



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC
CENTRO TECNOLÓGICO – CTC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

GILMAR DOUGLAS BARAY DE SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO DE UNIDADES GEOTÉCNICAS COM ÊNFASE NA
CAPACIDADE DE SUPORTE DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE
FLORIANÓPOLIS/SC COM BASE EM UM BANCO DE DADOS DE SONDADEM À
PERCUSSÃO (SPT)**

FLORIANÓPOLIS

2016

Gilmar Douglas Baray de Souza

**CARACTERIZAÇÃO DE UNIDADES GEOTÉCNICAS COM ÊNFASE NA
CAPACIDADE DE SUPORTE DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE
FLORIANÓPOLIS/SC COM BASE EM UM BANCO DE DADOS DE SONDAAGEM À
PERCUSSÃO (SPT)**

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

Orientador: Prof. Dr. Rafael Augusto dos Reis Higashi.

Coorientadora: Me. Gisele Marilha Pereira Reginatto.

Florianópolis

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Souza, Gilmar Douglas Baray de
CARACTERIZAÇÃO DE UNIDADES GEOTÉCNICAS COM ÊNFASE NA
CAPACIDADE DE SUPORTE DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE
FLORIANÓPOLIS/SC COM BASE EM UM BANCO DE DADOS DE SONDAEM À
PERCUSSÃO (SPT) / Gilmar Douglas Baray de Souza ;
orientador, Rafael Augusto dos Reis Higashi ;
coorientadora, Gisele Marilha Pereira Reginatto. -
Florianópolis, SC, 2016.
87 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Banco de Dados. 3. Mapeamento
Geotécnico. 4. Sondagem a Percussão (SPT). 5. Fundações
Superficiais. I. Higashi, Rafael Augusto dos Reis. II.
Reginatto, Gisele Marilha Pereira. III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil.
IV. Título.

Gilmar Douglas Baray de Souza

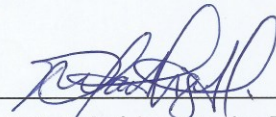
**CARACTERIZAÇÃO DE UNIDADES GEOTÉCNICAS COM ÊNFASE NA
CAPACIDADE DE SUPORTE DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE
FLORIANÓPOLIS/SC COM BASE EM UM BANCO DE DADOS DE SONDAÇÃO À
PERCUSSÃO (SPT)**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil, e aprovado em sua forma final pelo curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 25 de novembro de 2016.

Prof. Luiz Alberto Gómez, Dr.
Coordenador do Curso

Banca examinadora:



Prof. Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.
(Orientador)

Gisele Marilha Pereira Reginatto, Me.
(Coorientadora)

Prof. Jucilei Cordini, Dr.
Caroline Ester Christ, Me.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a meus pais, Vilmar e Sueli, por serem minha base sólida durante toda minha vida, pelo encorajamento, pelo apoio, pelo incentivo e pelo amor incondicional para que eu pudesse alcançar todos os meus objetivos.

A todos os meus familiares, pela vida em família que compartilhamos e apesar de todos os conflitos, não teria valido a pena sem vocês.

A todos os meus amigos e colegas que conquistei antes e durante a graduação, pelos momentos de companheirismo, pelas risadas, pelas histórias compartilhadas, enfim pela, sem vocês o caminho teria sido cansativo e árduo.

Ao Prof. Dr. Rafael Augusto dos Reis Higashi, por aceitar o convite de orientar este trabalho e sempre ser solícito quando solicitado.

A Me. Gisele Marília Reginatto, por toda o suporte, todos os conselhos, pelas horas de conversa, pelo tempo e carinho dedicados durante este ano.

As empresas que disponibilizaram os boletins com os laudos de sondagem à persussão para composição inicial do banco de dados, sem o qual não haveria informações para a realização deste trabalho.

Aos membros do Laboratório de Mapeamento Geotécnico da UFSC, pela dedicação e ajuda durante o processo de enriquecimento do banco de dados.

A todos os amigos e colegas conhecidos durante o período de estágio na empresa RKS, em especial a grande colega Regiane, pelos momentos de conversa, pelos momentos de sono compartilhado, pelos momentos de desespero e pela disposição demonstrada quando solicitada.

Aos membros da banca, por aceitarem o convite para contribuírem com o meu trabalho.

A todos os professores que fizeram parte desta jornada.

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a conclusão deste trabalho e durante toda a caminhada dentro da universidade.

“O sucesso deve ser uma consequência, nunca um objetivo.”

Gustave Flaubert.

RESUMO

Com o auxílio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é possível realizar o cruzamento entre dados qualitativos e quantitativos de solo e analisar a distribuição dos mesmos no espaço. Desta forma, representa uma ferramenta de grande importância para o planejamento territorial de centros urbanos. O presente trabalho, através de um SIG, teve como objetivo a elaboração de um banco de dados de sondagens à percussão (SPT) em Florianópolis/SC, visando a caracterização do subsolo de unidades geotécnicas presentes nesse município. Com base nos dados coletados, foram definidas as seguintes características: nível do lençol freático, tensão admissível até 4m de profundidade e orientações preliminares quanto ao tipo de fundação, ou seja, se superficial (adotando uma sapata com geometria e carregamento específicos) ou não. A partir do cruzamento destas informações com o mapa geotécnico elaborado por Santos (1997), foi possível caracterizar o solo de fundação das seguintes unidades: Areia quartzosa substrato sedimentos quaternários (AQsq1), Cambissolo substrato depósito de encosta (Cde) e Gleia substrato sedimentos quaternários (Gsq). Sendo assim, a elaboração de um banco de dados de SPT em ambiente SIG e a sua manipulação possibilitou, nesse estudo, o conhecimento do subsolo de unidades mapeadas na Ilha de Santa Catarina, principalmente em termos de capacidade de suporte, fornecendo informações para profissionais de área de fundações e favorecendo o planejamento do uso e ocupação do solo.

Palavras-Chave: Banco de Dados. Mapeamento Geotécnico. Sondagem à Percussão (SPT). Fundações Superficiais.

ABSTRACT

With the help of a Geographic Information System (GIS), it is possible to cross the qualitative and quantitative data of soil and analyze the distribution of the same in space. In this way, it represents a tool of great importance for the territorial planning of urban centers. The present work, through a GIS, had the objective of elaborating a database of percussion drilling (SPT) in Florianópolis/SC, aiming the characterization of the subsoil of geotechnical units present in this municipality. Based on the data collected, the following characteristics were defined: groundwater level, permissible tension up to 4m depth and preliminary orientations as to the type of foundation, ie superficial (adopting a shoe with specific geometry and loading) or not. It was possible to characterize the foundation soil of the following units: Sand quartz substrate quaternary sediments (AQsq1), Cambisol substrate slope deposit (Cde) and Glei substrate quaternary sediments (Gsq). Thus, the elaboration of a database of SPT in a GIS environment and its manipulation enabled, in this study, knowledge of the basement of units mapped in the Island of Santa Catarina, mainly in terms of support capacity, providing information for area professionals of foundations and favoring the planning of land use and occupation.

Keywords: Geographic Information System (GIS). Geotechnical Mapping. Bulletins of Percussion (SPT). Surface Foundations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Horizonte de solos.....	18
Figura 2 – Sobreposição dos dados pela Metodologia Davison Dias (1995).	24
Figura 3 – Conceito das unidades geotécnicas.....	24
Figura 4 – Componentes dos objetos vetoriais.	29
Figura 5 - Comparação entre o formato vetorial (esquerda) e matricial (direita).	31
Figura 6 – Instrumentos para o ensaio SPT.....	33
Figura 7 – Estimativa do valor médio de golpes.....	37
Figura 8 – Sistema Sapata-Solo.....	38
Figura 9 – Representação do bulbo de tensões.....	39
Figura 10 – Localização do município de Florianópolis/SC.....	40
Figura 11 – Mapa MDT de Florianópolis/SC	41
Figura 12 – Mapa Geotécnico do Município de Florianópolis/SC.....	44
Figura 13 – Fluxograma do trabalho.	45
Figura 14 – Ortofoto de Florianópolis/SC	47
Figura 15 – Locação dos boletins de sondagem SPT.....	49
Figura 16 – Tabela de atributos dos pontos de sondagem (extraídas do ArcGis).....	52
Figura 17 – Sapata Padrão.	54
Figura 18 – Percentual de sondagem SPT em cada unidade geotécnica.....	57
Figura 19 – Unidades geotécnicas caracterizadas.....	58
Figura 20 – Mapa temático representando o nível da água das unidades geotécnicas Cde, Gsq e Aqsq1	60
Figura 21 – Mapa de aptidão para a execução de uma sapata padrão com profundidade de assentamento de 1 m.....	63
Figura 22 - Mapa de aptidão para a execução de uma sapata padrão com profundidade de assentamento de 2 m.....	65
Figura 23 - Mapa de aptidão para a execução de uma sapata padrão com profundidade de assentamento de 3 m.....	67
Figura 24 - Mapa de aptidão para a execução de uma sapata padrão com profundidade de assentamento de 4 m.....	69
Figura 25 – Relação entre as áreas aptas à execução da sapata padrão e a sua profundidade de assentamento.....	71
Figura 26 – Tensão admissível para fundação superficial a 1 m de profundidade....	73

Figura 27 - Tensão admissível para fundação superficial a 2 m de profundidade.....	75
Figura 28 - Tensão admissível para fundação superficial a 3 m de profundidade.....	77
Figura 29 - Tensão admissível para fundação superficial a 4 m de profundidade.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de solos segundo a NBR 6484	34
Tabela 2– Pesos específicos de solos argilosos	35
Tabela 3 – Pesos específicos de solos arenosos	36
Tabela 4 – Composição inicial do banco de dados: estrutura e descrição de cada campo.	51
Tabela 5 – Quantidade de Sondagens SPT em cada unidade geotécnica	56
Tabela 6 - Ocorrência do nível da água em cada unidade geotécnica.....	61
Tabela 7 – Frequência da profundidade do nível d'água total.....	62
Tabela 8 - Percentual de ocorrência das áreas aptas e não aptas à execução da sapata padrão por unidade geotécnica (profundidade de assentamento igual a 1 m).	64
Tabela 9 - Percentual de ocorrência das áreas aptas e não aptas à execução da sapata padrão por unidade geotécnica (profundidade de assentamento igual a 2 m).	66
Tabela 10 - Percentual de ocorrência das áreas aptas e não aptas à execução da sapata padrão por unidade geotécnica (profundidade de assentamento igual a 3 m).	68
Tabela 11 - Percentual de ocorrência das áreas aptas e não aptas à execução da sapata padrão por unidade geotécnica (profundidade de assentamento igual a 4 m).	70
Tabela 12 – Percentual de ocorrência das classes de tensão admissível a 1 m de profundidade.	74
Tabela 13 – Percentual de ocorrência das classes de tensão admissível a 2 m de profundidade.	76
Tabela 14 – Percentual de ocorrência das classes de tensão admissível a 3 m de profundidade.	78
Tabela 15 – Percentual de ocorrência das classes de tensão admissível a 4 m de profundidade	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais metodologias de mapeamento geotécnico	22
Quadro 2 - Simbologia simplificada quanto as classes pedológicas	25
Quadro 3 - Simbologia simplificada quanto a geologia.	26
Quadro 4 - Relação entre geometria da sapata e a profundidade do bulbo de tensões.	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	17
2.1.1	Solos Residuais	17
2.1.2	Solos sedimentares	19
2.2	MAPEAMENTO GEOTÉCNICO	20
2.2.1	Metodologia Davison Dias	22
2.2.2	Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	26
2.2.2.1	Mapas Temáticos	27
2.2.2.2	Topologia	27
2.2.2.3	Atributos	28
2.2.2.4	Objetos Vetoriais	28
2.2.2.5	Dados Vetoriais	29
2.2.2.6	Dados Matriciais	30
2.2.3	Banco de Dados	31
2.2.3.1	Banco de Dados de Sondagem SPT	32
2.3	ENSAIO SPT (STANDARD PENETRATION TEST)	32
2.3.1	Fundações Superficiais	36
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	40
4	MATERIAIS E MÉTODOS	45
4.1	LEVANTAMENTO DOS DADOS PRÉ-EXISTENTES	46
4.1.1	Dados Cartográficos	46
4.1.1.1	Ortofoto	46

4.1.1.2 Modelo Digital do Terreno	48
4.1.1.3 Mapa Geotécnico.....	48
4.1.2 Boletins de Sondagem SPT	48
4.1.2.1 Seleção e tratamento dos dados de SPT	48
4.1.3 Elaboração do Banco de Dados e cruzamento com o mapa geotécnico ..	50
4.1.4 Caracterização das unidades geotécnicas	52
4.1.3.2 Mapa Temático do Nível D'água.....	53
4.1.3.3 Mapa Temático de Aptidão para a execução de uma sapata padrão .	53
4.1.3.4 Mapa Temático da Tensão Admissível no Solo	55
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS	56
5.1.1 Identificação das unidades geotécnicas abordadas nesse estudo	56
5.1.1 Nível de Água.....	59
5.1.2 Mapas de Aptidão para a execução de uma sapata padrão	62
5.1.3 Mapa Temático para Tensões Admissíveis no Solo.....	72
6 CONCLUSÕES.....	81
7 SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS	83
8 REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

O crescimento dos grandes centros urbanos no Brasil vem ocorrendo de forma intensa e muitas vezes desorganizada, acarretando na ocupação de áreas impróprias para esse fim, ou seja, áreas de risco. A ocupação dessas áreas, aumenta a ocorrência de deslizamentos, recalques excessivos, erosões e enchentes, prejudicando a população.

Os problemas relacionados a esse tipo de ocupação, podem ser minimizados e até mesmo evitados a partir de um planejamento territorial adequado, elaborado com base nas características dos solos presentes em cada local. Nesse sentido, a utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) vem ganhando grande destaque, sendo muito utilizado em mapeamentos de solos. Essa ferramenta permite a análise simultânea de um grande número de dados georreferenciados e o cruzamento entre eles, realizando estimativas através do processamento de informações complexas de forma ágil e eficiente.

Sendo assim, é possível a utilização de um SIG para a elaboração de um mapa geotécnico associado a um banco de dados de sondagem à percussão (SPT), visando o conhecimento das características dos solos de fundação para auxiliar no direcionamento da urbanização para as áreas mais adequadas. Entretanto, muitas vezes os custos na aquisição dos dados e o despreparo para a manipulação dos mesmos em ambiente SIG, prejudicam a adesão dessa ferramenta.

Neste contexto, o presente estudo busca a compatibilização de informações geotécnicas existentes e a criação de um banco de dados utilizando um SIG tanto na estruturação das informações quanto nas análises das mesmas. Para tanto, emprega-se como base o mapa geotécnico do município de Florianópolis/SC, elaborado por Santos (1997), incorporando a ele dados de ensaio de sondagem à percussão (SPT).

Logo, como resultado, é possível a elaboração de mapas temáticos, que representam a espacialização de dados, como por exemplo, o nível do lençol freático, tensão admissível do solo e aptidão quanto à execução de uma sapata padrão, esses relacionados a unidades geotécnicas específicas. Essas Informações contribuem para o conhecimento técnico de gestores que atuam no planejamento do uso e ocupação do solo, além de auxiliar em projetos preliminares de fundações superficiais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar um banco de dados de sondagem à percussão (SPT) com base no mapeamento geotécnico do município de Florianópolis/SC, visando a caracterização do solo para o estudo de fundações superficiais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estruturar um banco de dados a partir de boletim de sondagens SPT em ambiente SIG;
- Elaborar os seguintes mapas temáticos: nível d'água, aptidão para a execução de uma sapata padrão e tensão admissível do solo;
- Definir as unidades geotécnicas que serão analisadas;
- Caracterizar as unidades geotécnicas escolhidas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo tem por finalidade a apresentação dos temas que deram embasamento a presente pesquisa.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

A classificação dos solos nos permite prever o comportamento do mesmo e individualizar grupos com as mesmas características, permitindo, assim, nortear análises e investigações de determinados problemas de engenharia.

Segundo Caputo (1988), os solos são materiais que resultam do intemperismo ou da meteorização das rochas, sendo formados por processos de desintegração mecânica ou decomposição química das mesmas. Ainda de acordo com este autor, a desintegração mecânica ocorre através de agentes como a água, temperatura, vegetação e vento, formando, dentre outras, partículas de solos do tamanho pedregulhos, areias e siltes (partículas granulares a intermediárias). Em condições especiais ocorre a formação de partículas do tamanho argila (partículas finas).

Entende-se como decomposição química o processo em que há modificações químicas ou mineralógicas das rochas que deram origem aos solos. Caputo (1988), aponta como principal agente da decomposição química a água, e os principais mecanismos de ataque a oxidação, hidratação, carbonatação e os efeitos químicos da vegetação. Estes mecanismos podem ocorrer de forma simultânea, podendo um deles sobressair-se sobre o outro, em função do local ou das condições climáticas presentes. Logo, ressalta que os diferentes tipos de solos, com suas respectivas características, estão relacionados à rocha de origem e aos diferentes agentes de alteração.

Neste contexto, Pinto (2002) menciona que em função da sua origem, os solos podem ser classificados em dois grandes grupos: solos residuais e sedimentares. Além destes dois grandes grupos, Caputo (1988) menciona aquele que envolve os solos de formação orgânica.

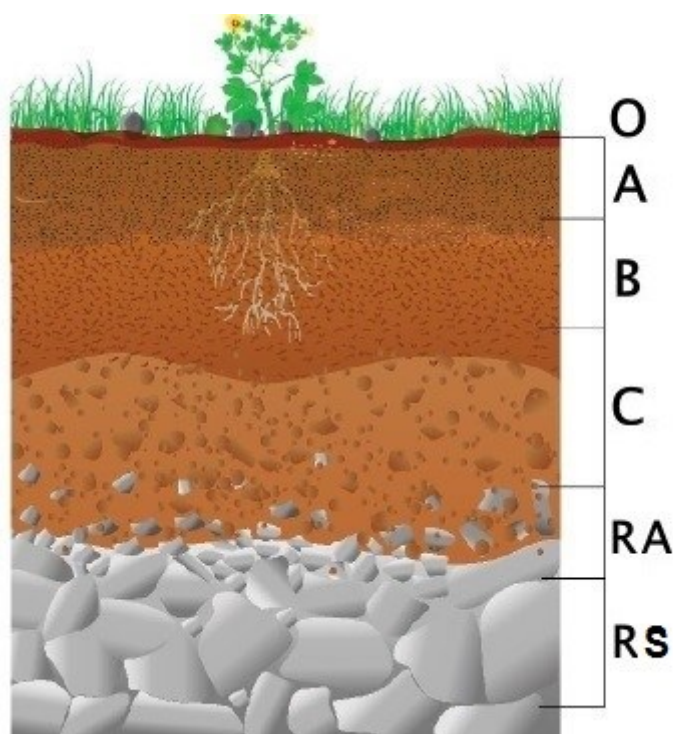
2.1.1 Solos Residuais

Também são denominados de solos autóctones, pois permanecem no local da rocha de origem, ou seja, no local onde foram formados. Logo sua composição depende da mineralogia dessa rocha de origem. Nos perfis de solos residuais podem-

se observar faixas de transições graduais entre o solo e a rocha, as quais são chamadas de horizontes.

Na camada mais superficial dos solos residuais, está, segundo Gerscovich (2012), a camada de solo residual maduro, onde o solo já sofreu processo de intemperismo intenso e não apresenta características provenientes da rocha de origem. Abaixo desta, observa-se a camada de solo saprolítico, ou residual jovem, camada menos intemperada, caracterizada por ainda conter traços de minerais não decompostos e estrutura reliquiar. Entre a camada de solo saprolítico e a rocha sã, encontra-se a camada de rocha alterada, onde a ação do intemperismo é indicada pelas fraturas que a rocha apresenta. Queiroz (2009) designa essas camadas de horizontes, dividindo-os entre A, B, C e R, sendo A a camada mais superficial indo até o horizonte R onde se encontra a rocha sã. A Figura 1 ilustra essas camadas de horizonte.

Figura 1 – Horizonte de solos.



FONTE: Adaptado de <http://brasilecola.uol.com.br/geografia/osolo.htm>.

Conforme Queiroz (2009), o comportamento mecânico dos solos residuais está ligado principalmente à sua composição mineralógica e a compartimentação

geológica do maciço rochoso que lhe deu origem, características estas que interferem na permeabilidade e na resistência ao cisalhamento dos solos.

Das (2007) ainda observa que uma das principais características deste solo é a gradação das partículas com a profundidade, onde os grãos se apresentam mais finos na superfície, aumentando de tamanho conforme a profundidade.

Caputo (1991) observa que dentre os solos residuais, merecem destaque os seguintes: solos lateríticos, expansivos e os porosos. Menciona que estes solos são conhecidos como solos colapsíveis, pois em determinadas condições de umidade sua estrutura quebra, dando origem a elevados recalques.

Guesser (2013) ainda ressalta que este tipo de solo apresenta as seguintes características: aumento da densidade e resistência e diminuição da compressibilidade e permeabilidade com a profundidade, sendo que, a estrutura do solo aproxima-se da estrutura da rocha de origem com o aumento da profundidade.

2.1.2 Solos sedimentares

Os solos sedimentares, ou alotóctones, são aqueles que sofreram a ação de agentes transportadores, encontrando-se fora do seu local de origem. Os agentes de transporte possuem a tendência de promover a separação granulométrica das partículas. Estes solos são classificados de acordo com o agente transportador em: aluvionares (quando são transportados pela água), eólicos (transportados pelo vento), coluvionares (quando o transporte ocorre devido a ação da gravidade) e glaciares (quando o transporte é ocasionado por geleiras) (CAPUTO, 1991).

Vargas (1977) aponta que estes solos apresentam características geomecânicas em função do agente transportador, gerando depósitos mais inconsolidados e fofos que os solos residuais e profundidade bastante variável.

