

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS: CARACTERIZAÇÃO E COMPORTAMENTO DE UNIDADES GEOTÉCNICAS

Karina Retzlaff Camargo (Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: karinacamargo@furg.br
Milene Lima Rodrigues (Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: rodriguesmilene@gmail.com
Cezar Augusto Burkert Bastos (Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: cezarbastos@furg.br
Sinval Cantarelli Xavier (Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: xavier.sinval@gmail.com
Alexandre Felipe Bruch (Universidade Federal de Pelotas) E-mail: afbruch@gmail.com

Resumo: Diversos trabalhos foram realizados pelo Grupo de Geotecnia da FURG (Universidade Federal do Rio Grande) com o intuito de mapear e caracterizar geotecnicamente solos da Planície Costeira do Estado do Rio Grande do Sul. Entretanto, estes trabalhos foram realizados com as informações geológicas e pedológicas disponíveis em suas épocas. Recentemente, um novo estudo foi publicado com a apresentação de uma estimativa de unidades geotécnicas para Pelotas, município localizado no sul do Rio Grande do Sul. Assim, com o objetivo de realizar uma avaliação comparativa, o presente trabalho cruza dados de caracterização e comportamento geotécnicos de trabalhos predecessores com esta mais recente estimativa de unidades geotécnicas. Foram utilizados dados de cinco jazidas, as quais estão distribuídas em quatro unidades geotécnicas, e ocupam 64,4% da área da sede urbana do município de Pelotas. Em síntese, os resultados de caracterização geotécnica ratificam a estimativa de unidades geotécnica apresentada.

Palavras-chave: Caracterização geotécnica, Unidades Geológicas, Unidades Pedológicas, Mapeamento Geotécnico, Planície Costeira do Rio Grande do Sul

PELOTAS/RS GEOTECHNICAL MAPPING: GEOTECHNICAL UNITS CHARACTERIZATION AND BEHAVIOR

Abstract: Several researches were carried out by FURG's (Federal University of Rio Grande) Geotechnical Group with the aim of mapping and geotechnically characterizing soils of the Rio Grande do Sul State Coastal Plain. However, these researches were carried out with geological and pedological information available at their times. Recently, a new study was published with the presentation of an estimate of geotechnical units for Pelotas, city located in the south of Rio Grande do Sul State. Thus, with the objective of carrying out a comparative evaluation, the present research crosses geotechnical characterization and behavior data from predecessor works with this most recent estimate of geotechnical units. Data from five deposits were used, which are distributed in four geotechnical units, and occupy 64.4% of the area of the urban center of Pelotas. In summary, the geotechnical characterization results confirm the estimate of geotechnical units presented.

Keywords: Geotechnical characterization, Geological units, Pedological units, Geotechnical mapping, Rio Grande do Sul State Coastal Plain

1. Introdução

Especialmente durante as décadas de 1990 e 2000 muitos esforços foram realizados pelo Grupo de Geotecnia da Universidade Federal do Rio Grande – FURG e pesquisadores parceiros com o objetivo de caracterizar e mapear geotecnicamente a Planície Costeira do Estado do Rio Grande do Sul e, mais especificamente, a porção sul desta planície (ALVES *et al.*, 1994; BASTOS *et al.*, 1995; BASTOS e ALVES, 1996; WELTER e BASTOS, 2003; BASTOS e FELTEN 2005; entre outros). Entretanto, estes trabalhos foram baseados em dados geológicos e pedológicos da região em análise

disponíveis no período de realização dos referidos trabalhos. Xavier (2010) foi o trabalho precursor, na Planície Costeira Sul, do uso do mapeamento geotécnico como instrumento de auxílio ao planejamento do uso e ocupação do solo em cidades costeiras. Xavier (2017) aprofundou esta análise e apresentou uma estimativa de unidades geotécnicas para o município de Pelotas, localizado na porção sul do estado Rio Grande do Sul. Assim, este trabalho tem como objetivo correlacionar as informações publicadas nos referidos trabalhos anteriores, que apresentam a indicação do horizonte pedogenético avaliado, com a estimativa de unidades geotécnicas apresentadas por Xavier (2017) para a sede urbana do município de Pelotas.

2. Cenário de estudo

Pelotas é o quarto município mais populoso do estado do Rio Grande do Sul, situa-se na zona Sul do estado (Figura 1a) e está assentado sobre dois dos quatro grandes Domínios Morfoestruturais brasileiros: os Depósitos Sedimentares Quaternários (costeiros) e os Cinturões Móveis Neoproterozóicos (do Sudeste-Sul). Enquanto os primeiros são formados por terraços e planícies de baixa altitude, os últimos são formados por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas (IBGE, 2006). Assim, na metade Sudeste do município situa-se a Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul e na metade Noroeste, o Planalto Sul-Rio Grandense (IBGE, 1986). Segundo Rosa (1985), a maior parte do município possui altitudes inferiores a 100 metros. Nas zonas mais elevadas, predominam altitudes entre 100 e 300 metros. Excepcionalmente, no extremo noroeste, as altitudes são superiores a 300 metros. A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), apresentada na Figura 1b, se desenvolveu, segundo Villwock *et. al* (1986), durante o final do Terciário e, principalmente, durante o Quaternário através de um amplo sistema de leques aluviais, situado em sua parte mais interna, próximo às áreas-fonte, e do acréscimo lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo “laguna-barreira”. De acordo com Tomazelli e Villwock (2005), o sistema de leques aluviais é o mais antigo e é formado por depósitos resultantes de processos gravitacionais (quedas de blocos e fluxo de detritos) que começaram no Terciário e perduram até hoje. Ainda segundo os autores, os sistemas “laguna-barreira” começaram no Pleistoceno e a cada nova transgressão marinha, parte da região antes emersa era afogada e sua deposição era retrabalhada. Isto resultou em depósitos aluviais, lagunares, lacustres e paludais de diversas idades.

