

## **MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DA CIDADE DE PONTA GROSSA BASEADO EM SONDAGENS À PERCUSSÃO**

Lúcio Marcos de Geus (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: [lmgeus@uepg.br](mailto:lmgeus@uepg.br)

Carlos Emmanuel Ribeiro Lautenschläger (Universidade Estadual de Ponta Grossa)

E-mail: [cerlautenschlager@uepg.br](mailto:cerlautenschlager@uepg.br)

Bianca Penteado de Almeida Tonus (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: [bpatonus@uepg.br](mailto:bpatonus@uepg.br)

Samuel Ricardo Gaioski (Gaioski Engenharia) E-mail: [engenharia@gaioskiengenharia.com.br](mailto:engenharia@gaioskiengenharia.com.br)

**Resumo:** A cidade de Ponta Grossa, localizada no estado do Paraná, é a quarta maior em número de habitantes e encontra-se em um processo de crescimento acelerado tanto na área industrial, quanto em novos empreendimentos residenciais. Nos últimos anos, observa-se uma tendência de verticalização das edificações residenciais principalmente na área central da cidade. A construção de obras como estas, depende do conhecimento do subsolo no local onde serão erguidas, de suas características geológicas, geotécnicas e geomorfológicas com a finalidade de estabelecer o tipo mais adequado e os parâmetros de dimensionamento das fundações. O objetivo principal deste trabalho é a elaboração de um mapa geológico-geotécnico da cidade de Ponta Grossa, obtido a partir de informações de sondagens à percussão realizadas por empresas parceiras do departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa. A região estudada tem um solo predominantemente residual oriundo de três formações geológicas distintas de rochas sedimentares dos Grupos Paraná e Itararé. Outro objetivo do trabalho é comparar as informações dos laudos das sondagens à percussão e a caracterização dos solos feitas em laboratório. Os resultados obtidos foram satisfatórios e incentivam a continuidade do processo de construção do mencionado mapa geológico-geotécnico. Também foi verificado que a classificação do solo descrita nos laudos SPT apresenta excelente compatibilidade com as obtidas nas análises de laboratório. Finalmente, espera-se que este mapa possa ser empregado como complemento aos estudos regionais do substrato, e como ferramenta auxiliar para a busca de soluções para os desafios geotécnicos da região.

**Palavras-chave:** mapa geológico-geotécnico, sondagens SPT, caracterização geotécnica, ensaios de laboratório.

## **GEOLOGICAL - GEOTECHNICAL MAP OF PONTA GROSSA CITY BASED ON PERCUSSION SURVEYS**

**Abstract:** Ponta Grossa city, located in the state of Paraná, is the fourth largest in number of inhabitants and is going through an accelerated growth process in industrial area and new residential projects. In recent years, there has been a trend towards verticalization of residential buildings, especially in the central area. This kind of construction depends on the knowledge of the subsoil where it will be built, of its geological, geotechnical and geomorphological characteristics in order to establish the most appropriate type and parameters for dimensioning the foundations. The main goal of this work is the construction of a geological-geotechnical map of Ponta Grossa city, elaborated from information collected in penetration tests carried out by partner companies of the Civil Engineering department of the State University of Ponta Grossa. The studied region has a predominantly residual soil from three distinct geological formations of sedimentary rocks from the Paraná and Itararé Groups. Another objective is to compare the information from the penetration tests reports and the characterization of the soils carried out in the laboratory. The results obtained were satisfactory and encourage the continuation of the construction process of geological-geotechnical map. It was also verified that the soil classification described in the SPT reports is, in most cases, compatible with that obtained in the laboratory. Finally, it is expected that this map can be used as a complement to regional studies of the substrate, and as an auxiliary tool in the search for solutions to the geotechnical challenges of the region.

**Keywords:** geological and geotechnical map, SPT tests, geotechnical characterization, laboratory tests.

## 1. Introdução

Na engenharia civil uma etapa crucial das obras são as fundações, essas estruturas têm o papel de transmitir ao solo as cargas provenientes da construção e garantir a sua estabilidade. De acordo com Schnaid & Odebrecht (2012) é indispensável conhecer o subsolo no local onde a obra será executada, determinando suas características geológicas, geotécnicas e geomorfológicas que permitirão uma previsão dos custos associados para estabelecer o tipo mais adequado e os parâmetros de dimensionamento das fundações. Portanto, para a elaboração de projetos geotécnicos é necessário identificar e classificar as diversas camadas que compõem o substrato a ser analisado, bem como, avaliar suas propriedades de engenharia. No Brasil a investigação de campo é predominante, enquanto a investigação em laboratório restringe-se a alguns poucos casos especiais (FALCONI *et al*, 2019).

Um dos métodos de investigação mais difundidos no Brasil é o ensaio de sondagem a percussão SPT (*Standard Penetration Test*). No município de Ponta Grossa as empresas que realizam sondagem possuem um vasto acervo de informações geológico-geotécnicas fornecidas por laudos SPT. Entretanto, para uma completa caracterização do solo as informações contidas nesses laudos podem ser complementadas com ensaios de análise granulométrica e de consistência feitos em laboratório.

Através de uma parceria entre o departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa e empresas que elaboram laudos de sondagem, está sendo construído um mapa geológico-geotécnico da cidade de Ponta Grossa. O presente artigo tem como objetivo apresentar os mapas gerados a partir de informações constantes nos laudos de sondagem que informam a resistência à penetração ( $N_{SPT}$ ), profundidade do lençol freático, o tipo de solo e a sua espessura. Além dessas informações são fornecidos os resultados da caracterização de solo por meio de ensaios de laboratório, das amostras coletadas na ocasião das sondagens a percussão.