Segundo Caputo (1991) os solos sedimentares caracterizam-se pela sua heterogeneidade, possuindo em sua composição fragmentos de rocha sã com ou sem indícios de intemperização imersos em uma matriz de solo. Apresentam granulometria que varia de acordo com o agente transportador e com a distância de transporte. São normalmente encontrados em depósitos nos sopés ou próximos a taludes íngremes, com a ação da gravidade como elemento mais atuante (GERSCOVICH, 2012).

Contudo, dentro dos solos sedimentares, Vargas (1977) distingue uma variedade especial, o solo orgânico. Este solo é de fácil identificação pela cor e seu odor característico, no qual o material transportado e misturado com quantidades

variáveis de material orgânico vegetal ou animal decomposta. Devido ao elevado índice de vazios apresentados por estes materiais, estes solos são extremamente deformáveis e muito permeáveis, permitindo que os recalques ocorram rapidamente, devido a solicitações externas.

2.2 MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

O mapeamento geotécnico representa uma ferramenta de grande importância no gerenciamento de grandes áreas, em especial no planejamento do uso e ocupação do solo. Entretanto, dentre os problemas encontrados na aplicação desta ferramenta cita-se a quantidade, muitas vezes insuficiente, de dados geotécnicos e as pequenas escalas dos mapas bases (pedológico e geológico).

Nota-se a falta de planejamento do uso e ocupação do solo em inúmeras metrópoles brasileiras, onde o crescimento urbano está associado ao aumento das áreas de riscos à população (por exemplo, risco a escorregamentos e a inundações). Além disso, gastos relacionados às construções de obras em locais inadequados são também evidenciados onde não há o controle e o gerenciamento do uso do solo.

Oliveira (2014) afirma que obter o conhecimento das características do solo e dos consequentes impactos em virtude das ações antrópicas nas modificações do ambiente, se faz necessário para que se possa determinar áreas onde a sua ocupação seja feita de modo seguro, e ainda tomando cuidado para minimizar impactos ambientais e alterações no terreno.

O IPT (2015) define o mapeamento geotécnico como uma ferramenta que integra dados e informações básicas sobre as características geotécnicas dos terrenos em uma determinada área e suas possíveis interações com as intervenções humanas relacionadas ao processo de uso e ocupação do solo.

De acordo com a UNESCO (1976 *apud* SBROGLIA, 2015) o mapeamento geotécnico é definido como um tipo de mapa geológico que fornece uma representação generalizada de todos os componentes do ambiente com significado no planejamento do uso da terra, em projetos, construções e manutenções aplicadas as obras de engenharia civil e engenharia de minas.

Zuquette (1992) ressalta que o mapeamento geotécnico deve retratar o meio físico de forma que permita a diferentes categorias de usuários obter informações básicas para orientação da escolha de áreas mais adequadas para aos seus

empreendimentos e os critérios a serem utilizados nas investigações que se fizerem necessárias para o seu uso.

Segundo Higashi (2006) o mapeamento geotécnico pode ser definido como uma metodologia em que, sob a forma de um mapa, são apresentadas as principais características geomecânicas do solo, as quais podem ser utilizadas em projetos ambientais e de engenharia. Ainda, de acordo com este autor, a partir do mapeamento geotécnico é possível estimar o comportamento dos solos em termos de resistência e compressibilidade, auxiliando no planejamento ambiental urbano e na solução de possíveis problemas que possam vir a ocorrer. Representam também uma grande fonte de informações geológicas, pedológicas e geotécnicas a respeito dos solos.

No decorrer da história, o mapeamento geotécnico vem sendo utilizado em vários países, gerando assim, diversas metodologias. Cada metodologia abrange, geralmente, as informações e as características da área em que foi criada. O Quadro 1 apresenta um resumo das metodologias utilizadas no mapeamento geotécnico, apresentando suas finalidades e utilizações (KOPEZINSKI, 2000).

Quadro 1 - Principais metodologias de mapeamento geotécnico

METODOLOGIA	ESCALA	FINALIDADE	UTILIZAÇÃO
IAEG (Internacional)	<1:100.000 >1:10.000	Específica Multifuncionalidade	Planejamento urbano e regional
Francesa	Regional Local <1:10.000 >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 Multifuncionalidade	Planejamento urbano e regional
Russa	<1:100.000.000 <1:500.000	Específica Regional	Planejamento urbano e regional
Hinojosa e Leon	<1:1.000.000 <1:500.000	Específica	Planejamento e projeto estradas
ZERMOS	>1:50.000	Específica	Movimento de massas (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 Multifuncionalidade	Planejamento urbano e regional

Fonte: Kopezinski, 2000

Destaca-se, neste estudo, a metodologia de Davison Dias (1995), desenvolvida para solos tropicais, a qual foi utilizada por Santos (1997) na elaboração do mapa geotécnico de toda a ilha de Santa Catarina. Essa metodologia individualiza unidades territoriais com comportamentos geotécnicos semelhantes, formulando orientações técnicas para ocupação das mesmas.

2.2.1 Metodologia Davison Dias

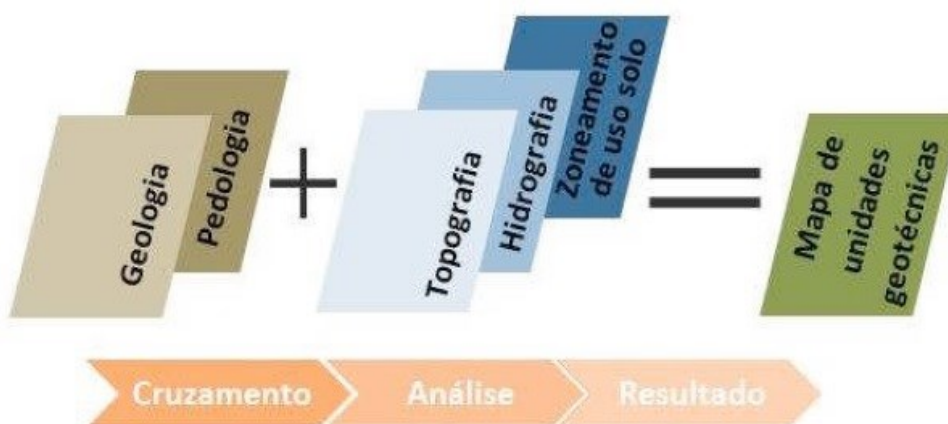
O objetivo desta metodologia, como exposto por Oliveira (2014), tem como base caracterizar de maneira mais eficaz a grande variedade de solos encontrados

no Brasil, que em sua grande maioria é representado por solos tropicais e subtropicais. O autor ainda ressalta a importância desta metodologia, uma vez que as metodologias mais tradicionais e utilizadas no mundo são, em sua grande maioria, elaboradas por países do hemisfério norte, onde nota-se que a ocorrência de solos tropicais e subtropicais são escassas, não sendo bem aplicáveis ao cenário brasileiro.

A metodologia de Davison Dias (1995) é desenvolvida em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e propõe o mapeamento geotécnico de grandes áreas. É baseada na formulação de um mapa geotécnico, onde o mapa litológico, oriundo da interpretação do mapa geológico, e o pedológico são utilizados na definição de unidades geotécnicas que representam unidades de solos com comportamento geomecânico semelhante (HIGASHI, 2006).

De uma forma geral, a metodologia sugere o cruzamento do mapa litológico com o pedológico (juntamente com outros fatores, tais como: curvas de nível, geomorfologia, hidrologia, zoneamento de uso do solo, dentre outros) para a definição preliminar dos polígonos que representam as unidades geotécnicas presentes na área (Figura 2). Esses autores definem ainda as unidades geotécnicas como regiões onde o comportamento geotécnico frente ao uso e ocupação do solo é semelhante, delimitando zonas de ocorrência de solos cuja origem e características físicas e morfológicas são similares. Nesse caso, a topografia auxilia na definição dos limites entre as unidades geotécnicas.

Figura 2 – Sobreposição dos dados pela Metodologia Davison Dias (1995).

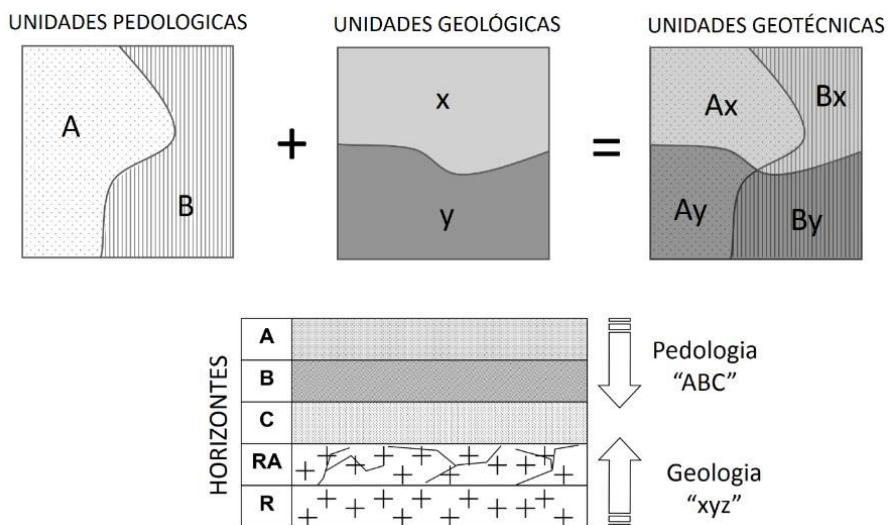


FONTE: Isoppo, 2013

As unidades geotécnicas são classificadas segundo a pedologia dos horizontes A e B e segundo a geologia dos horizontes C, RA e R, sendo que, a geologia é representada pela rocha predominante à cada domínio mapeado. Em relação a nomenclatura das unidades, utiliza-se o seguinte padrão: “ABC, xyz”, onde as letras maiúsculas referem-se à classificação pedológica e as minúsculas a caracterização geológica do perfil de solo.

Na Figura 3 é possível visualizar o modelo esquemático do cruzamento dos mapas litológicos e pedológicos, formando as unidades geotécnicas.

Figura 3 – Conceito das unidades geotécnicas.



FONTE: Adaptado de Higashi, 2006.

O Quadro 2 apresenta a simbologia simplificada das classes pedológicas, e o Quadro 3 exhibe a simbologia simplificada quanto a classificação geológica. Ambas as simbologias são propostas por Davison Dias (2001 *apud* HIGASHI, 2006).

Quadro 2 - Simbologia simplificada quanto as classes pedológicas

Sigla	Classificação	Sigla	Classificação
A	Aluviais	P	Podóis Indiscriminados
AQ	Areais 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	Litólico
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		

Fonte: Adaptado de Higashi (2006).

Quadro 3 - Simbologia simplificada quanto a geologia.

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

Fonte: Adaptado de Higashi (2006).

Higashi (2002) aponta como principal critério de classificação no mapeamento do solo a diferenciação vertical entre os horizontes de solo, os quais definem o perfil do mesmo. E ainda chama a atenção quanto ao fato de que o comportamento dos solos pode variar de local para local, ou seja, um mesmo tipo de solo pode apresentar comportamento diferente quando exposto a outras condicionantes. Também salienta que os resultados obtidos devem ser utilizados como parâmetros estimativos e jamais como valores de projeto.

2.2.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Atualmente o sistema de informações geográficas (SIG) é uma das ferramentas mais utilizadas na realização de mapeamento geotécnico e também no mapeamento dos movimentos de massa, e, mesmo sendo uma tecnologia relativamente nova, já é mundialmente difundida (OLIVEIRA, 2014).

O SIG possui vários atributos extremamente pertinentes aos mapeamentos, ele permite a armazenagem, a recuperação e a visualização dos dados espaciais, além de ser capaz de realizar análises e modelagem espacial (GUESSER, 2013).

Segundo Mafra Jr. (2007), o SIG pode ser definido como um conjunto de sistemas que realizam o processamento computacional de dados, que permite, entre outros, o acesso às informações alfanuméricas localizadas espacialmente.

De acordo com HIGASHI (2006) com SIG é possível chegar aos resultados desejados através de sistemas computacionais, que permitem operações de geoprocessamento envolvendo elementos gráficos e atributos correlacionados.

Silva (1999) afirma que SIG é uma tecnologia dotada de ferramentas necessárias para executar análises de dados espaciais, fornecendo as opções para compreensão da ocupação e utilização do meio físico. De acordo com Camara (1996), as principais funções de um SIG são:

- Reunir e interligar em uma única base de dados informações espaciais de dados cartográficos, censitários e de cadastramentos, imagens de satélites, redes e modelos numéricos do terreno;
- Cruzar dados por meio de algoritmos de manipulação para elaborar mapeamentos derivados;
- Consultar, recuperar, visualizar e permitir saídas gráficas para o conteúdo da base de dados geocodificados.

Higashi (2006) ainda apresenta alguns conceitos para a melhor compreensão da utilização de um SIG no mapeamento geotécnico, os quais serão elencados a seguir.

2.2.2.1 Mapas Temáticos

Os mapas temáticos ilustram mapas de uma dada região geográfica particionada em polígonos de acordo com valores respectivos a um tema (por exemplo: uso do solo, aptidão agrícola, unidades geológicas). Esses valores são usualmente inseridos no sistema por digitação ou de forma mais automatizada, a partir da classificação de imagens. Tais mapas derivam, geralmente, do resultado de análises.

2.2.2.2 Topologia

Burrough (1994 *apud* HIGASHI,2006) apresenta a topologia como sendo a maneira pela qual diferentes elementos gráficos são relacionados entre si. O autor ainda relata que todas as informações geográficas podem ser reduzidas a três conceitos topológicos básicos: ponto, linha e área.

A topologia se torna de grande importância devido a muitas operações no SIG não necessitarem de coordenadas, apenas das informações topológicas.

O SIG também associa dados atributos, além de dados espaciais, a elementos topológicos, resultando em maiores informações descritivas. Também permite acesso aos dados atributos e espaciais simultaneamente, possibilitando buscar um dado atributo e relacioná-lo a um dado espacial e vice-versa.

2.2.2.3 Atributos

Para Burrough (1994 *apud* HIGASHI, 2006) dados atributos são informações não gráficas associadas a elementos representados por pontos, linhas ou áreas dentro do ambiente SIG. Bastos (2005 *apud* SANTOS, 2015) define atributo como a “característica da entidade, normalmente, não espacial, a que se podem associar valores qualitativos e quantitativos”.

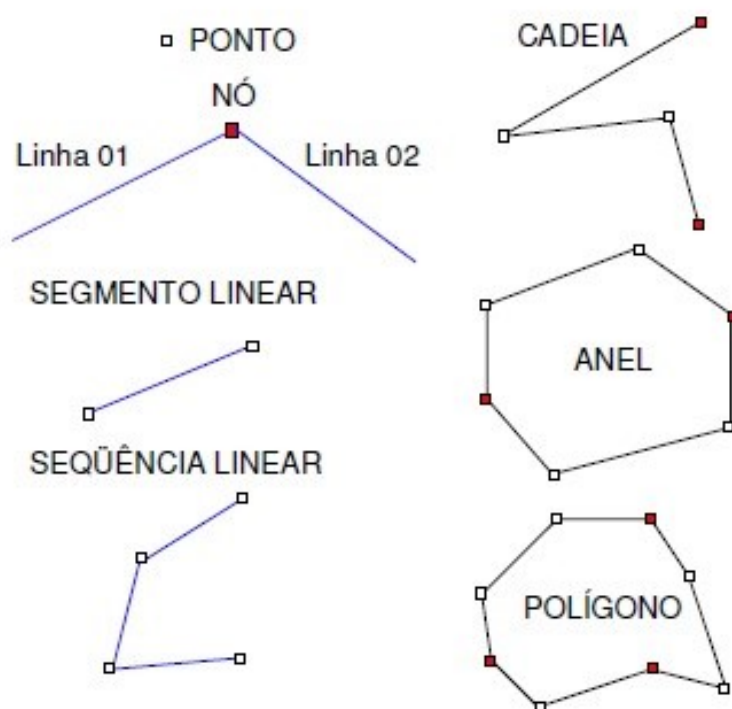
Higashi (2006) utiliza os atributos das unidades geotécnicas (representado por polígonos), para descrever o comportamento do solo em tabelas de resultados geotécnicos.

2.2.2.4 Objetos Vetoriais

Higashi (2006) apresenta objetos vetoriais sendo compostos por pontos (objeto adimensional especificando localização geográfica por um conjunto de coordenadas); nós (objeto adimensional servindo como junção topológica a uma linha ou como extremo); segmentos lineares (uma linha reta entre dois pontos); sequencia linear (uma sequência de segmentos lineares sem nós); cadeias (uma sequência de segmentos lineares com nó inicial e nó final); anéis (uma sequência de cadeias ou sequencias lineares que formam uma poligonal fechada) e polígonos (um anel e sua área interna).

A Figura 4 ilustra os componentes dos objetos vetoriais.

Figura 4 – Componentes dos objetos vetoriais.



FONTE: Adaptado de Higashi, 2006.

2.2.2.5 Dados Vetoriais

De acordo com Lacruz e Souza Filho (2009 *apud* SANTOS, 2015) os dados vetoriais são formados por pontos, inseridos em um plano cartesiano. Esses pontos compõem linhas e ou polígonos que ilustram a extensão gráfica do objeto. Nesta abordagem qualquer objeto espacial pode ser representado.

Os dados vetoriais consideram três elementos gráficos: o ponto, a linha e o polígono. O ponto é um par ordenado espacializado capaz de armazenar diversas informações. A linha é formada por um conjunto de pontos conectados, possuindo as mesmas características dos pontos. Por sua vez, o polígono é a região do plano limitado por uma ou mais linhas conectadas, onde pode-se atribuir informações para toda a área (CAMARA NETO et al., 2000).

Higashi (2006) ainda afirma que os pontos podem identificar as localizações ou as ocorrências no espaço. Afirma, também, que as linhas podem estar associadas a uma tipologia arco-nó, guardando feições unidimensionais. E caracteriza polígonos

como uma região do plano limitada por uma ou mais linha poligonais, conectadas de tal forma que o último ponto de uma linha seja idêntico ao primeiro da próxima.

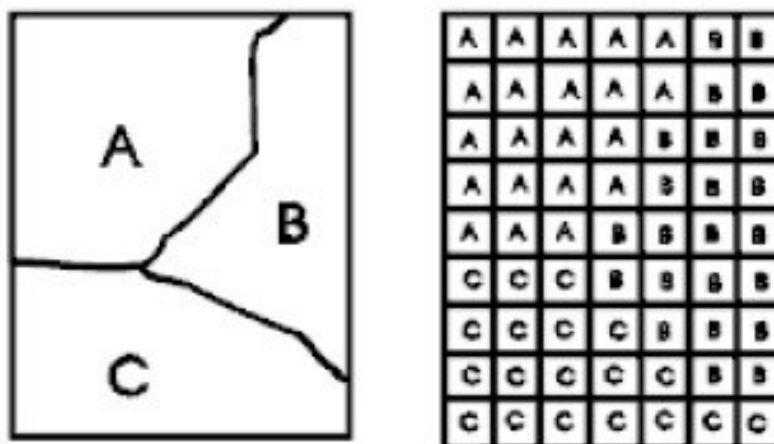
2.2.2.6 Dados Matriciais

Dados matriciais são representados através de uma matriz $P(m,n)$, composta por m linhas e n colunas, onde cada célula possui um determinado atributo. Nessa matriz, cada célula representa uma porção do terreno, logo, o tamanho da célula está ligado com a precisão dos dados. Sendo assim, quanto menor a célula maior será a precisão, exigindo um maior espaço de armazenamento e um maior tempo de processamento, sendo estes alguns dos fatores condicionantes na escolha da resolução a ser utilizada (CAMARA NETO et al., 2000).

Higashi (2006) ainda complementa que na representação matricial supõe-se que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno, e a resolução do sistema é dado pela relação entre o tamanho da célula no mapa ou documento e a área por ela coberta no terreno. O autor ainda divide os objetos matriciais em: elemento matricial ou *Pixel* (elemento bidimensional que é a menor parte não divisível em uma imagem) e célula do quadriculado ou *Grid Cell* (objeto bidimensional representado num elemento de uma tesselação regular da superfície).

As representações vetoriais e matriciais podem ser observadas na Figura 5. Nota-se, que o sistema vetorial é mais indicado quando se quer uma maior precisão nas representações, enquanto que, quando se quer realizar operações algébricas entre mapas, estas são facilitadas com o uso de mapas no formato matricial. Além disso, no modelo matricial a transição entre as unidades é mais suave.

Figura 5 - Comparação entre o formato vetorial (esquerda) e matricial (direita).



Fonte: Camara et al., (2000)

2.2.3 Banco de Dados

O banco de dados figura como um dos elementos principais na elaboração de cartas geotécnicas (BASTOS, 2005). De acordo com Paredes (1994 *apud* GUESSER, 2013), um banco de dados espacial é uma coleção de entidades referenciadas espacialmente que atuam como modelo da realidade, transparecendo a perspectiva de seu projetista. E ainda define banco de dados como estruturas que armazenam registros de forma integrada ou partilhada, permitindo que dados individuais sejam utilizados por diferentes programas e também a combinação de vários conjuntos de dados.

Yuaça (2003 *apud* ISOPPO, 2013) afirma que banco de dados georreferenciados e interligados a um 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 seleções de locais para implantação de postos de saúdes ou escolas públicas.

Para o gerenciamento de banco de dados existem softwares conhecidos como Sistema Gerenciadores de Banco de Dados (SGDB), cujo objetivo principal é prover um ambiente que seja adequado e funcional para o uso na recuperação e armazenamento de dados (MAFRA JUNIOR, 2007).

2.2.3.1 Banco de Dados de Sondagem SPT

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 o seu uso como subsídio ao planejamento urbano. O trabalho utilizou dados de sondagens existentes, fornecidos por empresas que atuam no ramo da geotecnia. Como resultado final foi criado em ambiente SIG um banco de dados que permite ao usuário vários tipos de correlações entre dados de sondagens e cartas geológico-geotécnicas e urbanísticas.