3. Materiais e métodos

O mapa de estimativa de unidades geotécnicas desenvolvido por Xavier (2017) foi elaborado seguindo a metodologia para mapeamento geotécnico proposta por Dias (1995). Assim, os planos de informações de pedologia e geologia foram correlacionados por sobreposição de *layers* em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). As unidades, que representam regiões formadas por perfis de solos com comportamento geotécnico similar frente ao uso e ocupação, foram classificadas pela pedologia em seus horizontes superficiais (A e B) e pela geologia no horizonte C e rocha alterada. No sistema de simbologia adotado do tipo ABCxyz, as letras maiúsculas correspondem à classificação pedológica do horizonte superficial (A e B) e as minúsculas identificam a geologia, caracterizando os horizontes C, RA e R. A estimativa de unidades geotécnicas proposta por Xavier (2017) foi analisada frente aos resultados de caracterização e comportamento geotécnicos apresentados nos referidos trabalhos anteriores do Grupo de Geotecnia da FURG e pesquisadores parceiros.

Como informação de apoio, utilizou-se uma matriz com os dados altimétricos, obtidos do *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, com resolução espacial de 30 m. A matriz foi convertida em Modelo Numérico de Terreno Sombreado, através do SIG QGis, utilizando-se a manipulação da ferramenta de simbologia – Sombreamento. Foi definido um azimute de solar de 315°, perpendicular às orientações do *Trend* principal do relevo (NE-SW). A elevação solar adotada foi a de 45°, com sobreamostragem de duas vezes. Para a apresentação da variação altimétrica nos mapas hipsométricos das unidades geotécnicas, optou-se pelo intervalo de cores em Lógica *Fuzzy*.

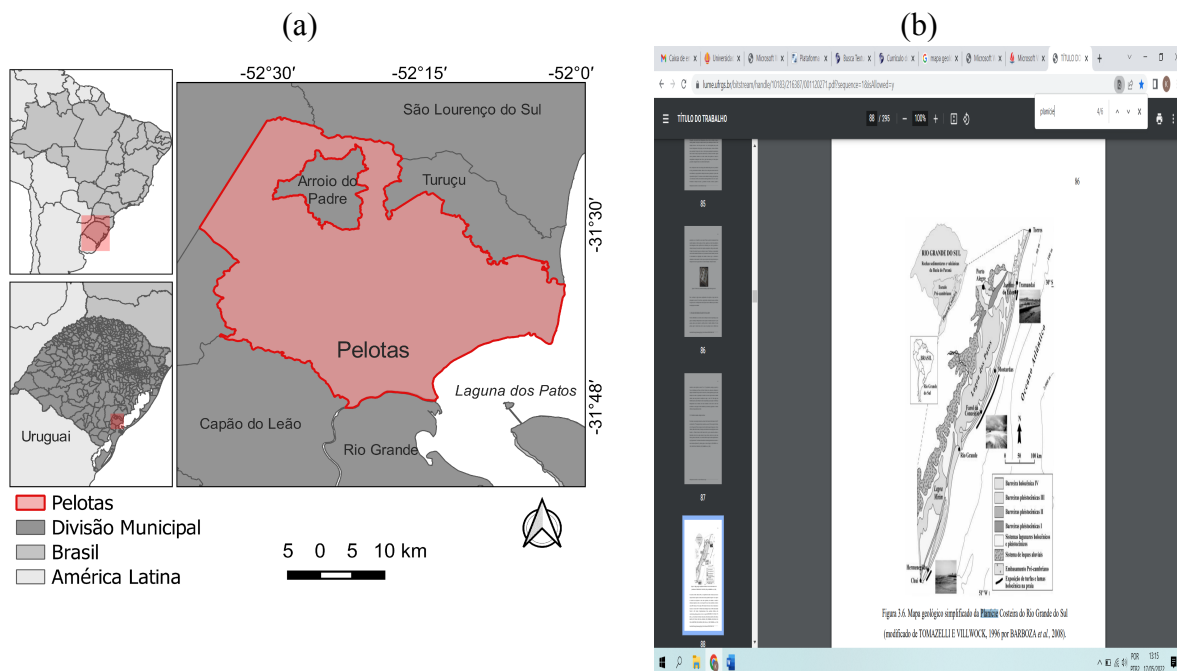


Figura 1 – (a) Localização do município de Pelotas/RS; e (b) mapa geológico simplificado da PCRS (modificado de TOMAZELLI E VILLWOCK, 1996 por BARBOZA *et al.*, 2008)

3. Resultados e discussões

A estimativa de unidades geotécnicas foi comparada com os resultados de trabalhos predecessores, conforme mostra a Figura 2. Foi observado que há cinco pontos caracterizados geotecnicamente com indicação do horizonte pedogenético avaliado, os quais estão distribuídos em quatro unidades geotécnicas definidas por Xavier (2017) (SX4da, GM1dpfl, SX3dla e RQde). A Tabela 1 apresenta as classes do mapa de estimativa de unidades geotécnicas que são avaliadas. As unidades geotécnicas com resultados interpretados por este trabalho correspondem a 120,3 km², o que representa 62,4% da área da sede do município de Pelotas.

