	Dimensões das unidades de terreno (amplitude do relevo, comprimento e largura).	Dimensões dos componentes do terreno, da vegetação, dos obstáculos; Propriedades dos materiais; Quantidades dos materiais terrosos.
Método para quantificação		Fotos aéreas ou medidas "in situ"	Fotos aéreas ou medidas "in situ"	Medidas "in situ"; Medidas "in situ" e laboratório; Medida ou estimativa.
Modelo para expressar o resultado	Mapas em escala $\geq 1:25.000$ ou outros	Mapas em escala $\geq 1:250.000$ ; Blocos diagramas da paisagem e da associação de unidades de terreno	Mapas em escala $\geq 1:25.000$ ; Diversas associações	Mapas em escala $\geq 1:2.500$ ; Detalhes exigidos pela classe
Fatores de informações	Mapas geológicos; Fotos aéreas ou; Imagens em escalas $1:10^6$	Fotos aéreas ou; Imagens em escalas $1:10^5$	Estudos fotogramétricos em escala de ordem $1:10^4$	Estudos fotogramétricos em escala de ordem $1:10$ ; Mapas de contorno iguais
Construção de engenharia apropriada a cada estágio	Escavações rochosas subterrâneas profundas; Obras gerais	Construção de estradas; Equipamentos e movimentos de terra; Construção de aeroportos; Pontes e outros;	Construção de estradas; Localização, greide; Materiais para base; Materiais para aterros; Material rochoso a escavar	Trafegabilidade na superfície natural; Viabilidade dos aeroportos e estradas; Adequabilidade para material de subgreide; Materiais para o pavimento e para o concreto

**Quadro 02:** Principais características da metodologia do sistema PUCE

Fonte: Adaptado de Zuquette & Gandolfi, 1988.

#### **2.4.4 METODOLOGIA ZERMOS**

A metodologia ZERMOS (Zonas Expostas aos Riscos de Movimentos de Solos) foi primeiramente empregada em áreas de instabilidade da França na década de setenta. A metodologia foi desenvolvida para áreas específicas, ou seja, onde já houve ocorrência de movimentação de solo, portanto é necessário levantar dados do meio físico com o auxílio de uma ficha técnica, onde são registradas as variações dos mesmos (ZUQUETTE & GANDOLFI, 1988). Tendo como produto fornecer a probabilidade de movimentos de massa ou instabilidades e apresentar um zoneamento graduado do risco sem previsão do tempo (RODRIGUES, 2007).

Zuquette & Nakazawa (1998), definem que as etapas do método devem possuir, no mínimo, três fases de trabalho. Sendo elas:

- a) Levantamento bibliográfico e entrevistas sobre a existência de movimentos de terrenos na região estudada, suas frequências e amplitudes;
- b) Estudo geomorfológico por meio de fotointerpretação;
- c) Estudo e controle, no terreno, dos principais fatores permanentes e temporais (dinâmica de escorregamentos), sendo indispensável que a escala do trabalho seja igual ou inferior a 1: 50000.

#### **2.4.4. METODOLOGIA ZUQUETTE**

Em 1987 Zuquette apresentou uma metodologia de mapeamento geotécnico para as condições brasileiras sob o título “Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras”.

A metodologia de Zuquette firma-se em dados já existentes e fundamentais para cada região, levantados através de geoprocessamento, fotointerpretações e de trabalhos de campo com expedições in loco visando a identificação de unidades de solos cada vez menores nas áreas de interesse que apresentem uniformidade em função das feições de relevo (HIGASHI, 2006).

Posteriormente, estas unidades homogêneas são associadas aos materiais inconsolidados e à litologia existente. Como resultado desta integração, muitas vezes realizada em um Sistema de Informações Geográficas, é gerado um mapa de landforms e um mapa de informações sobre as condições geotécnicas da área. A integração destes

mapas possibilita a interpretação do comportamento geotécnico com fins de planejamento urbano.

Segundo o autor da metodologia, para a elaboração das unidades geotécnicas devem ser seguidas as seguintes etapas: levantamento e análise de informações já produzidas, reconhecimentos dos atributos e identificação das unidades homogêneas. Os mapas resultantes devem exibir, preferencialmente, escalas entre 1: 50.000 e 1:10.000 e são apresentados de três formas:

- Mapas de condições geotécnicas gerais: retratam todos os atributos, caracterizam o meio físico, sem separar áreas similares ou indicar potenciais e limitações;
- Mapa de zoneamento geotécnico geral: representam as condições do meio físico através do zoneamento de áreas similares, segundo os atributos considerados, porém sem considerar qualquer finalidade específica;
- Mapa de zoneamento geotécnico específico ou carta de aptidão: a região é zoneada segundo condições geotécnicas que afetam uma única finalidade (fundações, estradas, etc.).

#### **2.4.5. METODOLOGIA DE DAVISON DIAS**

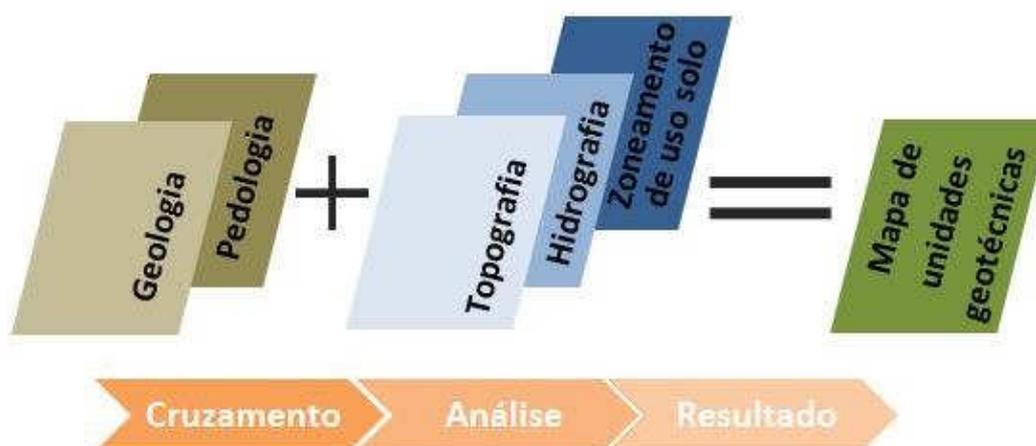
O principal fator que leva os pesquisadores a desenvolver novos métodos de trabalho está na possibilidade da obtenção de um produto final de maior qualidade, e acima de tudo, que represente o mais fielmente à realidade na qual ele está inserido. Fato este que cada vez mais surgem metodologias desenvolvidas exclusivamente para determinadas regiões, ou para determinadas situações, que se não se fizerem presentes acarretam em resultados sem grande valor (MAFRA JR., 2007).

A metodologia de mapeamento geotécnico de grandes áreas proposta por Davison Dias (1995) baseia-se na formulação de um mapa temático geotécnico, onde os mapas litológicos, oriundos de um mapa geológico, e pedológico são utilizados para a formulação de unidades geotécnicas com estimativas de comportamento geomecânico (HIGASHI, 2006).

Pode-se dizer que a metodologia Davison Dias (1995) analisa o perfil do solo sob duas ópticas, a primeira a partir da superfície, avaliando os horizontes A, B e C (e outros intermediários), interpretando a descrição pedológica com vistas à geotecnia. A

segunda, a partir da rocha de origem e subindo até a superfície, avaliando os horizontes rocha, rocha alterada e solo residual, até a camada superficial.

A metodologia sugere o cruzamento dos mapas geológico e pedológico para a definição preliminar das unidades geotécnicas, juntamente com uma avaliação conjunta de outros fatores do meio físico, conforme citados anteriormente. A figura 03 busca retratar a metodologia acima proposta.



**Figura 03:** Metodologia de Davison Dias, 1995

Em resumo, a metodologia descrita por Davison Dias (1995), indica o cruzamento dos mapas geológico e pedológico, fazendo-se adaptações destas classificações para o uso na geotecnia, para a elaboração do mapa de estimativas de unidades geotécnicas. Para as unidades assim determinadas é utilizada a simbologia “XYZ,xyz”. As letras maiúsculas referem-se à classificação pedológica do perfil de solos identificados, de acordo com o sistema de classificação de solos. Nas letras minúsculas, o substrato rochoso é identificado de formas simplificada. Na classificação geológica é considerada a rocha dominante na formação. Não havendo uma litologia dominante, todas as mesmas são indicadas e separadas por vírgula.

## 2.5. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS – RECOMENDAÇÕES DE BERBERIAN (1975)

Os ensaios de Standard Penetration Test - SPT são os mais recomendados quando se deseja conhecer a superfície, por serem econômicos financeiramente e por demonstrarem uma quantidade boa de informações sobre granulometria, cor, consistência ou compacidade das camadas de solo do local. Além destas informações, os laudos de sondagem SPT informam o nível d'água, o ponto mais distante em que foi possível a penetração do trado (impenetrável) e pode até auxiliar a identificar a presença de pequenos matacões, quando, por exemplo, é necessária a colocação do trépano por um aumento da resistência do solo que depois alivia, entre outras circunstâncias.

Existem vários sistemas específicos para classificação dos solos. O USCS4 descreve segundo a granulometria dos solos, quatro nomes referentes às suas frações representativas: “C” (Clay) para argila, “M” (Mó) para silte, “S” (Sand) para areia e “G” (Gravel) para pedregulho. As recomendações de Berberian (1975) são a continuação do sistema anteriormente citado, porém com maior nível de detalhamento.

Sete tabelas são apresentadas compondo uma descrição composta pelo tipo de solo, a intensidade da mistura do solo, ocorrências especiais, cores, umidade, consistência em solos coesivos ou compacidade em solos granulares.

Para esta monografia foram sugeridas três modificações neste sistema de classificação. A primeira refere-se ao tipo de solo e a eliminação da caracterização da umidade do solo, por esta não existir nos laudos de sondagem adquiridos (Tabela 03). A segunda modificação foi a inserção das letras (A, C, M, P, V, R) para caracterizar a cor do solo (Tabela 4). A terceira foi o acréscimo da tonalidade do solo (Tabela 05). Os quadros a seguir apresentam a classificação completa final utilizada neste trabalho. Os números ao lado das características indicam a ordem em que devem ser colocadas.

Tabela 03: Primeira modificação- Tipo de solo e a eliminação da caracterização da umidade do solo.

1	Classificação	Descrição
	At	Aterro
	C	Argila
	E	Entulho
	G	Pedregulho
	Mo	Mat. Orgânico
	Mm	Mat. Marinho
	S	Areia
	Si	Silte
	Sx	Seixo
P	Turfa	

Tabela 04: Segunda Modificação- Inserção das letras (A, C, M, P, V, R) para caracterizar a cor do solo.

2	Classificação	Descrição
	A	Amarelo
	C	Cinza
	M	Marrom
	P	Preto
	V	Vermelho
R	Roxo	

Tabela 05: Terceira Modificação- Acréscimo da tonalidade do solo.

3	Classificação	Tonalidade
	C	Claro
	-	Normal
E	Escuro	

## 2.6. O ENSAIO SPT

O ensaio SPT foi apresentado no Brasil, em 1974, no V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos, mas só foi normalizado em Dezembro de 1980, com o título de “Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos” pela NBR 6484/1980 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Sendo atualizada em 2001 com o título de “SOLO - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio”.

A obtenção dos dados seguem os procedimentos da NBR 6480/2001 que consiste na queda livre de um martelo de 65 quilos de massa de uma altura de 75cm, onde o resultado adquirido da resistência de penetração dos 30cm finais do amostrador padrão, expresso pelo número de golpes. As características do amostrador são especificadas pela NBR 6484, onde possui um diâmetro externo de  $50,8\text{mm} \pm 2\text{mm}$  e diâmetro interno de  $34,9\text{mm} \pm 2\text{mm}$ .

Segundo Schnaid (2000) apud Locks (2008) o Standard Penetration Test (SPT), é a ferramenta mais econômica, popular e fácil para investigação do solo em todo o mundo, obtendo a densidade de solos e identificando a consistência de solos coesivos. Mesmo o ensaio sendo de baixo custo, hoje se vê várias edificações que são dimensionadas sem o conhecimento do subsolo.

Para Quaresma (1988), primeiramente monta-se sobre a posição do furo, um cavalete de quatro pernas chamado tripê, por se assemelhar a ele, recebe este nome. No topo desse cavalete será montada um conjunto de roldanas por onde passa uma corda, usualmente chamada de sisal. Este conjunto, tripé, roldanas e cordas, ajudarão no manuseio da composição de hastes e levantamento do martelo. Com toda a instalação feita, inicia-se o furo com um trado cavadeira.

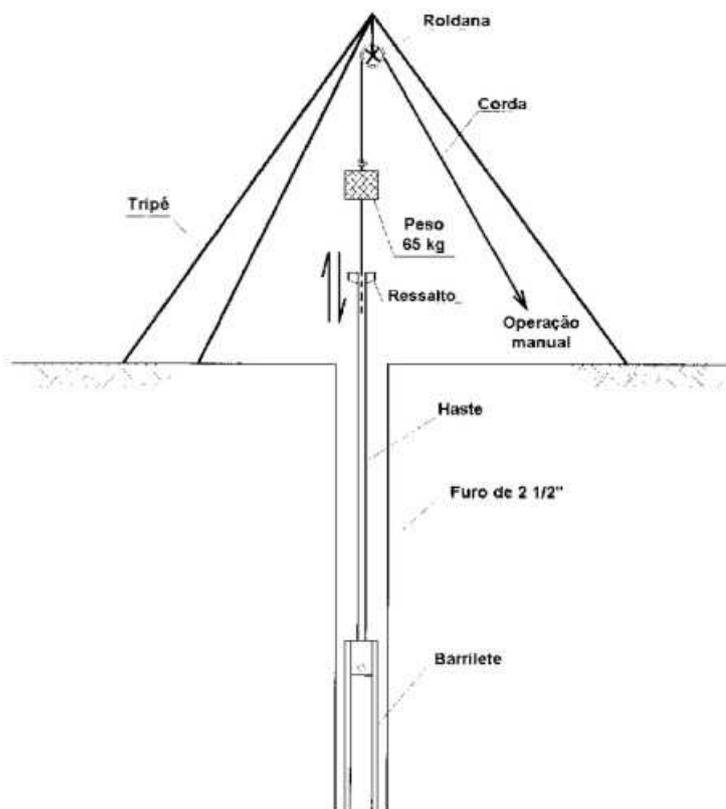
O ensaio é composto por duas etapas: na primeira, o amostrador é cravado a 15cm, anotando o número de golpes correspondente à profundidade de penetração. Na segunda etapa, o amostrador é cravado mais 30cm, sendo que o resultado do ensaio SPT é o número de golpes recebido.

Depois da instalação do equipamento de sondagem sobre o solo, a metodologia do ensaio segue como mostrado abaixo:

1. Executar o ensaio a cada metro, a partir de 1,0m de profundidade da sondagem, ou conforme especificação da fiscalização;
2. O fundo do furo deve estar devidamente limpo;
3. Cravação do amostrador, através do impacto de um pilão de 65Kgf, caindo livremente de uma altura de 75cm sobre a composição de hastes;
4. O amostrador deve ser apoiado suavemente no fundo do furo. Em seguida, assinalam-se a giz, na porção da haste que permanecer fora do revestimento, três traços de 15cm cada um, referidos a um ponto fixo do terreno. Posteriormente, o pilão deve ser suavemente apoiado sobre o conjunto de hastes, anotando-se a eventual penetração observada. A penetração obtida desta forma corresponde a zero golpes;

5. Inicia-se a cravação do amostrador através da queda livre do pilão. Cada queda do pilão corresponde a 1 golpe, e serão aplicados tantos golpes quantos forem necessários à cravação de 30cm do amostrador, atendendo que nunca se devem exceder as 60 pancadas. Deve ser anotado o número de golpes e a penetração em centímetros para a cravação de cada terço do amostrador. Caso ocorram penetrações superiores a 15cm, estas devem ser anotadas, não se fazendo aproximações. Após o término de cada ensaio SPT, prossegue-se a sondagem empregando o trado, até a profundidade do novo ensaio;
6. O valor da resistência à penetração (N) consiste no número de golpes necessários à cravação dos 30cm finais do amostrador;
7. A cravação do amostrador deve ser interrompida quando se obtiver penetração inferior a 5cm após dez golpes consecutivos, não se computando os cinco primeiros golpes do teste, ou quando o número de golpes ultrapassar 60 num mesmo ensaio. Nestas condições, o material será considerado impenetrável ao SPT, devendo ser anotados o número de golpes e a penetração respectiva;
8. As informações obtidas no ensaio devem ser transcritas para o boletim de sondagem;
9. Este procedimento é repetido de metro em metro: retira-se o amostrador, avança-se a perfuração até ao próximo metro e volta-se a colocá-lo, depois de limpo, apoiado no fundo do furo, sem atrito lateral, para a próxima medição. Qualquer outra forma de execução é errada e pode alterar consideravelmente os valores encontrados.

A figura 04 ilustra os equipamentos básicos para SPT e a Figura 05 a execução de um ensaio de SPT.



**Figura 04:** Equipamentos básicos para ensaio SPT

Fonte: Fórum da Construção



**Figura 05:** Execução do ensaio SPT

Fonte: Website Concreta

É importante observar que a precisão dos resultados depende da qualificação dos técnicos responsáveis pela execução do ensaio, mesmo após uma modernização dos

equipamentos e formas do ensaio. Segundo Alonso (1994) o ensaio SPT, está sujeito a alguns erros:

- Altura de queda: ocorre principalmente quando o levantamento do peso é realizado manualmente, onde o operador eleva de mais ou de menos o mesmo, fazendo com que a altura de queda não corresponda a da norma;
- Atritos múltiplos: é observado principalmente em equipamentos mal conservados onde a falta de manutenção faz com que o atrito na roldana de movimentação do peso, seja elevado a ponto de interferir na velocidade de queda;
- Peso e rigidez das hastes: ocorre devido aos diferentes metais empregados na fabricação dos equipamentos, proporcionando ferramentas mais pesadas ou mais rígidas, que interfere na transferência de energia do martelo (peso) para o trado;
- Erros relativos ao estado da parede lateral do amostrador: o trado é um equipamento que por estar em contato direto com solo e eventuais pedras acaba por desenvolver ranhuras em sua face lateral;
- Sistemáticos e acidentais comuns a todas as medidas de grandeza: são erros que podem ou não serem corrigidos, está ligado à escala inadequada ou deficiente calibração do aparelho ou ainda podem ser por fatores externos (ambientais ou não), mas que perturbam o ato de medir.

## 2.7. BANCO DE DADOS DE SONDA GEM SPT

Os bancos de dados georreferenciados e interligados a um Sistema de Informação Geográfica – SIG, têm alcançado grande expansão de aplicação prática em várias cidades brasileiras, subsidiando ações de gerenciamento de finanças, como atualização cadastral para cálculo de imposto territorial, ou de planejamento de infraestrutura urbana, como seleção de locais para implementação de postos de saúde ou escola pública (YUAÇA, 2003).