Fonteles (2003 *apud* ISOPPO, 2013) caracterizou geotecnicamente uma área de 44 km² no município de Fortaleza (CE), utilizando técnicas de geoestatísticas de análise da variabilidade espacial e de estimativas de dados de sondagem de simples reconhecimento.

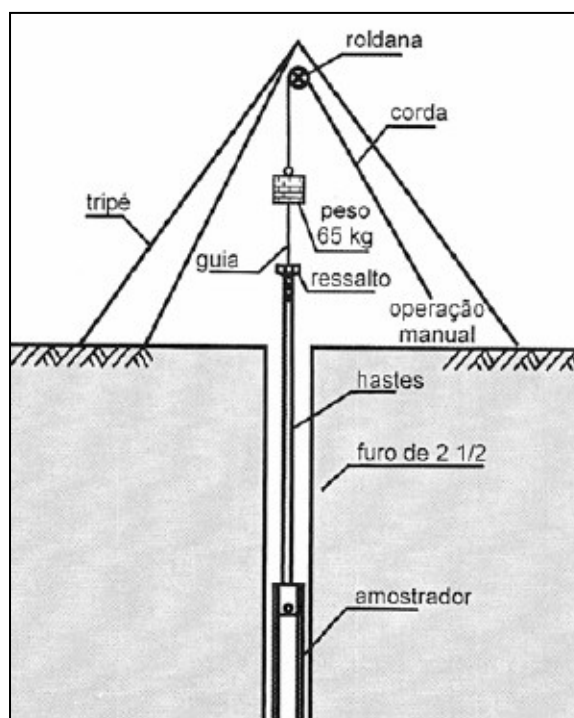
2.3 ENSAIO SPT (STANDARD PENETRATION TEST)

O ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) compreende a mais popular e econômica ferramenta de investigação geotécnica em praticamente todo o mundo. No Brasil, projetos de fundações diretas e profundas levam em consideração os resultados do ensaio SPT.

Conforme a NBR 6122:2010, a sondagem é um procedimento que objetiva conhecer as características naturais dos solos, a determinação da estratigrafia, classificação dos solos (como consistência, compacidade e características físicas tátil-visuais como a coloração e granulometria), profundidade do impenetrável à percussão, do nível d'água e os índices de resistência a penetração a cada metro.

Schnaid (2012) aponta que o ensaio SPT constitui-se em uma medida de resistência dinâmica conjugada a uma sondagem de simples reconhecimento. Nesse ensaio a perfuração do solo é obtida por tradagem e circulação de água, utilizando-se um trépano de lavagem como ferramenta de escavação, sendo que, amostras do solo são coletadas a cada metro de profundidade (Figura 6).

Figura 6 – Instrumentos para o ensaio SPT.



Fonte: Schnaid (2000)

Para que se tenha resultados confiáveis é necessário que o ensaio siga a padronização descrita pela NBR 6484:2001. O procedimento de ensaio consiste, conforme Schnaid (2012), na cravação no solo através de um amostrador padrão do tipo Terzaghi-Peck (diâmetro interno de 34 mm e externo de 50,8 mm), utilizando um martelo padronizado (que compreende um peso de 65kg) à uma altura de queda livre padronizada (75cm). O valor do N_{spt} corresponde ao número de golpes necessários para o amostrador penetrar 300mm no solo após uma cravação inicial de 150mm para cada metro de profundidade.

A cravação persiste até o limite da sondagem, especificado pela norma conforme critérios de paralisação, especificado a seguir:

- Em qualquer dos segmentos de 15cm, o número de golpes ultrapassar 30;
- Um total de 50 golpes tiver sido aplicado durante toda a cravação;
- Não se observar avanço do amostrador-padrão durante a aplicação de cinco golpes sucessíveis do martelo.

Nessas condições o terreno será considerado impenetrável ao ensaio de percussão.

Segundo Schnaid (2012), as vantagens do ensaio SPT em relação aos demais são: simplicidade no equipamento, baixo custo e obtenção de um valor numérico de ensaio que pode ser relacionado à outras variáveis do solo por meio de equações empíricas, as quais podem ser utilizados na prática de engenharia para obtenção de parâmetros a serem adotados em análises de problemas geotécnicos (fundações, obras de contenção, barragens, entre outros).

A Tabela 1 é utilizada no Brasil para classificação dos solos quanto aos estados de compactidade e consistência em função do tipo de solo e do índice de resistência à penetração. É recomendada pela NBR 6484/2001, e tem como base as medidas de resistência a penetração obtidas no SPT sem qualquer correção quanto à energia de cravação e ao nível de tensões.

Tabela 1 – Classificação de solos segundo a NBR 6484

Solo	Índice de resistência à penetração	Designação
<i>Areia e Silte arenoso</i>	<4	Fofa
	5 até 8	Pouco compacta
	9 até 18	Mediamente compacta
	19 até 40	Compacta
	>40	Muito compacta
<i>Argila e Silte argiloso</i>	<2	Muito mole
	3 até 5	Mole
	6 até 10	Média
	11 até 19	Rija
	>19	Dura

Fonte: Godoy, 1972

Para Cintra (2011), em solos saturados, principalmente nas argilas moles, os parâmetros de resistência do solo (resistência não drenada) dependem das condições de carregamento, variando de não drenado (rápido) ao drenado (lento).

Em termos de capacidade de carga de fundações, a condição crítica observada geralmente tende a ser a condição não drenada, uma vez que a carga tende a aumentar com a dissipação das tensões neutras.

Quando não dispomos de ensaios de laboratório, na estimativa do valor da coesão não drenada de solos, Cintra (2011 *apud* TEIXEIRA e GODOY, 1996) sugere a seguinte correlação com o índice de resistência a penetração N_{spt} , expressa na equação (1):

$$c = 10N_{spt} \text{ (kPA)} \quad (1)$$

Na estimativa do ângulo de atrito interno na condição não drenada, Cintra (2011) sugere o uso de duas equações empíricas, apontadas por Godoy (1983) na equação 2 e por Teixeira (1996) na equação 3.

$$\phi = 20^\circ + 0,4N_{spt} \quad (2)$$

$$c = \sqrt{20N_{spt} + 15^\circ} \quad (3)$$

É possível ainda, caso não haja ensaios de laboratório, adotar o peso específico do solo a partir dos valores aproximados recomendados por Cintra (2011 *apud* GODOY, 1972), em função da consistência da argila e da compacidade da areia. A seguir, na Tabela 2 e Tabela 3, são apresentados os valores de peso específico para solos argilosos e arenosos, propostos por Godoy (1972).

Tabela 2– Pesos específicos de solos argilosos

N_{spt}	Consistência	Peso Específico (kN/m³)
≤ 2	Muito Mole	13
3 – 5	Mole	15
6 – 10	Média	17
11 – 19	Rija	19
≥ 20	Dura	21

Fonte: Godoy (1972)

Tabela 3 – Pesos específicos de solos arenosos

<i>N_{spt}</i>	Compacidade	Peso Específico (kN/m³)		
		Areia seca	Úmida	Saturada
<5	Fofa	16	18	19
5 – 8	Pouca Compacta	16	18	19
9 – 18	Medianamente Compacta	17	19	20
19 – 40	Compacta	18	20	21

Fonte: Godoy, 1972

2.3.1 Fundações Superficiais

Caputo (2000) define como fundação a parte de uma estrutura que transmite ao terreno subjacente a carga da obra. O autor ainda define como fundação superficial, ou fundação rasa, as estruturas que são empregadas onde as camadas do subsolo imediatamente abaixo da estrutura são capazes de suportar as cargas aplicadas.

A NBR 6122:2010 prescreve, para a determinação da tensão admissível em fundações por sapatas a partir do Estado Limite Último, deve-se utilizar um ou mais dos três seguintes procedimentos: prova de carga em placa, métodos teóricos e métodos semiempíricos.

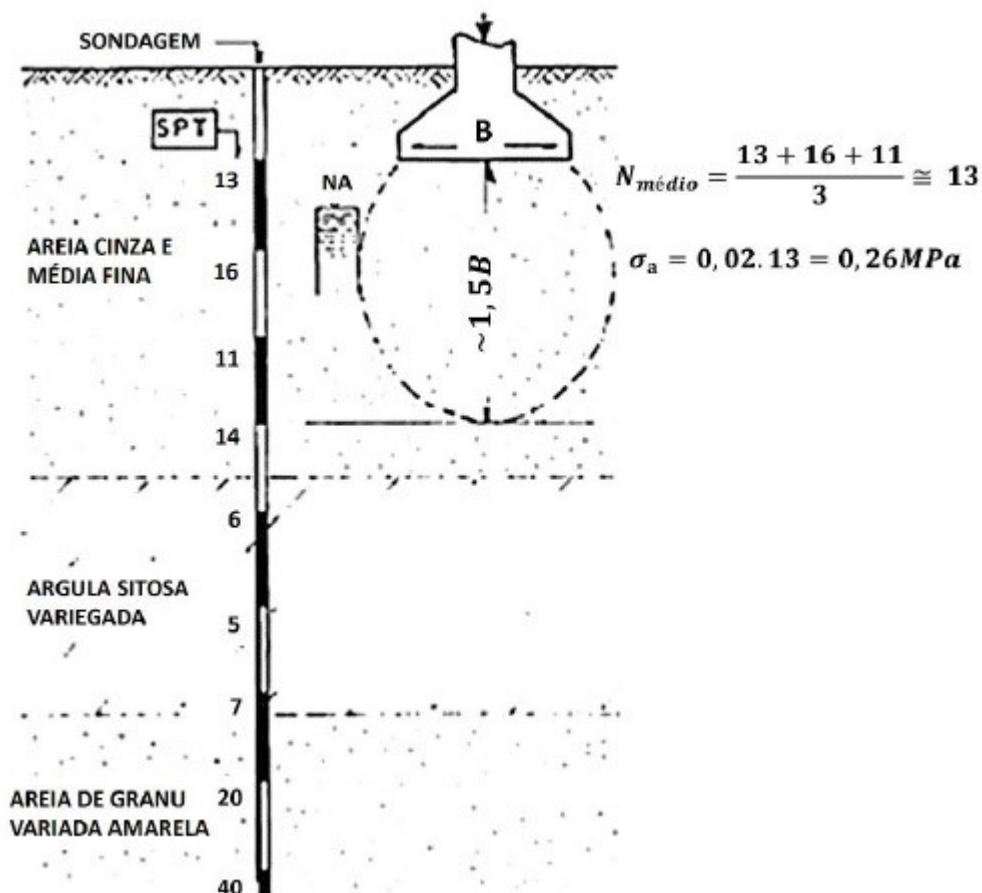
Segundo o item 7.3.3 da NBR 6122:2010 os métodos semiempíricos são aqueles que relacionam resultados de ensaios, tais como SPT, com tensões admissíveis, devendo ser observados os domínios de validade das suas aplicações, bem como a dispersão dos dados e as limitações regionais associadas a cada um dos métodos.

Neste contexto, Hachich *et al.* (1998 *apud* THIESEN, 2016) apresentam para fundações superficiais o seguinte método semiempírico para o cálculo da tensão admissível, conforme apresentado na equação 4.

$$\sigma_a = 0,02 \cdot N_{spt} \text{ (MPa)} \quad (4)$$

A equação 4 é válida para qualquer solo natural com valores de N_{SPT} igual ou maior a 5 e menores ou igual a 20. Sendo N_{SPT} o valor médio de golpes no bulbo de tensões como representado na Figura 7.

Figura 7 – Estimativa do valor médio de golpes.



Fonte: Adaptado de Thiesen (2016).

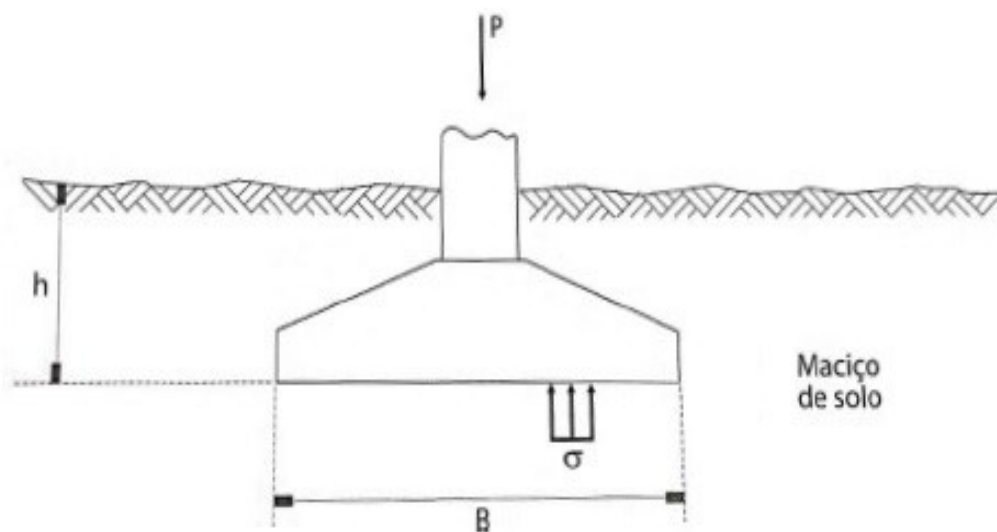
Outras correlações permitem a obtenção da tensão admissível diretamente a partir de ensaios de campo, levando em consideração diferença entre solos argilosos e arenosos, por exemplo. Contudo, tendo em vista a praticidade de aplicação e a sua popularidade no meio técnico brasileiro, a equação (4), assim como utilizado por Thiesen (2016), será utilizada para avaliar a tensão admissível das camadas superficiais do solo no presente trabalho.

Segundo Caputo (2011), fundação isolada pode ser definida como sapata ou bloco que suporta a carga de apenas um pilar. Para o pré-dimensionamento de uma sapata isolada de concreto armado de base retangular de largura B e comprimento L, embutida no maciço de solo a uma profundidade h em relação a superfície, com reação vertical de compressão do pilar P no topo da sapata, Cintra (2011) calcula a tensão resistente no maciço de solo no contato sapata-solo através da equação (5).

$$\sigma = \frac{P}{BL} \quad (5)$$

O sistema sapata-solo está representado na Figura 8.

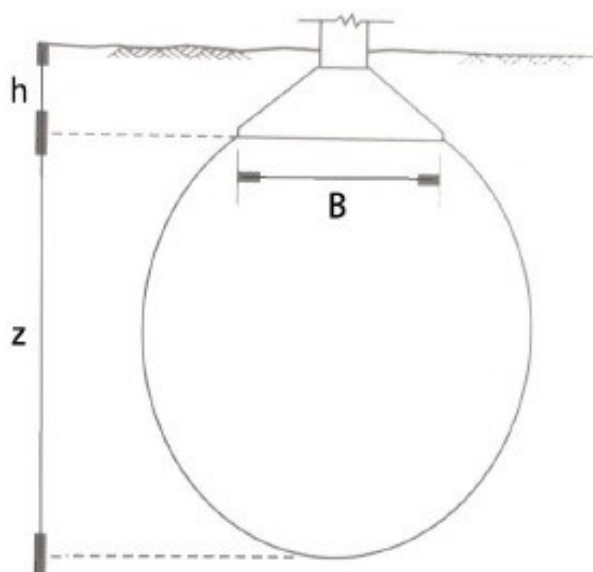
Figura 8 – Sistema Sapata-Solo.



Fonte: Adaptado de Citra (2011).

Segundo Simons e Menzies (1981 apud CINTRA, 2011), a altura Z representada na Figura 9, pode ser aferida através de cálculos mais precisos utilizando os conceitos existentes na teoria da elasticidade aplicada a mecânica dos solos. Entretanto, segundo Cintra (2011), pode-se admitir que a propagação de tensões ocorre de uma forma simplificada, mediante uma inclinação 1:2. Assim, essa profundidade Z pode ser dimensionada, através dos conceitos de mecânica dos solos, como a que corresponde a propagação de 10% da tensão aplicada.

Figura 9 – Representação do bulbo de tensões.



Fonte: Adaptado de Cintra (2011).

Todavia, Cintra (2011) recomenda, para efeitos práticos em fundações, considerar, em função da geometria da sapata, os valores para a altura Z apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Relação entre geometria da sapata e a profundidade do bulbo de tensões.

Geometria da base da sapata	Profundidade do bulbo de tensões (Z)
<i>Sapata circular ou quadrada ($L = B$)</i>	2B
<i>Sapata retangular ($2B \leq L \leq 4B$)</i>	3B
<i>Sapata corrida ($L \geq 5B$)</i>	4B

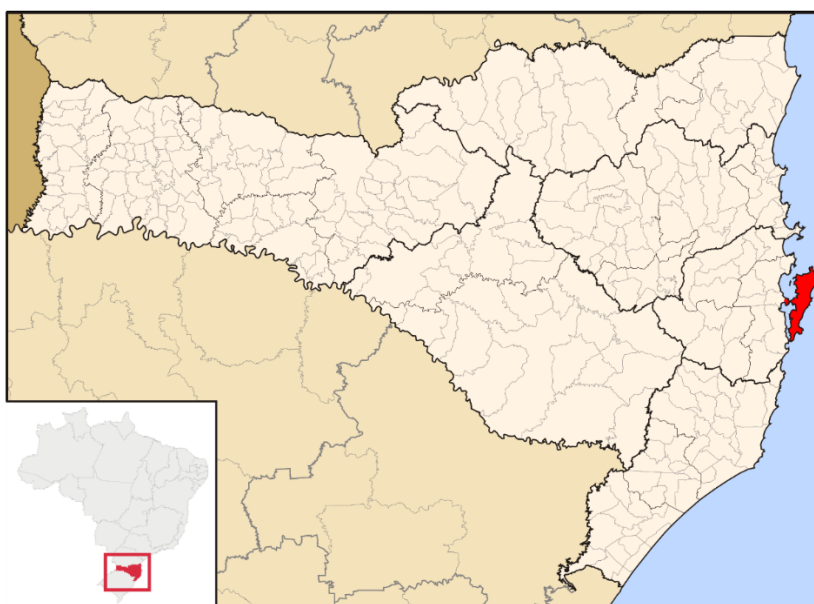
Fonte: Adaptado de Cintra, 2011.

No entanto, a decisão do tipo de fundação a ser adotado requer o conhecimento prévio do solo, proporcionado pela sondagem SPT, por exemplo. Assim sendo, Rebello (2011 *apud* THIESEN, 2016) recomenda, para efeitos práticos, a escolha por fundação direta, considerando essa técnica como economicamente viável, quando o número do SPT for maior ou igual a oito (indicando a resistência mínima necessária) e a profundidade máxima não ultrapassar dois metros (limite de profundidade se deve ao custo da escavação e reaterro necessário para execução da fundação, limite acima do qual o uso da fundação direta torna-se antieconômico).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

O município de Florianópolis (Figura 10), local de estudo desta pesquisa, corresponde a capital do estado de Santa Catarina e situa-se na região sul do Brasil, sendo uma das três ilhas-capitais do país. Abrange uma área territorial total de aproximadamente 675,409 Km² (incluindo a parte continental e insular), sendo 31,9 Km² de área urbana (IBGE,2010). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2010), em Florianópolis o número de habitantes no ano de 2010 era de 421.240 aumentando para 477.798 no ano de 2016, ou seja, em seis ano a população cresceu em torno de 13%.

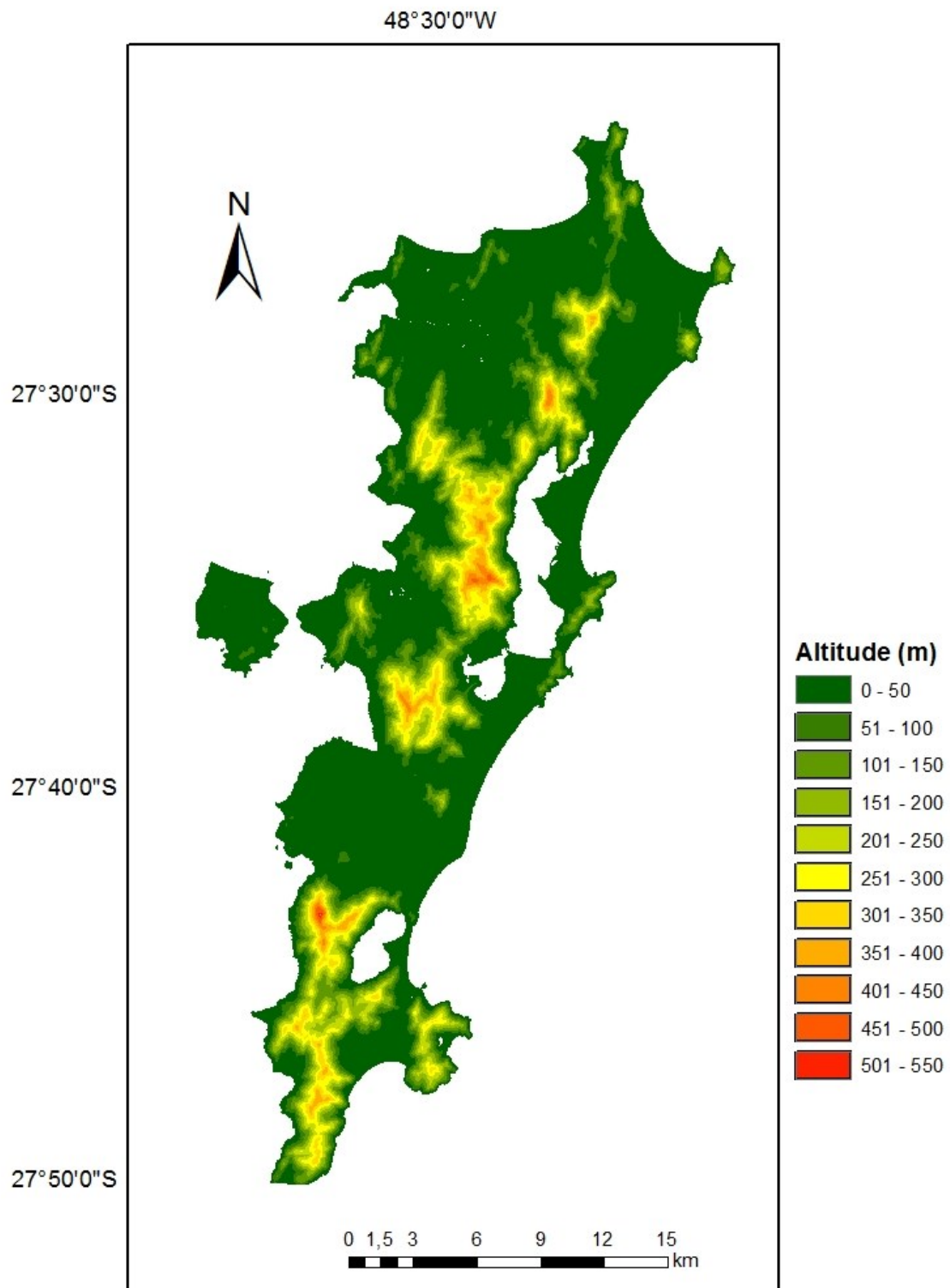
Figura 10 – Localização do município de Florianópolis/SC



Fonte: Adaptado de pt.wikipedia.org/wiki/Florianópolis

A ilha apresenta uma forma alongada e estreita, com comprimento médio de aproximadamente 54 km e largura média de aproximadamente 18 Km. Localiza-se paralelamente ao continente, separando-se desse por um estreito canal. Apresenta uma linha de costa irregular, com uma extensão de 172 Km, abrangendo 42 praias. Seu relevo é formado por cristas montanhosas e descontínuas que constituem divisores de águas da ilha (Isoppo, 2013).