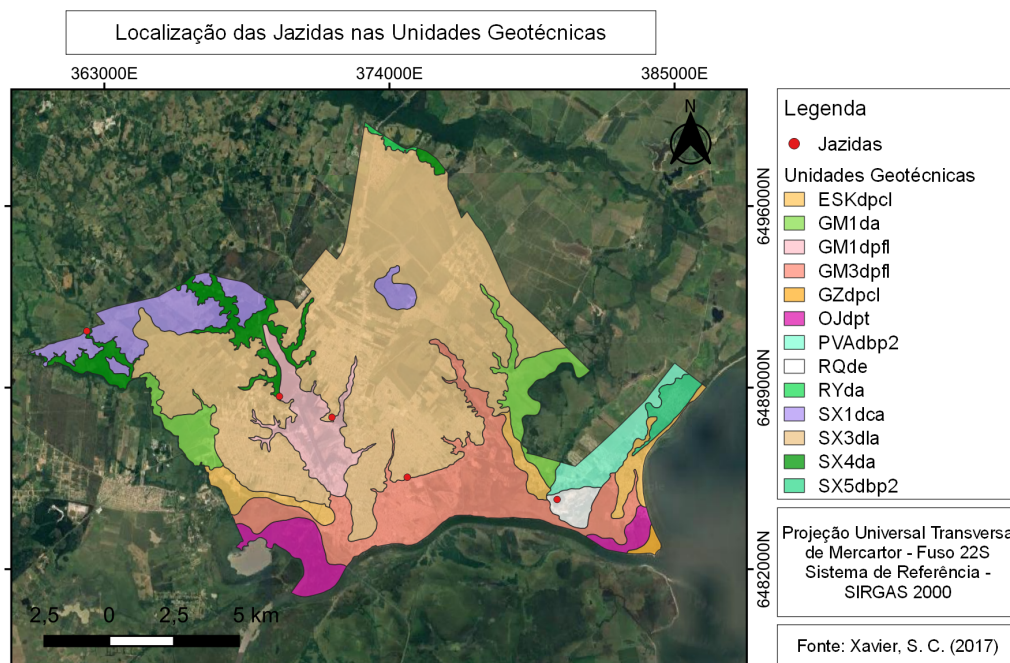


Figura 2 – Localização das jazidas estudadas nas unidades geotécnicas propostas por Xavier (2017).

Tabela 1 – Classes do mapa de estimativa de unidades geotécnicas

Unidade	Pedologia		Geologia	Área (km ²)
	Dominante	Subdominante		
GM1dpfl	Gleissolo melânico	Organossolo háplico, Neossolo flúvico	Depósitos da planície flúvio-lacustre	9,1
SX3dla	Planossolo háplico	Planossolo nátrico, Gleissolo háplico	Depósitos dos leques aluviais	101,6
SX4da	Planossolo háplico		Depósitos aluviais	8,1
RQde	Neossolo quartzarênico órtico		Depósitos eólicos	1,5

Fonte: Adaptado de Xavier (2017)

3.1 Unidade geotécnica GM1dpfl

A Figura 3a mostra em destaque a Unidade Geotécnica GM1dpfl e a Figura 3b mostra o mapa hipsométrico da mesma unidade. Observa-se que se trata de uma unidade de terrenos com baixas altitudes e relevo plano. A unidade, que abrange cerca de 4,71% da sede urbana do município, apresenta um perímetro de 36.443 m. Além disso, engloba a Barragem do Santa Bárbara, que é o principal manancial do atual sistema de abastecimento de água do município, e partes dos Bairros Fragata, Três Vendas e Centro. Pedologicamente a ocorrência dominante é de Gleissolo melânico e a subdominante é de Organossolo háplico e Neossolo flúvico e geologicamente a unidade é composta por Depósitos da Planície Flúvio-Lacustre. De acordo com Xavier (2017), no perfil típico da unidade GM1dpfl destaca-se a presença de argila orgânica de consistência muito mole a mole, da superfície até significativas profundidades, podendo chegar, em alguns casos, até 15 metros de profundidade com valores de N_{SPT} (número de golpes para cravar os 0,3 m finais do amostrador padrão da sondagem SPT – *Standard Penetration Test*) abaixo de 5 golpés. No geral, a partir dos 6 metros de profundidade há

menor ocorrência dos estratos argilosos muito moles a moles e um aumento dos estratos de areia medianamente compacta a compacta e de argila média a rija. Ainda em maior profundidade, sucedem-se camadas de argila arenosa rija a muito rija e areia argilosa compacta a muito compacta.