Almeida e Albrecht (2002) apud Higashi (2006) apresentam um banco de dados georreferenciados de sondagens de simples reconhecimento (SPT) em ambiente SIG com objetivo de aproveitar essa estrutura como subsídio ao planejamento urbano. O trabalho utilizou fontes de dados de sondagens existentes fornecidos pelas empresas que atuam

no ramo de geotécnica. Como resultado final foi criado um ambiente SIG que permite ao usuário vários tipos de correlações entre dados de sondagem e cartas geológico-geotécnicas e urbanísticas.

A representação do banco de dados dentro de um SIG, deve ser adequada às finalidades e objetivos da aplicação, porém podem ocorrer aplicações distintas pela necessidade específica da informação, fazendo com que as representações e escalas sejam diferentes. O ideal seria poder armazenar apenas uma das representações e deduzir as demais a partir da representação primária, evitando manter dados redundantes (DAVIS, 2000 apud DOMINGUES, 2005).

Fonteles (2003) caracterizou geotecnicamente uma área de 44 km<sup>2</sup> no município de Fortaleza (CE), utilizando técnicas geoestatísticas de análise da variabilidade espacial e de estimativas de dados de sondagem de simples reconhecimento. Essa caracterização teve os seguintes passos: montagem de um banco de dados geotécnicos; aplicação de algoritmo de interpolação para elaboração do Modelo Digital de Terreno; aplicação de técnicas geoestatística de cokrigagem e krigagem ordinária na elaboração do mapa de superfície freática; a construção de um modelo geológico 3D de superfície, o mapeamento de uma superfície do impenetrável ao amostrador SPT, a modelagem geoestatística 3D dos dados do índice de resistência à penetração do mostrador do SPT. Esses dados estimados das bancadas foram usados no programa ArcView em ambiente SIG na elaboração de mapas de uso sugerido de fundações.

## 2.8. SUPERFÍCIE RESISTENTE

Os Números do SPT (NSPT) são comumente utilizados em correlações no dimensionamento de fundações profundas. Estas correlações podem ser diretas ou indiretas.

Os métodos indiretos utilizam os dados na previsão de parâmetros constitutivos, representativos do comportamento do solo obtidos por correlação com resultados de ensaios de campo e/ou laboratório. Nos métodos diretos, os dados são aplicados em formulações empíricas e/ou semi-empíricas com o intuito de prever um valor de tensão admissível ou o recalque de um elemento de fundação (FONTELES, 2003).

Os métodos de Aoki e Velloso (1975) e Decóurt e Quaresma (1978) são métodos semi-empíricos que se utilizam do NSPT e suas correlações com os valores de atrito de ponta e atrito lateral do ensaio CPT (Cone Penetration Test) para obter como resultado,

somando-se as duas parcelas citadas anteriormente, a carga admissível de uma estaca em elemento isolado.

Outra metodologia desenvolvida por Aoki e Cintra (1996) consiste em aplicações práticas do NSPT para determinar limites de execução. Segundo Fonteles (2003) a justificativa para utilização de tais limites está relacionada ao conceito de Fundação, que supostamente deveria incorporar as características estruturais e geotécnicas.

O elemento de fundação é considerado como a união do elemento estrutural de fundação, que pode ou não ser pré-fabricado, mas que possui um rigoroso controle de produção e no qual se conhece os parâmetros de resistência à ruptura e deformabilidade; e o elemento geotécnico, que é composto por rochas e solos de diferentes composições mineralógicas e granulometrias que resultam em um material anisotrópico de comportamento geomecânico semelhante, porém não igual.

É neste contexto que surge o conceito de superfície resistente, que seria delimitada pela capacidade do elemento estrutural atingir diferentes profundidades no elemento geotécnico. Segundo Aoki (2002) esta variabilidade observada nos comprimentos das estacas significa que há valores individuais de carga admissível para o conjunto.

## 2.9. SUPERFÍCIE IMPENETRÁVEL

É realizada de acordo com a norma de Execução NBR 6484/2001 e NBR 7250/1982 de Identificação e Classificação, consistem na introdução do amostrador bipartido a partir da cota um metro de profundidade e, considerando profundidades constantes a cada 1,00m até a camada impenetrável da rocha, o solo é atravessado pelo amostrador de barrilete através de cravação dinâmica de 45,00cm, com contagem do número de golpes para cada 15,00cm, para os 55,00cm restantes de cada cota o solo é removido com auxílio do trado helicoidal ou á percussão. As amostras indeformadas retiradas do amostrador são separadas e catalogadas para que sejam classificadas e identificadas no laboratório de solos, os números de golpes identificados a cada 15,00cm de penetração de cada cota, são anotados em um boletim de campo, sendo que para fins de cálculo são válidos somente os números referentes a segunda camada de 15,00cm e a terceira camada de 15,00cm que são o NSPT (Números do SPT), ou seja, números adimensionais que são transformados através de fórmulas semi-empíricas em  $\text{kgf/cm}^2$ .

### 3. MÉTODO

Esta monografia tem como método a criação de um banco de dados a partir dos ensaios de sondagem SPTs existentes, obtidos juntamente com dados geográficos. A partir de um banco de dados pode-se obter, por exemplo, superfície de impenetrável, níveis d'água, e por fim caracterizar o solo para futuros estudos e/ou aplicações. A figura 06 demonstra de forma objetiva o método empregado neste trabalho.



**Figura 06:** Método empregado na pesquisa

### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS**

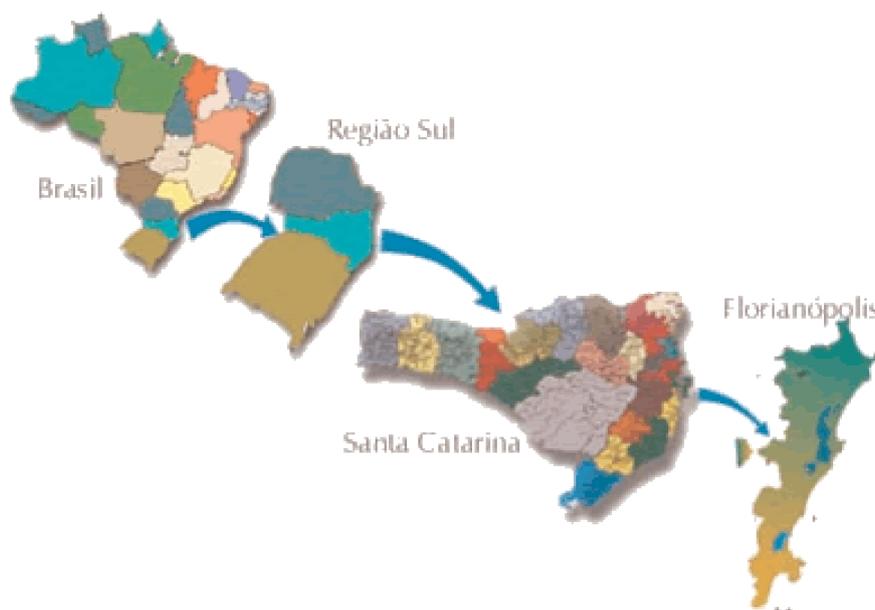
O município de Florianópolis é uma das três ilhas-capitais do Brasil, juntamente com Vitória e São Luís. A área do município, que compreende a parte continental e a ilha, abrange 436,5 km<sup>2</sup> com uma população de 433.150.99 habitantes até 2012, segundo estimativas do IBGE, figurando como a segunda cidade mais populosa do estado, apenas superada por Joinville. Fazem parte do município de Florianópolis os seguintes distritos: Barra da Lagoa, Cachoeira do Bom Jesus, Campeche, Canasvieiras, Ingleses do Rio Vermelho, Lagoa da Conceição, Pântano do Sul, Ratonés, Ribeirão da Ilha, Santo Antônio de Lisboa e São João do Rio Vermelho.

A Ilha de Santa Catarina possui uma forma alongada e estreita, com comprimento médio de 54 km e largura média de 18 km. Possui o litoral bastante recortado, possui várias enseadas, pontas, ilhas, baías e lagoas e encontra-se situada de forma paralela ao continente, separadas por um estreito canal.

Seu relevo é formado por cristas montanhosas e descontínuas, servindo como divisor de águas da ilha. As altitudes variam entre 400 e 532 metros. O ponto mais alto da ilha é o Morro do Ribeirão, com 532 metros de altitude, com nascentes de águas limpas e remanescentes florestais da Mata Atlântica.

Provavelmente, a origem dessa formação geológica está associada a uma fase de instabilidade tectônica, que originou grandes falhas e profundas bacias de sedimentação, que influenciaram, há milhões de anos atrás, grande parte da margem continental brasileira.

Após esses episódios, a área esteve sob regime de lenta epirogênese e sob a atuação dos processos erosivos que vieram ao longo desse tempo geológico, moldando as Serras litorâneas (BIGARELLA, 1994; CARUSO, 1993). A segunda e mais recente unidade é a planície costeira com um relevo variando de plano a ondulado caracterizado por uma diversidade de ecossistemas de transição, destacando as restingas, banhados e manguezais que regulam uma série de processos ecológicos aquáticos e terrestres.



**Figura 07:** Localização Município de Florianópolis

Fonte: Google Imagens

Florianópolis possui características climáticas bem distribuídas quanto às estações, com verão e inverno bem definidos, sendo o outono e primavera semelhantes. É a terceira capital mais fria do país, ficando atrás de Curitiba e Porto Alegre. A ilha de Santa Catarina sofre bastante a influência dos ventos, principalmente do vento Sul, fazendo com que a sensação térmica seja inferior às temperaturas mínimas registradas.

A precipitação é bem distribuída durante todo o ano. Não existe uma estação seca, sendo o verão geralmente a estação que apresenta o maior índice pluviométrico.

### 3.1.2. GEOMORFOLOGIA

A Ilha de Santa Catarina era constituída por um arquipélago de rochas cristalinas, atualmente, representadas pelos morros, a partir do Quaternário, esse conjunto de ilhas foi ligado por formações constituídas por sedimentos marinhos, lacustres, eólicos e fluviais que constituem hoje as planícies.

Os terrenos sedimentares abrangem pequenas áreas de sedimentação; de baixa altitude, atingindo 40m nos campos de dissipação de dunas, e apresentam morfologia típica. Na planície sedimentar verifica-se a atuação de processos erosivos e deposicionais sob várias condições distintas de ambiente, onde os rios, os mangues, as

praias e as lagoas aí existentes, constituem a Unidade Geomorfológica Planície Costeiras (HERMANN, 1989).

Segundo Hermann (1989), os solos nas regiões do cristalino, via da regra, possuem espessura em torno de 1m, onde predominam os do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo. Isso ocorre nas regiões mais acidentadas, sendo maiores, as espessuras, nos relevos menos acidentados. Devido às características topográficas acidentadas do relevo, a erosão nesses solos é acentuada sendo necessário conservá-los com culturas perenes.

Nas áreas sedimentares predominam as Areias Quartzosas. São solos ácidos, pobres em nutrientes e acentuadamente susceptíveis à erosão eólica. Devido à permeabilidade elevada, períodos mínimos de estiagem são suficientes para acarretar deficiência hídrica (SANTOS, 1997).

Rios e lagoas integram a hidrografia da Ilha. Os rios são de pequeno porte. A maioria das nascentes localiza-se nos terrenos do embasamento cristalino. O norte da Ilha é drenado pela bacia do rio Ratoes, a maior existente; o sul pela do Tavares, o qual no seu baixo curso possui um sistema de mangue; porção central da Ilha, pela do Itacorubi, que deságua na Baía Norte.

Um dos pontos turísticos mais visitados, a Lagoa da Conceição, possui a maior bacia com 19,7 km<sup>2</sup>, e sofre influencia da maré. Nas águas salobras desenvolve-se uma fauna marinha rica em crustáceos e peixes. A Lagoa do Peri, com 2 a 4m de profundidade, possui 5,12km<sup>2</sup>, e situa-se 3m acima do nível do mar (ATLAS DE SANTA CATARINA, 1986).

### **3.1.3. GEOLOGIA**

Segundo Santos (1997), a geologia da Ilha de Santa Catarina pode ser descrita como um conjunto de rochas cristalinas, granitoides e vulcanitos associados, representando o Ciclo Tectônico Brasileiro, cortados localmente por diques de diabásio de idade Juro-Cretácica, sobrepostos por coberturas sedimentares recentes, relativas aos eventos Terciário / Quaternários. As rochas cristalinas constituem os morros, formando um conjunto de elevações quase alinhados na direção nordeste, ao longo de toda a Ilha. Estes morros servem como anteparos para o acúmulo de material sedimentar, comumente retrabalhados, muitas vezes derivados dos próprios morros. Os granitoides afloram sob a forma de matacões de médio e grande porte e lajeados, usualmente

apresentando uma alteração superficial, bastante pronunciada, que produz um horizonte C bastante espesso (solo residual).

A maior parte das rochas granitoides que afloram na Ilha de Santa Catarina foi descritas por Castro e Castro (1969), sendo este, posteriormente redefinidos por Silva e Bortoluzzi, apud Silva (1987), como Suíte Intrusiva Pedras Grandes. Segundo estes últimos autores, essa Suíte representa um batólito alongado no sentido meridiano, com 150 km de extensão e área aflorante de 4.500km<sup>2</sup>.

#### **3.1.4. PEDOLOGIA**

A pedologia é a ciência que estuda os solos, sua caracterização, gênese e classificação (Kampf et al., 1987). Com o uso da classificação sistemática de perfis superficiais de solos, a pedologia trabalha com dados significativos sobre composição, gênese, substrato, características físicas, morfológicas e ambientais dos solos.

Segundo Santos (1997), na pedologia o perfil de intemperismo é constituído por uma sucessão de camadas denominadas horizontes. Os principais horizontes são demonstrados pelas letras A, B, C e R. Os horizontes A e B simbolizam o solo superficial com maior grau de evolução pedogenética. O material de origem alterado pelos processos de intemperismo é designado horizonte C. A rocha sã corresponde ao horizonte R. Nos perfis geotécnicos é necessário introduzir o horizonte RA, que corresponde a rocha alterada.

A pedologia classifica os solos em função dos diferentes graus de desenvolvimento do horizonte B. Assim os solos com horizonte B mais desenvolvido não apresentam mais a estrutura e os minerais primários da rocha de origem e são conhecidos, dentro da mecânica dos solos, como solos residuais maduros. O termo residual nem sempre é adequado, pois os solos superficiais sempre sofrem algum processo de transporte (SANTOS, 1997).

O trabalho de Sommer e Rosatelli no Mapeamento Temático do Município de Florianópolis (FLORIANÓPOLIS, 1991) os autores procuram apresentar um levantamento de solos de nível de reconhecimento, em escala 1:50.000, com o objetivo de fornecer informações qualitativas para o planejamento geral de programas de conservação, manejo e uso do solo.

Em 1999 a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA promoveu uma nova classificação dos solos no Brasil. Portanto este trabalho apresenta o

material levantado por Sommer e Rosatelli (FLORIANÓPOLIS, 1991), apresentado no Atlas de Florianópolis (FLORIANÓPOLIS, 2004).

A seguir são citados os tipos de solo presentes no município de Florianópolis conforme a nova classificação, porém mantendo as informações do levantamento de 1991 e das informações de 2004:

- a) Argissolos - eram chamados solos podzólicos até 1999. São Solos que apresentam migração de argila do horizonte A para o B, criando uma diferença de textura entre esses horizontes (o A fica mais arenoso e o B mais argiloso). Sua profundidade é de aproximadamente 1,5m. De relevos ondulados - das encostas de morros e colinas. Possui fragilidade à erosão quando não possuem cobertura vegetal. Os argissolos vermelho-amarelos geralmente derivam do intemperismo dos granitos e apresentam textura areno-argilosa, não possuindo boa fertilidade. Os argissolos vermelhos originam-se da alteração das rochas de diabásio e apresentam textura argilosa, sendo geralmente mais férteis. Na área onde o Granito predomina, os solos apresentam espessura em torno de 1 m (horizontes A + B) (HERRMANN, 1989), tipo Argissolo Vermelho-Amarelo, com o horizonte A em cor clara e o horizonte B apresentando acúmulo de argila e coloração vermelha amarelada.
- b) Cambissolos - são solos com profundidade média entre 0,5 a 1,5m, possuem geralmente horizonte B ainda em formação, com pouca espessura (cerca de 10cm). Sua textura pode ser cascalhenta, pois pedaços do material de origem ainda pouco alterados podem estar ao longo do perfil. Encontrado nas encostas íngremes dos morros ou na base das encostas, sendo formado a partir dos depósitos de sedimentos. A sua fertilidade vai depender do material de origem de onde ele se desenvolve. O Cambissolo apresenta um horizonte subsuperficial B em início de desenvolvimento, sem um acentuado grau de intemperismo com impossibilidade de formação de solos profundos. Cristo (2002) argumenta que por sua baixa intemperização, apresentam processos pedogenéticos pouco expressivos, por isso tem pequeno incremento de argila, com cerosidade praticamente ausente, apresentando minerais parcialmente alterados, com fracos agrupamentos estruturais desenvolvidos no horizonte B.
- c) Neossolos Litólicos - caracterizam-se por ser muito rasos (14 a 40cm de espessura) e por não possuírem um horizonte B, tendo o horizonte A diretamente

sobre o C ou sobre a rocha matriz. Sua textura varia de arenosa a cascalhenta até pedregosa. Pode apresentar o horizonte húmico, ou seja, rico em matéria orgânica. No território do município, esse solo ocorre sobre os maciços rochosos, junto aos costões da Ilha de Santa Catarina e nas pequenas ilhas próximas.

- d) Afloramento de Rochas - Os Afloramentos de rochas aparecem na forma de uma capa (laje) de rocha que recobre o terreno ou na forma de acúmulo de blocos e matacões ao longo das encostas e/ou na sua base. Os afloramentos de rocha na forma de laje são comuns nos trechos mais íngremes das encostas e nos costões junto às praias. Estas atualizações da cobertura superficial estão presentes em um mapa de cobertura superficial da parte central (Maciço do Morro da Cruz) de Florianópolis realizado por Saito (2004).
  
- e) Espodossolos Hidromórfico - Esses solos eram chamados solos de podzol, são solos arenosos e geralmente profundos (1 a 3m) com migração de matéria orgânica, alumínio e ferro da superfície para uma região mais profunda no perfil, formando um horizonte chamado espódico, cuja cor é castanha. O termo hidromórfico é devido ao fato de apresentar-se saturado de água até próximo à superfície do terreno. Não possui boa fertilidade natural e, por conter muito alumínio é inadequado para agricultura convencional. Tem ocorrência mais significativa na região próxima à foz do rio Ratonas, no norte da Ilha de Santa Catarina.
  