Figura 11 – Mapa MDT de Florianópolis/SC



Datum horizontal: WGS 1984 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

Com base no modelo digital do terreno (MDT) apresentado na Figura 11, observam-se as altitudes presentes na área de estudos, sendo o valor máximo encontrado igual a 522m.

Por sua vez, a geologia de Florianópolis é formada por morros de granitóides, cortados por diques de riolito e diabásio, os quais constituem as elevações. Por sua vez, as planícies são constituídas por sedimentos eólicos, fluviais e lacustres. Nota-se que, os granitóides, quando submetidos ao processo de intemperismo em climas tropicais e subtropicais, formam um manto inconsolidado de espessura considerável. Enquanto que, nas planícies é possível encontrar camadas espessas de solo mole (CARAMEZ, 2011).

Do ponto de vista pedológico, observa-se uma grande variedade de tipos de solos na área de estudos. Dentre os quais citam-se os Cambissolos, onde o horizonte B se apresenta pouco espesso, os Podzólicos, apresentando esse mesmo horizonte com uma espessura um pouco maior, os Litólicos caracterizados pela presença de afloramento rochosos, as areias quartzosas, além de solos hidromórficos como os Gleissolos, solos orgânicos e de mangue (Caraméz, 2011).

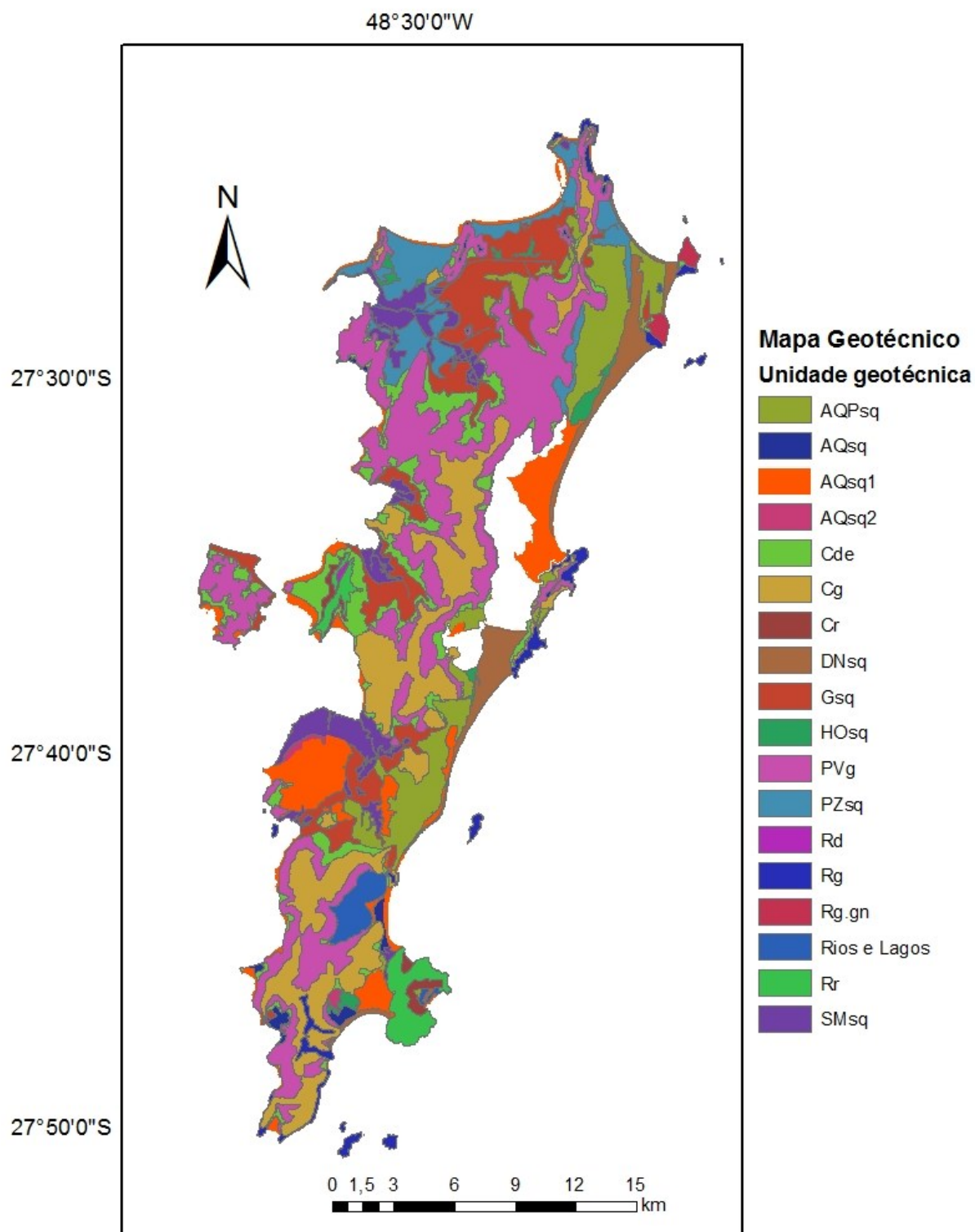
Na caracterização geológica, pedológica e geotécnica da área de estudos, utilizou-se o mapa geotécnico de Florianópolis (Figura 12), o qual, de acordo com Santos (1997), apresenta um total de 17 unidades geotécnicas, elencadas a seguir com suas respectivas características de granulometria, substrato e relevo.

- AQrd - Areias Quartzosas das Rampas de Dissipação, textura arenosa, substrato sedimentos terciários e quaternários, relevo ondulado e suave ondulado.
- AQsq – Areias Quartzosas, textura arenosa, substrato sedimentos quaternários, relevo suave ondulado.
- AQsq1 – Areias Quartzosas Hidromórficas + Areias quartzosas marinhas + Podzólico hidráulico de 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, relevo ondulado até escarpado;
- 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.

É importante salientar, que a área de estudos compreende locais específicos, ou melhor, unidades geotécnicas específicas, localizadas no perímetro geográfico insular e continental do município de Florianópolis/SC, as quais foram definidas de acordo com a disponibilidade de dados de sondagem SPT.

Figura 12 – Mapa Geotécnico do Município de Florianópolis/SC.

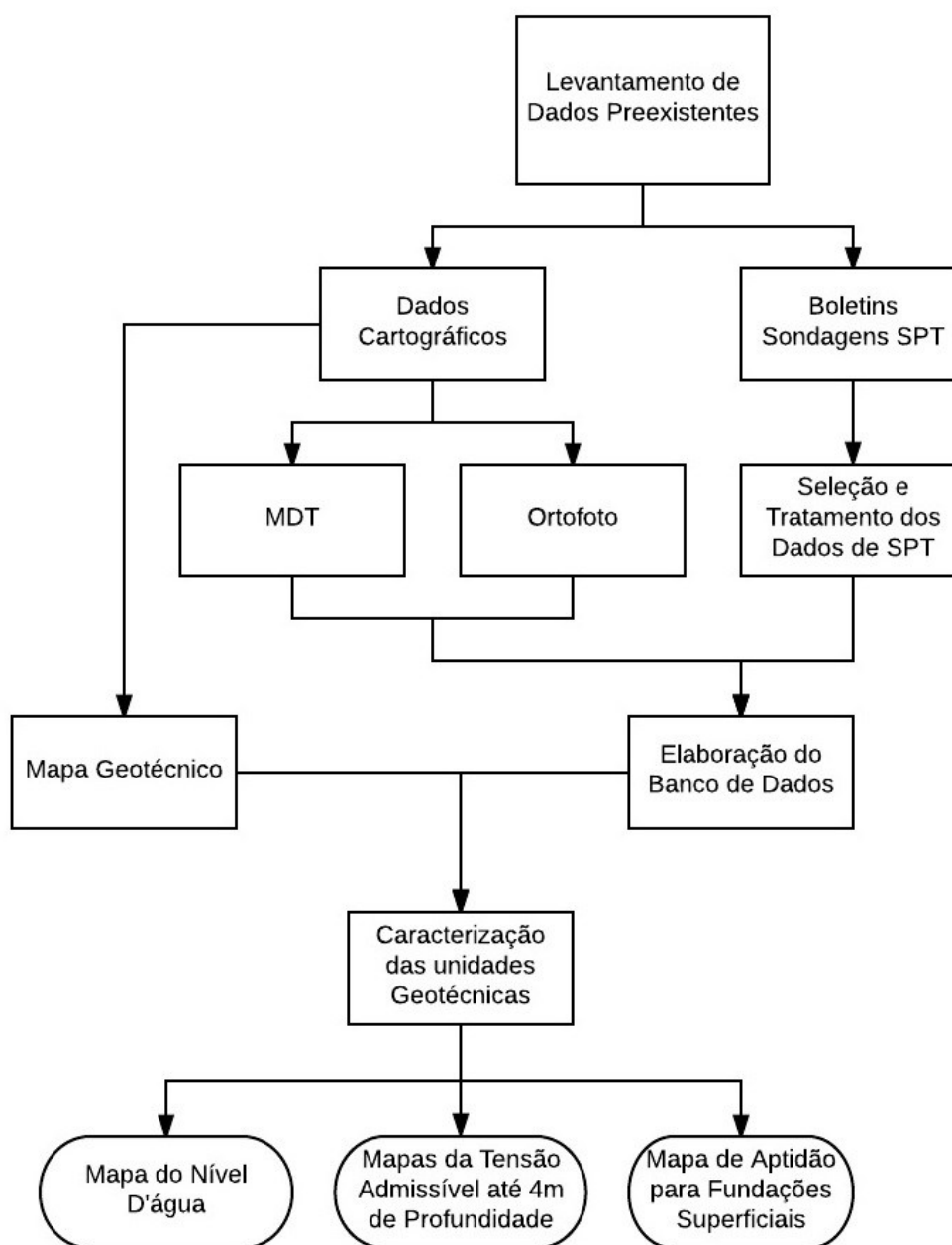


Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
 Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
 Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente capítulo elucida as etapas e as ferramentas utilizadas nesse estudo para a elaboração do banco de dados de sondagens SPT, bem como para a obtenção dos resultados propostos. Essas etapas são apresentadas na Figura 13, envolvendo o levantamento dos dados, processamento e análise dos resultados.

Figura 13 – Fluxograma do trabalho.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS PRÉ-EXISTENTES

O primeiro passo para elaboração desse estudo foi o levantamento dos dados pré-existentes, consultando bibliografias, empresas e órgãos governamentais. Essa etapa se torna essencial para o desenvolvimento do trabalho, uma vez que, representam os dados de entrada.

A coleta dos dados foi dividida em dados cartográficos e boletins de sondagem SPT, sendo esse último utilizado na composição da tabela que corresponde ao banco de dados. Observa-se que o preenchimento da tabela de atributos foi realizado pelos integrantes do Laboratório de Mapeamento Geotécnico (LAMGEO) da UFSC.

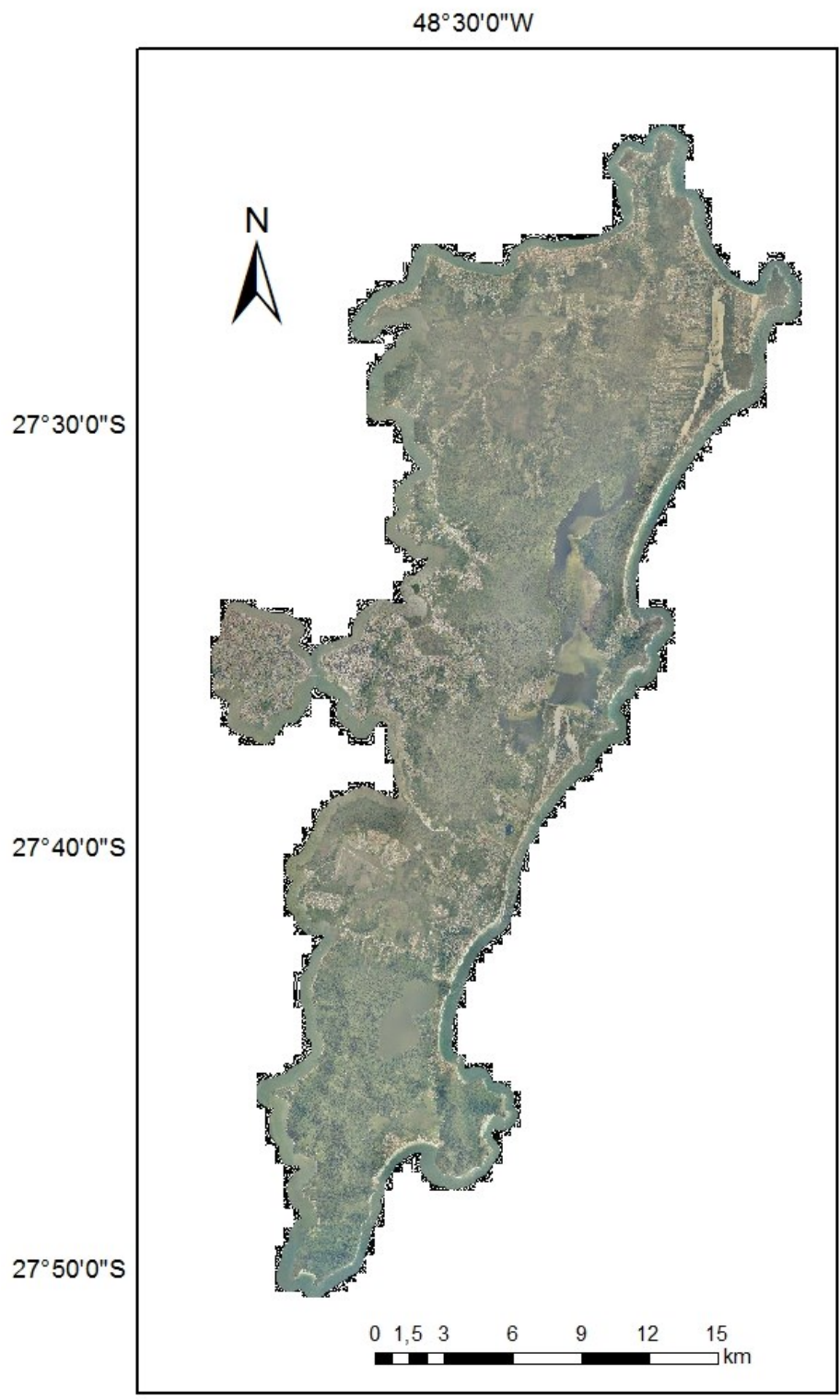
4.1.1 Dados Cartográficos

Nesse estudo foram utilizados os seguintes dados cartográficos: ortofoto, modelo digital do terreno (MDT) e mapa geotécnico.

4.1.1.1 Ortofoto

A ortofoto serviu como base para a localização e locação dos pontos onde foram realizadas as sondagens SPT, correspondentes aos boletins coletados. Esse dado cartográfico é do ano de 2012 e abrange o município de Florianópolis (Figura 14). Foi cedido pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Sustentável de Santa Catarina no formato *tiff*, escala 1:10.000 e resolução espacial de 0,39m. Sua projeção original apresentava-se no sistema de coordenadas WGS84, a qual foi convertida para SIRGAS 2000 para sua utilização em ambiente SIG nesse estudo.

Figura 14 – Ortofoto de Florianópolis/SC



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

4.1.1.2 Modelo Digital do Terreno

O modelo digital do terreno (MDT) foi utilizado somente na caracterização da área de estudos. Também foi cedido pela Secretária de Estado do Desenvolvimento Econômico e Sustentável, em escala 1:10.000, resolução espacial de 0,39m e sistema de coordenadas WGS84 (Figura 11). Para a sua utilização nesse estudo, sua projeção foi convertida para SIRGAS 2000.

4.1.1.3 Mapa Geotécnico

O mapa geotécnico utilizado nesse estudo foi elaborado para o município de Florianópolis na escala 1:50.000 por Santos (1997), e posteriormente atualizado por Duarte (1999) e Christ (2014), onde são individualizadas as unidades geotécnicas presentes nesse município (Figura 12).

4.1.2 Boletins de Sondagem SPT

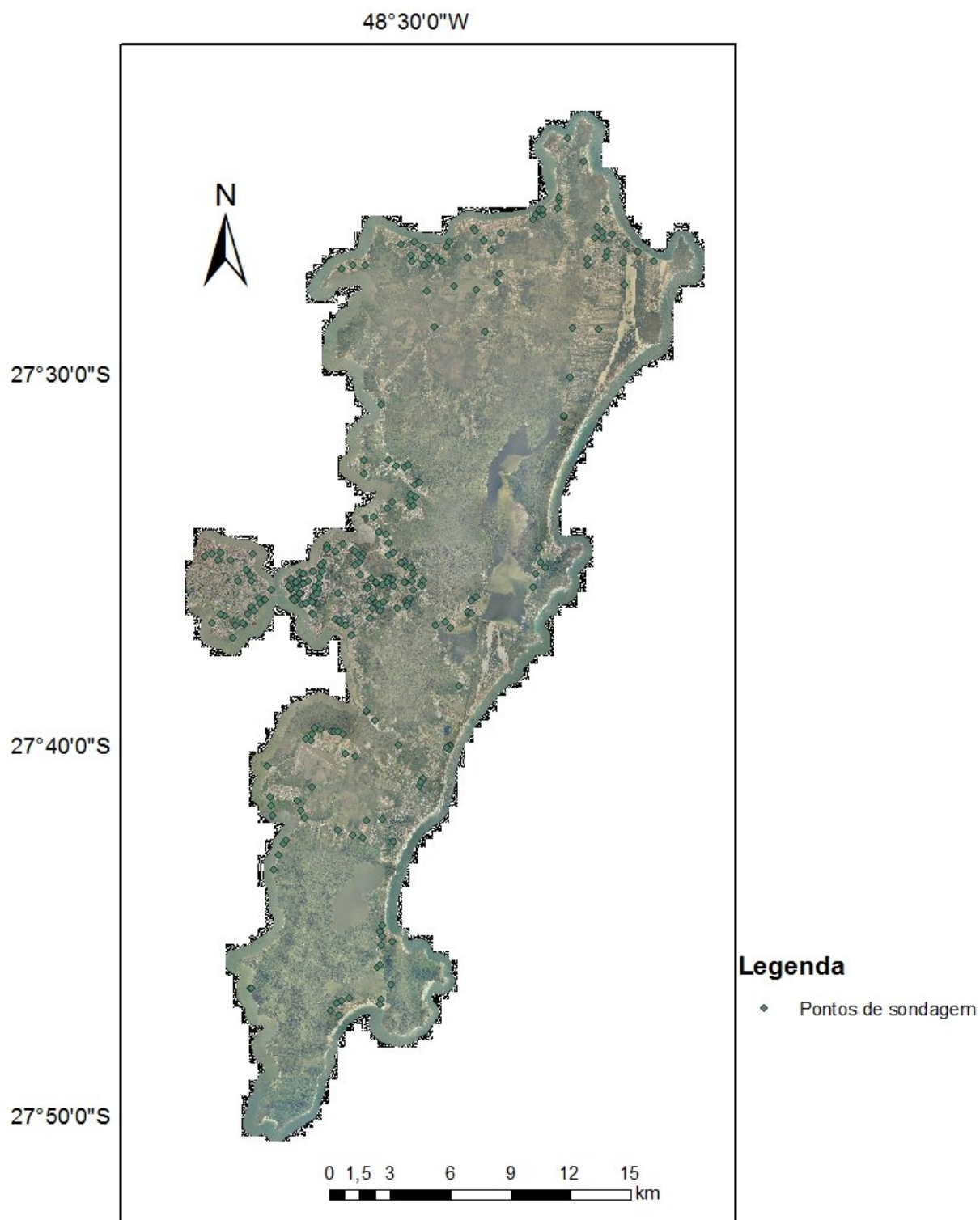
O levantamento de boletins de sondagem SPT ocorreu junto a empresas privadas do município de Florianópolis por intermédio do Laboratório de Mapeamento Geotécnico (LAMGEO) da UFSC. Foram obtidos boletins no formato físico e digital, totalizando 307 pontos locados.

4.1.2.1 Seleção e tratamento dos dados de SPT

A primeira etapa foi a identificação dos boletins de SPT que seriam utilizados na elaboração do banco de dados, ou seja, aqueles possíveis de serem localizados e no município de Florianópolis.