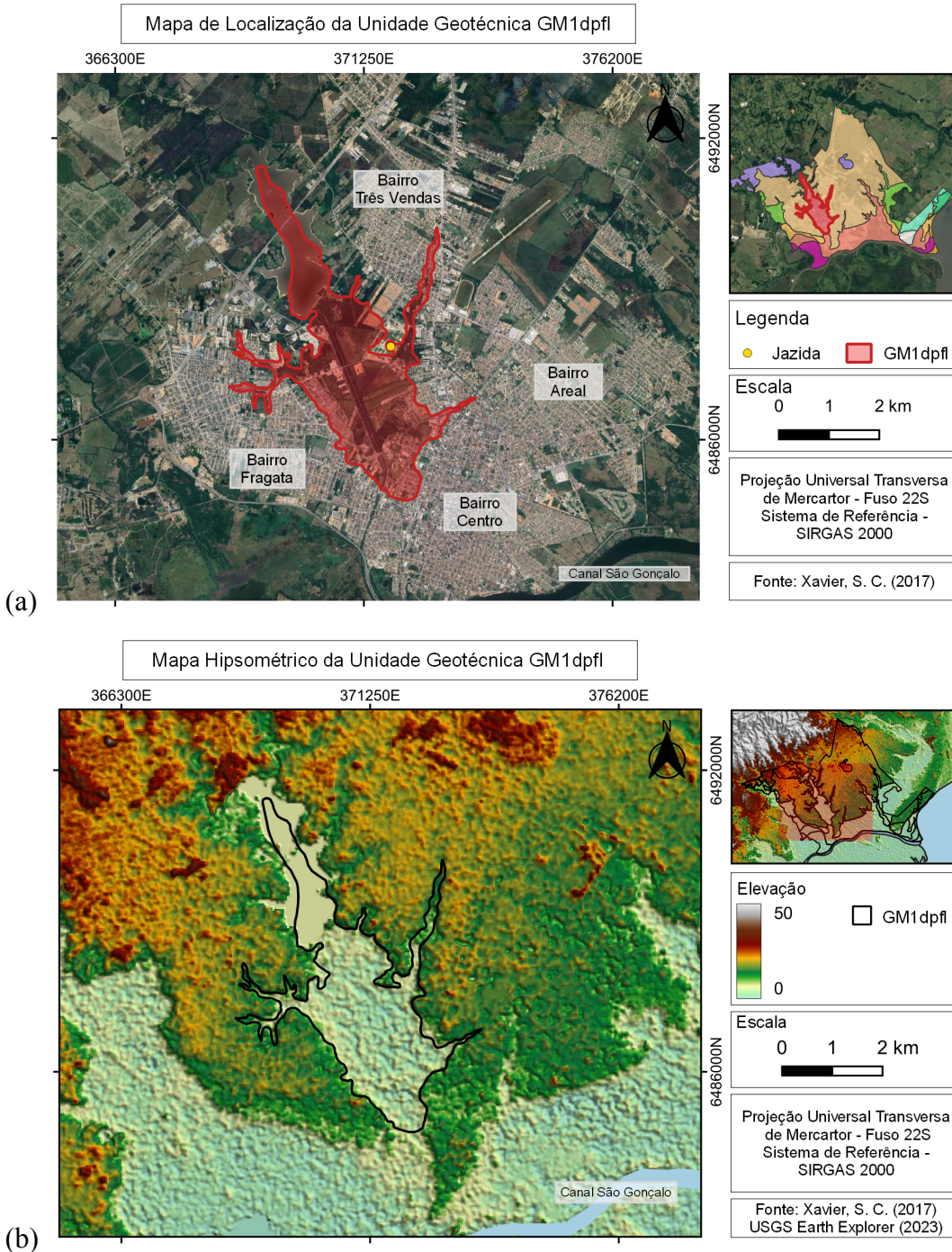


Figura 3 – Unidade geotécnica GM1dpfl: (a) ocorrência e localização da jazida; e (b) mapa hipsométrico.

Segundo Xavier (2010), devido à baixa cota altimétrica é comum alguns terrenos apresentarem aterros em superfície, os quais variam de solo de empréstimo, resíduos de construção civil ou mesmo resíduos sólidos urbanos. Ainda segundo o autor, a presença de argila orgânica mole a muito mole, desde a superfície até grandes profundidades, obriga o uso de estacas como soluções de fundações para a maioria dos casos. Nos

trabalhos do Grupo de Geotecnia da FURG, o horizonte avaliado correspondente a Unidade Geotécnica GM1dpfl de Xavier (2017) foi o C. Ensaios geotécnicos realizados com essas amostras evidenciaram se tratar de uma argila siltosa com pedregulho, com 23% de pedregulho, 9% de areia (2% grossa, 2% média e 5% fina), 27% silte e 41% argila. Quanto aos Limites de Atterberg, o solo apresenta, em termos representativos, limite de liquidez de 59% e limite de plasticidade de 23% e, portanto, 36% de índice de plasticidade, o que configura um solo altamente plástico. O solo apresenta índice de atividade coloidal de 0,87, o que o classifica como um solo de atividade normal. O peso específico real dos grãos é de 26,2 kN/m³. O solo pertence ao grupo MH pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) e ao grupo A-7-6 pelo método da *Highway Research Board* (HRB), o qual agrupa materiais com elevado índice de plasticidade em relação ao limite de liquidez e que também são sujeitos a variações de volume por umedecimento e secagem. Os valores médios de mini-CBR sem imersão são pouco superiores a 20% e com a saturação reduzem a valores até mesmo inferiores a 3%. Os valores médios de expansão e contração são elevados (superiores a 2%). Welter e Bastos (2003) mostraram que a fração argilosa destes solos pode apresentar comportamento dispersivo, o que pode resultar em problemas de erosão interna de barragens de terra e feições erosivas por sulcos profundos em taludes de corte e aterro. Na Energia do Proctor Normal, o solo estudado apresenta um teor de umidade ótimo de compactação de 25,6% e um peso específico aparente seco máximo de 15,3 kN/m³. Já na Energia do Proctor Intermediário, a umidade decresce para 17,8% e o peso específico seco máximo aumenta para 17 kN/m³.

3.2 Unidade geotécnica GSX4da

A Figura 4a mostra a ocorrência da Unidade Geotécnica SX4da e a Figura 4b mostra o mapa hipsométrico na mesma unidade. Observa-se que a unidade é composta por duas regiões. Estas regiões apresentam 19.679 m e 47.103 m de perímetro. Observa-se que se trata de unidade de relevo plano e altitudes baixas e que ficam a sudeste de uma área de relevo mais acidentado e altitudes mais altas. Esta unidade geotécnica perfaz 4,23% da área da sede urbana do município. Xavier (2017) informa que esta unidade apresenta terrenos imperfeitamente drenados, com horizonte subsuperficial de concentração de argila, o que restringe a drenagem superficial. Nos trabalhos do Grupo de Geotecnia da FURG, o horizonte avaliado correspondente a Unidade Geotécnica SX4da de Xavier (2017) foi o C. Duas jazidas foram geotecnicamente caracterizadas. A primeira é, texturalmente, uma argila siltosa, com 23% de pedregulho, 15% de areia (1% grossa, 4% média e 10% fina), 30% silte e 32% argila, enquanto a segunda é uma areia argilosa, com 59% areia (11% grossa, 20% média e 28% fina), 14% silte e 27% argila. Quanto aos Limites de Atterberg, os solos apresentam limite de liquidez de 42% e 48% e limite de plasticidade de 21% e 22%, respectivamente e, portanto, 21% e 26% de índice de plasticidade, o que configura solos altamente plásticos. Os solos apresentam índice de atividade coloidal de 0,78 e 0,81, o que os classificam como solo de atividade normal. O peso específico real dos grãos é de 26,2 e 26,7 kN/m³, respectivamente. Ambos os solos avaliados pertencem ao grupo CL pelo SUCS e ao grupo A-7-6 pelo HRB, o que demonstra que apesar da variação nas frações granulométricas, a classificação geotécnica dos solos dos dois locais avaliados presume similar comportamento geotécnico, o que justifica ambos pertencer à mesma unidade geotécnica. Na Energia do Proctor Normal o solo apresenta um teor de umidade ótimo de compactação de 22,5% e um peso específico aparente seco máximo de 15,3 kN/m³.