- f) Gleissolos - Os Gleissolos são divididos em háplicos e tiomórficos. O Gleissolo háplico é um solo encharcado, com horizonte A com matéria orgânica, seguido em profundidade por um horizonte chamado Glei cujas cores são acinzentadas, esverdeadas ou azuladas por causa do excesso de água. A textura é geralmente argilosa. Apresentam boa fertilidade, mas precisam ser drenadas para o uso agrícola. Esse solo é comum nas áreas de planícies da Ilha de Santa Catarina. Já o Gleissolo Tiomórficos é um solo que ocorre nos manguezais. Apresenta textura argilosa e a presença de enxofre e sais (pois é alagado pela água do mar quando a maré enche). Por ser um solo encharcado, a matéria orgânica não se decompõe totalmente, o que explica a presença de enxofre e a sua cor escura e,

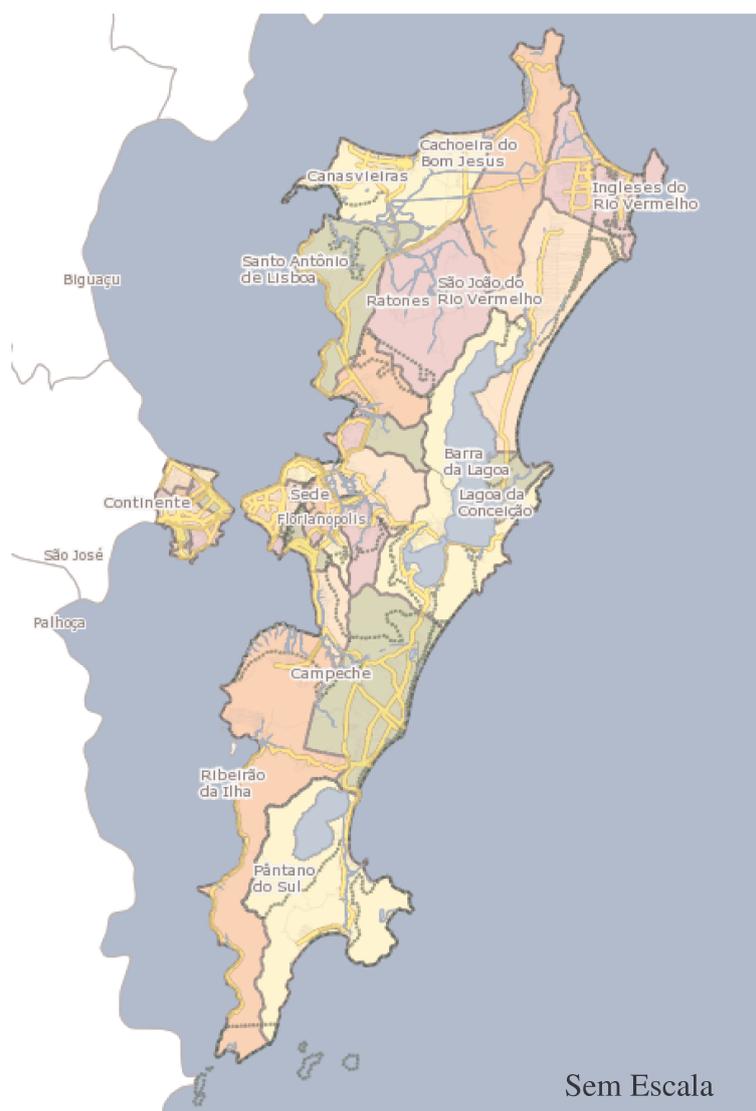
por vezes, o mau cheiro. Ocorre em grande parte do município, onde o mar é calmo, junto à desembocadura de rios em enseadas e baías, como é o caso do Rio Ratoles, Tavares, e dos rios que têm sua foz nas enseadas como a do Saco Grande, a do Itacorubi, entre outras.

- g) Organossolos - era chamado até 1999 de solo orgânico. É um solo alagado e com muita matéria orgânica, por isso são muito escuros. O excesso de matéria orgânica se deve a matéria orgânica não se decompor totalmente no ambiente encharcado e ir se acumulando no perfil do solo. Apresenta textura geralmente argilosa e boa fertilidade natural, embora necessite drenagem para o seu uso agrícola, ocorre nas áreas planas e baixas da Ilha Santa Catarina.
- h) Neossolo Quartzarênico - Os neossolos eram chamados areias quartzosas. São solos arenosos e profundos (1 a 3m), não alagados, com baixa fertilidade natural e pouca capacidade de retenção de água, em virtude de sua textura arenosa. Os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos são semelhantes aos anteriores, contudo são encharcados pela presença do lençol freático próximo à superfície e por isso apresentam maior acúmulo de matéria orgânica, o que os torna acinzentados e um pouco mais férteis do que os neossolos quartzarênicos. Entretanto, para uso agrícola precisam ser drenados. Ocorrem nas áreas mais baixas do relevo, junto dos neossolos quartzarênicos.
- i) Areais Quartzosos Marinhos - Tratam-se de sedimentos que recobrem as praias e que ainda não passaram pelos processos de formação de solo (pedogênese), pois estão em um ambiente extremamente dinâmico, onde o trabalho do mar e do vento é incessante. Na legenda do mapeamento de 1991 são chamadas de Areia Quartzosa Marinha Álica.
- j) Dunas - As dunas são os depósitos arenosos de dunas móveis, onde vento age significativamente, não permitindo a formação do solo.

### 3.2. LEVANTAMENTO DE DADOS PRÉ- EXISTENTES

#### 3.2.1. MAPA CADASTRAL

O mapa Cadastral foi cedido pela Prefeitura Municipal de Florianópolis em formato “dgn” (design) para plataforma CAD (Computer Aided Design), importado para ambiente SIG, e transformado em formato shapefile (spatial data format). A projeção é a Universal Transversa de Mercator (UTM). A Figura 08 mostra o Mapa Cadastral do Município de Florianópolis.

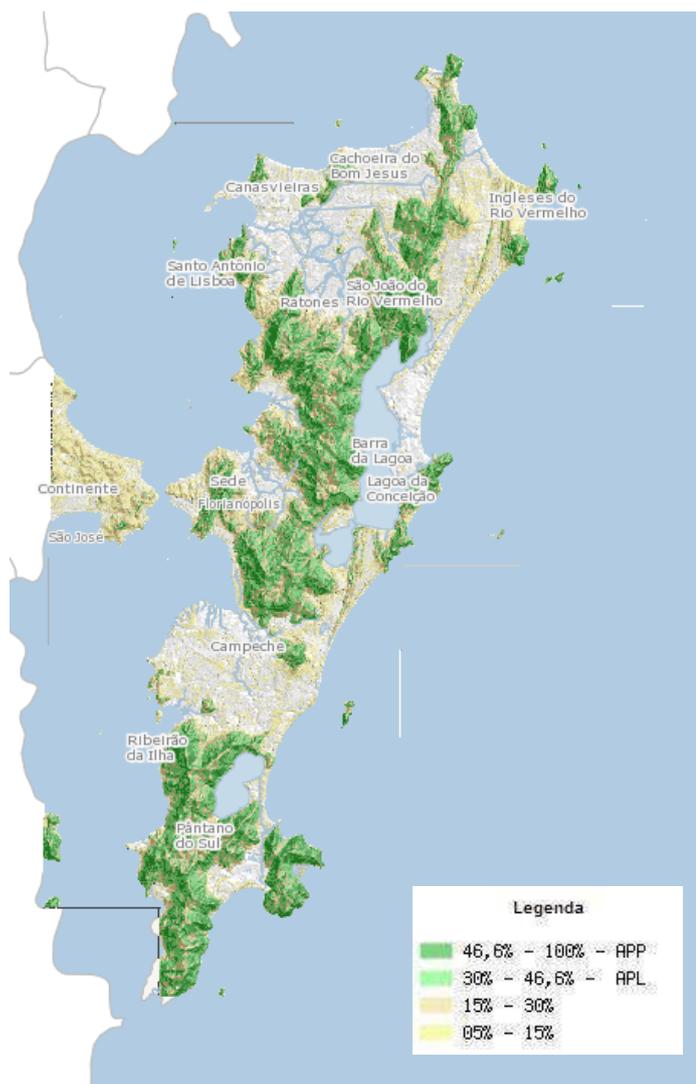


**Figura 08:** Mapa Cadastral de Florianópolis

Fonte: Geoprocessamento Corporativo de Florianópolis

### 3.2.2. MAPA DE CURVAS DE NÍVEL

As curvas de nível foram fornecidas pela EPAGRI em formato shapefile para plataforma SIG do quadrante da região da Grande Florianópolis. Para a análise feita neste trabalho foi necessária edição deste mapa (Figura 09), realizada por meio dos limites do município, pela ferramenta “Clip” do software ArcGis. A projeção desta carta é dada em UTM e o Datum de referência é o SAD69 zona 22S.



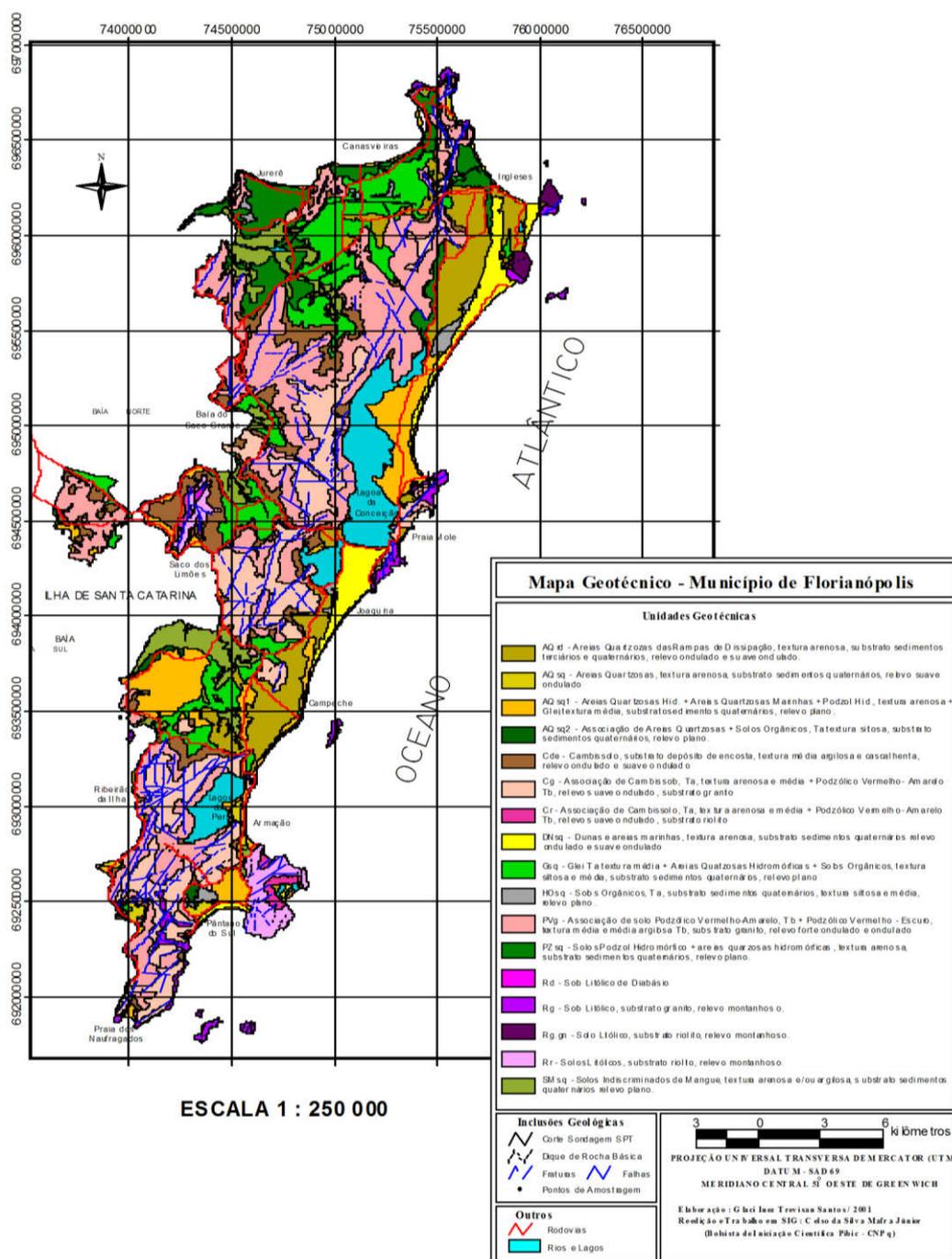
**Figura 09:** Mapa de Declividade de Florianópolis

Fonte: Geoprocessamento Corporativo de Florianópolis

### 3.2.3. MAPA GEOTÉCNICO

O mapa geotécnico é baseado na união dos mapas pedológicos, geológicos e de topografia, tal metodologia é sugerida pela Davison Dias (1995). Pode ser uma ferramenta de grande utilidade no estudo de fundações, pois a pedologia e a geologia

regem o comportamento geomecânico dos solos. Ao cruzar estes mapas estimam-se quais camadas podem ser consideradas importantes, para cada grau de intensidade de carga, a figura 10 ilustra o mapa geotécnico de Florianópolis. As tabelas 06 e 07 demonstram, respectivamente, a simbologia simplificada das classes pedológicas e a geologia simplificada.



**Figura 10:** Mapa Geotécnico de Florianópolis

Fonte: Laboratório de Mapeamento Geotécnico - UFSC

**Tabela 06:** Simbologia simplificada das classes pedológicas

Sigla	Classificação	Sigla	Classificação
A	Aluviais	P	Podóis Indiscriminados
AQ	Areias Quartzosas	PB	Podzólico Bruno-Acinzentado
B	Brunizém	PE	Podzólico Vermelho-Escuro
BV	Brunizém Vético	PL	Planossolo
C	Cambissolo	PLV	Planossolo Vético
CB	Cambissolo Bruno	PLP	Planossolo Plíntico
GH	Glei	PT	Plintossolo
HO	Solo Orgânico	PV	Podzólico Vermelho-Amarelo
LA	Latossolo Amarelo	R	Litóico
LB	Latossolo Bruno	TR	Terra Roxa Estruturada
LBC	Latossolo Bruno-Câmbico	TBV	Terra Bruna Estruturada
LBR	Latossolo Bruno-Roxo	TBR	Terra Bruna-Roxa
LE	Latossolo Vermelho-Escuro	TBV	Terra Bruna-Podzólica
LR	Latossolo Roxo	V	Vertissolo
LV	Latossolo Vermelho-Amarelo		

Fonte: Davison Dias (2001) apud Higashi (2006)

**Tabela 07:** Geologia simplificada

Sigla	Classificação	Sigla	Classificação
a	Arenito	g	Granito
ag	Argilito	gl	Granulito
na	Andesito	gn	Gnaisse
ar	Ardósia	gd	Granitóide
b	Bassalto	ma	Mármore
br	Brecha	p	Pelito
c	Conglomerado	q	Quartzito
ca	Calcáreo	r	Riolito
cm	Complexo Metamórfico	si	Sienito
cr	Carvão	s	Siltito
d	Diorito	sq	Sedimentos Quaternários
da	Dacito	st	Sedimentos Terciários
f	Folhelho	x	Xisto

Fonte: Davison Dias (2001) apud Higashi (2006)

De acordo com Higashi (2001), a área em estudo apresenta um total de dezessete unidades geotécnicas sendo elas:

AQrd – Areias Quartzosas das Rampas de Dissipação, textura arenosa, substrato sedimentos terciários e quaternários, relevo ondulado e suave ondulado.

ARsq – Areias Quartzosas, textura arenosa, substrato sedimentos quaternários, relevo suave ondulado.

AQsq1 – Areias Quartzosas Hid. + Areias quartzosas marinhas + Podzólico hidráulico, textura arenosa + Glei textura média, substrato sedimentos quaternários, relevo plano.

AQsq2 – Associação de Areias Quartzosas + Solos Orgânicos, textura siltosa, substrato sedimentos quaternários, relevo plano.

Cde – Cambissolo, substrato depósito de encosta, textura média argilosa cascalhenta, relevo ondulado e suave ondulado.

Cg – Associação de Cambissolo, Ta, textura arenosa média + Podzólico vermelho amarelo, Tb, relevo suave ondulado, substrato granito.

Cr – Associação de Cambissolo, Ta, textura arenosa e média + Podzólico vermelho amarelo, Tb, relevo suave ondulado, substrato riolito.

DNsq – Dunas e areias marinhas, textura arenosa, substrato sedimentos quaternários relevo ondulado e suave ondulado.

Gsq – Glei textura média + Areias quartzosas hidromórficas + solos orgânicos, textura siltosa e média, substrato sedimentos quaternários, relevo plano.

HOsq – Solos orgânicos, Ta, substrato sedimentos quaternários, textura siltosa e média, relevo plano.

PVg – Associação de solo podzólico vermelho amarelo, Tb + podzólico vermelho escuro, textura média e média argilosa Tb, substrato granito, relevo forte ondulado e ondulado.

PZsq – Solo podzol hidromórfico + areias quartzosas hidromórficas, textura arenosa, substrato sedimentos quaternários, relevo plano.

Rd – Solo litólico de diabásio.

Rg – Solo litólico, substrato granito, relevo montanhoso.

Rg.gn – Solo litólico, substrato riolito, relevo montanhoso.

Rr – Solos litólicos, substrato riolito, relevo montanhoso.

SMsq – Solos indiscriminados de mangue, textura arenosa e/ou argilosa, substrato sedimentos quaternários, relevo plano.