Observa-se que a maioria dos boletins não apresentava as coordenadas geográficas dos furos, sendo assim, foram locados com o auxílio do *Google Earth*. Esta etapa desenvolveu-se utilizando o endereço, o croqui e/ou o nome do empreendimento. No entanto, muitos boletins foram descartados por não apresentarem informações suficientes para a adequada locação dos furos. Nessa etapa foi definido que sondagens com imprecisão na locação acima de 50 metros não seriam inseridas no banco de dados. Também não foram inseridas aquelas que não se encontravam dentro da área de estudos. Na Figura 15 são apresentados os 307 pontos correspondentes aos boletins de sondagens selecionados e adicionados ao banco de dados, os quais foram inseridos em um *shapefile* de pontos.

Figura 15 – Localização dos boletins de sondagem SPT.



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

Com base na Figura 15 observa-se o acúmulo de pontos de sondagem na região central da cidade, sugerindo uma maior urbanização, uma vez que, o número de construções é maior nessa área. No entanto, salienta-se que essa observação foi realizada com base nos 307 boletins cadastrados e que pode ser alterada após a obtenção de mais dados.

4.1.3 Elaboração do Banco de Dados e cruzamento com o mapa geotécnico

A elaboração do banco de dados foi realizada pela equipe do LAMGEO em ambiente SIG, com a utilização do *software* de geoprocessamento ArcGis 10.1 onde contou com os integrantes do grupo para o preenchimento do mesmo. Tal banco de dados foi utilizado por Reginatto *et al.* (2016) para caracterização de unidades geotécnicas presentes na bacia hidrográfica da lagoa da conceição.

Inicialmente foi elaborada uma tabela de atributos associada ao *shapefile* dos pontos de sondagem, a qual corresponde ao banco de dados alfanumérico onde as informações dos boletins foram inseridas. A Tabela 4 apresenta as informações que constam na tabela de atributos.

É importante observar que, normalmente os locais investigados apresentaram um conjunto de boletins de sondagem, dentre os quais foi selecionado somente um boletim para representar os campos da tabela de atributos, caso apresentassem situações semelhantes de subsolo. Nesse caso foi escolhido o boletim com maior profundidade investigada e nível da água mais próximo da superfície. Essa etapa fez-se necessária pois, de acordo com Thiesen (2016), a concentração de pontos em um único terreno, frente à distância dos demais terrenos, não favorece a modelagem numérica das superfícies. Assim, com o intuito de obter uma melhor distribuição espacial dos dados foi feita essa seleção.

Tabela 4 – Composição inicial do banco de dados: estrutura e descrição de cada campo.

CAMPO	DESCRIÇÃO
NOME	Neste campo foi atribuído um nome para o boletim, correspondente ao nome da pessoa que o cadastrou seguido de um número. Esse mesmo Nome foi etiquetado no boletim.
EMPRESA	Neste campo foi atribuído o nome da empresa responsável pela execução do ensaio.
NSONDAGENS	Número de pontos de sondagens que constavam em um local investigado.
IMPENETRÁVEL	Verificou-se se as sondagens foram executados até o impenetrável, sendo inserido esse valor. Muitas sondagens foram executadas até a profundidade estipulada pelo cliente, neste caso, foi atribuído ao impenetrável o valor zero.
NIVEL ÁGUA	Foi inserido o valor do nível da água obtido durante a execução da sondagem. Caso o boletim não apresentasse esse dado foi atribuído o valor de 1000, uma vez que, o valor zero representa nível da água na superfície do terreno.
NAGUA24	Foi inserido o valor do nível da água após 24 horas da realização da sondagem. Caso o boletim não apresentasse esse dado foi atribuído o valor de 1000, uma vez que, o valor zero representa nível da água na superfície do terreno.
DATA	Data de realização das sondagens (caso houvesse o valor no boletim).
NSPT_	Número do Nspt a cada metro investigado. Exceto do primeiro metro onde o avanço foi realizado com trado.
TEXTURA_	Foi atribuído a textura de cada metro investigado.
COR_	Foi atribuído a cor de cada metro investigado.

Fonte: Elaborado pelo LAMGEO UFSC.

Após o cadastro dos boletins foi adicionado na tabela de atributos uma nova coluna denominada Unidade, onde foi preenchido o nome da unidade geotécnica em que cada ponto de sondagem se localiza. Essa informação foi obtida através do cruzamento entre os pontos de sondagem (Figura 15) e o mapa geotécnico (Figura 12). A partir desse cruzamento foi identificada a quantidade de sondagens presente

em cada unidade geotécnica e definidas aquelas que serão caracterizadas. No presente estudo serão caracterizadas as unidades que apresentarem as maiores quantidades de boletins, visando a representatividade dos resultados.

A Figura 16 apresenta, de forma resumida, a tabela de atributos final, onde cada linha representa um boletim de sondagem SPT que está associado as informações mencionadas anteriormente.

Figura 16 – Tabela de atributos dos pontos de sondagem (extraídas do ArcGis).

pontos-merge					
Nome	Nsondagens	Impenetrav	Nivel aqua	Naqua24	Data
Eduardo626	0	0	0	0	00:00:00
Eduardo546	3	20,45	7,178	2,82	13/05/2005
Eduardo557	3	19,45	8,921	0,84	13/10/2005
Douglas113	1	0	2,24	2,02	07/08/2014
Eduardo834	3	0	9,71	0,01	25/01/2008
Eduardo932	15	27,3	7,248	0,5	30/06/2008
Gilmar 27	3	19,19	2,25	2,19	01/02/2014
Gilmar 09	7	0	1000	0,85	05/05/1997

Unidade	Nspt1	Textura1	Cor1
AQsq1	0		
AQPsq	2	Areia Fina	marrom clara
PZsq	12	Areia fina	cinza clara
AQPsq	3	Areia fina	Bege
DNsq	2	Areia fina	Cinza escura
Cde	2	Areia média	cinza escura
DNsq	1	Areia pouco siltosa (areia fina)	Cinza médio
DNsq	2	Argila arenosa	Marrom

Fonte: Elaborado pelo LAMGEO UFSC.

Alguns campos da tabela de atributos não foram utilizados nesse estudo. Entretanto, foram incorporados ao banco dados a fim de viabilizar futuras análises quando um maior número de sondagens for cadastrado. Além disso, vale ressaltar que, de acordo com o interesse, novos campos podem ser incluídos, ou seja, novas informações podem ser acrescentadas ao banco de dados.

4.1.4 Caracterização das unidades geotécnicas

Para a caracterização das unidades geotécnicas foram elaborados os seguintes mapas temáticos: nível da água, aptidão para uma sapata padrão (com carregamento e dimensões específicos) e tensão admissível do solo (até 4m de profundidade).

Os mapas temáticos foram elaborados utilizando o método de interpolação geoestatístico denominado krigagem exponencial, utilizando as informações obtidas

no banco de dados, seguindo as recomendações de Thisen (2016) que utilizou esse método no município de Blumenau/SC para a análise de dados de SPT. A execução desse método foi realizada no ArcGis.

4.1.3.2 Mapa Temático do Nível D'água

Para realização do mapa do nível de água foram utilizadas as informações contidas na coluna Nagua24 da tabela de atributos, que corresponde a profundidade do lençol freático determinada após 24 horas da execução da sondagem, propiciando um resultado mais condizente com as características reais da região. Logo, cada ponto de sondagem apresenta um valor específico de nível de água os quais foram extrapolados para cada unidade geotécnica a partir do método da krigagem anteriormente citado. Esse mapa representa a profundidade do nível da água em relação a superfície do terreno.

4.1.3.3 Mapa Temático de Aptidão para a execução de uma sapata padrão

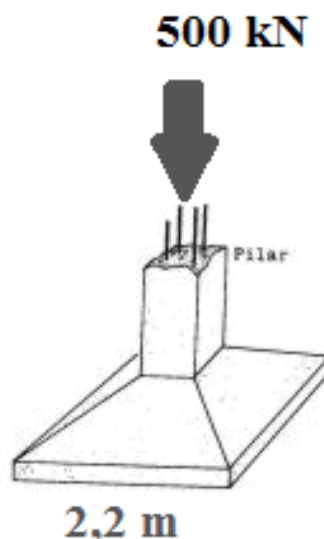
Para a elaboração dos mapas que apresentam as áreas aptas à execução de uma sapata padrão foram utilizadas as orientações de Rebello (2011), conforme comentado no item 2.3.1, os limites de N_{spt} médio conforme sugerido em Hachich *et al.* (1998 *apud* THIESEN, 2016) e os valores de carregamento e dimensões do elemento de fundação empregados por Thiesen (2016).

Nessa etapa foram adotados os seguintes critérios:

- Limite máximo de quatro metros de profundidade para o assentamento da fundação superficial. Rebello (2011) indica o assentamento de fundações superficiais em até dois metros de profundidade, garantindo a viabilidade econômica da obra. Porém, nesse estudo, assim como na pesquisa de Thiesen (2016), adotou-se quatro metros a fim de contemplar a escavação em até dois metros prevendo a existência de um subsolo na edificação;
- Com base na profundidade mencionada anteriormente (até 4 metros), considera-se que o solo apresentará capacidade de suporte frente ao carregamento imposto, esse transmitido por uma sapata padrão, quando apresentar a média do N_{spt} maior ou igual a 5 dentro do bulbo de tensões;
- Em relação ao tipo e a geometria do elemento de fundação, bem como ao carregamento imposto, adotou-se fundação isolada onde a reação do pilar

apresenta grandeza menor ou igual a 500 kN, com sapata de geometria quadrada, cuja largura e comprimento são iguais a 2,2 metros. A Figura 17 apresenta a sapata padrão e o carregamento imposto, determinados conforme os cálculos a seguir.

Figura 17 – Sapata Padrão.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Utilizando N_{spt} igual a 5, representando a situação mais crítica, e a equação (4) foi determinada a tensão admissível do solo.

$$\sigma_a = 0,02 * Média N_{SPT} \quad (4)$$

$$\sigma_a = 0,02 * 5 = 0,1 MPa = 100 \frac{kN}{m^2}$$

Para determinar as dimensões da sapata padrão, igualou-se a tensão admissível do solo (equação 4) com a tensão exercida pela sapata no solo (equação 5), conforme exposto a seguir. Definiu-se sapata com geometria quadrada, logo a largura (L) é igual ao comprimento (C) e a área (A) de contato sapata/solo é dada pela equação 6. Adotando-se a P igual a 500 kN chegou-se ao valor do comprimento e conseqüentemente da largura da sapata, representados pela letra B.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (5)$$

$$\sigma = \sigma_a$$

$$A = C * L = B^2$$

$$B^2 = \frac{P}{\sigma} = \frac{500}{100} \quad (6)$$

$$B \approx 2,2 \text{ m}$$

Para a sapata padrão a profundidade do bulbo de tensões será igual a duas vezes o B, como exposto na Figura 9, logo, igual a aproximadamente 4,4 metros. No entanto, nesse estudo, para o cálculo do valor médio do Nspt arredondou-se esse valor para 5 metros, afim de contemplar os 4,4m de profundidade do bulbo de pressões.

Seguindo estes critérios, foram gerados quatro mapas de aptidão à execução da sapata padrão, sendo que, cada mapa representa uma profundidade distinta de assentamento. Essa profundidade varia de 1 a 4 metros. Além disso, em cada profundidade de assentamento e para cada boletim de sondagem foi determinada a média do valor do Nspt dentro do bulbo de tensões. Se o resultado for maior ou igual a 5 o ponto de sondagem foi classificado como apto, caso contrário foi classificado como não apto. Esses dados pontuais foram então extrapolados para cada unidade geotécnica com o auxílio da krigagem.

4.1.3.4 Mapa Temático da Tensão Admissível no Solo

Para gerar as superfícies com os valores da tensão admissível do solo (σ_a) para cada profundidade de assentamento de uma sapata genérica, foi utilizada a Equação (4). No entanto, essa equação só pode ser utilizada para valores de Nspt entre 5 e 20 ($5 \leq \text{Nspt} \leq 20$), logo adotou-se como limite superior a tensão admissível de 400 kPa e como limite inferior de 100 kPa.

Sabe-se que a profundidade do bulbo de tensões é determinada a partir da geometria da sapata, no entanto, na elaboração do mapa de tensão admissível optou-se por não definir uma geometria padrão, possibilitando que os resultados sejam aplicáveis à outras situações, não se limitando a um caso específico. Sendo assim, simplificou-se o valor do Nspt, empregando o valor da camada de assentamento ao invés do valor médio dentro do bulbo de tensões.

Foram elaborados 4 mapas temáticos de tensão admissível do solo, um para cada profundidade de assentamento, cujos valores pontuais de σ_a foram extrapolados para cada unidade geotécnica utilizando o método da krigagem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos na presente pesquisa, os quais compreendem: mapas do nível d'água, mapas de aptidão para a execução de uma sapata padrão e mapas de tensão admissível do solo. Esses relacionados a determinadas unidades geotécnicas presentes no município de Florianópolis/SC.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS

5.1.1 Identificação das unidades geotécnicas abordadas nesse estudo

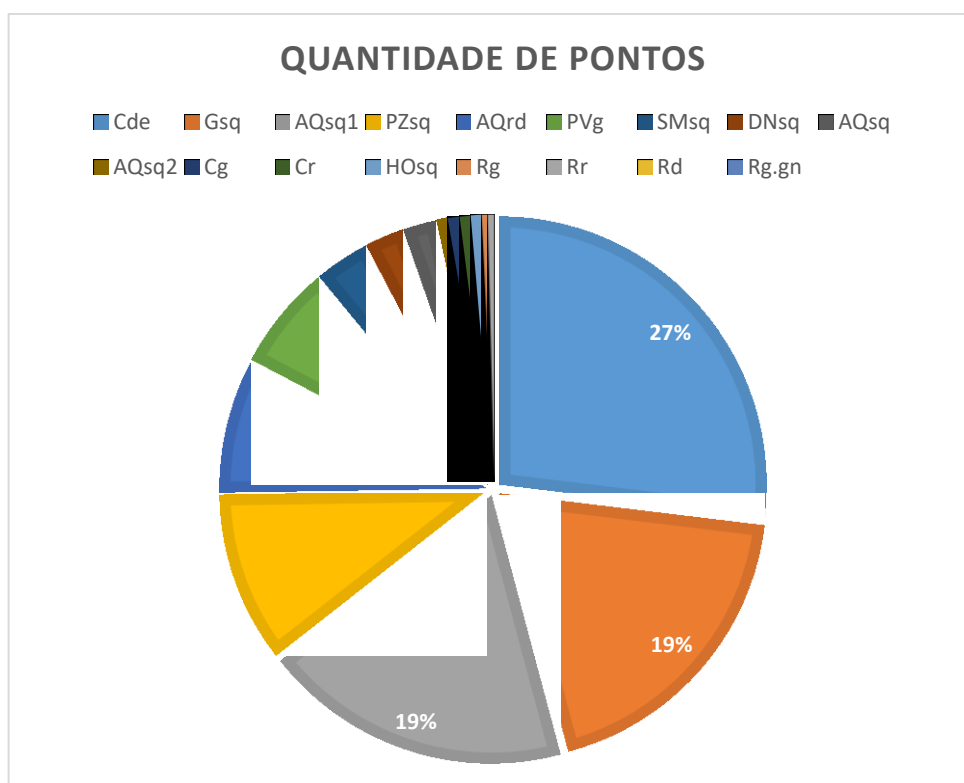
A partir do cruzamento entre o mapa geotécnico e o banco de dados de sondagens SPT, pode-se verificar a quantidade de sondagens presente em cada unidade geotécnica (Tabela 5 e Figura 18).

Tabela 5 – Quantidade de Sondagens SPT em cada unidade geotécnica

<i>Unidade Geotécnica</i>	<i>Quantidade de Pontos</i>
<i>AQrd</i>	24
<i>AQsq</i>	6
<i>AQsq1</i>	56
<i>AQsq2</i>	2
<i>Cde</i>	81
<i>Cg</i>	2
<i>Cr</i>	2
<i>DNsq</i>	7
<i>Gsq</i>	57
<i>HOsq</i>	2
<i>PVg</i>	19
<i>PZsq</i>	31
<i>Rd</i>	0
<i>Rg</i>	1
<i>Rg.gn</i>	0
<i>Rios e Lagos</i>	1
<i>Rr</i>	1
<i>SMSq</i>	10
<i>Total</i>	307

Fonte: Elaborado pelo Autor.

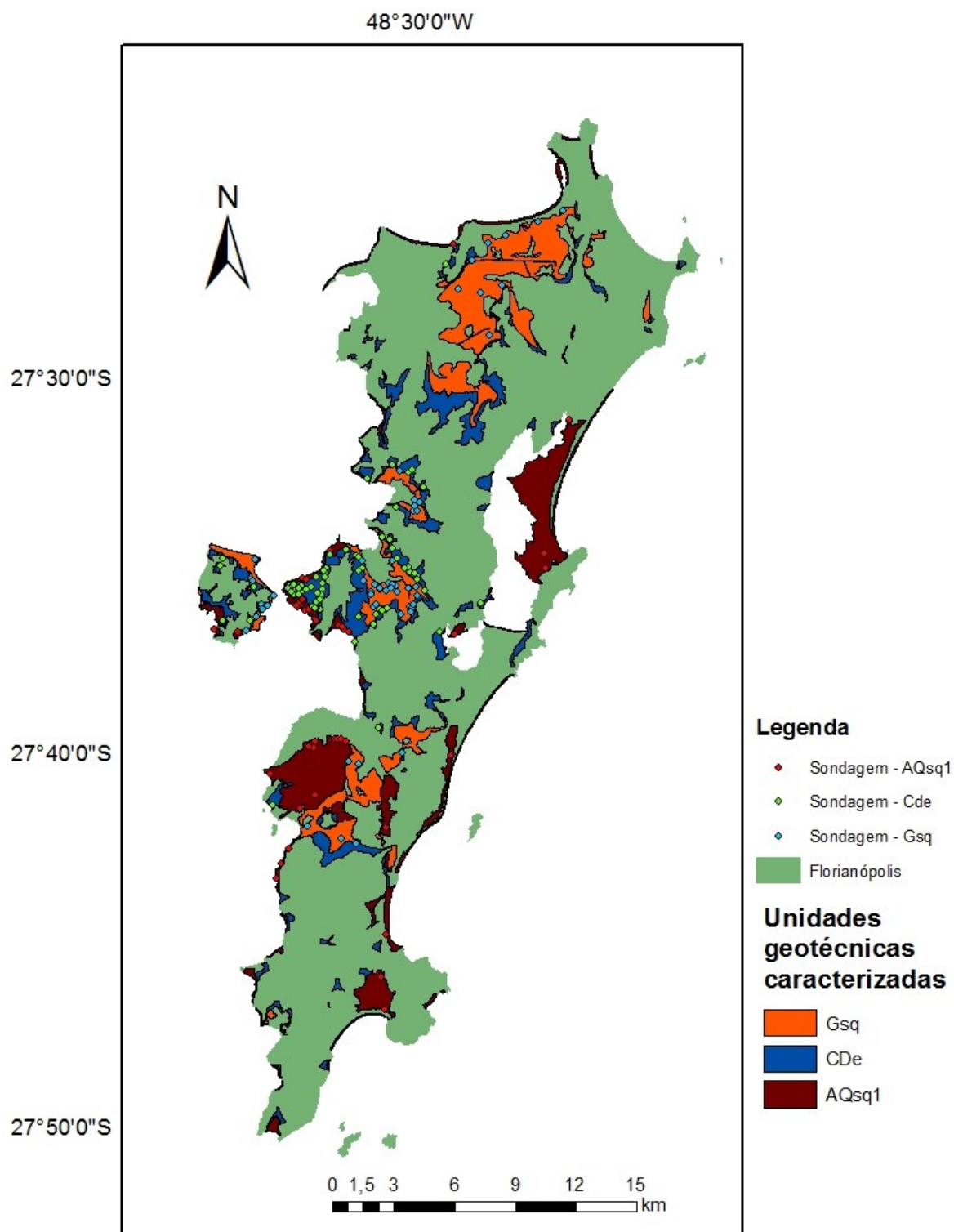
Figura 18 – Percentual de sondagem SPT em cada unidade geotécnica.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com base na Figura 18 e Tabela 5, verificou-se que as três unidades geotécnicas com a maior quantidade de pontos locados são: Cde, Gsq e AQsq1. Essas três unidades apresentaram aproximadamente 65% do total de pontos locados, totalizando 194 pontos de sondagem cadastrados, logo compreendem aquelas caracterizadas neste estudo (Figura 19).