Para a geração dos mapas foi utilizado um Sistema de Informações Geográficas (SIG) combinado com o banco de dados fornecidos pelos laudos SPT e ensaios de laboratório, o qual é uma ferramenta de grande valia para elaboração de mapas que podem fornecer importantes informações sobre os solos da região de estudo.

## 2. Formações geológicas da região de estudo

Ponta Grossa está localizada no Estado do Paraná na Região Sul do Brasil e está assente na Bacia do Paraná que é uma grande depressão representada no segundo e terceiro Planalto na Geografia do território Paranaense (MINEROPAR, 2007). De acordo com Matsumura (2010), a cidade de Ponta Grossa encontra-se sobre arenitos da Formação Furnas e folhelhos da Formação Ponta Grossa que pertencem ao Grupo Paraná com idade do Devoniano. Além destes, existem arenitos diamictitos do Grupo Itararé. Essas formações são cortadas por diques de diabásio, bastante presentes em toda região urbana, provenientes do magmatismo da Serra Geral no período Cretáceo.

A Formação Furnas, segundo Assine (1999), é composta por arenitos de granulação média grossa, com níveis conglomeráticos restritos, feldspáticos e/ou caulínicos, mal selecionados, de estratificação cruzada. De acordo com Lobato e Borghi (2005), tem idade aproximada de 400 milhões de anos, evidenciada pelo contato com folhelhos marinhos sobrepostos da Formação Ponta Grossa. Verifica-se que a transição entre a Formação Furnas e a Formação Ponta Grossa apresenta um conjunto de camadas entre as duas formações, passando gradativamente de arenito grosso para fino e siltico.

Depois disso, passa por um folhelho que intercala com arenito grosso quando inicia a Formação Ponta Grossa (PETRI, 1948).

A Formação Ponta Grossa é, em sua maior parte, pelítica e tem idade entre 400 e 375 milhões de anos. Possui grande variabilidade na espessura, com máxima seção perfurada de 654 m. É composta por argilitos escuros fossilíferos em sua maior porção denominados folhelhos. Uma parte secundária é formada por arenitos sílticos que afloram até a região sul do município de Ponta Grossa.

França e Potter (1988) explicam que o Grupo Itararé se divide em três formações denominadas: Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba. A Formação Lagoa Azul apresenta espessura média de 60 m e é em sua maior parte argilosa. No encontro com a Formação Ponta Grossa possui uma camada basal com espessura máxima de 10 m, composta de arenitos brancos, sílticos e de estratificação cruzada acanalada. As camadas sobre a unidade basal é composta de folhelhos rítmicos e diamictitos sílticos argilosos, sendo a camada superior marcada por afloramentos de folhelhos (MINEROPAR, 2007).

A Formação Campo Mourão tem espessura média variando em torno de 350 m. Na sua base tem um corpo arenoso com espessuras de até 150 m. Aflorações desta formação podem ser observadas em diversas regiões do município, entre elas os arenitos do Parque Estadual de Vila Velha. Sobrepondo essa unidade basal arenosa, são encontrados diamictitos, ritmitos, folhelhos e arenitos. No topo desta formação há uma composição pelítica na qual é destacada a presença de folhelhos acinzentados (MINEROPAR, 2007). A Formação Taciba, de acordo com França e Potter (1988), é composta em sua base por um membro arenoso e um lamítico, predominando, na porção superior, diamictitos. Existem também, na porção superior, uma unidade arenosa denominada Arenito Baitaca e outra pelítica conhecida por Folhelho Passinho (LANGE, 1954). As duas unidades juntas apresentam espessura média de 50 m.

Na Figura 1 pode-se observar como os grupos e formações descritas anteriormente estão localizados na região cidade de Ponta Grossa. Nela foram destacadas as divisões dos bairros da cidade e o círculo de abrangência deste estudo, que tem diâmetro de 4 km.

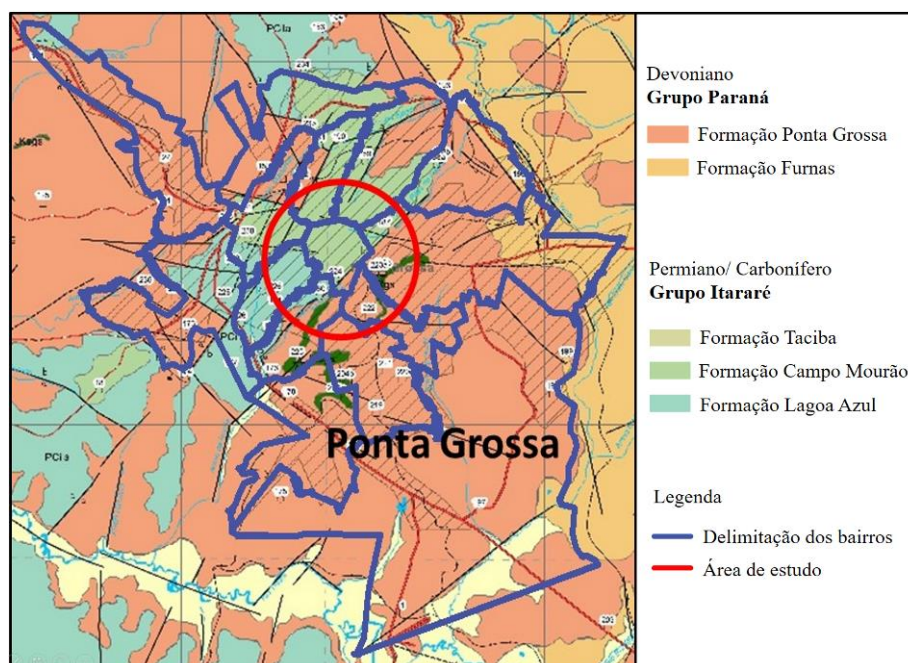


Figura 1 - Mapa da cobertura sedimentar de Ponta Grossa-PR

FONTE: Adaptado de MINEROPAR (2007) *apud* MACENHAN & OJCZENASZ (2019)

### **3. Sondagens SPT**

Segundo Cavalcante (2002) o *Standard Penetration Test* (SPT) é o método mais popular de investigação geotécnica no mundo, tendo como vantagens a economia e o fácil manuseio. Através da interpretação de seus resultados é possível conhecer a consistência de solos coesivos e a compacidade de solos granulares, que são dados importantes na elaboração de projetos de fundações e obras geotécnicas em geral. O ensaio, de acordo com Scarabel (2012), foi normalizado em 1958 pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM) e trata-se de uma análise de resistência dinâmica associada à uma sondagem. No Brasil a norma para a execução do ensaio é a NBR 6484/2020.