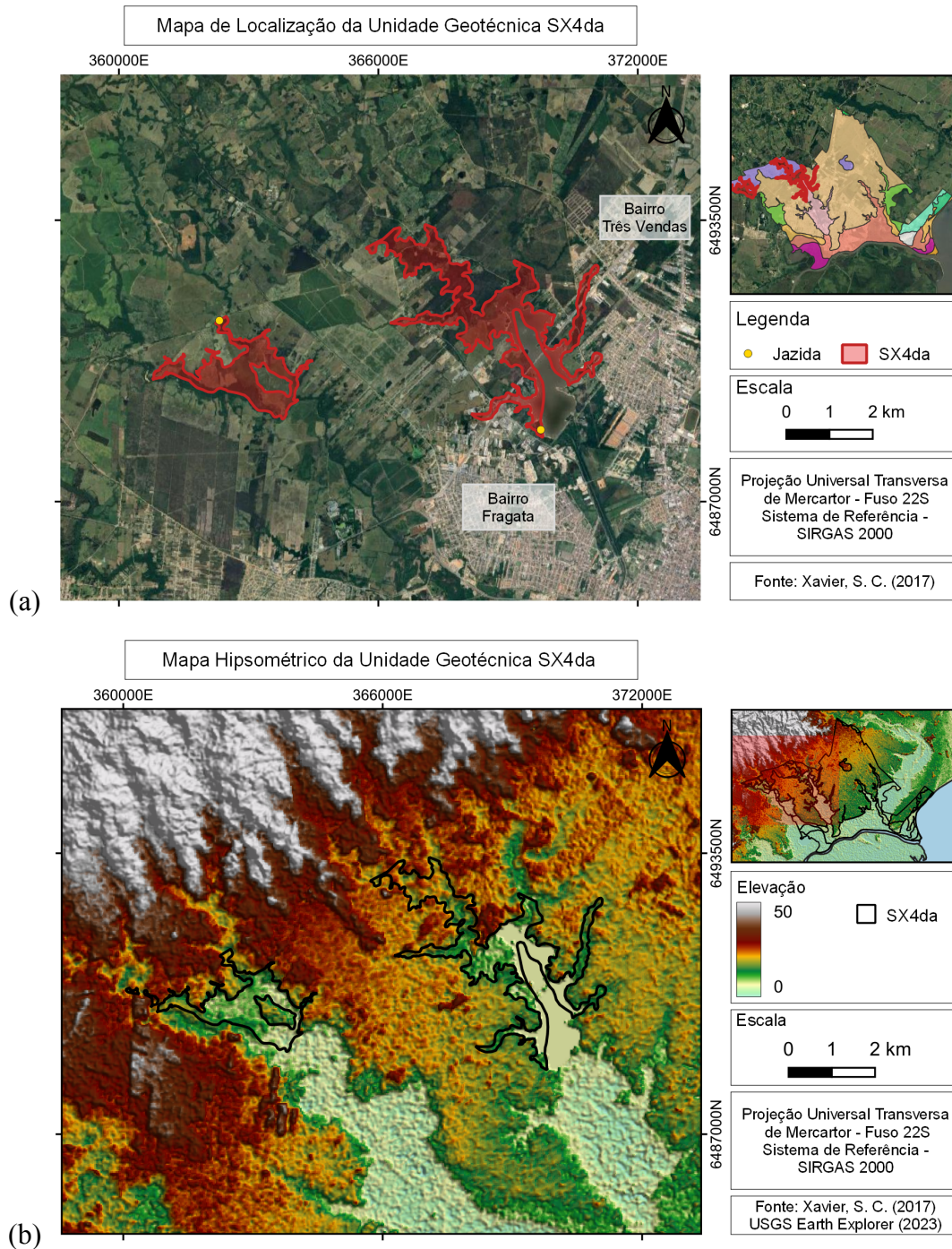


Figura 4 – Unidade geotécnica SX4da: (a) ocorrência e localização das jazidas; e (b) mapa hipsométrico.

3.3 Unidade geotécnica RQde

A Figura 5a mostra a ocorrência da Unidade Geotécnica RQde e a Figura 5b mostra o mapa hipsométrico da mesma unidade. Observa-se que se trata de uma unidade de altitudes baixas e que se situa às margens do Canal do São Gonçalo, em uma região de baixíssima urbanização ao sul do bairro Laranjal. As imagens de satélite demonstram a existência de erosão, provavelmente hídrica e/ou eólica na região, o que ratifica as informações de Xavier (2017). O perímetro da área é de 6178 m e esta ocupa 0,82% da área da sede urbana do município. Pedologicamente o solo é classificado como Neossolo Quartzarênico órtico e geologicamente a unidade se encontra na região de

Depósitos Eólicos.