Figura 19 – Unidades geotécnicas caracterizadas



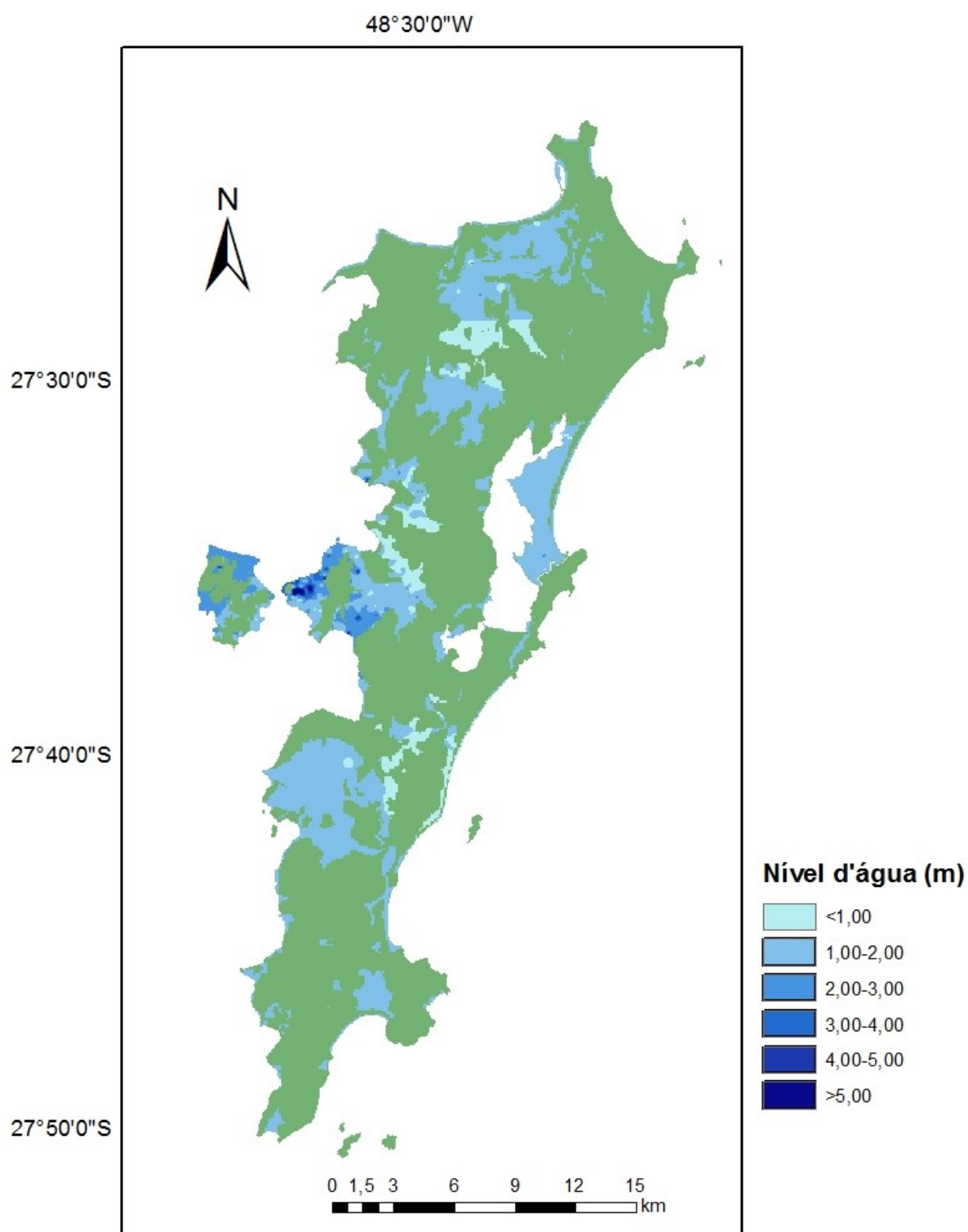
Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

Como pode ser observado Figura 19, a unidade Cde encontra-se concentrada na porção central da ilha e na parte continental com área de aproximadamente 32 km². A Gsq, com área de aproximadamente 43 km, encontra-se em grande parte ao norte da ilha. E por fim, a AQsq1 ocorre predominantemente nas regiões leste e sul, apresentando uma área de aproximadamente 37 km². Logo, foram caracterizados aproximadamente 112 km² de área, correspondente a 20% do território total de Florianópolis.

5.1.1 Nível de Água

O mapa temático apresentando o nível da água em cada unidade geotécnica caracterizada está apresentado na Figura 20, e representa a profundidade em que o lençol freático se encontra a partir do nível do terreno. Par confecção deste mapa, 33 pontos não apresentaram valores para o nível d'água durante a sondagem, logo esses pontos não foram contabilizados para realização do mapa.

Figura 20 – Mapa temático representando o nível da água das unidades geotécnicas Cde, Gsq e AQsq1



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

É importante salientar, que a transição entre uma profundidade e outra, em determinadas unidades, é representada por curvas mais suaves, indicando regiões com uma maior densidade de pontos. Esse fato pode ser observado na região central do município (Figura 20).

Com base no mapa da Figura 20 foi elaborada a Tabela 6, a qual apresenta a frequência das profundidades em que se encontra o lençol freático em cada unidade geotécnica.

Tabela 6 - Ocorrência do nível da água em cada unidade geotécnica.

Profundidade do NA (m)	% de área por unidade geotécnica		
	AQsq1	Cde	Gsq
< 1,00	7,0 %	15,8 %	19,2 %
1,00 – 2,00	88,6 %	66,0 %	76,3 %
2,00 – 3,00	3,8 %	14,6 %	4,5 %
3,00 – 4,00	0,5 %	2,2 %	0,0 %
4,00 – 5,00	0,1 %	0,7 %	0,0 %
> 5,00	0,0 %	0,7 %	0,0 %

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A unidade Gsq e apresentaram 95,5% da área caracterizada por profundidades do nível da água variando entre zero a dois metros, enquanto que, a Cde apresenta 81,8% da área nesse intervalo e 14,6% entre dois a três metros. Nessa última unidade foram identificados locais com lençol freático a partir de três metros de profundidade e até acima de cinco metros, chegando no máximo até 11 metros.

A maior ocorrência do lençol freático próximo a superfície do terreno é esperada nas unidades Gsq e AQsq1, indo de acordo com Santos (1997) e com o relevo em que predominantemente se encontram (relevo plano). Por sua vez, a unidade Cde, também segundo o referido autor encontra-se em áreas de relevo predominantemente ondulado e suave ondulado, justificando a ocorrência de locais com lençol freático mais profundo.

Apesar da coerência dos resultados, recomenda-se a elaboração de mapas de nível da água levando em consideração a influência das estações do ano, uma vez que, as estações mais chuvosas podem apresentar resultados totalmente distintos daqueles das demais estações.

A Tabela 7 apresenta a frequência da profundidade do lençol freático analisando as unidades geotécnicas de forma conjunta. Observar-se que

aproximadamente 92% da área apresenta profundidades entre zero e dois metros, predominando com aproximadamente 76% o intervalo entre um e dois metros.

Tabela 7 – Frequência da profundidade do nível d'água total.

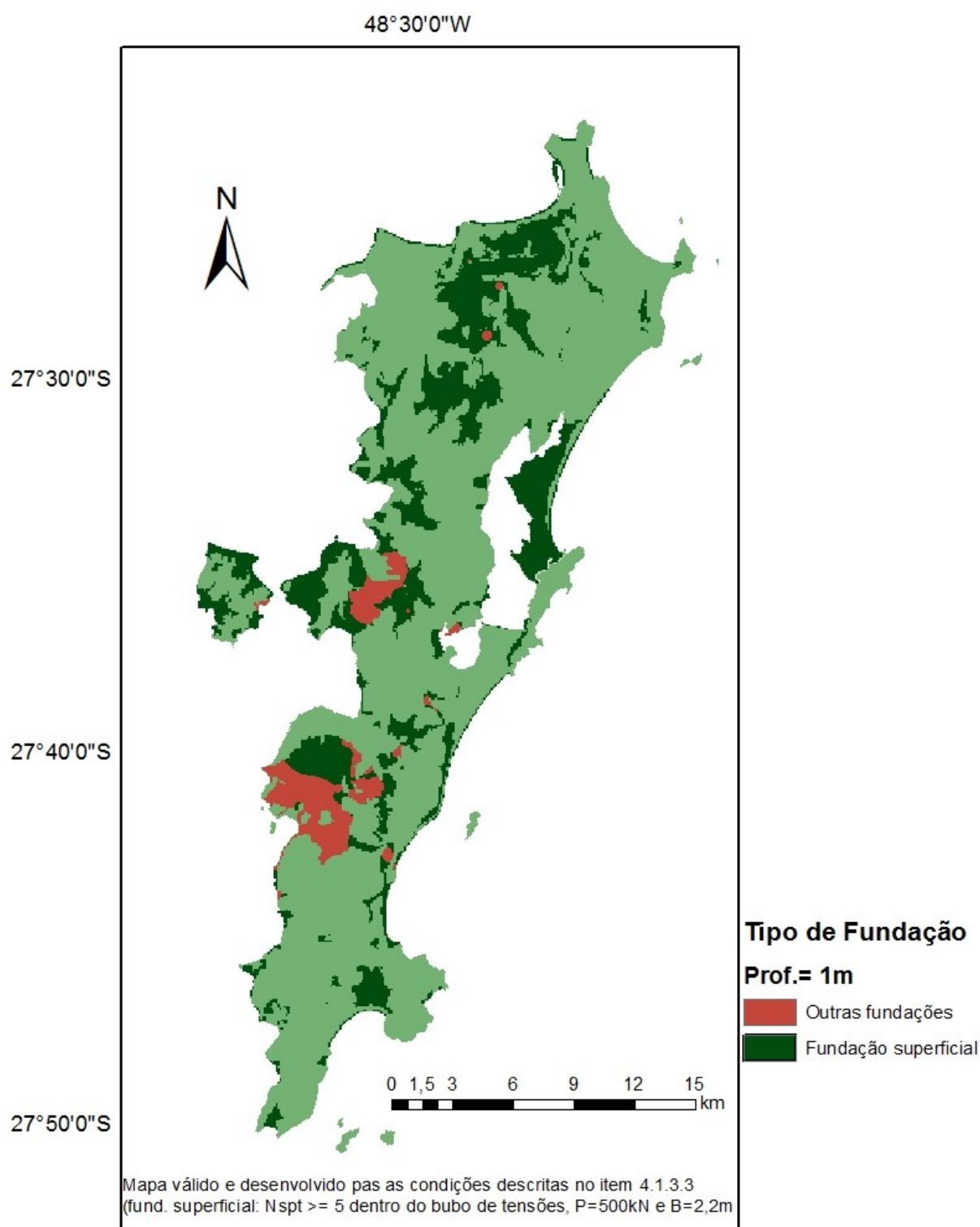
Profundidade do NA (m)	% de área
< 1,00	15,8 %
1,00 – 2,00	75,7 %
2,00 – 3,00	7,1 %
3,00 – 4,00	1,0 %
4,00 – 5,00	0,2 %
> 5,00	0,2 %

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.2 Mapas de Aptidão para a execução de uma sapata padrão

Os mapas de aptidão quanto a execução de uma sapata padrão, elaborados analisando as condições do subsolo das unidades geotécnicas Gsq, Cde e AQsq1 a partir de dados de SPT, estão apresentados na Figura 21, Figura 22, Figura 23 e Figura 24, representando respectivamente as profundidades de assentamento de 1, 2, 3 e 4 m. Os mapas foram elaboradas até a profundidade de assentamento da sapata de 4 m, conforme sugerido por Thiesen (2016), para contemplar a possível presença de um subsolo na obra.

Figura 21 – Mapa de aptidão para a execução de uma sapata padrão com profundidade de assentamento de 1 m.



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

De acordo com a Figura 21, é possível verificar que grande parte da região central analisada (correspondente a unidade Cde), leste (AQsq1) e continental (Cde, AQsq1 e Gsq) do município de Florianópolis, apresentaram-se aptas à execução de fundações superficiais empregando a sapata padrão especificada neste estudo com profundidade de assentamento de 1 m. Essas regiões apresentam coloração azul no mapa da Figura 21. No entanto, grande parte da porção sul (Gsq) e uma pequena parte da porção central (Cde) não se apresentaram apta para tal, sendo evidenciadas no mapa pela coloração vermelha.

Complementando as análises foi elaborada a Tabela 8, a qual apresenta o percentual das áreas aptas e não aptas à execução da sapata padrão com profundidade de assentamento igual a 1 m em cada unidade geotécnica analisada.

Tabela 8 - Percentual de ocorrência das áreas aptas e não aptas à execução da sapata padrão por unidade geotécnica (profundidade de assentamento igual a 1 m).

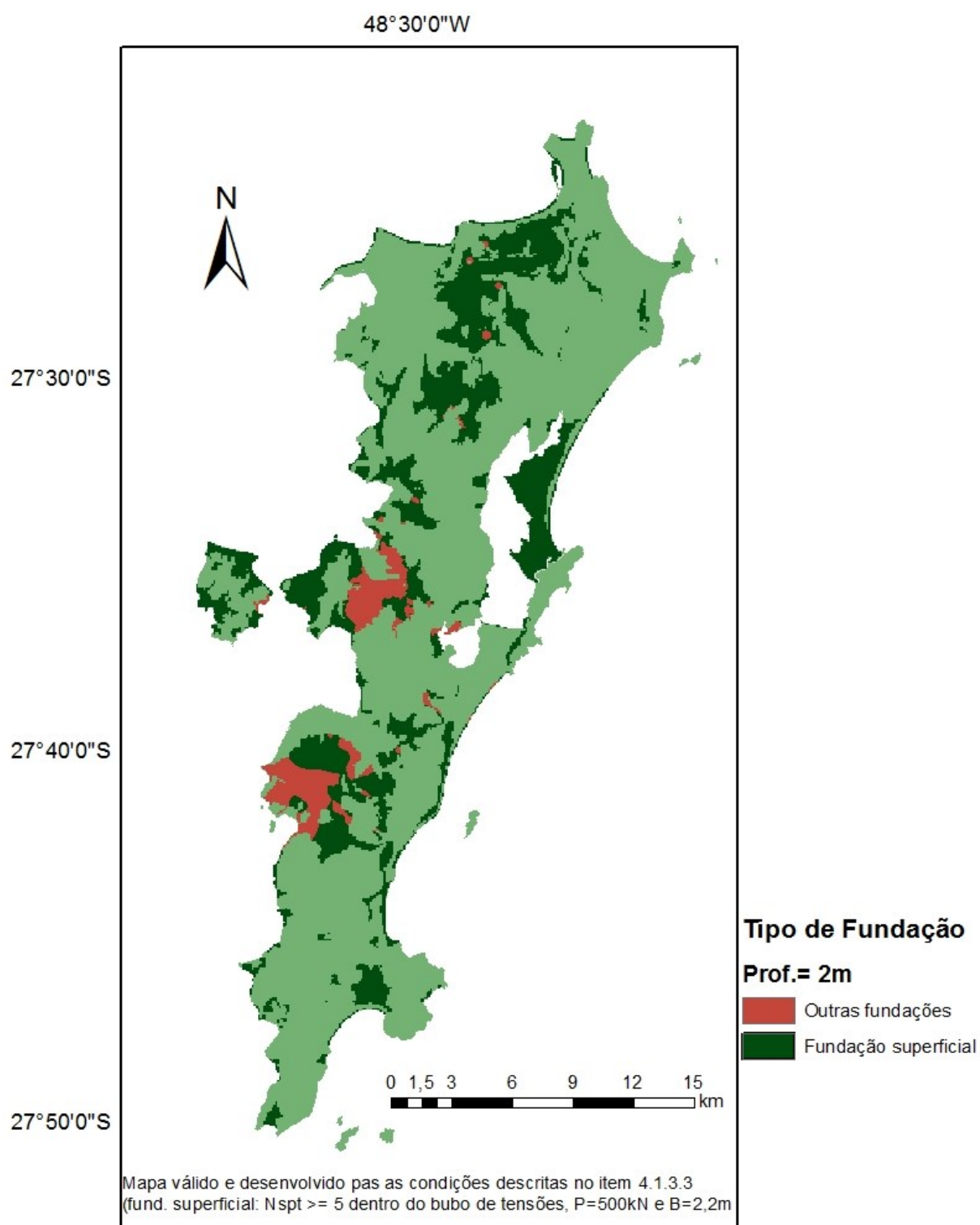
Orientação para Fundação	% Área por unidade geotécnica		
	AQsq1	Cde	Gsq
Sapata Padrão	84,0 %	87,1 %	79,1 %
Outras Fundações	16,0 %	12,9 %	20,9 %

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com base nos dados apresentados na Tabela 8 percebe-se que as três unidades apresentaram a maior parte da sua área apta à execução da referida fundação à 1 m de profundidade. Destaca-se a unidade Cde com o maior percentual (87,1%) e a unidade Gsq com o menor percentual (79,1%). Logo, nessas unidades o solo de fundação até 6 m de profundidade apresentou capacidade para suportar o carregamento especificado e transmitido pela sapata padrão, ou seja, apresentou a média do número de golpes (Nspt) no mínimo igual a 5. Nota-se que, ao assentar a sapata a 1 m de profundidade, a influência do bulbo de tensões chega até 6 m.

Na sequência, a Figura 22 e a Tabela 9 apresentam os dados obtidos considerando o assentamento da sapata padrão a 2 m de profundidade.

Figura 22 - Mapa de aptidão para a execução de uma sapata padrão com profundidade de assentamento de 2 m.



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

Tabela 9 - Percentual de ocorrência das áreas aptas e não aptas à execução da sapata padrão por unidade geotécnica (profundidade de assentamento igual a 2 m).

Orientação para Fundação	% Área por unidade		
	AQsq1	Cde	Gsq
Sapata Padrão	83,4 %	85,9 %	83,0 %
Outras Fundações	16,6 %	14,1 %	17,0 %

Fonte: Elaborado pelo Autor.

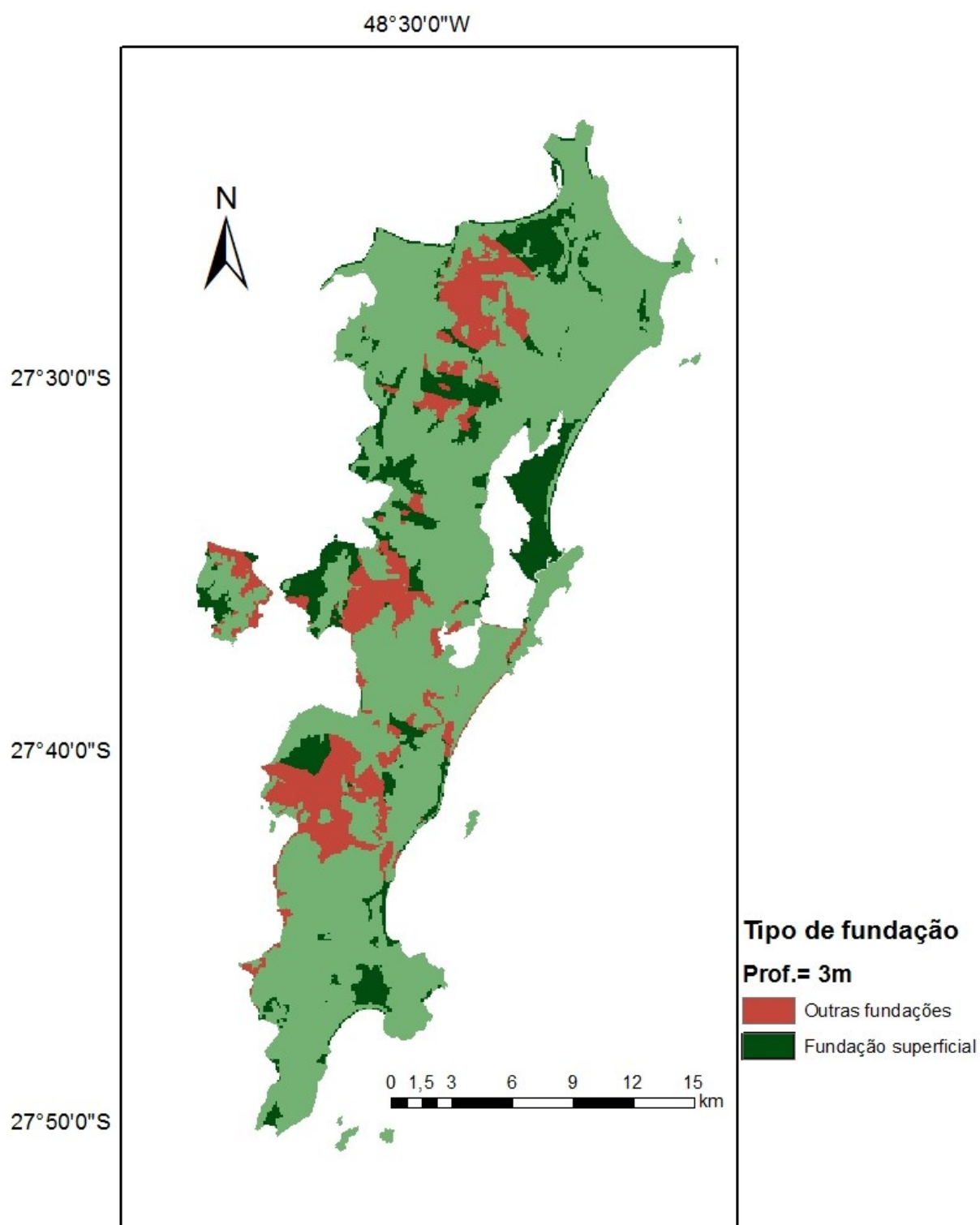
Nota-se a partir do mapa apresentado na Figura 22 e dos dados da Tabela 9, que os resultados são semelhantes aqueles obtidos para a profundidade de assentamento igual a 1 m. Salienta-se, no entanto, um aumento de aproximadamente 4% das áreas aptas a esse tipo de fundação na unidade Gsq. Nas demais unidades, também houve um aumento dessas áreas, porém, esse acréscimo não chegou a 2%.

Dessa forma, observa-se que houve um ganho na capacidade de suporte do solo de fundação em alguns locais, com o aprofundamento da sapata em mais 1m, visto que, áreas que antes não suportavam a solicitação aplicada, agora com o assentamento da sapata em 2m suportam. Nesse caso, refere-se ao solo de fundação até 7 m de profundidade.

Em relação a profundidade de assentamento da sapata padrão igual a 3 m, os resultados podem ser observados na Figura 23 e na

Tabela 10.

Figura 23 - Mapa de aptidão para a execução de uma sapata padrão com profundidade de assentamento de 3 m.



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

Tabela 10 - Percentual de ocorrência das áreas aptas e não aptas à execução da sapata padrão por unidade geotécnica (profundidade de assentamento igual a 3 m).

Orientação para Fundação	% Área por unidade		
	AQsq1	Cde	Gsq
Sapata Padrão	68,0 %	61,3 %	33,3 %
Outras Fundações	32,0 %	38,7 %	66,7 %

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Analisando o mapa apresentado na Figura 23 e comparando os seus resultados com aqueles obtidos nos mapas anteriores (Figura 21 e Figura 22), percebe-se um aumento considerável, principalmente na unidade GSq, das áreas onde o solo de fundação não apresenta-se apto para suportar a situação (de carregamento e tipo de sapata) imposta neste estudo. Nesse caso, foi analisado o solo de fundação até 8 m de profundidade.