O ensaio consiste em cravar um amostrador de 45 cm no solo a cada metro até atingir a porção impenetrável do substrato. A cravação do amostrador é feita pela queda do martelo com peso de 65 kg de uma altura de 75 cm. Numa planilha padronizada, conhecida por boletim de sondagem, são anotados os valores NSPT, que é traduzido pelo número de golpes necessários para que o amostrador penetre 30 cm, após uma cravação inicial de 15 cm (SCHNAID & ODEBRECHT, 2012). Na planilha, além dos valores NSPT para cada profundidade, são anotadas as características do solo descritas a partir de uma análise tátil-visual do material retirado do amostrador, o nível do lençol freático, além da cota e da posição de cada furo.

### **4. Sistema de Informações Geográficas - SIG**

Atualmente os SIG são as ferramentas mais utilizadas para localização espacial. Elas integram hardware, software e dados permitindo capturar, gerenciar, analisar e exibir informações geograficamente referenciadas. Ajudam a resolver problemas e responder perguntas pela visualização e interpretação de dados que revelam relações, padrões e tendências na forma de mapas, relatórios e gráficos (ESRI, 2014).

De acordo com Conde (2010), os SIG têm possibilidades de aplicações praticamente ilimitadas, tais como, estudos de impacto ambiental, planejamento territorial, do uso do solo, dos recursos naturais, usos militares, obras e serviços públicos ou privados.

O uso cada vez mais intenso dessa ferramenta, segundo Star & Estes (1990), justifica-se pelo seu poder de integrar o conjunto de rotinas de programação desenvolvidas para representar e manipular grandes quantidades de dados com informações representativas do mundo real, através de coordenadas geográficas, possibilitando análises espaciais.

### **5. Metodologia**

A elaboração dos mapas representando os diferentes tipos de solos na região central da cidade de Ponta Grossa partiu de dados de laudos de sondagens à percussão fornecidos por empresas parceiras, executados durante os anos de 2012 a 2019. Primeiramente, selecionou-se uma área que possui 276 furos de sondagens, a qual é compreendida por um círculo de diâmetro de 4.000 m, que inclui o bairro do Centro e parte dos bairros adjacentes, sendo eles Uvaranas, Neves, Jardim Carvalho, Órfãs, Nova Rússia, Ronda, Vila Estrela e Olarias, como pode-se observar na Figura 2. Além da área escolhida conter maior concentração de sondagens, ela também é uma região que está em constante desenvolvimento na cidade.

Após a montagem do banco de dados (com informações para os 276 furos de sondagens) e utilizando-se do software QGIS (versão 3.10.2), foi possível espacializar as informações topográficas, obtidas através das curvas de nível com equidistância de 5

metros, e as informações dos boletins de sondagem, tais como coordenadas UTM, cota do furo,  $N_{SPT}$  e tipo de solo.

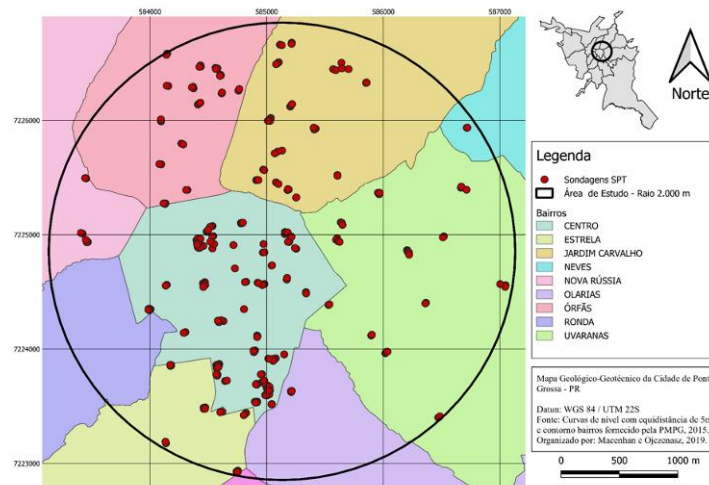


Figura 2 – Distribuição dos pontos de sondagens na área em estudo  
 FONTE: MACENHAN & OJCZENASZ (2019)

Foram gerados mapas com os valores de resistência  $N_{SPT}$  a cada metro de profundidade através do algoritmo “Raster Interpolation” utilizando o método de interpolação IDW, tendo como coeficiente da distância igual a 6, o qual obteve melhores resultados. Foram representados valores de  $N_{spt}$  de 0 a 45, divididos em intervalos de 5 em 5, e foram representados locais onde a sondagem alcançou o impenetrável. Neste artigo são apresentados, para fins de divulgação, apenas os mapas com profundidades de dois, cinco e dez metros respectivamente.

Na sequência, foram selecionadas 18 sondagens à percussão dentro da mesma área de estudo, onde além da análise de campo, os materiais obtidos nas sondagens foram enviados para estudo e caracterização no laboratório com a finalidade de complementação e comparação das informações de campo com os resultados de laboratório. No mapa da Figura 3 estão demarcados os locais dos 18 furos selecionados dentro da região de estudo.