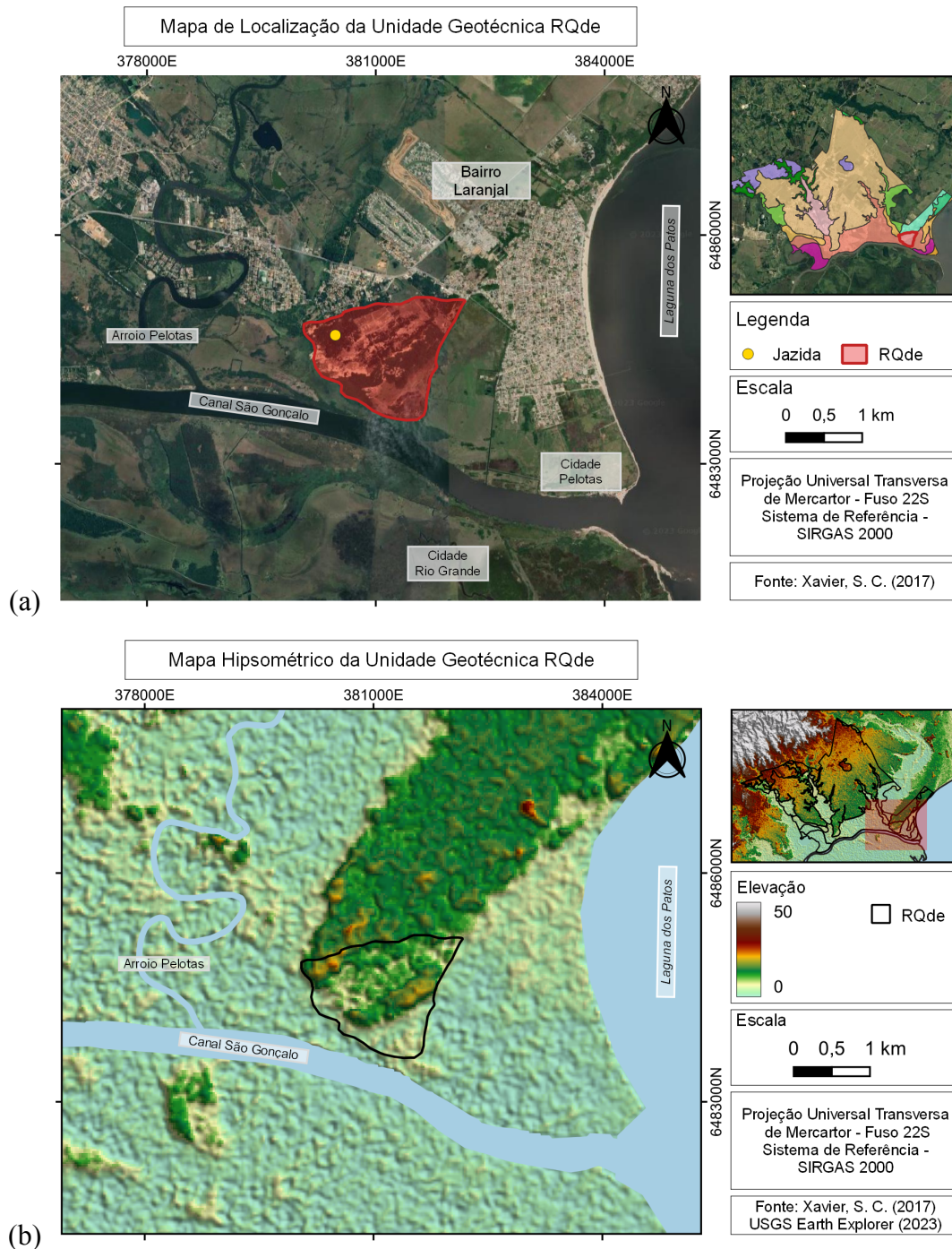


Figura 5 – Unidade geotécnica RQde: (a) ocorrência e localização da jazida; e (b) mapa hipsométrico.

No trabalho de Xavier (2017) esta unidade é definida como formada por terrenos excessivamente drenados, de textura essencialmente arenosa (areias quartzosas finas), cuja camada superficial apresenta-se solta em parte da área e fracamente estruturada nas demais, sendo, portanto, excessivamente suscetível à erosão hídrica e eólica. Em subsuperfície, há um acréscimo da fração argila e presença de sesquióxidos nos estratos arenosos e mesmo o aparecimento de estratos argilosos, podendo ocorrer até camadas de argila mole em maior profundidade. Segundo o autor, a natureza destes solos não

recomenda a ocupação dos terrenos por edificações, o que pode justificar a, até então, baixíssima urbanização observada nas imagens de satélite. Nos trabalhos do Grupo de Geotecnia da FURG, o horizonte avaliado correspondente a Unidade Geotécnica RQde de Xavier (2017) foi o B. O solo é, texturalmente, uma areia argilosa, com 74% de areia (41% média e 33% fina), 4% de silte e 22% de argila. Quanto aos limites de Atterberg, o solo se mostrou não-plástico. O peso específico real dos grãos é de $27,8 \text{ kN/m}^3$, o valor elevado é atribuído ao caráter laterítico da areia. O solo pertence ao grupo SM pelo SUCS e ao grupo A-2-4 pelo HRB. Segundo Bastos e Felten (2005), na região de Rio Grande/RS, também pertencente à PCRS, depósitos semelhantes a este são explorados comercialmente como material de aterro. Entretanto, por restrições ambientais, são explorados com espessuras inferiores a 2 metros. Na Energia do Proctor Normal, o solo apresenta um teor de umidade ótimo de compactação de 12,4% e um peso específico aparente seco máximo de $18,9 \text{ kN/m}^3$. Já na Energia do Proctor Intermediário a umidade ótima é reduzida para 11,3% e o peso específico aparente seco máximo é elevado para $19,3 \text{ kN/m}^3$.

3.4 Unidade geotécnica SX3dla

A Figura 6a mostra a ocorrência da Unidade Geotécnica SX3dla e a Figura 6b mostra o mapa hipsométrico da mesma unidade. Observa-se que se trata de uma área de terrenos baixos e que ocupa parcelas significativas dos Bairros Fragata, Três Vendas, Areal e Centro. A unidade geotécnica é composta por duas regiões, as quais apresentam 49.618 m e 105.020 m de perímetro. A unidade recobre 52,71% da sede urbana do município, sendo, portanto, a maior unidade geotécnica da sede urbana.

No perfil típico da unidade, segundo Xavier (2017), predominam estratos argilosos a argilo-arenosos, de consistência geralmente rija, até os 6 m de profundidade. Dos 6 aos 8 m, há maior ocorrência de estratos arenosos compactos que se alternam com estratos argilosos a argilo-arenosos rijos a duros. A partir dos 8 m há dominância dos estratos arenosos compactos com menor ocorrência de estratos argilo-arenosos rijo a duros. Em maior profundidade, predominam estratos de areia média a grossa, compacta a muito compacta, sendo comum a presença de pedregulhos.