Conforme exposto na

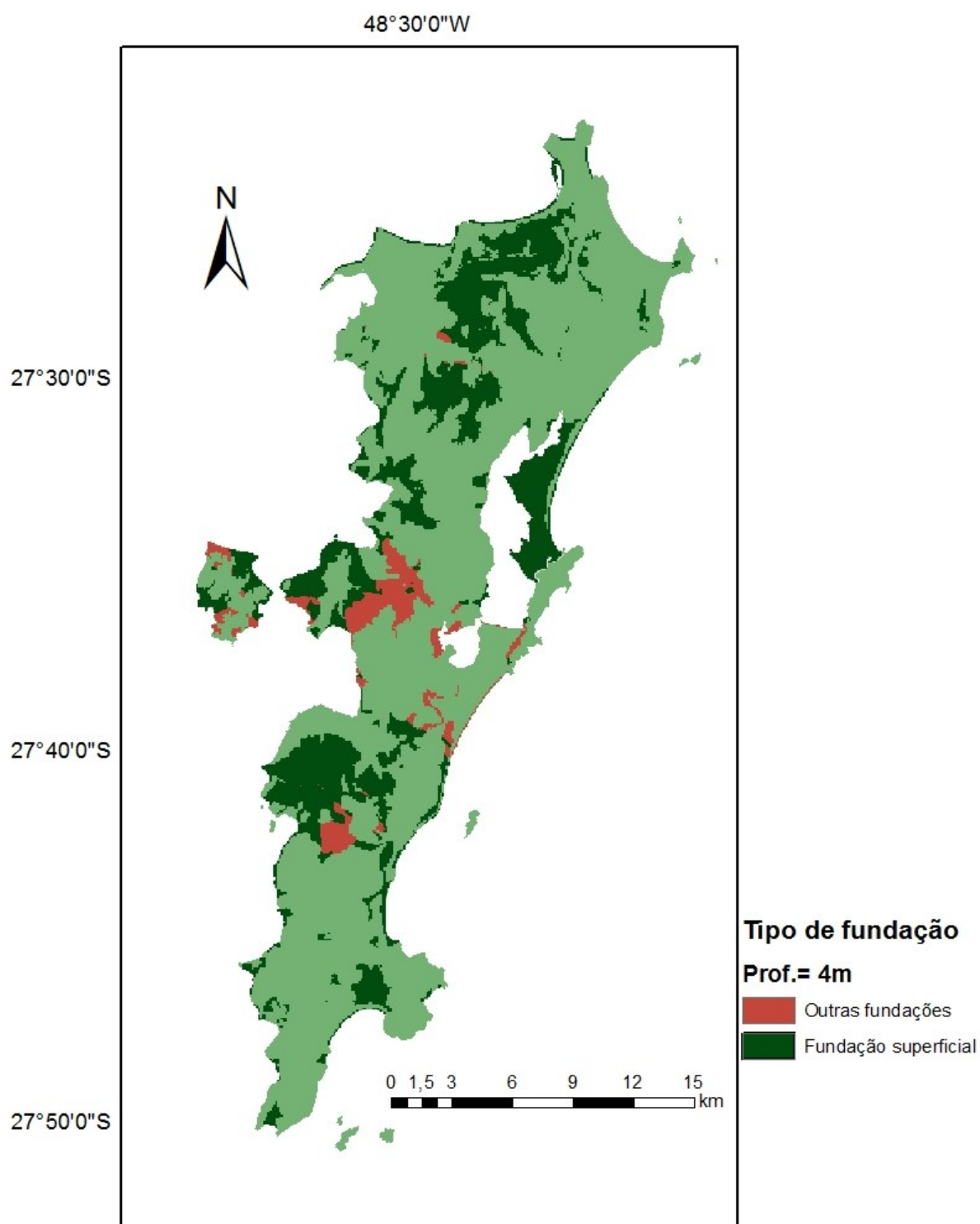
Tabela 10, em aproximadamente 67% da área da unidade geotécnica Gsq não é possível executar a sapata padrão com profundidade de assentamento igual a 3 m. Esse percentual aumentou em torno de 50% em relação as demais profundidades analisadas até o momento (1 e 2 m). Esse fato justifica-se por tratar-se de uma unidade onde a presença de solo com baixa capacidade de suporte (solo mole ou orgânico) é característico. Entretanto, é importante observar que foi a partir de 8 m de profundidade que o solo dessa unidade apresentou N_{spt} inferior a 5.

Em relação as demais unidades geotécnicas, o aumento das áreas não aptas utilizando a profundidade de assentamento igual a 3 m, foi de aproximadamente 16% e 26%, respectivamente na unidade AQsq1 e Cde. No entanto, ainda se sobressaem nessas duas unidades, em mais de 60%, as áreas aptas à execução da sapata padrão.

A seguir, na Figura 24 e na

Tabela 11, são apresentados os resultados obtidos utilizando a profundidade de assentamento da sapata padrão igual a 4 m.

Figura 24 - Mapa de aptidão para a execução de uma sapata padrão com profundidade de assentamento de 4 m.



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

Tabela 11 - Percentual de ocorrência das áreas aptas e não aptas à execução da sapata padrão por unidade geotécnica (profundidade de assentamento igual a 4 m).

Orientação para Fundação	% Área por unidade		
	AQsq1	Cde	Gsq
Sapata Padrão	92,9 %	76,2 %	83,8 %
Outras Fundações	7,1 %	23,8 %	16,2 %

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Apoiando a sapata padrão na profundidade de 4 m, observa-se na Figura 24 e na

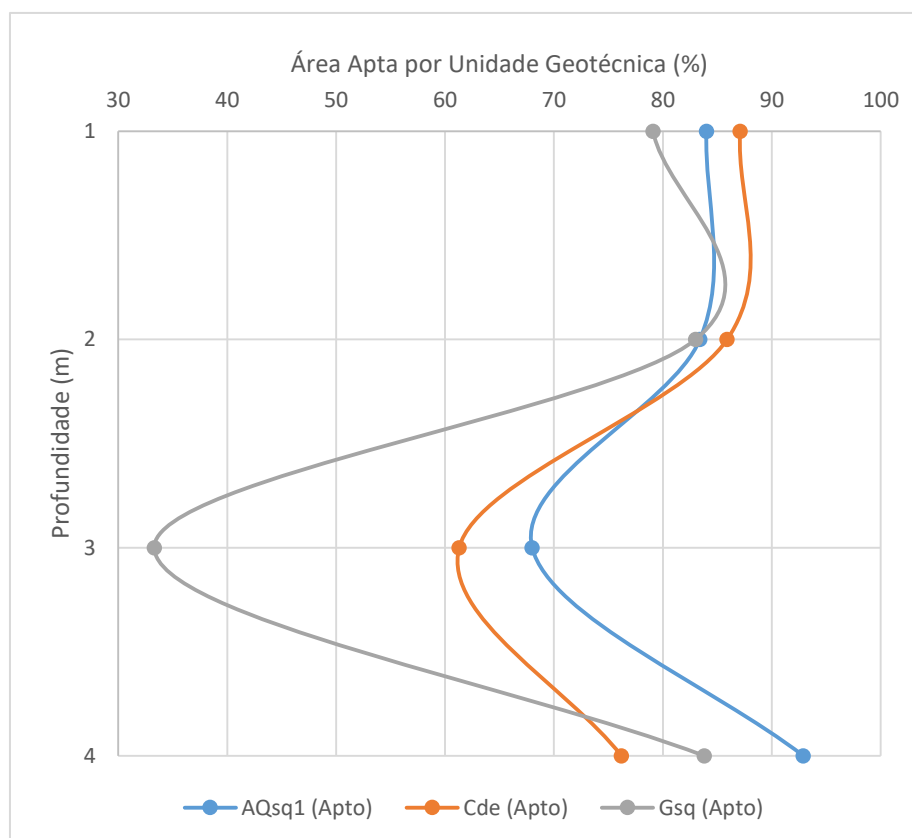
Tabela 11, que as três unidades geotécnicas analisadas apresentaram, assim como nas análises com 1 e 2 m, predominância das áreas aptas à execução dessa fundação.

Em relação as demais profundidades de assentamento, à 4 m as unidades AQsq1 e Gsq apresentaram maior ocorrência de áreas aptas, e, por sua vez, a unidade Cde diminuiu esse percentual quando comparado ao de 1 e 2 m e aumentou quando comparado ao de 3 m. Dessa forma, a 9 m de profundidade percebeu-se o melhoramento da capacidade de suporte do solo em determinadas áreas, excluindo na unidade Cde.

Segundo Santos (1997), o solo da unidade geotécnica Cde foi classificado com consistência firme, logo esperava-se neste estudo o aumento da sua resistência com a profundidade, além de maiores quantidades de áreas aptas em relação aos solos das unidades Gsq e AQsq1. No entanto, a partir dos dados de SPT ficou evidenciado que na profundidade de 9 m alguns locais pertencentes a unidade Cde encontraram solos com N_{spt} menor do que 5, tornando-os não aptos para a execução da fundação proposta a 4 m de profundidade.

O comportamento do subsolo das três unidades geotécnicas também pode ser interpretado a partir do gráfico apresentado na Figura 25, o qual relaciona a quantidade de áreas aptas à execução da sapata padrão e a profundidade de assentamento da mesma.

Figura 25 – Relação entre as áreas aptas à execução da sapata padrão e a sua profundidade de assentamento.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na interpretação desse gráfico, considerando que o aumento do percentual de áreas aptas à execução da sapata padrão corresponde ao aumento de áreas com solos cujo N_{spt} é maior do que 5, e conseqüentemente, mais resistente, observa-se que, nas três unidades geotécnicas, o aumento da profundidade de assentamento não corresponde ao aumento da quantidade de solos com uma maior capacidade de suporte.

Salienta-se a profundidade de assentamento igual a 3 m, onde, conforme mencionado anteriormente, houve uma grande queda na resistência dos solos a qual aumentou novamente com a escavação de mais um metro (profundidade de assentamento igual a 4 m). Entretanto, a unidade Cde não recuperou o percentual obtido à 1 e 2 m, representando a presença de solos menos resistentes que aqueles das camadas superficiais. Em função desses resultados, recomenda-se a identificação e análise das características dos solos, granulometria e N_{spt} , das três unidades na profundidade de 8 m (profundidade de alcance do bulbo de tensões

correspondente a profundidade de assentamento igual a 3 m) e na unidade Cde a 9 m de profundidade.

Nas unidades AQsq1 e Gsq os maiores percentuais de áreas aptas encontraram-se na profundidade de assentamento igual a 4 m, indicando uma maior quantidade de solos resistentes. Nessas unidades, se não fosse pelos resultados obtidos na profundidade de assentamento de 3 m, verificaria-se o aumento das áreas com solos mais resistentes a partir do aumento da profundidade.

5.1.3 Mapa Temático para Tensões Admissíveis no Solo

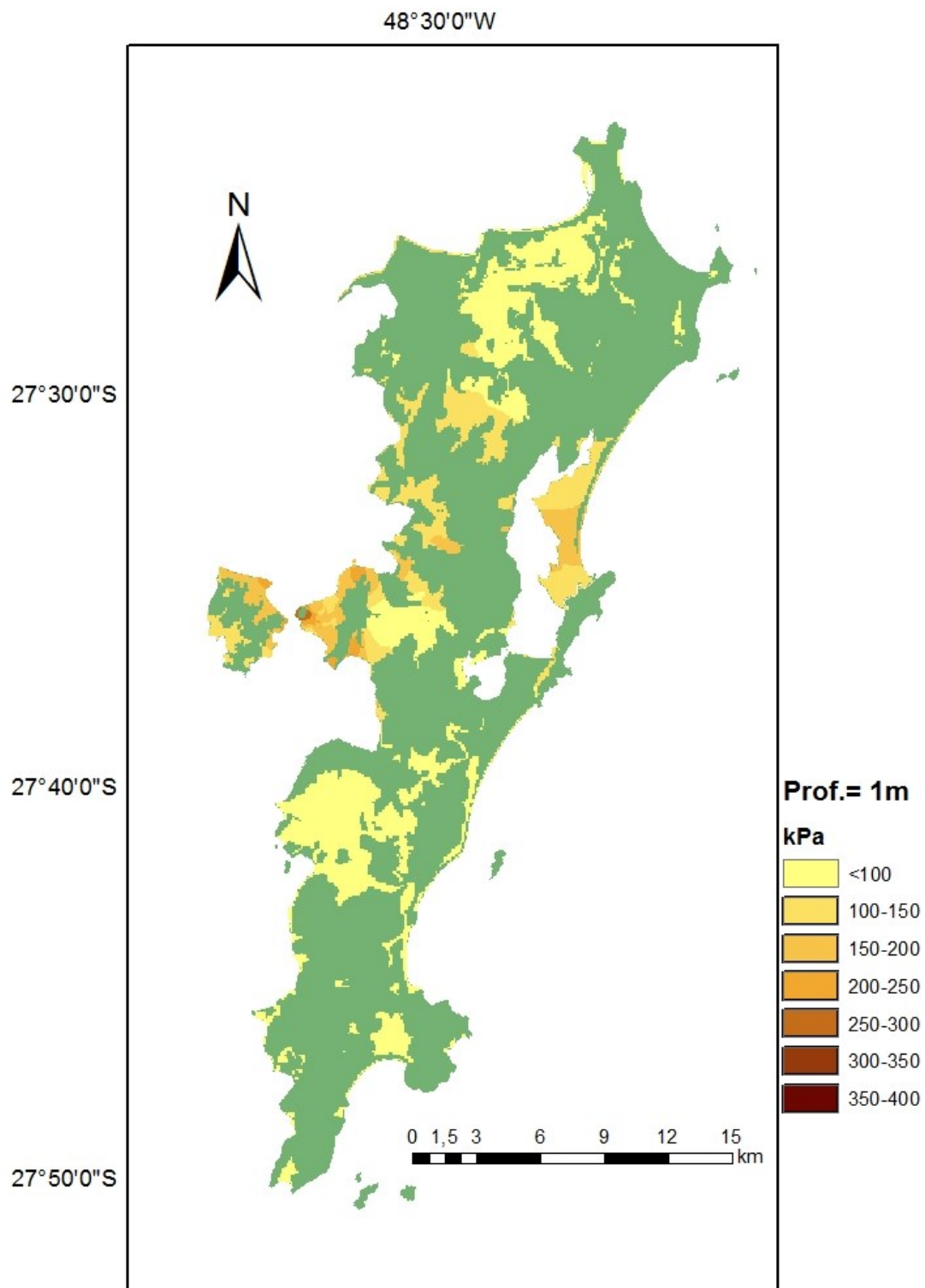
Os mapas temáticos que apresentam as tensões admissíveis do solo nas unidades geotécnicas analisadas, foram elaborados para as seguintes profundidades: 1m (Figura 26), 2m (Figura 27), 3m (Figura 28) e 4m (Figura 29).

É importante salientar que os mapas de tensão admissível, foram elaborados considerando os valores de N_{spt} em cada profundidade analisada e não o valor médio do bulbo de tensões, uma vez que a profundidade do bulbo de tensão está relacionada com a geometria da sapata. Como isso, a utilização dos mapas desenvolvidos não se restringe a uma geometria específica de sapata. Além disso, vale ressaltar, que valores abaixo de 100 kPa e acima de 400 kPa não devem ser considerados pois representam respectivamente N_{spt} inferior a 5 e acima de 20, valores esses limitantes para a utilização dos cálculos empregados neste estudo conforme apresentado na equação (4) no item 2.3.1.

A Figura 26 e a

Tabela 12 apresentam os resultados obtidos para a profundidade de 1 m.

Figura 26 – Tensão admissível para fundação superficial a 1 m de profundidade.



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

Tabela 12 – Percentual de ocorrência das classes de tensão admissível a 1 m de profundidade.

<i>Tensão Admissível (kPa)</i>	<i>% Área</i>		
	AQsq1	Cde	Gsq
<100	58,8 %	40,5 %	82,0 %
100 – 150	26,1 %	43,1 %	12,2 %
150 - 200	12,8 %	14,0 %	4,9 %
200 - 250	2,1 %	2,0 %	0,9 %
250 - 300	0,2 %	0,4 %	0,0 %
300 - 350	0,0 %	0,0 %	0,0 %
350 - 400	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Fonte: Elaborado pelo Autor

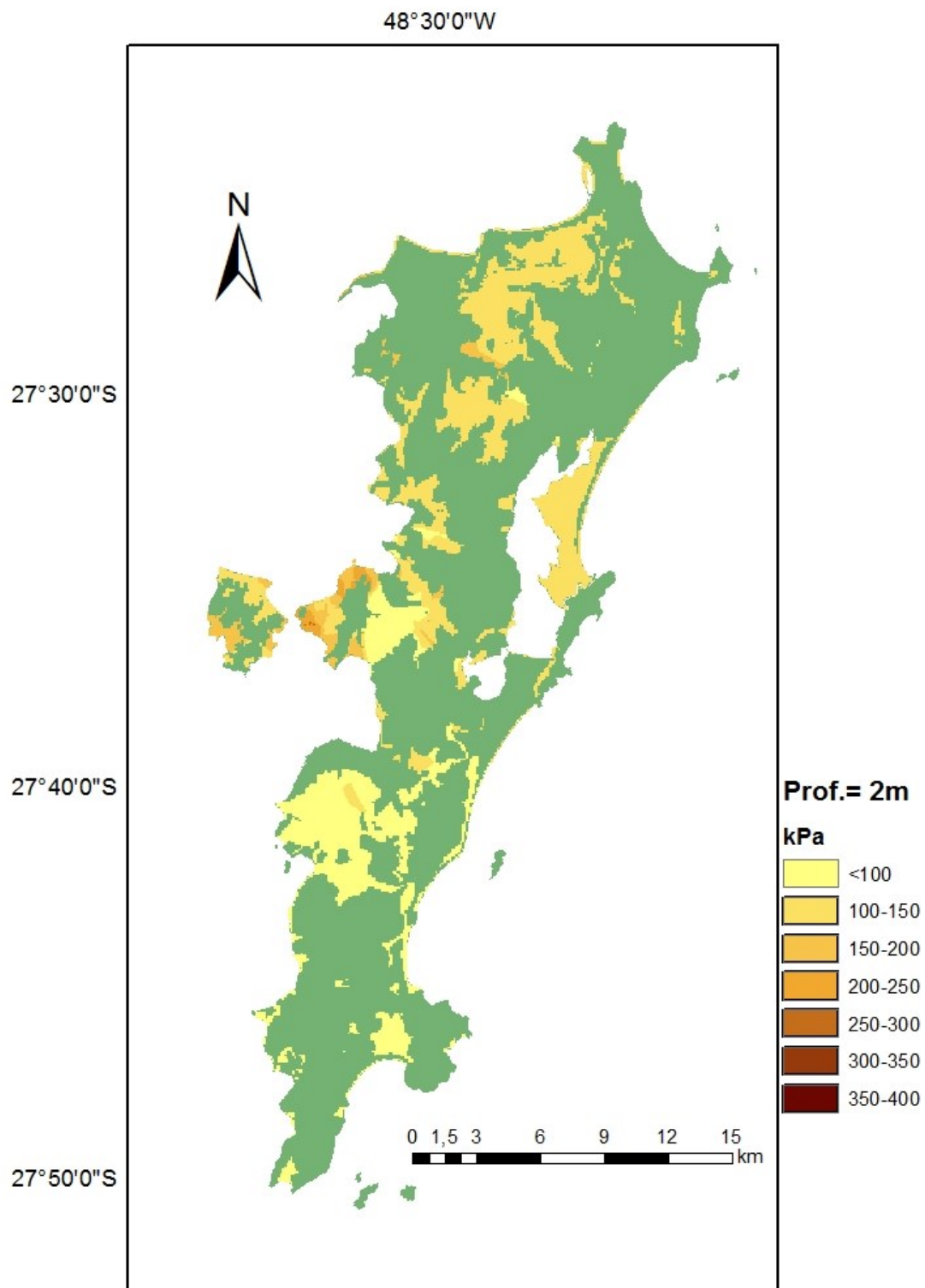
Verificou-se no mapa da Figura 26 que as tensões admissíveis para a camada de 1 m nas regiões norte (Gsq) e sul (AQsq1) resultaram em valores abaixo de 100 kPa, logo não devem ser consideradas, uma vez que o Nspt se encontra abaixo dos limites já mencionados. Por sua vez, nas porções leste (AQsq1), centro (Cde) e continente (Cde) foram encontrados valores entre 100 e 250 kPa, e em alguns pontos isolados do centro (Cde) tensões mais elevadas.

Com base na

Tabela 12, verifica-se que grande parte das unidades, principalmente a Gsq e na sequência a AQsq1, apresenta valores de tensões admissíveis abaixo do limite de 100 kPa, devendo então serem desconsideradas. Resultado esse esperado visto as características de resistência dos solos dessas duas unidades. Por sua vez, a unidade Cde apresentou aproximadamente 60% da sua área com tensões admissíveis acima de 100 kPa, atingindo a 1 m de profundidade o valor máximo de 250 kPa.

Na sequência serão apresentadas as tensões admissíveis obtidas para as camadas de solo a 2 m de profundidade (Figura 27 e Tabela 13).

Figura 27 - Tensão admissível para fundação superficial a 2 m de profundidade.



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

Tabela 13 – Percentual de ocorrência das classes de tensão admissível a 2 m de profundidade.