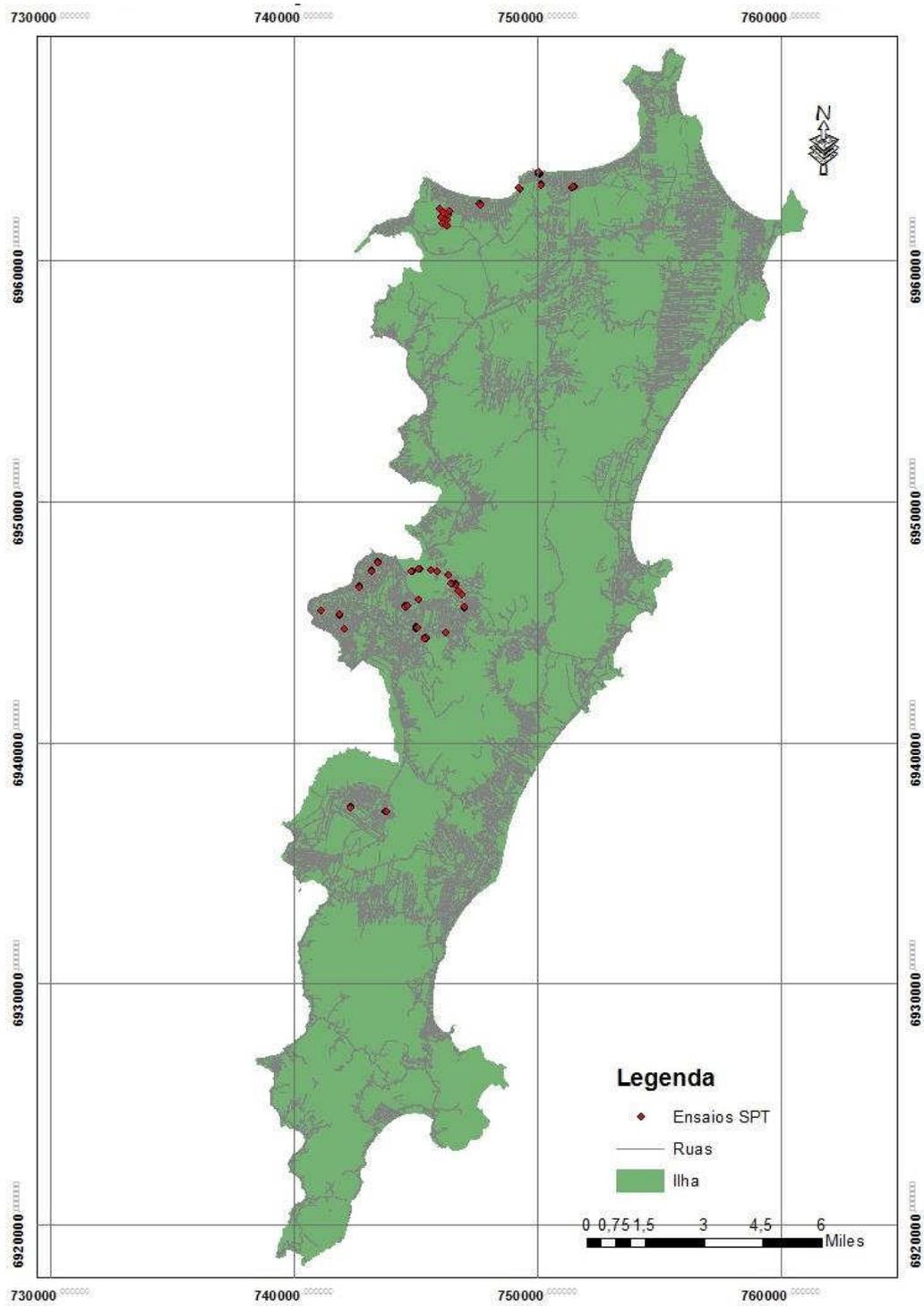
### 3.3. AQUISIÇÃO DE LAUDOS SPTs

Os ensaios SPTs são fundamentais para esta monografia, pois todos os resultados foram alcançados com base nas informações coletadas. Grande parte destes ensaios foi fornecida em arquivo de planilha Excel® pelo Laboratório de Mapeamento Geotécnico da UFSC, somando no total cento e quarenta e seis laudos de sondagens SPTs.

A Figura 11 apresenta o banco dados depois ser inserido no programa ArcGis. Em seguida, a Figura 12 retrata o mapa de distribuição dos ensaios SPTs localizados na Ilha de Santa Catarina. Como pode-se perceber, há uma maior concentração de pontos de sondagem nas áreas central e norte demonstrando o maior desenvolvimento urbano destas, situação diferente do Sul da Ilha que é uma região menos desenvolvida e, por consequência, há uma quantidade menor de sondagens do solo. Por fim, na Figura 13, apresenta-se o exemplo da forma como foi entregue o laudo de sondagem SPT pelas empresas.

ID	NA	NA24H	IMPEN	X	Y	NSPT1	NSPT2	NSPT3	NSPT4	NSPT5	NSPT6	NSPT7	NSPT8	NSPT9	NSPT10	NSPT11	NSPT12	NSPT13	NSPT14	NSPT15
0	827	9,97	12	12	75018	696316	0	2	2	18	34	20	18	40	44	26	15			
1	828	9,85	11	11	75017	696315	0	2	2	6	27	23	7	20	23	28	37	0		
2	829	10,2	11	11	75016	696313	0	4	4	5	20	12	17	40	28	25	20	0		
3	830	9,99	12	12	75018	696313	0	2	2	23	20	6	24	47	40	46	43	25		
4	871	8,99	6	6	74983	694658	0	7	9	3	10	9	0	0	0	0	0	0		
5	872	8,92	7	7	74985	694658	0	6	3	3	4	10	14	0	0	0	0	0		
6	875	8,5	9	9	74983	694656	0	10	2	3	4	3	10	28	30	0	0	0		
7	874	8,85	11	11	74985	694657	0	5	2	3	2	9	18	19	20	27	24	0		
8	904	0	5	5	74289	694470	0	2	2	7	2	0	0	0	0	0	0	0		
9	905	7,55	23	23	74376	693713	0	5	6	8	8	10	13	13	8	3	2	8	4	3
10	906	7,96	23	23	74376	693712	0	2	4	9	8	12	11	14	20	12	4	4	3	6
11	907	8,02	23	23	74380	693712	0	4	7	10	9	10	8	12	22	4	4	3	9	11
12	908	7,7	21	21	74380	693714	0	2	7	8	8	10	12	16	10	2	2	2	4	3
13	949	8,73	27	27	75153	696307	0	30	48	43	52	3	6	45	12	2	2	3	3	3
14	950	0	48	48	75145	696300	0	16	31	29	20	20	35	27	7	2	2	2	3	2
15	951	8,75	33	33	75149	696304	0	7	17	29	33	2	3	10	23	38	2	2	2	2
16	952	8,29	5	5	73751	694399	0	6	4	12	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	953	8,43	4	4	73750	694398	0	6	18	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	954	8,45	4	4	73750	694397	0	5	6	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	955	8,43	7	7	73749	694396	0	3	9	9	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0
20	956	8,45	8	8	73749	694399	0	5	10	9	10	8	0	0	0	0	0	0	0	0
21	957	0	1	1	73748	694398	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	958	0	2	2	73748	694397	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	959	8,8	4	4	73747	694396	0	12	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	960	0	1	1	73747	694399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	961	0	1	1	73746	694398	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	962	9,15	5	5	73746	694397	0	21	27	27	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	963	0	2	2	73745	694396	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	964	8,95	14	14	73745	694395	0	17	4	14	2	5	5	3	3	5	25	42	30	
29	965	8,42	11	11	74504	694481	0	4	2	2	6	3	4	6	6	11	0	0	0	0
30	966	9,17	8	8	74504	694479	0	2	2	4	10	3	2	0	0	0	0	0	0	0
31	967	9,12	7	7	74505	694477	0	2	2	7	15	3	2	0	0	0	0	0	0	0
32	968	9,11	8	8	74505	694475	0	2	3	2	19	2	2	0	0	0	0	0	0	0
33	969	8,66	7	7	74504	694473	0	2	2	2	2	29	0	0	0	0	0	0	0	0
34	970	9,59	6	6	74504	694471	0	2	2	4	3	17	0	0	0	0	0	0	0	0
35	971	8,67	7	7	74505	694479	0	5	2	3	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0
36	972	9,01	13	13	74505	694477	0	3	2	2	2	3	13	17	24	30	26	36		
37	973	9,27	10	10	74506	694475	0	9	3	3	3	6	14	20	26	33	0	0	0	0
38	101	0,76	10	10	74631	696144	0	6	25	32	25	27	27	15	18	19	0	0	0	0
39	101	1,06	10	10	74632	696170	0	20	36	37	26	40	22	18	12	30	0	0	0	0
40	101	0,43	11	11	74633	696191	0	22	26	41	42	25	25	8	16	43	43	0	0	0
41	101	0,89	11	11	74616	696202	0	18	16	36	35	38	19	40	5	20	15	0	0	0
42	101	1,75	11	11	74616	696176	0	6	15	38	41	24	24	20	6	49	4	0	0	0
43	101	1,88	11	11	74608	696156	0	6	3	14	28	31	17	10	3	16	23	0	0	0
44	101	1,55	11	11	74605	696182	0	4	12	23	34	40	2	19	16	7	3	0	0	0
45	101	1,1	11	11	74597	696217	0	6	19	35	41	44	10	11	18	3	4	0	0	0

Figura 11: Banco de Dados no Software ArcGis



**Figura 12:** Mapa de Distribuição dos Ensaios SPTs



### 3.4. ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Finalizando a catalogação descrita anteriormente, foram feitas mudanças necessárias para a inserção dos dados no software ArcGis. A descrição do solo, para facilitar a manipulação dos dados, foi adaptada de acordo com a classificação de Berberian (1975) que segue resumidamente no Quadro 04.

Os ensaios SPTs foram transcritos e classificados em duas planilhas: a primeira informa a localização dos pontos, o nível da água, profundidade do impenetrável e o NSPT de metro em metro. A segunda apresenta a identificação do ponto e sua classificação pedológica também de metro em metro. Por se tratar de planilhas com grande volume de dados, para exemplificação, será apresentado nos quadros a seguir (Quadro 03 e 04), apenas um trecho das mesmas. A planilha completa pode ser encontrada em apêndice no final desta monografia.

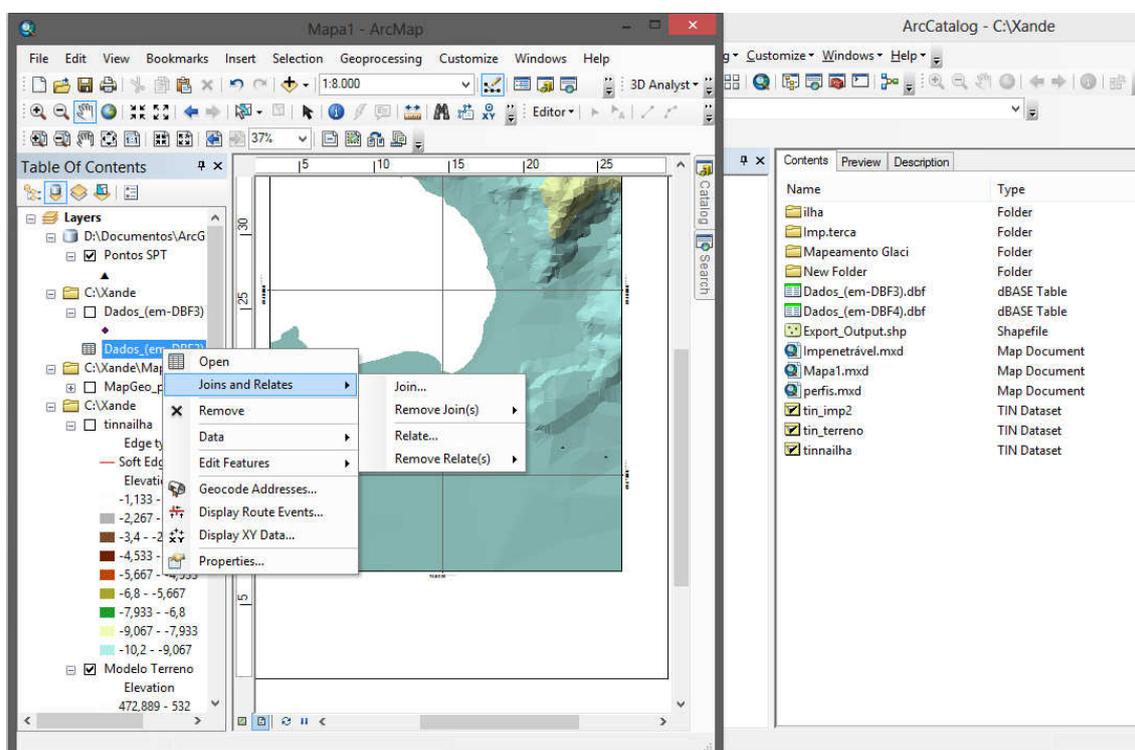
ID	NA	IMPEN	X	Y	NSPT1	NSPT2	NSPT3	NSPT4	NSPT5	NSPT6
827	9,97		750189	6963160	0	2	2	18	34	20
828	9,65	11,08	750178	6963158	0	2	2	6	27	23
829	10,20		750166	6963136	0	4	4	5	20	12
830	9,99	0	750187	6963138	0	2	2	23	20	6
871	8,99	5,99	746636	6946582	0	7	9	3	10	9
872	8,92	7,05	746656	6946581	0	4	3	3	4	10
873	8,50	9,2	746639	6946569	0	10	2	3	4	3
874	8,85	10,75	746657	6946571	0	5	2	3	2	9
904	0,00	4,95	742095	6944702	0	2	2	7	2	
905	7,55		743764	6937135	0	5	6	8	8	10
906	7,96		743784	6937128	0	2	4	9	8	12
907	8,02		743809	6937128	0	4	7	10	9	10
908	7,70		743806	6937146	0	2	7	8	8	10
949	8,73		751537	6963074	0	30	48	43	52	3
950	0,00		751455	6963003	0	16	31	29	20	20
951	8,75		751492	6963049	0	7	17	29	33	2

**Quadro 03:** Recorte da Planilha de Dados

ID	GRAN1	GRANP1	COR1	GRAN2	GRANP2	COR2	GRAN3	GRANP3
827	ATSiE	AT	MC	P	P	ME	C	C
828	ATSiS	AT	MC	P	P	ME	C	C
829	ATE	AT	0	ATE	AT	0	C	C
830	ATSiS	AT	MC	SgC	Sg	ME	C	C
871	SiS	Si	RE	SmSi	Sm	Var	SmSi	Sm
872	SiS	Si	Var	SiS	Si	Var	SmC	Sm
873	SiS	Si	Var	SiS	Si	Var	SmC	Sm
874	SiS	Si	Var	CS	C	CE	CS	C
904	ATSiS	AT	Var	ATSiS	AT	Var	ATSiS	AT
905	Vegetal	Vegetal	0	Sf	Sf	CC	Sf	Sf
906	CSMo	C	CE	CSMo	C	CE	Sf	Sf
907	CSMo	C	CE	Sf	Sf	CC	Sf	Sf
908	CMo	C	CE	Sf	Sf	CC	Sf	Sf
949	SfCE	Sf	P	Sf	Sf	MC	Sf	Sf

**Quadro 04:** Recorte da Planilha de Dados

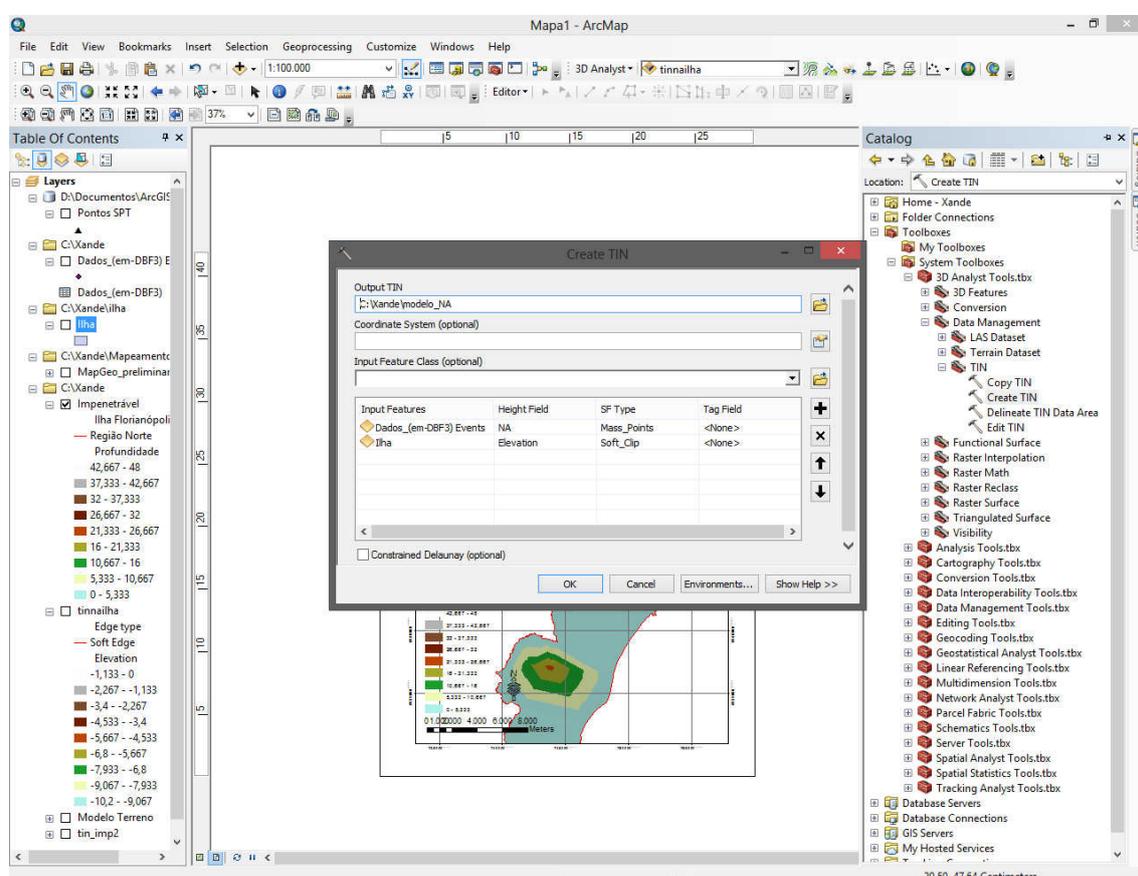
Para fazer uma relação entre o banco de dados desenvolvido com os pontos inseridos em ArcGis, foi usada uma ferramenta “join and relates” clicando com o botão direito do mouse sobre o tema cuja tabela de atributos se deseja incrementar com a tabela em questão, demonstrada na figura 13.



**Figura 14:** Demonstração da Operação do Software

### 3.5. GERAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS

Posteriormente à adição de todos os dados em ambiente SIG, realizou-se a criação dos modelos digitais do terreno, do nível d'água e da superfície impenetrável no ensaio SPT. Para produzir superfícies no software ArcGis foi necessário a sobreposição dos mapas (curvas de nível, nível d'água, impenetrável) e do modelo digital da Ilha de Santa Catarina. Foi executado também o acesso a ferramenta “Create TIN” do menu “3D Analyst Tools”.



**Figura 15:** Demonstração da Operação do Software

#### 3.5.1. MODELO DIGITAL DE TERRENO

O Modelo Digital de Terreno (MDT) é uma demonstração matemática da distribuição espacial da característica de um fenômeno vinculada a uma superfície real. A superfície é geralmente contínua e o fenômeno que representa pode ser variado.

Neste trabalho, para criar o MDT foi utilizado o modelo de superfície gerada por grade irregular triangular. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE na modelagem da superfície por meio de grade irregular triangular, cada polígono que forma uma face do poliedro é um triângulo. Os vértices do triângulo são geralmente os pontos amostrados da superfície.

Esta modelagem permite que as informações morfológicas importantes como as discontinuidades, representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular, possibilitando modelar a superfície do terreno preservando as feições geomórficas da superfície.

### **3.5.2. MODELO DIGITAL DO NÍVEL D'ÁGUA**

O posicionamento do nível d'água em relação à superfície é uma informação importante durante a execução da obra, pois sendo comprovado que ele irá interferir na etapa de escavações do terreno, pode-se fazer necessário o rebaixamento do lençol freático. Para o rebaixamento do lençol freático, deve ser considerados os seguintes fatores: profundidade da escavação, permeabilidade do solo, posição do lençol freático, porte da obra a ser executada, duração do rebaixamento e, por fim, as condições das obras vizinhas e de suas fundações.

Conhecendo a profundidade do nível do lençol freático é possível prever a necessidade de contenção em escavações, rebaixamento do lençol freático em alguns casos, ou até mesmo descartar a execução de algum elemento de fundação incompatível com as circunstâncias.