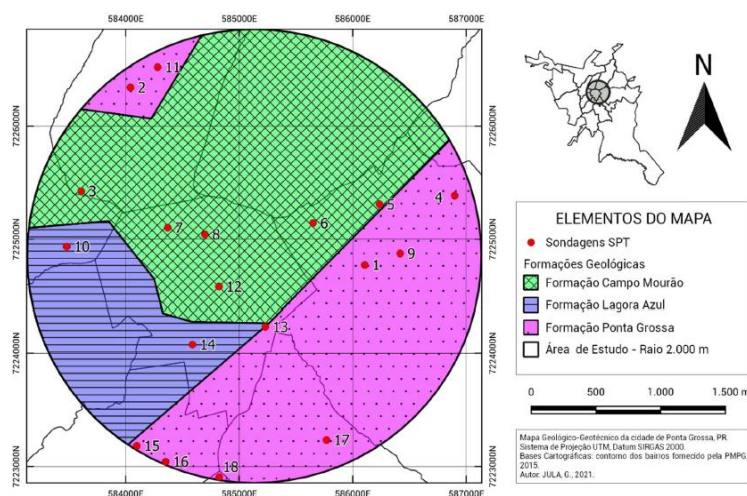


Figura 3 - Área de estudo e pontos de sondagem - distribuição por formação  
 FONTE: JULA (2021)

As amostras coletadas foram agrupadas em laboratório de acordo com o pacote geotécnico ao qual pertencem, segundo interpretação dos boletins de sondagem e análise do mapa geológico da região. As amostras recolhidas foram submetidas aos processos de preparação definidos pela ABNT NBR 6457:2016. A caracterização das amostras, incluiu: determinação do peso específico real dos grãos (DNER-ME 093/94), granulometria (ANBT NBR 7181:2016), limite de liquidez (ABNT NBR 6459:2016) e limite de plasticidade (ABNT NBR 7180:2016). A partir dos resultados destes ensaios, as amostras foram classificadas segundo a ABNT NBR 6502:1995, o Sistema Rodoviário de Classificação (*Highway Research Board - HRB*) e o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS). Tais resultados foram inseridos de forma georreferenciada no mapa geológico-geotécnico.

Foram elaborados perfis com os  $N_{SPT}$  médios dos boletins de sondagem do mesmo terreno, os resultados das classificações provenientes da caracterização de laboratório e a descrição tátil-visual dos boletins. Os resultados obtidos em laboratório foram analisados de maneira crítica e comparados com seus resultados nos boletins de sondagem. Como para um laudo podem existir vários furos de sondagem, para a construção e interpretação dos perfis de sondagem, adotou-se a média dos valores  $N_{SPT}$ .

## 6. Resultados e discussões

### 6.1. Mapas de resistência à penetração

Para elaboração dos mapas de variação do  $N_{SPT}$  com a profundidade foram utilizados dados de todas as 276 sondagens e os resultados foram interpolados pelo método da ponderação do inverso da distância – IDW. No estudo completo, MACENHAN & OJCZENASZ (2019), foram elaborados mapas que demonstram o comportamento de cada metro de profundidade, em relação ao nível do terreno. Os mapas apresentados na Figuras 4 demonstram a variação de resistência à penetração  $N_{SPT}$  médios obtidos nas profundidades de dois, cinco e dez metros.

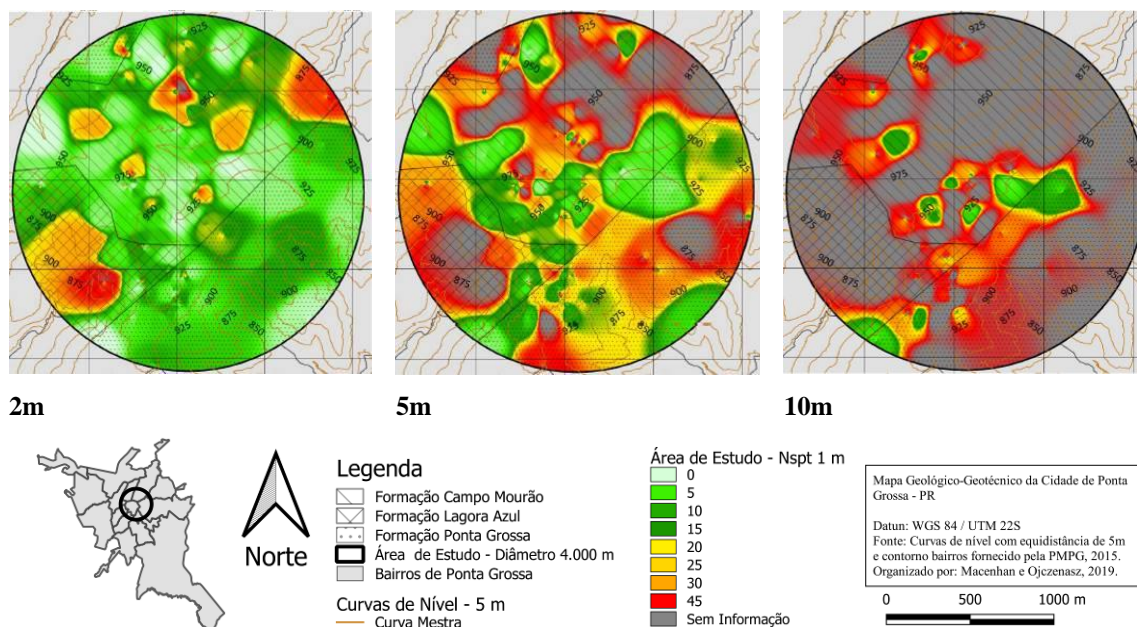


Figura 4 – Variação do  $N_{SPT}$  para as profundidades de 2m, 5m e 10 m em relação à superfície do terreno  
 FONTE: MACENHAN & OJCZENASZ (2019)

Avaliando os mapas de forma global, quando se comparam os resultados de resistência  $N_{SPT}$  por camada de solo e a geologia da região de estudo, observa-se que os solos de

menor resistência encontram-se nas faixas de transição entre as formações Campo Mourão, Lagoa Azul pertencentes ao Grupo Itararé e a Formação Ponta Grossa.