Ainda segundo o autor, o solo da unidade é constituído por alternância de estratos de argila rija a dura e de areia média a grossa, compacta a muito compacta, com resistência crescente com a profundidade, o que confere boa capacidade de suporte para fundações superficiais (sapatas corridas de concreto ou alvenaria de pedras) para obras de 1 a 2 pavimentos. Obras de maior porte demandam estacas (pré-moldadas cravadas, escavadas tipo Strauss ou ainda estacas-broca e de hélice contínua) de comprimento variável, mas geralmente até 8 m de profundidade para edificações de até 6 pavimentos e 12 m para as mais altas.

Xavier (2010) destaca que em quase toda a área ocorre a presença de estratos argilosos, o que restringe bastante a capacidade de drenagem superficial dos terrenos da unidade e que tal característica deve ser levada em conta em projetos de drenagem pluvial e de esgotamento sanitário. O autor ainda salienta que outro aspecto que deve ser considerado a partir da evolução geológica dos solos da unidade, é a dispersividade do solo argiloso, o que faz com que deva ser evitada a exposição dos terrenos superficiais, sem a devida cobertura por solos do horizonte A e vegetação.

Nos trabalhos do Grupo de Geotecnia da FURG, o horizonte avaliado correspondente a Unidade Geotécnica SX3dla de Xavier (2017) foi o C. Ensaios geotécnicos realizados com essas amostras evidenciaram se tratar texturalmente de uma areia argilo-siltosa,

com 13% de pedregulho, 40% de areia (9% grossa, 11% média e 20% fina), 23% silte e 24% argila. Quanto aos Limites de Atterberg, o solo apresenta limite de liquidez de 28% e limite de plasticidade de 13% e, portanto, 15% de índice de plasticidade, o que o configura um solo medianamente plástico. O solo apresenta índice de atividade coloidal de 0,63, o que o classifica como um solo inativo, que é um indicativo da presença de argilomineral de estrutura 1:1. O peso específico real dos grãos, é de 26,2 kN/m³. O solo pertence ao grupo CL pelo SUCS e ao grupo A-6 pelo HRB. Na Energia do Proctor Normal, o solo apresenta um teor de umidade ótimo de compactação de 17,2% e um peso específico aparente seco máximo de 17,6 kN/m³.

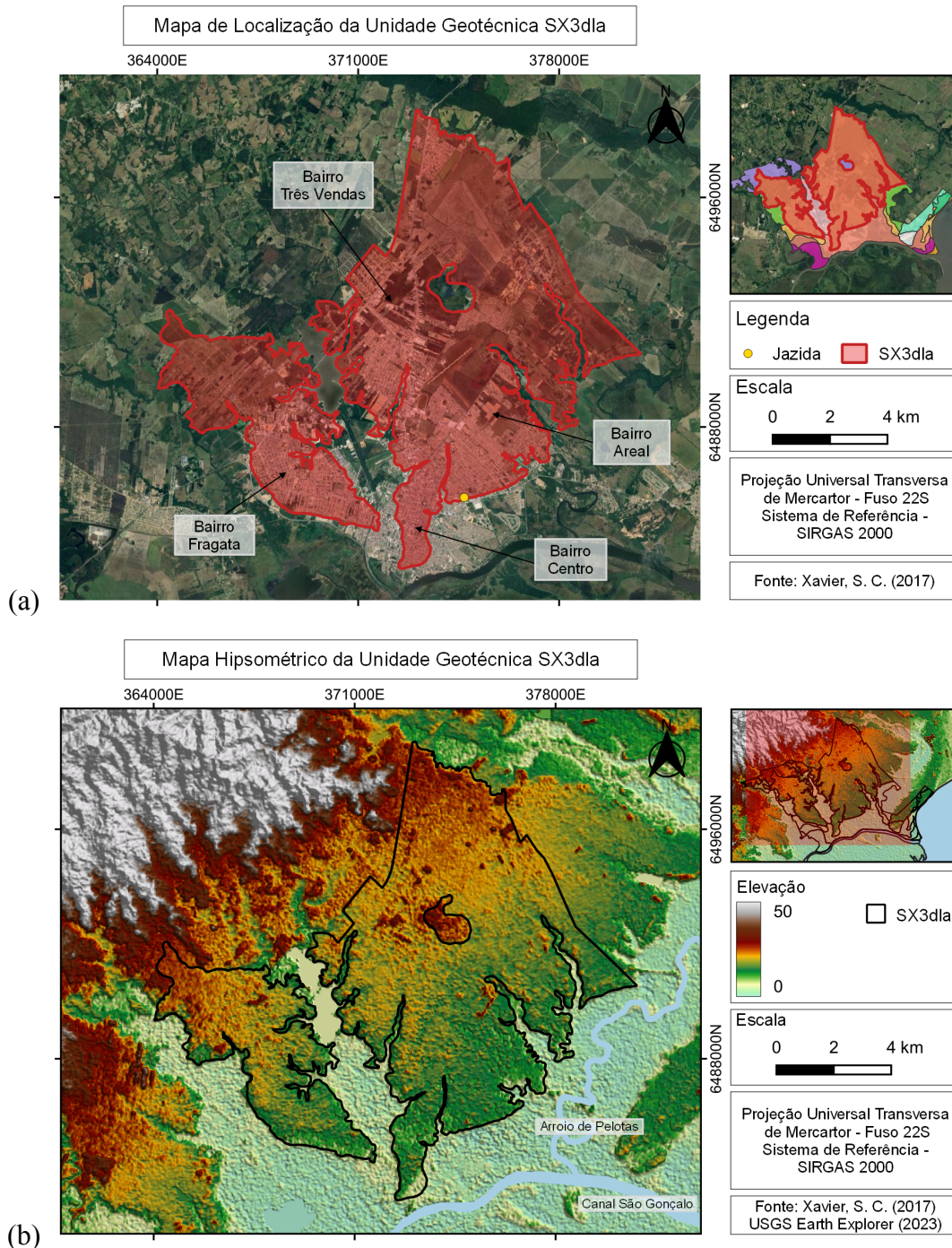


Figura 6 – Unidade geotécnica SX3dla: (a) ocorrência e localização da jazida; e (b) mapa hipsométrico.