O nível d'água foi obtido identificando a cota de cada ponto em relação ao nível do mar e subtraindo da cota a profundidade informada no laudo de sondagem.

### **3.5.3. MODELO DIGITAL SUPERFÍCIE IMPENETRÁVEL**

O mapa de superfície estimado de impenetrável é identificado como a última marcada no laudo de sondagem. As figuras 18, 19 e 20 apresentam a superfície estimada

de impenetrável baseada no banco de dados de ensaios SPT inseridos no software ArcGis.

Assim como retratado no Modelo Digital do Nível d'Água, o sul e o norte da Ilha de Santa Catarina possui carência de dados sondagens SPTs, por esse motivo é possível notar uma grande lacuna nos modelos gerados.

#### **3.5.4. PERFIS DE SONDAgens**

Perfil de Sondagem é um desenho que faz parte do Relatório de Sondagem e contém as características de resistência, o tipo dos materiais encontrados nas diversas alturas da sondagem e o nível do lençol freático.

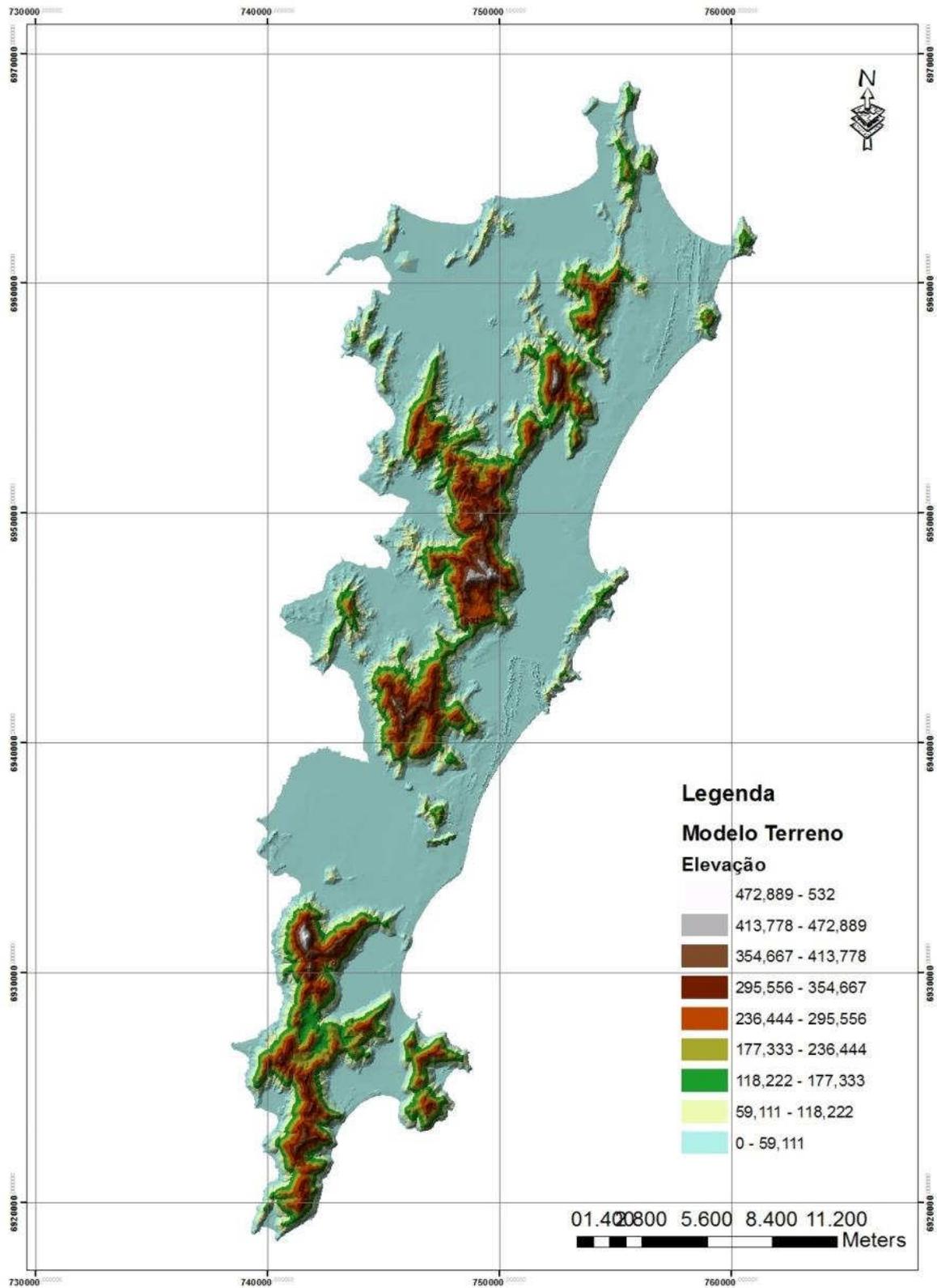
Na elaboração dos Perfis de Sondagens, as informações necessárias são extraídas das planilhas de dados descritas anteriormente, e então, o desenho é elaborado em plataforma CAD. Para o traçado, são escolhidos 3 pontos de sondagem SPT escolhidos de maneira que estejam o mais alinhados possível e localizados em regiões de maior variabilidade pedológica. Os perfis gerados estão em escala somente para o eixo vertical, o formato das camadas e distâncias horizontais são aproximações.

## **4. APRESENTAÇÕES DE RESULTADOS**

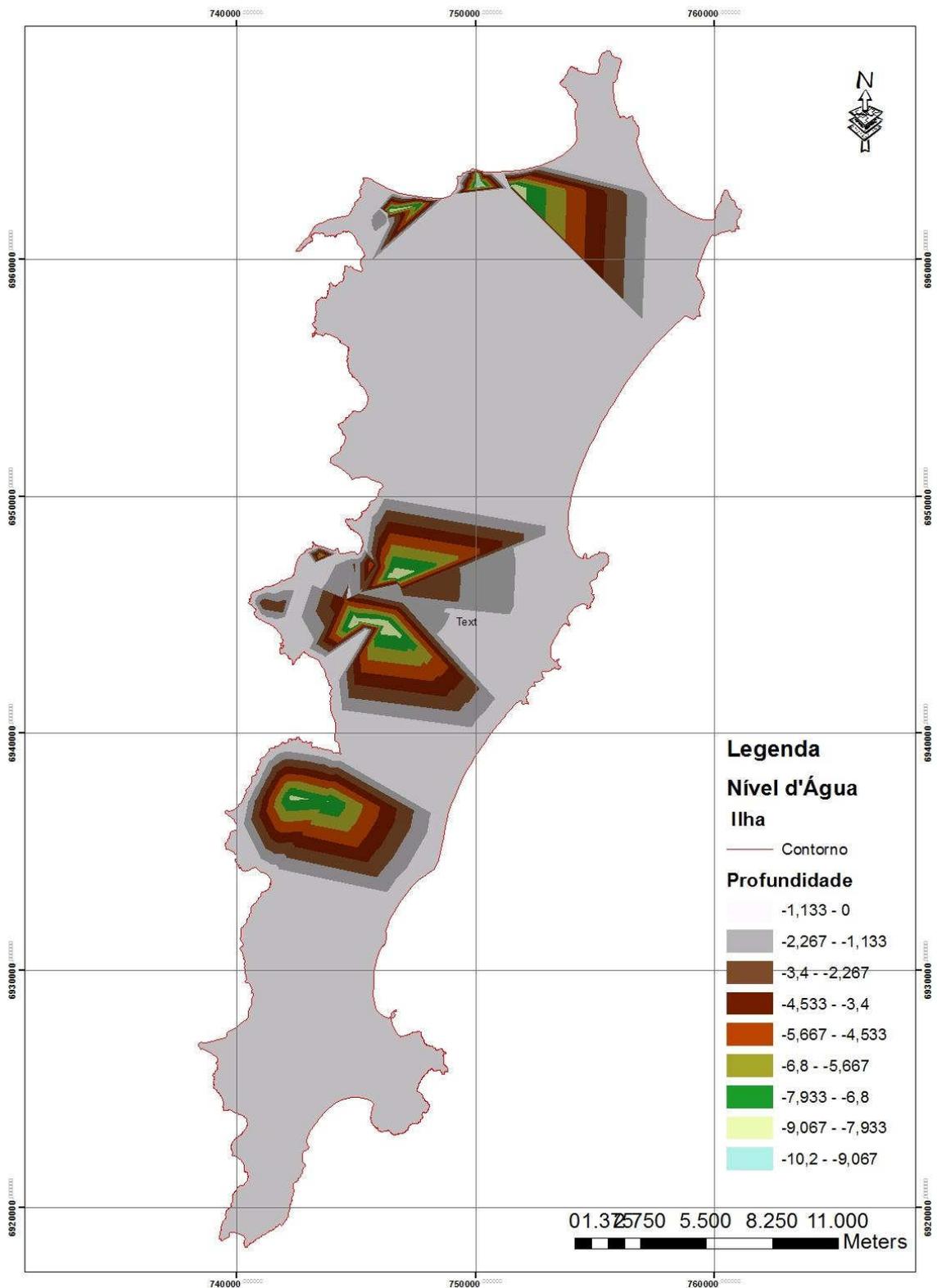
Na etapa final deste trabalho foram gerados e avaliados todos os mapas com base no banco de dados desenvolvido, confrontando com as características do solo da região, conhecimentos da geotecnia pré-existentes e informações das sondagens. Os perfis de sondagens foram elaborados, sempre que possível, no alinhamento entre os pontos onde havia maior número e disponibilidade de sondagens ou de maior variação topográfica.

### **4.1. MODELOS DIGITAIS**

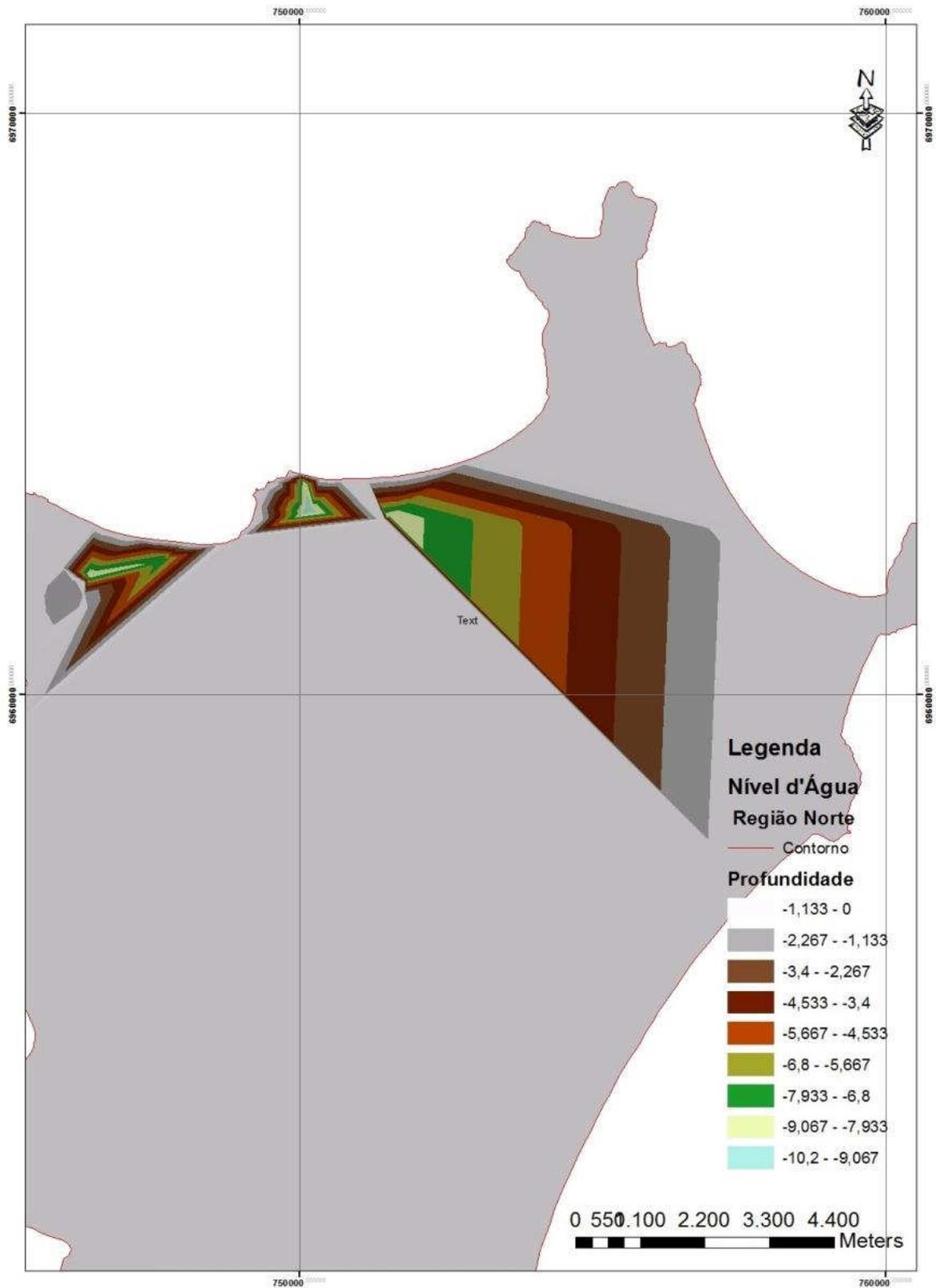
A seguir serão exibidos os Modelos Digitais gerados a partir dos métodos apresentados no Capítulo 3.5.