Solos mais resistentes estão presentes nas três formações, no entanto na Formação Ponta Grossa as resistências são menores, o que pode ser explicado pela idade mais recente das formações. O Grupo Itararé apresenta rochas mais duras e o impenetrável na sondagem à percussão está mais próximo da superfície que na Formação Ponta Grossa.

6.2. Mapas de classificações de solos

Os mapas apresentados nas Figuras 5, 6 e 7 comparam as classificações de solo obtidas nas profundidades de dois, cinco e dez metros respectivamente. Os mapas estão lado a lado com as posições de cada ponto e suas 3 classificações obtidas em laboratório e a classificação tátil-visual de campo. Pretende-se com pesquisas futuras aumentar o banco de dados, o que permitirá a interpolação dos dados conforme foi efetuado com o NSPT.

Solos orgânicos, de baixa resistência prevaleceram nas camadas mais superficiais, independente das formações. A influência das formações geológicas é mais perceptível a partir do terceiro metro de perfuração. A Formação Ponta Grossa é constituída em grande parte por folhelhos, com predominância de solos finos (argila e silte), estando coerente com o que se espera para solos residuais de natureza argilosa em formações desta natureza. Na transição entre a Formação Lagoa Azul e a Formação Ponta Grossa foi a região onde mais ocorreram solos arenosos, com aparecimento de arenitos brancos mencionados por MINEROPAR (2007).

Na parte mais ao norte do mapa, o material impenetrável foi encontrado em menores profundidades, ao redor de 8 m. Nesta região localiza-se a Formação Campo Mourão que tem como característica a presença de folhelhos e um espesso corpo arenoso. Foi verificada a presença de solos finos e solos granulares nas diversas profundidades perfuradas.

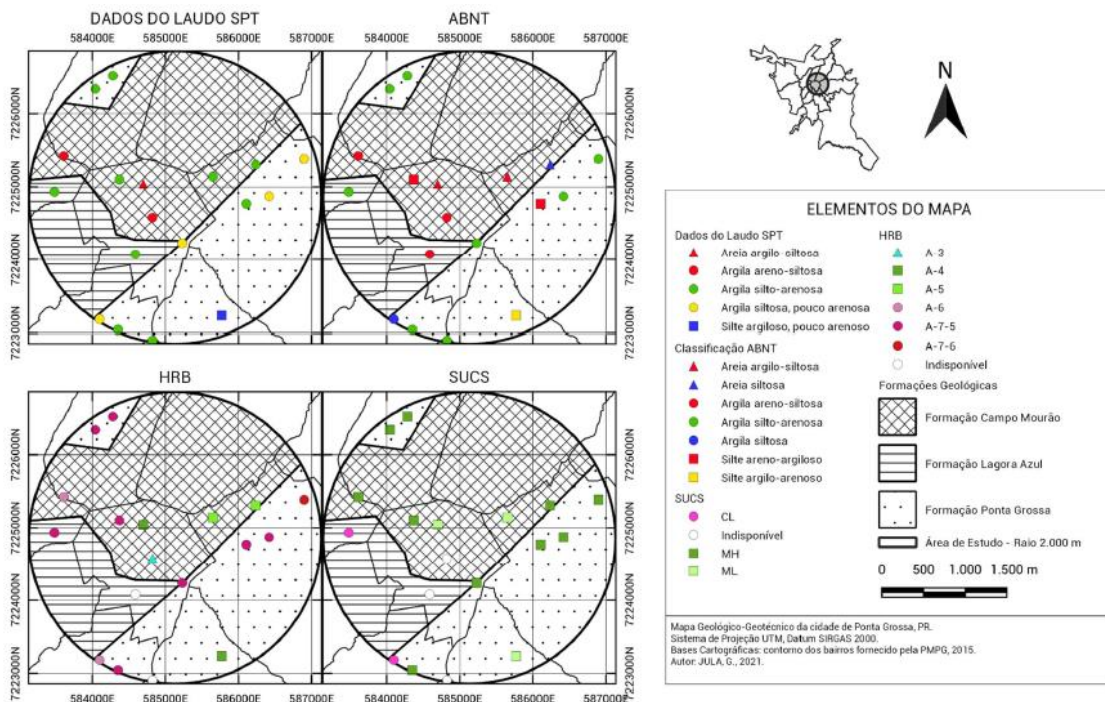


Figura 5 – Classificações de solo profundidade 2 m em relação à superfície do terreno  
 FONTE: JULA (2021)