4. Conclusões

Este trabalho faz o resgate de resultados de praticamente duas décadas de trabalho do Grupo de Geotecnia da FURG e pesquisadores parceiros na caracterização e mapeamento geotécnicos da porção Sul da PCRS e os integra com a estimativa de unidades geotécnicas proposta em Xavier (2017) para a sede do município de Pelotas. Das 13 unidades geotécnicas propostas pelo autor, foram encontrados resultados em quatro, as quais ocupam 62,4% da área da sede do município. Em termos gerais, os resultados encontrados vão ao encontro da proposta e descrição de unidades geotécnicas elaborada pelo autor.

No horizonte C da unidade geotécnica GM1dpfl foi encontrado uma argila siltosa com pedregulho, altamente plástica e de atividade normal, o que ratifica a descrição de Xavier (2017) em que até 15 metros de profundidade podem ser encontradas argilas nesta unidade. O solo apresentou redução da ordem de 17% no índice CBR na condição sem e com imersão e mais de 2% de expansão. Destaca-se o provável comportamento dispersivo deste solo, conforme indicado por alguns autores. Na unidade geotécnica SX4da, a qual segundo Xavier (2017) é formada por alternância entre estratos arenosos e argiloso de compactidade/consistência variáveis, com possível ocorrência de camadas de argila mole em profundidade, foram encontrados resultados do horizonte C em dois depósitos diferentes, os quais estão distantes cerca de 7,85 km. Em ambos, apesar de diferenças na granulometria e limites de Atterberg, os solos se enquadram como CL pelo SUCS e pertencem ao grupo A-7-6 pelo HRB. Xavier (2017) descreve a unidade geotécnica RQde como essencialmente arenosa, formada predominantemente por areias quartzosas finas e os resultados de granulometria inventariados ratificam esta informação (amostra do horizonte B composta por 74% areia) e comportamento não-plástico observado. A unidade SX3dla é constituída por alternância de estratos de argila rija a dura e de areia média a grossa, compacta a muito compacta, com resistência crescente com a profundidade, o que confere boa capacidade de suporte para fundações. Texturalmente trata-se de uma areia argilo-siltosa de mediana plasticidade.

Por fim, sugere-se a continuidade desta pesquisa com a realização de ensaios de caracterização geotécnica e determinação de parâmetros geotécnicos com solos representativos das demais unidades geotécnicas estimadas na sede do município de Pelotas/RS e que não foram avaliadas neste trabalho.

Referências

- ALVES, A.M.L.; STERTZ, A.; BASTOS, C. A. B. *Caracterização geotécnica de perfis típicos de solos da Planície Costeira Sul do RS*. Anais do X Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica – X CRICTE. Blumenau/SC, 1994.
- BASTOS, C.A.B.; ALVES, A.M.L. *Mapeamento geotécnico da planície costeira do Rio Grande do Sul*. Anais 1º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, p. 19-23, São Carlos/SP. 1996.
- BASTOS, C.A.B.; ARNOLD, G.P.; DIAS, R.D. *Aplicação de levantamento de solos no mapeamento geotécnico de solos do RS. Divulgação de experiência do LAMGEO-CPGEC/UFRGS*. Anais do 25º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Viçosa/MG, p. 1571-1573. 1995.
- BASTOS, C.A.B.; FELTEN, D. *Solos arenosos finos lateríticos para emprego em pavimentação econômica na Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul*. Revista Vetor, Rio Grande/RS, v. 15, p. 129-141. 2005.
- BASTOS, C.A.B.; VAZ, J.; GIASSON, E.; SATTTLER, M.A. *Caracterização morfológica e física de um perfil de argissolo para aproveitamento no subsolo no conforto ambiental de edificações*. Anais do V Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul, v. 1, p. 1-5. 2009.

BARBOZA, E.; TOMAZELLI, L.; DILLENBURG, S.; ROSA, M. *Planície costeira do Rio Grande do Sul: erosão em longo período.* Revista da Sociedade Uruguaia de Geologia, v. 15, p. 94-107. 2008.

DIAS, R.D. *Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais.* Revista Instituto Geológico. São Paulo/SP, p. 51-55.1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Levantamento dos recursos naturais: folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim.* Volume 33. Rio de Janeiro/RJ. 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Mapa de unidades de relevo do Brasil.* Escala 1:5.000.000. 2006.

ROSA, M. *Geografia de Pelotas.* Editora UFPel. 333 p. 1985.

SCHULER, A.; BASTOS, C.A.B. *Desenvolvimento de um banco de dados de sondagens tipo CPT*

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. *Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul.* Gravel, 3(1), p. 110-115. 2005.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, J.K.L.; LOSS, E.L.; DEHNHARDT, E.A.; HORN FILHO, N.O.; BACHL, F.A.; DEHNHARDT, B.A. *Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province.* Rabassa J. (ed.). Quaternary and South America and Antarctic Peninsula, 4, p. 79 – 97. 1986.

WELTER, C.; BASTOS, C.A.B. *Avaliação da dispersibilidade de Planossolos solódicos encontrados na Planície Costeira Sul.* Anais do XVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia. Iatajaí/SC. 2003.

XAVIER, S.C. *O mapeamento geotécnico por meio de geoprocessamento como instrumento de auxílio ao planejamento do uso e ocupação do solo em cidades costeiras: estudo de caso para Pelotas (RS).* Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica. Universidade Federal do Rio Grande. 261 p. 2010.

XAVIER, S.C. *Mapeamento geotécnico aplicado ao planejamento do uso e ocupação do solo da cidade de Pelotas/RS.* Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 339 p. 2017.