**Figura 16:** Modelo Digital do Terreno da Ilha Santa Catarina

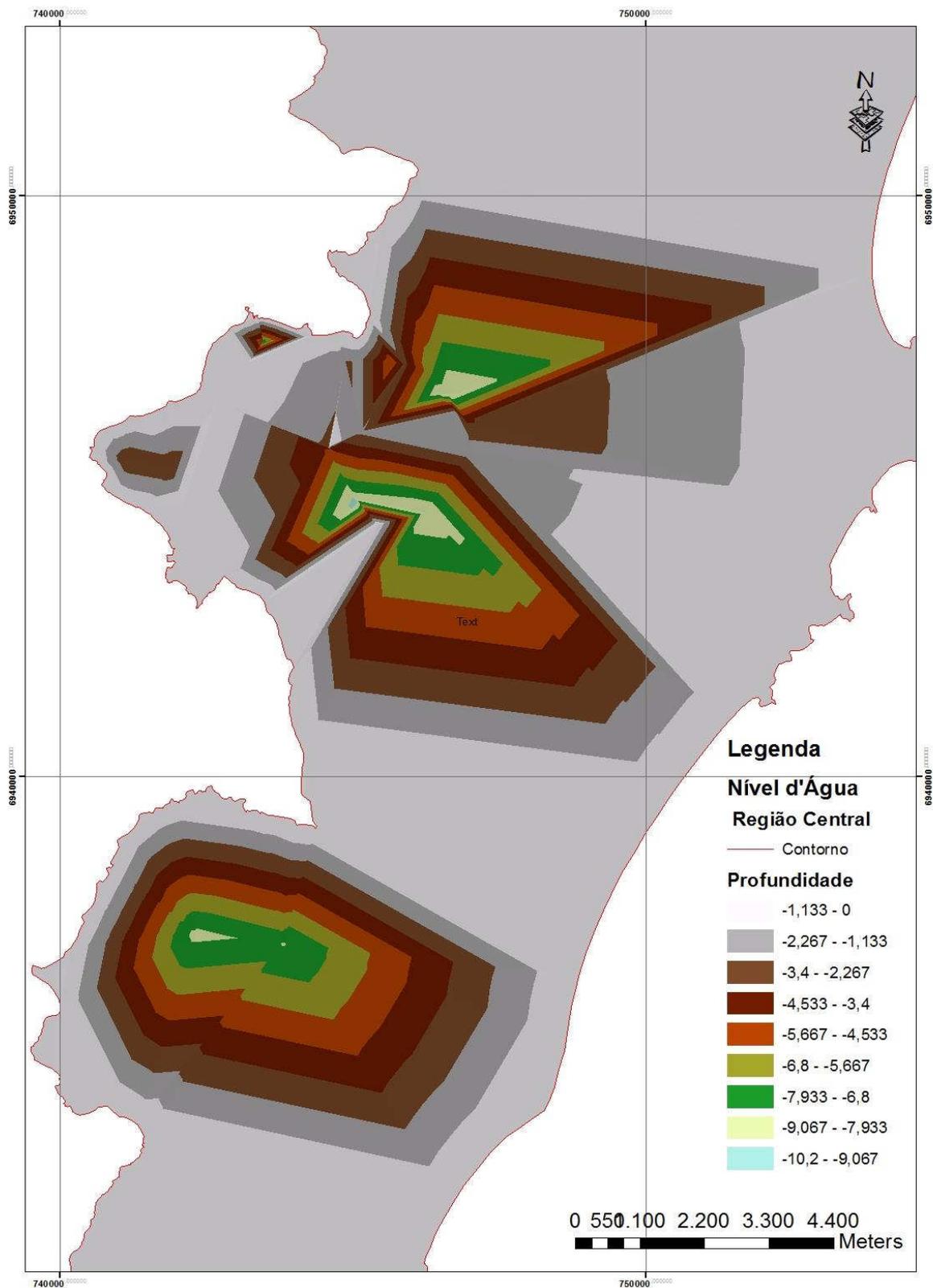


**Figura 17:** Superfície Estimada de Nível d'Água da Ilha de Santa Catarina

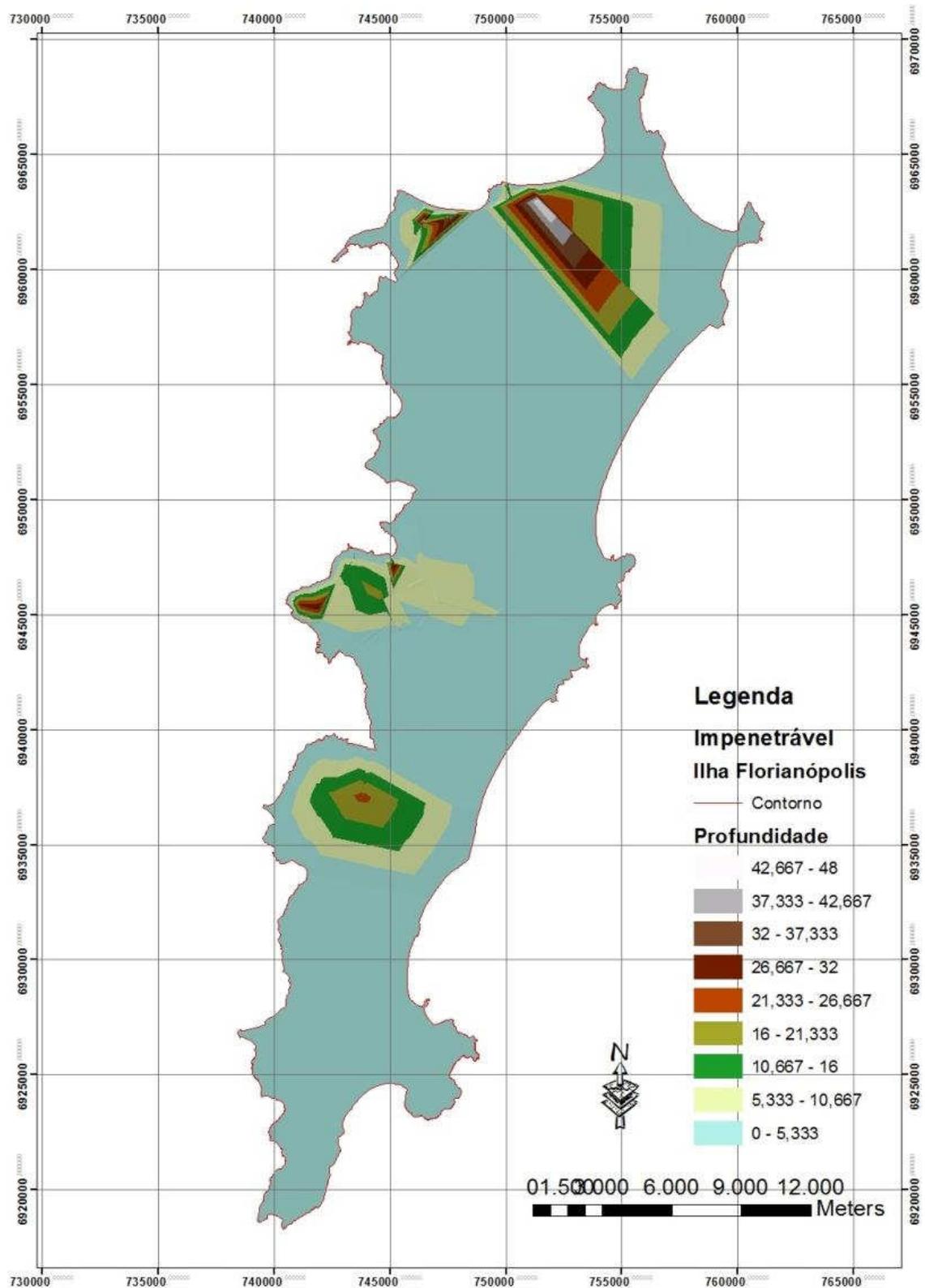


**Figura 18:** Superfície Estimada de Nível d'Água da Região Norte

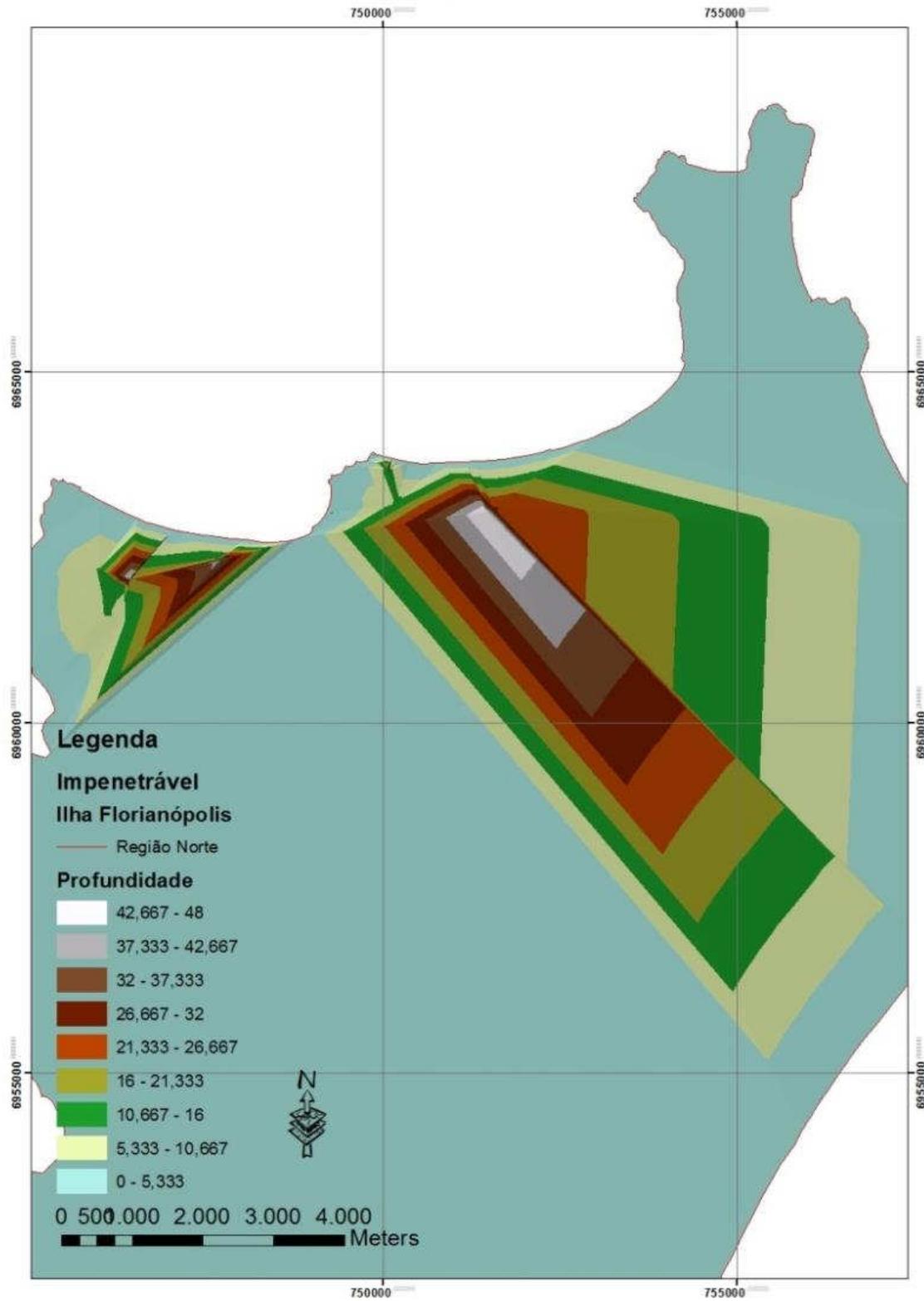
]



**Figura 19:** Superfície Estimada de Nível d'Água da Região Central



**Figura 20:** Superfície Estimada do Impenetrável da Ilha de Santa Catarina



**Figura 21:** Superfície Estimada do Impenetrável da Região Norte

d

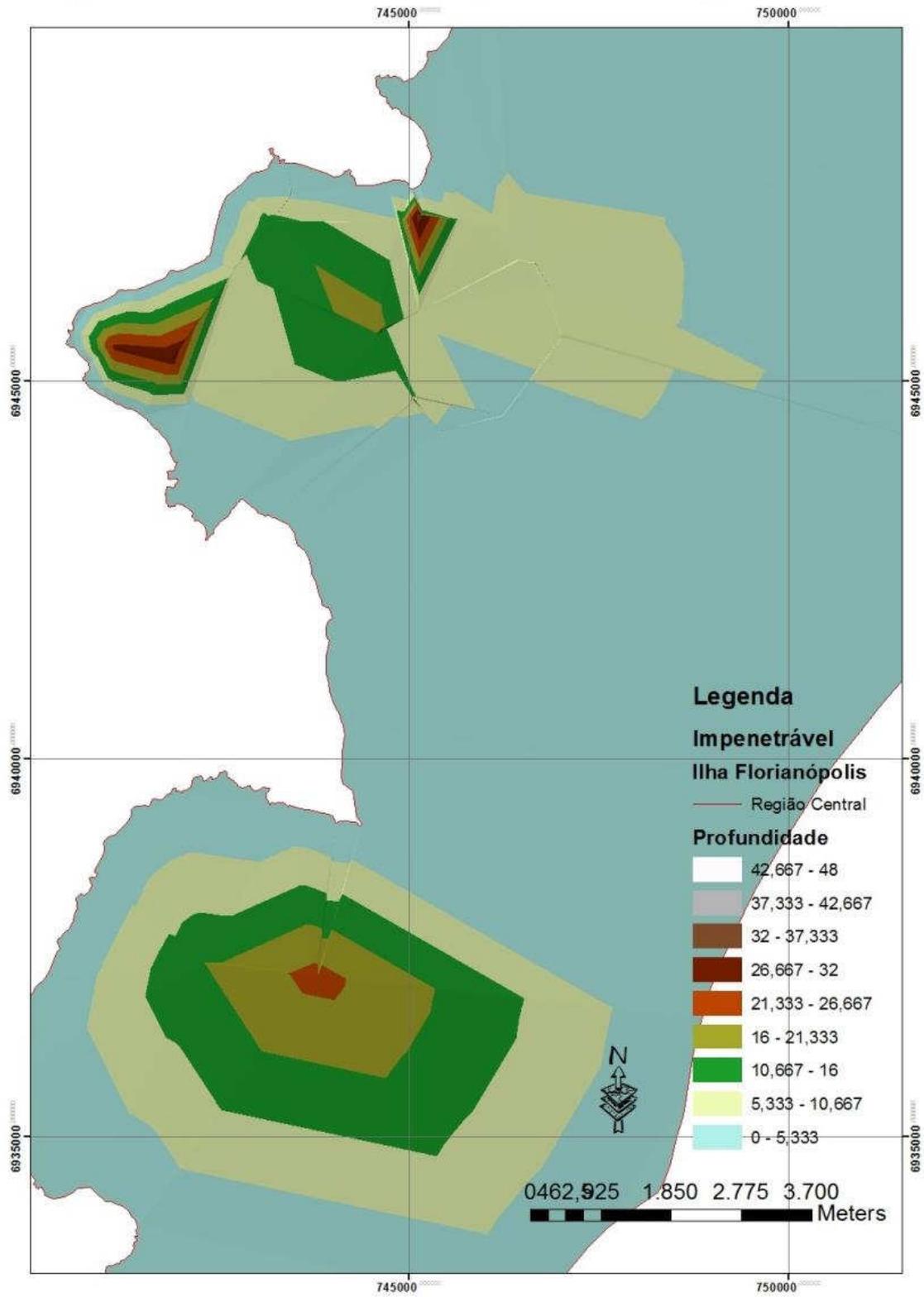


Figura 22: Superfície Estimada do Impenetrável da Região Central

#### 4.2. ANÁLISE DO PERFIL A – BAIRRO ITACORUBI

O Perfil A corta unidades geotécnicas semelhantes, entretanto, com características diferentes quanto a sua resistência de solo.

Na sondagem 1052 houve uma diminuição de resistência a penetração, pois foi encontrado uma camada de argila com depósito de material marinho. Essa camada de argila é típica de zonas de deposição sedimentar, a cor de fundo acinzentado é devido ao processo de oxidação parcial dos óxidos de ferro com a oscilação do lençol freático. O Nível d'água de 1,83m em relação à superfície confirma o solo sedimentar Hidromórfico.

Nas duas outras sondagens 1048 e 1049, o índice de resistência à penetração apresentou uma queda na região mediana e logo após aumentou devido a presença uma camada de solo silte arenoso com pedregulhos e outra camada de solo arenoso médio com pedregulhos. O impenetrável a percussão encontra-se entre 6,9 e 6,95m, já o nível d'água entre 2,21 e 2,68m, confirmando o solo sedimentar.

Analisando o Modelo Digital do Terreno, o Mapa de Unidades Geotécnicas, e comparando com o Perfil gerado, o resultado não está compatível, pois trata-se de um solo Podzólico vermelho-amarelo. Este tipo de solo é residual e não sedimentar, que foi a conclusão abstraída do Banco de dados de sondagem. A conclusão que se chega nesse momento é que a escala do Mapa Geotécnico (1:250.000) não é suficiente boa para confrontar com dados em escala de 1:1. Assim, conclui-se que o Banco de dados de sondagens funcionou como uma ferramenta para melhorar a escala dos mapas geotécnicos.

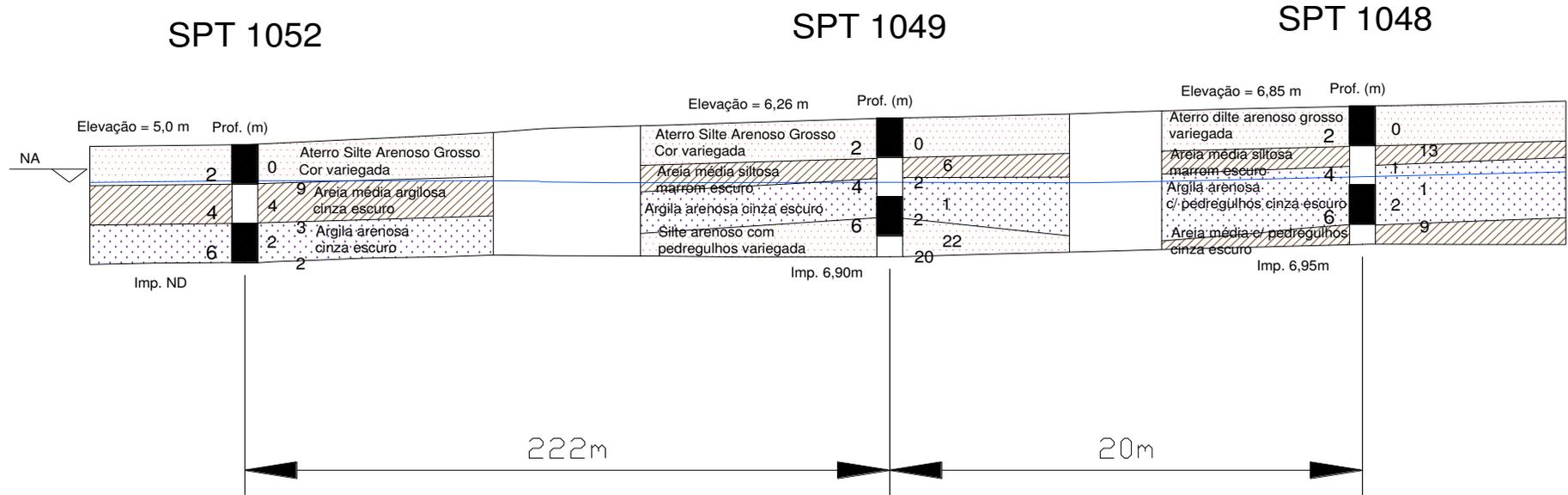
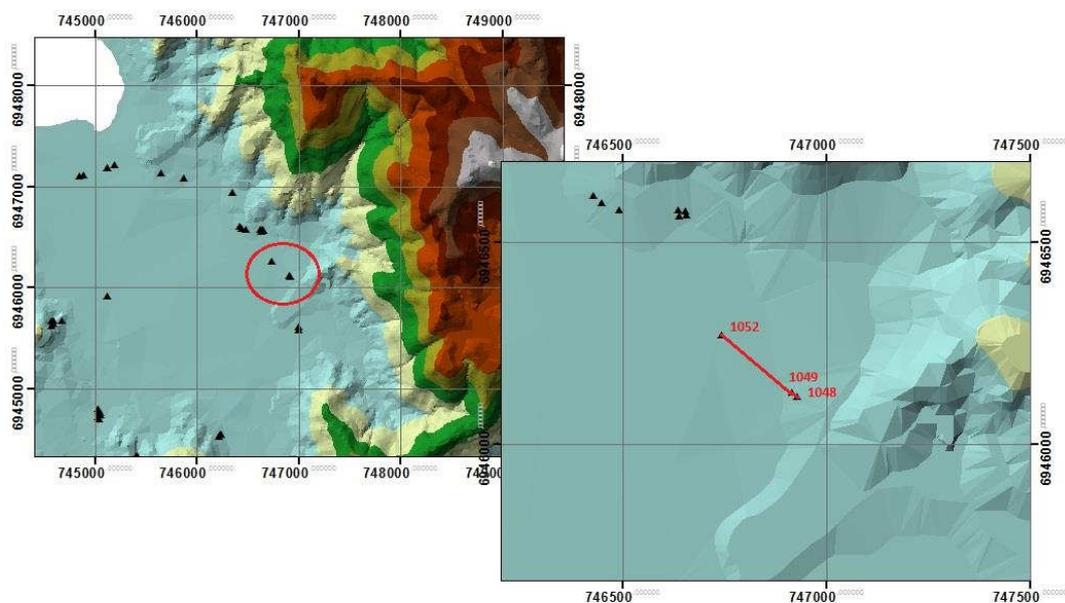


Figura 23: Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil A



**Figura 24:** Localização do Perfil A

#### 4.3. ANÁLISE DO PERFIL B – BAIRRO ITACORUBI

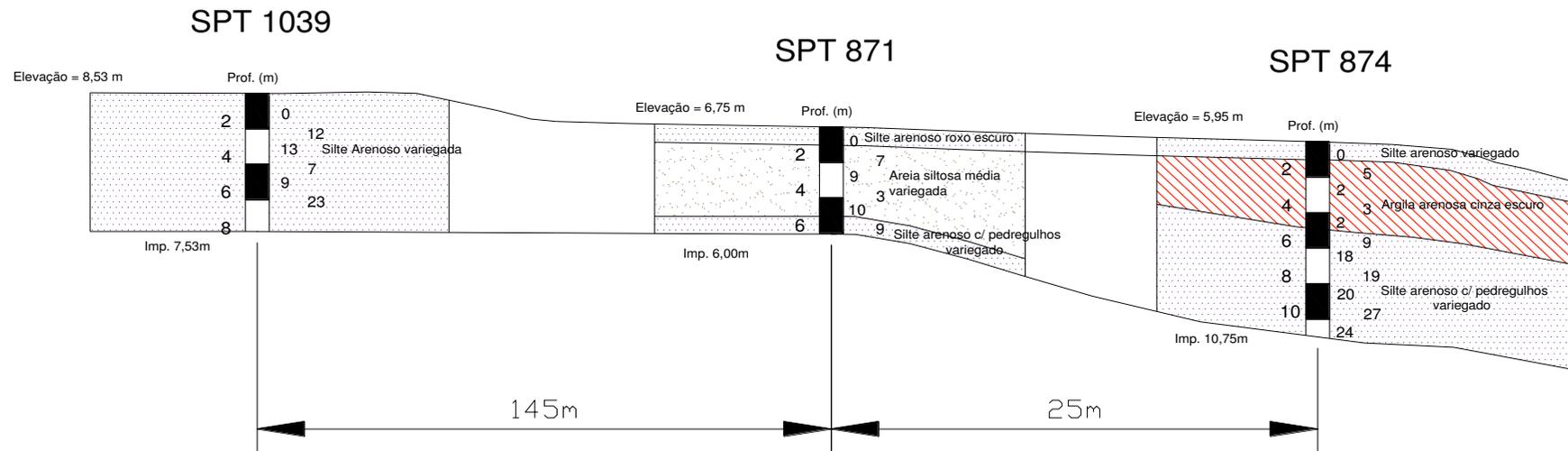
O Perfil B é composto por duas unidades geotécnicas, com características distintas quanto a sua resistência do solo, sendo predominante a presença de Cambisolos, encontrado nas sondagens 871 e 1039. De origem coluvionar, este tipo de solo apresenta em média índices baixos quanto à resistência à penetração. A investigação 1039 está localizada em uma associação de solos Podzólico, o que lhe confere melhores resultados de resistência.