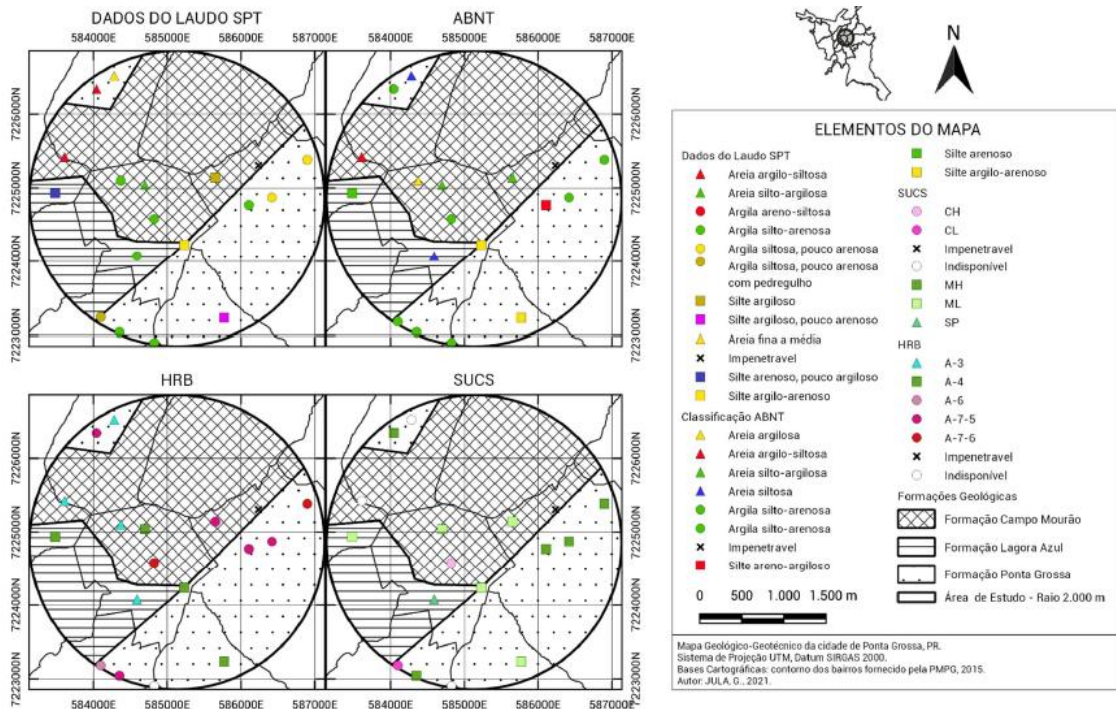


Figura 6 – Classificações de solo profundidade 5 m em relação à superfície do terreno  
 FONTE: JULIA (2021)

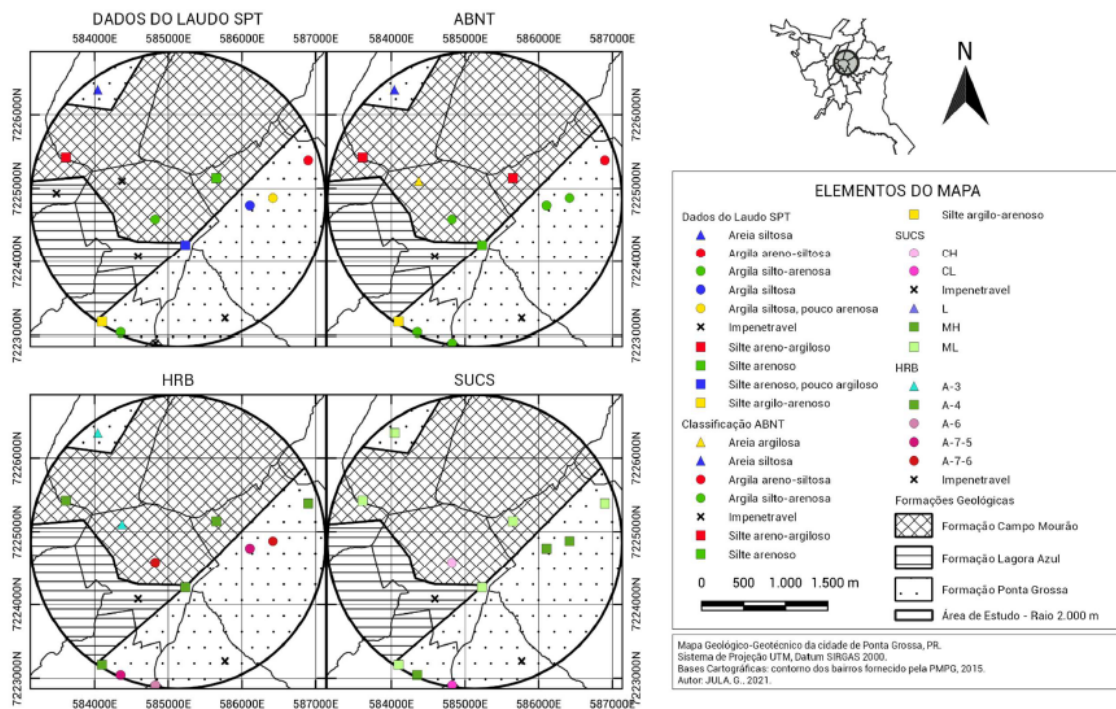


Figura 7 – Classificações de solo profundidade 10 m em relação à superfície do terreno  
 FONTE: JULIA (2021)

Os pontos de sondagem 10 e 14, que estão localizados na região da formação Lagoa Azul, apresentaram solos menos argilosos do que se previa, considerando que a formação é composta de folhelhos rítmicos e diamictitos sílticos argilosos. No ponto 10



verificou-se uma fina camada de argila, seguida de um solo siltoso e arenoso, classificado como silte arenoso, e no 14, areia siltosa. Serão necessárias mais sondagens para caracterizar de forma mais precisa o solo desta região.

### 6.3. Perfis de sondagem e classificações para os pontos de estudo

Realizou-se uma análise comparativa entre os resultados da classificação tátil-visual dos boletins de sondagem e os resultados obtidos pela classificação granulométrica em laboratório, visando a verificação do nível de correspondência entre estas duas formas de descrever o solo. Separou-se então 3 classes de resultados, solos com a primeira e a segunda nomenclatura congruentes foram chamados de classe 1, solos com apenas a primeira nomenclatura congruente foram chamados de classe 2, e os solos com as nomenclaturas incongruentes foram chamados de classe 3.