<i>Tensão Admissível (kPa)</i>	<i>% Área</i>		
	AQsq1	Cde	Gsq
<100	51,6 %	29,5 %	27,8 %
100 – 150	40,8 %	56,9 %	67,6 %
150 - 200	5,7 %	10,9 %	4,6 %
200 - 250	1,7 %	2,6 %	0,0 %
250 - 300	0,2 %	0,1 %	0,0 %
300 - 350	0,0 %	0,0 %	0,0 %
350 - 400	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Fonte: Elaborado pelo Autor

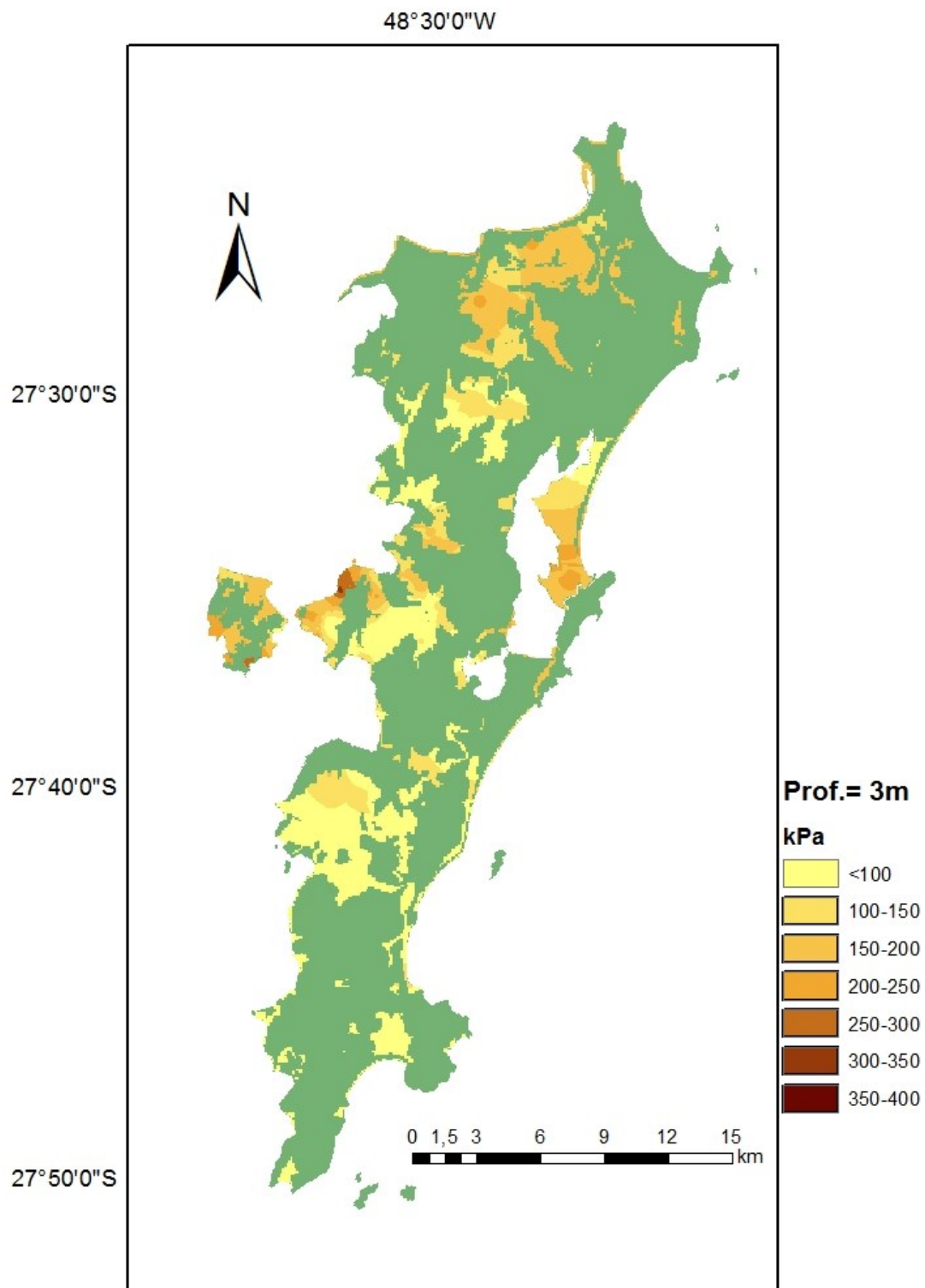
A partir do mapa ilustrado na Figura 27 foi possível verificar que as tensões admissíveis determinadas para a região sul (AQsq1) permaneceram abaixo de 100 kPa, não devendo ser consideradas. Entretanto, evidenciou-se o aumento das tensões na região norte (Gsq), as quais na profundidade de 2 m passaram a apresentar valores entre 100 e 150 kPa, lembrando que, na profundidade de 1 m apresentaram-se inferiores a 100 kPa. Nas regiões leste (AQsq1), continental (Cde) e central (Cde) as tensões admissíveis permanecem entre 150 e 250 kPa.

Observa-se comparando os dados da Tabela 13 com aqueles da

Tabela 12, que as unidades geotécnicas analisadas apresentaram um aumento nas tensões admissíveis com o aprofundamento da camada em 1 m, passando grande parte da área para a faixa de valores entre 100 a 150kPa.

Em relação a profundidade de 3 m, o mapa (Figura 28) e a tabela (Tabela 14) a seguir ilustram os resultados.

Figura 28 - Tensão admissível para fundação superficial a 3 m de profundidade.



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

Tabela 14 – Percentual de ocorrência das classes de tensão admissível a 3 m de profundidade.

<i>Tensão Admissível (kPa)</i>	<i>% Área</i>		
	AQsq1	Cde	Gsq
<100	50,0 %	50,6 %	32,7 %
100 – 150	21,9 %	23,2 %	25,9 %
150 - 200	20,1 %	20,5 %	39,7 %
200 - 250	6,9 %	4,2 %	1,7 %
250 - 300	1,0 %	1,4 %	0,0 %
300 - 350	0,1 %	0,1 %	0,0 %
350 - 400	0,0 %	0,0 %	0,0 %

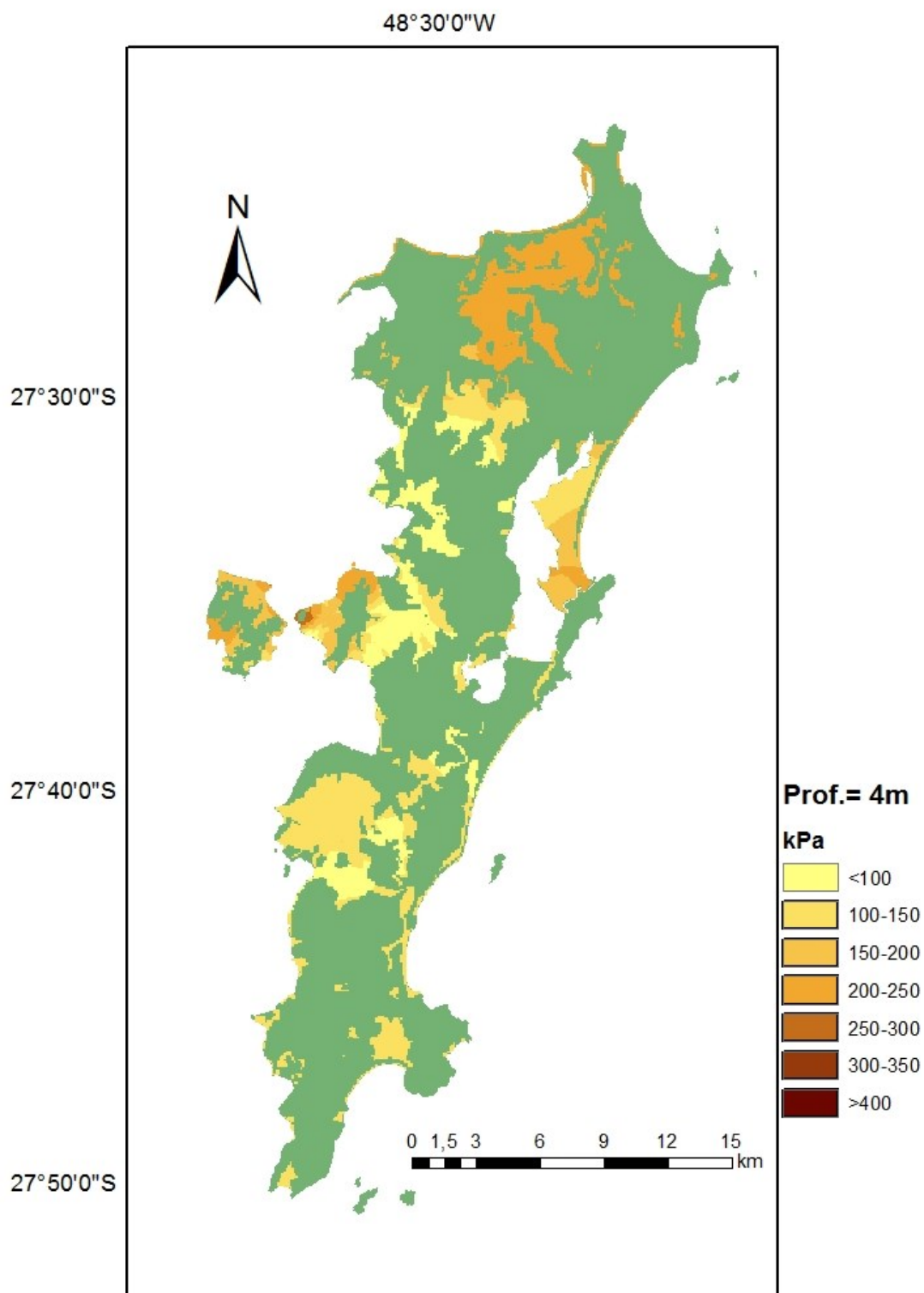
Fonte: Elaborado pelo Autor

Observa-se no mapa ilustrado na Figura 28 que algumas áreas no sul da ilha (AQsq1) passaram a apresentar valores acima de 100 kPa na profundidade de 3 m, podendo então serem avaliadas quanto à execução de fundações superficiais. Nota-se também o aumento das tensões admissíveis na região norte (Gsq), apresentando valores entre 100 e 250 kPa e na região central (Cde). Na região continental (Cde) observam-se valores acima de 300 kPa.

Apesar disso, analisando a Tabela 14, nota-se o aumento das áreas com tensões admissíveis inferiores a 100 kPa na unidade Cde (aumento de aproximadamente 21% em relação a 2 m) e na unidade Gsq (aumento de 4,9% em relação a 2 m). Na unidade AQsq1 o aumento em relação a camada de 2 m foi pequeno (1,6 %), mas 50% da área ainda apresenta valores abaixo do limite de 100 kPa. Dessa forma, indica-se a presença de uma camada de solo com N_{spt} inferior a 5 na profundidade de 3 m.

A seguir, na Figura 29 e na Tabela 15, são apresentadas as tensões admissíveis obtidas a 4 m de profundidade.

Figura 29 - Tensão admissível para fundação superficial a 4 m de profundidade.



Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 22S
Base de Dados: Laboratório de Mapeamento Geotécnico UFSC 1:10.000
Elaboração: Gilmar Douglas Baray de Souza

No mapa apresentado na Figura 29 percebeu-se que no sul da ilha (AQsq1) as tensões admissíveis apresentaram valores entre 100 e 150 kPa. A região norte (Gsq), por sua vez, apresentou quase todo o seu domínio dentro da faixa de valores entre 200 e 250 kPa. A região leste (Aqsq1), no entanto, os valores encontraram-se entre 100 e 250 kPa. E na região central (Cde), e continental (Cde) foi possível observar valores entre 200 e 300 kPa, com alguns picos isolados.

Tabela 15 – Percentual de ocorrência das classes de tensão admissível a 4 m de profundidade

<i>Tensão Admissível (kPa)</i>	<i>% Área</i>		
	AQsq1	Cde	Gsq
<100	6,6 %	35,9 %	23,1 %
100 – 150	65,4 %	34,9 %	22,5 %
150 - 200	16,7 %	15,3 %	6,5 %
200 - 250	10,9 %	13,3 %	47,8 %
250 - 300	0,4 %	0,6 %	0,1 %
300 - 350	0,0 %	0,0 %	0,0 %
350 - 400	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com o auxílio da Tabela 15, pôde-se perceber em todas as unidades geotécnicas a diminuição das áreas com tensões admissíveis inferiores a 100 kPa, destacando-se a unidade AQsq1, onde somente 6,6% da área ainda encontra valores nessa faixa. Predomina nessa unidade, com aproximadamente 65%, tensões entre 100 e 150 kPa.

Também ficou evidenciado o aumento das tensões admissíveis nas unidades, ressaltando-se a Gsq, onde aproximadamente metade da sua área (47,8%) encontra-se na faixa de tensões entre 200 e 250 kPa a 4 m de profundidade. Nessa faixa de tensões a unidade Gsq superou as demais, apesar de ser caracterizada pela concentração de solos argilosos e orgânicos de baixa resistência.

6 CONCLUSÕES

Nesse estudo concluiu-se que a partir da estruturação de um banco de dados de sondagem SPT em ambiente SIG, foi possível caracterizar três unidades geotécnicas de origem sedimentar presentes no município de Florianópolis/SC, Areias Quartzosas substrato sedimentos quaternários (AQsq1), Cambissolo substrato depósito de encosta (Cde) e Glei substrato sedimentos quaternários (Gsq), quanto ao nível da água, aptidão para execução de uma sapata padrão e tensão admissível do solo. Essas informações foram determinadas afim de auxiliar em projetos preliminares de fundações superficiais, podendo também ser úteis ao planejamento territorial.

Com isso, pode-se destacar as seguintes informações:

- As unidades AQsq1 e Gsq apresentaram o nível d'água mais próximo a superfície, enquanto que, a unidade Cde possui valores mais profundos;
- Nas profundidades de 1 e 2 m verificou-se que as unidades AQsq1 e Gsq apresentaram os menores valores para a tensão admissível e a unidade Cde os maiores. Por sua vez, nas profundidades de 3 e 4 m, a unidade Cde apresentou os menores valores de tensão admissível e a unidade Gsq os maiores;
- As unidades Gsq e AQsq1 apresentaram, respectivamente, o menor e o maior percentual de áreas aptas à execução da sapata padrão. Sendo o menor valor na profundidade de assentamento de 3 m e o maior na profundidade de 4 m.

Logo, com vista a execução de fundações superficiais, pode-se concluir que para as profundidades de assentamento de 1 e 2 m a unidade geotécnica que apresentou as características mais favoráveis em termos de nível d'água e tensão admissível é a Cde, ao contrário, citam-se as unidades AQsq1 e Gsq. Entretanto, para as profundidades de 3 e 4 metros, em termos de tensão admissível, a unidade Cde apresentou as características mais favoráveis e a unidade AQsq1 as menos favoráveis.

Para a execução da sapata padrão, concluiu-se também que dentre as unidades sedimentares a Gsq a 3 m de profundidade apresentou-se como a pior situação, em contrapartida, a unidade AQsq1 a 4 m mostrou-se como a melhor situação.

Ressalta-se neste estudo, que devido a questões de segurança, as camadas subjacentes à cota de assentamento das fundações devem apresentar maior resistência que a própria camada de apoio, sendo assim, destaca-se a importância de considerar nas análises a resistência das diversas camadas de solo (representadas pelo N_{spt} nesse caso) que sofrem a influência do bulbo de tensões.

7 SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

Sugere-se, para a elaboração de trabalhos futuros, as seguintes questões:

- Análise das características granulométricas e de N_{spt} dos solos a 8 m de profundidade nas unidades geotécnicas estudadas na presente pesquisa (AQsq1, Gsq e Cde) e a 9 m de profundidade na unidade Cde;
- Aquisição de um maior número de sondagens SPT para o enriquecimento do atual banco de dados e caracterização de outras unidades geotécnicas presentes no município de Florianópolis/SC;
- Incluir outras características das unidades geotécnicas nas análises, como por exemplo, o impenetrável e a granulometria;
- Elaborar mapas de aptidão quanto a outros tipos de fundações, como exemplo fundações profundas, ou ainda outras geometrias de sapatas;
- Elaboração de perfis estratigráficos com base nos boletins de SPT.

8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo – Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

BASTOS, C. A. B.; VALENTE, A. L. S.; STRIDLER, A.; BUFFON, S. A.; STUMPF, L.; QUADROS, T. F. P.; BICA, A. V. B.; BRESSANI, L. A. **Mapeamento Geotécnico como Subsídio ao Monitoramento e Previsão de Riscos Geotécnicos em Obra de Tubulação de Gás Natural**. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, Anais..., São Carlos, SP, 2004, v.1.

BERBERIAN, D. **Sondagens e Ensaio In Situ para Engenharia**. 8. ed., Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro: COPE, 2012. ISBN: 85-7238-011-6

CAMARA NETO, G.; BARBOSA, C. C. F.; DAVIS, C.; FONSECA, F. **Conceitos básicos em geoprocessamento**. In: Geoprocessamento: teoria e aplicações, São José dos Campos: INPE, 2000.

CAPUTO, H.P. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações. Fundamentos**. Volume 1. 6ª edição. Rio de Janeiro: Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000.

CAPUTO, H.P. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações. Mecânica das Rochas – Fundações – Obras de Terra**. Volume 2. 6ª edição. Rio de Janeiro: Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000.

CINTRA, J.C.A.; AOKI, N.; ALBIERO, J. H. **Fundações Diretas: projeto geotécnico**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2011.

CHRIST, C.E. **Mapeamento de Áreas Suscetíveis ao Colapso na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2014. 174p.

DAS, B. M. **Fundamento de Engenharia Geotécnica**. 7ª edição. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2007.

DAVISON DIAS, R. **Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais**. In: Revista do Instituto Geológico, São Paulo, SP, 1995, p.51-55.

GERSCOVICH, Denise M. S. **Estabilidade de taludes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 169 p.

GODOY, H.; BERNUCCI, L. B.; NOGAMI, J. S. **Diretrizes para a Identificação Expedida de Solos Lateríticos para o uso em Obras Viárias**. In: 30ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, Salvador, 1996, Anais..., ABPV, v.2.

GUESSER, L. H. **Elaboração do Mapa Geotécnico Preliminar e Mapa de Áreas Suscetíveis a Movimentos de Massa do Município de Antonio Carlos-SC**. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2013, 1747p.

HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.C.; NIYAMA, S. **FUNDAÇÕES TEORIA E PRÁTICA**. 2ª Edição. São Paulo: Editora PINI, 1999

HIGASHI, R. R. **Utilização de um SIG no Desenvolvimento de um de Dados Geotécnicos do Norte do Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002, 143p.

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 – Teses de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Infra-Estrutura Viária, 485p, 2006.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Guia Cartas Geotécnicas**. Omar Yazbek Bitar, 2015. ISBN 978-85-09001841

Disponível em: <www.ipt.br/guia_cartas_geotecnicas.pdf>. Acesso em 1 mai. 2016.

ISOPPO, A.; COLZANI, R. **Estruturação e Utilização de um Banco de Dados Geotécnico da Ilha de Santa Catarina em SIG**. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2013, 83p.

KOPEZINSKI, I. **Mineração x Meio Ambiente: Considerações Legais, Principais Impactos Ambientais e seus Processos Modificadores**. Porto Alera: Editora Universidade UFRGS, 2000.

LOBO, B.O. **Mecanismos de Penetração Dinâmicos em Solos Granulares**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2009. 231p.

MAFRA JR, C. S. **Elaboração do mapa preliminar de unidades geotécnicas do município de Brusque associado a um banco de dados geotécnico em ambiente de SIG**. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. 136f.

OLIVEIRA, F. P. **Mapeamento geotécnico preliminar e aplicação do modelo SHALSTAB na análise de escorregamentos da bacia de Santo Antônio de Lisboa – Florianópolis/SC**. Trabalho de conclusão de curso. 191f. Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PAREDES, Evaristo Atencio. **Sistema de informação geográfica-geoprocessamento: princípios e aplicações**. São Paulo: Erica, 1994. 675p.

PINTO, C.S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 2a Edição, São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

QUEIROZ, Rudney C. **Geologia e geotecnia básica para engenharia civil**. São Carlos: RiMa, 2009. 406p.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. 3. ed. São Paulo: Ed. Zigate, 2011. 239 p. ISBN 978-85-85570-10-1

REGINATTO, G. M. P. **Caracterização de Movimentos de Massa na Bacia Hidrográfica do Rio Cunha, Rio dos Cedros – SC, Com Ênfase em Escorregamentos Translacionais**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2013. 231p.

REGINATTO, G. M. P.; CHRIST, C. E.; HIGASHI, R. A. R.; CARVALHO, D. A.; SBROGLIA, R. **Elaboração de um Banco de Dados de Ensaio SPT da Cidade de Florianópolis/SC** In: 48º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Anais..., Porto Alegre, RS, 2016.

ROSNIECEK, A.; IMAI, H.N. **Mapeamento Geotécnico e Análise de Áreas Suscetíveis a deslizamentos Rasos da Bacia do Rio Ratonas** – Aplicação do Modelo Shalstab. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2013, 155p.

SANTOS, V. **Influência da Escala no Mapeamento de Áreas Suscetíveis a Movimentos de Massa com o Shalstab na Microbacia do Ribeirão do Baú, Ilhota/SC**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2015. 126p.

SANTOS, G. T. **Integração de informações pedológicas, geológicas e geotécnicas aplicadas ao uso do solo urbano em obras de engenharia**. Porto Alegre - RS: Tese (doutorado) em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

SCHNAID, F.; ODEBRECHT, E. **Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações**. 2ª edição. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2

SBROGLIA, R. M. **Mapeamento Geotécnico e das Áreas Suscetíveis a Deslizamento na Microbacia do Rio Baú, Ilhota/SC**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2015. 187p.

SILVA, A. B. **Sistema de Informações Geo-Referenciadas – Conceitos e Fundamentos**. Campinas, SP, 1999, v.1.

TEIXEIRA, V. H. **Relatório dos Estudos Geotécnicos Elaborados Para Execução do Túnel da Via Expressa Sul de Florianópolis**, 1996.

THIESEN, S. **Aplicação de Ferramenta SIG Para Mapeamento Geotécnico e Cartas de Aptidão Para Fundação a Partir de Ensaio SPT – Um Estudo de Caso Blumenau/SC**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2016. 175p.

UNESCO – IAEG. **Engineering Geological Maps. A Guide to Their Preparation**. Paris : The Unesc Press, 79p. 1976.

VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos**. São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil, 1977.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Mapeamento geotécnico: uma proposta metodológica**. Artigo de Periódico. Revista Geociências, v.9, p.55-66, 1990.