Na avaliação 1039, houve um aumento na resistência a penetração, chegando ao Nspt 28 no solo siltoso.

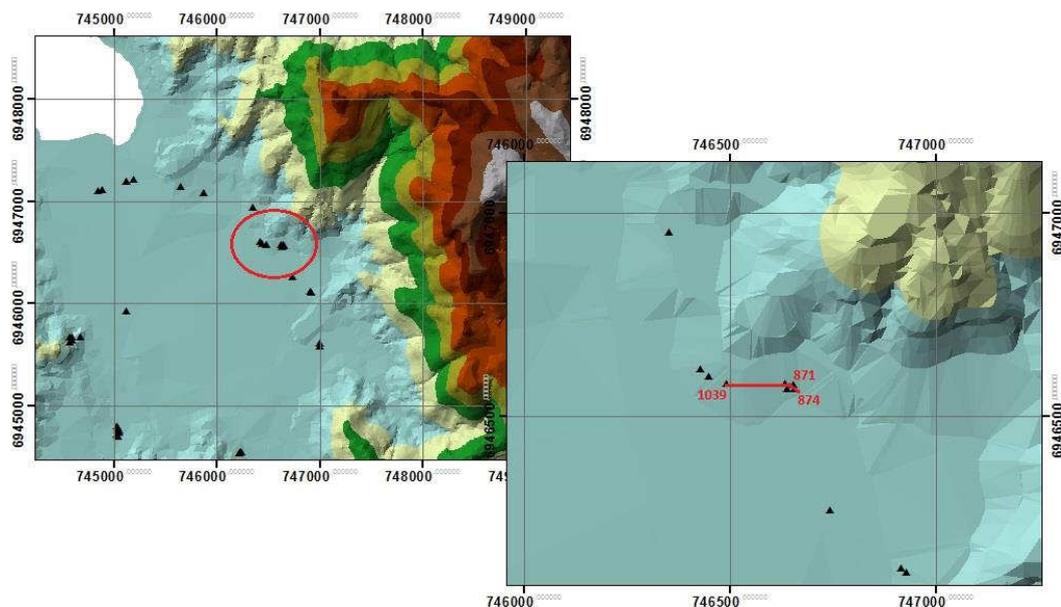
Na sondagem 871, encontram-se dois tipos de solos, silte e areia média. Pode-se analisar que na camada de silte, a resistência do solo a penetração é menor, chegando ao valor de Nspt igual a 9. Na areia média, o índice de resistência à penetração teve Nspt de 10, nível d'água 8,99m e impenetrável com 5,99m.

Na sondagem 874 houve uma diminuição de resistência à penetração, pois foi encontrada uma camada de argila arenosa. Esse tipo de solo é típico de zonas de deposição sedimentar e possui nível d'água com 8,85m e impenetrável com 10,75m.

O nível d'água não está representado no perfil, pois não foi determinado e supõe-se estar abaixo do impenetrável.



**Figura 25:** Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil B



**Figura 26:** Localização do Perfil B

#### 4.4. ANÁLISE DO PERFIL C – BAIRRO ITACORUBI

O Perfil C localiza-se sobre solos indiscriminados de mangue, portanto, possui características bastante inferiores quanto a sua resistência de solo. Por serem áreas de preservação permanente, obras de engenharia só devem ser executadas quando extremamente necessário para o progresso da comunidade.

Na sondagem 1056 houve um aumento da resistência à penetração a medida do avanço da profundidade do ensaio. Inicialmente, é encontrada uma camada de argila com depósito de material orgânico, que então, progride para uma camada de areia argilosa com a presença de material marinho de cor cinza escuro. Logo após esta camadas surge uma camada de areia siltosa variegada com resistência de penetração elevada, com o Nspt igual a 20. O nível d'água encontra-se na profundidade de 2,16m, enquanto o impenetrável a 12,10m.

As sondagens 1057 e 1059 repetem-se as mesmas características citadas anteriormente, diferenciando-se entre si, pela presença de uma camada de transição de argila siltosa para o ponto 1057. O impenetrável a percussão encontra-se a 20,07m para a primeira e não determinado para a segunda, enquanto que o nível d'água encontra-se a 2,65m e 2,44m respectivamente. O maior índice de Nspt é 47 para o laudo 1057 e 12 para o laudo 1059.

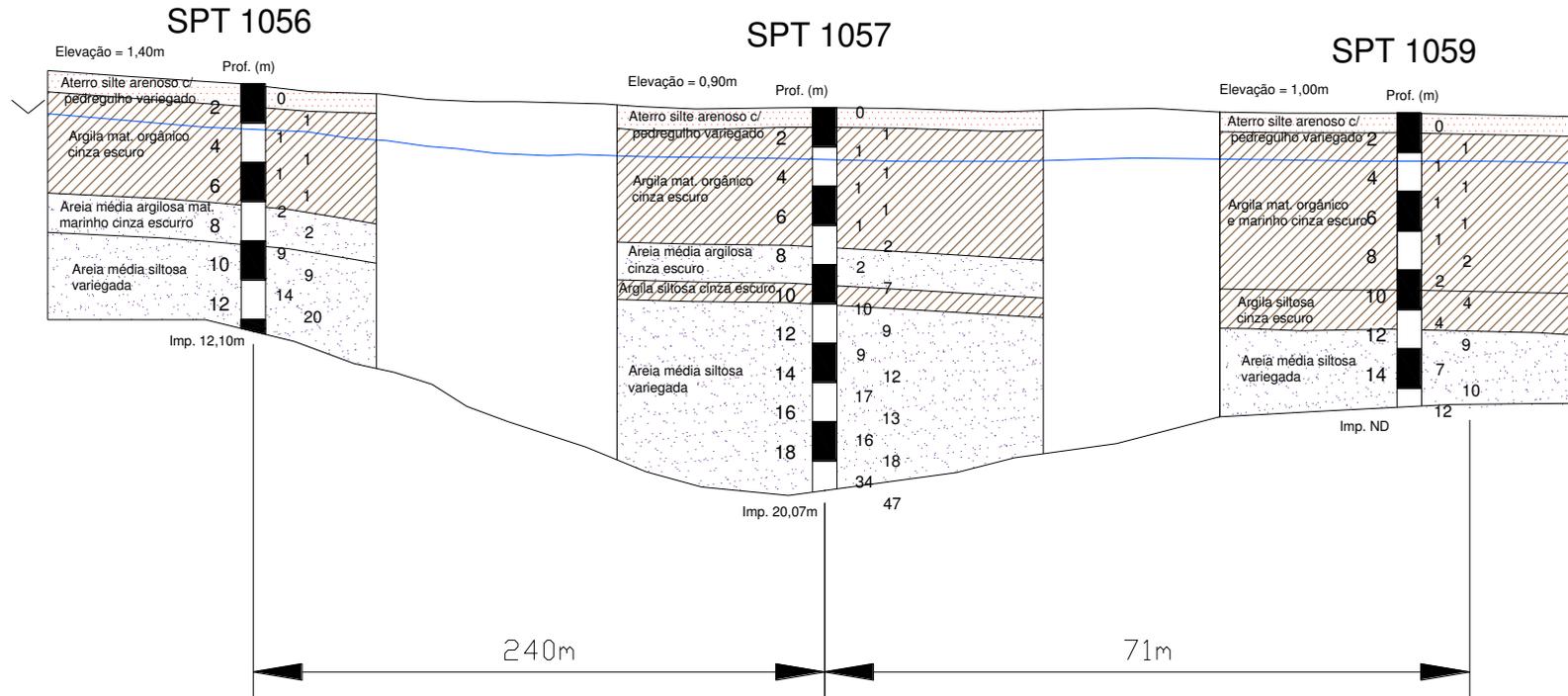
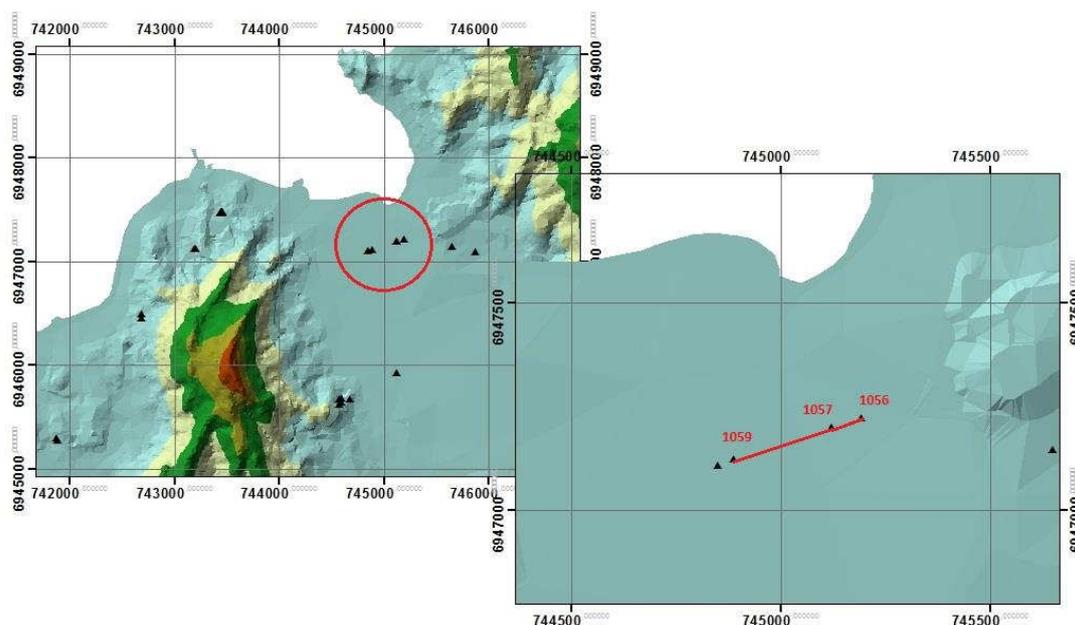


Figura 27: Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil C



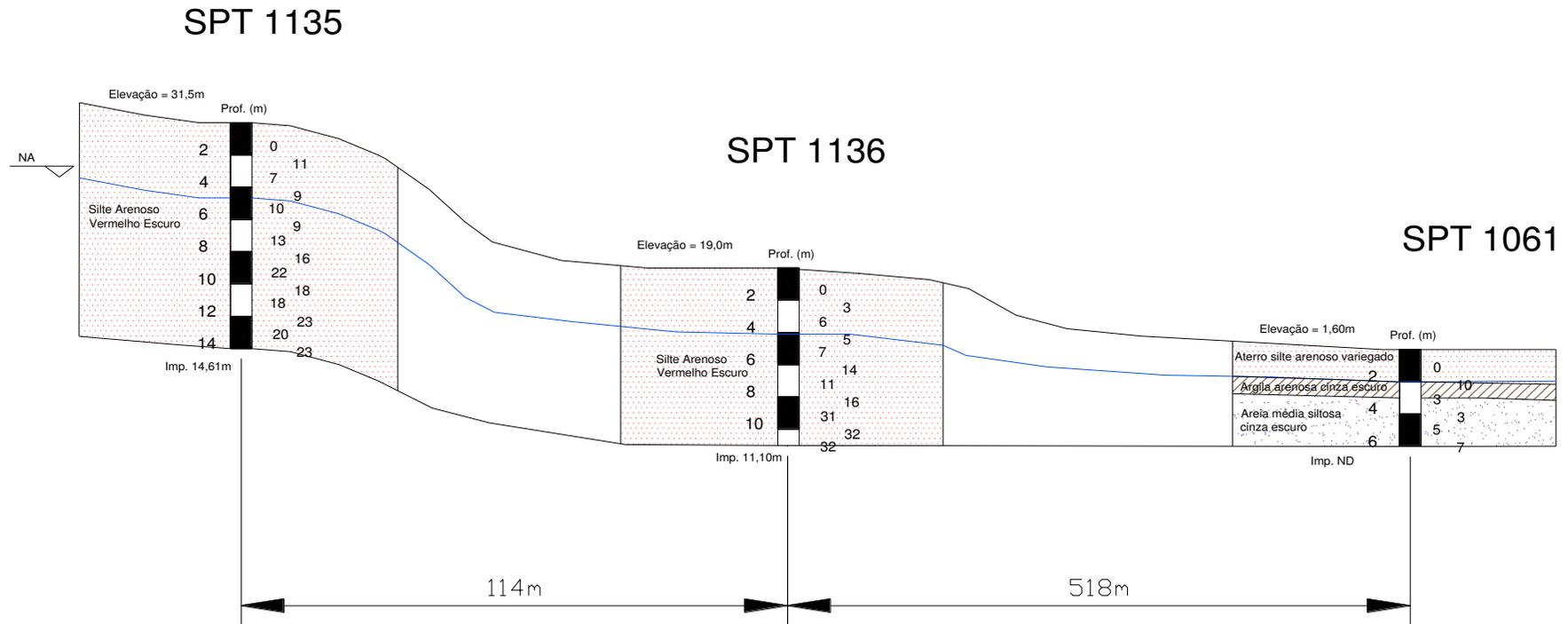
**Figura 28:** Localização do Perfil C

#### 4.5. ANÁLISE DO PERFIL D – BAIRRO TRINDADE

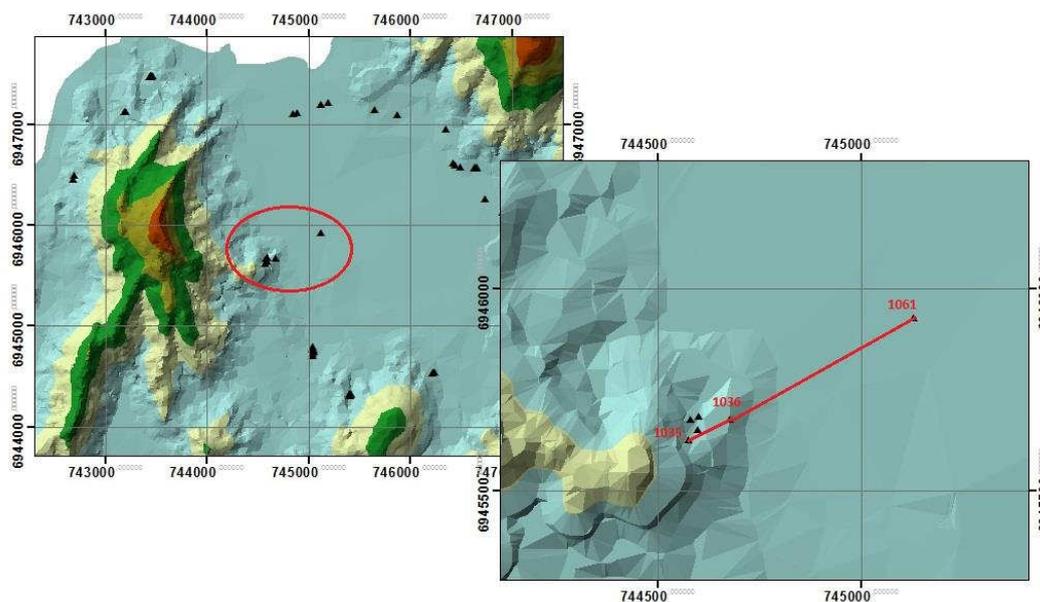
O Perfil D é composto por duas Unidades Geotécnicas com características bem distintas entre elas.

As sondagens 1135 e 1136 estão localizadas em Cambisol, típico de encostas de morros. De origem Coluvionar, este tipo de solo pode apresentar problemas de estabilidade quando se cortam taludes, pois é suscetível à mudanças abruptas de resistência. As profundidades do Impenetrável e do Nível d'água acompanham o relevo do terreno, e estão localizadas a 14,61m e 4,66m para a primeira sondagem e 11,1m e 4,10m para a segunda. A resistência a penetração é 23 golpes para a sondagem 1135 e 32 golpes para a sondagem 1136.

O ensaio 1061 encontra-se em solos indiscriminados de mangue, típico de regiões planas, é constituído por três tipos de solo: Aterro silte arenoso, argila arenosa cinza escuro e areia média siltosa cinza escuro. O nível da d'água também acompanha o relevo e encontra-se a 2,01m, não sendo determinado o impenetrável. O Nspt tem valor igual 7.



**Figura 29:** Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil D



**Figura 30:** Localização do Perfil D

#### 4.6. ANÁLISE DO PERFIL E – BAIRRO ITACORUBI

O Perfil E está localizado em duas Unidades Geotécnicas, ambas são solos sedimentares: Associação de Cambissolo, para as sondagens 1055 e 1054, localizadas em cotas inferiores, e Podzólico para a sondagem 1053, em cota mais elevada.

O ensaio 1055 resultou em três classificações de solo sendo: aterro silte arenoso com pedregulho variegado, areia média argilosa cinza escuro e silte arenoso grosso variegado. A camada silte arenoso grosso variegado, onde apresenta maior profundidade, resulta em um Nspt de valor 10 com seu nível d'água a profundidade de 5,43m.

Na sondagem 1054 houve um aumento na resistência a penetração, chegando ao Nspt igual a 11 no solo areia média argilosa. Essa camada de areia é típica de zonas de deposição sedimentar, resultado de erosões das rochas com o esmagamento mecânico, seu nível d'água fica 3,10m e impenetrável não encontrado.

Na investigação 1053 apresenta tipos de solos semelhantes, aterro e areia média e areia grossa. Pode-se notar que, por possuir camada de areia, a resistência do solo a penetração é alta, chegando ao valor de  $N_{spt} = 30$ . O nível d'água apresentou na cota 8,99m e impenetrável com 5,99m. Nota-se que o valor da cota do impenetrável é menor que do nível d'água, esses dados podem estar com falhas ou erro de digitação da planilha fornecida.