Por exemplo, um solo classificado no boletim de sondagem como “areia siltosa, pouco arenosa” e “areia silto-arenosa” pela classificação granulométrica, será classificado como classe 1. Um solo classificado no boletim de sondagem como “areia argilosa, pouco siltosa” e “areia silto-arenosa” pela classificação granulométrica, será classificado como classe 2. Já um solo classificado no boletim de sondagem como “areia siltosa, pouco arenosa” e “argila areno-siltosa” pela classificação granulométrica, será classificado como classe 3. Ao fim das comparações obteve-se 45 agrupamentos classificados como classe 1, 13 classificados como classe 2 e outros 13 como classe 3. Com os dados completos, construiu-se o gráfico apresentado na Figura 8.

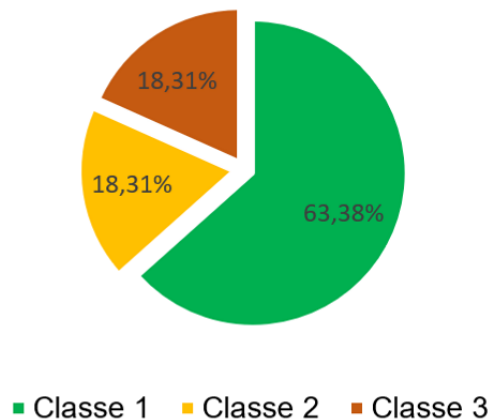


Figura 8 – Comparação entre a classificação granulométrica de laboratório e a classificação tátil-visual  
FONTE: JULA (2021)

Notadamente a maior parcela da comparação entre as classificações é a classe 1, e se somada com sua subsequente de resultados aceitáveis, classe 2, resulta em 81,69% de correspondência com as classificações tátil-visuais de campo.

Para exemplificar os resultados obtidos na sondagem SPT para os 18 pontos selecionados, foram escolhidos 3 laudos de sondagem, sendo um para cada formação. Nos laudos de cada formação buscou-se aqueles que melhor representavam as características médias observadas na formação, como pode ser verificado na Figura 9.

Esses perfis de sondagem foram construídos com o intuito de simplificar a leitura dos resultados e classificações, englobando a classificação tátil visual de campo, as classificações de laboratório, os valores de NSPT, os valores de NSPT médios e os valores do índice de plasticidade.

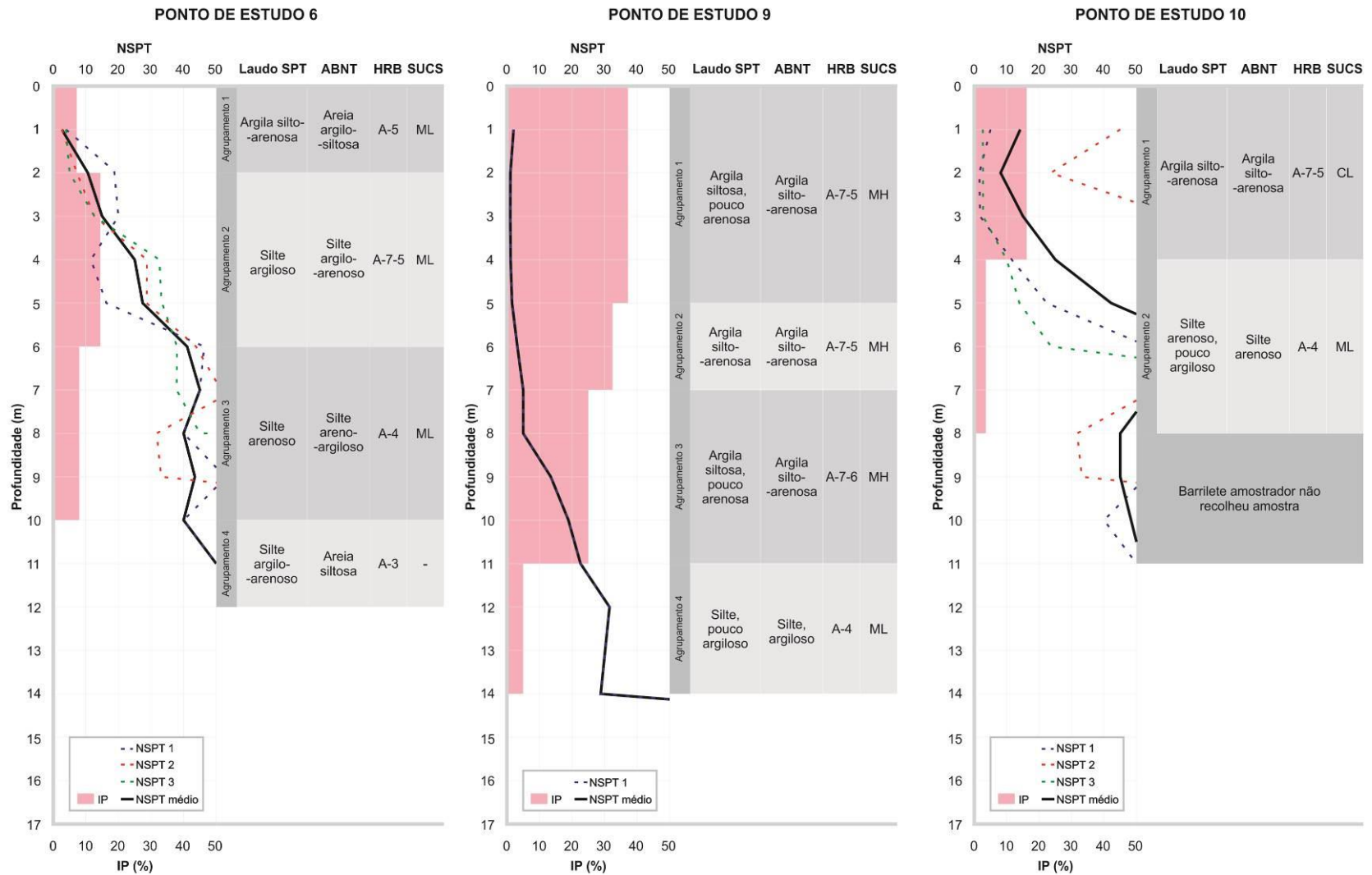


Figura 9 – Perfis de sondagem e classificações para os pontos de estudo 6 (Campo Mourão), 9 (Ponta Grossa) e 10 (Lagoa Azul)  
 FONTE: Adaptado de JULIA (2021)

## **7. Considerações Finais**

O presente estudo evidencia a importância do uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG) na espacialização de dados e reforça a influência das formações geológicas na composição mineralógica dos solos e também em sua resistência.

A resistência dos solos, de acordo com os valores de  $N_{SPT}$  observados, são maiores nas Formações do Grupo Itararé do que na Formação Ponta Grossa. Observou-se também que a resistência à penetração se mostrou influenciada pelas transições entre as formações.

A Formação Ponta Grossa apresentou solos argilosos e siltosos em todos os pontos estudados, o que é coerente com a bibliografia citada. Entretanto, os solos da Formação Lagoa Azul analisados, divergiram do que a literatura indica sobre suas características. Isto pode ser explicado pelo pequeno número de pontos analisados nesta área, o que não permite tirar conclusões sobre para toda a formação, e sugere-se que estudos adicionais sejam realizados.

Os cinco pontos observados na Formação Campo Mourão apresentaram resultados condizentes com aqueles apontados na literatura, observou-se uma camada fina de argila variando entre 2 e 3 m, seguida por uma camada espessa de areia que é intercalada por solos siltosos.

No estudo, os sistemas utilizados para classificar os solos se mostraram eficientes, os resultados foram coerentes, com interpretação e embasamento em conhecimentos geológicos consolidados.

Foi possível observar que há boa correlação entre os resultados de laboratório e de campo, assim como é possível delinear um comportamento esperado para estes solos, correlacionando o ambiente geológico aos resultados das diferentes frentes de investigação.

A inclusão das informações de caracterização no mapa geológico-geotécnico de Ponta Grossa contribui para o aumento do banco de dados sobre os solos de principal ocorrência na região. Os mapas gerados podem ser empregados como ferramenta auxiliar, mas ressalta-se que não pode ser dispensada a realização de investigações do solo específicas a cada tipo de empreendimento.

## **Referências**

- ASSINE, M. L. Fácies, icnofósseis, paleocorrentes e sistemas deposicionais da Formação Furnas, no flanco sudeste da bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoci.*, São Paulo, v. 29, p. 357-370, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro. Versão corrigida: 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Execução de sondagem de simples reconhecimento dos solos**. Rio de Janeiro. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e Solos**. Rio de Janeiro. 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro. 2016.

**CAVALCANTE, E. H.** Investigação Teórico-Experimental Sobre o SPT. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2002.

**CONDE, M. E.** SIG, Sistemas de Información Geográfica. Técnicas Informáticas aplicadas a la Computación. Tecnología Educativa - Inst. Sacratísimo Corazón de Jesus. 2010. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/sacra07/sig-sistemas-de-informacin-geografica?related=2>> Acesso em: nov. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 093/094: Solos – determinação da densidade real.** DNER, 1994.

**ESRI.** What is GIS? Disponível em: <http://www.esri.com>. Acesso em: mar. 2014.

**FALCONI, F. et al.** Fundações: teoria e prática. 3.<sup>a</sup> ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

**FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E.** Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de Reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (parte 1). Boletim de Geociências da Petrobrás, 2: 147-191, 1988.

**JULA, G. F.** Ensaio de laboratório para caracterização geotécnica de solos da cidade de Ponta Grossa-PR. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2021.**LANGE, F. W.** Paleontologia do Paraná. In: Paleontologia do Paraná, Curitiba. Comissão de Comemoração do Centenário do Paraná, p. 1-105. 1954.

**LOBATO, G.; BORGHI, L.** Análise Estratigráfica da Formação Furnas (Devoniano Inferior) em floramentos da borda leste da Bacia Do Paraná. 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Rio de Janeiro, 6p, 2005.

**MACENHAN, F. F.; OJCZENASZ, G. B.** Elaboração de mapa geológico-geotécnico da cidade de Ponta Grossa (Paraná – Brasil) baseado em resultados de sondagens a percussão. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2019.

**MATSUMURA, W. M. K.** Roteiro geológico nos municípios de Castro e Tibagi, PR. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2010.

**MINEROPAR.** Mapeamento geológico da folha de Ponta Grossa. Governo do Estado do Paraná. [S.l.]. 2007.

**MINEROPAR.** Mapa Geológico Folha de Ponta Grossa. Escala 1:100.000. Universidade Federal do Paraná e Laboratório de Análise de Bacias Petrofísica, 2007.

**PETRI, S.** Contribuição ao Estudo do Devoniano Paranaense. Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, 129p, 1948.

**SCARABEL, D.** Estudo da aplicação da NBR 6484-01 por construtoras de Campo Mourão e Região. Campo Mourão: Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

**SCHNAID, F. et al.** Energy Transfer in SPT: Prediction of soil properties. Solos & Rochas, em publicação, 2006.

**SCHNAID, F. & ODEBRECHT, E.** Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações. 2.<sup>a</sup> ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

**STAR, J.; ESTES, J.** Geographic information systems: An introduction. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 303 p. 1990.