SPT 1053

SPT 1055

SPT 1054

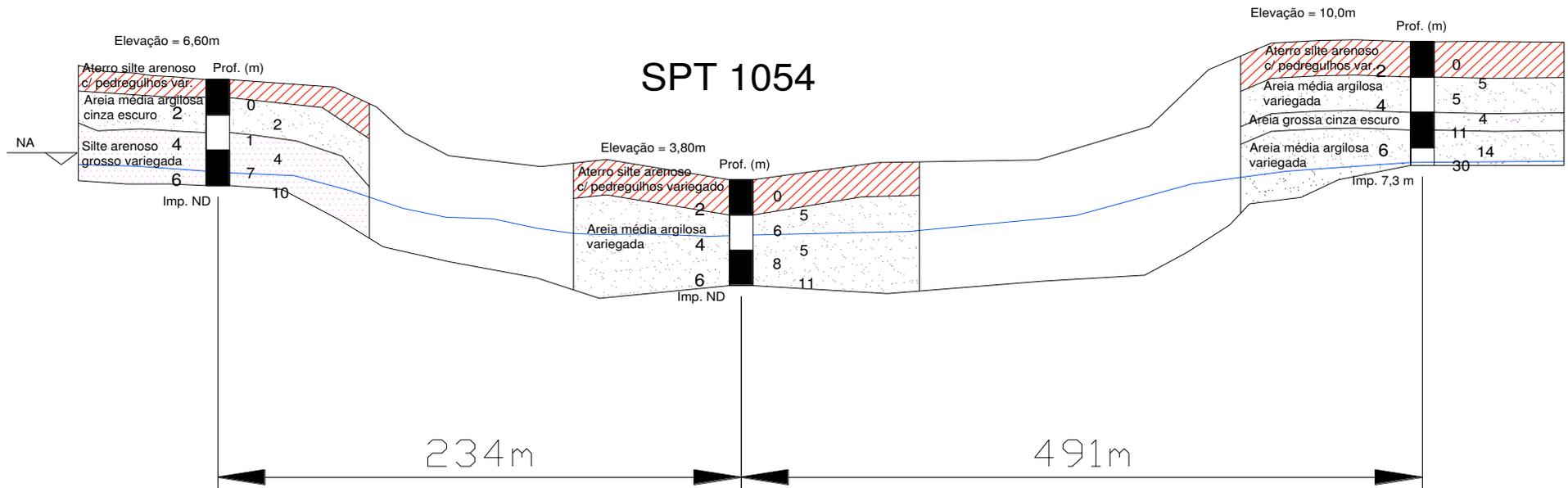
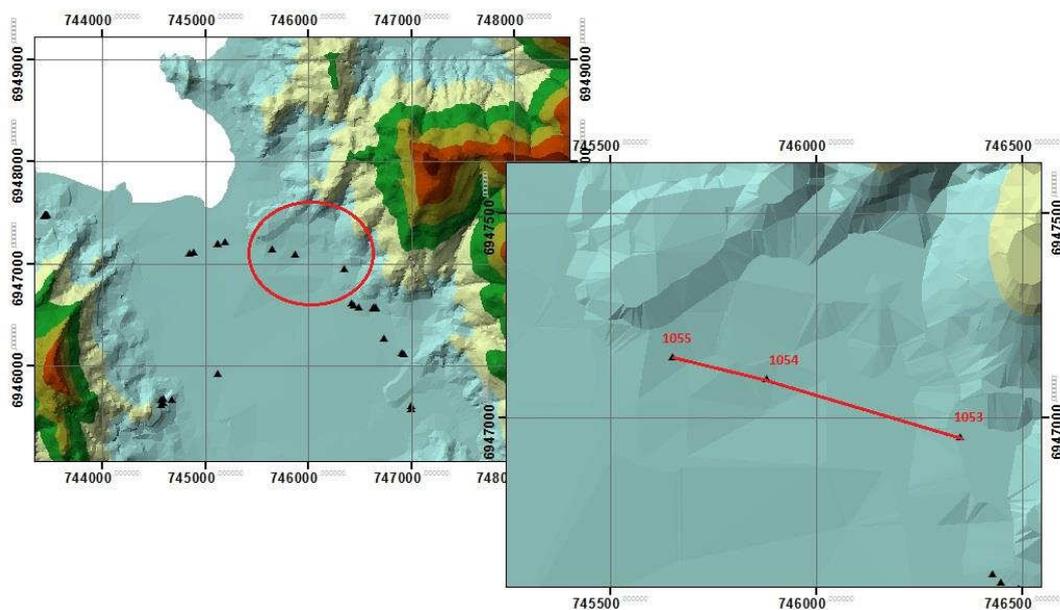


Figura 31: Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil E



**Figura 32:** Localização do Perfil E

#### 4.7. ANÁLISE DO PERFIL F – BAIRRO CANASVIEIRAS

O Perfil F está localizado em solo Podzol Hidromórfico que ocorre em áreas de relevo predominantemente plano e suave ondulado, típico de regiões litorâneas, desenvolve-se em áreas mal drenadas, com excesso de água permanente ou temporária, sendo assim, apresenta problemas para foças e sumidouros.

Nas sondagens 1147 e 1142 há o predomínio do solo arenoso com elevada resistência a penetração do amostrador. O nível d'água acompanha o relevo e está localizado a partir da profundidade de 8,25m. O impenetrável está localizado a 21,78m de profundidade para a primeira sondagem e 12,86m para a segunda.

A investigação 828 mantém o predomínio do solo arenoso, porém há presença de camadas de solos de formação mais recente e de menor resistência. O nível d'água encontra-se a 9,65 m e o impenetrável a 11,08m.

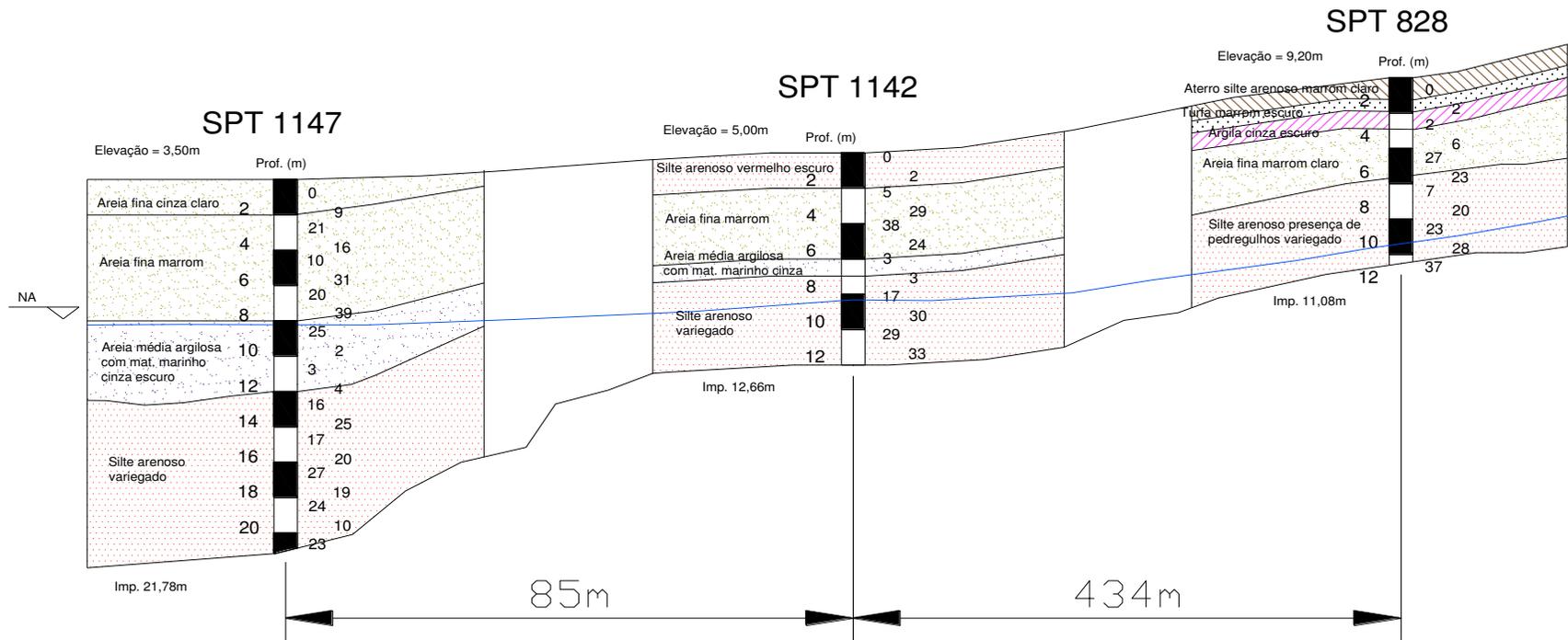
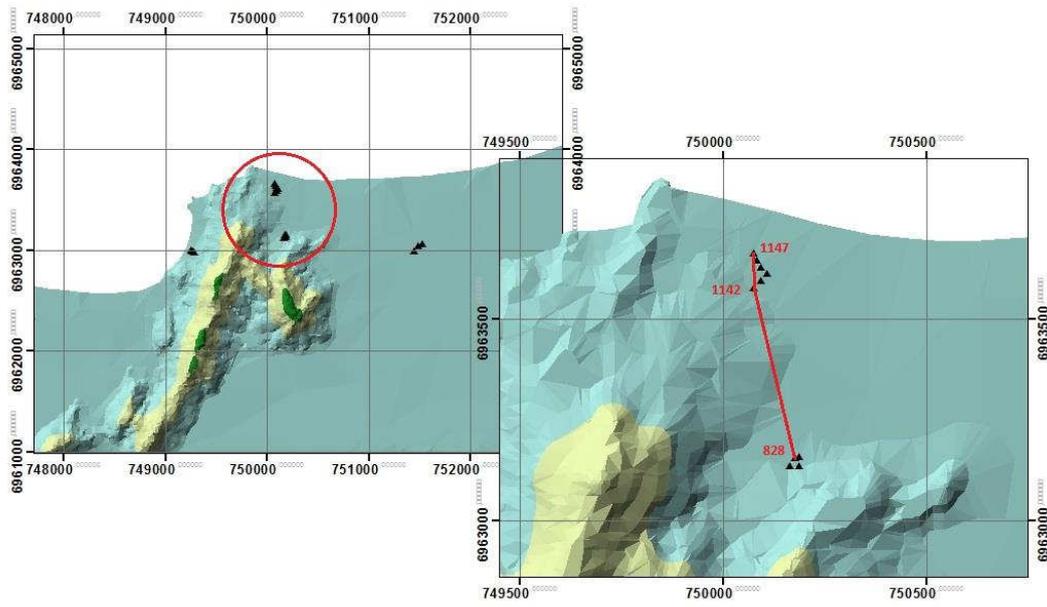


Figura 33: Perfil longitudinal de distribuição de solos, Perfil F



**Figura 34:** Localização do Perfil F

## 5. CONCLUSÕES

Esta monografia utilizou o método de Davison Dias (1995) para gerar mapas que consistem na confecção de cruzamento e análise das informações contidas nos mapas geológicos e pedológicos. A grande vantagem encontra-se na significativa redução do trabalho para a identificação e delimitação em áreas de diferentes tipos de solos. Este método se mostrou eficaz, tanto no uso de programas de SIG, quanto por apresentar coerência com os resultados finais obtidos com o atual quadro pedológico da Ilha de Santa Catarina.

O Banco de Dados SPT em ambiente SIG proporciona atender esta necessidade, confrontando informações teóricas e práticas, utilizando esta oportunidade a ter um conhecimento melhor sobre um determinado local, que ajuda no estudo do comportamento do mesmo.

A partir da análise de todas as informações contidas no banco de dados e tendo como base o Mapa Geotécnico, foram obtidas representações tridimensionais da Ilha de Santa Catarina. Nestas representações fica evidente que as regiões mais urbanas encontram maior número de laudos de sondagens.

A profundidade média do nível da água de todas as sondagens é de 5,33m e do impenetrável é de 13,42m, e conforme visto nos perfis elaborados, elas seguem o relevo. Relembrando que para os ensaios que não foram atingidos o impenetrável admitiu-se a última profundidade registrada em laudo.

Lembra-se que é importante um grande volume de dados, pois estes é que conferem ao estudo uma mais perfeita descrição da realidade, garantindo um detalhamento maior da região estudada.

Os mapas geotécnicos gerados e obtidos descrevem e localizam os principais tipos de solos que compõe a região de estudo, desta maneira servindo para estudos preliminares de uso do solo. Estes mapas podem ser usados para possível localização de jazidas de solos para uso em aterro ou até para produção de agregados. Estes mapas podem ser utilizados como subsídio para planejamento rural e urbano das cidades.

Uma observação que pode-se fazer é que a escala do mapa geotécnico não é suficientemente boa para confrontar dados em escala 1:1. Assim, conclui-se que o Banco de dados de sondagens SPT pode funcionar como uma ferramenta para melhorar a escala dos mapas geotécnicos gerados.

## 6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

São sugestões para a realização de futuros trabalhos que envolvam esta área de estudo:

- Aquisição de um número maior de laudos de sondagem SPT para incorporar ao banco de dados já criado.
- A aplicação de métodos semi-empíricos, como Décourt e Quaresma, para determinar a capacidade do solo em resistir à faixa de carregamento.
- Desenvolvimento de uma metodologia que associe as propostas de Davison Dias (1995) e Zuquete (1987) para os casos em que os dados de Pedologia ou Geologia não estejam disponibilizados com a qualidade requerida.
- Aumento da escala do mapa em áreas urbanas, para planejamento urbano da cidade que ainda não dispõe de infraestrutura necessária.
- Análise de elementos de fundação profunda, como por exemplo, estacas hélices, estacas pré-moldada, estacas Franklin.

## 7. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6484 – **Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, RJ, 2001.

ALONSO, U.R. (1994). **Correlações entre o atrito lateral medido com o torque e o SPT – Solos e Rochas**, ABMS/ABGE QUARESMA, A.R., DÉCOURT, L., QUARESMA FILHO, A.R., ALMEIDA, M.S.S & ZUQUETE, L.V. et al. Mapeamento Geotécnico: Parte 1 – atributos e procedimentos básicos para elaboração de mapas e cartas. Geociência. São Paulo, SP, 1997.

AOKI, N. **Novo Conceito de Carga Admissível de Fundação baseado em Probabilidade de ruína**. Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul. ABMS. Porto Alegre, RS, 2002.

AOKI, N. e CINTRA, J.C.A. **Influência da variabilidade do maciço de solos no comprimento de estacas**. Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia. ABMS/ABEF, v1, 1996.

BARISON, M. R. **Mapeamento Geotécnico Regional da Quadrícula de Amparo-SP, Escala 1:50.000: Com Base na Análise dos Landforms e de Perfis Típicos de Alteração**. São Carlos-SP. 1995.2v. Dissertação de Mestrado. USP São Carlos.

BERBERIAN, D. **Engenharia de Fundações**. Editora da UnB. Brasília, 1975, 700p.

BIAGRELLA, J.J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**, Florianópolis: Editora UFSC, 1994.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. Acesso em: março de 2005.

CARUSO JUNIOR, F. **Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina**. Porto Alegre: Cento de Geologia Costeira e Oceânica da UFRGS, 1993.

COLLAÇO, D. L. **Caracterização geológico-geotécnica do município de São Leopoldo para fins de planejamento com subsídio ao Plano Diretor**. Dissertação de Mestrado. EESC/USP, São Carlos/SP. 2003.

DAVISON DIAS, R. **Proposta de Metodologia de Definição de Carta Geotécnica Básica em Regiões Tropicais e Subtropicais**. Revista de Instituto Geológico, São Paulo. V. específico.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER. **Mapeamento Geológico-Geotécnico de obras viárias**. DNER – PRO 014/1995.

DOMINGUES, C.V. **Aplicação de Geoprocessamento no processo de Modernização da Gestão Municipal**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2005, 88p.

EASTMAN, J. R., 1998 **IDRISI for Windows: Introdução e Exercícios tutoriais**. Editores da versão em português: Hasenack, H.; Weber, E. Porto Alegre: ABRH.

FONTELES, H.R.N. **Caracterização Geotécnica do subsolo da porção Nordeste do município de Fortaleza (CE) com base em Geoestatística**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, SP, 2003, 135p.

HERRMANN, M.L. de P. **Aspectos ambientais da porção central da Ilha de Santa Catarina**. Florianópolis, 1989. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geociências da UFSC.

HIGASHI, R.A.R. **Metodologia de Uso e Ocupação dos Solos de Cidades Costeiras Brasileiras através de SIG com base no Comportamento Geotécnico e Ambiental**.

Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2006, 486p.

HIGASHI, R. R. **Metologia de Uso e Ocupação dos Solos de Cidades Costeiras Brasileiras Através de SIG com Base no Comportamento Geotécnico e Ambiental** – Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Infra-Estrutura Viária, 485p, 2006.

IEAG – UNESCO **Engineering Geological Maps. A Guide to their Preparation**. Paris: The Unesco, press, 79p, 1976.

KAMPF, N. SCHNEIDER, P.: KLAMT, E. **Introdução à ciência do solo**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia da UFRGS, Departamento de Solos, 1985.

KOPEZINSKI, I. Avaliação do meio físico resultante de áreas degradadas por mineração. São Paulo: Escola de Engenharia da USP, Departamento de Geotecnia, 1997

LOCKS, G. **Estudo de Sondagem com a utilização do SIG**. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil na Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, SC, 2008, 69p.

MAFRA JÚNIOR, C.S. **Elaboração de um Mapa Preliminar de Unidades Geotécnicas o município de Brusque associado a um Banco de Dados Geotécnico em ambiente SIG**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2007, 122p.

MATULA, M. **Principles and types of engineering geolical mapping**. Report of the omission on engineering geological mapping. Bulletin the International Association of Engineering Geology. 1976.

MENDES, R. M. **Mapeamento geotécnico da área central urbana de São José do Rio Preto (SP) na escala 1:10.000 como subsidio ao planejamento urbano.** Dissertação de Mestrado. CCET/UFSCar, São Carolo/SP. 2001

DE MIRANDA, J.G. **Mapeamento Geotécnico e estudo de suscetibilidade à erosão na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT), escala: 1:100.000.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, SP, 2005, 278p.

QUARESMA, A. R.; DÉCOURT, L.; QUARESMA FILHO, A. R.; ALMEIDA, M. S. S.; DANZIGER, F. (1998). **Investigações Geotécnicas.** In: HACHICH, W. et al. Eds. **Fundações – Teoria e prática.**

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos Sistemas de Transportes no Brasil e à Logística Internacional.** 4. Ed. São Paulo: Aduaneiras, 2007.

SANTOS, G.T.; DAVISON DIAS, R.; MACCARINI, M. **Mapa geotécnico e comportamento geomecânico dos solos de Florianópolis.** In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 1996, São Carlos. Anais... São Carlos: ABGE, 1997.

SILVA, A.B. **Sistemas de Informações Georreferenciadas: Conceitos e Fundamentos.** Editora da Unicamp. Campinas, SP, 1999.

VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos.** Editora McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, SP, 1978, 509p.

YUAÇA, F. **Tutorial GIS para prefeituras,** 2003, 40p.

TEIXEIRA, V.H. **Relatório dos estudos geotécnicos elaborados para execução do Túnel da Via Expressa Sul de Florianópolis,** 1996.

ZUQUETE, L.V. **Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras.** Tese de Doutorado em Geotecnia.

Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP, 1987, 657p.

ZUQUETE, L.V.; GANDOLFI, N. **Mapeamento geotécnico: uma proposta metodológica**. Artigo de Período. Revista Geociências, v.9, 1990.

ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. **Mapeamento Geotécnico: levantamento e análises das metodologias e sistemáticas mais utilizadas**. Anais do VII Congresso Latino-Americano de Geologia Beileu, 1988, p.591-605.

ZUQUETTE, L.V.; NAKAZAWA, V.A. **Cartas de geologia de engenharia**. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A., eds. Geologia de engenharia. São Paulo, ABGE, 1998. Cap. 17, p.283-300.

ZUQUETE, L.V. **Importância do Mapeamento Geotécnico no Uso e Ocupação do Meiofísico**: Fundamentos e Guia para Elaboração. Tese de Livre Docência. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP, 1993, 388p.

ZUQUETE, L.V. et al. **Mapeamento Geotécnico: Parte 1 – atributos e procedimentos básicos para elaboração de mapas e cartas**. Geociência. São Paulo, SP, 1997.

## 8. APÊNDICE













